

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

REPORTS OF FORESTRY RESEARCH



VĚDECKÝ RECENZOVANÝ ČASOPIS
SCIENTIFIC REVIEWED JOURNAL

4/2017

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

ROČNÍK/VOLUME 56

ISSN 0322-9688

ČÍSLO/ISSUE 4/2011

Vydává: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště, www.vulhm.cz

Vedoucí redaktorka: Šárka Holzbachová, DiS.; Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová

Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, 517 73 Opočno
tel. 494 668 392, fax 494 668 393, e-mail: valentova@vulhmop.cz, http://www.vulhm.cz

Redakční rada

Doc. Ing. Petr Zahradník, CSc. - předseda; Doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - místopředseda; Šárka Holzbachová, DiS.; RNDr. Jana Malá, CSc.;
prom. biol. Zdeňka Procházková, CSc.; Doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; Prof. Ing. Petr Kantor, CSc.; Doc. Ing. Pavol Klč, CSc.;
Prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; Doc. RNDr. Ing. Michal V. Marek, CSc.; Prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.; Ing. Miroslav Sloup; Doc. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Ediční rada

Doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - předseda; Šárka Holzbachová, DiS. - místopředseda; Ing. Milan Bíba, CSc.; Doc. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.;
Ing. Dušan Kacálek, Ph.D.; Ing. Pavlína Máchová, Ph.D.; Ing. Jiří Matějčíček, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, CSc.; Mgr. Jana Řezníčková;
Miroslava Valentová; Ing. Monika Vejvustková, Ph.D.; Doc. Ing. Petr Zahradník, CSc.

Časopis je na seznamu recenzovaných periodik Rady vlády pro výzkum, vývoj a inovace.

Je excerbován v

- databázi Scopus
- Elsevier Bibliographic Databases
- CAB Abstracts
- České zemědělské a potravinářské bibliografii

Indexed in: Scopus, Elsevier Bibliographic Databases, CAB Abstracts, Czech Agricultural and Food Bibliography

OBSAH - CONTENT

IGOR ŠTEFANČÍK

Výsledky výskumu neceloplošnej výchovy dubového porastu z prirodzenej obnovy

Results of the research of non-whole-area tending in oak stand from natural regeneration.....255

VLADIMÍR HYNEK - PETR NOVOTNÝ - JAN STEJSKAL - MARTIN SLÁVIK

Hodnocení provenienční plochy s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) v Krušných horách ve věku 18 let

Evaluation of provenance plot with European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Ore Mts. at the age of 18 years.....265

LUŽKA ČÍŽKOVÁ - VLADIMÍR ČÍŽEK - HANA BAJAJOVÁ

Růst a produkce hybridních klonů balzamových topolů z českého novošlechtění

Growth and timber production of newly bred czech hybrid balsam poplar clones277

DAVID DUŠEK - JIŘÍ NOVÁK - MARIAN SLODIČÁK

Experimenty s výchovou borovice lesní na Jižní Moravě - Strážnice I a Strážnice III

Scots pine thinning experiments in Southern Moravia - Straznice I and Straznice III283

JOZEF PAJTÍK - BOHDAN KONŮPKA - TIBOR PRIWITZER

Alokácia dendromasy v mladých porastoch buka obyčajného a duba zimného

Dendromass allocation in the young stands of european beech and sessile oak291

ONDŘEJ ŠPULÁK - JAN VÍTÁMVÁS - DUŠAN KACÁLEK - IVAN KUNEŠ

Fluorescence chlorofylu, chemismus a obsah fotosynteticky aktivních pigmentů u listů buku vápněných do jamky

Chlorophyll fluorescence, chemistry and contents of photosynthetic active pigments in spot-limed beech leaves.....301

JIŘÍ MATĚJČÍČEK - ROMAN DUDÍK

Analýza očekávaných změn v informačním zabezpečení ocenění lesů bohatých struktur

The analysis of changes anticipated to occur in the information assurance of the valuation of rich-structured forests.....310

LUCIE PUDIVÍTRVÁ - VILÉM JARSKÝ

Inovační aktivity v lesním hospodářství České republiky

Innovation activities in forestry of the Czech republic320

MILOSLAV KOTAS

Energetický audit technologie výroby lesní štěpky

Energy audit of the forest chips production technology329

LESNICKÉ AKTUALITY

337

VÝSLEDKY VÝSKUMU NECELOPLOŠNEJ VÝCHOVY DUBOVÉHO PORASTU Z PRIRODZENEJ OBNOVY

RESULTS OF THE RESEARCH OF NON-WHOLE-AREA TENDING IN OAK STAND FROM NATURAL REGENERATION

IGOR ŠTEFANČÍK

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav, Zvolen

ABSTRACT

The paper deals with analysis of the results of 38-year-old research on oak stands tended by non-whole-area method. The stand originates from natural regeneration, with the age of 50 and/or 53 years, situated in permanent research plot (PRP) Veľká Stráž I, located at an altitude of 330 m a.s.l., SW exposure, management complex of forest types 208 – beech-oak forest on loess, management complex 25 – fertile beech-oaks. PRP consists of three partial plots: on the first plot (A I), there are established 156 growth areas calculated per hectare, with square form (3 x 3 m) with area of 9 m². The second plot (A II) numbers 204 growth areas calculated per hectare, with circle form (diameter 4 m), and/or area of 12.57 m². The third plot is control one (without tending). From the viewpoint of qualitative and quantitative production, more suitable results were achieved on plot managed by non-whole-area tending with circle growth areas (diameter 4 m) in comparison with the plot consisted of growth areas of square form (3 x 3 m). Number of target trees per hectare at the age of 50 and/or 53 years found on plot A I was 122 individuals and on plot A II 230 ones, respectively.

Kľúčové slová: dub, neceloplošná výchova, cieľové stromy

Key words: oak, non-whole-area tending, target trees

ÚVOD

Je všeobecne známe, že výchova porastov patrí medzi veľmi práce, resp. nákladné činnosti pestovania lesov. Preto snahy o jej racionalizovanie, ktoré by priniesli nielen úsporu živej práce, ale aj zníženie nákladov možno pozorovať už niekoľko desaťročí, a to nielen v zahraničí, ale aj u nás. Jednou z možností je tzv. neceloplošná výchova, ktorej základný princíp spočíva v tom, že objektom výchovy je len určitá výmera porastu tzv. rastové plôšky, ktoré môžu mať rôzny tvar (v pásoch, štvorcoch, kruhoch). V závislosti od toho môže byť podiel zasahovanej časti z celkovej plochy porastu v rozpätí 9 až 37 % (KORPEL 1974), pričom ostatná časť plochy porastu sa ponecháva na prirodzený autoregulačný proces. Cieľom neceloplošnej výchovy je vypestovanie požadovaného hektárového počtu najkvalitnejších a najhrubších jedincov (v závislosti od dreviny, prírodných podmienok a pod.). Veľkosť zasahovanej plochy (rastovej plôšky) závisí od rastovej vyspelosti (homogenity) a veku porastu, pričom má byť taká, aby sa na nej vzhľadom na dynamiku samopreriedovania, tvarovú a výškovú diferenciáciu zabezpečila až do fázy žrdoviny existencia aspoň jedného vysokokvalitného jedinca, ktorý svojimi fenotypovými znakmi spĺňa požiadavky (kritériá) na cieľový strom (KORPEL 1984; REMIŠ 1988; ŠTEFANČÍK 1991).

Problematika neceloplošnej výchovy bola v našich krajinách veľmi aktuálna najmä v 70. rokoch minulého storočia, keď sa jej v rámci racionalizačných opatrení pestovných prác venovala zvýšená pozor-

nosť aj v lesníckej praxi (Racionalizácia výchovy 1976; MUSIL 1971; CHROUST et al. 1972; SABOL 1980). Hlavným motívom racionalizácie výchovy v tomto období bol okrem jej veľkej prácnosti aj nedostatok pracovných síl v pestovnej oblasti spolu s efektívnym využitím rôzneho stupňa mechanizačných prostriedkov. Neskôr sa týmito otázkami venovala už len minimálna alebo žiadna pozornosť, lebo kľúčovým problémom lesníctva sa na ďalšie desaťročia stalo predovšetkým veľkoplošné odumieranie lesných porastov v dôsledku komplexného pôsobenia škodlivých činiteľov, najmä znečisteného ovzdušia.

Avšak, v ostatných rokoch, najmä v SR v súvislosti so stále sa znižujúcimi finančnými prostriedkami určenými na výchovu, osobitne mladých lesných porastov sa táto otázka znova stáva aktuálnou, predovšetkým z hľadiska možného zníženia nákladov na túto činnosť, pri zabezpečení rovnakého pestovného efektu, ako pri celoplošnej výchove. Treba poznamenať, že s ohľadom na rôzne podmienky či faktory (vek, hustota porastu, homogenita, drevina, stanovište a pod.) nie všade možno neceloplošnú výchovu úspešne aplikovať. Zo zhodnotenia viacerých experimentov vyplýva, že je vhodná najmä v listnatých (dubových, dubovo-bukových /hrabových/) mladinách z prirodzeného zmladenia (KRIŠKA 1950; LORNE 1959; VENET 1967; BAKSA 1975; KORPEL 1982, 1984; ŠTEFANČÍK 1991), resp. neodporúča sa v dubových mladinách z umelej obnovy (REMIŠ 1988).

V nadväznosti na uvedené bolo cieľom tohto príspevku jednak prispieť k rozšíreniu doterajších poznatkov o neceloplošnej výchove dubových

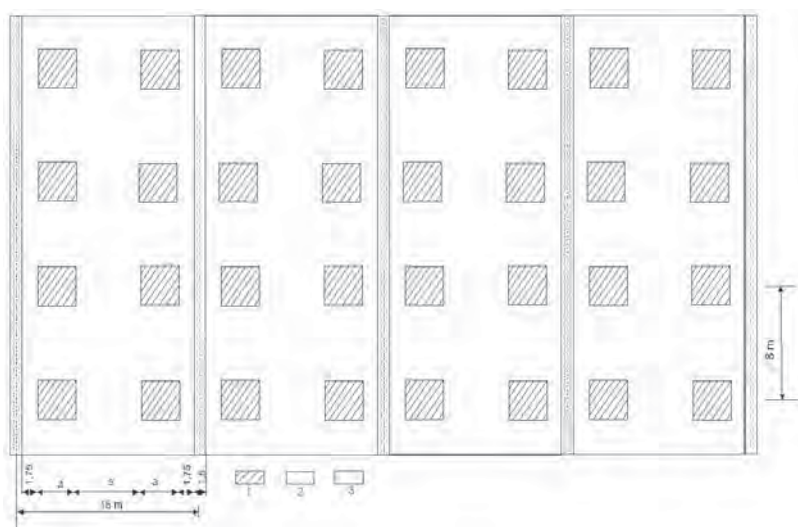
porastov, resp. nadviazať na výsledky takmer 20ročného výskumu na tejto lokalite (ŠTEFANČÍK 1991) a zistiť reálnosť zámeru neceloplošnej výchovy, t.z. vypestovať na rastových ploškách optimálny (dostačujúci) počet cieľových stromov budúceho rubného porastu.

MATERIÁL A METODIKA

Podkladový materiál sme získali z dlhodobých sledovaní na sérii trvalých výskumných plôch (TVP) Veľká Stráž I (Školský lesný podnik TU Zvolen), lokalita Suchý potok. Ide o dubový porast, ktorý vznikol

prírodnou obnovou materského dubového porastu s primiešaným hrabom. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 330 m, JZ expozícii, svahu so sklonom 2 až 12°, lesný typ (LT) 2309 – ostricová buková dúbava s chlpaňou (*Carex pilosa*, *Luzula nemorosa*, *Melittis melisophyllum*), hospodársky súbor lesných typov (HSLT) 208 – sprasňové bukové dúbavy, hospodársky súbor (HS) 25 – živná buková dúbava. Sériu TVP, ktorá sa skladá z troch čiastkových plôch založil na začiatku 70. rokov minulého storočia BAKSA (1975) za účelom výskumu neceloplošnej výchovy dubových porastov.

Plocha A I sa založila na jeseň v r. 1971, vo fáze prechodu od nárastu do mladiny, vo veku 12 rokov (k 1. 1. 1972), v dubovom poraste s jednot-

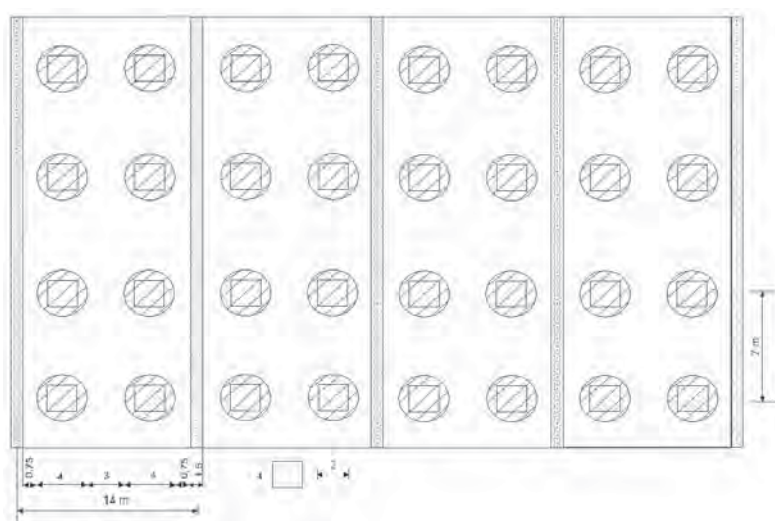


Obr. 1.

TVP Veľká Stráž A I. Schéma plochy a umiestnenie vychovávaných rastových plôšok štvorcového tvaru: 1 – vychovávaná plocha, 2 – rozčleňovacia linka, 3 – nevychovávaná plocha

Fig. 1.

PRP Veľká Stráž A I: The design of plot and arrangement of tended growth areas with square form: 1 – tended area, 2 – divide line, 3 – untended area



Obr. 2.

TVP Veľká Stráž A II. Schéma plochy a umiestnenie vychovávaných rastových plôšok; pôvodné plôšky tvaru štvorca (4) a súčasné plôšky kruhového tvaru: 1 – vychovávaná plocha, 2 – rozčleňovacia linka, 3 – nevychovávaná plocha

Fig. 2.

PRP Veľká Stráž A II: The design of plot and arrangement of tended growth areas; initial growth areas with square form (4) and actual growth areas with circle form: 1 – tended area, 2 – divide line, 3 – untended area

livo primiešaným hrabom do 20 %, resp. miestami rovnorodou dubinou. Na ploche s výmerou 0,2048 ha sa nachádza 32 rastových plôšok, ktoré predstavujú vychovávanú časť porastu (obr. 1). Každá plôška má tvar štvorca s rozmermi 3 x 3 m (plocha 9 m²), pričom vzdialenosť ich stredov je 8 m, t.j. modelový rozstup cieľových stromov (CS) budúceho rubného porastu s počtom 156 CS na hektár. Plocha je rozdelená na 16 m široké pracovné polia, čo predstavuje 2násobný rozstup CS. Pri tomto usporiadaní rastových plôšok (iba tu sa uskutočňuje výchova) zaberá vychovávaná časť 14 % z celkovej výmery plochy. Na tejto ploche sa doteraz uskutočnilo 8 biometrických meraní a výchovných zásahov vo veku porastu 12, 14, 25, 30, 35, 40, 45 a 50 rokov. Pri treťom výchovnom zásahu (r. 1985) prešiel porast z fázy mladiny do fázy žrdkoviny. Z hľadiska racionalizácie výchovného cieľa sa aplikovala pozitívna úrovňová prebieška a racionalizačná metóda nádejných stromov (ŠTEFANČÍK 1984). Podobný charakter mali aj všetky ďalšie necelo plošné výchovné zásahy vykonané v nasledujúcich 5ročných intervaloch.

Plocha A II sa založila na jeseň v r. 1974 vo fáze mladiny, vo veku 18 rokov (k 1. 1. 1975), v dubovom poraste s jednotlivo primiešaným hrabom do 20 %, resp. miestami rovnorodou dubinou. Táto plocha má výmeru 0,1568 ha s 32 rastovými plôškami. Každá plôška mala pôvodne tvar štvorca 2 x 2 m (plocha 4 m²), so vzdialenosťou stredov 7 m. Plocha sa rozčlenila na pracovné polia so šírkou 14 m, čo predstavuje 2násobný rozstup CS. V tomto prípade sa stanovil produkčný cieľ vypestovať 204 CS na hektár, a to len na 6,24 % vychovávanej plochy porastu. Neskôr (pred druhým zásahom vo veku 28 rokov) sa tvar i výmera rastových plôšok zmenili na kruhový tvar s priemerom 4 m, t.j. výmerou 12,57 m², pri nezmenenom rozstupe stredov 7 m (obr. 2). Po tejto zmene zaberá vychovávaná časť porastu 25,64 % z celkovej výmery tejto plochy. Na ploche sa doteraz uskutočnilo 7 výchovných zásahov, pričom ten prvý v roku 1975. Ďalšie zásahy sa vykonali vo veku porastu 28, 33, 35, 38, 43 a 53 rokov. Už pri druhom zásahu bol porast vo fáze žrdkoviny, takže išlo o prvú prebiešku. Charakter zásahov bol rovnaký ako pri ploche A I, s rovnakým 5ročným intervalom.

Plocha A0 (kontrolná plocha) sa založila v r. 1975 vo veku 15 rokov s výmerou 0,02 ha (20 x 10 m), kedy sa vykonalo aj prvé meranie, resp. druhé vo veku 30 rokov a odvtedy pravidelne v 5ročných intervaloch.

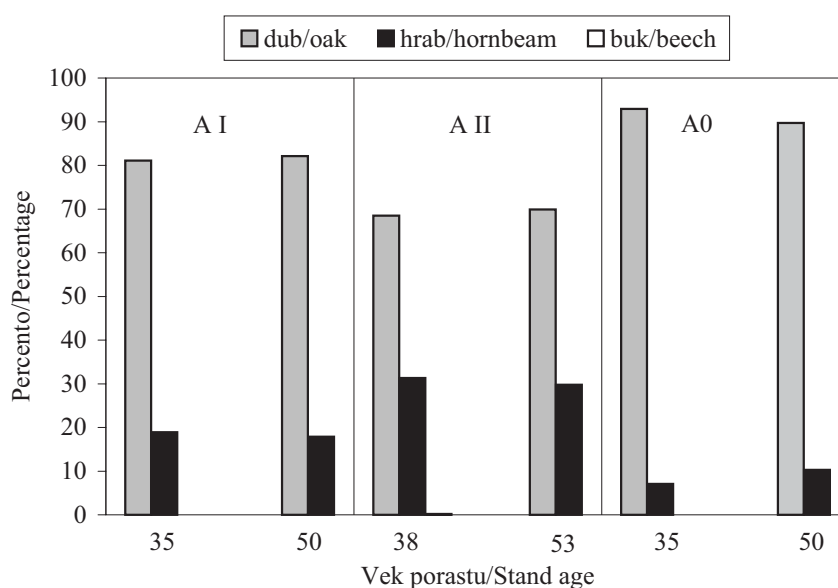
V rámci biometrických meraní sa vo fáze mladín zisťovali údaje o počte žijúcich stromčekov, ich výškovom členení (tri vrstvy), hrúbke $d_{1,3}$, výške a akosti kmeňa a kvalite koruny. Neskôr, keď už boli v štádiu žrdkoviny, sa okrem uvedených znakov merali aj výška nasadenia koruny, horizontálny priemet koruny (4 svetové strany) a relatívne výškové postavenie stromov podľa 5 vztastových tried.

Výsledky sa spracovali štandardnými metódami používanými pri výskume pestovno-produkčných vzťahov v prebieškových porastoch (ŠTEFANČÍK 1984). Pre výpočet základných štatistických charakteristík sa použil program Excel a QC Expert, resp. pre zisťovanie štatistickej významnosti rozdielov analýza variancie ANOVA.

Výsledky prvých dvoch meraní na sledovaných plochách vyhodnotil BAKSA (1973, 1975). Ďalšie dve merania uskutočnené v rokoch 1985 a 1990 spracoval a vyhodnotil ŠTEFANČÍK (1991). V tomto príspevku sme nadviazali na doterajší výskum, resp. uvedené práce a prinášame výsledky z ďalších štyroch meraní vykonaných v rokoch 1995 až 2010.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Jedným z dôležitých ukazovateľov pri sledovaní dlhodobého vývoja dubových porastov s prímiesou hrabu je jeho zastúpenie, resp. percentuálny podiel. Na obr. 3 uvádzame jeho hodnoty (vypočítané podľa kruhovej základne) za ostatných 15 rokov, z ktorých vidno, že sa zmenili minimálne, keď iba na kontrolnej ploche sa podiel hrabu zvýšil o 3,2 %. Na druhej strane je zaujímavé, že kým pri založení plôch pred vyše 35 rokmi neprevyšovala prímies hrabu 20 % pri jednotlivom primiešaní (ŠTEFANČÍK 1991), v súčasnosti na ploche A II už dosahuje 30 %. Avšak z údajov v tab. 1 vyplýva, že hrab na tejto ploche, ale aj



Obr. 3.

Drevinové zloženie (z kruhovej základne) na jednotlivých plochách

Fig. 3.

Tree species composition (according to basal area) on individual plots

Tab. 1.

Relatívna početnosť podľa vzrastových tried
Relative frequency according to the growth classes

Plocha/ Plot	Vek/ Age (roky)/ (years)	Drevina/ Tree species	Vzrastová trieda/Growth class					Počet/Number of trees per 1 ha
			1	2	3	4	5	
A I	35	Dub/oak	23,4	27,7	24,1	20,0	4,8	5035
		Hrab/hornbeam	3,6	20,0	32,8	12,7	30,9	1910
	50	Dub/oak	60,5	14,0	13,9	9,3	2,3	1493
		Hrab/hornbeam	10,0	-	6,7	36,7	46,6	1042
A II	38	Dub/oak	24,7	25,8	20,8	19,7	9,0	4428
		Hrab/hornbeam	1,5	8,9	18,2	34,0	37,4	5050
	53	Dub/oak	54,9	18,3	12,7	11,3	2,8	1766
		Hrab/hornbeam	-	5,2	3,0	43,7	48,1	3358
A0	35	Dub/oak	13,2	43,4	14,5	19,7	9,2	7600
		Hrab/hornbeam	-	5,9	5,9	25,5	62,7	2550
	50	Dub/oak	25,0	26,6	23,4	25,0	-	3200
		Hrab/hornbeam	-	2,2	-	15,2	82,6	2300

Vysvetlivky: A I – Plocha s neceloplošnou výchovou na rastových ploškách tvaru štvorca (3 x 3 m); A II - Plocha s neceloplošnou výchovou na rastových ploškách tvaru kruhu (priemer 4 m)/ A0 – kontrolná plocha

Captions: A I – Plot with non-whole area tending on growth areas of square form (3 x 3 m); A II - Plot with non-whole area tending on growth areas of circle form (diameter 4 m); A0 – control

ostatných dvoch plochách (A I a A0) sa takmer výhradne nachádza v podúrovni (3. až 5. vzrastová trieda), čo je pri výchove dubových porastov pozitívny jav. Dôležité je to najmä pre vývoj úrovňových dubov, osobitne cieľových stromov, čo konštatuje aj KORPEE (1973). Podobne aj iní autori (LEIBUNDGUT 1945; BEZAČINSKÝ 1956) považujú výskyt hrabu v zmiešaných hrabovo-dubových porastoch za potrebný z ekologického i pestovateľského hľadiska.

Z pohľadu porastovej výstavby je dôležité aj zastúpenie duba v úrovni (1 + 2. vzrastová trieda) a podúrovni (3. až 5. vzrastová trieda) porastu. Z údajov v tab. 1 vyplýva, že vo veku porastu 35, resp. 38 rokov bolo na všetkých troch plochách zastúpenie úrovne viac-menej vyrovnané (51,1 %; 50,5 % a 56,6 %). Po 15 rokoch sa na vychovávaných plochách zvýšilo (74,5 % a 73,2 %), ale na kontrolnej ploche dokonca kleslo na 51,6 %. Z tohto pohľadu možno konštatovať priaznivý vplyv dlhodobej výchovy na porastovú výstavbu zasahovaných plôšok.

Okrem významu zastúpenia hrabu v podúrovni je podľa KORPEEA (1973) osobitne v mladých dubových porastoch dôležitý aj dostatočný podiel medziúrovňových jedincov (3. vzrastová trieda) duba, kvôli ich rovnakému pestovnému efektu ako podúrovňových hrabov, t.j. prevencia proti tvorbe „vlkov“ na kmeňoch duba. Preto zastúpenie 13,9 % a 12,7 % na vychovávaných plochách možno považovať za dostatočné.

Kvantitatívna produkcia

Vývoj vybraných taxačných a porastových charakteristík uvádzame v tab. 2 a 3. Pri porovnávaní posledných 15 rokov vidno, že celkový počet stromov (N) poklesol najviac na Ploche A I, a to o 63,5 % v porovnaní so stavom v roku 1995, kým na ostatných dvoch plochách to bolo rovnako o 45,8 %. KORPEE (1984) uvádza v porovnateľných prírodných podmienkach pri neceloplošnej výchove na kruhových ploškách s priemerom 5 m (výmera 1 plôšky 19,625 m²) vo veku

17 rokov priemerný počet stromov 39 700 ks.ha⁻¹, čo korešponduje s našimi údajmi na TVP Veľká Stráž I, keď vo veku 18 rokov bol priemerný počet stromov 43 500 ks na hektár (ŠTEFANČÍK 1991).

Uvedenému trendu zodpovedajú aj ostatné charakteristiky ako kruhová základňa (G), kde aj pri porovnávaní absolútnych hodnôt i v relatívnom vyjadrení (prírastkové percento) boli hodnoty na ploche A I najnižšie (23,9 m².ha⁻¹, resp. 11,1 %) a naopak najvyššie podľa očakávania na kontrolnej ploche A0 (38,9 m².ha⁻¹, resp. 25,9 %). Opačne tomu bolo iba pri relatívnom vyjadrení prostredníctvom objemu hrubiny (V_{gb}), keď najvyššie prírastkové percento sme zistili práve na ploche A I (303,1 %). Pokiaľ ide o absolútne hodnoty, tie sú porovnateľné s údajmi KORPEEA (1974), ktorý v 41-ročnom poraste vychovávanom celoplošne Schädelinovou kvalitatívnou prebierkou uvádza V_{gb} 192 m³.ha⁻¹, čo je podobné našim zisteniam (168,4 a 184,3 m³.ha⁻¹) vo veku 50, resp. 53 rokov.

Zrejme to súvisí s vývojom strednej hrúbky dg, lebo na ploche A I bola najvyššia (12,95 cm), hoci vo veku 35 rokov bola naopak najnižšia (6,65 cm). Rozdiely medzi plochami boli vždy štatisticky nevýznamné (pre $\alpha = 0,05$). Najviac sa zvýšila dg za sledované 15-ročné obdobie na ploche A I (194,7 %) a najmenej na kontrolnej ploche (169,9 %). Čo sa týka strednej výšky hg, zistili sme rovnaký trend ako pri dg, ale tu sa už prejavili medzi plochami aj štatisticky významné rozdiely (tab. 2).

Niektoré ďalšie porastové charakteristiky, ktoré uvádzame v tab. 3 (stredný rozstup stromov a rastová plocha 1 stromu), sú odvodené od počtu stromov, takže pre ne platí rovnaké poradie, aké sme konštatovali pri porovnávaní počtu stromov. Pokiaľ ide o priemerný periodický prírastok na kruhovej základni (i_G) a objem hrubiny ($i_{V_{\text{gb}}}$), podľa očakávania boli najvyššie na kontrolnej ploche. Rovnakú tendenciu sme zistili aj na našich plochách s celoplošnou výchovou, ktoré sa nachádzajú v bezprostrednej blízkosti, keď vo veku 57 rokov na rôznu intenzitou zasahovaných plochách sa i_G pohyboval v rozpätí 0,385 až

Tab. 2.

Vývoj taxačných charakteristík

Development of mensurational characteristics

Plocha/ Plot	Vek/ Age	Drevina/ Tree species	Počet/ Number of trees	Kruhová základňa/ Basal area	Objem hrubiny/Volu- me of the timber to the top of 7 cm	Stredná/Mean	
						hrúbka/diameter $d_{1,3}$ (cm) (d_g)	výška/height (m) (h_g)
AI	35	Dub/Oak	5035	17,465	47,396	6,65 ^N	9,66 ^a
		Hrab/Hornbeam	1910	4,062	8,160	5,20	8,65
		Spolu/Total	6945	21,527	55,556	-	-
	50	Dub/Oak	1493	19,653	145,660	12,95 ^N	16,04 ^N
		Hrab/Hornbeam	1042	4,271	22,708	7,23	11,22
		Spolu/Total	2535	23,924	168,368	-	-
AII	38	Dub/Oak	4428	18,035	64,154	7,20 ^N	10,82 ^b
		Hrab/Hornbeam	5050	8,234	12,164	4,56	8,42
		Buk/beech	25	0,050	-	-	-
		Spolu/Total	9503	26,319	76,318	-	-
	53	Dub/Oak	1766	22,090	156,915	12,62 ^N	15,31 ^N
		Hrab/Hornbeam	3358	9,428	27,214	5,98	9,68
		Buk/beech	25	0,100	0,149	-	-
A0	35	Dub/Oak	7600	28,700	83,650	6,94 ^N	9,77 ^a
		Hrab/Hornbeam	2550	2,200	-	3,32	5,78
		Spolu/Total	10150	30,900	83,650	-	-
	50	Dub/Oak	3200	34,900	239,100	11,79 ^N	15,12 ^N
		Hrab/Hornbeam	2300	4,000	2,750	4,71	5,91
		Spolu/Total	5500	38,900	241,850	-	-

Poznámka: Hodnoty s rozdielnym písmenom sú významné na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ Note: The values with the different letter are significant on the level of $\alpha = 0.05$ N – štatisticky nevýznamný rozdiel na hladine významnosti $\alpha = 0,05$; N – insignificant difference on the level of $\alpha = 0.05$

Tab. 3.

Vývoj vybraných porastových charakteristík

Development of selected stand characteristics

Plocha/ Plot	Vek/ Age	Drevina/ Tree species	Stredný roz- stup stromov/ Mean spacing	Rastová plocha 1 stromu/ Growth area per 1 tree	Štíhlostný kvocient/ Slenderness quotient/	Priemerný periodický prírastok/Mean periodical increment	
						($m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)	($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
AI	35	Dub/Oak	1,51	1,99	1,158	-	-
		Hrab/Hornbeam	2,46	5,23	-	-	-
		Spolu/Total	1,29	1,44	-	-	-
	50	Dub/Oak	2,78	6,70	1,128	0,426	7,606
		Hrab/Hornbeam	3,33	9,60	-	0,123	1,183
		Spolu/Total	2,13	3,94	-	0,549	8,789
AII	38	Dub/Oak	1,62	2,26	1,124	-	-
		Hrab/Hornbeam	1,51	1,98	-	-	-
		Spolu/Total	1,10	1,05	-	-	-
	53	Dub/Oak	2,56	5,66	1,042	0,421	6,594
		Hrab/Hornbeam	1,85	2,98	-	0,208	1,357
		Spolu/Total	1,50	1,94	-	0,629	7,951
A0	35	Dub/Oak	1,52	1,32	1,105	-	-
		Hrab/Hornbeam	2,13	3,92	-	-	-
		Spolu/Total	1,07	0,99	-	-	-
	50	Dub/Oak	1,90	3,13	1,037	0,680	11,467
		Hrab/Hornbeam	2,24	4,35	-	0,123	0,183
		Spolu/Total	1,45	1,82	-	0,803	11,650

0,759 m².ha⁻¹.rok⁻¹, resp. $i_{V_{7b}}$ 4,993 – 6,274 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Na kontrolných plochách to činilo 0,456 a 0,517 m².ha⁻¹.rok⁻¹ a 9,599 a 9,621 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ (ŠTEFANČÍK 2011). Podobné hodnoty $i_{V_{7b}}$ ale pri celoplošnej výchove uvádza aj DEKANIČ (1980) pre 42ročný dubový porast 7,1 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ a tiež CHROUST (2007) v 58ročnom poraste duba letného s hodnotami i_G 0,76 m².ha⁻¹.rok⁻¹ a $i_{V_{7b}}$ 8,80 m³.ha⁻¹.rok⁻¹.

Vyššie uvedené poradie plôch sa prejavilo aj pri celkovom úbytku jedincov za sledované obdobie 15 rokov a celkovej produkcii (tab. 7), keď najmenej priaznivé hodnoty sa zistili na ploche A I. Zaujímavé je porovnanie s plochami s celoplošnou výchovou, ktoré máme v tesnej blízkosti, ako už bolo predtým spomenuté. Na týchto plochách so zásahom sa pohybovali hodnoty celkového úbytku (vyjadrené ako % z celkovej produkcie) za 15ročné obdobie (vek 42 až 57 rokov) pri N 50,8 až 58,1 %, pri G 25,2 – 28,6 %, resp. pri V_{7b} 15,3 – 20,3 % (ŠTEFANČÍK 2011), čo sú veľmi podobné údaje s neceloplošnou výchovou. Pri úbytku stromov samoprieroďovaním sa pohybovali hodnoty na plochách s celoplošnou výchovou (ŠTEFANČÍK 2011) pre N 25,9 – 35,6 %, pre G 7,4 – 10,7 % a V_{7b} 2,0 – 4,1 %, čo sú o málo nižšie hodnoty ako pre neceloplošnú výchovu (tab. 6). Pri porovnaní iba kontrolných plôch celoplošnej a neceloplošnej výchovy boli o málo vyššie tie z neceloplošnej. Porovnanie celkovej produkcie ukázalo prakticky rovnaké hodnoty, čo sa týka G, ale výrazne nižšie hodnoty V_{7b} , čo je dôsledkom hrúbkovej štruktúry, resp. vyššieho počtu stromov na hektár na ploche s neceloplošnou výchovou (tab. 7), ktoré sú ale tenké, takže niekedy nedosahujú hrúbku 7 cm, resp. len mierne ju prekračujú. To isté platí aj pre kontrolné plochy, aj keď treba vziať do úvahy, že plochy s neceloplošnou výchovou sú v priemere o 5 až 7 rokov mladšie a na zasahovaných plochách sa vykonalo o 2 zásahy viacej (2 prečistky vo veku 13 a 17 rokov) v porovnaní s celoplošnou výchovou.

Hodnoty štihlостného kvocientu, ktoré sme vypočítali z údajov 100 najhrubších stromov na 1 ha každej plochy počas celého obdobia sledovania uvádzame v tab. 3. Vyplývajú z nich veľmi malé a štatisticky nevýznamné rozdiely (pre $\alpha = 0,05$) medzi jednotlivými plochami, a tiež pomerne vysoké absolútne hodnoty (1,037 – 1,128), čo je zrejme podmienené aj charakterom neceloplošnej výchovy, keď zasahujeme len na veľmi malej ploche v porovnaní s celoplošnou. DUDZINSKA, TOMUSIAK (2000) skúmali hodnoty štihlостného kvocientu 384 dubov vo vekovom rozpätí 26 – 140 rokov, pričom priemerná hodnota bola 0,81. Na problém statickej stability pri neceloplošnej výchove dubín

poukazuje aj KORPEE (1984), ktorý zistil vysoký podiel nestabilných jedincov v hornej vrstve dubového porastu vo veku 13 a 21 rokov so štihlостným kvocientom s hodnotou 2,40.

Kvalitatívna produkcia

V tab. 4 uvádzame vývoj stromov výberovej kvality (nádejných a cieľových stromov), ktoré sú hlavnými nositeľmi kvality porastu, osobitne v dubových porastoch, ktorá predstavuje v hospodárskych lesoch kvalitatívnu produkciu na ktorú sa zameriava pestovateľ v prvom rade. Vidno, že sa opäť jednoznačne lepšie výsledky dosiahli na ploche A II (s kruhovými plôškami) oproti ploche so štvorcovými plôškami (A I). Potvrďuje to aj počet cieľových stromov (CS), ktorý je na A II takmer dvojnásobný (230 ks.ha⁻¹) ako na A I (122 ks.ha⁻¹). Z hľadiska počtu CS prepočítaných na 1 ha by sme teda mohli konštatovať, že je postačujúci pre danú rastovú fázu, resp. vek porastu. Počet zvolených CS zodpovedá údajom z literatúry, napr. BAKSA (1975) v závislosti od rubnej doby a cieľovej hrúbky uvádza 100 až 320 jedincov na 1 ha. KORPEE (1974) odporúča 150 budúcich rubných stromov na ha, pričom konštatuje, že v porastoch starších ako 40 rokov by nemal byť vyšší ako 300 ks na 1 ha. Podobne SLODIČÁK et al. (2009) sledovali 150 CS duba v podmienkach južných Čiech. DONG et al. (1997) považujú za dostatočný počet 80 – 100 CS na 1 ha a podobne aj ROY (1975) uvažuje s nízkym počtom cieľových stromov (70 ks.ha⁻¹). Treba podotknúť, že cieľom neceloplošnej výchovy na sledovaných výskumných plochách je na každej rastovej plôške vypestovať jeden CS, to znamená 156 CS na ploche A I, resp. 204 CS na ploche A II (ŠTEFANČÍK 1991). Tento autor zároveň uvádza, že pri naplnení uvedeného cieľa by sa na každej rastovej plôške mali do fázy žrdkoviny vyspovať 2 nádejné stromy (NS), lebo je známe, že počet NS by mal byť zhruba dvojnásobkom počtu CS. Vo veku 30 a 33 rokov, t.z. po dvoch prebierkach všetko nasvedčovalo tomu, že sa to podarí, lebo počet NS bol na ploche A I 224 ks.ha⁻¹ a na ploche A II to bolo 357 ks.ha⁻¹ (ŠTEFANČÍK 1991). Z údajov tab. 4 je však zrejme, že na ploche A I sa to nedosiahne, ale na ploche A II je reálny predpoklad splnenia tohto cieľa. Na ploche A I sme totiž zistili 9 rastových plôšok, kde sa nenachádza žiadny NS alebo CS, čo je 28,1 % z celkového počtu 32 rastových plôšok. Na ploche A II to sú však iba 3 rastové plôšky bez NS, čo je 9,4 % (3násobne menej). Dôvodom poklesu počtu NS

Tab. 4.

Vývoj nádejných (cieľových) stromov
Development of the promising (target) trees

Plocha/ Plot	Vek/ Age	Počet/ Number of trees	Kruhovú základňu/ Basal area		Objem hrubiny/Volume of the timber to the top of 7 cm		Stredná/Mean	
			(m ² .ha ⁻¹)	% z hlavného porastu/ % out of the main stand	(m ³ .ha ⁻¹)	% z hlavného porastu/ % out of the main stand	hrúbka/ diameter d _{1,3} (cm) (d _g)	výška/ height (m) (h _g)
A I	30*	224	-	-	-	-	-	-
	50	122	1,973	8,5	15,366	9,4	14,35	16,72
A II	33*	357	-	-	-	-	-	-
	53	230	3,801	12,2	28,718	15,8	14,51	16,24
A0	35	500	4,150	13,4	18,600	22,2	10,28	11,60
	50	500	9,350	24,0	73,700	30,5	15,43	16,54

* Údaje prevzaté z práce ŠTEFANČÍK (1991)/Data source: ŠTEFANČÍK (1991)

Tab. 5.

Priemerný ročný periodický prírastok (mm) nádejných (cieľových) stromov
Average annual periodical diameter increment (mm) of the promising (target) trees

Plocha/Plot	A I	A II	A0
i_d (1995-1999)	3,27 ± 0,93	2,87 ± 0,81	3,50 ± 1,15
i_d (2000-2004)	3,32 ± 0,84	3,09 ± 0,80	3,24 ± 0,98
i_d (2005-2009)	3,32 ± 0,84	2,94 ± 0,74	3,10 ± 0,93
i_d (1995-2009)	3,34 ± 0,82	2,97 ± 0,68	3,37 ± 0,85

Tab. 6.

Analýza celkového úbytku za 15 rokov
Analysis of total decrease of trees for 15 years

Plocha/ Plot	Vekové rozpätie/ Age range	Drevina/Tree species	Prebierka a iný úbytok žijúcich stromov/Thinning and other decrease of living trees						Odumreté stromy (samopreriedovanie)/ Dead trees (self-thinning)					
			N		G		V_{7b}		N		G		V_{7b}	
			pcs.ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ² .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ³ .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	pcs.ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ² .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ³ .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP
A I	35-50	Dub/oak	728	14,4	2,847	9,8	9,723	5,8	2814	55,9	6,493	22,4	12,882	7,6
		Ostatné/other	590	30,9	1,528	25,6	3,194	12,3	278	14,5	0,174	2,9	-	-
		Spolu/Total	1318	19,0	4,375	12,5	12,917	6,7	3092	44,5	6,667	19,1	12,882	6,6
A II	38-53	Dub/oak	597	13,5	3,906	13,1	18,906	10,6	2065	46,6	3,707	12,5	1,518	0,9
		Ostatné/other	573	11,3	1,767	14,9	5,149	15,8	1119	22,0	0,547	4,6	-	-
		Spolu/Total	1170	12,3	5,673	13,7	24,055	11,5	3184	33,5	4,254	10,2	1,518	0,7
A0	35-50	Dub/oak	-	-	-	-	-	-	4400	57,9	10,750	23,5	25,700	9,7
		Ostatné/other	-	-	-	-	-	-	250	9,8	0,150	3,6	-	-
		Spolu/Total	-	-	-	-	-	-	4650	45,8	10,900	21,9	25,700	9,6

Vysvetlivky: N – počet stromov na hektár, G – kruhová základňa, V_{7b} – objem hrubiny, TP – celková produkcia (CP)

Captions: N – number of trees per hectare; G – basal area; V_{7b} – volume of the timber to the top of 7 cm; TP – Total production (TP)

Tab. 7.

Vývoj kvantitatívnej produkcie za 15 rokov
Development of quantitative production of the stand for 15 years

Plocha/ Plot	Vekové rozpätie/ Age range	Drevina/ Tree species	Celkový úbytok/Total decrease of trees						Celková produkcia/Total Production				
			N		G		V_{7b}		N		G		V_{7b}
			ks.ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ² .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ³ .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	ks.ha ⁻¹	m ² .ha ⁻¹	% z CP/ % of TP	m ³ .ha ⁻¹	
A I	35-50	Dub/oak	3542	70,3	9,340	32,2	22,605	13,4	5035	28,993	1,660	168,265	3,550
		Ostatné/other	868	45,4	1,702	28,5	3,194	12,3	1910	5,973	1,470	25,902	3,174
		Spolu/Total	4410	63,5	11,042	31,6	25,799	13,3	6945	34,966	1,624	194,167	3,495
A II	38-53	Dub/oak	2662	60,1	7,613	25,6	20,424	11,5	4428	29,703	1,647	177,339	2,764
		Ostatné/other	1692	33,3	2,314	19,5	5,149	15,8	5075	11,842	1,430	32,512	2,673
		Spolu/Total	4354	45,8	9,927	23,9	25,573	12,2	9503	41,545	1,579	209,851	2,750
A0	35-50	Dub/oak	4400	57,9	10,750	23,5	25,700	9,7	7600	45,650	1,591	264,800	3,166
		Ostatné/other	250	9,8	0,150	3,6	-	-	2550	4,150	1,886	2,750	-
		Spolu/Total	4650	45,8	10,900	21,9	25,700	9,6	10150	49,800	1,612	267,550	3,198

Vysvetlivky ako pri tab. 6/Captions: see Tab. 6

(CS) za ostatných 20 rokov bola skutočnosť, že stratili aspoň jedno z troch kritérií, podľa ktorých sa vyberajú a ktorými sú: vyhovujúca kvalita kmeňa a koruny, vhodné dimenzie hrúbkové a výškové a ich požadovaný rozstup v poraste (ŠTEFANČÍK 1984). Podobnú situáciu, keď sa nepodarilo vypestovať dvojnásobnú rezervu v porovnaní k počtu cieľových stromov publikoval REMÍŠ (1988) v dubových mladinách s neceloplošnou výchovou, ale z umelej obnovy. Ako zdôvodnenie uvádza skutočnosť, že to bol dôsledok podstatne nižšej početnosti jedincov v porastoch z umelej obnovy, kde sa vytvárajú lepšie podmienky na prejav rastovej potencie nežiaducich fenotypových zložiek porastu, t.z. rozrastkov.

Dôležitým pestovateľským ukazovateľom je, že aký podiel tvoria z hlavného porastu nádejné (cieľové stromy). Z údajov v tab. 4 vidno opäť priaznivejší účinok výchovy na ploche A II oproti ploche A I. Prekvapujúci je zatiaľ ich vysoký počet na kontrolnej ploche 500 ks na hektár. Treba si však uvedomiť, že ide o nádejné stromy, t.z. ich počet je asi dvojnásobkom cieľových stromov a okrem toho je predpoklad, že v priebehu ďalších desaťročí viaceré z nich budú zrušené, lebo stratia aspoň jedno z troch kritérií, podľa ktorých sa vyberajú nádejné (cieľové) stromy. Pri vyjadrení objemu hrubiny tvorili tieto stromy vo veku 53 rokov na ploche A II 15,8 %. Pre porovnanie uvádzame, že na plochách s celoplošnou výchovou (ŠTEFANČÍK 2011) vo veku 42 rokov to činilo 17,6 % až 39,5 % z hlavného porastu. Podobné výsledky zistil aj KORPEL (1974), ktorý uvádza vo veku 33 rokov objemový podiel čakaťelov (budúcich rubných stromov) 17 %, a vo veku 46 rokov až 36 % z celkovej zásoby porastu.

Otázkou kvalitatívnej produkcie sa pri neceloplošnej výchove zaoberal aj KORPEL (1984), ktorý zistil vo veku 21 rokov na rastovej plôške s priemerom 5 m cca 6 kvalitných jedincov v hornej vrstve, čo vytváralo dostatočnú rezervu pre výber cieľových stromov. Navyše pri porovnávaní zmien kvality s celoplošnou čistkou zistil štatisticky významné zlepšenie kvality jedincov v hornej vrstve, resp. kladný vplyv výchovy aj v porovnaní s kontrolnými plochami.

Analýza priemerného ročného periodického hrúbkového prírastku (i_d) nádejných (cieľových) stromov za 15ročné obdobie (tab. 5) ukázala, že najväčší prírastok sa dosiahol na kontrolnej ploche a najmenší na ploche A II, pričom rozdiely neboli výrazné (štatisticky nevýznamné $\alpha = 0,05$). Súvisí to s hrúbkovou štruktúrou, lebo najvyššiu strednú hrúbku dg mala práve kontrolná plocha 15,43 cm.

Pokiaľ ide o porovnanie i_d s výsledkami iných autorov, možno konštatovať veľkú podobnosť. Napr. UTSCHIG, PRETZSCH (2001) zistili v 48ročnom dubovom poraste neďaleko Kaiserslauten (Nemecko) ročný hrúbkový prírastok prevyšujúci 2 mm, dokonca aj na kontrolných plochách. Rovnaké zistenia konštatuje aj MAKINECI (2005), keď na kontrolnej ploche v „Demirkoy forest“ (Turecko) zistil i_d tiež vyšší ako 2 mm. Naše zistenia sú najbližšie údajom CHROUSTA (2007), ktorého hodnoty pre i_d vo veku 43 – 58 rokov boli $3,0 \pm 0,8$ mm na kontrolných plochách, $3,4 \pm 1,4$ mm na ploche s pozitívnou selektívnou prebierkou a $3,8 \pm 1,2$ mm na ploche s označenými cieľovými stromami. Ak porovnáme i_d cieľových stromov, ktoré sme zistili na plochách s celoplošnou výchovou (ŠTEFANČÍK 2011), tie sa pohybovali na zasahovaných plochách od $3,81 \pm 0,53$ mm do $3,95 \pm 0,91$ mm, čo sú hodnoty zanedbateľne vyššie ako pri neceloplošnej výchove. Rovnaký trend sme registrovali aj pri porovnaní kontrolných plôch.

Pestovná analýza zásahov

Prvý neceloplošný zásah, ktorý sa na predmetných plochách vykonal ešte v rastovej fáze nárastov mal prevažne charakter negatívnej čistky a viac bol umiestnený do hornej vrstvy. Na miestach s primiešaným hrabom bola aktuálna pozitívna čistka. Sila prvého zásahu sa pohybovala na ploche A I od 11,1 % do 14,6 %, resp. na ploche A II od 8,5 do

12,7 %. Sila druhého neceloplošného zásahu, ktorý sa vykonal iba na ploche A I (na tejto ploche sa celkovo vykonal o jeden zásah viac ako na ploche A II) činila 6,2 až 10,0 %, pričom mal opäť väčšinou charakter negatívnej, resp. podľa potreby aj pozitívnej čistky (ŠTEFANČÍK 1991).

Pri ďalších dvoch zásahoch (v rokoch 1985 a 1990) sa porasty nachádzali už v rastovej fáze žrdkovín, takže z hľadiska fytotechniky sa na plochách aplikovala pozitívna úrovňová prebieрка, ktorá je zameraná na dostatočné uvoľňovanie korún CS (NS). Treba poznamenať, že vzhľadom na väčšiu rastovú vyspelosť porastu (v porovnaní s nárastmi a mladinami) bolo pri prebierkových zásahoch na niektorých rastových plôškach potrebné zasahovať aj do ich bezprostredného okolia, t.z. nevychovejanej časti. Dôvodom bolo ovplyvnenie NS (CS) nachádzajúcich sa na okraji rastovej plôšky. Sila zásahu v takýchto prípadoch však na oboch plochách neprevýšila 2,4 %.

Pokiaľ ide o samotnú silu zásahu na rastových plôškach, na ploche A I bola pri 3. meraní 13,2 % a pri štvrtom meraní 7,2 %. Na ploche A II boli hodnoty 14,3 % a 7,1 % (ŠTEFANČÍK 1991).

Pri ostatných štyroch zásahoch, t.z. celkovo pri 5. až 8. zásahu na ploche A I sa sila zásahu (vyjadrená z kruhovej základne) pohybovala v rozpätí 2,0 – 15,7 % a na ploche A II to bolo 0,2 až 12,2 %. KORPEL (1982) v závislosti od prírodných podmienok (reprezentovaných tromi hospodárskymi súbormi) uvádza pre 10 až 21ročné neceloplošne vychovávané mladiny silu zásahov v rozpätí 10 – 14 % (z kruhovej základne), resp. 5 až 8 % (z počtu stromov), čo sú údaje korešpondujúce z našimi zisteniami na TVP Veľká Stráž I.

ZÁVER

V práci sa analyzujú výsledky dlhodobého (takmer 40ročného) výskumu neceloplošnej výchovy dubových porastov. Objektom výskumu je séria trvalých výskumných plôch (TVP) Veľká Stráž I, ktorá obsahuje tri čiastkové plochy. Z toho dve sú variantmi neceloplošnej výchovy: Plocha A I s výchovou 14 % plochy porastu na 156 rastových plôškach na 1 hektár, každá s výmerou 9 m² (štvorec 3 x 3 m), a plocha A II s výchovou 26 % plochy porastu na 204 rastových plôškach na 1 ha, každá s výmerou 12,57 m² /kruh s priemerom 4 m/ (obr. 1 a 2). Plocha A0 je kontrolná (bez zásahov). Plochy patria do hospodárskeho súboru lesných typov 208 – sprasové bukové duby a hospodárskeho súboru 25 – živná buková duby. Porasty vznikli prirodzenou obnovou. Výskum sa uskutočňuje od veku porastov 12 rokov (A I, A0) a 15 rokov (A II), pričom v roku 2010 dosiahli vek 50, resp. 53 rokov a sú na konci rastovej fáze žrdkoviny.

Cieľom výskumu bolo zistiť, či neceloplošnou výchovou možno dosiahnuť také výchovné ciele (počet cieľových stromov) ako pri tradičnej, t.z. celoplošnej výchove.

Dosiahnuté výsledky možno zhrnúť:

- Na začiatku výskumu tvoril hrab primiešaninu s nerovnomerným zastúpením maximálne do 20 %, čo platí aj v súčasnosti (po 38 rokoch), keď iba na ploche A II presiahol uvedenú hodnotu o 10 % (obr. 3).
- Z hľadiska porastovej výstavby možno konštatovať priaznivý vývoj, nakoľko hrab sa na všetkých troch plochách takmer výhradne nachádza v podúrovni (3. až 5. vzrastová trieda), čo je pri výchove dubových porastov pozitívny jav. Naopak, zastúpenie porastovej úrovni (1. + 2. vzrastová trieda) bolo na vychovávaných plochách 74,5 % a 73,2 %, pričom išlo takmer výlučne o jedince duba (tab. 1).

- Z hľadiska kvantitatívnej i kvalitatívnej produkcie (tab. 2, 3, 6, 7) sa priaznivejšie výsledky dosiahli na ploche s neceloplošnou výchovou na kruhových rastových plôškach (priemer 4 m) v porovnaní s plochou A I (štvorec 3 x 3 m).
- Vo veku 50 a 53 rokov bol počet nádejných (cieľových stromov) na ploche A I 122 ks.ha⁻¹ a na ploche A II to bolo 230 ks.ha⁻¹, z čoho vyplýva, že na ploche A I sa výchovný cieľ (156 cieľových stromov na 1 ha) zrejme nedosiahne, ale na ploche A II (204 cieľových stromov na 1 ha) je reálny predpoklad splnenia tohto cieľa (tab. 4).

LITERATÚRA

- BAKSA L. 1973. Racionalizácia čistiek v dubinách. (Čiastková záverečná správa). Zvolen, VÚLH: 52.
- BAKSA L. 1975. Výchova dubových porastov. (Záverečná správa). Zvolen, VÚLH: 112.
- BEZAČINSKÝ H. 1956. Pestovanie listnatých porastov bukovo-dubovej oblasti. In: Pěstění lesů III. Praha, SZN: 492-558.
- DEKANIČ I. 1980. Način i intenzitet proreda u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Vinkovci, Složena Šumsko Gospodarska Organizacija Slavonska Šuma: 120 s.
- DONG P. H., MUTH M., ROEDER A. 1997. Traubeneichen - Durchforstungsversuch in den Forstämtern Elmstein-Nord und Fischbach. Forst und Holz, 52: 34-38.
- DUDZINSKA T. R., TOMUSIAK R. 2000. Comparison of slenderness in beech and oak stands. Sylwan, 144: 45-52.
- CHROUST L., PEŘINA V., ŠVENDA A. 1972. Racionalizační způsoby výchovy mladých porostů hlavních hospodářských dřevin. Zbraslav-Strnady, VÚLHM: 62 s.
- CHROUST L. 2007. Quality selection in young oak stands. Journal of Forest Science, 53: 210-221.
- KORPEL Š. 1973. Vplyv omeškania výchovy a vplyv prebierkových zásahov na štruktúru hrabovo-dubových porastov. Lesnictví, 19: 619-640.
- KORPEL Š. 1974. Prebierky v dubových porastoch a možnosti ich racionalizácie. Lesnícky časopis, 20: 185-204.
- KORPEL Š. 1982. Výsledky overovania neceloplošnej výchovy dubových húštin. Les, 38: 445-449.
- KORPEL Š. 1984. Racionalizácia výchovy dubových húštin neceloplošnou čístkou vo vlhkých bukových dúbravách. Acta Facultatis Forestalis, 26: 79-97.
- KRIŠKA S. 1950. Novinka pre pestovanie dubov. Košice, VŠLPLI: 44 s.
- LEIBUNDGUT H. 1945. Über die waldbauliche Behandlung der Eiche. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 1: 49-58.
- LORNE R. 1959. Etude quantitative sur les éclaircies dans les peuplements de chêne de qualité. Revue Forestiere Francaise, 11: 746-768.
- MAKINECI E. 2005. Sapsiz mese (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) baltalik ormaninda aralamalarin cap artimi ve bazi toprak özelliklerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A: 1-10.
- MUSIL A. 1971. Racionalizace porostní výchovy (Průvodce k celokrajské instruktáži). Brno, PŘSL: 67 s.
- Racionalizácia výchovy lesných porastov. 1976. Žilina, Dom techniky SVTS: 167 s.
- REMIŠ J. 1988. Posúdenie vhodnosti aplikácie neceloplošných prečistiek v dubinách z umelej obnovy. Lesnictví, 34: 1005-1016.
- ROY F. X. 1975. La désignation des arbres de place dans les futaies de chêne destinées a fournir du bois de tranchage. Revue Forestiere Francaise, 27: 50-60.
- SABOL F. 1980. Seminár o racionalizácii výchovy lesných porastov. Prešov, ZP ČSVTS: 70 s.
- ŠLODIČÁK M., NOVÁK J., DUŠEK D. 2009. Thinning of oak stands – results of 12-year study in oak thicket. In: Štefančík I., Kamenský M. (eds.): Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zvolen, NLC: 184-189.
- ŠTEFANČÍK L. 1984. Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selektívnej výchovy bukových porastov. In: Vedecké práce VÚLH vo Zvolene. Bratislava, Príroda: 69-112.
- ŠTEFANČÍK L. 1991. Výsledky výskumu neceloplošnej výchovy mladých dubových porastov. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, 40: 169-191.
- ŠTEFANČÍK I. 2011. Growth characteristics of oak (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) stand under different thinning regime. Journal of Forest Science (v tlači)
- UTSCHIG H., PRETZSCH H. 2001. Der Eichen-Durchforstungsversuch Waldleiningen 88. Auswirkungen unterschiedlicher Eingriffsstärken nach 65 Jahren Beobachtung. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 120: 90-113.
- VENET J. 1967. Sylviculture des forets de chene de tranchage. Revue Forestiere Francaise, 19: 585-597.

RESULTS OF THE RESEARCH OF NON-WHOLE-AREA TENDING IN OAK STAND FROM NATURAL REGENERATION**SUMMARY**

In the paper results of long-term (almost 40 years) research of non-whole-area method of tending in oak stands is analyzed. As an object of the research was the series of permanent research plot (PRP) Veľká Stráž I with three partial plots. Two of them are variants of the non-whole area-tending: Plot A I with tending of 14% out of the whole stand area on 156 growth plots per hectare, each with an area of 9 m² (square form size 3 x 3 m). Plot A II with tending of 26% out of the whole stand area on 204 growth plots per hectare, each with an area of 12.57 m² (circle with diameter of 4 m) (Fig. 1, 2). Plot A0 is control one (without tending). The plots belong typologically to the management complex of forest types 208 – beech-oak forests on loess and management complex 25 – fertile beech-oaks. The forest stand came from natural regeneration. Research has been going on since the stand age of 12 years (Plots A I, A0) and 15 years (Plot A II), respectively, when in 2010 the stand age was 50 and/or 53 years, reaching the small pole-stage stand growth phase.

The aim of the research was to found whether using the non-whole-area tending method, it is possible to obtain the tending goals (number of target trees) in the same way as by traditional tending on whole area.

The results obtained by the research can be concluded:

- In the initial stage of our research, hornbeam was considered as admixture tree species with uneven proportion less than 20%, what exists up to now (after 38 years), when only on the plot A II exceeded the mentioned proportion by 10% (Fig. 1).
- From stand structure point of view, it should be considered as a suitable development, since hornbeam is almost exclusively proportioned in suppressed level of the stand (3rd to 5th growth class) on all plots, what is considered to be a positive effect in oak stand tending. On the contrary, proportion of the crown level of the stand (1st + 2nd growth class) 74.5% and 73.2% was found on plots with tending, with oak occurrence almost exclusively (Tab. 1).
- From viewpoint of qualitative and quantitative production (Tab. 2, 4, 8), the more suitable results were found on plot with non-whole-area tending with circle form of growth area (diameter 4 m) in comparison with plot A I (square form 3 x 3 m).
- At the stand age of 50 and 53 years there was found number of promising (target trees) on plot A I of 122 individuals per hectare and on plot A II 230 individuals, respectively. Because of the mentioned fact, the tending goal (156 target trees per hectare) expected on plot A I will not be achieved, however on plot A II (204 target trees per hectare) it is probably reachable.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

doc. Ing. Igor Štefančík, CSc., Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav
Masarykova 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421 45 5314 234; e-mail: stefancik@nlcsk.org

HODNOCENÍ PROVENIENČNÍ PLOCHY S BUKEM LESNÍM (*FAGUS SYLVATICA* L.) V KRUŠNÝCH HORÁCH VE VĚKU 18 LET

EVALUATION OF PROVENANCE PLOT WITH EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN THE ORE MTS. AT THE AGE OF 18 YEARS

VLADIMÍR HYNEK¹⁾ – PETR NOVOTNÝ²⁾ – JAN STEJSKAL¹⁾ – MARTIN SLÁVIK¹⁾¹⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha²⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

In the Czech Republic, the genetic differences in 24 domestic provenances (including 4 provenances planted as standards in every plot) and 3 German provenances imported from Saxony were tested in 1995. These tests were comprised of 15 plots, including one international plot. Of these, 3 provenance plots were established in the Ore Mountains (Krušné hory) region. Due to severe rodent damage, only half of the plot situated within forest district Klášterec was measurable in 2010. In the undamaged portion of this plot, characteristics such as height growth, breast height diameter, survival rate, crown shape and branching were evaluated. Assessed parameters were analyzed by commonly used statistical methods. On the basis of these findings, it can be concluded that the preferred utilization of local beech sources is justified.

Klíčová slova: buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), Krušné hory, provenienční výzkum

Key words: European beech (*Fagus sylvatica* L.), Ore Mts., provenance research

ÚVOD

Katastrální rozloha přírodní lesní oblasti č. 1 – Krušné hory činí 182 414 ha, což s výměrou lesů 121 944 ha představuje lesnatost 67 %. Tato přírodní lesní oblast je z lesnického hlediska zajímavá tím, že jsou v ní vylišeny všechny lesní vegetační stupně (dále LVS, tab. 1). Významně je zde zastoupen 3. LVS a dále 5. až 8. LVS. V minulosti došlo v Krušných horách k opakovanému odlesňování na rozsáhlých plochách. První odlesňování souvisí s těžbou rud barevných kovů. S růstem počtu obyvatel se zmenšovala výměra lesních porostů na úkor zemědělsky obdělávaných ploch. Původně smíšené lesní porosty byly obnovovány především smrkem ztepilým (např. VACEK 2003). Od poloviny 20. století jsou lesy v Krušných horách považovány za

nejvíce poškozované lesní ekosystémy ve střední Evropě (např. HRUŠKA, CIENCIALA 2001; LOMSKÝ et al. 2002; VACEK 2003; ŠRÁMEK et al. 2008).

Zastoupení buku v Krušných horách a možnosti jeho obnovy

Buk lesní v Krušných horách roste přirozeně od 2. do 7. LVS. Tyto lesní vegetační stupně tvoří 99 % přírodní lesní oblasti (tab. 1). Z typologického průzkumu vyplývá, že z hlediska plošného zastoupení byl buk lesní (31,6 %) po smrku ztepilém (44,1 %) druhou nejvýznamnější dřevinou Krušných hor (tab. 2). Vlivem předchozího vývoje lesních ekosystémů v 18. a 19. století pokleslo plošné zastoupení buku na

Tab. 1.

Zastoupení lesních vegetačních stupňů v Krušných horách

Distribution of forest vegetation altitudinal zones (FVZ) in the Ore Mts.

LVS/FVZ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
%	0,1	0,1	0,7	4,7	0,2	30,6	26,3	28,0	8,5	0,8

OPRL (2001), VACEK (2003)

Tab. 2.

Porovnání přirozené, současné a cílové druhové skladby v Krušných horách
Natural, present and target species composition in the Ore Mts.

Skladba druhová/ Species composition	SM	JD	BO	MD	SMX	Ost. j.	DB	BK	JV	JS	BR	OL	LP	JL	Ost. l.
Přirozená/Natural	44,1	2,8	2,8	-	-	0,6	1,3	31,6	1,4	0,3	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1
Současná/Present	53,0	+	5,0	5,4	7,6	3,1	1,9	5,7	0,9	0,2	12,0	1,8	0,1	+	3,3
Cílová/Target	64,4	0,4	4,1	2,3	1,0	2,0	1,1	19,0	1,3	1,2	1,1	0,7	0,8	0,0	1,5

Captions: (SM – Norway spruce, JD – silver fir, BO – Scots pine, MD – European larch, SMX – exotic spruce species, Ost. j. – other conifers, DB – oak, BK – European beech, JV – maple, JS – common ash, BR – birch, OL – black alder, LP – linden, JL – elm, Ost. l. – other broadleaves)

OPRL (2001), VACEK (2003)

Tab. 3.

Přehled založených provenienčních ploch v roce 1995 (HYNEK 1996b)
Provenance plots established in 1995 (HYNEK 1996b)

Číslo plochy (evidence VÚLHM)/ Plot record No.	Název plochy/ Local name	Použitý počet proveniencí/ Number of provenances planted	Počet opako- vání/ Number of replications	Výměra/Area [ha]
141	Pelhřimov – Černovice	49	3	1,47
142	Kaplice – Citail	25	3	0,75
143	Černošice – Radotín	25	3	0,75
144	Jáchymov (2 lokality)	16	3	0,48
145	Klášteřec (2 lokality)	16	3	0,64
146	Janov – Načetín	17	1	0,66
147	Nové město pod Smrkem	7	4	0,28
148	Nové město pod Smrkem	6	4	0,24
149	Křivoklát – Kouřimec	10	4	0,40
150	Konopiště – Komorní Hrádek	12	4	0,48
151	Přimda – Diana	9	4	0,36
152	Město Albrechtice – Spálená	7	4	0,28
153	Bučovice – Pavlovice	7	4	0,28
154	Bystřice pod Hostýnem – Rajnochovice	7	4	0,28
155	Velichov – Klášteřec n. Ohří	11	4	0,44

hodnotu 5,7 % s tím, že většina jeho porostů je situována na svazích směrem do českého vnitrozemí (PLO č. 2 – Podkrušnohorské pánve). Na náhorních planinách v 7. a částečně 6. LVS byl v minulosti pokles zastoupení buku největší. Porostů s větší přítomností buku ve vyšších věkových stupních je zde minimálně (např. Jelení hora na lesním hospodářském celku /LHC/ Klášteřec nad Ohří, lokality Kühnhaide a Nové Město na LHC Litvínov). Možnosti umělé obnovy buku lesního jsou limitovány nutností nevysazovat v nejvyšších polohách Krušných hor tuto dřevinu na volnou plochu.

Vysazované kultury na náhorní plošině Krušných hor v 7. a 6. LVS jsou na volné ploše poškozovány pozdními mrazy až do výšky 2 m. Vliv pozdních mrazů je minimalizován tím, že jsou výsadby buku realizovány formou podsadeb. V posledních letech se pod ochranou porostů náhradních dřevin daří buk úspěšně obnovovat prakticky na celém území Krušných hor. Všechny výsadby je nicméně nutno chránit před okusem zvěří. Limitujícím faktorem umělé obnovy buku se zde však často stávají místy až totální škody myšovitými.

Přirozená obnova buku v nejvyšších lokalitách Krušných hor je evidována od poloviny 90. let minulého století (např. lokalita Kühnhaide – LHC Litvínov i jinde). Do té doby byly limitujícím faktorem plodnosti buků kyselá depozice (HYNEK et al. 1993). Změna nastala s poklesem imisního zatížení (HRUŠKA, CIENCIALA 2001). Ze stávajících dospělých porostů tak bylo možno získat osivo pro provozní zalesňování i pro založení série provenienčních ploch až v 90. letech minulého století (HYNEK 1996a). Jedna z těchto ploch je předmětem hodnocení v tomto příspěvku.

Návrhy semenářské rajonizace buku lesního

Na území Krušných hor byly první provenienční plochy založeny již ve 30. letech 20. století. Jednalo se o dvě provenienční plochy s modřínem opadavým a jednu plochu se smrkem ztepilým. Iniciátorem těchto výsadb byl profesor Rubner z Univerzity Tharandt (Německo). Ve druhé polovině 20. století zde byla založena celá řada pokusných

Tab. 4.

Použité provenience na ploše Klášterec nad Ohří
Provenances planted within the plot Klášterec nad Ohří

Číslo proveni- ence/Prove- nance No.	Název provenience/ Local name	Uznaná jednotka/ certified unit	PLO/Natural forest region	LVS/FVZ	Nadmořská výška [m n. m.]/Altitude [m a.s.l.]
1	Hluboká nad Vltavou	B-BK-010-4-ČB	Středočeská pahorkatina	4	520
S2	Hluboká nad Vltavou	A-BK-016-4-ČB	Středočeská pahorkatina	4	490
4	Karlovice	por. 444 A4	Hrubý Jeseník	7	800
S5	Brumov	A-BK-105-38-4-GT	Bílé Karpaty	4	570
6	Kláštevec nad Ohří	B-BK-015-1-5-CV	Krušné hory	5	540
7	Kláštevec nad Ohří	A-BK-017-1-3-CV	Krušné hory	3	530
8	Janov – Kühnhaide	por. 103 B12, 105 A13	Krušné hory	7	820
9	Janov – rezervace	B-BK-003-1-7-CV	Krušné hory	7	760
S11	Bučovice	les 897/86-221	Středomoravské Karpaty	3	300
13	Velichov	por. 107 b1	Doupovské hory	4	520
S18	Javorník	B-BK-021-27-3-SU	Předhoří Hrubého Jeseníku	3	560
21	Cunnersdorf	BRD - Sasko	Krušné hory	5	425
22	Český Krumlov		Předhoří Šumavy a Novo- hradských hor	6	750
23	Horní Blatná	por. 414 A14	Krušné hory	5	550
24	Horní Blatná	por. 724 E11	Krušné hory	5	500
25	Kladská		Karlovarská vrchovina	7	730

Symbolem S před číslem provenience jsou označeny tzv. standardní provenience, které jsou vysazeny na všech založených plochách/S symbol stands for the standard proveniences included in all established plots

šlechtitelských ploch s modřínem opadavým a různými druhy borovic (J. Šindelář a K. Kaňák z VÚLHM Jíloviště-Strnady). Potomstva osiky z kontrolovaného křížení zde hodnotili J. Pospíšil z LF VŠZ Brno a J. Mottl z VÚLHM, VS Kunovice (KOBILHA et al. 2008).

V rámci řešení problematiky zachrany a reprodukce genových zdrojů lesních dřevin v České republice a provenienčního výzkumu byla pozornost věnována i buku lesnímu (HYNEK et al. 1993). Na základě stavu genových zdrojů této dřeviny v ČR (HYNEK 1996b) a isoenzymových analýz jejích populací (GÖMÖRY et al. 1998) byl vypracován návrh na vymezení semenářských oblastí buku v ČR (HYNEK 2000), který však nebyl převzat do legislativních předpisů. Ve všech zpracovaných oblastních plánech rozvoje lesů byl ale využit v rámci doporučení vhodných přenosů reprodukčního materiálu do přírodních lesních oblastí v případě nedostatku místních zdrojů reprodukčního materiálu. Pro Krušné hory byla navržena samostatná semenářská oblast zahrnující pouze přírodní lesní oblast č. 1 – Krušné hory.

Genové zdroje buku lesního v Krušných horách

Genové zdroje buku lesního jsou na území Krušných hor vlivem předchozího lesnického hospodaření omezené zejména ve vyšších lesních vegetačních stupních. Je proto vhodné objektivně ověřit možnosti přenosu reprodukčního materiálu i z jiných oblastí České republiky a případně ze sousedního Polska při očekávaném nedostatku produkce osiva z místních zdrojů.

V současné době stále nemáme dostatečné poznatky o genetických kvalitách zdrojů reprodukčního materiálu buku lesního v Krušných horách. Při rekonstrukcích porostů náhradních dřevin se logicky očekává zvýšená potřeba geneticky vhodného sadebního materiálu buku pro provozní využívání v podmínkách Krušných hor.

Cílem předkládané práce je zhodnocení růstu buku lesního na provenienční výsadbě č. 145 – Klášterec ve věku 18 let, přičemž je pozornost zaměřena zvláště na místní, tj. krušnohorské provenience, které jsou na ploše testovány. Předmětem posouzení na základě zjištěných výsledků je i zhodnocení perspektivy dalšího využívání reprodukčního materiálu krušnohorského buku v lesnické praxi.

MATERIÁL A METODIKA

V roce 1995 byly na území Krušných hor založeny celkem 3 provenienční plochy (Jáchymov, Klášterec, Janov) jako součást celkem 14členné národní série (tab. 3). Při zakládání těchto ploch byl využit celorepublikový semenný rok buku 1992. Osivo se podařilo získat rovněž z imisně nejzatíženějších oblastí ČR, tj. z přírodních lesních oblastí č. 1 – Krušné hory a č. 21a – Jizerské hory. Celkem bylo získáno 24 proveniencí z ČR a výměnou další 3 provenience ze saské strany státní hranice. Provenience zastoupené na hodnocené ploše Klášterec jsou uvedeny v tab. 4.

Vzorky osmi proveniencí byly zaslány rovněž do SRN (Grosshansdorf, Prof. H.-J. Muhs) pro založení mezinárodní série provenienčních ploch v rámci Evropy. V ČR byla z takto získaného reprodukčního materiálu založena v roce 1995 mezinárodní plocha č. 141 – Pelhřimov (tab. 3). Další série mezinárodních provenienčních ploch (koordinovaná opět H.-J. Muhsem) byla založena v roce 1998, včetně druhé mezinárodní plochy č. 170 – Jíloviště na území ČR (HYNEK 1999).

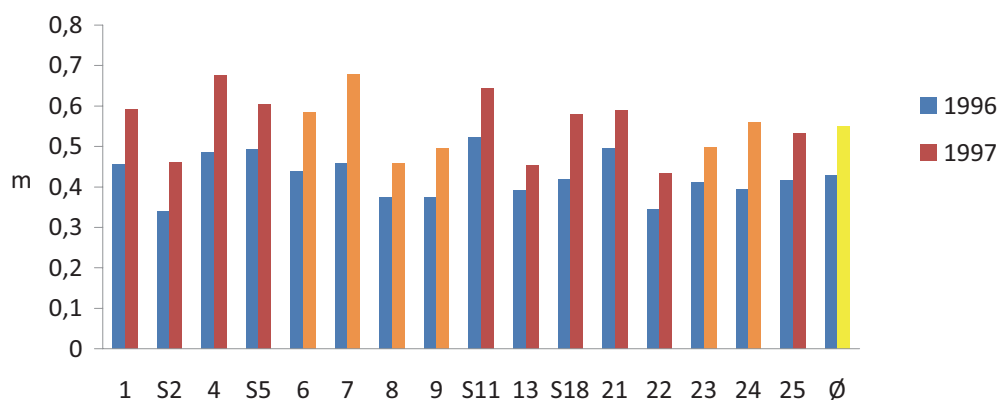
Standardní provenience (S2 – Hluboká, S5 – Brumov, S11 – Bučovice a S18 – Javorník) byly vysazeny na všech 14 plochách národní série. Na parcelách o velikosti 10 × 10 m bylo užito sponu 2 × 1 m. Počet opakování (3, resp. 4) vycházel z disponibilní velikosti ploch určených pro výsadbu a množství vypěstovaného sadebního materiálu, který byl

Tab. 5.

Současný stav provenienčních ploch v Krušných horách (série 1995)

Current state of provenance plots in the Ore Mts. (series 1995)

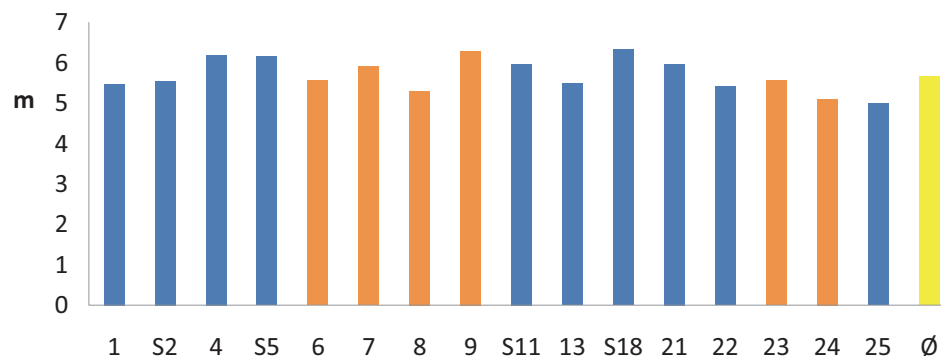
Číslo plochy (evidence VÚLHM)/ Plot record No.	Lokalita/Location	Počet proveniencí/ Počet opakování/ Number of provenances/ Number of replications	Výměra/ Area [ha]	Stav pokusných ploch v roce 2010/ Plot description related to 2010
144	Jáchymov	16/3	0,48	Plocha není hodnotitelná následkem extrémních škod myšovitými/Plot not evaluated due to extreme damages by rodents
145	Kláštorec n. Ohří	16/4	0,64	Hodnotitelná jsou pouze 2 opakování, na druhé části plochy jsou opět extrémní škody od myšovitých/Only 2 replications evaluated due to extreme damages by rodents
146	Janov, Načetín	17/4	0,68	Plocha není hodnotitelná následkem především extrémních škod od myšovitých; na volné ploše odumřela část vysazených jedinců vlivem pozdních mrazů/Plot not evaluated due to extreme damages by rodents; at the open area part of the plot died back after severe late frost.

**Obr. 1.**

Průměrné výšky hodnocených proveniencí 1996 a 1997 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 1.

Mean heights of evaluated provenances in 1996 and 1997 (maroon color stands for the provenances of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

**Obr. 2.**

Průměrné výšky hodnocených proveniencí 2010 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 2.

Mean heights of evaluated provenances in 2010 (maroon color stands for the provenances of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

k dispozici v rámci celé ČR. Všechny tři krušnohorské výsadby byly založeny vždy na dvou oddělených lokalitách. Důvodem byla malá výměra disponibilních souvislých ploch. Na oddělených částech výsadb však byla vždy vysazena ucelená opakování proveniencí.

V roce 2008 byl zjištěn aktuální stav všech tří ploch založených v Krušných horách (tab. 5). Na podkladě výsledků těchto zjištění bylo možno v roce 2010 měřit a hodnotit již pouze část plochy Klášterec (2 opakování). Výsadba této části provenienční plochy se uskutečnila v nadmořské výšce 610 m v rámci 5. LVS (soubor lesních typů 5S).

Na provenienční ploše Klášterec byly hodnoceny kvantitativní znaky výška (m) a obvod kmene (cm) po ukončení vegetačního růstu v roce 2010. Obvod kmene byl pro další hodnocení převeden na výčetní tloušťku. Dále se uskutečnilo základní hodnocení kvalitativních znaků tvárnosti kmene (kategorie 1 – zcela rovný kmen, kategorie 2 – kmen 1× zakřiven, kategorie 3 – kmen 2× zakřiven) a vidličnatost (kategorie 1 – bez vidlice, kategorie 2 – vidlice v horní části koruny, kategorie 3 – vidlice ve střední části koruny, kategorie 4 – vidlice ve spodní části koruny). Pro další hodnocení tvárnosti kmene se pracovalo samostatně s kategorií 1 (přímý kmen) a sloučenou kategorií 1+2 (kmen přímý + kmen 1× mírně zakřiven). Při hodnocení vidličnatosti se pro další analýzu sloučily kategorie 1+2 (kmen bez vidlice a vidlice v horní části koruny). Současně bylo možno hodnotit další kvalitativní znak přežívání jedinců. Všechny kvalitativní znaky jsou vyjadřovány v procentech.

V rámci hodnocení mezinárodních provenienčních ploch s bukem lesním založených v roce 1995 byl přijat konsenzus, že vidličnatost do výšky 1 m nad zemí není podmíněna geneticky, ale jedná se buď o výsledek mechanického poškození, nebo o vliv okusu spárkatou zvěří. Na pokusné ploše byla proto vidličnatost vždy evidována nad hranicí 1 m.

Vliv zejména spárkaté zvěře byl eliminován tím, že provenienční plochy s bukem lesním jsou vždy oplocovány (v případě této konkrétní výsadby drátěným pletivem). Škody způsobené zajícem, který dokázal zcela zlikvidovat semenáčky buku okusem na oplocených semeníštích, nebyly na provenienčních plochách významné. Obecně jsou škody zejména spárkatou zvěří často limitujícím faktorem umělé, ale i přirozené obnovy buku lesního v Krušných horách (SLOUP et al. 2008).

Zjištěné výsledky kvantitativních znaků se hodnotily běžnými statistickými metodami pomocí programu Statistica – verze CZ 9. Normalita rozdělení hodnocených znaků proveniencí se testovala pomocí testu K-S (Kolmogorov-Smirnov). Další hodnocení proměnlivosti znaků se uskutečnilo pomocí analýzy variance a Duncanovým testem – metodou mnohonásobného porovnávání podle homogenních skupin – resp. neparametrickým Kruskal-Wallisovým testem při neprokázání normálního rozdělení znaku. Všechny zjištěné výsledky jsou prezentovány v tabulkách a grafech.

Tab. 7.

ANOVA pro výškový růst
ANOVA for the trait height growth

	Vypočtené F/ Computed F (1996)	Vypočtené F/ Computed F (1997)	Vypočtené F/ Computed F (2010)
Provenience/Provenance	1,55 ⁻	2,49 ⁺⁺	2,84 ⁺⁺
Opakování/Replication	3,23 ⁺	25,36 ⁺⁺	7886,92 ⁺⁺

VÝSLEDKY

Výškový růst

Průměrná výška všech vysazených jedinců ve dvou hodnocených opakováních 15 let po založení plochy byla 5,7 m. Ve věku 18 let byly nejvyšší průměrné výšky rostoucích jedinců zjištěny u proveniencí č. 18 – Javorník (6,4 m) a nejnižší u proveniencí č. 25 – Kladská (5,0 m). Výsledky hodnocení výškového růstu jsou rovněž uvedeny na obr. 1 a 2.

V rámci statistického hodnocení byla nejprve testována normalita rozdělení výškového růstu s kladným výsledkem. Bylo proto možno hodnotit výškový růst proveniencí pomocí ANOVA (tab. 7). Nulová hypotéza, že proveniencí se od sebe v měřeném parametru výška neliší, byla na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnuta.

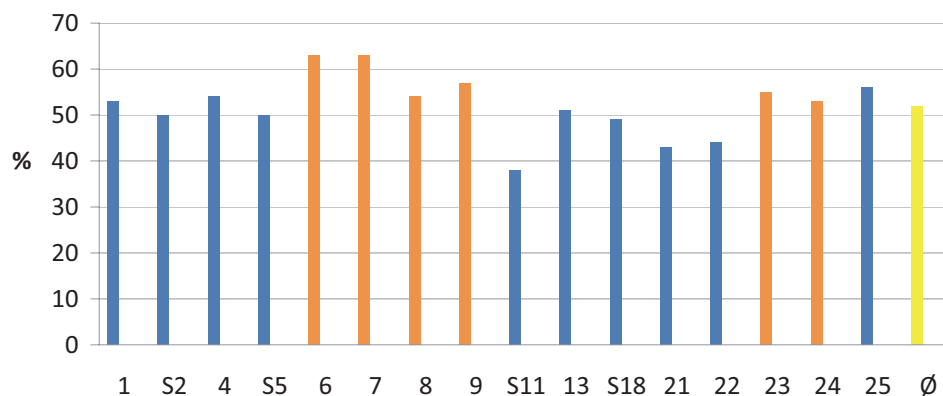
Při samostatném hodnocení proveniencí původem z Krušných hor na pokusné ploše Klášterec lze konstatovat, že proveniencí č. 24 – Hor-

Tab. 6.

Průměrné výšky hodnocených proveniencí (v letech 1996 a 1997 hodnocena 4 opakování, v roce 2010 pouze 2 opakování), podbarvené proveniencí jsou původem z Krušných hor

Mean heights of evaluated provenances (in 1996 and 1997 were evaluated 4 replications, in 2010 only 2 replications), provenances from the Ore Mts. are highlighted

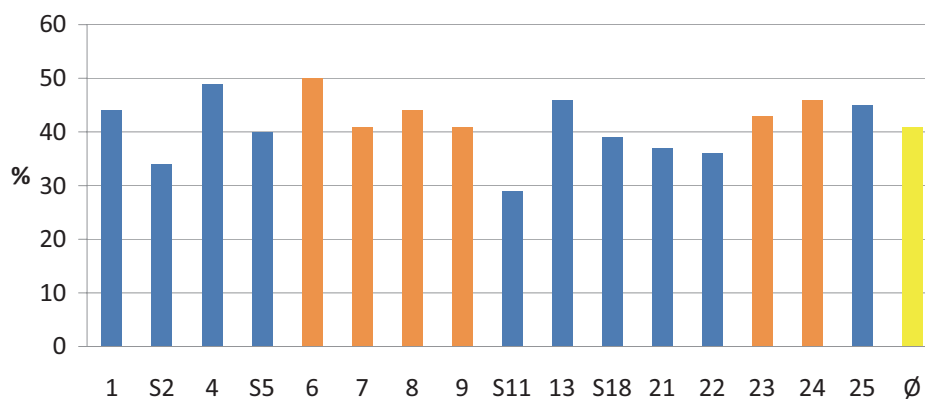
Číslo provenience/ Provenance No.	1996 [m]	1997 [m]	2010 [m]
1	0,47	0,59	5,48
S2	0,40	0,46	5,56
4	0,49	0,68	6,20
S5	0,49	0,60	6,16
6	0,44	0,59	5,56
7	0,46	0,68	5,91
8	0,38	0,46	5,31
9	0,37	0,50	6,30
S11	0,52	0,64	5,97
13	0,39	0,45	5,49
S18	0,42	0,58	6,34
21	0,50	0,59	5,97
22	0,35	0,43	5,42
23	0,41	0,50	5,57
24	0,39	0,56	5,10
25	0,42	0,53	5,00
Průměr/Mean	0,43	0,55	5,67

**Obr. 3.**

Přežívání jedinců 1996 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 3.

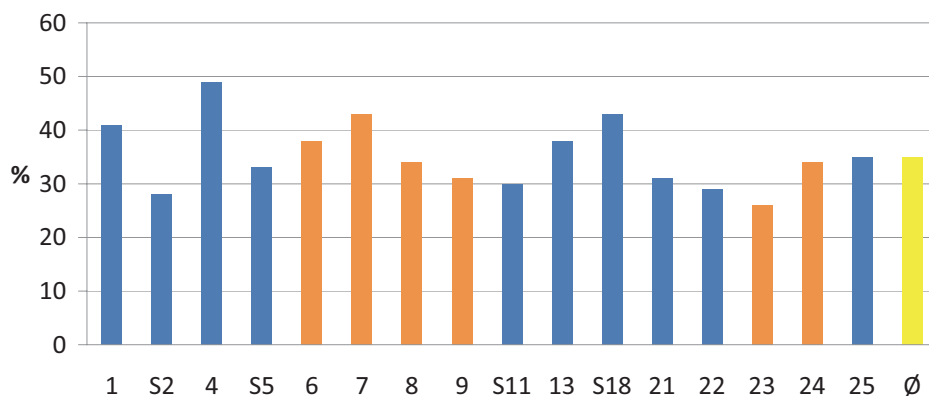
Individual survival rate in 1996 (maroon color stands for the provenances of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

**Obr. 4.**

Přežívání jedinců 1997 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 4.

Individual survival rate in 1997 (maroon color stands for the provenances of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

**Obr. 5.**

Přežívání jedinců 2010 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 5.

Individual survival rate in 2010 (maroon color stands for the provenances of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

Tab. 8.

Duncanův test pro výškový růst v roce 2010 (podbarvené provenience jsou původem z Krušných hor)
 Duncan's test for the trait height growth (provenances from Ore Mountains are highlighted)

Homogenní skupiny ($\alpha = 0,05$, průměrný čtverec = 23106, stupně volnosti = 567)/ Homogenous groups ($\alpha = 0,05$, mean square = 23106, degrees of freedom = 567)							
Provenience/ Provenance	Průměrná výška/ Average height	1	2	3	4	5	6
25	499,7143	****					
24	510,4412	****	****				
8	530,9412	****	****	****			
22	541,5862	****	****	****	****		
1	547,8780	****	****	****	****	****	
13	548,5682	****	****	****	****	****	****
S2	555,4828	****	****	****	****	****	****
6	556,0714	****	****	****	****	****	****
23	557,0769	****	****	****	****	****	****
7	590,7907		****	****	****	****	****
S11	596,7667		****	****	****	****	****
21	597,3871		****	****	****	****	****
S5	616,2727		****	****	****	****	****
4	619,6034				****	****	****
9	629,9355					****	****
S18	633,9070						****

Tab. 9.

Přežívání jedinců (v letech 1996 a 1997 hodnocena 4 opakování /KUCHTA 1999/, v roce 2010 pouze 2 opakování), podbarvené provenience jsou původem z Krušných hor

Individual survival rate (in 1996 and 1997 were evaluated 4 replications /KUCHTA 1999/, in 2010 only 2 replications), provenances from the Ore Mts. are highlighted

Provenience/ Provenance	1996 [%]	1997 [%]	2010 [%]
1	53	44	41
S2	50	34	28
4	54	49	49
S5	50	40	33
6	63	50	38
7	63	41	43
8	54	44	34
9	57	41	31
S11	38	29	30
13	51	46	38
S18	49	39	43
21	43	37	31
22	44	36	29
23	55	43	26
24	53	46	34
25	56	45	35
Průměr/Mean	52	41	35

Tab. 10.

Hodnoty výčetní tloušťky (median)
 DBH values (median)

Provenience/Provenance	1	S2	4	S5	6	7	8	9
$d_{1,3}$ /DBH [cm]	4,5	7,0	5,1	6,4	4,8	6,0	6,0	6,4
Provenience/Provenance	S11	13	S18	21	22	23	24	25
$d_{1,3}$ /DBH [cm]	7,5	5,3	6,7	6,0	5,1	6,7	3,2	5,7

ní Blatná (původem z 5. LVS) a provenience č. 8 – Janov-Kühnhaide (původem ze 7. LVS) zde rostou velmi pomalu. Ostatní krušnohorské provenience zde pak rostou buď průměrně rychle, anebo v případě provenience č. 9 – Janov-rezervace (původem ze 7. LVS) velmi rychle (tab. 8).

Přežívání jedinců

Ve věku 18 let přežívalo nejvíce jedinců (tab. 9, obr. 5) u provenience č. 4 – Karlovice (49 %) a nejméně u provenience č. S2 – Horní Blatná (26 %). Ostatní krušnohorské provenience měly podíl přežívajících jedinců od 31 do 43 %. Většina krušnohorských proveniencí tedy dosahuje v tomto ukazateli průměrné hodnoty, s výjimkou provenience č. S2 – Horní Blatná, která má nejnižší počet přežívajících jedinců (26 %), a provenience č. 7 – Klášterec nad Ohří, která má druhý nejvyšší počet přežívajících jedinců (43 %).

Výčetní tloušťka

Při testování normality rozdělení hodnoceného znaku výčetní tloušťka nebylo normální rozdělení prokázáno. Proto se dále místo aritmetického průměru pracovalo s mediánem a bylo přistoupeno k neparametrickému testování (Kruskal-Wallis median test). Nulová hypotéza, že mediány výčetních tloušťek jednotlivých proveniencí se od sebe neliší, byla na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítnuta.

Průměrná hodnota mediánu výčetní tloušťky dosáhla ve věku 18 let na celé ploše 5,7 cm. Největší výčetní tloušťka byla zjištěna u provenience č. S11 – Bučovice (7,5 cm) a nejnižší u provenience č. 24 – Horní Blatná (3,2 cm), viz tab. 10 a obr. 6.

Tvárnost kmene a vidličnatost

Přestože věk hodnoceného materiálu (18 let) je poměrně nízký, je možno reálně předpokládat, že současné hodnocení tvárnosti kmene může být zachováno i do budoucnosti. Při hodnocení tvárnosti kmene kategorie 1 (rovný kmen) a kategorie 1+2 (rovný + 1× mírně zakřivený kmen) je zřejmé, že provenience původem z Krušných hor jsou většinou nadprůměrně kvalitní, pouze ve dvou případech mírně podprůměrné (tab. 11, obr. 7).

DISKUSE A ZÁVĚR

První hodnocení dvou krušnohorských ploch (Jáchymov a Klášterec) uskutečnil v letech 1996 a 1997 v rámci své diplomové práce KUČHTA (1999). Toto hodnocení proběhlo v prvním a druhém roce po založení ploch. Plocha na území dnešní LS LČR Litvínov (dříve Janov) byla hodnocena v letech 1998 (HYNEK 1999; ČÍŽKOVÁ et al. 2000) a 2000 (NOVOTNÝ 2002; NOVOTNÝ, FRÝDL 2010), tj. 3 roky, resp. 5 let po založení.

V rámci podrobného zhodnocení celé série 14 ploch série 1995 uvádějí NOVOTNÝ a FRÝDL (2010) u plochy č. 145 ve věku 6 let shrnutí výsledků KUČHTY (1999), kdy se jako nadprůměrně rychle rostoucí projevíly i dvě krušnohorské provenience č. 6 – Klášterec a č. 24 – Horní Blatná, které současně dosáhly podprůměrné mortality. Potomstvo č. 6 navíc vynikalo i v tvárnosti kmene. Další místní potomstvo č. 7 – Klášterec dosahovalo celkově nejlepšího růstu i nejlepší tvárnosti při průměrné mortalitě. Zbývající dvě místní provenience č. 8 – Janov a č. 9 – Janov patřily k podprůměrně rostoucím a provenience č. 9 navíc vykazovala i mírně nadprůměrnou mortalitu. V tvárnosti kmene se obě pohybo-

valy kolem průměru pokusu. Z hlediska časnosti rašení byly všechny místní provenience hodnoceny jako průměrné, s výjimkou potomstva č. 7, které bylo klasifikováno jako později rašící.

Z hodnocení výškového růstu, výčetní tloušťky, míry přežívání, tvárnosti kmene a vidličnatosti proveniencí ve věku 18 let vyplývá, že mezi nimi existuje proměnlivost ve všech zkoumaných znacích. Průměrná výška proveniencí kolísala od 6,4 do 5,0 m. Z místních proveniencí se rychlým růstem vyznačuje potomstvo č. 9 Janov (původem ze 7. LVS), zatímco provenience č. 24 (5. LVS) a č. 8 (7. LVS) rostou pomaleji a zbývající místní potomstva č. 6 (5. LVS) a č. 7 (3. LVS) rostou průměrně rychle (tab. 8). Mortalita všech potomstev se pohybuje od 26 do 49 %, výčetní tloušťka od 3,2 do 7,5 cm (u krušnohorských potomstev 26 až 43 %, resp. 3,2 až 6,4 cm).

Výsledky předchozího hodnocení (KUČHTA 1999) provenienční plochy č. 145 Klášterec (4 opakování) v letech 1996 (průměrná výška 0,4 m) a 1997 (průměrná výška 0,6 m) jsou uvedeny v tab. 6. Rozpětí výškového růstu v jednotlivých letech hodnocení (mezi nejpomalejší a nejrychleji rostoucí proveniencí) činilo od 0,2, přes 0,3 až po 1,3 m. Vyjádřeno v procentech průměru plochy se tedy rozdíly pohybovaly v rozmezí 42, 45 a 24 %. S věkem tak dochází k relativnímu snižování rozdílů mezi hodnocenými proveniencemi ve výškovém růstu.

Výsledky analýzy variance v jednotlivých letech hodnocení jsou uvedeny v tab. 7. Z výsledků vyplývá, že statistická významnost rozdílů ve výškovém růstu mezi testovanými proveniencemi se s věkem biologického materiálu zvyšuje. Vliv stanovištní nehomogenity výzkumné plochy (opakování) na výškový růst buku se s věkem rovněž zvyšuje.

Vzhledem k tomu, že měření výškového růstu bylo zatím realizováno ve věku pouhých 18 let, je třeba konstatovat, že zjištěné výsledky hodnocení tohoto znaku je třeba považovat stále za předběžné.

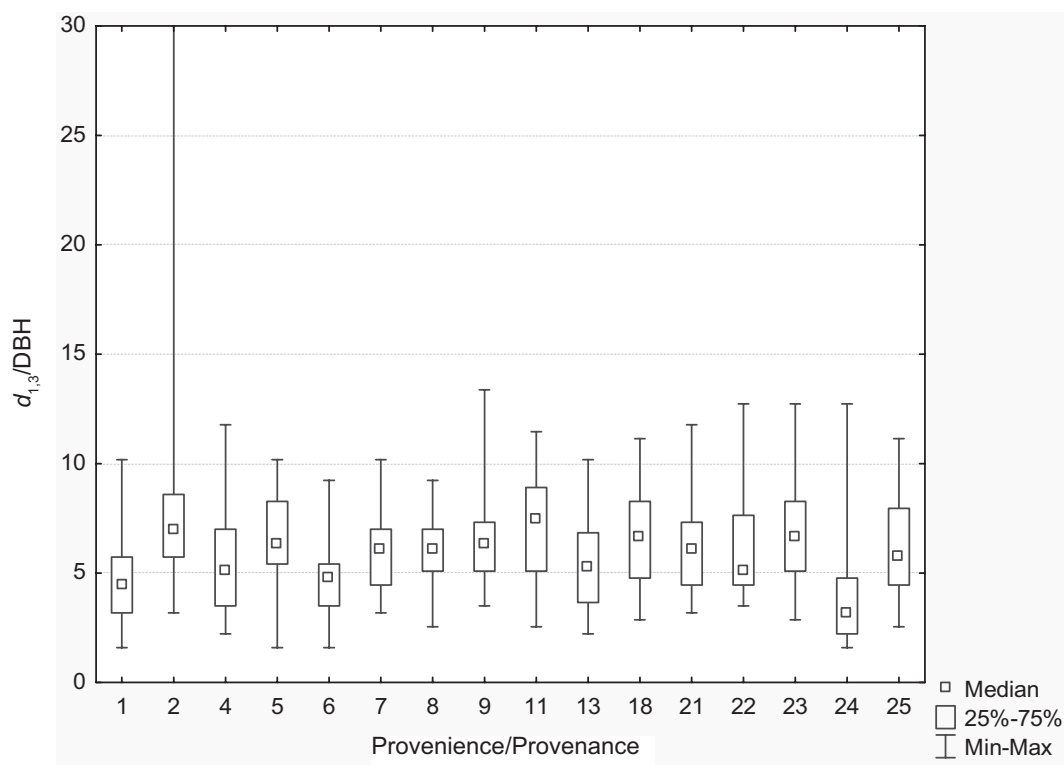
Pokud jde o vidličnatost, nelze říci, že by poněkud horší hodnocení krušnohorských proveniencí z hlediska tohoto znaku mělo ve srovnání s ostatními proveniencemi zásadní vliv na hodnocení tvárnosti jejich kmenů, neboť výskyt vidličnatosti nemá přímou souvislost se zakřivením kmenů (tab. 12, obr. 8).

Pro potřeby Krušných hor je však ze sledovaných znaků dosud stále nejvýznamnější hodnocení přežívání jedinců, resp. vyšší podíl přežívání jedinců buku, než hodnocení výškového růstu, příp. kvality kmene a vidličnatosti. Souvisí to s tím, že buk lesní plní v lesních porostech Krušných hor především meliorační a zpevňovací funkce.

Přežívání jedinců na provenienční ploše č. 145 – Klášterec i na dalších dvou pokusných výsadbách v Krušných horách bylo zvláště v letech těsně po výsadbě výrazně ovlivněno škodami myšovitými. V celých Krušných horách bylo ve druhé polovině 90. let evidováno velmi silné poškození bukových výsadeb tímto typem poškození.

K největším ztrátám vysazených jedinců na hodnocené provenienční ploše došlo v prvním roce po výsadbě, kdy přežívalo 52 % jedinců (KUČHTA 1999). Relativně vyšší ztráty byly evidovány i druhý rok po výsadbě (tab. 9, obr. 3 a 4), kdy se podíl přežívajících jedinců snížil o 10 %. Za dalších 13 let byly zjištěny vysoké ztráty na části plochy č. 145 – Klášterec, lokalizované v šumenském údolí (revír Peklo). Hodnocení se proto uskutečnilo pouze na zbývající polovině založené na revíru Měděnec. V této části provenienční plochy poklesl počet přežívajících jedinců ve srovnání se stavem na celé ploše před 13 lety o 7 % (tab. 9, obr. 5).

Z hlediska možností přenosu reprodukčního materiálu z jiných oblastí ČR při nedostatku produkce osiva z místních zdrojů lze upozornit na potomstva č. 4 – Karlovice (PLO 27 – Hrubý Jeseník) a č. S18 – Javorník (PLO 28 – Předhoří Hrubého Jeseníku), která na ploše č. 145 vynikají v ukazateli přežívání a zároveň i ve výškovém růstu.

**Obr. 6.**Kruskal-Wallisův test (proměnná $d_{1,3}$)**Fig. 6.**

Kruskal-Wallis median test (variable DBH)

Tab. 11.

Tvárnost kmene – podíl jedinců kategorie 1 a kategorie 1+2 (podbarvené provenience jsou původem z Krušných hor)

Stem straightness – percentage share of category 1 and category 1+2, provenances from the Ore Mts. are highlighted

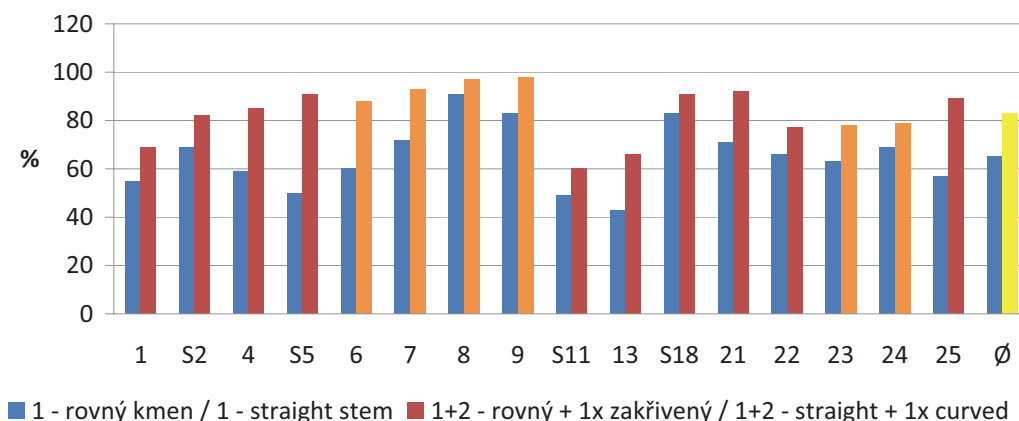
Číslo provenience/ Provenance No.	Podíl kategorie 1 – rovný kmen/ Percentage share of category 1 – straight stem	Podíl kategorie 1+2 – rovný + 1× zakřivený kmen/ Percentage share of category 1+2 – straight + 1× curved stem
	[%]	[%]
1	55	69
S2	69	82
4	59	85
S5	50	91
6	60	88
7	72	93
8	91	97
9	83	98
S11	49	60
13	43	66
S18	83	91
21	71	92
22	66	77
23	63	78
24	69	79
25	57	89
Průměr/Mean	65	83

Tab. 12.

Vidličnatost – podíl jedinců kategorie 1+2 (podbarvené provenience jsou původem z Krušných hor)

Forking – percentage share of 1+2 category individuals, provenances from the Ore Mts. are highlighted

Číslo provenience/ Provenance No.	Podíl kategorie 1+2 (bez vidlice + jedinci s vidlicí v horní části koruny)/ Percentage share of 1+2 category (no forking + upper crown forking)
	[%]
1	44
S2	6
4	67
S5	49
6	49
7	24
8	42
9	22
S11	46
13	43
S18	32
21	45
22	39
23	43
24	60
25	41
Průměr/Mean	41

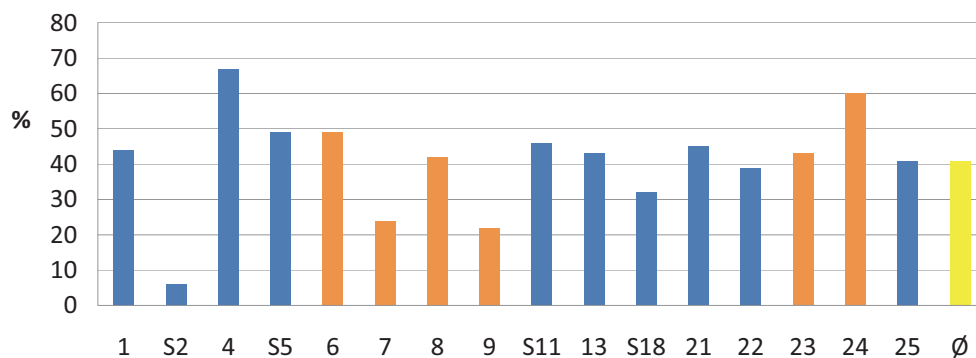


Obr. 7.

Tvárnost kmene kategorie 1 a 1+2 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 7.

Stem straightness – categories 1 and 1+2 (maroon color stands for the proveniences of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)



Obr. 8.

Vidličnatost kmene kategorie 1+2 (okrová barva pro krušnohorské provenience, žlutá barva průměr plochy)

Fig. 8.

Forking of 1+2 category (maroon color stands for the proveniences of Ore Mts., yellow color is a mean of the plot)

Nové hodnocení plochy Klášterec, které se uskutečnilo v roce 2010, je možno porovnat s výsledky získanými v roce 2010 na provenienční ploše č. 143 – Praha-Radotín (TYPTA 2011). Na této ploše bylo vysazeno celkem 25 potomstev včetně kompletního sortimentu proveniencí, které jsou testovány i na ploše č. 145 – Klášterec. Průměrná výška všech potomstev na ploše č. 143 dosahovala ve věku 18 let 8,5 m a u jednotlivých proveniencí kolísala v rozmezí od 9,5 m (č. S5 – Brumov) až po 7,2 m (č. 8 – Janov). Všechny krušnohorské provenience se zde vyznačují podprůměrným výškovým růstem, potomstva č. 8, č. 9 a č. 6 dokonce zauímají poslední tři pozice. Obdobná situace panuje i u výčetních tloušťek, kdy pouze potomstvo č. 7 je z hlediska tohoto ukazatele hodnoceno jako mírně nadprůměrné. Také při hodnocení kvalitativních znaků se všechna krušnohorská potomstva projeví jako podprůměrná (potomstvo č. 7 dokonce jako zcela nejhorší, potomstvo č. 8 na třetí pozici od konce), výjimku představuje provenience č. 9, která je hodnocena jako mírně nadprůměrná. V případě lokality Praha-Radotín je však třeba vzít v úvahu, že jde o zcela jiné ekologické poměry ve srovnání s přírodními podmínkami Krušných hor a že byl na této ploše již realizován výchovný zásah.

V budoucnu bude možné porovnání i s dalšími dvěma plochami této série hodnocenými studenty fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze v rámci jejich diplomových prací. Jedná se o plochy Konopiště a Křivoklát. První plocha byla změřena na podzim roku 2010, druhá na jaře 2011.

V letech 1972, 1984, 1988 a 1999 bylo prostřednictvím VÚLHM v ČR založeno celkem 15 dalších provenienčních ploch s bukem lesním. Prvních 9 ploch založil J. Šindelář (série 1972, 1984), 3 plochy J. Rambousek (série 1988) a 3 plochy V. Hynek (série 1999). Žádná z těchto provenienčních ploch ale nebyla založena v Krušných horách a s výjimkou série 1999 na nich nejsou hodnoceny krušnohorské provenience (HYNEK 1996a; NOVOTNÝ 2006). Na třech plochách série 1999 jsou sice vysazena dvě krušnohorská potomstva z Litvínova, avšak výsledky hodnocení těchto ploch dosud nebyly publikovány.

Porovnání výsledků z výzkumné plochy Klášterec s provenienčními plochami ostatních založených sérií je ztíženo výrazným poškozením této výsadby hlodavci. Přesto se zjištěné výsledky zásadně neodlišují

od výsledků z jiných provenienčních bukových ploch, které však byly většinou hodnoceny ve výrazně vyšším věku (ŠINDELÁŘ 1985, 2005; BALCAR, HYNEK 2000; NOVOTNÝ et al. 2007, 2010).

Krušné hory byly v minulosti silně poškozeny lidskou činností. Využívání buků při obnovách lesních porostů, zejména porostů náhradních dřevin, je proto jedním z nejdůležitějších požadavků na pěstování kvalitních a zejména stabilních lesních porostů v této přírodní lesní oblasti. S ohledem na význam buku lesního jako melioračního a zpevňující dřeviny je pro potřeby praktického využívání potřeba preferovat takové vlastnosti a znaky vysazovaných populací, jakými jsou přežívání jedinců a jejich tvárnost před výškovým růstem a kvalitou produkce.

Provenience původem z Krušných hor prokazují svými výsledky v provenienčním experimentu předpokládanou účelnost přednostního využívání lokálního reprodukčního materiálu i za cenu zvýšených nákladů na sběr osiva z místních zdrojů. Zvýšení nákladů na sběr místního osiva je kompenzováno jistotou kvalitní produkce místních proveniencí a zvýšenou mírou přežívání.

Poděkování:

Príspevek vznikl s podporou projektu NAZV QH81160 Ekonomická efektivnost šlechtění lesních dřevin a výzkumného záměru MZE0002070203. Autoři děkují paní profesorce Susan Gardner (Capilano University, Vancouver BC, Canada) za revizi anglicky psaných částí textu.

LITERATURA

- BALCAR V., HYNEK V. 2000. Vývoj výsadby buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). Journal of Forest Science, 461: 1-18.
- ČÍŽKOVÁ L., LSTIBŮREK M., ŠINDELÁŘ J. 2000. Šlechtění lesních dřevin listnatých. Etapa č. 1 – Buk lesní – *Fagus sylvatica*. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 32 s.
- GÖMÖRY D., HYNEK V., PAULE L. 1998. Delineation of seed zones for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Czech Republic based on isozyme gene markers. Annales des Sciences Forestières, 55: 425-436.
- HRUŠKA J., CIENCIALA E. (eds.). 2001. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Praha, Česká geologická služba: 153 s.
- HYNEK V., ŠINDELÁŘ J., MATERNA J. 1993. Forest beech stands in the Czech Republic – decline, gene resources and provenance testing. In: The scientific basis for the evaluation of the genetic resources of beech. Proceedings of an EC workshop Ahrensburg (BRD), 1-2 July 1993. Brussels, Directorate-General for Agriculture, Division for the Coordination of Agricultural Research: 65-77.
- HYNEK V. 1996a. Provenience výzkum buku lesního v České republice. Práce VÚLHM, 81: 5-19.
- HYNEK V. 1996b. Genové zdroje buku lesního pro Českou republiku. Zprávy lesnického výzkumu, 41 (1): 1-4.
- HYNEK V. 1999. Šlechtění domácích dřevin listnatých. Etapa č. 1 – buk lesní – *Fagus sylvatica* L. Výroční zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 4 s.
- HYNEK V. 2000. Návrh semenářských oblastí a přenosu reprodukčního materiálu pro buk lesní, dub zimní a letní, lípu malolistou a velkolistou, javor mléč a klen, jasan ztepilý a úzkolistý a pro jedli bělokorou v ČR. Lesnická práce, 79: 174-176.
- KOBLIHA J., HYNEK V., KAŇÁK J., HAJNALA M. 2008. Záchrana a využití genových zdrojů lesních dřevin Krušnohorské oblasti. In: Slodičák M. et al.: Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 259-276.
- KUCHTA T. 1999. Hodnocení provenienčních ploch s bukem lesním založených na LS LČR Klášterec nad Ohří, VLS Velichov, Městských lesů Jáchymov. Diplomová práce. Praha, ČZU: 65 s.
- LOMSKÝ B., MATERNA J., PFANZ H. (eds.). 2002. SO₂-pollution and forests decline in the Ore Mountains. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 342 s.
- NOVOTNÝ P. 2002. Buk lesní – přehled aktivit v rámci výzkumného záměru včetně předchozích výzkumných projektů. In: Frýdl J.: Výzkumný záměr 02/1 MZE-M06-99-02 (02/9010). Šlechtění lesních dřevin a záchrana genových zdrojů cenných a ohrožených populací včetně využití biotechnologických postupů v lesním hospodářství. Výroční zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 16-20.
- NOVOTNÝ P. 2006. Literární přehled dosavadních výzkumných aktivit souvisejících s ověřováním dílčích populací buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) v ČR. In: Šlechtění lesních dřevin v České republice a Polsku. Sborník ze semináře s mezinárodní účastí, Strnady 8. 9. 2005, ed. P. Novotný, Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 84-99.
- NOVOTNÝ P., ČÁP J., FRÝDL J., CHLÁDEK J., ŠINDELÁŘ J., TOMEC J. 2007. Výsledky hodnocení série experimentálních provenienčních ploch s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) ve věku 25 let. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 281-292.
- NOVOTNÝ P., FRÝDL J. 2010. Vyhodnocení proveniencí buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) na výzkumných plochách série 1995 v juvenilním stadiu růstu. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 92-105.
- NOVOTNÝ P., FRÝDL J., ČÁP J. 2010. Výsledky hodnocení plochy s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) na lokalitě č. 50 – Pelhřimov, Křemešník ve věku 36 let. Zprávy lesnického výzkumu, 55: 1-11.
- OPRL. 2001. Oblastní plány rozvoje lesů. Přírodní lesní oblasti ČR. Stručný přehled – stav k 30. 6. 2001. Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 104 s.
- SLOUP M. et al. 2008. Vliv zvěře na lesní ekosystémy v Krušných horách. In: Slodičák M. et al.: Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 201-223.
- ŠINDELÁŘ J. 1985. Výsledky hodnocení výzkumné provenienční plochy s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.). Lesnictví, 31: 481-500.
- ŠINDELÁŘ J. 2005. Provenance plot with European beech (*Fagus sylvatica* L.) No. 50 – Pelhřimov, Křemešník 25 years after planting. Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae, 21: 28-42.
- ŠRÁMEK V. et al. 2008. Imisní zatížení Krušných hor. In: Slodičák M. et al.: Lesnické hospodaření v Krušných horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 45-70.
- TYPTA J. 2011. Hodnocení provenienčních ploch s bukem lesním (*Fagus sylvatica* L.) na lokalitě Černošice-Radotín. Diplomová práce. Praha, ČZU: 107 s.
- VACEK S. 2003. Horské lesy České republiky. Praha, MZe ČR: 319 s.

EVALUATION OF PROVENANCE PLOT WITH EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) IN THE ORE MTS. AT THE AGE OF 18 YEARS

SUMMARY

In the Ore Mountains (Krušné hory) region, all forest vegetation altitudinal zones occur (Tab. 1). European beech occurs naturally from the 2nd to the 7th vegetation altitudinal zone within this region and covers the second largest area after Norway spruce. Its area has decreased from natural distribution of 36.6% to recent 5.7% (Tab. 2). The biggest retreat was recorded in plateau areas.

Gene resources of European beech, especially for elevated plateaus, are not sufficient. Therefore, 3 provenance plots were founded in 1995 for the whole Ore Mountains region (Jáchymov, Klášterec, Janov). All of them were established within the series of 15 provenance plots with the inclusion of international provenance plot Pelhřimov (Tab. 3). In terms of the national provenance research series, 24 Czech provenances were planted plus 3 provenances originating from Saxony. Four provenances were planted in all of the national series plots as standards (Tab. 4). First evaluation of plots Jáchymov and Klášterec was done in 1996 and 1997 (KUCHTA 1999). In the year 2008, beech provenance plots in the Ore Mountains were revised. It was concluded that only one half of provenance plot Klášterec could be used in future because many beech plantations established in 1995, including the provenance plots, had been severely damaged by rodents (Tab. 5).

Height growth of 18-year-old material was evaluated and compared with previous assessments. The average height of individual provenances ranged from 6.4 m to 5.0 m (Tab. 6, Fig. 1 and 2). ANOVA results for each year's evaluation are outlined in Tab. 7. When evaluating provenances of local origin at this age, it can be stated that provenances 24 (Horní Blatná) and 8 (Janov-Kühnhaide) show rather slow growth in this period. Other local provenances showed an average growth or, as in case of provenance 9 (Janov-reserve), fast growth (Tab. 8). The highest mortality occurred in two years after establishment. Survival rate ranged from 26% to 43% (Tab. 9, Fig. 3 and 5). Breast height diameter ranged from 3.2 to 7.5 cm in the plot (Tab. 10, Fig. 6). After straightness evaluation, it can be concluded that local provenances possess above average quality in this trait with the exception of two provenances (Tab. 11, Fig. 7). Assessment of forking occurrence is outlined in Tab. 12 and Fig. 8. Generally, forking occurrence does not significantly influence the straightness as a trait.

Results obtained so far from the provenance research in the Ore Mountains affirm that preferred utilization of local beech sources is justified.

Recenzováno

ADRESY AUTORŮ/CORRESPONDING AUTHORS:

Ing. Petr Novotný, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 228; e-mail: pnovotny@vulhm.cz

doc. Ing. Vladimír Hynek, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Česká republika
tel.: 224 383 799; e-mail: hynek@fld.czu.cz

RŮST A PRODUKCE HYBRIDNÍCH KLONŮ BALZÁMOVÝCH TOPOLŮ Z ČESKÉHO NOVOŠLECHTĚNÍ

GROWTH AND TIMBER PRODUCTION OF NEWLY BRED CZECH HYBRID BALSAM POPLAR CLONES

LUŽKA ČÍŽKOVÁ - VLADIMÍR ČÍŽEK - HANA BAJAJOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice

ABSTRACT

Growth and timber production of 15 poplar clones were evaluated. A set of clones was derived from clones newly bred in Forestry and Game Management Research Institute. Crossing combinations used in breeding and evaluated in research plot were *Populus maximowiczii* × *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii* × *P. ×berolinensis*, *P. angulata* × *P. trichocarpa*, *P. nigra* × *P. simonii*. Trees were measured at the age of 35 years. Mean-tree volume of the best six clones varied in the range of 4.134 – 4.694 m³; all these clones were selected from crossing combination *Populus maximowiczii* × *Populus trichocarpa*.

Klíčová slova: hybridní klony, balzámové topoly, *Populus maximowiczii*, *Populus trichocarpa*, *Populus ×berolinensis*, produkce dřeva

Key words: hybrid clones, balsam poplars, *Populus maximowiczii*, *Populus trichocarpa*, *Populus ×berolinensis*, timber production

ÚVOD

Sekce balzámových topolů (*Tacamahaca*) zahrnuje druhy, jejichž přirozený areál rozšíření se nachází v Severní Americe a v Asii. Ve šlechtitelském programu Stouta a Schreinerova (STOUT, SCHREINER 1933) byly získávány jejich vzájemné hybridy a také hybridy mezi balzámovými a černými topoly (sekce *Aigeiros*). Cílem šlechtění bylo zvýšit produkci dřevní hmoty v topolových porostech pro zpracovatelský průmysl, především výrobu celulózy. Ve 30. letech 20. století byly některé z těchto hybridů poprvé dovezeny do Evropy za účelem zakládání pokusných výsadeb a ověřování možností pěstování balzámových topolů v evropských zemích.

Velmi úspěšné byly především hybridy mezi topolem Maximovičovým (*P. maximowiczii* Henry) a topolem chlupatoplodým (*P. trichocarpa* Torr. et Grey), popř. topolem Maximovičovým a topolem berlínským (*P. ×berolinensis* Doppel = *P. laurifolia* Ledeb. × *P. nigra* L. 'Italica'). Obě kombinace byly použity po roce 1945 ve šlechtitelském výzkumu v tehdejší Československu a Polsku. U nás se mezidruhovým křížením balzámových topolů zabýval na přelomu 50. a 60. let jako první V. Špalek, který ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti selektoval řadu klonů. Během 60. let byly založeny pokusné plochy, kde byly testovány hybridní kombinace balzámových topolů nejen v nižších nadmořských výškách spolu s hybridy *Populus ×euroamericana*, ale především v předhůří Šumavy. Tam byly vysazovány jako čisté porosty, ve srovnávacích pokusech s osikou (*Populus tremula* L.) nebo s potomstvy z volného opylení topolu vznešeného (*Populus ×generosa* Henry). Cílem výzkumu bylo hodnotit růstové vlastnosti u nás dosud nepěstovaných hybridních topolů a stanovit nový sortiment klonů s vysokým výnosovým potenciálem v méně příznivých růstových podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

Hodnocená pokusná plocha je umístěna do lokality Malá Chmelná na severovýchodním okraji města Sušice. Nachází se na pravém břehu řeky Otavy v nadmořské výšce 455 m. Leží ve třetí topolové oblasti charakterizované nadmořskou výškou 400 – 600 m (MOTT, ŠPALEK 1961) na rozhraní vlhké a velmi vlhké podoblasti, kde se již projevuje vliv oceánického klimatu.

Geologickým podložím jsou náplavy řeky, tvořené hrubými štěrky relativně chudými na živiny, které jsou překryty slabou vrstvou hlinitopísčitého až písčitého materiálu naplaveného vodou. Plocha je při vyšších vodních stavech pravidelně zaplavována. Hladina podzemní vody je po větší část roku v blízkosti povrchu.

Průměrná roční teplota vzduchu je 7 °C. Ve vegetačním období, které trvá přibližně 146 – 163 dnů, je průměrná teplota 13 °C. Nejteplejší měsíc je červenec s průměrnou teplotou 16,9 °C, nejméně chladný leden s průměrnou teplotou -2,5 °C. Průměrný počet letních dnů s maximální teplotou vyšší než 25 °C je 30, ledových dnů s maximální teplotou -0,1 °C je 40 a mrazových dnů s minimální teplotou -0,1 °C a nižší je 130. Období s průměrnými denními teplotami 0 °C a nižšími začíná 1. 12. a končí 1. 3. Ročně je zde průměrně 1 630 hodin slunečního záření. Průměrné roční srážky jsou 650 mm, z toho 440 mm ve vegetačním období. Typologicky je lokalita klasifikována jako 2L – potoční luh.

Pokusná plocha byla založena roce 1966 na rozloze 1,44 ha. Pro výsadbu byly vybrány selektované klony z potomstev křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* (10 klonů), *P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis* (6 klonů), *P. angulata* × *P. trichocarpa* (1 klon) a *P. nigra* × *P. simonii* (1 klon). Hybridizační práce byly prováděny v rámci

šlechtitelského programu ve výzkumné stanici v Kunovicích. Tento výběr byl doplněn několika dalšími, převážně importovanými klony *P. ×euroamericana* a potomstvy *P. ×generosa* z volného opylení. Celkový počet sazenic byl 758. Výsadba byla uspořádána tak, že v lichých řádcích byly vysazeny selektované a importované klonové sponu 5 × 5 m a v sudých řádcích byly sazenice potomstev *P. ×generosa* ve sponu 5 × 2,5 m. V průběhu dalších let nebyla prováděna náležitá péče, takže sazenice z potomstev *P. ×generosa* uhynuly. Na ploše zůstala každá druhá řada, což znamená, že testované hybridní klonové rostly ve sponu 10 × 5 m až do myšního věku.

Do hodnocení byla zařazena část plochy o výměře 0,38 ha, na které byly vysazeny selektované klonové z českého novošlechtění. Přehled klonů a hybridních kombinací je uveden v tab. 1. V roce 2001, kdy porost

dosáhl věku 35 let, byly zjišťovány základní dendrometrické údaje, tj. výčetní tloušťka kmene (dbh) s přesností 0,5 cm a výška stromu (h) s přesností 0,5 m. Objem středního kmene (V) byl zjištěn pomocí objemových tabulek Fröhliche a Grosscurtha (FRÖHLICH, GROSSCURTH 1973). Hektarová zásoba porostu pak byla odhadnuta pro jednotlivé klonové na základě skutečného hektarového počtu 200 jedinců v hodnoceném porostu. Vzhledem k nestejnému a poněkud nízkému počtu jedinců u všech klonů byla pro statistické hodnocení použita neparametrická Kruskal-Wallisova analýza variance, která stanovila pořadí klonů ve všech hodnocených parametrech, tj. pořadí klonů podle výčetní tloušťky, výšky a objemu středního kmene. Pro hodnocení byl použit software Statistica®, verze 7.0 (STATSOFT®).

VÝSLEDKY

Bylo provedeno hodnocení základních dendrometrických parametrů 15 klonů hybridních topolů selektovaných z potomstev křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis*, *P. angulata* × *P. trichocarpa* a *P. nigra* × *P. simonii*. Cílem hodnocení bylo porovnat jednotlivé klonové a současně posoudit úspěšnost použitých hybridních kombinací. Z výsledků hodnocení vyplývá, že ve všech sledovaných parametrech bylo úspěšnější křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* než ostatní tři kombinace mezidruhových křížení (tab. 2).

Jako první v pořadí klonů podle statistiky Kruskal-Wallisova ANOVA byl vyhodnocen klon 16 Ha, a to shodně ve všech parametrech, s průměrnou výčetní tloušťkou 58,6 cm, s průměrnou výškou 34,6 m a průměrnou

Tab. 1.

Seznam klonů topolů podle hybridních kombinací
The list of poplar clones and crossing combinations

Hybridní kombinace Crossing combination	klon clone
<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	13 Ha, 14 Ha, 16 Ha, 24 Ha 16 la, 18 la, 27 Ca, 30 Aa, 33 Ba
<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. ×berolinensis</i>	10 Ba, 25 Ba, 13 Fa, 44 Ga
<i>P. angulata</i> × <i>P. trichocarpa</i>	67 Da
<i>P. nigra</i> × <i>P. simonii</i>	20 Fa

Tab. 2.

Průměrné hodnoty výčetní tloušťky (dbh), výšky stromu (h) a objemu středního kmene (V) hybridních klonů balzámových topolů ve věku 35 let

Mean diameter at breast height – dbh (cm), mean tree height – h (m), mean-tree volume – V (m³) of hybrid balsam poplar clones at the age of 35 years

Klon Clone	n	dbh			h			V		
		Průměr Mean	Sm.odch. Stand.dev.	Var.koef. Coeff.of variation	Průměr Mean	Sm.odch. Stand.dev.	Var.koef. Coeff.of variation	Průměr Mean	Sm.odch. Stand.dev.	Var.koef. Coeff.of variation
<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>										
30 Aa	4	41,1	7,735	18,82	32,6	1,959	5,94	2,329	1,063	45,64
33 Ba	4	54,1	6,296	11,64	37,0	1,817	4,91	4,314	0,886	20,54
27 Ca	4	60,0	6,573	10,96	31,0	1,817	5,86	4,359	1,181	27,09
13 Ha	4	54,6	4,091	7,49	35,4	1,743	4,98	4,149	0,531	12,80
16 Ha	7	58,6	8,992	15,34	34,6	1,666	4,76	4,694	1,304	27,78
24 Ha	4	55,3	4,664	8,43	34,5	2,236	6,39	4,134	0,470	11,37
16 Ia	10	42,2	7,761	18,39	31,0	3,151	10,16	2,271	0,881	38,79
18 Ia	5	58,8	7,194	12,23	31,9	2,672	8,35	4,204	0,991	23,57
14 Ha	2	62,5	-	-	39,0	-	-	6,036	-	-
<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. ×berolinensis</i>										
10 Ba	4	45,4	7,262	16,00	33	0,581	1,76	2,797	0,927	33,14
13 Fa	7	42,9	5,851	13,64	32	1,056	3,30	2,345	0,665	28,36
44 Ga	5	43,3	7,925	18,30	31	0,730	2,35	2,416	0,864	35,76
25 Ba	2	42,3	-	-	34	-	-	2,438	-	-
<i>P. angulata</i> × <i>P. trichocarpa</i>										
67 Da	3	34,3	0,408	1,19	25	1,947	7,79	1,145	0,097	8,47
<i>P. nigra</i> × <i>P. simonii</i>										
20 Fa	1	35,0	-	-	17	-	-	0,685	-	-

měrným objemem středního kmene 4,694 m³. Odhad hektarové zásoby při počtu 200 jedinců na 1 ha pak činí 939 m³. Další klony z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*, tj. 13 Ha, 14 Ha, 24 Ha, 16 Ia, 18 Ia, 27 Ca, 30 Aa, 33 Ba vykazovaly mírně proměnlivé pořadí v jednotlivých parametrech. Do skupiny klonů s průměrnou výčetní tloušťkou větší než 50 cm byly zařazeny klony 18 Ia, 27 Ca, 24 Ha a 13 Ha (obr. 1), které tvoří rovněž skupinu s průměrným objemem středního kmene větším než 4,0 m³ spolu s klonem 33 Ba (obr. 3). Odhadovaná hektarová zásoba u této skupiny klonů činí 827 – 872 m³. Klon 16 Ia dosáhl horších výsledků, s průměrným objemem středního kmene 2,271 m³ uzavírá skupinu produkčně nejvýkonnějších klonů. Zbývající klony 14 Ha a 30 Aa získaly významně nižší pořadí buď z důvodu nízkého počtu jedinců (14 Ha), nebo z důvodu nízkých naměřených hodnot (30 Aa). Oba klony byly zařazeny až do druhé poloviny celkových pořadí podle výčetní tloušťky i podle objemu středního kmene, mezi klony z hybridní kombinace *P. maximowiczii* × *P. berolinensis*. Průměrné výšky stromu (obr. 2) se u klonů z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* pohybovaly mezi 31,0 – 37,0 m (resp. 39,0 m).

Z křížení *P. maximowiczii* × *P. berolinensis* byly hodnoceny 4 klony 10 Ba, 25 Ba, 13 Fa, 44 Ga. Jako první v pořadí se umístil klon 13 Fa, a to ve všech hodnocených parametrech. Průměrné hodnoty výčetní tloušťky se v této skupině klonů pohybují mezi 42,3 – 45,4 cm a průměrný objem středního kmene mezi 2,345 – 2,797 m³, odhadovaná hektarová zásoba pak mezi 469 – 559 m³. Interval rozpětí průměrné výšky stromu 31,4 – 34,0 m se překrývá s intervalem rozpětí výšek u klonů z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* (obr. 2). V pořadí klonů podle průměrné výšky proto klony 13 Fa a 10 Ba získaly vyšší pořadí než klony 14 Ha, 30 Aa a 18 Ia z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*.

Další klony hodnocené na pokusné ploše ve věku 35 let byly klony 67 Da z křížení *P. angulata* × *P. trichocarpa*, který dosáhl průměrného objemu středního kmene 1,145 m³ a klon 20 Fa z křížení *P. nigra* × *P. simonii* s jediným stromem o objemu středního kmene 0,685 m³. Vzhledem k tomu, že obě křížení byla zastoupena pouze jedním klonem a nízkým počtem jedinců, nebyla zahrnuta do celkového statistického hodnocení.

Výsledky testu Kruskal-Wallisova ANOVA byly uspořádány jako sestupná řada klonů podle vypočítaných součtů pořadí pro výčetní tloušťku, výšku a objem středního kmene do tab. 4. Ke sloupci pro objem středního kmene bylo doplněno také přiřazení daného klonu k příslušné hybridní kombinaci.

DISKUSE

Význam získaných výsledků spočívá především v tom, že klony hybridních balzámových topolů z českého novošlechtění byly hodnoceny v dlouhodobém pokusu, jehož délka odpovídá reálné době obměty těchto topolů. Relativně nízký počet hodnocených jedinců sice poněkud snižuje srovnatelnost výsledků, ale ze závěrečné diferenciaci pořadí klonů vyplývá jednoznačná informace o úspěšnosti hybridních kombinací (tab. 4, obr. 1 – 3). Z 9 klonů z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* dosáhlo 7 klonů výrazně lepších výsledků než všechny 4 klony z křížení *P. maximowiczii* × *P. berolinensis*. V pokusné ploše byl udržován cílový hektarový počet 200 jedinců a spon 10 × 5 m. Volné spony jsou charakteristické pro pěstování topolů v systému „agroforestry“, který v České republice nemá tradici, ale v zemích s dlouhodobě rozvíjeným topolářstvím je to běžný a efektivní způsob využívání zemědělské půdy. Topoly ve volném sponu dosahují maximálních přírůstků.

Tab. 3.

Kruskal-Wallisova ANOVA založená na pořadí pro parametry: výčetní tloušťka (dbh), výška stromu (h), objem středního kmene (V) hybridních klonů balzámových topolů

Kruskal-Wallis ANOVA for parameters: diameter at breast height (dbh), tree height (h), mean-tree volume (V) of hybrid balsam poplar clones

Tab. 3a.

dbh: Kruskal-Wallis test: H (12, N = 62) = 34,18979, p = 0,0006

Klon Clone	Kód Code	Počet platných Valid N	Součet pořadí Sum of Ranks
13 Ha	101	4	168,0000
14 Ha	102	2	109,0000
16 Ha	103	7	311,0000
16 Ia	104	10	178,5000
18 Ia	105	5	239,5000
24 Ha	106	4	172,0000
27 Ca	107	4	193,0000
30 Aa	108	4	66,5000
33 Ba	109	4	154,5000
10 Ba	111	4	96,5000
13 Fa	112	7	130,5000
44 Ga	113	5	104,5000
25 Ba	114	2	29,5000

Tab. 3b.

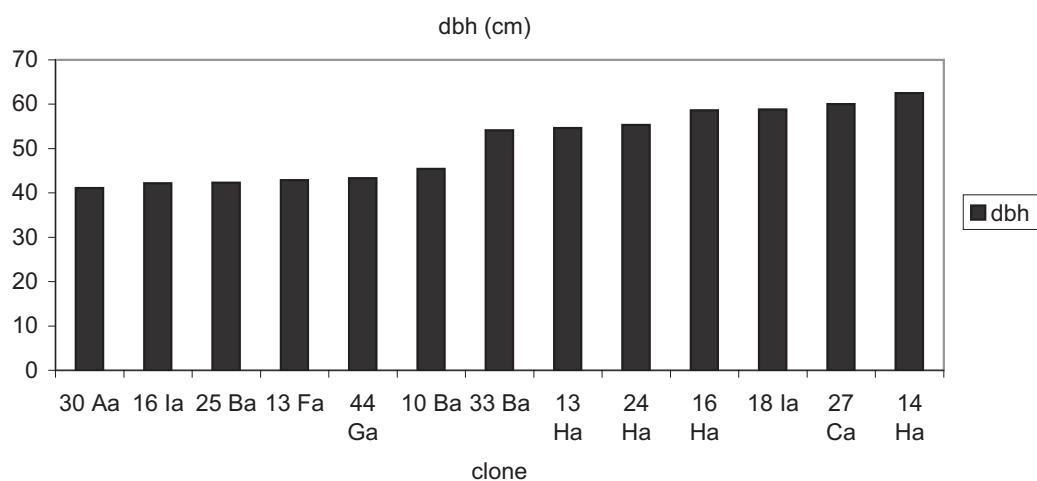
h: Kruskal-Wallis test: H (12, N = 62) = 29,92588, p = 0,0029

Klon Clone	Kód Code	Počet platných Valid N	Součet pořadí Sum of Ranks
13 Ha	101	4	187,0000
14 Ha	102	2	121,0000
16 Ha	103	7	294,0000
16 Ia	104	10	218,5000
18 Ia	105	5	111,5000
24 Ha	106	4	162,5000
27 Ca	107	4	72,0000
30 Aa	108	4	118,5000
33 Ba	109	4	214,5000
10 Ba	111	4	138,5000
13 Fa	112	7	147,5000
44 Ga	113	5	88,0000
25 Ba	114	2	79,5000

Tab. 3c.

V: Kruskal-Wallis test: H (12, N = 62) = 37,86196, p = 0,0002

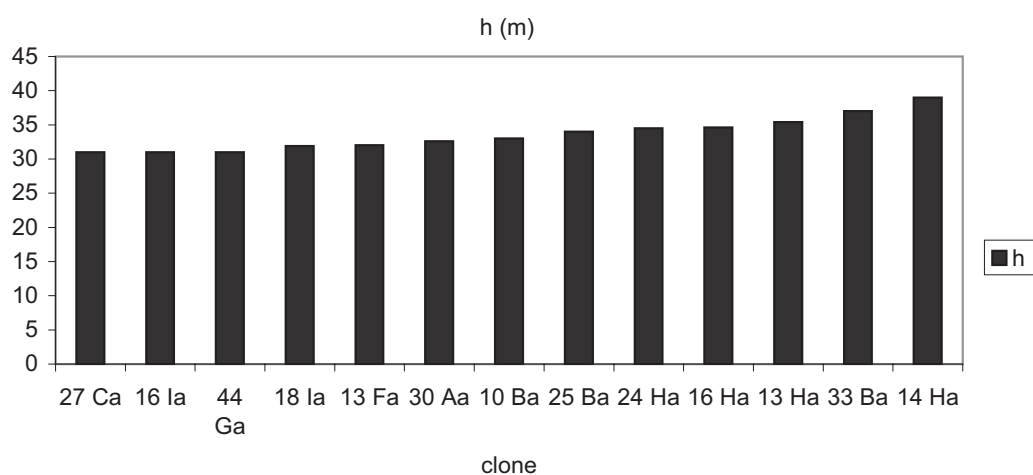
Klon Clone	Kód Code	Počet platných Valid N	Součet pořadí Sum of Ranks
13 Ha	101	4	179,0000
14 Ha	102	2	119,0000
16 Ha	103	7	327,0000
16 Ia	104	10	162,5000
18 Ia	105	5	214,0000
24 Ha	106	4	178,0000
27 Ca	107	4	174,0000
30 Aa	108	4	70,0000
33 Ba	109	4	179,0000
10 Ba	111	4	97,0000
13 Fa	112	7	122,0000
44 Ga	113	5	96,0000
25 Ba	114	2	35,5000

**Obr. 1.**

Průměrné hodnoty výčetní tloušťky (dbh) hybridních klonů balzámových topolů ve věku 35 let

Fig. 1.

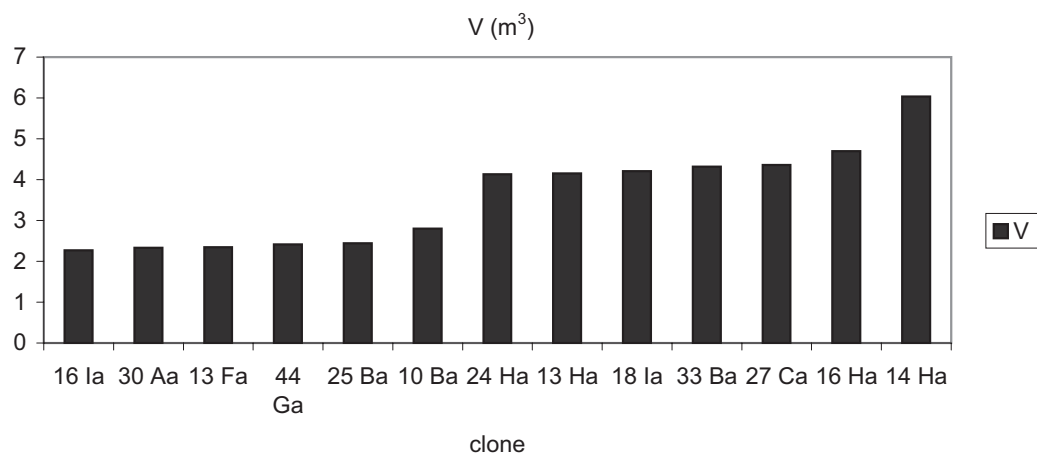
Mean diameter at breast height (dbh) of hybrid balsam poplar clones at the age of 35 years

**Obr. 2.**

Průměrné hodnoty výšky stromu (h) hybridních klonů balzámových topolů ve věku 35 let

Fig. 2.

Mean tree height (h) of hybrid balsam poplar clones at the age of 35 years

**Obr. 3.**

Průměrné hodnoty objemu středního kmene (V) hybridních klonů balzámových topolů ve věku 35 let

Fig. 1.

Mean-tree volume (V) of hybrid balsam poplar clones at the age of 35 years

Tab. 4.

Sestupné pořadí klonů podle výsledku testu Kruskal-Wallisova ANOVA pro parametry: výčetní tloušťka (dbh), výška stromu (h), objem středního kmene (V) hybridních klonů balzámových topolů Degressive ranking of clones according to the results of Kruskal-Wallis ANOVA for parameters: diameter at breast height (dbh), tree height (h), mean-tree volume (V) of hybrid balsam poplar clones

dbh	h	V	Hybridní kombinace Crossing combination
16 Ha	16 Ha	16 Ha =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
18 la	16 la	18 la =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
27 Ca	33 Ba	33 Ba =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
16 la	13 Ha	13 Ha =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
24 Ha	24 Ha	24 Ha =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
13 Ha	13 Fa	27 Ca =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
33 Ba	10 Ba	16 la =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
13 Fa	14 Ha	13 Fa =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. ×berolinensis</i>
14 Ha	30 Aa	14 Ha =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i> <i>P. maximowiczii</i> ×
44 Ga	18 la	10 Ba =	<i>P. ×berolinensis</i> <i>P. maximowiczii</i> ×
10 Ba	44 Ga	44 Ga =	<i>P. ×berolinensis</i>
30 Aa	25 Ba	30 Aa =	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i> <i>P. maximowiczii</i> ×
25 Ba	27 Ca	25 Ba =	<i>P. ×berolinensis</i>

Hodnocené klony pocházejí ze 2 typů hybridních kombinací, z nichž vznikly také klony dnes zařazené do celosvětového registru uznaných klonů (FAO 1979). Jsou to klony 'Androscoggin' a 'NE-42' (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*), 'Oxford', 'NE-49', 'NE-44', 'Geneva' (*P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis*). V přírodních podmínkách České republiky byly testovány od roku 1967 v pokusných plochách založených v aluvii řeky Otavy na chudých šterkovitých půdách dobře zásobených vodou. Při hodnocení porostů ve věku 24 let ve sponu 5 × 10 m vykazovaly klony 'NE-42' a 'Androscoggin' lepší výsledky (např. průměrný objem středního kmene 2,916 m³ a 2,205 m³) než klony 'Oxford', 'NE-49', 'NE-44', 'Geneva' (průměrný objem středního kmene 2,112 – 1,407 m³) (ČÍZEK et al. 1992).

V USA bylo šlechtění a testování nových hybridních klonů předmětem výzkumu v instituci Northeastern Forest Experiment Station. Klony 'NE-41', 'NE-42' (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) a klony 'NE-43', 'NE-44', 'NE-46', 'NE-47', 'NE-48', 'NE-49', 'NE-50' (*P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis*) byly hodnoceny ve věku 20 let v pokusu v západní Virginii. Pokusná plocha byla založena na šterkovitých aluviálních půdách. Nejlepší hybridy z obou typů křížení dosáhly průměrné výčetní tloušťky 25 cm, průměrné výšky 24 m a průměrného objemu kmene 1,241 m³ (WENDEL 1972). V Německu byly jako první hybridy balzámových topolů testovány klony 'Androscoggin', 'Oxford' a 'Rochester'. Brzy se osvědčily a byly doporučeny do pěstovaného sortimentu pro eutrofní a mezotrofní stanoviště až do submontánního stupně s výjimkou ulehých půd. Nejvyšší produkce dřeva dosahoval klon 'Androscoggin', stabilní produkci na všech pokusných plochách se vyznačoval klon 'Oxford' (FRÖHLICH, GROSSCURTH 1973).

ZÁVĚR

Pokusná plocha Malá Chmelná se nachází ve třetí topolové oblasti ve smyslu pěstební rajonizace topolů pro území České republiky. Jedná se o takové přírodní podmínky, které neumožňují pěstování klonů *Populus ×euroamericana*. Balzámové topoly a jejich hybridy jsou proto velmi perspektivní rychle rostoucí dřeviny pro oblasti s nadmořskou výškou nad 400 m. Výsledky hodnocení pokusné plochy dokazují, že hybridní klony z křížení *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* dosáhly na stanovišti dobře zásobeném vodou vyššího výnosu než klony z křížení *P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis*. Klony z dalších hybridních kombinací *P. angulata* × *P. trichocarpa* a *P. nigra* × *P. simonii* v pokusné ploše téměř vyhynuly a nebyly zahrnuty do celkového hodnocení ve věku 35 let.

Odhad průměrné hektarové zásoby ve sponu 10 × 5 m se u šesti nejlepších klonů *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* pohybuje mezi 827 – 939 m³ · ha⁻¹, průměrný objem středního kmene mezi 4,134 – 4,694 m³. Odhad průměrné hektarové zásoby u čtyř klonů *P. maximowiczii* × *P. ×berolinensis* se pohybuje mezi 469 – 559 m³ · ha⁻¹, průměrný objem středního kmene mezi 2,345 – 2,797 m³. Uvedená zjištění budou využita v dalších projektech zaměřených na šlechtění, testování a pěstování balzámových topolů v intenzivních kulturách na produkci dřeva a energetické biomasy.

Poděkování:

Příspěvek vznikl s podporou projektu NAZV QD 0172 a výzkumného záměru MZE0002070203.

LITERATURA

- ČÍZEK V., MAŘÁK I., MOTT J. 1992. Výsledky ověřovacích pokusů s pěstováním balzámových topolů v předhoří Šumavy. Zprávy lesnického výzkumu, 18 (3): 13-16.
- FAO. 1979. Poplars and willows in wood production and land use. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 328 s.
- FRÖHLICH H. J., GROSSCURTH H. W. 1973. Züchtung, Anbau und Leistung der Pappeln. Frankfurt am Main, Sauerländer: 267 s.
- MOTT J., ŠPALEK V. 1961. Pěstujeme topoly. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 309 s.
- STATSOFT®: Statistica. Version 8.0. Statsoft Czech Republic s.r.o.
- STOUT A. B., SCHREINER E. J. 1933. Results of a project in hybridizing poplars. Journal of Heredity, 24: 216-229.
- WENDEL G. W. 1972. Results of a 20-year test of hybrid poplars in West Virginia. USDA Forest Service research paper NE - 237. Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Dept. of Agriculture: 5 s.

GROWTH AND TIMBER PRODUCTION OF NEWLY BRED CZECH HYBRID BALSAM POPLAR CLONES**SUMMARY**

An experimental plot was established at the Malá Chmelná locality in the southwestern part of the Czech Republic (elevation 455 m a. s. l.). Soil type is gravel covered by sandy-loam soil with good water supply. Poplar clones for this experiment were selected from the specific breeding programme of the Forestry and Game Management Research Institute from F1 progenies of the species *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii* × *P. xberolinensis*, *P. angulata* × *P. trichocarpa* and *P. nigra* × *P. simonii* (Tab.1). Trees were planted at a spacing of 10 × 5 m and measured at the age of 35 years. Clones were evaluated on the basis of diameter at breast height (dbh), tree height (h) and mean-tree volume, standing volume was estimated.

Generally crossing combination *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* was more successful than crossing combination *P. maximowiczii* × *P. xberolinensis*. Clones of *P. angulata* × *P. trichocarpa* and *P. nigra* × *P. simonii* were excluded from statistical analysis due to very low number of clones (one of each of them) and individuals because their mortality was very high. Mean dbh of top six clones (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) was in the range between 54.1 – 60.0 cm (Fig. 1, Tab. 2), mean tree height 31.0 – 37.0 m (Fig. 2, Tab. 2), mean-tree volume 4.134 – 4.694 m³ (Fig. 3, Tab. 2). Estimated standing volume varied in the range between 827 – 939 m³. ha⁻¹. Mean dbh in the group of 4 clones *P. maximowiczii* × *P. xberolinensis* was in the range between 42.3 – 45.4 cm, mean tree height 31.0 – 34.0 m, mean tree volume 2.345 – 2.797 m³. Estimated standing volume varied in the range between 469 – 559 m³. ha⁻¹. Results of the present study will be used in next experiments and the best clones will be recommended for forestry and short rotation plantation system.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Lud'ka Čížková, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Kunovice
Na Záhonech 601, 686 04 Kunovice, Česká republika
tel.: 572 420 919; e-mail: cizkova@vulhmuh.cz

EXPERIMENTY S VÝCHOVOU BOROVICE LESNÍ NA JIŽNÍ MORAVĚ - STRÁŽNICE I A STRÁŽNICE III

SCOTS PINE THINNING EXPERIMENTS IN SOUTHERN MORAVIA - STRAZNICE I AND STRAZNICE III

DAVID DUŠEK^{1,2)} - JIŘÍ NOVÁK¹⁾ - MARIAN SLODIČÁK¹⁾

¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

²⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

The effects of thinning on the growth and yield of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were investigated at two long-time experiments in southern Moravia (Czech Republic). The experimental sites are situated at an altitude of 207 m (Straznice I) and 190 m (Straznice III) a. s. l., a subsoil material is sand, soil type is classified as haplic arenic podzol, ecosite was determined as nutrient-poor Pine – Oak (*Pineto - Quercetum oligotrophicum arenosum*). The experiments were established in 1962 at the age of 33 (Straznice I) and 38 (Straznice III) years. Each experiment included three plots with treatments: control, thinning from above and thinning from below. Diameters and heights of trees were measured in five-year periods. The latest measurement was done in 2008. In thinned plots, natural mortality was considerably lower compared with unthinned plots. The diameter of mean stem clearly increased in thinned plots. However, diameter of dominant trees (100 thickest trees per hectare) was not affected by thinning. The development of slenderness quotient was similar in all treatments. We found no clear relationship between treatments and basal area, stand volume or total volume production. The unclear effect of thinning was probably related to late age in which the thinning started.

Klíčová slova: borovice lesní, úroňová výchova, podúroňová výchova

Key words: Scots pine, thinning from above, thinning from below

ÚVOD

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je po smrku ztepilém naší druhou nejrozšířenější jehličnatou dřevinou, která se na druhové skladbě lesů České republiky podílí z asi 17 % (Zpráva 2008). Hospodářsky významné porosty však vytváří jen v několika původních oblastech. Její biologické vlastnosti vyžadují odlišný přístup v porostní výchově ve srovnání se smrskem. Borovice je slunnou dřevinou a požadavky na její pěstění mají více shodných znaků s listnatými dřevinami než s dřevinami jehličnatými (Peňáz 1991). Borové porosty reagují na výchovné zásahy méně výrazně než smrk a při silných zásazích, ve středním a vyšším věku, může docházet k produkčním ztrátám (Assmann 1968). Na druhou stranu se však většina borových porostů nachází v oblastech s nižší nadmořskou výškou a nižšími srážkovými úhrny, a tak zásahy slabé intenzity mohou vést k nedostatečnému snížení intercepce a negativně tím ovlivnit přísun srážek.

Historicky primárním důvodem pro zakládání probírkových experimentů byla snaha o nalezení takového způsobu výchovy, který by podstatně zvýšil produkci porostů. Po získání poznatků o nemožnosti výrazně zvýšit celkovou objemovou produkci prostřednictvím výchovných zásahů se pozornost částečně přesunula na kvalitu produkce a zajištění její bezpečnosti zvyšováním odolnosti porostů vůči stresovým faktorům vhodnou úpravou porostního prostředí.

V roce 1962 byla na jižní Moravě v okolí města Strážnice založena Ing. Pařezem série tří experimentů (Strážnice I, II a III) s výchovou borovice lesní na chudých stanovištích vátých písků SLT 1M. Výstupy z těchto experimentů nebyly dosud samostatně publikovány s výjimkou experimentu Strážnice II (Dušek et al. 2010). V případě experimentů Strážnice I a III lze nalézt pouze dílčí výstupy v publikaci Pařeza (1985). Cílem této práce je vyhodnotit, jak se projeví úroňové a podúroňové výchovné zásahy na experimentech Strážnice I a Strážnice III započaté v 33letých, resp. 38letých borových porostech v porovnání s porosty kontrolními (které však byly až do založení experimentu vychovávány běžnými provozními postupy, tj. mírnými podúroňovými zásahy). Pozornost je věnována vývoji počtu stromů, výčetní kruhové základny, střední porostní tloušťky a tloušťky stromů horního stromového patra, štihlостnímu kvocientu, porostní zásobě a objemové produkci. Zabýváme se otázkou, lze-li takto poměrně pozdními zásahy v borových porostech ještě relevantně ovlivnit výše zmíněné parametry.

MATERIÁL A METODIKA

Experimenty Strážnice I (dále SI) a Strážnice III (dále SIII) byly založeny v roce 1962 v 33leté (SI) a 38leté (SIII) borové monokultuře. Experiment SI se nachází na jižní Moravě v katastrálním území Vracov v nadmořské výšce 207 m n. m., experiment SIII v katastrálním území

Tab. 1.

Přehled hlavních porostních parametrů experimentů Strážnice I a Strážnice III

The survey of main stand parameters in experiments Strážnice I and Strážnice III

Experiment	Strážnice I			Strážnice III			Strážnice I			Strážnice III			Strážnice I			Strážnice III		
Varianta/Treatment	K	Ú	Pů	K	Ú	Pů	K	Ú	Pů	K	Ú	Pů	K	Ú	Pů	K	Ú	Pů
Dg (cm)																		
Rok/Year	N (ks.ha ⁻¹)						G (m ² .ha ⁻¹)						H/D					
1962	BT	3384	3560	3484	2724	2696	2600	37.6	38.1	39.1	37.9	39.9	38.6	11.9	11.7	12.0	13.3	13.7
1962	AT	3264	3284	2436	2632	2384	1920	37.1	34.9	33.4	37.3	35.9	33.9	12.0	11.6	13.2	13.4	15.0
1967	BT	3264	3284	2436	2632	2384	1920	44.5	41.7	40.6	43.9	41.7	39.6	13.2	12.7	14.6	14.6	16.2
1967	AT	2844	2644	1908	2156	1816	1560	42.2	36.2	35.8	40.2	35.4	35.2	13.7	13.2	15.5	15.4	17.0
1972	BT	2844	2644	1908	2156	1816	1560	47.0	41.6	41.1	45.1	40.2	40.0	14.5	14.2	16.6	16.3	18.1
1972	AT	2168	1448	1132	1724	884	920	41.4	28.7	29.9	40.4	26.4	28.6	15.6	15.9	18.3	17.3	19.9
2008	BT	656	536	592	588	548	540	34.7	33.8	38.9	38.5	38.2	37.7	25.9	28.3	28.9	28.9	29.8
H/D ₁₀₀																		
1962	BT	19.7	18.9	20.0	21.0	21.4	21.7	103	107	116	110	105	112	69	74	78	78	76
1967	BT	22.4	21.5	22.6	23.7	23.7	23.9	107	123	109	117	112	105	72	83	78	82	81
1972	BT	24.3	24.0	24.7	25.9	26.0	25.8	109	120	109	115	111	105	76	82	81	82	83
2008	BT	35.0	36.0	37.2	37.1	36.5	37.4	95	88	95	93	89	92	77	74	78	77	77
COP 1962-2008 (m ³ .ha ⁻¹)																		
2008	BT	350	340	430	420	410	410	620	630	730	690	670	670					

K – kontrola, Ú – úrovněvý zásah, Pů – podúrovňový zásah, BT – před těžbou, AT – po těžbě, N – hektarový počet stromů, G – hektarová výčetní kruhová základna, Dg – tloušťka středního kmene, D₁₀₀ – průměrná tloušťka stromů horního stromového patra, H/D – štiřlostní kvocient středního kmene, H/D₁₀₀ – štiřlostní kvocient stromů horního stromového patra, V – kmenová zásoba bez kůry, COP – celková objemová produkce
 K – control, Ú – thinned from above, Pů – thinned from below, BT – before thinning, AT – after thinning, N – number of trees per hectare, G – basal area per hectare, Dg – diameter of mean stem, D₁₀₀ – mean diameter of dominant trees, H/D – slenderness quotient of mean stem, H/D₁₀₀ – slenderness quotient of dominant trees, V – stand volume (stems without bark), COP – total volume production

Bzenec v nadmořské výšce 190 m. Geologický podklad je v obou případech tvořen vápennými písky, půdním typem je arenický podzol, lesní typ byl určen jako 1M4 (VIEWEGH 2002). Průměrné roční srážky se v této oblasti pohybují v rozmezí 501 – 550 mm, průměrné roční teploty v rozmezí 8,6 – 9,0 °C. Porosty na experimentu SI byly založeny umělou obnovou při hustotě 6 000 ks.ha⁻¹, což lze z dnešního pohledu považovat za nedostatečné. Počáteční hustota umělé obnovy na experimentu SIII činila 9 000 ks.ha⁻¹. Z hlediska kvality byly porosty od počátku experimentu označovány za málo kvalitní s velkým počtem netvárných jedinců.

Každý experiment sestává ze tří srovnávacích ploch, každá o velikosti 50 × 50 m, tj. 0,25 ha, každá s jinou variantou experimentálního zásahu. Varianta K je kontrolní, bez výchovy. Odstraňují se pouze souše a případné vývraty či zlomy. Varianta Ů slouží ke sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů s pozitivním výběrem. Na variantě Pú byl aplikován režim podúrovnových výchovných zásahů s negativním výběrem. Již před založením experimentu byly v porostech prováděny provozní výchovné zásahy. Údaje o charakteru těchto zásahů neexistují, lze však předpokládat aplikaci v té době běžných mírných podúrovnových probírek.

Prvním, poměrně slabým výchovným zásahem na experimentu SI bylo ve věku 33 let (1962) odstraněno 10 % (Ů) a 30 % (Pú) jedinců, tj. 9 % (Ů) a 15 % (Pú) výčetní kruhové základny. Úrovnové zásahy byly směřovány k uvolnění korun 500 nadějných jedinců na hektar (tj. 125 stromů na ploše). Druhým zásahem ve věku 38 let bylo odstraněno necelých 20 % (Ů) a 22 % (Pú) jedinců, což představovalo redukci na výčetní kruhové základně o 14 % (Ů) a 12 % (Pú). Třetí zásah ve věku 43 let kombinovaný s nahodilou těžbou představoval redukci o téměř 50 % (Ů) a 41 % (Pú) jedinců a 33 % (Ů) a 27 % (Pú) výčetní kruhové základny (tab. 1). Tímto zásahem byla na variantě Ů zasažena také část neživotaschopných stromů v podúrovní. K dalšímu uvolňování vybraných stromů již nedošlo a v následujících letech byly odstraňovány pouze souše a případné vývraty nebo zlomy.

První výchovný zásah na experimentu SIII ve věku 38 let (1962) byl relativně slabý a počet stromů byl zredukován o 12 % (Ů) a 26 % (Pú), což představovalo redukci na výčetní kruhové základně o 10 % (Ů) a 12 % (Pú). Úrovnové zásahy byly směřovány, podobně jako na experimentu SI, k uvolnění korun 500 nadějných jedinců na hektar. Druhým zásahem ve věku 43 let (1967) byl počet stromů zredukován o 24 % (Ů) a 19 % (Pú), výčetní kruhová základna byla zredukována o 15 % (Ů) a 11 % (Pú). Třetí zásah ve věku 48 let (1972) byl nejsilnější a spočíval v redukci počtu stromů o 51 % (Ů) a 41 % (Pú), čemuž odpovídala redukce na výčetní kruhové základně o 35 % (Ů) a 29 % (Pú). Při druhém a zvláště třetím zásahu na variantě Ů byly také odstraňovány nejtenčí a nejméně životaschopné stromy v podúrovní, takže se již nejednalo o čistě úrovnový zásah. Na variantě Pú byly kromě podúrovnové složky odstraněny někteří netvární jedinci v úrovni. V dalších letech byly odstraňovány pouze souše a případné vývraty nebo zlomy.

Na obou experimentech byly v pětiletých intervalech měřeny výčetní tloušťky průměrkou ve dvou kolmých směrech na vyznačeném měřišti s přesností na 1 mm. Dále byly výškoměrem Blume-Leiss měřeny výšky minimálně třiceti reprezentativních stromů napříč celým tloušťkovým spektrem s přesností ca 0,5 m. Za stromy horního stromového patra bylo považováno 100 nejtlustších stromů na 1 ha, tj. 25 stromů na ploše. Pro výpočet výškových křivek byla použita funkce: $h = (d_2 / (\beta_0 + \beta_1 \times d_2)) + 1,3$ (NÄSLUND 1937), kde h je výška stromu, d je výčetní tloušťka a β_0 a β_1 jsou regresní koeficienty. Pro výpočet zásoby a objemové produkce byla použita funkce pro výpočet hmoty kmene bez kůry ve tvaru: $v = 0,022575 \times d(2,1153 - 0,0127 \times \log d) \times h \times 0,9796$ (KORSUŇ 1962), kde v je objem kmene bez kůry, d je výčetní tloušťka a h je výška stromu. Objemová produkce byla spočítána za období let 1962 až 2008. Protože objemy probírek provedených před založením

experimentů nejsou známy, nemohla být vypočítána celková objemová produkce ani kulminace celkového průměrného přírůstu.

Pro testování statistické průkaznosti efektu výchovných zásahů na vybrané parametry (výčetní tloušťka, štihllostní kvocient, výčetní kruhová základna, zásoba a objemová produkce) byla použita dvoufaktorová ANOVA s faktorem „varianta výchovného zásahu“ (K, Ů, Pú) a faktorem „blok-experiment“ (SI, SIII). Výpočty byly provedeny v programu R 2.10.10 (R Development Core Team 2008). V části výsledky je v textu uvedena hodnota testové F statistiky (s odpovídajícími stupni volnosti v dolním indexu) a příslušná hodnota p-value pro relevantní faktor „varianta výchovného zásahu“. Vzhledem k tomu, že síla testů je obecně velmi závislá na počtu replikací (roste s jejich počtem), klade-me při interpretaci výsledků spíše důraz na konzistenci, resp. nekonzistenci výsledků mezi experimenty než na formální výsledky testů.

VÝSLEDKY

Vývoj počtu stromů

Na počátku experimentu (rok 1962) dosahovaly hektarové počty stromů 3 380 ks (K), 3 560 ks (Ů) a 3 480 ks (Pú) na experimentu SI a 2 720 ks (K), 2 700 ks (Ů) a 2 600 ks (Pú) na experimentu SIII. Po třech výchovných zásazích provedených do roku 1972 byl hektarový počet stromů na variantě Ů o ca 700 ks (SI) a 300 ks (SIII) nižší než na variantě K. Hektarový počet na variantě Pú byl v tomto období o ca 1 000 ks (SI) a 600 ks (SIII) nižší v porovnání s variantou K. Vlivem nahodilých těžeb se rozdíl v počtu stromů na kontrolních a vychovávaných plochách postupně snižovaly a na konci sledovaného období (rok 2008) činily hektarové počty stromů 660 ks (K), 540 ks (Ů) a 600 ks (Pú) na experimentu SI a 590 ks (K), 550 ks (Ů) a 540 ks (Pú) na experimentu SIII (obr. 1).

Vývoj tloušťky středního kmene a průměrné tloušťky kmenů horního stromového patra

Tloušťka středního kmene na počátku experimentu činila 11,9 cm (K), 11,7 cm (Ů) a 12,0 cm (Pú) na experimentu SI a 13,3 cm (K), 13,7 cm (Ů) a 13,7 cm (Pú) na experimentu SIII. Po zásazích na variantě Pú došlo k výraznému posunu tloušťky středního kmene vlivem odebrání tenkých jedinců z podúrovně. Tento efekt byl patrný i po třetím zásahu (rok 1972) na variantě Ů, při němž byla také odebrána část podúrovnových jedinců. Obě vychovávané varianty na experimentu SI udržovaly vyšší hodnoty tloušťky středního kmene až do konce sledování, kdy rozdíl oproti variantě K činil 2,4 cm (Ů) a 3,0 cm (Pú). V případě experimentu SIII se rozdíl v tloušťce středního kmene mezi vychovávanými variantami a kontrolou kontinuálně snižoval s věkem, takže na konci sledování byl jen 0,9 cm (obr. 2). Rozdíl mezi variantami na konci sledování nebyly průkazné ($F_{2,2} = 3,77$; $p = 0,21$).

Na počátku sledování byla průměrná tloušťka kmenů horního stromového patra 19,7 cm (K), 18,9 cm (Ů) a 20,0 cm (Pú) na experimentu SI a 21,0 cm (K), 21,4 cm (Ů) a 21,7 cm (Pú) na experimentu SIII. Výchovné zásahy nezpůsobily patrný počtářský posun a hodnoty průměrné tloušťky kmenů horního stromového patra zůstávaly mezi jednotlivými variantami poměrně vyrovnané během celé doby sledování (obr. 2). Na konci sledování byla na experimentu SI tloušťka na variantě K o 1,0 cm (oproti variantě Ů) a 2,2 cm (oproti variantě Pú) nižší. Na experimentu SIII byla tloušťka na variantě K vyšší o 0,6 cm (Ů) a nižší o 0,3 cm (Pú). Vliv výchovných zásahů na průměrnou tloušťku kmenů horního stromového patra na konci sledování nebyl průkazný ($F_{2,2} = 1,73$; $p = 0,37$).

Vývoj štíhlostního kvocientu

Štíhlostní kvocient středního kmene na počátku experimentu se na jednotlivých plochách pohyboval v rozmezí od 103 do 116 a lze jej hodnotit jako nepříznivý. Na variantě K poklesl pod hodnotu 100 až při posledních dvou inventarizacích, na variantě Ů při posledních čtyřech inventarizacích a na variantě Pů při posledních dvou (SI), resp. třech (SIII) inventarizacích. Na konci sledovaného období se hodnota štíhlostního kvocientu na jednotlivých plochách pohybovala v rozmezí od 88 do 95 (obr. 3). Rozdíly v hodnotě štíhlostních kvocientů středních kmenů jednotlivých variant na konci sledovaného období byly neprůkazné ($F_{2,2} = 8,54$; $p = 0,11$).

Štíhlostní kvocient stromů horního stromového patra se na počátku experimentu pohyboval na jednotlivých plochách v rozpětí od 69 do 78. Na všech plochách poté rostl až do věku ca 60 let (50 let v případě Ů-SI), kdy začal opět kontinuálně klesat (obr. 3). Na konci sledovaného období se hodnoty těchto kvocientů pohybovaly v rozmezí od 74 do 78. Rozdíly mezi variantami byly neprůkazné ($F_{2,2} = 1,00$; $p = 0,50$) a především z praktického hlediska nevýznamné.

Vývoj výčetní kruhové základny

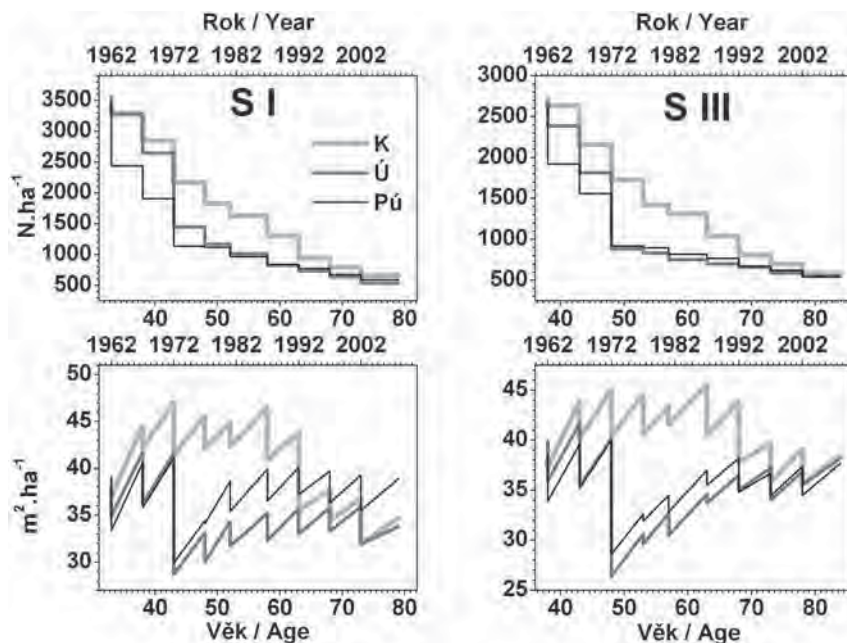
Hektarová výčetní kruhová základna se v době založení experimentu pohybovala na jednotlivých plochách v poměrně úzkém rozmezí od ca 38 do 40 m^2 . Výchovné zásahy provedené do roku 1972 vedly k výraznému poklesu výčetní kruhové základny variant Ů a Pů v porovnání s variantou K na obou experimentech. Výčetní kruhová základna varianty K pak zůstala nejvyšší a do věku ca šedesáti let víceméně stagnující kolem hodnoty 43 $m^2 \cdot ha^{-1}$. Po tomto období došlo vlivem

nahodilých těžeb k prudkému poklesu výčetní kruhové základny kontrolních ploch na obou experimentech a na konci sledovaného období bylo možné konstatovat srovnatelné hodnoty na všech variantách v rozmezí 34 – 39 $m^2 \cdot ha^{-1}$ (na experimentu SI), resp 38 – 39 $m^2 \cdot ha^{-1}$ (na experimentu SIII). Výjimku tvoří varianta Pů na experimentu SI, kde hodnota výčetní kruhové základny byla o 12 % vyšší v porovnání s variantou K (obr. 1). Rozdíly v hodnotě výčetní kruhové základny jednotlivých variant na konci sledovaného období byly neprůkazné ($F_{2,2} = 0,60$; $p = 0,62$).

Zásoba a objemová produkce

Hektarová zásoba při poslední inventarizaci na experimentu SI činila ca 350 m^3 (K), 340 m^3 (Ů) a 430 m^3 (Pů). Na experimentu SIII to bylo ca 420 m^3 (K), 410 m^3 (Ů) a 410 m^3 (Pů). Zásoba varianty Ů byla v porovnání s variantou K jen o 1 – 2 % nižší. Zásoba varianty Pů byla v případě experimentu SI o 23 % vyšší než na variantě K. Tato vyšší zásoba se nepotvrdila na experimentu SIII, kde byly zásoby variant Pů a K prakticky stejné. Vliv výchovných zásahů na zásobu na konci sledovaného období nebyl průkazný ($F_{2,2} = 1,09$; $p = 0,48$).

Hektarová objemová produkce za období let 1962 až 2008 činila ca 620 m^3 (K), 630 m^3 (Ů), 730 m^3 (Pů) na experimentu SI a 690 m^3 (K), 670 m^3 (Ů), 670 m^3 (Pů) na experimentu SIII. Objemová produkce varianty Ů byla prakticky srovnatelná (SI) nebo jen o 3 % nižší (SIII) v porovnání s variantou K. V experimentu SI byla objemová produkce varianty Pů o 17 % vyšší než na variantě K, ale o 3 % nižší v případě experimentu SIII. Stejně jako v případě zásob, nemůžeme na základě našich výsledků prokázat vliv výchovných zásahů na objemovou produkci v daném období ($F_{2,2} = 0,74$; $p = 0,58$).

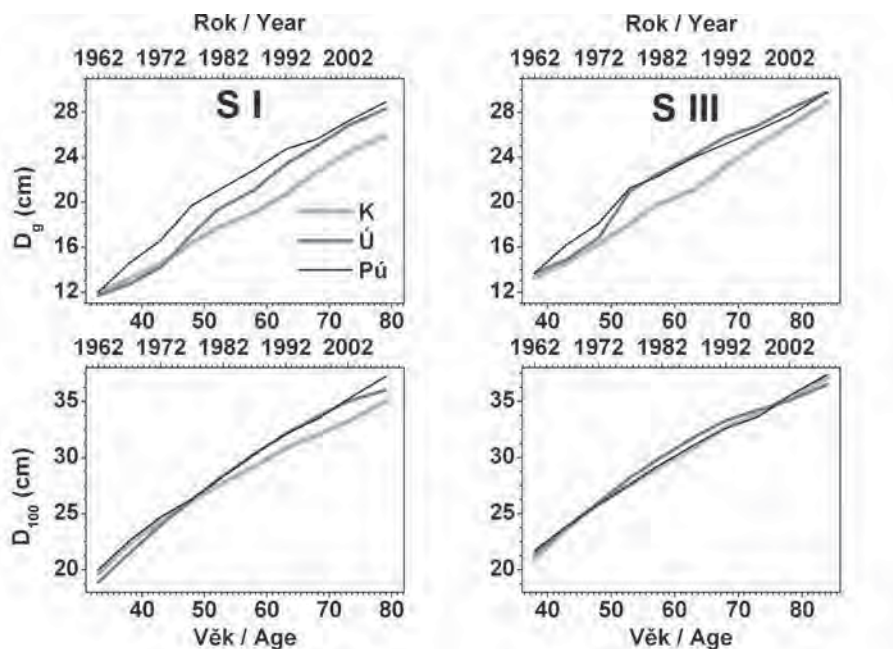


Obr. 1.

Vývoj hektarového počtu stromů (nahore) a výčetní kruhové základny (dole) na experimentu Strážnice I (SI) a Strážnice III (SIII). K – kontrola, Ů – úrovňový zásah, Pů – podúrovňový zásah

Fig. 1.

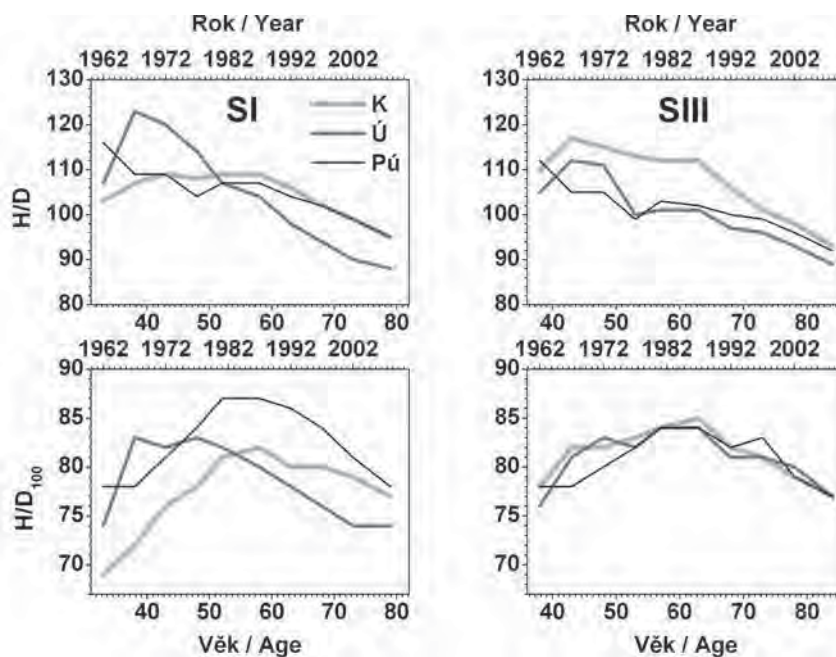
Development of number of trees per hectare (above) and basal area (below) in the experiment Straznice I (SI) and Straznice III (SIII). K – control, Ů – thinned from above, Pů – thinned from below

**Obr. 2.**

Vývoj tloušťky středního kmene (nahore) a průměrné tloušťky kmenů horního stromového patra (dole) na experimentu Strážnice I (SI) a Strážnice III (SIII). K – kontrola, Ů – úrovňový zásah, Pú – podúrovňový zásah

Fig. 2.

Development of diameter of mean stem (above) and dominant trees (below) in the experiment Strážnice I (SI) and Strážnice III (SIII). K – control, Ů – thinned from above, Pú – thinned from below

**Obr. 3.**

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene (nahore) a kmenů horního stromového patra (dole) na experimentu Strážnice I (SI) a Strážnice III (SIII). K – kontrola, Ů – úrovňový zásah, Pú – podúrovňový zásah

Fig. 3.

Development of slenderness quotient of mean stem (above) and dominant trees (below) in the experiment Strážnice I (SI) and Strážnice III (SIII). K – control, Ů – thinned from above, Pú – thinned from below

DISKUSE

Podle růstových a taxačních tabulek (ČERNÝ et al. 1996) lze plochy na experimentu SI zařadit do výškové bonity 2 (28) v případě varianty Pú nebo bonity 3 (26) v případě variant K a Ů. Všechny plochy na experimentu SIII lze zařadit do bonity 2 (28). Tyto tabulky udávají pro dané bonity a věk poněkud vyšší hodnoty výčetní kruhové základny a střední tloušťky, a také tabulková zásoba kmenová je uváděna mírně vyšší: 475 m³ pro bonitu 2 (28) a 428 m³ pro bonitu 3 (26) ve věku 80 let. Námi vypočtená zásoba však představuje zásobu kmenovou bez kůry, zatímco v tabulkách jsou uváděny hodnoty s kůrou. Procento kůry u borovice kolísá podle různých autorů v rozmezí 10 až 20 % (KORSUŇ 1962).

Nepřesvědčivý efekt výchovných zásahů v našem experimentu je v souladu se závěry prací dalších autorů. JUODVALKIS et al. (2005) došli na základě analýzy 10 experimentů s výchovou borovice ve věku od 10 do 60 let k závěru, že významného zvýšení objemového přírůstu prostřednictvím výchovných zásahů lze v borových porostech dosáhnout pouze ve věku 10 – 20 let. PIROGOWICZ (1983) a HUSS (1983) uvádějí, že intenzivní výchovné zásahy prováděné v borových porostech starších padesáti let nevedou ke zvýšenému tloušťkovému přírůstu. (VALINGER et al. 2000) zaznamenali přírůstové ztráty při úrovňové výchově v 56letém borovém porostu v severním Švédsku, kde po dvanácti letech od úrovňového zásahu byla zásoba vychovávané varianty o 37 % nižší v porovnání s kontrolou, zásahy však pozitivně ovlivnily tloušťkový přírůst. DUŠEK et al. (2010) v případě experimentu s podúrovňovým zásahem započatém v 25letém borovém porostu zjistili po 46 letech sledování o ca 3 cm vyšší průměrnou tloušťku kmenů horního stromového patra a o ca 80 m³ vyšší hektarovou zásobu hroubí v porovnání s kontrolou – experiment však nebyl replikován.

Námi zjištěné rozdíly v objemové produkci jednotlivých ploch (max. 17 %) nepřekračují hodnoty zjištěné SCHMIDTEM (1973), který uvádí, že celková objemová produkce borových porostů na téže výškové bonitě se může lišit až o 20 %.

Z výsledků experimentu také nelze konstatovat výrazný a zřetelný rozdíl mezi výchovou úrovňovou a podúrovňovou. Výchova borových porostů je v naší lesnické praxi založena převážně na slabších podúrovňových zásazích (CHROUST 2002). Úrovňovou výchovu v borových porostech připouští řada autorů (WIEDEMANN 1948; WENK 1973) jen jako přechodnou variantu v mladých porostech ve stadiu tyčkovin. CHROUST (2001) na základě vyhodnocení 43 let trvajících experimentu založeného ve východních Čechách v 27leté borové tyčkovině na SLT 1M konstatuje, že úrovňový způsob výchovy nebyl lepší než výchova podúrovňová. Dále konstatuje, že zásahy do podúrovně i v druhé polovině obmýtlí mohou vést k přírůstovým ztrátám.

Při hodnocení experimentů Strážnice I a III je třeba vzít v úvahu, že všechny plochy, tedy i kontrolní, byly před založením experimentů do věku 33, resp. 38 let vychovávány běžnými mírnými podúrovňovými zásahy. Lze očekávat, že tento jednotný způsob výchovy v mládí měl podstatný vliv na formování porostů a byl hlavní příčinou dnes nevýrazných rozdílů mezi jednotlivými variantami výchovy.

ZÁVĚR

Na základě našich výsledků můžeme konstatovat, že:

- Vlivem nahodilých těžeb na kontrolní variantě se rozdíly v počtu stromů a výčetní kruhové základně na nevychovávaných a vychovávaných variantách kontinuálně snižovaly.
- Rozdíly v tloušťce středního kmene mezi variantami byly dány především posunem v důsledku odstranění tenkých stromů v podúrovni. Průměrná tloušťka stromů horního stromového patra nebyla výchovnými zásahy relevantně ovlivněna.
- Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a kmenů horního stromového patra nebyl průkazně odlišný v závislosti na způsobu výchovy. Hodnoty na jednotlivých variantách lze z praktického hlediska považovat za srovnatelné.
- Vyšší zásoba a objemová produkce varianty Pú zjištěná v případě experimentu SI se nepotvrdila na experimentu SIII. Nelze tedy konstatovat patrný vliv výchovných zásahů na zásobu ani na objemovou produkci.

Lze konstatovat, že výchovné zásahy započaté v borových porostech ve věku 33 a 38 let nerezultovaly v prokazatelné rozdíly v produkci, výčetní tloušťce a štíhlostním kvocientu. K podstatnému ovlivnění borových porostů je nutné započít jejich výchovu v mladším věku.

Poděkování:

Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a projektu GAČR 526/08/P587 „Trvale udržitelné hospodaření v porostech borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) s ohledem na zachování optimálních stanovištních a produkčních podmínek“.

LITERATURA

- ASSMANN E. 1968. Náuka o výnose lesa. Bratislava, Príroda: 486 s.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub). Jílové u Prahy, IFER: 245 s.
- DUŠEK D., SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2010. Experiment s porostní výchovou borovice lesní – Strážnice II (1962). Zprávy lesnického výzkumu, 55: 78-84.
- HUSS J. 1984. Durchforstungen in Kiefernjungbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 102: 1-17.
- CHROUST L. 2001. Thinning experiment in a Scots pine forest stand after 40-year investigations. Journal of Forest Science, 47: 356-365.
- CHROUST L. 2002. Jak dál ve výchově borových porostů? In: Janota, J. (ed.): Borovice - semenářství, školkařství, pěstování. Sborník referátů z celostátního semináře. Mimoň, 25. června 2002. Praha, Česká lesnická společnost: 47-51.
- JUODVALKIS A., KAIRIUKSTIS L., VASILIAUSKAS R. 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. European Journal of Forest Research, 124: 187-192.
- KORSUŇ F. 1962. Hmotové tabulky pro borovici. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR, 25: 171-204.
- NÄSLUND M. 1937. Die Durchforstungsversuche der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. In: Meddelanden fran Statens Skogsförsöksanstalt. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens. Stockholm, 29: 121-169.
- PAŘEZ J. 1985. Zhodnocení výzkumných ploch ve smrkových a borových porostech. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 102 s.
- PEŇÁZ J. 1991. Výchova borových mlazin. In: Korpeľ, Š. et al.: Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda: 126-131
- PIROGOWICZ T. 1983. Wpływ trzebieży na produktywność i strukturę drzewostanów sosnowych na przykładzie stałych powierzchni doświadczalnych położonych w nadleśnictwach Ruciane, Krutyn i Ryjewo. Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa, 38 (3): 621-625.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. [on-line]. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. [cit. 18. srpna 2011]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.R-project.org>.
- SCHMIDT A. 1973. Ertragsniveau und Standort dargestellt am Beispiel der Kiefer. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 92 (5): 268-274.
- VALINGER E., ELFVING B., MÖRLING T. 2000. Twelve-year growth response of Scots pine to thinning and nitrogen fertilisation. Forest Ecology and Management, 134: 45-53.
- WENK G. 1973. Ertragskundliche Grundlagen der Bestandesbehandlung. Tharandt, Techn. Univer. Dresden: 237 s.
- WIEDEMANN E. 1948. Die Kiefer. Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen. Hannover, Schaper: 337 s.
- VIEWEGH J. 2002. Přesné určení SLT výzkumných ploch pro výchovu lesa. Zpráva FLE ČZU. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: 1 CD-ROM.
- ZPRÁVA. 2008. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008. Praha, Ministerstvo zemědělství: 128 s.

SCOTS PINE THINNING EXPERIMENTS IN SOUTHERN MORAVIA - STRAZNICE I AND STRAZNICE III

SUMMARY

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the second most important conifer (Norway spruce prevails) in terms of tree-species share in the Czech Republic. Unlike spruce, the pine demands a different thinning approach in accordance with its biology and growth behavior. The response to thinning is slower and not so strong compared to spruce.

Two experiments, Straznice I (hereinafter as SI) and Straznice III (hereinafter as SIII), were established in southern Moravia (Czech Republic) in 1962 at the age of 33 (SI) and 38 (SIII) years. Main purpose of the experiments was to found out an effect of thinning on growth and development of Scots pine on poor sites. The experimental sites lie at an altitude of 207 m (SI) and 190 m (SIII) above sea level. Geological bed is sand, soil type was determined as haplic podzol arenic, ecosite was determined as nutrient-poor Pine – Oak (*Pineto – Quercetum oligotrophicum arenosum*). Mean annual precipitation varied from 501 to 550 mm, mean annual temperature varied from 8.6 to 9.0 °C. Each experiment consists of three comparative plots (treatments): K – control plot without thinning, Ů – plots with thinning from above and positive selection, Pú – plot with thinning from below and negative selection. Area of each plot is 0.25 ha.

Prior to start of investigation in 1962, moderate thinning from below was performed in all plots. Experimental thinning was conducted three times: in 1962, 1967, and 1972 (Tab. 1). From 1976 onwards, only salvage cutting was done. Diameters of stems in breast height of all individuals and the height on representative sets of trees ($n \geq 30$) were measured in five-year periods. Diameters were measured by calliper with 1 mm accuracy, height of trees were measured by Blume-Leiss hypsometer with 0.5 m accuracy. The latest measurement was done in 2008.

High natural mortality in control plots resulted in small differences in number of trees between treatments (Fig. 1). Number of trees per hectare varied from 540 to 660 (SI) and from 540 to 590 (SIII) at the end of investigation (2008). Diameter of mean stem varied from 25.9 to 28.9 cm (SI) and from 28.9 to 29.8 cm (SIII) and was clearly higher in the thinned plots (Fig. 2). On the other hand, mean diameter of dominant trees (100 thickest trees per hectare) was not considerably affected by thinning. Diameter of dominant trees varied from 35.0 to 37.2 cm (SI) and 36.5 to 37.4 cm (SIII). Development of slenderness quotient was similar in all treatments (Fig. 3). At the end of investigation, quotient of slenderness varied from 88 to 95 (SI) and from 89 to 93 (SIII). Slenderness quotient of dominant trees varied from 74 to 78, which can be considered as practically the same. Basal area per hectare varied from 34 to 39 m² (SI) and from 38 to 39 m² (SIII). Stand volume per hectare (volume of stems without bark) varied from 340 to 430 m³ (SI) and from 410 to 420 m³ (SIII). Total volume production varied from 620 to 730 m³ (SI) and from 670 to 690 m³ (SIII).

No clear relationship between treatments and basal area, stand volume or total volume production was found. Thinning had a positive impact only on lower natural mortality in comparison to control plots. The unclear effect of thinning is probably related to late age at which the thinning started.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. David Dušek, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: dusek@vulhmop.cz

ALOKÁCIA DENDROMASY V MLADÝCH PORASTOCH BUKA OBYČAJNÉHO A DUBA ZIMNÉHO

DENDROMASS ALLOCATION IN THE YOUNG STANDS OF EUROPEAN BEECH AND SESSILE OAK

JOZEF PAJTÍK - BOHDAN KONŮPKA - TIBOR PRIWITZER

Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen

ABSTRACT

The aim of the paper is to estimate total dendromass in young stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl). We established 7 plots for beech and 7 plots for oak considering stand size (mean tree diameter) gradient. Then, whole-tree samples including foliages, branches, stem and coarse roots were taken, oven-dried and weighed. We constructed allometric relationships for all tree compartments using tree height and/or diameter on stem base as independent variables. Moreover, soil cores for fine roots (diameter up to 2 mm) estimation were taken. Biomass for all tree compartments was calculated on a hectare base. We found that the total dendromass in the stands cca 10-year-old was over 40 t per ha. Biomass allocation into the tree compartments changed with stand size, and some inter-specific differences were also found. Most probably, carbon accumulated in the soil prevailed over carbon fixed in the dendromass. In spite of this fact, we concluded that dendromass of young stands (trees) would not be neglected in the global carbon budget calculations.

Kľúčové slová: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, dendromasa, mladé porasty, stromové komponenty

Key words: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, dendromass, young stands, tree compartments

ÚVOD

Prebiehajúca klimatická zmena významne ovplyvňuje prírodné prostredie, a tým aj kvalitu života ľudskej spoločnosti. Pritom inherentné javy klimatickej zmeny výrazne modifikujú existenčné podmienky lesných ekosystémov, ale aj frekvenciu a intenzitu pôsobenia rôznych škodlivých činiteľov (LINDNER et al. 2008). Lesné porasty sú hlavným typom rastlinných ekosystémov, ktorý zabezpečuje biochemické cykly obehu a viazania uhlíka (DIXON et al. 1994). To znamená, že lesné ekosystémy nie sú len pasívnym objektom klimatickej zmeny, ale v procese spätnej väzby aktívne tento jav, a to najmä prostredníctvom viazania uhlíka, ovplyvňujú (JANSSENS et al. 2005). BRUNNER a GODBOLD (2007) uvádzajú, že lesy strednej Európy svojou stromovou masou viažu približne 110 t uhlíka na jeden hektár, z čoho je asi 1/4 v podzemnej (koreňovej) biomase. V lesnej pôde (bez koreňov) je naviazaných ďalších asi 65 t uhlíka na ha. Ide však o veľmi hrubý odhad a údaje treba postupne upresňovať regionálnymi štúdiami dendromasy, a to diferencovane podľa jednotlivých typov lesných spoločenstiev.

BOLTE et al. (2004) na základe analýzy vedeckých prác konštatoval, že v celosvetovom meradle sa väčšina doterajších výskumov zameriavala na kvantifikáciu dendromasy iba v nadzemných častiach lesných porastov, t.j. v kmeni, konároch a asimilačných orgánoch. Takže sa často zanedbávala podzemná časť drevín, t.j. koreňový systém. Niekedy sa koreňový systém do zhodnotenia dendromasy zahrnul, avšak bez jeho najtenších frakcií (tzn. jemné korene; pozri napr. OUMET

et al. 2008). Aj na Slovensku sa podzemná dendromasa drevín v porovnaní s nadzemnými komponentmi kvantifikovala iba sporadicky. Pritom hlavná pozornosť sa venovala smrekovi obyčajnému (KONŮPKA, ŽILINEC 1999; PAJTÍK et al. 2008) a buku obyčajnému (KODRÍK 2001). Odvodenie všeobecne využiteľných modelov pre jednotlivé komponenty dendromasy komplikuje fakt, že s rastom stromu sa mení nie len jeho celková kvantita, ale aj prírastok na jednotlivých orgánoch (BARTELINK 1998). Preto sa s vekom stromu dynamicky mení aj podiel jednotlivých komponentov na celkovej dendromase.

„Čiernou dierou“ vo vedeckých poznatkoch sú údaje týkajúce sa dendromasy a jej štruktúry v mladých lesných porastoch, t.j. do veku cca 10 rokov (WIRTH et al. 2004). Dôvodom je podcenenie tejto problematiky, a to nie len z hospodárskeho, ale aj ekologického hľadiska (napr. význam mladých lesných porastov pre fixáciu uhlíka z globálneho aspektu). Treba pripomenúť, že na Slovensku v ostatnom desaťročí vzrástla plocha mladých lesných porastov, a to najmä v dôsledku rozsiahlych kalamít (KUNCA et al. 2010). Ďalším argumentom pre potrebu takéhoto výskumu je v súčasnosti preferovaný koncept prírody blízkeho lesného hospodárstva. Tento ráta s vyšším podielom prirodzenej obnovy a s väčším zastúpením rôznovekých lesných porastov (tzn. existenciu určitého podielu stromov mladších rastových štádií v lesných komplexoch).

Buk obyčajný (*Fagus sylvatica* L.) a dub zimný (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl) sú najrozšírenejšími listnatými drevinami na Sloven-

sku. Aj keď sa tieto dreviny čiastočne prekrývajú areálom výskytu, majú pomerne rôzne ekologické nároky. Vo všeobecnosti ich ale v podmienkach strednej Európy možno považovať (napr. na rozdiel od smreka obyčajného) za veľmi perspektívne, a to najmä v kontexte klimatickej zmeny (MINDÁŠ et al. 2003). Z uvedených dôvodov sa naša práca zamerala na kvantifikáciu dendromasy a jej štruktúry pre porasty buka obyčajného a duba zimného prvého vekového stupňa (do 10 rokov).

MATERIÁL A METÓDY

Výskum sa vykonával v stredných a nižších polohách južnej časti stredného Slovenska. Išlo o sedem lokalít pre buk a sedem pre dub (tab. 1 a 2). Vybrali sa mladé porasty, ktoré na 100 % tvoril buk, resp. dub, pritom vždy išlo o komplexy z prirodzenej obnovy. Porasty predstavovali určitý vekový gradient v rámci prvého vekového stupňa, t.j. do 10 rokov (výnimku predstavoval len porast na lokalite Ladzany 1). Bukové porasty sa nachádzali v nadmorskej výške od 460 do 710 m n. m., dubové porasty od 380 do 560 m n. m. Patрили do bukovo-dubového, dubovo-bukového a bukového vegetačného stupňa. Dlhodobý úhrn zrážok bol v prípade stanovišť s bukovými porastmi od 740 do 920 mm, priemerná ročná teplota od 6,8 do 7,9 °C. Dlhodobý úhrn

zrážok na lokalitách s dubovými porastmi predstavoval množstvá od 690 do 830 mm, priemerná ročná teplota bola od 7,6 do 8,3 °C. Všetky porasty sa nachádzali na kambizemi, ich geologický podklad tvoril prevažne andezit. Takéto geologické podložie a pôdny typ sú typické pre geomorfologickú oblasť Slovenské stredohorie, ktorá je subprovinciou Vnútorných Západných Karpát. Táto oblasť sa pre naše štúdie vybrala, pretože tu má prevahu bukovo-dubový a dubovo-bukový lesný vegetačný stupeň, čo bolo nevyhnutnou podmienkou pre medzidruhové porovnania. Stanovišťa sa vytypovali tak, aby predstavovali najčastejšie sa vyskytujúcu bonitu pre buk a dub a to nielen v uvedenej oblasti, ale ja na celom Slovensku (t.j. bonita 26 – 28 pre buk a 24 – 26 pre dub; ide o číslo vyjadrujúce strednú výšku porastu vo veku 100 rokov).

Na vytvorenie matematických modelov pre výpočet dendromasy jednotlivých komponentov buka sa použilo 170 stromov, t.j. 20 – 30 kusov z každej lokality. V prípade duba išlo o 160 stromov. Stromy (t.j. vzorníky) sa vybrali tak, aby rovnomerne pokrývali výškový interval každého sledovaného porastu. Vzorníky sa vykopali, pritom sa do podzemnej časti zahrnuli všetky „hrubé“ korene, t.j. s hrúbkou nad 2 mm. Zmerala sa výška a hrúbka vzorníkov na úrovni pôdy (hrúbka d_0). Vzorníky sa v laboratóriu rozdelili na základné komponenty (listy, konáre, kmene, hrubé korene) a vysušili v sušičke pri

Tab. 1.

Charakteristiky lokalít a sledovaných porastov buka obyčajného

Characteristics of the sites and studied European beech stands (listed from the top: altitude, latitude, longitude, aspect, slope, mean age, mean diameter d_0 , mean height, stocking, number of trees in thousands per hectare)

Charakteristika	Sekier 2	Zvolen	Kráľová	ŠLP 2	ŠLP 1	Hrochoť	Sekier 1
Nadmorská výška (m n.m.)	660	460	550	675	710	620	670
Zemepisná dĺžka	19° 13' 18"	19° 07' 36"	19° 09' 36"	19° 03' 17"	19° 00' 23"	19° 17' 01"	19° 13' 26"
Zemepisná šírka	48° 29' 58"	48° 33' 10"	48° 32' 05"	48° 38' 45"	48° 37' 56"	48° 39' 30"	48° 29' 57"
Expozícia	NW	N	NW	SW	W	NW	N
Sklon (%)	50	20	20	40	15	20	50
Priemerný vek (roky)	3,0	3,5	6,0	6,0	9,5	8,0	9,0
Priemerná hrúbka d_0 (mm)	5,0	5,5	12,5	14,5	25,0	19,0	20,0
Priemerná výška (cm)	54	58	117	132	171	223	244
Zápoj (%)	70	100	100	70	70	100	95
Počet stromov (v tis.) na ha	146	783	251	92	36	121	73

Tab. 2.

Charakteristiky lokalít a sledovaných porastov duba zimného

Characteristics of the sites and studied sessile oak stands (listed from the top: altitude, latitude, longitude, aspect, slope, mean age, mean diameter d_0 , mean height, stocking, and number of trees in thousands per hectare)

Charakteristika	Krupina 2	Ladzany 2	Žibritov 1	Antol	Žibritov 2	Krupina 1	Ladzany 1
Nadmorská výška (m n.m.)	380	500	480	560	490	460	480
Zemepisná dĺžka	19° 05' 05"	18° 50' 56"	19° 01' 58"	18° 57' 18"	19° 01' 42"	19° 01' 21"	18° 51' 33"
Zemepisná šírka	48° 22' 44"	48° 17' 33"	48° 22' 46"	48° 22' 12"	48° 22' 53"	48° 20' 19"	48° 17' 27"
Expozícia	N	E	S	E	S	SE	SW
Sklon (%)	10	5	20	35	10	10	10
Priemerný vek (roky)	1,5	2,5	4,0	5,5	8,0	7,5	12,0
Priemerná hrúbka d_0 (mm)	2,5	4,0	6,0	13,5	17,5	18,5	38,0
Priemerná výška (cm)	16	26	47	101	299	200	507
Zápoj (%)	60	70	80	90	100	100	95
Počet stromov (v tis.) na ha	463	428	289	84	46	64	13

teplote 105 °C na konštantnú hmotnosť. Okrem toho sa na každej ploche pomocou kovovej rúry s vnútorným priemerom 7 cm odobrali zemné valce do hĺbky pôdy 20 cm. Išlo o 15 valcov z každého sledovaného porastu, miesta odberu v porastoch sa stanovili náhodným výberom. Pôdne vzorky sa zamrazili až do doby ich ďalšieho spracovania. V laboratórnych podmienkach sa jemné korene (hrúbka do 2 mm) manuálne pomocou pinzety vyseparovali z pôdy. Pritom sa do ďalšieho šetrenia zahrnuli živé (biomasa) aj mŕtve (nekromasa) fragmenty. Jemné korene sa umyli, vysušili na konštantnú hmotnosť pri teplote 95 °C a odvážili s presnosťou na 10⁻⁴ g. Tu treba vysvetliť, že táto metóda poskytuje údaje len na úrovni plošnej jednotky, resp. porastu a nie pre jednotlivé stromy. Takýto postup sme zvolili z toho dôvodu, že jemné korene nie je technicky možné spoľahlivo odobrať vykopaním celého koreňového systému. Pri exkavácii koreňového systému by došlo k poškodeniu tenších frakcií koreňov, a preto by sa podhodnotila ich kvantita. Okrem toho, takýmto spôsobom by nebolo reálne odlišiť koreňové systémy, najmä ich najtenšie frakcie, susediacich stromov.

Množstvo sušiny dendromasy pre jednotlivé komponenty sa odvodilo pomocou regresného modelu vytvoreného logaritmickou transformáciou a následnou retransformáciou alometrickej rovnice, kde nezávislými premennými boli výška stromu (h), hrúbka d_0 , alebo ich kombinácia. Detailný postup regresnej analýzy s využitím alometrických rovníc sa uvádza v práci KONÔPKA et al. (2010). Podrobnosti logaritmického transformácie a využitia korekčného faktora sú napríklad v prácach BASKERVILLE (1972) a MARKLUND (1987).

Na každej ploche sa okrem odberu vzorníkov vykonali aj merania výšok a hrúbok d_0 stromov na kruhových subplôškach. Subplôšky sa umiestnili rovnomerne v sledovanom poraste, pritom sa vyhýbalo pre porast atypickým miestam (porastový okraj, lysiny a pod.). Takto sa na každej ploche zmeralo päť subplôšok s polomerom 1 m až 2 m. Veľkosť

subplôšky sa zvolila tak, aby zahrnula minimálne 20 stromov. Zisťovania na subplôškach poskytli údaje o výškovej a hrúbkovej štruktúre porastov, ako aj o počte stromov na plošnú jednotku.

Pre jedince so známou výškou a hrúbkou na kruhových plochách sa pomocou regresného modelu odvodila dendromasa pre komponenty: listy, konáre, kmeň, hrubé korene a celý strom na hektár plochy. Z dôvodu vyššej presnosti sa využil regresný model zohľadňujúci výšku aj hrúbku stromov. Zásoba jemných koreňov sa prepočítala z množstva ich biomasy a nekromasy vo vývrte so známou plochou (t.j. 38,5 cm²) na hektárovú bázu. Hektárové množstvá dendromasy všetkých stromových komponentov (listy, konáre, kmeň, hrubé korene, jemné korene v hĺbke pôdy do 20 cm) sa vyjadřila jednak pre skutočný, ako a aj pre plný zápoj bukových a dubových porastov.

Konštrukcia regresných modelov, ako aj všetky matematicko-štatistické operácie sa realizovali v programoch STATISTICA 7.0 a Microsoft Excel 2003.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hmotnosť sušiny celého stromu „B“ (bez jemných koreňov) sa pre buky a duby vyjadřila regresným modelom s použitím výšky a hrúbky d_0 , a to buď ako jednej nezávislej premennej, ako aj v kombinácii oboch charakteristík. Presnejší model sa dosiahol pri použití hrúbky ($R^2 = 0,94$ pri buku a $R^2 = 0,96$ pri dube) v porovnaní s výškou stromu ($R^2 = 0,77$ pri buku a $R^2 = 0,94$ pri dube). Vysoká presnosť modelu pri použití hrúbky stromu naznačuje, že pri implementácii oboch premenných došlo už len k jeho miernemu zlepšeniu (konkrétne $R^2 = 0,96$ pri buku a $R^2 = 0,99$ pri dube).

Tab. 3.

Regresné koeficienty b_0 , b_1 , b_2 , resp. korekčný faktor logaritmického transformácie (λ) a koeficient determinácie (R^2) pre buk obyčajný
Regression coefficients b_0 , b_1 , b_2 , logarithmic transformation bias (λ) and coefficient of determination (R^2) for European beech (tree compartments listed from the top are: foliages, branches, stem, coarse roots, and whole tree)

Vzorec	Komponent	b_0	b_1	b_2	λ	R^2
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0)} \lambda$	listy	-3,750	2,375		1,102	0,871
	konáre	-5,982	3,117		1,142	0,891
	kmeň	-4,034	2,852		1,074	0,923
	hrubé korene	-2,960	2,361		1,098	0,874
	celý strom*	-2,521	2,639		1,053	0,941
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln h)} \lambda$	listy	2,206	1,712		1,308	0,643
	konáre	1,833	2,324		1,474	0,703
	kmeň	3,108	2,302		1,166	0,854
	hrubé korene	2,964	1,651		1,298	0,607
	celý strom*	4,094	2,000		1,226	0,767
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0 + b_2 \ln h)} \lambda$	listy	-3,286	2,188	0,188	1,100	0,873
	konáre	-4,768	2,630	0,423	1,130	0,901
	kmeň	-1,530	1,848	1,015	1,026	0,975
	hrubé korene	-2,898	2,336	0,025	1,098	0,874
	celý strom*	-1,236	2,124	0,521	1,038	0,957

Vysvetlivka: *údaj je bez jemných koreňov (t.j. frakcie s hrúbkou pod 2 mm)

Caption: *data do not cover fine roots (i.e. fractions with a diameter below 2 mm)

Tab. 4.

Regresné koeficienty b_0 , b_1 , b_2 , resp. korekčný faktor logaritmické transformácie (λ) a koeficient determinácie (R^2) pre dub zimný
Regression coefficients b_0 , b_1 , b_2 , logarithmic transformation bias (λ) and coefficient of determination (R^2) for sessile oak (tree compartments listed from the top are: foliage, branches, stem, coarse roots, and whole tree)

Vzorec	Komponent	b_0	b_1	b_2	λ	R^2
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0)} \lambda$	listy	-5,954	2,768		1,106	0,936
	konáre	-6,025	2,963		1,107	0,947
	kmeň	-4,311	2,959		1,121	0,942
	hrubé korene	-1,954	2,066		1,065	0,941
	celý strom*	-2,612	2,646		1,070	0,956
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln h)} \lambda$	listy	1,370	2,269		1,190	0,891
	konáre	1,839	2,388		1,271	0,871
	kmeň	3,471	2,516		1,074	0,965
	hrubé korene	3,511	1,719		1,112	0,898
	celý strom*	4,369	2,207		1,099	0,942
$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0 + b_2 \ln h)} \lambda$	listy	-3,577	1,852	0,835	1,077	0,954
	konáre	-4,263	2,284	0,619	1,092	0,956
	kmeň	-0,066	1,324	1,491	1,014	0,993
	hrubé korene	-0,226	1,398	0,611	1,047	0,956
	celý strom*	0,389	1,490	1,054	1,020	0,989

Vysvetlivka: *údaj je bez jemných koreňov (t.j. frakcie s hrúbkou pod 2 mm)

Caption: *data do not cover fine roots (i.e. fractions with a diameter below 2 mm)

Tab. 5.

Hektárové množstvá dendromasy (v tonách) po jednotlivých komponentoch buka obyčajného v sledovaných porastoch (skutočný zápoj)
Hectare amount of dendromass (ton) for the particular compartments of European beech in the studied stands (real stocking density).
Tree compartments are: foliage (A), branches (B), stem (C), coarse roots (D), and fine roots (E).

Komponent	Sekier 2	Zvolen	Kráľová	ŠLP 2	ŠLP 1	Hrochoť	Sekier 1
Listy (A)	0,31	2,20	3,87	1,39	1,71	5,29	4,13
Konáre (B)	0,17	1,27	4,27	1,33	2,28	8,02	7,20
Kmeň (C)	0,55	4,44	11,37	3,92	4,96	22,98	19,65
Hrubé korene (D)	0,68	4,70	8,23	2,95	3,75	10,69	8,31
Jemné korene (E)	1,08	1,71	1,85	2,79	3,33	2,24	2,22
Nadzemné (A+B+C)	1,03	7,91	19,51	6,64	8,95	36,29	30,98
Podzemné (D+E)	1,76	6,41	10,08	5,74	7,08	12,93	10,53
Spolu	2,79	14,32	29,59	12,38	16,03	49,22	41,51

Tab. 6.

Hektárové množstvá dendromasy (v tonách) po jednotlivých komponentoch duba zimného v sledovaných porastoch (skutočný zápoj)
Hectare amount of dendromass (ton) for the particular compartments of sessile oak in the studied stands (real stocking density).
Tree compartments are: foliage (A), branches (B), stem (C), coarse roots (D), and fine roots (E).

Komponent	Krupina 2	Ladzany 2	Žibritov 1	Antol	Krupina 1	Žibritov 2	Ladzany 1
Listy (A)	0,08	0,17	0,31	0,59	1,50	0,99	1,53
Konáre (B)	0,05	0,12	0,40	0,99	2,72	1,56	3,11
Kmeň (C)	0,21	0,69	2,27	4,43	15,62	13,06	19,32
Hrubé korene (D)	0,24	1,27	3,01	3,76	6,78	4,84	5,01
Jemné korene (E)	0,31	1,07	1,73	2,42	3,01	3,61	3,09
Nadzemné (A+B+C)	0,34	0,98	2,98	6,01	19,84	15,61	23,96
Podzemné (D+E)	0,55	2,34	4,74	6,18	9,79	8,45	8,10
Celý strom	0,89	3,32	7,72	12,19	29,63	24,06	32,06

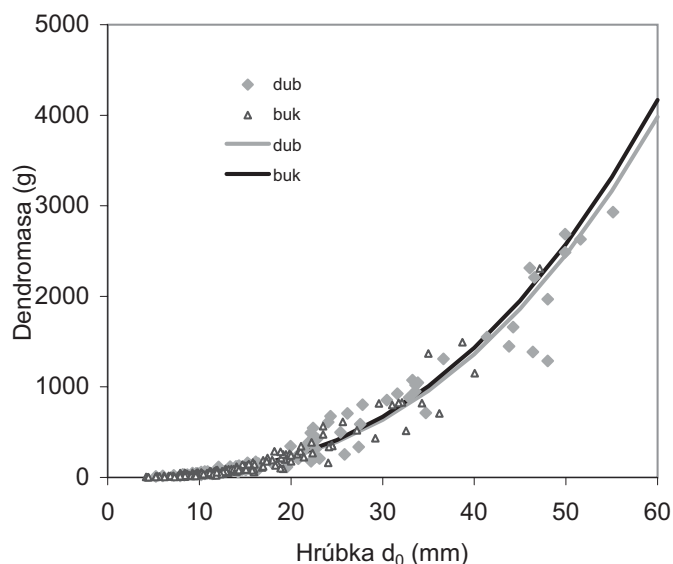
Model založený na kombinácii oboch stromových charakteristík bol pre buk: $B = e^{(-1,236 + 2,124 \ln d_0 + 0,521 \ln h)}$ a pre dub: $B = e^{(0,389 + 1,490 \ln d_0 + 1,054 \ln h)}$ (pozri aj tab. 3 a 4; štatistické charakteristiky sa detailnejšie uvádzajú v práci KONŮPKA et. al. 2010). Výsledky sú v súlade so závermi iných autorov (napr. JOHANSSON 1999; HOCHBICHLER et al. 2006), ktorí zistili, že hrúbka kmeňa je najvýznamnejšou nezávislou premennou pre odhad dendromasy všetkých stromových komponentov. V podmienkach Česka odvodil alometrické vzťahy pre dendromasu komponentov buka a duba vedecký kolektív autorov vedený doc. Ciencialom (CIENCIALA et al. 2005, 2008). Avšak v porovnaní s našim empirickým materiálom išlo o staršie porasty a nasledovala sa podzemná časť dendromasy stromov.

Pri medzidruhovom porovnaní modelov sa nepotvrdili výrazné rozdiely v celkovej dendromase pre buk a dub. Na obr. 1 sa graficky znázornila celková dendromasa v závislosti od hrúbky d_0 . Tak napríklad, stromy s hrúbkou rovnou 30 mm tvorili dendromasu 669 g pri buku a 636 g pri dube, jedince s hrúbkou 60 mm mali celkovú dendromasu 4 170 g pri buku a 3 981 g pri dube. Určité rozdiely v kvantite dendromasy medzi týmito drevinami sa zistili v prípade použitia výšky stromov ako nezávislej premennej. Toto však spôsoboval rôzny pomer medzi výškou a hrúbkou buka a duba (obr. 2).

Následne sa pre odvodenie množstva jednotlivých stromových komponentov na úrovni porastu použili modely pre listy, konáre, kmene a hrubé korene, používajúc obidve nezávislé premenné v kombinácii s údajmi o stromoch s identifikovanou hrúbkou a výškou na známej plošnej výmere. K týmto výpočtom sa pričlenili údaje týkajúce sa zásoby jemných koreňov. Výsledky ukázali, že množstvo celkovej dendromasy viac-menej rástlo so strednou hrúbkou porastu (tab. 5 a 6). Pritom veľkú úlohu tu zohrával zápoj. Kvantita dendromasy v bučinách bola od 2,79 t na hektár (Sekier 2) do 49,22 t na hektár (Hrochoť).

Kvantita dendromasy v dubinách bola od 0,89 t na hektár (Krupina 2) do 32,06 t na hektár (Ladzany 1). Keďže zápoj v týchto porastoch varíroval od 60 % do 100 %, pri vyjadrení na plný zápoj boli zásoby dendromasy vo väčšine porastov vyššie (obr. 3 a 4). Z týchto výsledkov je zrejma určitá disproporcija vzťahu medzi strednou hrúbkou porastu a zásob dendromasy. Konkrétne to, že porasty zoradené podľa strednej hrúbky neboli v presne v rovnakom poradí aj vzhľadom na kvantitu biomasy. Predpokladáme, že dôvodom bola mimoriadne prehustenosť stromčekov v prípade niektorých porastov (pri buku: Zvolen, Kráľová a Hrochoť, pri dube: Žibritov 2). V týchto prípadoch tradične zaužívané hodnotenie plného zápoja (tzn. maximálne do 100 % pokryvnosti pôdy drevinou) nevystihuje reálny stav, a preto nezaručuje porovnávaciu bázu medzi porastmi. Tu treba vysvetliť, že v ostatnom období sa v taxačnej praxi na Slovensku používa spravidla popis v rámci štyroch kategórií, od "zápoja prehustlého" až po "riedinu" (BAVLŠÍK et al. 2011). Zápoj, ako pomer plochy pokrytej korunami stromov k celkovej ploche porastu, sa udáva v opise vtedy, ak je tento údaj potrebný pre zvýraznenie stavu porastu a určenie hospodárskych opatrení.

Výsledky potvrdili, že s vývojom porastu (resp. s rastúcou strednou hrúbkou porastu) sa mení aj podiel komponentov na celkovej dendromase (obr. 5 a 6). Pri obidvoch drevinách s dimenziami porastov rástol podiel kmeňa, a naopak klesal podiel podzemnej dendromasy (t.j. živé aj odumreté jemné korene a hrubé korene spolu). Uvedená tendencia bola výraznejšia pri dube než pri buku. Tak napríklad, kým v najtenšom dubovom poraste (Krupina 2) boli najvýznamnejšou zložkou dendromasy korene (65 %), v najhrubšom dubovom poraste (Ladzany 1) tvoril najväčší podiel kmeň (60 %). Medzidruhové porovnanie naznačilo, že buk mal výrazne vyšší podiel listov a vetiev ako dub. Naopak, dub mal oproti buku vyšší podiel podzemných častí v najmladších porastoch a vyšší podiel kmeňa v starších porastoch.

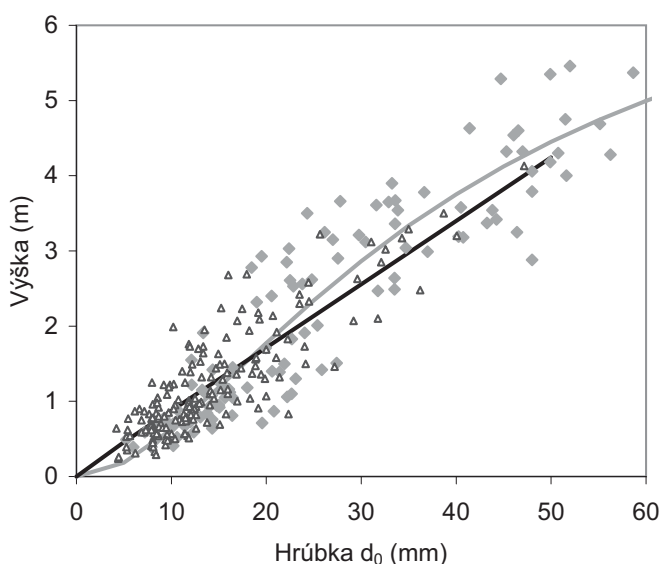


Obr. 1.

Vzťah medzi hrúbkou stromu (meraná na báze kmeňa) a celkovou dendromasou buka obyčajného a duba zimného (vzorce sa uvádzajú v tab. 3 a 4)

Fig. 1.

Relationship between tree diameter (measured on a stem base) and whole-tree dendromass of European beech and sessile oak (equations are shown in Table 3 and 4)



Obr. 2.

Vzťah medzi hrúbkou stromu (meraná na báze kmeňa) a výškou stromu odvodený Prodanovou funkciou pre buk obyčajný ($h = d^2 / (-4,7262 + 11,9221 \cdot d - 0,0009 \cdot d^2)$) a dub zimný ($h = d^2 / (117,9690 + 3,0360 \cdot d + 0,1168 \cdot d^2)$)

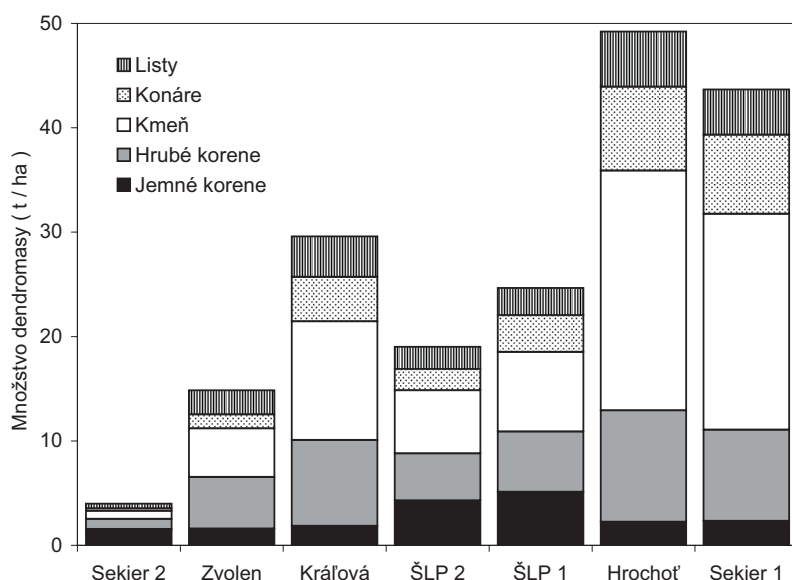
Fig. 2.

Relationship between tree diameter (measured on a stem base) and tree height determined by a Prodan function for European beech ($h = d^2 / (-4,7262 + 11,9221 \cdot d - 0,0009 \cdot d^2)$) and sessile oak ($h = d^2 / (117,9690 + 3,0360 \cdot d + 0,1168 \cdot d^2)$)

Distribúcia dendromasy do jednotlivých komponentov (orgánov) je významná nielen z hľadiska zabezpečenia vývoja a rastu dreviny, ale aj z pohľadu fixácie a obehu uhlíka. Vzhľadom na dĺžku fixácie uhlíka môžeme vytvoriť dve skupiny stromových komponentov: krátkodobu alebo dlhodobu viažuce uhlík. Prvú skupinu tvoria listy a jemné korene (tieto sa často charakterizujú prívlastkom „efemerálne“, napr. EISENSTAT et al. 2000), druhú skupinu predstavujú všetky ostatné stromové komponenty. Ďalej možno časti stromov rozdeliť na podzemné a nadzemné. V prípade odumretia dreviny (v mladých porastoch z prirodzenej obnovy je tento jav veľmi výrazný v dôsledku

kompetičných tlakov) sa uhlík z nadzemných častí dostáva na povrch pôdy a z podzemných častí priamo do pôdy. Pomer medzi stromovými časťami krátkodobu a dlhodobu viažucimi uhlík sa s hrúbkou porastov znižoval, a to najmä v dubine. Ešte výraznejšia tendencia sa sledovala v pomere medzi podzemnou a nadzemnou stromovou časťou, keď hodnoty tohto pomeru klesali s hrúbkou porastov.

Ako sa už uviedlo, najhrubšie mladé porasty mali hektárové množstvo dendromasy takmer 50 t v sušine. Ak uvažujeme s podielom uhlíka v stromovej sušine v hodnote blízkej 50 % (MATTHEWS 1993), potom

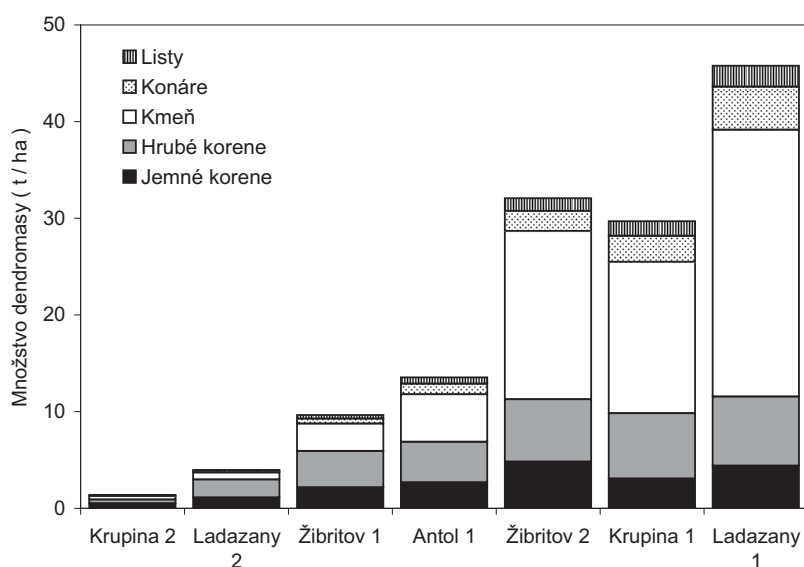


Obr. 3.

Hektárové množstvá dendromasy buka obyčajného podľa komponentov v sledovaných porastoch vyjadrené na 100 % zápoj

Fig. 3.

Hectare amount of dendromass in European beech by the particular compartments in the studied stands expressed for full stocking density (tree compartments listed from the top are: foliages, branches, stem, coarse roots, and fine roots)



Obr. 4.

Hektárové množstvá dendromasy duba zimného podľa komponentov v sledovaných porastoch (vyjadrené na 100 % zápoj)

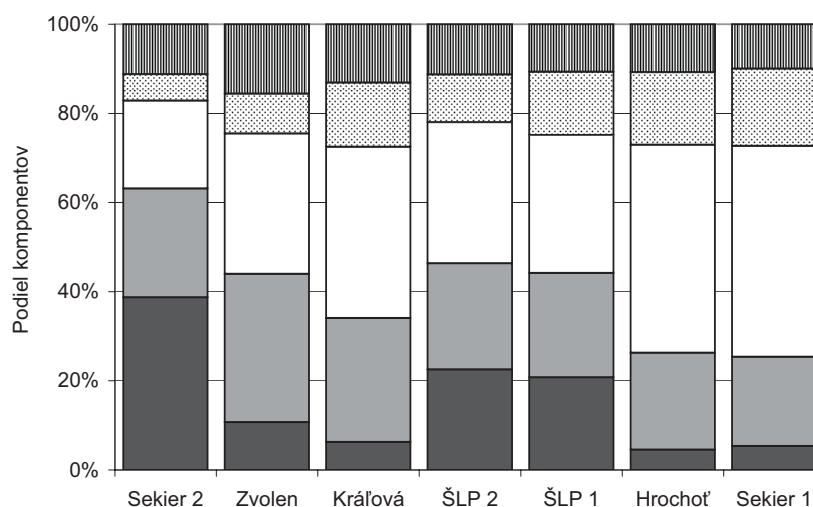
Fig. 4.

Hectare amount of dendromass in sessile oak by the particular compartments in the studied stands expressed for full stocking density (tree compartments listed from the top are: foliages, branches, stem, coarse roots, and fine roots)

zásoba uhlíka v dendromase sledovaných porastov je od cca 0,5 do 25 t na hektár. BRUNNER a GODBOLD (2007) odhadli, že v lesných pôdach strednej Európy sa viaže približne 65 t uhlíka na hektár. Ak by sme uvažovali s touto hodnotou aj pre naše porasty, potom množstvo uhlíka v lesnej pôde vysoko prevláda nad jeho zásobami v dendrozložke. S vekom (dimenziami) sa tento rozdiel znižuje a v starších porastoch je pomer opačný (BRUNNER, GODBOLD 2007). Napríklad v podmienkach severného Belgicka CURIÉL-YUSTE et al. (2005) zistil, že v 67 ročnom dubovom poraste viazala dendrozložka cca 40 % a pôda 60 % z celkového uhlíka v ekosystéme. Na tom istom stanovišti v 74 ročnom

borovicovom poraste polovicu celkového uhlíka viazali stromy a polovicu lesná pôda.

Pre úplnú informáciu ešte uvádzame, že okrem dendrozložky sa na plochách kvantifikovala aj masa bylinnej synúzie, nadzemného opadu a mŕtveho dreva. Obdobné výsledky týkajúce sa všetkých uvedených zložiek ekosystému sme publikovali pre mladé porasty smreka (PRIWITZER et al. 2008) a borovice (PRIWITZER et al. 2009). V súčasnom príspevku uvádzame len údaje týkajúce sa dendrozložky. Ostatné zložky sledovaných porastov vykazovali veľkú variabilitu hodnôt a ich kvantita odrážala viac genézu predošlých porastov ako súčasný stav mladých bučín a dubín.

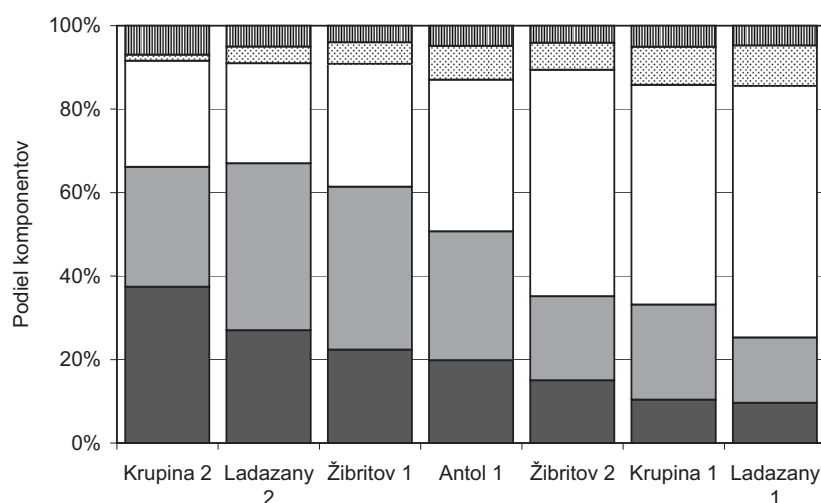


Obr. 5.

Podiel komponentov na celkovej dendromase buka obyčajného v sledovaných porastoch (pre popis významu jednotlivých častí stĺpcov pozri legendu v obr. 3)

Fig. 5.

Share of the compartments on the total dendromass of European beech in the studied stands (see Fig. 3 for explanation of the bar fragments)



Obr. 6.

Podiel komponentov na celkovej dendromase duba zimného v sledovaných porastoch (pre popis významu jednotlivých častí stĺpcov pozri legendu v obr. 4)

Fig. 6.

Share of the compartments on the total dendromass of sessile oak in the studied stands (see Fig. 4 for explanation of the bar fragments)

ZÁVER

Výsledky naznačili, že množstvá dendromasy na úrovni stromu pre buk obyčajný a dub zimný boli veľmi podobné. Pre vytvorenie regresného modelu stromovej dendromasy, ako aj jeho jednotlivých komponentov, bola ako nezávislá premenná vhodnejšia hrúbka než výška stromu. Celková kvantita dendromasy buka a duba rástla so strednou hrúbkou porastu, pričom sa blížila k hodnote 50 t na ha. S dimenziami porastu sa menila aj alokácia dendromasy do stromových komponentov, pomer medzi podzemnou a nadzemnou časťou, ako aj proporcie medzi zložkami dendromasy s kontrastnou dĺžkou fixácie uhlíka. Ďalej sa zistili určité medzidruhové rozdiely v alokácii dendromasy. Pre sledované bučiny a dubiny sa predpokladá, že kým zásoba uhlíka v pôde v prvých piatich rokoch vysoko prevažuje nad množstvom uhlíka viazaného dendromasou, na konci prvého vekového stupňa je tento rozdiel spravidla menej ako dvojnásobný. Napriek tomuto faktoru považujeme za nevyhnutné zahŕňať pri uhlíkových bilanciách v rámci lesného sektora aj mladé porasty (prvý vekový stupeň), resp. jedince v spodnej etáži rôznovekých porastov.

Podakovanie:

Práca vznikla vďaka finančnej podpory z Agentúry na podporu výskumu a vývoja – projekt APVT-27-023504 „Kvantifikácia biomasy lesných porastov I. vekového stupňa“ a projekt APVV-0268-10 „Komparačné štúdie štruktúry čistej primárnej produkcie v porastoch buka a smreka“. Autori ďakujú Ing. Vladimírovi Šebeňovi, Ph.D. za konštruktívne pripomienky k manuskriptu, ako aj pánom Milanovi Meňušovi a Miroslavovi Lipnickému za pomoc pri terénnych prácach.

LITERATÚRA

- BARTELINK H.H. 1998. A model of dry mater partitioning in trees. *Tree Physiology*, 18: 91-101.
- BASKERVILLE G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 49: 49-53.
- BAVLŠÍK J., KUČERA J., RUMAN K. 2011. Základy hospodársko-úpravnického plánovania. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 128 s.
- BOLTE A. et al. 2004. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst). *Plant and Soil*, 2004, 264: 1-11.
- BRUNNER I., GODBOLD D.L. 2007. Tree roots in a changing world. *Journal of Forest Research*: 78-82.
- CIENCIALA, E., ČERNÝ, M., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z. 2005. Biomass functions applicable to European beech. *Journal of Forest Science*, 51: 147-154.
- CIENCIALA, E., APLTAUER, J., EXNEROVÁ, Z., TATARINOV, F. 2008. Biomass functions applicable to oak trees grown in Central-European forestry. *Journal of Forest Science*, 54: 109-120.
- CURIEL-YUSTE J., KONŮPKA B., JANSSENS I.A., COENEN K., XIAO C.W., CEULEMANS R. 2005. Contrasting net primary productivity and carbon distribution between neighboring stands of *Quercus robur* and *Pinus sylvestris*. *Tree Physiology*, 25: 701-712.
- DIXON R.K., BROWN S., HOUGHTON R.A., SOLOMON A.M., TREXLER M.C., WISNIEWSKI J. 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. *Science*, 74: 491-497.
- EISSENSTAT D.M., WELLS C.E., YANAI R.D., WHITEBECK J.L. 2000. Bulding roots in a changing environment: implications for root longevity. *New Phytologist*, 147: 33-42.
- HOCHBICHLER, E., BELLOS, P., LICK, E. 2006. Biomass functions for estimating needle and branch biomass of spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) and branch biomass of beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus robur* and *petraea*). *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 123: 35-46.
- JANSSENS I.A. et al. 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. *Biogeosciences*, 2: 15-26.
- JOHANSON T. 1999. Biomass production of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) growing on abandoned farmland. *Silva Fennica*, 33: 261-280.
- KODRÍK M. 2011. Below-ground investigation of beech forest on Ecological and Experimental Stationery Kremnické vrchy. *Folia Oecologica*, 28: 43-48.
- KONŮPKA B., ŽILINEC M. 1999. Aboveground and belowground biomass comparison between Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) in a mixed fir-spruce stand. *Ekológia* (Bratislava), 18: 154-161.
- KONŮPKA B., PAJTÍK J., MORAVČÍK M., LUKAC M. 2010. Biomass partitioning and growth efficiency in four naturally regenerated forest tree species. *Basic and Applied Ecology*, 11: 234-243

- KUNCA A. et al. 2010. Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2009 a ich prognóza na rok 2010. Banská Štiavnica, Národné lesnícke centrum, Lesnícka ochranná služba: 119 s.
- LINDNER M. et al. 2008. Impacts of climate change on European forests and options for adaptation. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Joensuu: 173 s. Dostupné na World Wide Web: <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/mon/2010/ppn%20631395679.pdf> [cit. 18. 10. 2011].
- MARKLUND L.G. 1987. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) in Sweden. Umeå, SLU, Department of Forest Survey: 127 s.
- MATTHEWS G. 1993. The carbon content of trees. Edinburgh, Forestry Commission: 221 s. Forestry Commission technical paper No. 4.
- MINĐÁŠ J. et al. 2003. Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav: 129 s.
- OUMET R., CAMIRÉ C., BRAZEAU M., MOORE J.-D. 2008. Estimation of coarse root biomass and nutrient content for sugar maple, jack pine, and black spruce using stem diameter at breast height. Canadian Journal of Forest Research, 38: 92-100.
- PAJTÍK J., KONÔPKA B., LUKÁČ M. 2008. Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. Forest and Ecology Management, 256: 1096-1103.
- PRIWITZER T., PAJTÍK J., KONÔPKA B., IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P. 2008. Kvantifikácia uhlíkových zásob v smrekových porastoch prvého vekového stupňa. Lesnícky časopis –Forestry Journal, 54 (Supplement 1): 69-79.
- PRIWITZER T., PAJTÍK J., KONÔPKA B., IŠTOŇA J., PAVLENDÁ P. 2009. Alokácia uhlíka v lesnom ekosystéme – prípadové štúdie z mladých borových porastov. Lesnícky časopis –Forestry Journal, 55: 239-250.
- WIRTH C., SCHUMACHER J., SCHULZE E.D. 2004. Generic biomass function for Norway spruce in central Europe – a meta-analysis approach towards prediction and uncertainty estimation. Tree Physiology, 24: 121-139.

DENDROMASS ALLOCATION IN THE YOUNG STANDS OF EUROPEAN BEECH AND SESSILE OAK

SUMMARY

Ongoing climate change significantly affects the natural environment, and hence the quality of human existence. Forest ecosystems are not just passive objects of climate change, but through several feedbacks influence this phenomenon, especially via carbon sequestration in the dendromass. The aim of the paper is to estimate total dendromass in young stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl). To construct dendromass models and make dendromass estimates on a hectare base, 7 plots for beech and 7 plots for oak considering stand size gradient were established in the Central Slovakia (Tab. 1, 2). Whole-tree samples including foliages, branches, stem and coarse roots were taken, oven-dried and weighed. We constructed allometric relationships for all tree compartments using tree height and/or diameter on stem base as independent variables (Tab. 3, 4). Moreover, soil cores for fine root (diameter up to 2 mm) estimation were taken. Finally, dendromass for all tree compartments was calculated on a tree level and also on a hectare base (Fig. 3, 4).

The results show that stem diameter is the best independent variable when predicting the dendromass of all compartments as it explains 87 – 96% of sample variability. The regression model showed that whole-tree biomass (for diameter of 60 mm) was 4,170 g and 3,981 g in beech and oak, respectively. The total dendromass in the stands cca 10-year-old was over 40 t per ha (Tab. 5, 6). Dendromass allocation into the tree compartments changed with stand size (Fig. 5, 6). In spite of similar total dendromass in both tree species, certain inter-specific differences were found in dendromass allocation. In both beech and oak, share of stem mass to total dendromass increased but root-shoot ratio decreased with a stand size. We assumed that amount of carbon accumulated in the soil prevailed over carbon fixed in the dendromass. However, we concluded that dendromass of young stands (trees) would not be neglected in the global carbon budget calculations because share of young stands on the total forest area has been increasing in Slovakia mainly due to large-scale calamities in the last decade.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Dr. Ing. Bohdan Konôpka, Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav,
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421-45-5314111; e-mail:bohdan.konopka@nlcsk.org

FLUORESCENCE CHLOROFYLU, CHEMISMUS A OBSAH FOTOSYNTETICKY AKTIVNÍCH PIGMENTŮ U LISTŮ BUKŮ VÁPŇENÝCH DO JAMKY

CHLOROPHYLL FLUORESCENCE, CHEMISTRY AND CONTENTS OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVE PIGMENTS IN SPOT-LIMED BEECH LEAVES

ONDŘEJ ŠPULÁK¹⁾ - JAN VÍTÁMVÁS²⁾ - DUŠAN KACÁLEK¹⁾ - IVAN KUNEŠ²⁾

¹⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

²⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

Liming is considered a measure to support vigor of tree species in the air-polluted areas. The objective of our study is to find out if spot liming at the time of planting can influence photosynthesis and leaf chemistry 17 years after application. An experiment with artificially planted European beech was established in 1993. Samples of beech leaves were collected three times in May, June and July 2009. Analyzes used were as follows: 1) Chlorophyll *a* fluorescence using Imaging PAM, 2) contents of chlorophyll and carotenoids being extracted from assimilatory tissues using a spectrophotometer and 3) contents of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S and Si) in leaves. Data were processed using T-test or one-way ANOVA followed by Tukey test. Spot-limed treatment shows difference only in mature leaves being collected in July. There was a significantly higher maximum quantum yield ($F_v/F_m = 0.867$) in limed leaves compared to control treatment ($F_v/F_m = 0.860$). Contents of chlorophylls ($Chl_{a+b} 2,369 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) and carotenoids ($Car_{x+c} 590 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) were also significantly higher in raw matter of the limed beeches compared to control treatment ($Chl_{a+b} 2,268 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; $Car_{x+c} 552 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Among the elements analyzed in the leaves, the only difference was found in content of phosphorus between the limed (0.15%) and control (0.13%) treatments.

Klíčová slova: buk lesní, hnojení, dolomitický vápenec, fotosynteticky aktivní pigmenty, fluorescence chlorofylu

Key words: European beech, fertilization, dolomitic limestone, photosynthetically active pigments, chlorophyll fluorescence

ÚVOD

V sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století došlo v České republice k výraznému poškozování lesních porostů imisemi. Poškozeny byly především horské oblasti na severu Čech (BALCAR et al. 1994). Imise způsobily velkoplošný rozpad lesních porostů, opadem kontaminovaných rostlinných orgánů i přímým spadem látek znečišťujících ovzduší dlouhodobě ovlivnily také chemismus půdy (MATERNA, LOCHMAN 1988).

Po odsíření většiny zdrojů poklesly okamžité koncentrace škodlivin v ovzduší (KOPÁČEK, VESELÝ 2005), nadále však přetrvává narušený chemismus půd. Jedním z opatření směřujících k podpoře vitality lesních dřevin zvláště v klimaticky extrémních podmínkách s imisemi ovlivněným chemismem půd je přihnojování prostřednictvím horninových mouček, jako je dolomitický vápenec (NEBE et al. 1997; SCHAAB, HÜTTL 2006).

Efekt přidání vápence se projevuje snížením kyselosti půdy, zlepšením stavu půdního sorpčního komplexu, omezením aktivity toxických iontů v půdě, doplněním zásob půdního vápníku a hořčíku a zrychlením humifikace (PODRÁZSKÝ 1991, 1992). Celkově tak dochází ke zlepšení podmínek pro výživu rostlin. Správně volená aplikace podporuje přežívání, zdravotní stav a růst výsadeb (BALCAR 1998; PODRÁZSKÝ et

al. 2003; KUNEŠ et al. 2007, 2009). Změna ve výživě pak může přinášet svou odezvu nejen v rozdílné distribuci a ukládání živin v rámci rostliny, ale také ve struktuře a funkci fotosynteticky aktivních pigmentů asimilačního aparátu.

Fotosynteticky aktivní pigmenty - ve vyšších rostlinách se jedná převážně o chlorofyly - jsou základními fotoreceptory účastnicími se fotosyntézy. Po přijetí kvanta světelné energie molekulou chlorofylu je energie buď absorbována a převedena do procesu fotosyntézy (fotochemické zhášení), nebo dochází k převedení energie na teplo (nefotochemické zhášení) či zpětnému vyzáření fotonu s vlnovou délkou vyšší než 650 nm (fluorescenční zhášení - cca 1 - 2 % celkového absorbovaného záření) (MAXWELL, JOHNSON 2000). Fluorescence chlorofylu, jak se poslednímu jmenovanému jevu říká, je v těsném vztahu s průběhem fotosyntézy (HARBINSON, ROSENQUIST 2003). O celkové fotosyntetické kapacitě pak vypovídá i samotný obsah chlorofylu ve fotosynteticky aktivních pletivech.

Cílem studie je a) stanovit základní charakteristiky fluorescence chlorofylu, obsahy fotosynteticky aktivních pigmentů a makroelementů u listů buku 17 let po výsadbě ve variantách vápnění do jamky a kontrola a b) ověřit, zda je i u takto starých výsadeb pomocí uvedených metod možné detekovat vliv intenzivního přihnojení.

METODIKA

Hodnocené výsadby buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) jsou lokalizovány na výzkumné ploše Jizerka na Středním jizerském hřebeni v Jizerských horách. Výzkumná plocha byla založena na rozsáhlé imisní holině (blíže viz např. BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994; BALCAR, KACÁLEK 2008).

Experimentální kultura byla založena v roce 1993. Buky byly vysazeny v pravidelném sponu 1 x 2 m ve variantách 1) přihnojení promísením 1 kg jemně mletého dolomitického vápence do jamky při výsadbě, 2) kontrola; obě varianty ve 2 opakováních po 50 jedincích. V roce 2002 byly na parcelách provedeny odběry svrchních 20 cm půdy v prostoru jamek pro analýzy. I devět let po aplikaci byla na vápněné variantě potvrzena násobně vyšší koncentrace vápníku (2 167 mg/100 g CaO oproti 51 mg/100 g na kontrole).

V roce 2009 byly provedeny odběry asimilačního aparátu 10 konkrétních jedinců buku z každé parcely. Vzorky byly odebírány z osluněné části koruny s prakticky měsíční frekvencí polovinou května počínaje. Pro analýzu fluorescence chlorofylu byly zpracovány vzorky z 14. 5., 18. 6. a 15. 7. 2009, obsah chlorofylu a karotenoidů byl hodnocen u vzorků z 14. 5. a 15. 7. 2009.

Analýza fluorescence chlorofylu

Fluorescence chlorofylu byla měřena přístrojem Imaging-PAM (IKEA0150A, Heinz Walz GmbH, obslužný software ImagingWin V2.32) následující den po odběru vzorků. Vzorky byly pro snížení vysychání přes noc uchovávány v lednici v igelitových obalech. Před měřením byly vzorky minimálně 1 hodinu adaptovány na pokojovou teplotu (21 – 23 °C). Pro analýzu byla vybrána střední část (bez hlavní žilky) náhodně zvoleného listu z každého jedince; celkem 6 vzorků listu fixovaných na černou podkladovou destičku bylo zpracovávalo společně v rámci jednoho měření. Každý jedinec byl v jednotlivém termínu měření zastoupen třemi listy (tzn. tři opakování).

Dále byly destičky se vzorky uzavřeny v plastových krabičkách se zvýšenou vlhkostí vzduchu a po minimálně 30 minut adaptovány na tmu při pokojové teplotě. Temnotní adaptace po dobu minimálně 20 minut u zelených listů zaručuje převedení fotosyntetického aparátu do klidového stadia, ve kterém jsou otevřena všechna reakční centra fotosystému II (LICHTENTHALER et al. 2005). V tomto stavu je možné zaznamenat parametry nezbytné pro správné kvantifikování procesů fotochemické i nefotochemické povahy, které se uplatňují během primární fáze fotosyntézy (ROHÁČEK 2005).

Měření přístrojem Imaging-PAM se odehrávalo v zatemnělé místnosti. Hned po nažhavení osvitového kruhu byl změřen parametr minimální (F_0) a maximální fluorescence (F_m) a obslužným softwarem dopočítán parametr F_v/F_m , kde

$$F_v = F_m - F_0$$

Tento parametr je označován jako maximální kvantový výtěžek fotochemie fotosystému II pletiva adaptovaného na tmu (MAXWELL, JOHNSON 2000). Byla nastavena intenzita měřícího světla 3 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, frekvence pulzů 1 Hz. Dále byla saturačním pulzem 800 ms a intenzitou fotosynteticky aktivního záření (PAR) 2400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ změřena absorptivita, vypočítaná obslužným programem podle vztahu

$$Abs. = 1 - R/NIR.$$

Následovalo měření parametrů zkrácené světelné kinetiky (light response curves) při zvyšující se intenzitě aktinického záření (až 1 414 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR), ve 22 krocích o intervalu 10 sekund. Ze získaných parametrů byl pro účely této studie analyzován průběh parametrů nefotochemického zhášení (NPQ)

$$NPQ = \frac{(F_m - F_m')}{F_m'}$$

kde F_m' značí maximální výtěžek fluorescence listů adaptovaných na světlo a rychlost transportu elektronů – ETR, vypočítané podle vztahu

$$ETR = Y(II) \times PAR \times 0.5 \times Abs, \text{ kde } Y(II) \text{ značí efektivní kvantový výtěžek PS II, vypočítaný jako}$$

$$Y(II) = \frac{(F_m' - F)}{F_m'}, \text{ Blíže viz např. WALZ (2004).}$$

Extrakce a měření množství chlorofylů a karotenoidů ve vzorku

Míra fotosyntetické aktivity je podmíněna množstvím fotosynteticky aktivních pigmentů. Jednou z metod jejich kvantifikace je spektrofotometrické měření absorbance vlnových délek ve směsi pigmentů vyextrahovaných z asimilačních orgánů. Metoda je použitelná pro směsi pigmentů, které se spektrálně výrazně liší, tzn. nelze určit obsahy jednotlivých složek ve směsi chlorofylů nebo obsahy jednotlivých karotenoidů v jejich směsi (LICHTENTHALER 1987). Tuto metodu lze tedy použít jen pro stanovení celkového obsahu chlorofylu a (Chl_a), chlorofylu b (Chl_b) a karotenoidů (Car_{x+c}).

Analýza fotosynteticky aktivních pigmentů probíhala v laboratorních Fakulty lesnické a dřevařské. Vzorky byly uchovávány v hlubokomrazicím boxu při -80 °C a postupně analyzovány. Extrakce byla prováděna při tlumeném světle pro potlačení fotodestrukce pigmentů. Z každého jedince byly pro extrakci odebrány a naváženy vzorky listů v množství 0,6 – 1,2 g čerstvé hmoty. Listů bylo homogenizováno v třech miskách za pomoci kapalného dusíku až na jemný prášek, který byl rozdělen na tři části o obdobné hmotnosti (od 0,15 do 0,25 g) pro zajištění 3 opakování. Jednotlivé vzorky byly přeneseny do plastových centrifugačních tub o objemu 15 ml. Vzorky byly poté zpracovány podle modifikované metodiky KURASOVÉ et al. (2002) a MAKEENA et al. (2007). Každý připravený vzorek byl zalit 80% acetonem do celkového objemu 15 ml, protřepán na laboratorní třepače 20 minut a uložen přes noc do lednice (4 – 5 °C). Následující den byl vzorek opět protřepán 20 minut na laboratorní třepače a vložen do centrifugy, kde byl centrifugován po dobu 4 minut při 4 000 ot.min⁻¹. Po centrifugaci byl extrakt přepipetován do odměrné 50ml baňky, která byla uskladněna až do měření absorbance v lednici při 4 – 5 °C. Celý postup promytí vzorku 80% acetonem, protřepání, centrifugace a přepipetování byl opakován ještě 2x. Po třetím promytí acetonem byla homogenizovaná listová pletiva prosta pigmentů.

Získaný extrakt pigmentů v odměrné baňce byl doplněn do 50 ml 80% acetonem a následně proměřen na spektrofotometru Unicam Helios ϵ při nastavených vlnových délkách 470 nm, 647 nm, 663 nm a 750 nm. Každý vzorek byl proměřen 3x a pro výpočet obsahu pigmentů byl použit průměr z naměřených hodnot.

Rovnice pro výpočet obsahu pigmentů (LICHTENTHALER 1987) byly upraveny podle MAKEENA et al. (2007) o odečet absorbance při 750 nm, kde již chlorofyly ani karotenoidy neabsorbují a hodnota absorbance je způsobena rozptylem nečistot v extraktu:

$$\begin{aligned} Chl_a &= 12,25 \cdot (A_{663} - A_{750}) - 2,79 \cdot (A_{647} - A_{750}) \\ Chl_b &= 21,50 \cdot (A_{647} - A_{750}) - 5,10 \cdot (A_{663} - A_{750}) \\ Chl_{a+b} &= 7,15 \cdot (A_{663} - A_{750}) + 18,71 \cdot (A_{647} - A_{750}) \\ Car_{x+c} &= \frac{1000 \cdot (A_{470} - A_{750}) - 1,82 \cdot Chl_a - 85,02 \cdot Chl_b}{198} \end{aligned}$$

Výsledek je udáván v μg na 1 mililitr extraktu. Poté byly přepočteny výsledky na celé množství extraktu a následně uvedeny jako množství pigmentů v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Chemická analýza

Vzorky listů z jednotlivých vzorníků odebrané dne 17. 6. 2009 byly předány na chemickou analýzu za účelem zjištění obsahu základních živin (N, P, K, Ca a Mg), síry a křemíku. Analýza byla provedena metodami uvedenými ZBÍRALEM (1994). Obsah živin byl kvalitativně hodnocen na základě předběžných rozpětí pro buk, které publikovali KOPINGA a BURG (1995).

Statistické zpracování

Po ověření výběrových předpokladů a vypuštění případných odlehčených hodnot byla data podle charakteru statisticky porovnávána s využitím Studentova t-testu nebo jednofaktorové analýzy variance (ANOVA) s následným Tukey testem, vždy na hladině významnosti 0,05. Pro zpracování byly využity statistické programy Unistat verze 5.601 a Instat+ verze 3.036.

VÝSLEDKY**1. Fluorescence chlorofylu**

Z hodnot základních parametrů popisujících temnostní fázi fluorescence chlorofylu lze pozorovat pokles minimální fluorescence F_0 , nárůst maximální fluorescence F_m a maximálního kvantového výtěžku fotosystému II (F_v/F_m) mezi termíny (tab. 1). Nevyzrálé listy v polovině května měly hodnoty maximálního kvantového výtěžku jen mírně převyšující hodnotu 0,7. Také absorptivita vykazuje nižší hodnoty s výrazněji vyšším rozptylem (průkazně odlišným mezi variantami). Proces vyzrávání nebyl zastaven ani ve druhém termínu měření (18. 6.), přestože poměry F_v/F_m již přesahovaly hodnotu 0,8 a absorptivita měla již vyrovnaný charakter. Vyplývá to z dalšího poklesu směrodatné odchylky měřených parametrů v červenci. U druhého termínu byla průkazně vyšší hodnota minimální a maximální fluorescence

Tab. 1.

Základní parametry fluorescence chlorofylu a absorptivita (Abs.) listů buků variant vápněná a kontrola na jednotlivých parcelách a průměrně za variantu podle termínů odběru. Rozdílná písmena značí příslušnost k statisticky odlišným skupinám mezi parcelami či variantami ($\alpha = 0.05$) Basic parameters of chlorophyll *a* fluorescence and absorptivity (Abs.) of beech leaves in fertilized treatment and control according to plots and variants in particular terms of sampling. Different letters between plots or treatments show significantly different groups at $\alpha = 0.05$. Průměr = Mean, sm. odch. = Standard deviation

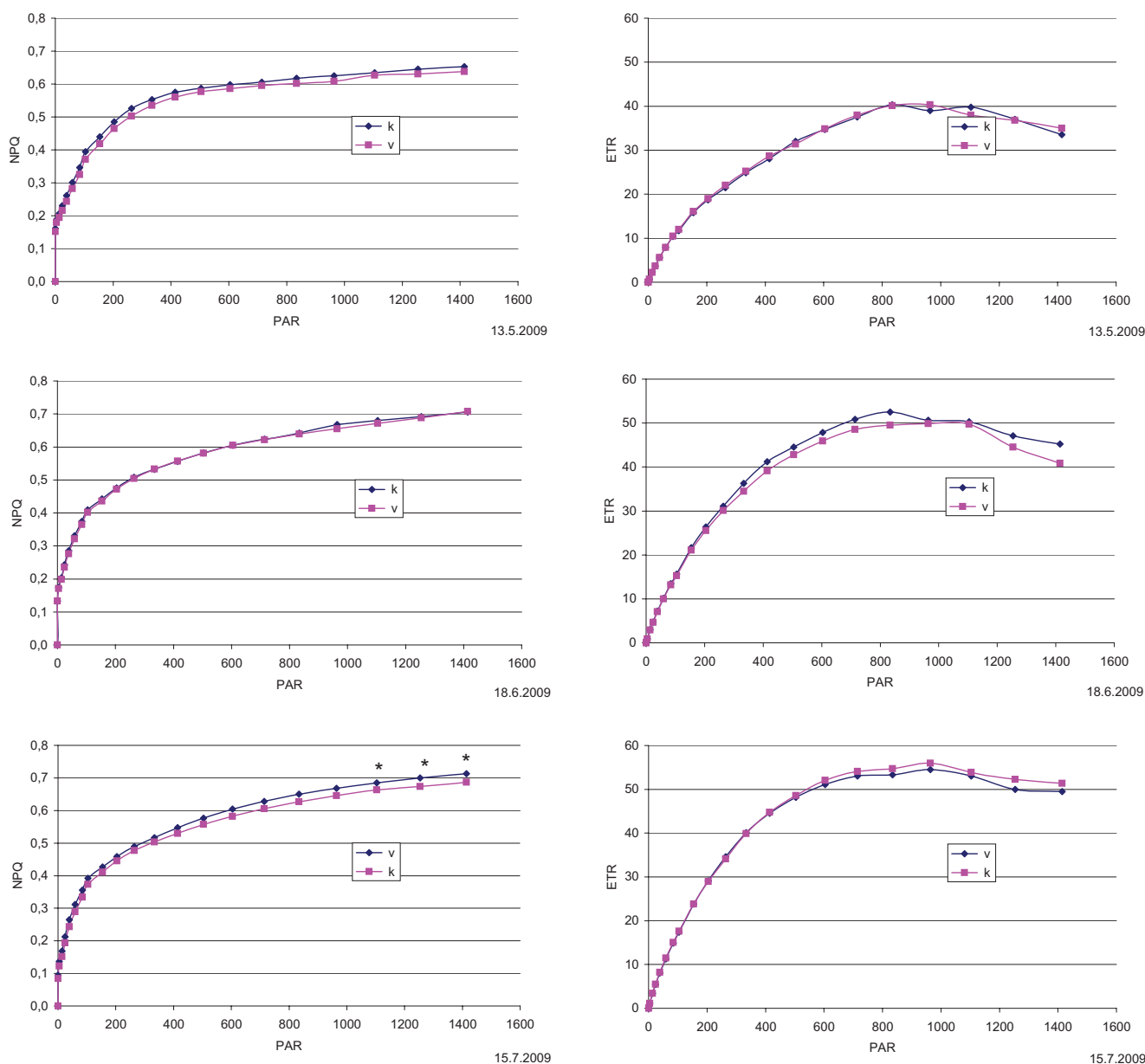
14.5.2009		F_0		F_m		F_v/F_m		Abs.	
Varianta /Treatment	Parcela /Plot	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.
Vápněná /Limestone	O2	0.075	0.0172	0.276	0.0874	0.714	0.0699	0.693	0.0269
	R6	0.083	0.0173	0.281	0.0871	0.691	0.0710	0.709	0.0263
	Celkem/All	0.079	0.0177	0.278	0.0873	0.703	0.0713	0.701	0.0279
Kontrola /Control	N2	0.082	0.0183	0.299	0.0953	0.711	0.0653	0.698	0.0440
	P6	0.078	0.0156	0.284	0.0973	0.709	0.0691	0.709	0.0413
	Celkem/All	0.080	0.0173	0.293	0.0965	0.710	0.0670	0.703	0.0432
18.6.2009		F_0		F_m		F_v/F_m		Abs.	
Varianta /Treatment	Parcela	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.
Vápněná /Limestone	O2	0.052 b	0.0136	0.326 b	0.0889	0.835	0.0301	0.800	0.0176
	R6	0.066 a	0.0151	0.412 a	0.0910	0.839	0.0276	0.806	0.0169
	Celkem/All	0.059	0.0159	0.369	0.0998	0.837	0.0289	0.803	0.0175
Kontrola /Control	N2	0.063 a	0.0168	0.384 ab	0.1004	0.832	0.0279	0.797	0.0187
	P6	0.060 ab	0.0171	0.346 ab	0.1090	0.826	0.0270	0.805	0.0185
	Celkem/All	0.062	0.0170	0.367	0.1060	0.829	0.0277	0.801	0.0190
15.7.2009		F_0		F_m		F_v/F_m		Abs.	
Varianta /Treatment	Parcela	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.	průměr	sm. odch.
Vápněná /Limestone	O2	0.052	0.0081	0.394	0.0789	0.866	0.0155	0.799	0.0190
	R6	0.053	0.0083	0.409	0.0895	0.869	0.0169	0.806	0.0151
	Celkem/All	0.052	0.0082	0.400	0.0841	0.867 a	0.0162	0.802	0.0177
Kontrola /Control	N2	0.053	0.0095	0.381	0.0786	0.860	0.0180	0.798	0.0197
	P6	0.051	0.0091	0.367	0.0967	0.859	0.0161	0.806	0.0189
	Celkem/All	0.052	0.0094	0.374	0.0885	0.860 b	0.0171	0.802	0.0197

u vápněné parcely R6 oproti druhé vápněné parcele. Přestože odběry byly prováděny na srovnatelných jedincích, v následujícím termínu již tento rozdíl patrný nebyl. Byl však naměřen průkazně vyšší maximální kvantový výtěžek F_v/F_m u vápněné oproti kontrolní variantě (0,876 oproti 0,860) a potvrzen tak neprůkazný náznak rozdílu v předchozím termínu (0,837 oproti 0,829).

Při posouzení reakce asimilačního aparátu na zvyšující se intenzitu záření pomocí parametrů nefotochemické zhášení (NPQ) a rychlosti transportu elektronů (ETR) bylo patrné navýšení relativních hodnot průběhu křivek mezi termíny. Potvrzuje se zvláště nevyzrálость listů v prvním termínu měření, kdy hodnoty NPQ po strmějším nárůstu ani při vyšším stupni ozáření nedosahují hodnot vyšších než 0,65

(obr. 1), zatímco mírně pozvolnější nárůst ve zbývajících termínech dosahuje maxima okolo 0,7. Pouze v červencovém termínu při třech maximálních dávkách záření vykazovaly hodnoty NPQ jednotlivých variant průkazné rozdíly s tím, že hodnoty u vápněných buků byly vyšší.

Také parametr rychlosti transportu elektronů ETR byl nejnižší v květnovém termínu. Relativní poloha křivek jednotlivých variant mezi termíny kolísá, avšak neprůkazně. Snižování průběhu křivky při vyšších hodnotách PAR, které naznačuje sklon k fotoinhibici, u měření v květnu začíná mezi hodnotami 800 až 1 000 PAR (obr. 1). V následujících termínech dochází k posuvu počátku poklesu do vyšších hodnot PAR a k jeho zmírnění.



Obr. 1.

Světlostní křivky nefotochemického zhášení – NPQ a parametr rychlosti transportu elektronů – ETR ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) listů buků podle variant. Vzorky z 13. 5. (nahore), 18. 6. (uprostřed) a 15. 7. 2009 (dole). V – vápněno při výsadbě, k – kontrola, PAR – fotosynteticky aktivní radiace

Fig. 1. Rapid light curves of non-photochemical quenching – NPQ and electron transport rate – ETR ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) of the beech leaves according to treatments. Samples from 13. 5. (top), 18. 6. (middle) and 15. 7. 2009 (bottom). V – fertilized by limestone, k – control, PAR – Photosynthetically Active Radiation

2. Fotosynteticky aktivní pigmenty

Analýza fotosynteticky aktivních pigmentů vzorků z květnového odběru nedospěla k průkazně odlišným koncentracím chlorofylů ani karotenoidů (Chl_a , Chl_b , Chl_{a+b} , ani Car_{x+c}). U vápněné varianty je patrná vyšší variabilita obsahů chlorofylu a i b (tab. 2). Obsah chlorofylu a se pohybuje mírně nad hodnotou $700 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, obsah chlorofylu b pak nad $200 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ a obsah karotenoidů okolo $360 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ čerstvé hmoty. Přestože se poměr celkového množství chlorofylu a karotenoidů ($\text{Chl}_{a+b}/\text{Car}_{x+c}$) mezi variantami průkazně neliší (tab. 2), při statistickém porovnávání parcel byla zjištěna signifikantně vyšší střední hodnota na parcele O2 (vápněno) oproti parcelám P6 (kontrola) a R6 (vápněno).

Naproti tomu v červencovém termínu byly mezi variantami zaznamenány průkazné rozdíly v obsahu i poměrech všech analyzovaných skupin fotosynteticky aktivních pigmentů. Vyšší obsah pigmentů byl zaznamenán u vápněné varianty oproti variantě kontrolní (tab. 2), a to jak u chlorofylu a a b , tak i u karotenoidů. Mírně, avšak neprůkazně vyšší průměrné hodnoty poměru $\text{Chl}_a/\text{Chl}_b$ byly zjištěny u varianty kontrolní (3,38) oproti variantě vápněné (3,33); také poměr celkového množství chlorofylu a karotenoidů byl na kontrole vyšší než na vápněné variantě (4,11 oproti 4,02). Rozdíly u tohoto parametru byly statisticky průkazné (tab. 2).

Tab. 2.

Obsahy fotosyntetických pigmentů (v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ čerstvé hmotnosti) v listí buku varianty vápněné a nevápněné podle parcel a variant (v závorce směrodatná odchylka) a poměry fotosyntetických pigmentů. Rozdílná písmena značí statisticky průkaznou odlišnost mezi variantami či parcelami ($\alpha = 0.05$)

Contents of photosynthetic pigments (in $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ of fresh weight) in beech leaves according to treatments and plots together with ratios Chl_a/b and $\text{Chl}/\text{carotenoids}$. Different letters between plots or treatments show significantly different groups at $\alpha = 0.05$. Průměr = Mean, Standard deviation in brackets

14.5.2009											
Varianta /Treatment	Parcela /Plot	Chl_a		Chl_b		Chl_{a+b}		Car_{x+c}		$\text{Chl}_a/\text{Chl}_b$	$\text{Chl}_{a+b}/\text{Car}_{x+c}$
Vápněná /Limestone	O2	722,0	(65,58)	218,7 a	(32,50)	940,8 a	(96,27)	361,5 b	(12,35)	3,33 b	2,60 a
	R6	695,1	(47,95)	206,6 ab	(15,33)	901,8 ab	(63,05)	372,2 ab	(30,64)	3,37 b	2,43 b
	Průměr	708,6	(59,00)	212,7	(26,12)	921,3	(83,68)	366,9	(23,97)	3,35	2,51
Kontrola /Control	N2	716,8	(37,50)	213,7 a	(16,01)	930,4 ab	(50,52)	373,4 a	(13,51)	3,36 b	2,49 ab
	P6	693,7	(31,06)	200,8 b	(7,76)	894,5 b	(37,21)	368,1 ab	(21,12)	3,46 a	2,43 b
	Průměr	705,2	(36,31)	207,2	(14,13)	912,5	(47,87)	370,8	(17,92)	3,41	2,46

15.7.2009											
Varianta /Treatment	Parcela /Plot	Chl_a		Chl_b		Chl_{a+b}		Car_{x+c}		$\text{Chl}_a/\text{Chl}_b$	$\text{Chl}_{a+b}/\text{Car}_{x+c}$
Vápněná /Limestone	O2	1809,7 a	(72,03)	542,0 a	(28,45)	2337,1 b	(82,77)	586,60 a	(22,88)	3,35 ab	3,99 b
	R6	1825,1 a	(48,82)	551,8 a	(23,92)	2401,7 a	(66,57)	594,18 a	(24,92)	3,31 b	4,05 ab
	Průměr	1817,4 a	(62,01)	546,9 a	(26,74)	2369,4 a	(76,16)	590,39 a	(24,22)	3,33	4,02 b
Kontrola /Control	N2	1722,2 b	(71,23)	513,9 b	(24,62)	2237,2 c	(88,99)	547,35 b	(21,97)	3,35 ab	4,09 ab
	P6	1758,4 b	(63,37)	516,5 b	(23,07)	2298,5 b	(79,29)	557,32 b	(19,72)	3,41 a	4,13 a
	Průměr	1740,3 b	(69,81)	515,2 b	(23,89)	2267,9 b	(86,50)	552,34 b	(21,46)	3,38	4,11 a

Tab. 3.

Obsah živin v listí buku lesního (%). Rozdílná písmena značí příslušnost k statisticky odlišným skupinám mezi parcelami či variantami ($\alpha = 0.05$)

Concentration of nutrients in leaves of beech in control and limestone (%). Different letters between treatments show significantly different groups at $\alpha = 0.05$

Varianta /Treatment		N	P	K	Ca	Mg	S	Si
Vápněná /Limestone	průměr	1.96	0.15 a	0.54	0.54	0.220	0.180	0.152
	sm.odch.	0.170	0.017	0.098	0.275	0.0310	0.0481	0.0579
Kontrola /Control	průměr	1.93	0.13 b	0.55	0.58	0.217	0.159	0.153
	sm.odch.	0.213	0.026	0.085	0.208	0.0278	0.0319	0.0584

3. Obsahy živin

Průkazný rozdíl mezi obsahem analyzovaných prvků v listích variant buku byl zjištěn pouze v případě fosforu, kterého listy vápněné varianty obsahovaly průkazně více (0,15 %) než kontrola (0,13 %) – tab. 3. Zjištěné hodnoty se pohybovaly na hranici mezi nízkou a normální zásobou. Průměrný obsah hořčíku u vápněné varianty jen mírně převyšoval obsah v listech z kontroly, v obou případech byla jeho zásoba normální. U vápníku bylo zastoupení v listech vápněné varianty dokonce neprůkazně nižší (0,54 %) než v případě kontroly (0,58 %). Listy vápněné varianty obsahovaly neprůkazně více dusíku, obsah byl celkově nízký. Obsah síry vykazoval vyšší variabilitu, proto se ani v tomto případě vyšší průměrná hodnota zastoupení síry v listech vápněné varianty statisticky nelišila.

DISKUSE

Spojení hodnocení obsahu chlorofylů a fluorescence chlorofylu *a* umožňuje komplexnější vhled do fotosyntetických pochodů uvnitř asimilačního aparátu. Obě metody v našem případě poukazují na nevyzrálост listů a výraznější rozkolísanost měřených hodnot v květnovém odběru. Vyšší rozptýlené hodnoty obsahů fotosynteticky aktivních pigmentů se však v parametrech fluorescence neodrazil. Podle kritérií, která udávají BOLHAR-NORDENKAMPF a GÖTZL (1992) pro smrk, byly květnové hodnoty maximálního kvantového výtěžku fotosystému II (F_v/F_m) pod prahovou hodnotou poruch (0,72). S ohledem na odlišnou dřevinu spíše než na poruchy, hodnota poukazuje na nevyzrálост pletiva. Postupné zvyšování poměru F_v/F_m během vyžívání odpovídá sledování ČAŇOVÉ et al. (2008). Tito autoři u dospělého buku v průběhu fenologického vývoje listů naměřili přístrojem PEA (Hansatech Ltd., Kings Lynn, UK) u 2. stadia rašení střední hodnotu 0,780, u 4. stadia pak již hodnotu 0,820. Přímé srovnání hodnot maximálního kvantového výtěžku fotosystému II s literaturou je však obtížné. Přístroj Imaging-PAM je na rozdíl od přístroje PEA primárně zaměřen na sledování dvojdimenzionální heterogenity fotosyntetické aktivity listů a i při zatemnělé místnosti jsou podle našich zkušeností hodnoty F_0 ovlivněny záblesky měřicího světla předcházejícího saturačnímu impulsu.

Plně vyzrálé listy v druhé polovině července v našem experimentu již vykazovaly průkazně vyšší hodnoty maximálního výtěžku fotosystému II (F_v/F_m) u vápněné varianty. Jak vyplývá z analýzy obsahu chlorofylů a karotenoidů, tento rozdíl je podmíněn právě vyšší koncentrací těchto pigmentů. SARIJEVA et al. (2007) zjistili u slunných listů solitérního dospělého buku obsah chlorofylu téměř o třetinu vyšší (3,10 mg.g⁻¹ čerstvé hmotnosti). Stinné listy měly obsah ještě násobně vyšší (6,98 mg.g⁻¹). Jednalo se však o 56letého solitérního jedince z nižších, tedy příznivějších poloh.

V literatuře je zmiňován vliv teploty na fluorescence chlorofylu, měření při teplotách nižších než je 20 °C mohou vést k umělému nadhodnocení variabilní fluorescence – F_v (HUNER et al. 1992). Zvláště stresové teploty vedou k podstatným změnám fluorescence. Např. DREYER et al. (2001) popisují nárůst hodnot minimální fluorescence F_0 u sedmi druhů listnatých dřevin včetně buku při teplotách okolo 47 °C, značíci nevratné poškození PS II. Ke srovnatelné teplotě dospěl ROBAKOWSKI et al. (2002) i u jedle bělokoré. Oproti tomu změny fluorescence měřené v teplotách pro rostliny příznivých jsou malé (ILÍK et al. 1997). Byl však také pozorován vztah mezi minimálními teplotami několika dní, které předcházely měření a hodnotami minimální fluorescence (DYTMAROVÁ et al. 2004). Pro minimalizaci vlivu teploty na fluorescence chlorofylu byly v našem pokusu vzorky jednotně přechovávány noc před analýzou v lednici a následně adaptovány na teplotní podmínky laboratoře, které mezi jednotlivými termíny měření kolísaly v rozmezí cca 3 °C.

WERTHER a HAVRANEK (2000) pozorovali nižší efektivní kvantový výtěžek fotosyntézy u sazenic smrku s deficitem dusíku. HORZ et al. (1990) nenalezli rozdíly mezi obsahem chlorofylu a parametry fluorescence chlorofylu u buku viditelně poškozených a nepoškozených v souvislosti s imisemi, které lze považovat za výrazný stresující faktor. Domnívají se, že to může být způsobeno tím, že imise nejsou primárním faktorem viditelného chřadnutí stromu. V našem pokusu nebyly ani u jedné varianty pozorovány optické známky nevyváženosti výživy, buky se v současné době vyvíjejí stanovišti odpovídajícím způsobem. Analyzované zastoupení jednotlivých živin v listích obou variant buku se pohybuje v rozmezí normálních hodnot, výjimku tvoří fosfor, který zasahuje do rozmezí mírného deficitu. O stresu způsobeném výživou však nelze uvažovat.

Jak v květnovém, tak červencovém termínu byly naměřeny poměry chlorofylu *a* a chlorofylu *b* (Chl_a/Chl_b) na jednotlivých parcelách v rozmezí od 3,30 (vápněná) do 3,45 (kontrola), což odpovídá v literatuře uváděnému poměru 3:1 až 4:1 u rostlin rostoucích za optimálních podmínek (GLOSER 1998). Stabilizovaný poměr Chl_a/Chl_b mezi termíny naznačuje, že tvorba chlorofylů, a to především chlorofylu *a*, není příliš potlačena vnějšími vlivy a rostliny tak mohou tvořit větší množství asimilátů pro svůj růst. Jak ukazují SARIJEVA et al. (2007), poměr Chl_a/Chl_b nejen u buku významně závisí na ozáření listů. U stíněných listů spadá pod spodní hranici stanoveného rozmezí (autoři uvádí hodnotu 2,68).

Jak uvádí např. DEMMIG-ADAMS et al. (1996), karotenoidy mají v rostlině nejen funkci světlosběrnou (jako doplňkové pigmenty), ale také ochrannou – chrání fotosyntetický aparát před nevratnou fotooxidací. Nižší – i když zprvu neprůkazně – průměrný poměr obsahu chlorofylů *a* a *b* a karotenoidů (Chl_{a+b}/Car_{x+c}) byl zjištěn u obou termínů v případě vápněné varianty. Nižší poměr v květnovém odběru oproti červencovému, tedy vyšší relativní obsah karotenoidů na jaře, souvisí s postupem tvorby pigmentů, kdy se nejdříve vytvářejí karotenoidy a pak chlorofyl *a* a chlorofyl *b* (KINCL, KRPEŠ 2006).

Přes násobně vyšší zastoupení vápníku v půdě v prostoru jamek u vápněné varianty, zjištěné rozbořem v roce 2002, chemická analýza obsahu živin v listech nepoukázala na průkazné rozdíly mezi variantami, s výjimkou fosforu. Luxusní zásoba vápníku v půdě jako pozůstatek přihnojení se neprojevila v rozdílech obsahu tohoto prvku v listech, z analýzy lze konstatovat shodně nastavenou výživu u obou hodnocených variant. Je zde možná souvislost s problematikou rozrůstání kořenů z prostoru jamky, neboť půdní rozbor vzorků (z prostoru jamky) ve stejném roce stále poukazoval na násobně vyšší obsah CaO, ale i MgO u vápněné varianty oproti kontrole (CaO 2 167 mg.kg⁻¹ a 51 mg.kg⁻¹ a MgO 51 mg.kg⁻¹ a 17 mg.kg⁻¹) a s tím spojené vyšší hodnoty pH (BALCAR et al. 2011).

U analyzovaných výsadeb buku byl sledován také vliv melioračního zásahu na mortalitu a růst (BALCAR et al. 2011). Vápnění mělo negativní vliv na mortalitu buku, která byla oproti kontrole o 20 % vyšší, naproti tomu podpořilo růst dominantních jedinců (20 % nejvyšších z výsadbového počtu).

ZÁVĚR

Z hodnocení fluorescence chlorofylu *a*, obsahu fotosynteticky aktivních pigmentů a chemické analýzy listů buku 17 let po výsadbě ve variantách přihnojení dolomitickým vápencem a kontrola vyplynulo, že bez ohledu na trvalý výrazný rozdíl chemismu půdy v prostoru jamek byly průkazné rozdíly zjištěny pouze u některých parametrů z odběru v druhé polovině července. Měřením fluorescence i obsahu

chlorofylů byla u květnového odběru potvrzena nevyzrálост asimilačního aparátu, bez průkazných rozdílů mezi variantami v hodnocených charakteristikách. Přihnojení vápencem do jamky se 17 let po výsadbě odrazilo ve vlastnostech vyzrálých listů z druhé poloviny července: v průkazně vyšších hodnotách parametru maximálního kvantového výtěžku fotochemie fotosystému II (F_v/F_m) i obsahu fotosyntetických pigmentů vápněné varianty oproti kontrole. Z naměřených hodnot vyplývá, že fotosyntetický aparát vápněných buků ukazuje potenciál pro vyšší intenzitu fotosyntézy. Zastoupení živin v listech obou variant se pravděpodobně díky delšímu časovému odstupu od aplikace již nelišilo. Pro detekci ovlivnění buku chemickou meliorací s delším časovým odstupem po aplikaci hnojiva se metody hodnotící množství a aktivitu fotosyntetických pigmentů jeví jako citlivější. V případě požadavku ověřit přetrvávající vliv hnojení lze vzhledem k rychlosti a operativnosti měření doporučit přednostní využití metody analýzy fluorescence chlorofylu. S ohledem na fyziologicky i technicky podmíněnou absenci limitních hodnot je u obou metod nutné srovnávací měření odpovídajícího materiálu.

Poděkování:

Výzkumná šetření včetně vyhodnocení získaných výsledků uvedených v příspěvku byla provedena za podpory grantu NAZV č. QH92087 „Funkční potenciál vybraných listnatých dřevin a jejich vnášení do porostů v Jizerských horách“.

LITERATURA

- BALCAR V., VACEK S., HENŽLÍK V. 1994. Poškození a úhyn lesních porostů v Sudetských horách. In: Paschalis P., Zajaczkowski S. (eds.): Protection of forest ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mountains. Varšava, Rozwoj SGGV: 29-57.
- BALCAR V., PODRÁZSKÝ V. 1994. Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu 39 (2): 1-7.
- BALCAR V. 1998. Support of forest plantations in the mountains by application of finely ground dolomitic limestone. In: Wagner, R. G., Thompson, D. G. (eds.): Third international conference on forest vegetation management: Popular summaries. Sault Ste. Marie, Ontario Forest Research Institute: 386-388. Forest Research Information Paper, No. 141.
- BALCAR V., KACÁLEK D. 2008. Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 54: 509-518.
- BALCAR V., KACÁLEK D., KUNEŠ I., DUŠEK D. 2011. Effect of soil liming on European beech (*Fagus sylvatica* L.) and sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) plantations. Folia Forestalia Polonica, series A, 53: 85-92.
- BOLHAR-NORDENKAMPF H.R., GRÖTZL M. 1992. Chlorophyll-fluoreszenz als Indikator der mit der Seehöhe zunehmenden Stressbelastung von Fichtennadeln. FBVA – Berichte, 67: 119-131.
- ČAŇOVÁ I., ĐURKOVIČ J., HLADKÁ D. 2008. Stomatal and chlorophyll fluorescence characteristics in European beech cultivars during leaf development. Biologia Plantarum, 52: 577-581.
- DEMMIG-ADAMS B., GILMORE A. M., ADAMS III. W. W. 1996. In vivo functions of carotenoids in higher plants. The FASEB Journal, 10: 403-412.
- DITMAROVÁ, L., KMEŤ, J., STŘELCOVÁ, K., GÖMÖRY, D. 2004. Effect of temperature on selected physiological parameters of young beech trees under stress conditions. Ekológia (Bratislava), 23: 152-161.
- DREYER E., ROUX X. LE, MONTPIED P., DAUDET F.A., MASSON F.A. 2001. Temperature response of leaf photosynthetic capacity in seedlings from seven temperate tree species. Tree Physiology, 21: 223-232.
- GLOSER J. 1998. Fyziologie rostlin. Brno, Masarykova univerzita: 157 s.
- HARBINSON J., ROSENQUIST E. 2003. An introduction to chlorophyll fluorescence. In: DeEll, J.R., Toivonen, P.M.A. (eds.): Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Boston, Kluwer Academic: 1-30.
- HOTZ A., BILGER W., KAISER W. M., LANGE O. L. 1990. Chlorophyll-Fluoreszenz, Photosynthesekapazität, Chlorophyll-und Nährstoffgehalte der Blätter "ungeschädigter" und als "geschädigt" eingestuft Buchen (*Fagus sylvatica* L.) im Gebiet um Würzburg. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 109 (1): 40-54.
- HUNER N.P.A., OQUIST G., SUNDBLAD L.-G. 1992. Low measuring temperature induced artifactual increase in chlorophyll *a* fluorescence. Plant Physiology, 98: 749-752.
- KINCL M., KRPEŠ V. 2006. Základy fyziologie rostlin. Ostrava, Baloušek: 220 s.
- KOPÁČEK J., VESELÝ J. 2005. Sulfur and nitrogen emissions in the Czech Republic and Slovakia from 1850 till 2000. Atmospheric Environment, 39: 2179-2188.
- KOPINGA J., BURG J. VAN DEN 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. Journal of Arboriculture, 21: 17-24.
- KUNEŠ I., BALCAR V., ZAHRADNÍK D. 2007. Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (*Betula carpatica* W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 53: 505-515.
- KUNEŠ I. et al. 2009. Influence of pulverized limestone and amphibio-lite mixture on the growth performance of *Aldus incana* (L.) Moench plantation on an acidified mountain site. Journal of Forest Science, 55: 469-476.
- KURASOVÁ I., ČAJÁNEK M., KALINA J., URBAN O., ŠPUNDA V. 2002. Characterization of acclimation of *Hordeum vulgare* to high irradiation based on different responses of photosynthetic activity and pigment composition. Photosynthesis Research, 72: 71-83.
- LICHTENTHALER H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 351-382.
- LICHTENTHALER H.K., BUSCHMANN C., KNAPP M. 2005. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFd of leaves with the PAM fluorometer. Photosynthetica, 43: 379-393.
- MAKEEN K., SURESH BABU G., LAVANYA G.R., ABRAHAM G. 2007. Studies of chlorophyll content methods in black gram (*Vigna*

- mungo* L.). International Journal of Agricultural Research, 2: 651-654.
- MATERNA J., LOCHMAN V. 1988. Vliv znečištěného ovzduší na půdu. Lesnická práce, 67: 248-255.
- MAXWELL K., JOHNSON G.J. 2000. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.
- NEBE W., WOYDICH T., LEUBE F. 1997. Zur Ernährung und Düngung der Fichte mit Kalium, Kalzium und Magnesium im Unterharz bei anhaltenden Immissionsbelastungen. Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, 31: 1-6.
- PODRÁZSKÝ V. 1991. Krátkodobé účinky vápnění v extrémních imisně ekologických podmínkách Orlických hor. Lesnictví, 37: 1009-1023.
- PODRÁZSKÝ V. 1992. Dolomitický vápenec - složení a účinnost. Zprávy lesnického výzkumu, 37 (4): 36-39.
- PODRÁZSKÝ V., VACEK S., ULBRICHOVÁ I. 2003. Effect of fertilisation on Norway spruce needles. Journal of Forest Science, 49: 321-326.
- ROBAKOWSKI P., MONTPIED P., DREYER E. 2002. Temperature response of photosynthesis of silver fir (*Abies alba* Mill.) seedlings. Annals of Forest Science, 59: 163-170.
- SARIJEVA G., KNAPP M., LICHTENTHALER H.K. 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. Journal of Plant Physiology, 164: 950-955.
- SCHAAF W., HÜTTL R.F. 2006. Experiences with liming in European countries - results of long-term experiments. Journal of Forest Science, 52 (Special Issue): 35-44.
- WALZ H. 2004. Imaging – PAM chlorophyll fluorometer. Instrument description and information for users. 2.143 / 02.2003, 4. Edition: February 2004: 134 s.
- WERTHER F., HAVRANEK W. M. 2000. Effects of nutrient-deficient soil on gas-exchange, chlorophyll fluorescence and C-allocation in young *Picea abies* (L.) Karst. Phyton (Horn) 40: 179-184.
- ZBÍRAL J. 1994: Analýza rostlinného materiálu. Jednotlivé pracovní postupy. Brno, SKZÚZ.

CHLOROPHYLL FLUORESCENCE, CHEMISTRY AND CONTENTS OF PHOTOSYNTHETIC ACTIVE PIGMENTS IN SPOT-LIMED BEECH LEAVES

SUMMARY

Rocks containing basic nutrients were used to prevent further acidification in mountain areas to improve air-polluted soils. The most frequent matter used for both aerial and spot applications was a finely-ground limestone. We conducted our study in an experiment in the Jizera Mountains. The experimental basis consists of European beech plantations where a spot application of limestone was conducted at time of planting in 1993. Both limed and control plots were twice replicated. Our study addresses research question: do chlorophyll *a* fluorescence, macronutrient concentration and contents of photosynthetic active pigments (chlorophyll *a* – Chl_a , chlorophyll *b* – Chl_b and carotenoids – Car_{x+c}) differ significantly between treatments 17 years after planting?

Samples of beech leaves were collected three times in mid-May, -June and -July 2009. Analyzes used were as follows: chlorophyll *a* fluorescence using Imaging PAM fluorometer, contents of chlorophyll and carotenoids being extracted by 80% acetone and then analyzed using the Unicam Helios ϵ spectrophotometer. In addition to aforementioned properties, contents of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Si) in leaves were analyzed. Data were processed using T-test or one-way ANOVA followed by Tukey post-hoc test.

Regardless of the different soil conditions in planting holes, the only significant difference was found in mature leaves being taken on July 15th. The average maximum quantum yield of PS II photochemistry (F_v/F_m) was 0.867 for limed beeches and 0.860 for control ones (Tab. 1). Contents of chlorophylls (Chl_{a+b}) and carotenoids (Car_{x+c}) expressed as a concentration in fresh-weight matter also differed by the treatments in leaves of July origin. The limed leaves were higher in both groups of pigments (Chl_{a+b} 2,369 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Car_{x+c} 590 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) compared to non-fertilized (Chl_{a+b} 2,268 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Car_{x+c} 552 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) leaves (Tab. 2). As for immature leaves from two previous sampling days, the quantum yield and contents of pigments did not differ between treatments. Light curves of non-photochemical quenching (NPQ) and electron transport rate (ETR) showed no statistically significant differences (Fig. 1). The chemical analysis of nutrients showed that the limed beech leaves were significantly higher (0.15%) in phosphorus compared to control treatment (0.13%).

Our results show the influence of spot liming on a photosynthetic performance even 17 years after planting and fertilization. Relatively quick and flexible method of chlorophyll *a* fluorescence analysis gives reliable data provided that mature assimilatory tissues are sampled and it can be recommended to assess effect of liming on photosynthetic efficiency. Chemistry of leaves does not show expected differences. This is likely to reflect status that growing roots of trees grew out of the fertilized soil. Thus a further research is needed.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: spulak@vulhmop.cz

ANALÝZA OČEKÁVANÝCH ZMĚN V INFORMAČNÍM ZABEZPEČENÍ OCENĚNÍ LESŮ BOHATÝCH STRUKTUR

THE ANALYSIS OF CHANGES ANTICIPATED TO OCCUR IN THE INFORMATION ASSURANCE OF THE VALUATION OF RICH-STRUCTURED FORESTS

JIŘÍ MATĚJÍČEK – ROMAN DUDÍK

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Brno

ABSTRACT

The paper is focused on the analysis of an expected change in the conditions of valuating forest stands in the transition from even-aged forests managed by the method of age classes to rich-structured forests managed by a new method based on the operational (statistical) forest inventory. First of all, our attention is paid to the issue of current methods of forest valuation as well as to their possible use for a new object of valuation, i.e. rich-structured forests. The analysis is focused particularly on the information assurance of valuation procedures and on the comparison of the existing and future availability of basic mensurational indices in forest management plans. We identified changes that are anticipated in forest management planning data, and will reflect in the increased exigency of expert work. As to the application of currently used valuation procedures, the results of the assessment indicate that no essential modifications that would require significant changes in the valuation of the wood-producing function of the forest are expected

Klíčová slova: oceňování lesa, oceňovací metody, les věkových tříd, bohatě strukturované lesy, lesní hospodářské plány, informační zabezpečení, taxační veličiny, provozní inventarizace

Key words: forest valuation, valuation methods, even-aged forests, rich-structured forests, forest management plans, information assurance, mensurational indices, operational forest inventory

ÚVOD

Oceňování lesa jako vědní obor nebylo v České republice (ČR) před rokem 1990 po dlouhá desetiletí ani teoreticky řešeno, ani prakticky aplikováno. Tato značně velká mezera v lesnické ekonomice se začala v uplynulém období přece jen postupně zmenšovat systematickým transferem poznatků ze sousedních lesnických vyspělých zemí (Německo, Rakousko), kde k takovému přerušení oboru jako u nás nikdy v minulosti nedošlo a oceňování lesa a související výkon znalecké či obdobné činnosti se v příslušných institucích a v daném společensko-ekonomickém rámci kontinuálně rozvíjely.

Nyní již ale můžeme konstatovat, že s určitými odchylkami, které jsou odrazem našich místních specifických poměrů, byla i u nás vybudována databáze poznatků k ocenění lesa, která se týká především lesa pasečného (lesa věkových tříd) (MATĚJÍČEK J., SKOBLÍK J. 1993). Právě pro tento hospodářský způsob bylo v minulosti lesnickými ekonomy ve střední Evropě detailně rozpracováno kompletní oceňovací instrumentarium, reagující na tehdejší potřeby společnosti a hospodářské úpravy lesa s cílem zajistit maximální produkci dřeva. To v dnešním pojetí odráží pouze oceňování produkční funkce lesa.

S tím bezprostředně souvisí i použití příslušných oceňovacích metod. Postupným vývojem však společnost začala na lesy nazírat nejen z pohledu produkce dřeva, ale dlouhodobě a jednoznačně sílí trendy po trvale udržitelném hospodaření v lese, po přírodě bližším způsobu hospodaření v lesích apod. To ve své podstatě znamená posílit vedle ekonomického také ekologický a sociální pilíř. Do budoucna by to mělo lesům zajistit větší stabilitu a odolnost vůči klimatickým změnám, zvýšit jejich biodiverzitu, zvýšit příspěvek lesů pro rozvoj venkova (pro tvorbu nových pracovních míst a pracovních příjmů), zkrátka, mělo by se zajistit plnění všech funkcí, které na les společnost klade.

Změna přístupu k hospodaření v lesích s sebou nese i změnu v hospodářsko-úpravnickém plánování (v časové a prostorové úpravě) při tvorbě lesních hospodářských plánů, včetně nových požadavků na informační zabezpečení. Příspěvek se zabývá zhodnocením současných přístupů k oceňování lesů věkových tříd a možnými problémy ocenění lesních porostů na lesních pozemcích při přechodu na bohatě strukturované lesy s důrazem na dopady těchto změn právě do oblasti informačního zabezpečení nejen v teoretické úrovni, ale také s vazbou na vlastní výkon znalecké činnosti při oceňování lesa pro nejrůznější účely a podněty.

Je možno konstatovat, že za uplynulých 20 let (1990 – 2010) velmi horlivé výzkumné činnosti v oblasti oceňování produkční funkce lesa, které na 40 let de facto vypadlo z učebních osnov středních odborných i vysokých lesnických škol a nebylo ani prakticky prováděno, protože žádné ocenění vlastně nebylo zapotřebí, se tento vědní obor u nás opět postavil na vlastní nohy (pozn.: veškeré lesy byly do začátku restitučního procesu v devadesátých letech minulého století buď ve státním vlastnictví, nebo v 50. letech přešly do společného užívání socialistických organizací, takže se s nimi za dobu budování socialismu neobchodovalo, na rozdíl od jiných nemovitostí jako byly rodinné domy, byty či garáže, a z tohoto důvodu nebyla oblast oceňování lesa věnována náležitá pozornost).

Co se týče teoreticko-metodologických přístupů k oceňování lesa, tak se podařilo do značné míry (s výjimkou používání porovnávací metody při tržním ocenění lesa, neboť za uplynulých 20 let u nás nevznikla žádná veřejně přístupná databáze tržních transakcí s lesy) opět se zahraničím (s německy mluvícími zeměmi) srovnat krok, o čemž svědčí praktické použití analogických metod při úředním oceňování lesa v našem platném cenovém předpise Ministerstva financí ČR (metoda věkových hodnotových faktorů jako reprezentant věcné hodnoty nebo metoda čisté současné hodnoty jako reprezentant výnosového způsobu ocenění lesních porostů). Metodický a legislativní pokrok v této oblasti je současně doprovázen i tvorbou příslušného aplikačního programového vybavení pro znalce specializované na oceňování lesa.

Potřeba řešení problematiky oceňování lesa byla vyvolána řadou nových situací po změně společenských poměrů po roce 1989 (opětovné zavedení tržní ekonomiky a s tím související nejen řešení nových životních situací v oblasti obchodování a podnikání s lesem jako předmětem tržních vztahů - prodeje a koupě lesa, dědění, škody a újmny na lesích atd.). Byla zde rovněž potřeba ocenění lesů pro další účely, např. ocenění všech lesů ČR pro účely národních účtů, pro začlenění hodnoty lesních porostů do finančního účetnictví hospodářských subjektů spravujících veřejné vlastnictví lesa apod., kde se také již učinily v uplynulých letech první kroky.

S ohledem na další evropské trendy v lesním hospodářství (např. trendy k přírodě bližším způsobům hospodaření), kterými se ve stále rostoucí míře začal v posledních letech zabývat i Národní lesnický program II (NLP II) při jeho implementaci do praxe, dále snaha MŽP dostat do lesního zákona také provozní inventarizaci lesů a rovněž požadavky na přeměny smrkových monokultur apod., se vytváří požadavky, na něž musí reagovat i oceňování lesa.

Přestože je hospodářského způsobu výběrného podle posledních údajů uvedených ve Zprávě o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009 cca 2,42 % z celkové výměry lesní půdy, lze odůvodněně předpokládat, že dřtivá většina, ne-li všechny znalecké či jiné oceňovací případy, se dosud dotýkaly ocenění lesa věkových tříd. Můžeme proto konstatovat, že s oceňováním lesů bohatých struktur až na nějaké výjimky dosud lesnická praxe nemusela a ani nepřišla do většího kontaktu.

Každopádně s novými trendy v lesním hospodářství vyvstává pro lesnickou teorii a praxi nová výzva – jak uchopit ocenění vzrůstově diferencovaných lesních porostů, jež jsou zařízeny metodou provozní inventarizace, a jak se závčas na tuto situaci připravit.

MATERIÁL A METODIKA

V souvislosti se snahami o rozšiřování přírodě bližšího hospodaření v lesích se bohatě strukturované lesní porosty dostávají do zorného pole vědního oboru oceňování lesa jako zcela nový objekt ocenění. Z tohoto důvodu je nutno zmínit některé lesnické pojmy (před-

vším z pěstebního či hospodářsko-úpravnického hlediska), které jsou s bohatě strukturovanými lesními porosty úzce spjaty a stručně uvést jejich základní charakteristiku.

Těmito pojmy jsou les výběrný a les trvale tvořivý, což jsou pojmy, které by postupně měly být následníky lesa věkových tříd.

Níže je uvedeno několik charakteristik těchto pojmů, jež jsou předmětem našeho zájmu, a to s uvedením zdrojů, ze kterých použité definice pocházejí:

Výběrný les (Plenterwald, selection forest) je definován jako les, ve kterém jsou na téže ploše trvale zastoupeny stromy všech věkových stupňů (Základní lesnické názvosloví 1992)

Les výběrný je semenný les, v němž je dosaženo na co nejmenší ploše strukturální rovnováhy prostřednictvím stromového (jednotlivě výběrný les) nebo skupinovitého (skupinovitě výběrný les) střídání či mísení nadúrovňových, úrovnňových a podúrovňových složek vertikálně zapojených, lišících se tloušťkou a věkem. Les výběrný je nejbližší přírodní dynamice lesa a představuje model biologické automatizace a samoregulace v obhospodařovaných lesních ekosystémech (usměrňovaných člověkem): (i) uspořádáním všech věkových složek nad sebou je zajištěna trvalost lesa na každé jednotce plochy, (ii.) zásoba porostu dlouhodobě osciluje okolo určité hladiny, nadzemní disponibilní prostor je plně využit, (iii.) les se obnovuje přirozeně – nepřetržitě a nepravidelně, (iv.) lesní porost má vysokou statickou a ekosystémovou stabilitu (TESAŘ 1994).

Les trvale tvořivý (Dauerwald; continuous cover forest) je definován jako les, ve kterém hospodaření sleduje dodržení trvalosti a nepřetržitosti vývoje lesa, a proto je těžba prováděna jednotlivým, hloučkovitým nebo maloplošně skupinovitým způsobem. Pod tento souhrnný termín se zařazuje i les výběrný (Plenterwald), ve kterém se na malé ploše vyskytují jednotlivě promísené stromy všech věků (POLENO 1999).

Les trvale tvořivý je les, v němž se pečuje o trvalou produkci v souladu s rovnováhou všech složek les tvořících (Dauerwald). Prvně jej definoval MÖLLER (1922). Pojetí trvalé tvořivého lesa tak dávno předznamenalo dnešní chápání ekologicky stabilního hospodářského lesa. Pojem se stal základem koncepce přírodě blízkého pěstování lesa (TESAŘ 1994).

Věkové třídy jsou v rámci hospodářské skupiny lesa vysokokmenného pasečného soubor porostů, které podle svého věku spadají do určitého věkového rozmezí, zpravidla 20letého. U lesa výmladkového se používá rozpětí 10 let. Vzájemný poměr mezi jednotlivými třídami má při hospodářské úpravě lesa holosečného (i pasečného) základní význam pro odvození těžebních možností (ŘEHÁK 1959).

Je třeba připomenout a zdůraznit, že dosavadní teorie oceňování lesa vychází z oceňování lesa vysokokmenného, hospodářského způsobu pasečného, tedy z oceňování lesa věkových tříd, kde byla za uplynulých více jak 150 let dobře propracována hospodářsko-úpravnická i ekonomická stránka takového typu lesnického hospodaření (např. FAUSTMANN 1849) včetně příslušných oceňovacích modelů s využitím zásad a pravidel finanční matematiky při výpočtech dlouhodobých investic.

U bohatě strukturovaných lesů však stále existuje značný nedostatek ekonomických analýz a prověřených empirických údajů, z nichž by

se dalo vycházet při tvorbě nových ekonomických modelů a při konstrukci nového přístupu k ocenění, neboť jedním z charakteristických rozdílů mezi stávajícím a budoucím (očekávaným) objektem ocenění je období přechodu od stejnověkých k nestejnověkým porostům.

Pokud budeme vycházet ze zahraničních odborných pramenů v oblasti ekonomiky hospodaření v lese vysokokmenném (stejnověkém) a v lese výběrném či trvale tvořivém (nestejnověkém) a z jejich vzájemného ekonomického porovnání co se týče nákladů, výnosů a hospodářského výsledku (DUDÍK et al. 2010), tak narazíme na první překážky, které se objeví v souvislosti s pozměněnou informační základnou charakterizující stav lesního porostu při použití provozní inventarizace. S tím jsou spojené i zásahy do stávajícího systému oceňování lesa věkových tříd (vlastní ocenění lesního porostu), pro něž se využívají nezbytně nutné, avšak disponibilní vstupní veličiny (taxační údaje) obsažené v hospodářské knize.

Analýza metodických přístupů oceňování

Analýza metodických přístupů je ohraničena vymezeným okruhem následujících skutečností:

- lesní porosty nacházející se na lesních pozemcích a nikoliv na nelesních pozemcích,
- oceňování pouze dřevoproductní funkce,
- oceňování lesa pasečného (lesa věkových tříd) a lesa bohatě strukturovaného,
- hospodářská úprava lesa pasečného zařízovaného klasicky a lesa výběrného zařízovaného na podkladě provozní inventarizace.

Les bohatých struktur byl zkoumán (analyzován) z hlediska vhodnosti aplikace existujících metodických přístupů ve srovnání s metodami používanými u oceňování lesa věkových tříd.

Nejdříve byl posuzován rámec oceňování. Pro tuto analýzu byla využita systematika oceňování lesa (tab.1) a dospělo se k závěru, že pro bohatě strukturované lesy v tomto směru nejsou žádné nové a neočekávané skutečnosti ve srovnání s lesy věkových tříd.

Pro bohatě strukturované lesy zůstávají

- objekt oceňování,
- účel oceňování (podnět k oceňování),
- druhy hodnot,
- oceňovací metody,

v zásadě stejné jako pro ocenění lesa věkových tříd.

Z tohoto přehledu jsou zřetelné také základní oceňovací úkoly a možné metodické přístupy. Zde se vědomě rozlišuje mezi metodami a postupy. Existují dva metodické přístupy:

- srovnávací postup,
- výpočetní postup,

přičemž zcela exaktní oddělení není vždy možné. Tak jsou např. ve výpočetních postupech při oceňování porostu obsaženy vždy elementy srovnávacího postupu (např. výnosy z těžby po odečtení těžebních nákladů). Uvnitř obou těchto skupin byly vyvinuty nejrůznější pragmatické postupy (operační předpisy k řešení oceňovacích úloh), s nimiž se v praxi pracuje.

Tab. 1.

Systematika oceňování lesa
Forest valuation taxonomy

Objekty oceňování/ Objects of valuation	Účely oceňování/ Purpose of valuation	Druhy hodnot/ Types of values	Oceňovací postupy/ Valuation procedures
Půda/ Forest land	Změna vlastnictví (prodej, koupě, směna)/ Ownership change (sale, purchase, exchange)	Věcná hodnota (hodnota substance)/ Substance value	Srovnávací postup/ Comparison procedure
Porost/ Forest stand	Zjištění daňového základu/ Finding out of tax base	Nákladová hodnota/ Cost value	Výpočetní postup/ Calculation procedure
Les (nemovitost)/ Forest (real estate)	Dělení majetku/ Property division	Očekávaná hodnota/ Expected value	
Jednotlivé stromy/ Forest trees	Dědické vypořádání/ Inheritance settlement	Hodnota mýtní výtěže/ Final cutting value	
Podnik/ Forest enterprise	Odškodnění/ Compensation	Výnosová hodnota/ Yield value	
Práva/ Rights	Náhrady škod/ Compensation for damages	Jednotlivá hodnota/ Individual value	
Ztráty na majetku a výnosech/ Losses on property and revenue	Jištění hypotéky zástavou/ Securing of mortgage by pledge	Dílčí hodnota/ Partial value	
	Pojištění majetku/ Property insurance	Celková hodnota/ Total value	

Zdroj: SAGL (1988, 1995), upraveno
Source: SAGL (1988, 1995), arranged

Čím jednodušší je oceňovací úloha, tím méně elementů z celkové oceňovací systematiky a možného instrumentaria je zapotřebí k řešení takových úloh (např. oceňování jednotlivého stromu podle hodnoty substance). Čím komplikovanější je oceňovací úloha, a to se samozřejmě týká především bohatě strukturovaných lesů, tím větší bude zapotřebí nasazení vzájemně se podporujících a kontrolních oceňovacích úvah.

Výpočetní postup stále představuje jádro praktického oceňování lesa, protože při četných vazbách oceňovaného objektu a oceňovacího účelu jednoduše selhávají oceňovací teorii všeobecně upřednostňované srovnávací postupy pro chybějící dostatečný počet srovnatelných případů, zatímco výpočetní postupy jsou průhledné a přezkoumatelné. Výpočetní postupy jsou standardní postupy při oceňování lesního porostu a podniku a stejně tak při zjišťování odškodnění a při výpočtu výše škody nebo újmy způsobené na lesích.

Výpočetním postupem se zjišťuje:

- nákladová hodnota,
- očekávaná hodnota,
- hodnota mýtní výtěže,
- čistá současná hodnota (výnosová hodnota).

Výpočetní postupy nacházejí u nás v současnosti uplatnění při úředním oceňování (např. použití ve stávající oceňovací vyhlášce) za účelem stanovení administrativní (úřední) ceny, tj.:

- a) ceny věcné, zjištěné metodou věkových hodnotových faktorů (VHF), což je postup stanovení celkové hodnoty lesa jako součtu jednotlivé hodnoty lesního pozemku a hodnoty lesního porostu;
- b) ceny výnosové, zjištěné zjednodušeným způsobem oceňování, tj. metodou čisté současné hodnoty (ČSH) jako reprezentanta výnosového přístupu k ocenění lesního porostu aplikovatelnou pro jakoukoliv velikost lesního majetku.

Významným pomocníkem při užití výpočetního postupu a při zvyšování efektivnosti zpracování znaleckých posudků je specializovaný lesnický software. Zde můžeme uvést např. program ZNALEC verze 4.3, který kromě vlastního ocenění v souladu s platným cenovým předpisem nabízí ještě řadu dalších užitečných funkcí:

- přiblížení se tržní hodnotě (ceně obvyklé) použitím výnosových modelů konstruovaných jako modely na bázi čisté současné hodnoty či rozšíření programu o uživatelskou sortimentaci podle výčetní tloušťky nebo podle věku porostu;
- využití digitálních LHP ve formátu XML, což je formát ISLH;
- zpracování základních charakteristik lesního majetku (např. věková a dřevinná struktura), ze kterých vyplývá předpoklad pravidelných či nepravidelných výnosů a nákladů na lesním majetku apod.

Co se zatím v platném cenovém předpisu nepoužívá, je aplikace klasické výnosové (důchodové, kapitálové) metody, tedy výpočet celkového ocenění větších lesních majetků (nad zhruba 50 ha, přičemž v Rakousku je touto hranicí již 20 ha) kapitalizací roční pravidelné renty reprezentované vyrovnaným či nevyrovnaným hospodářským výsledkem za delší časové období. Jako hlavní příčina absence této metody v praxi byla neochota ministerstva financí začlenit tuto metodu do obecně závazného právního předpisu (oceňovací vyhlášky) z důvodu nedoložení dlouhodobě dosahované rentability hospodaření lesních majetků ze strany odvětví a s tím související použití odůvodněné výše kapitalizační úrokové míry dosahované v lesním hospodářství po roce 1989. Je zajímavé, že z centrálních orgánů státní správy za uplynulých 20 let požadavek na zjištění takovéto informace dosud nezazněl, přičemž výnosový způsob je při oceňování komerčních staveb v legislativě běžně používán.

Při použití porovnávací metody (srovnávacího postupu) obecně vyplývají následující typické problémy:

- srovnatelnost objektů,
- četnost výskytu srovnatelných případů,
- časová blízkost srovnatelných případů,
- prostorová blízkost srovnatelných případů,
- dokumentace srovnatelných případů (např. statistika o kupních cenách),
- abstrahování od subjektivních vlivů, které by mohly ovlivnit tvorbu ceny.

Přes tyto zřejmě obtíže se dává v mnoha případech, pokud je to možné, přednost srovnávacímu postupu. Přitom ocenění nemusí být tímto postupem vůbec chybně vypočítáno. Srovnávací postupy mohou být v principu aplikovány vždy. V oceňování lesa je v zahraničí jejich těžiště při oceňování pozemků a při oceňování nemovitostí.

Porovnávací metodu musíme spojovat s požadavky na tržní oceňování, na stanovení tržní hodnoty, která se stále více a více od různých orgánů vyžaduje při nejrůznějších majetkoprávních záležitostech. Problémy stanovení tržní ceny (pozn.: dle terminologie zákona o oceňování se jedná o „obvyklou cenu“) a jejím uplatněním se ponejvíce zabývají odhadci a znalci v oboru ekonomika, odvětví ceny a odhady se specializací na oceňování lesa, kteří prakticky vykonávají znaleckou činnost a mají již solidní znalosti při jejím stanovování, přičemž vycházejí z využití vlastní databáze tržních cen (ZÁDRAPA 2011), neboť není dosud k dispozici celostátní databáze prodeje lesních nemovitostí, aby se mohl v závislosti na ceně uvedené ve znaleckém posudku stanovit koeficient prodejnosti také pro lesní nemovitosti jako je tomu u staveb. Dosavadní pokusy v lesním hospodářství vytvořit a sdílet nějakou společnou databázi tržních cen lesa, která by s ohledem na počet těchto případů byla dostatečně reprezentativnější než obdobné omezené databáze jednotlivců, zatím nebyly úspěšné. Tržním stanovením hodnoty lesa jako takovým (bez použití porovnávací metody) se zabývali také NEJEDLÝ (2004) a DOHNANSKÝ (2005).

Tvorba alternativního lesního hospodářského plánu na podkladě provozní inventarizace a důsledky pro oceňování lesa

Pro zařízení lesů v České republice se dnes běžně používá metoda hospodářské úpravy lesa vycházející ze soustavy věkových tříd a z teorie normálního lesa, která plně vyhovuje při zařizování lesů s jednodušší, především druhově diferencovanou strukturou. Soustava věkových tříd je zakotvena i v současném zákoně o lesích a jeho prováděcích vyhláškách. Hospodářská úprava lesů obhospodařovaných výběrným způsobem je vzhledem k jejich současné malé rozloze v České republice řešena pouze okrajově, a to odvozením závazného ustanovení plánu maximální celkové výše těžeb.

Návrh nové metodiky tvorby lesního hospodářského plánu (LHP) na podkladě provozní inventarizace reaguje na požadavky přírodně bližšího hospodaření a vytváření lesů s bohatou strukturou. Návrh využívá principů kontrolních metod. Tato alternativní metoda zavádí nové pojmy a některé odlišnosti při tvorbě LHP. MŽP usiluje o to, aby tato metoda po široké odborné diskusi byla z hlediska legislativního uznána za rovnocennou k současné metodě hospodářské úpravy lesů.

V hospodářské úpravě lesů na podkladě (bázi) provozní inventarizace se zavádí nová jednotka pro zjišťování stavu lesa, plánování hospodářských opatření a pro kontrolu hospodaření, tzv. typ vývoje lesa, konstruovaný na základě agregace vývojově podobných, plošně zastoupených souborů lesních typů. Dalším nově zavedeným pojmem je typ porostu, který je obecnou typizační jednotkou lesních porostů

a segment typu porostu, který představuje část typu porostu se stejným nebo podobným obhospodařováním. Pro každý typ vývoje lesa se sestavují přehledné směrnice hospodaření, ve kterých se stanoví dlouhodobý cíl hospodaření a zásady postupu při obhospodařování aktuálních typů porostů a jejich segmentů.

Novinkou je využití statistické provozní inventarizace pro zjištění stavu lesa. V provozní inventarizaci se využívá systém stratifikátorů a klasifikátorů zjišťovaných na trvalých kruhových inventarizačních plochách.

Odchylná je i náplň venkovních prací pořizovatele. Nejde přitom o klasický popis porostů, ale o klasifikaci nejnižších jednotek rozdělení lesa podle jejich příslušnosti k typům vývoje lesa, k typům porostů a jejich segmentům. Poněkud odlišný je i přístup k podrobnému plánování při venkovních pracích pořizovatele.

Porost a porostní skupina se v nové hospodářské úpravě lesů vytváří na základě odlišných kritérií než je tomu při zařízení lesa metodou věkových tříd. Porost se v rámci dílce stává víceméně trvalou jednotkou rozdělení lesa, postavenou na stanovištním základě. Porostní skupina pak v rámci porostu sdružuje ty části lesa, které se budou obhospodařovat stejným nebo podobným způsobem.

Při konstrukci nejnižších jednotek rozdělení lesa a při zjišťování údajů pro výpočet závazných ustanovení plánu se v nové pořizovací metodě nepoužívá věk, který figuruje pouze dočasně jako pomocná veličina u porostů dosud nediferencovaných pro jejich postupnou přeměnu.

Vzhledem k tomu, že se v nové pořizovací metodě zjišťuje stav lesa v podstatně plošně rozsáhlejších jednotkách než jsou porostní skupiny, mění se i obsahová náplň hospodářské knihy, hlavního informačního zdroje při stávajícím ocenění lesních porostů u zařízených lesů. V hospodářské knize proto nejsou pro porostní skupiny uvedeny žádné taxační veličiny; plánování hospodářských opatření probíhá v zásadě verbálně, případně v technických jednotkách vztažených ke konkrétní ploše porostní skupiny.

Každá porostní skupina je pouze adresátem diferencovaných hospodářských opatření a má zpočátku nezastupitelnou funkci orientační a evidenční. Hospodářská kniha se může omezit jen na nezbytné informace týkající se identifikace porostů, informace o plánovaném hospodářském opatření a na stručnou hospodářskou evidenci.

Co se týče údajů o stavu lesa v hospodářské knize, tak

- a) pro porost se uvádí jeho příslušnost k typu vývoje lesa, kategorie lesa, zvláštní statut, pásmo ohrožení a příslušnost k organizační jednotce lesního hospodářského celku (LHC);
- b) pro porostní skupinu se uvádí její příslušnost k typu vývoje lesa, k typu porostu a jeho segmentu, dále převažující lesní typ, věk té stromové vrstvy, na kterou se klade hlavní hospodářský důraz (pokud je možno jej stanovit), přítomnost stromových vrstev, uznané zdroje reprodukčního materiálu a katastrální území.

Novou náplň mají i lesnické mapy. Pořizovatel při své pochůzce tvoří porostní mapu s ohledem na kritéria pro vytváření nových jednotek rozdělení lesa. Porostní mapa v novém pojetí vypouští informaci o věku, a naopak vymezením typů vývoje lesa, typů porostů a jejich segmentů sděluje lesníkovi, na jakém stanovišti pracuje a v jaké vývojové fázi (či fázi přeměn) vzhledem k dlouhodobému cíli se porost nachází.

Analýza dostupnosti vstupních dat do oceňování lesa

Současný obsah a struktura informací potřebných pro oceňování produkční funkce lesa věkových tříd je reprezentován následujícími informačními zdroji:

- data z vlastního venkovního šetření provedeného znalcem;
- data z LHP/LHO, což je základní a hlavní zdroj informací, který se využívá jako nástroj vlastníka lesa (pozn.: v případě, že pro ocenění nejsou tyto informace k dispozici, musí se taxační veličiny zjistit venkovním šetřením);
- data oblastního plánu rozvoje lesa (OPRL), především lesní typy v typologické mapě pro stanovení SLT a obmýtlí v případě, že ho nelze zjistit v LHP/LHO.

Informační zabezpečení současných postupů při oceňování lesa je odvozeno od legislativních ustanovení v platné oceňovací vyhlášce Ministerstva financí ČR. Při vlastním provádění oceňování lesního pozemku a lesního porostu je základním principem pouze výměra. Pochopitelně, že při tvorbě oceňovacích modelů se musí vycházet z rozdílných produkčních schopností jednotlivých skupin lesních dřevin vyjádřených jejich zásobou v době obmýtlí (pozn.: je to otázka použitých růstových modelů a na ně navazujících sortimentačních modelů). Současný stav bude muset být do budoucna změněn a bude nutné začít se zabývat oceňováním lesního porostu nejen na základě plošných jednotek (výměra v m²), ale i objemových jednotek (zásoba v m³).

Struktura současných informací pro potřeby oceňování lesa, doplněná o cenové přírázky a srážky, je následující:

a) Lesní pozemek

- SLT,
- cenové srážky:
 - kategorie lesů,
 - pásmo ohrožení,
 - tvar lesních pozemků,
 - omezení hospodaření na lesních pozemcích,
 - antropogenní půda,
 - zhoršené odtokové poměry,
 - terénní překážky.

b) Lesní porost

- dřevina (skupina dřevin) – jehličnaté, listnaté (tvrdé, měkké),
- zastoupení dřeviny (skupiny dřevin) v lesním porostu,
- věk dřeviny (skupiny dřevin),
- bonitní stupeň (AVB/RB),
- obmýtlí,
- zakmenění,
- cenové přírázky a srážky:
 - kategorie lesů,
 - stupeň poškození,
 - kvalita (např. hniloba, korunové zlomy, cenné výřezy, les nízký, souše mimo imisní les, nižší produkční schopnost, nižší zpeněžení sortimentů nebo rozdílné těžební náklady),
 - poloha (přibližovací vzdálenost, únosnost podloží, sklon svahu).

Na cenové srážky a přírážky je nutno pohlížet jako na neoddelitelnou součást ocenění každého objektu.

Při současném způsobu ocenění lesního porostu se ve výpočtu dále objevují veličiny:

- věkový hodnotový faktor,
- věkový koeficient lesního porostu,
- koeficient prodejnosti,
- cena mýtní výtěžky skupiny dřevin ve věku obmýti „u“ pro příslušný bonitní stupeň,
- náklady na zajištěnou kulturu,
- součinitel srovnávací bonity,

kteřé musí být rovněž zjištěny a doplněny do výpočetního vzorce podle použitého metodického přístupu (u věcného ocenění) a jsou de facto závislé na konkrétních porostních veličinách. Věkový koeficient lesního porostu byl do ocenění lesních porostů začleněn z důvodu vyjádření likvidity porostu. Koeficient prodejnosti je sice součástí výpočtu, ale jeho hodnota 1,00 je dlouhodobě neměnná, protože pro prodeje lesních majetků neexistuje databáze cen zjištěných a cen sjednaných a jejich statistické vyhodnocení.

Poznámka: Ve vyhlášce č. 55/1999 Sb., o způsobu výpočtu výše škody nebo újmy způsobené na lese, se vychází z plochy, na které došlo ke škodě s jedinou výjimkou, kterou je krádež dřevní hmoty na pni, kde z důvodu usnadnění výpočtu tohoto druhu škody v lesnické praxi se vychází ze škody vztažené na 1 m³.

V téže vyhlášce při výpočtu výše škody u výběrného lesa se při práci na novelizaci škodní vyhlášky navrhuje změnit ustanovení o provedení inventarizace zásob podle věkových stupňů na inventarizaci zásob podle tloušťkových stupňů.

VÝSLEDKY

Nové přístupy a nové chápání významu lesa, rozšířené o ekologické a funkčně vyvážené pojetí zásadním způsobem mění a ovlivňují představy o dalším vývoji druhové a věkové skladby lesních porostů. Tím samozřejmě mění i podmínky a požadavky na hospodářskou úpravu lesů. V některých případech jsou podstatně ovlivněny i samotné možnosti dosavadního způsobu zjišťování a uplatňování taxačních veličin v lesích s bohatou strukturou, k nimž by měl další vývoj směřovat.

Mezi takto ovlivněné taxační veličiny patří např. střední věk porostu, který se bude s narůstajícím rozrůzněním v rámci jednoho porostu čím dále obtížněji zjišťovat a úměrně s tím bude ztrácet i na svém určujícím významu, a to jak pro samotný popis porostu, tak pro plánování hospodářských opatření i pro odvození předepsaných údajů v dílech hospodářské úpravy. Je zřejmé, že pojem „průměrný věk“ a s ním spojené údaje, které jsou na něm závislé, bude postupně ztrácet na významu. Nahrazen bude patrně určením zralosti jednotlivých stromů na základě jejich dimenzí – tloušťková třída a výška.

Další důležitou veličinou, jež bude revidována, bude obmýti. Dále budou v takovémto lese postupně zanikat dosud nepostradatelné taxační pojmy jako obnovní doba, předmýtní a mýtní těžba i pojmy jako zajištěná kultura, výchova do 40 let apod. U jiných veličin se změny jejich vypovídací hodnota a použitelnost v dosavadním pojetí (např. zakmenění, bonita nebo hlediska „normality lesa“). Posláním a úkolem nově vyvíjené alternativní metody provozní inventarizace

je proto reagovat na tyto skutečnosti a nalézt nová kritéria a způsoby odvození taxačních veličin nezbytných pro tvorbu hospodářských plánů a jejich provozní i kontrolní využití ve změněných podmínkách. Postupy zjišťování či odvozování nových taxačních veličin souvisejících s popisem porostů bohatých struktur jsou v kompetenci hospodářské úpravy lesa.

S rozšiřováním zvláště chráněných území a s trendem přírodě bližšího hospodaření v lesích lze reálně předpokládat, že se lesní hospodářské plány zpracované na podkladě provozní inventarizace (ČERNÝ et al. 2004) budou rozšiřovat. Ocenění lesů (zjištění hodnoty lesního majetku) zařízeníých tímto novým způsobem pak může sloužit nejen interním potřebám Agentury ochrany přírody a krajiny ČR, ale i běžným majetkoprávním transakcím, pokud by přišel v úvahu prodej, směna, arondace, komasace apod. S ohledem na stávající právní ustanovení k oceňování lesního majetku na principu věkových tříd bude však současný metodický přístup k ocenění při rozšiřujícím se použití provozní inventarizace stále problematičtější, a proto bude potřeba se na novou situaci zavčas teoreticky připravit.

Požadavky na nový informační systém

Nový informační systém by měl být doplněn o informace, které by bylo možné získat z děl hospodářské úpravy lesa a pouze v případě potřeby překontrolovat jejich správnost jednoduchými metodami. Všechny níže uvedené nové veličiny pro praktické oceňování lesa rovněž odrážejí informační potřebu na provádění ekonomických kalkulací a hodnocení ekonomické efektivnosti při hospodaření v bohatě strukturovaných lesích, tedy pro ekonomické modelování zcela jiného objektu než dosud.

Struktura zásoby:

- celkové zásoby,
- cílové zásoby,
- v tloušťkové třídě,
- na dřevinu,
- vyjádřená výčetní kruhovou základnou.

Struktura tloušťková:

- výčetní tloušťka,
- rozdělení počtu kmenů podle tloušťkových stupňů (stupeň po 4 cm, 5 cm atd.),
- cílová tloušťka kmenů,
- těžba stromů cílových tlouštěk (do 52 cm).

Struktura (rozdělení) počtu kmenů:

- celkem,
- v tloušťkových stupních,
- diagram počtu kmenů.

Výšky:

- bonita horní výšky,
- stanovištně podmíněné bonity výběrného lesa v dané růstové oblasti,
- výšková křivka.

Výše uvedené informace by měl umět „produkovat“ nejen taxátor, ale i znalec při ocenění lesního porostu.

Identifikace problémů se zabezpečením vstupních dat

U bohatě strukturovaných lesů se de facto ztrácí možnost využití základního hospodářského údaje, který v lese pasečném vypovídá o cíli hospodaření vlastníka lesa, tedy o produkci, čase, těžebních možnostech atd., kterým je obmýtí. V ekonomických kalkulacích se tím ztratí i možnost provádět optimalizační výpočty při stanovení ekonomického (finančního) obmýti. A s tím souvisí u nesterajnových smíšených lesních porostů také použití jednotného věku porostu jako vstupní charakteristické veličiny při oceňování celého lesního porostu.

Na základě dosavadních analýz je zřejmé, že pro potřeby výpočetního postupu bude nutné doplnit informační základnu ocenění o tyto údaje vztažené k jednotlivým skupinám dřevin:

- struktura porostní zásoby (v m³),
- struktura tloušťková (výčetní tloušťka v cm),
- struktura počtu kmenů (ks),
- výšková křivka (v m),

což je zásadní změna oproti stávajícímu stavu v oceňování lesa věkových tříd.

Tím se zrealizuje i přechod z varianty oceňování lesa podle výměry na variantu oceňování lesa podle objemu porostní zásoby (dřevní hmoty).

Z provedené analýzy současných potřeb informačního zabezpečení ocenění lesních pozemků a lesních porostů vyplývá, že pro ocenění lesů bohatých struktur se situace začíná komplikovat především v oblasti disponibility nových informací a jejich praktické dostupnosti ze strany znalců.

Informační standard lesního hospodářství vydaný MZe ČR odráží současný stav hospodářské úpravy lesů, takže plně odpovídá zařazení lesů metodou věkových tříd. Metoda hospodářské úpravy lesů na bázi provozní inventarizace nevyužívá současný informační standard v plném rozsahu, neboť část již definovaných objektů a jejich charakteristik nepoužívá. Na druhé straně však alternativní metoda hospodářské úpravy lesů zavádí řadu nových objektů včetně jejich charakteristik a vytváří pro ně své vlastní interní číselníky, které vyžadují úpravu současného informačního standardu lesního hospodářství.

DISKUSE

Z výše uvedeného vyplývá pro ocenění lesa bohatých struktur ve srovnání s oceněním lesa věkových tříd (pasečného lesa vysokokmenného) následující:

- 1) Nutnost přechodu z ocenění podle výměry (m²) na ocenění podle objemu porostní zásoby (m³) a potřeba pracovat přímo s existující porostní zásobou k rozhodnému okamžiku ocenění.
- 2) S ohledem na charakter pěstování lesa bohatě strukturovaného nemožnost použití obmýti a jeho nahrazení cílovou tloušťkou.
- 3) S ohledem na charakter pěstování lesa bohatě strukturovaného (více etází na stejné ploše) nemožnost použití zakmenění.

Při oceňování víceetážových porostů nebo porostů s přirozenou obnovou nesmí součet ploch jednotlivých etází překročit skutečnou výměru lesních pozemků v dané porostní skupině (§ 36 odst. 5 oceňovací vyhlášky), což má ve svém důsledku dopad na to, že na stejné ploše nemůže být použito více etází či různých zakmenění.

- 4) Nahrazení věku porostu novou veličinou, a sice výčetní tloušťkou (d1.3) v cm

Jestliže nebude možno pracovat s věkem stromové vrstvy, přičemž je nutno si uvědomit, že všechny taxační údaje pro porostní skupiny jsou v LHP zařízených na podkladě provozní inventarizace zjištěny na statistickém základě, údaj v hospodářské knize nemusí odpovídat konkrétní části lesního porostu, jež je předmětem ocenění.

Metodické přístupy k ocenění lesů bohatých struktur

Jedním z problémů, který bude s postupnou přestavbou porostů na výškově a tloušťkově diferencované porosty nabývat na významu, bude použití správné metody ocenění.

Následující druhy hodnot jsou výsledkem přibližně stejně označených oceňovacích metod (tab. 2), které bude nutno zjišťovat také u lesů bohatých struktur.

V podstatě je možno říct, že při věcném ocenění lze pro výběrný les vždy použít některou ze škály existujících oceňovacích metod jako pro les věkových tříd, neboť například pro:

- a) mýtně zralou, resp. k těžbě přípustnou část porostu se bude moci použít postupu pro stanovení hodnoty mýtní výtěže;
- b) mýtně nezralou, resp. k těžbě ještě nepřipustnou část porostu, by se mohlo použít rovněž metody mýtní výtěže, jelikož využití věkových hodnotových faktorů by bez stanoveného obmýti nebylo možné.

Tab. 2.

Druhy hodnot a oceňovacích metod používaných při oceňování lesa, resp. při oceňování lesních porostů
Types of values and valuation methods used in the forest valuation, resp. in the valuation of forest stands

Druhy hodnot/ Types of values	Oceňovací metody/ Valuation methods
Věcná hodnota (hodnota substance)/ Substance value	Metoda věkových hodnotových faktorů (VHF)/ Method of age value factors
Nákladová hodnota/ Cost value	Nákladová metoda/ Cost method
Očekávaná hodnota/ Expected value	Metoda mýtní výtěže/ Final cutting method
Hodnota mýtní výtěže/ Final cutting value	Metoda mýtní výtěže/ Final cutting method
Výnosová hodnota/ Yield value	Výnosová metoda (metoda ČSH)/ Yield method (net present value)
Jednotlivá hodnota/ Individual value	
Dílčí hodnota/ Partial value	
Celková hodnota/ Total value	Výnosová (důchodová, kapitalizační) metoda/ Yield (capitalization) method

Zdroj: SAGL (1988, 1995), upraveno
Source: SAGL (1988, 1995), arranged

Výsledek ocenění bohatě strukturovaných lesů, tedy hodnota porostu výběrného lesa, by se pak získala součtem hodnot částí ad a) + části ad b).

Z výše provedené analýzy vyplývá, že těžiště problematiky ocenění bohatě strukturovaných lesů bude spočívat nikoliv ve změnách v samotné teorii oceňování lesa a v ekonomických konstrukcích dosud používaných metod ocenění, nýbrž v jejich modifikaci vyvolané nutností pracovat s novými informacemi popisujícími jak stav, tak i vývoj těchto porostů.

Při analýze stávajících postupů oceňování lesa spojených s pasečným hospodářským způsobem a předpokládaných nových postupů svázaných s bohatě strukturovanými lesy (výběrný způsob hospodaření) byly zjištěny ještě další související skutečnosti, které budou muset být předmětem dalšího šetření, aby navržené způsoby zjišťování a získávání terénních údajů (optimalizace nejen použitých dendrometrických metod, ale i množství zjišťovaných dat) a použité oceňovací postupy pro výběrný či trvale tvořivý les byly prakticky realizovatelné a poskytovaly uspokojivé výsledky z hlediska přesnosti, nákladovosti i rychlosti (pracnosti).

Musí být věnována také pozornost dodatečnému prozkoumání a zodpovězení otázek souvisejících s jinými vědními obory a tyto závěry promítnout do oceňování lesa jako je např.:

- oblast pěstební – modely pěstebních opatření,
- oblast produkční – růstové porostní modely a přírůsty,
- oblast demonstrační – zakládání vhodných objektů pro možnost ověřování,
- oblast informační – ekonomické dopady modelování různých způsobů hospodaření a vazba na disponibilní údaje (např. vazba na provozní inventarizaci lesů),
- oblast metodická – zpřesnění či modifikace oceňovacích přístupů, transfer nejnovějších poznatků ze zahraničí,
- oblast informačně technologická – sběr digitálních dat o porostu jako vstupních dat pro efektivní zpracování ocenění (znaleckých posudků) s využitím výpočetní techniky apod.

Existují další oblasti, které bude nutno také zkoumat a vyhodnotit jejich dopady do oceňovacích přístupů. Například při porovnání obrysových map LHP zařízených metodou věkových tříd a metodou provozní inventarizace stojí u nového přístupu za povšimnutí velkorýsé slučování porostních skupin a nepodchycení obnovy lesa. Přitom právě tento fakt – nepodchycení obnovovaných prvků – lze vnímat jako problém. V rámci celého LHC se výkyvy sice zčásti vyrovnají, ale u jednotlivých segmentů to výslednou cenu lesních porostů ovlivní poměrně výrazně. Na jedné straně je nutno si uvědomit, že předmětem ocenění mohou být rovněž malé lesní majetky, tak jak tomu je reálně z hlediska vlastnických vztahů k lesním pozemkům, na druhé straně je otázkou, zda-li se změna pasečného hospodaření na bohatě strukturované lesy nebude kromě zvláště chráněných území dotýkat především větších lesních majetků.

ZÁVĚR

Nové, moderní pojetí lesního hospodářství související s uplatněním nové metody hospodářské úpravy lesů na podkladě provozní inventarizace by mělo najít další provozní uplatnění také mimo oblast národních parků. Nová metoda by měla být plně integrována v rámci standardizačních podmínek jako alternativní, plnohodnotná metoda hospodářské úpravy k použití všem majitelům lesa, kteří se pro její uplatnění rozhodnou. Podmínkou jejího obecného uplatnění jsou i některé úpravy stávajících právních předpisů. Nemělo by se však přitom zapomenout také na potřeby ocenění lesních porostů za zcela jiného informačního zabezpečení než je tomu v současnosti.

Bez přepracování taxace metodou věkových stupňů, resp. bez výrazného doplnění údajů pro potřeby současně platné oceňovací vyhlášky, poskytuje metoda provozní inventarizace údaje v podstatě nepoužitelné.

Ekonomický pohled na nestejnověké, přírodě bližší obhospodařování lesa umožní lépe pochopit principy těchto hospodářských způsobů a vyjít z nich při následných úvahách o nejvhodnějších přístupech k ocenění lesů bohatých struktur, jelikož praktická potřeba znalosti jejich hodnoty bude s jejich rozšiřováním logicky narůstat. Transfer zahraničních poznatků a praktických zkušeností je jednou z efektivních cest, jak v této oblasti rychle vybudovat vlastní znalostní základnu a využít ji pro aplikaci v podmínkách lesního hospodářství České republiky. Nové poznatky bude rovněž vhodné následně promítnout i do úpravy legislativy a pracovních postupů při výkonu znalecké činnosti.

Poděkování:

Článek vznikl jako jeden z výstupů řešení projektu Interní grantové agentury (IGA) Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně č. 65/2010 „Analýza možností ocenění lesů bohatých struktur“ a MSM 6215648902/2/2/2, řešeném na Ústavu lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky v letech 2010 – 2012.

LITERATURA

- ČERNÝ M. et al. 2004. Metodika tvorby lesního hospodářského plánu na podkladě provozní inventarizace, projekt řešený za finanční podpory grantové agentury Ministerstva životního prostředí Vav/620/04/00 a Vav/640/04/03. Jílové u Prahy, Ústav pro výzkum lesních ekosystémů: 215 s.
- DOHNANSKÝ T. 2005. Tržní oceňování lesních majetků. Lesnická práce, 84: 302-304.
- DUDÍK R. 2004. Ekonomické aspekty výběrného způsobu hospodaření na ŠLP Masarykův les Křtiny. Disertační práce. Brno, MZLU v Brně: 238 s.
- DUDÍK R. et al. 2010. Ekonomické souvislosti obhospodařování lesů bohatých struktur – zahraniční zkušenosti. Brno, MU v Brně: 146 s.
- FAUSTMANN M. 1849. Berechnung des Werthers, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 20: 441-455.
- MATĚJČEK J., SKOBLÍK J. 1993. Oceňování lesa I – všeobecný úvod

- do problematiky. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR v Agrospoji: 172 s.
- MÖLLER A. 1922. Der Dauerwaldgedanke. Sein Sinn und seine Bedeutung. Berlin, Springer: 84 s.
- NEJEDLÝ A. 2004. Les jako investice. Lesnická práce, 83: 123-125.
- POLENO Z. 1999. Způsoby hospodaření ve vysokokmenném lese – II. Hospodářský způsob podrostní. Lesnická práce, 79: 54-55.
- ŘEHÁK J. 1959. Věkové třídy [slovníkové heslo]. In: Naučný slovník lesnický. III. díl. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 2319.
- SAGL W. 1988. Waldbewertung. Einführung für den Studiengebrauch. Studieneinrichtung. Wien: 145 s.
- SAGL W. 1995. Bewertung in Forstbetrieben. Berlin, Blackwell: 306 s.
- TESAŘ V. 1994. Les výběrný [slovníkové heslo]. In: Lesnický naučný slovník. 1. díl. Praha, Ministerstvo zemědělství: 474.
- Vyhláška č. 3/2008 Sb., o provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění vyhlášky č. 456/2008 Sb., vyhlášky č. 640/2009 Sb. a vyhlášky č. 364/2010 Sb. (oceňovací vyhláška)
- Vyhláška č. 55/1999 Sb., o způsobech výpočtu výše škody nebo újmy způsobené na lesích
- ZÁDRAPA, R. 2011. Tržní oceňování lesních majetků a lesních podniků. Studijní materiál k přednášce konané dne 22. 6. 2011. Brno.
- Základní lesnické názvosloví 1992. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 228.
- Zpráva. 2010. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009. Praha, Ministerstvo zemědělství: 112 s.

THE ANALYSIS OF CHANGES ANTICIPATED TO OCCUR IN THE INFORMATION ASSURANCE OF THE VALUATION OF RICH-STRUCTURED FORESTS

SUMMARY

Current classical methods of forest valuation primarily deal with the high forest and with the management of even-aged forest stands. A problem has emerged in the connection with the requirement of close-to-nature forest management methods – how to approach the valuation of rich-structured forest stands because the practical need of their valuation will continue to exist, be it for the reason of sale or purchase (Tab. 1, 2), incurred damage or its inclusion into the financial accounting of a forest enterprise.

The paper analyzes suitability of existing methodological procedures used in forest valuation and possibilities of their application or modification for a newly valued object. The subject of assessment is in the first place the information content of the existing method of preparing the forest management plan as well as the information content of the new alternative method based on the operational forest inventory. Results from the comparison of these two approaches show that the database available so far can be used also in forests managed by new methods. Furthermore, the paper brings proposals for the modification, replacement or supplementation of the existing mensurational indices so that the valuation of structured forest stands in the future could be carried out in practice without major problems, at least with the same quality as it is done today in the forest of age classes.

The obtained results will become a starting point in the further development of forest valuation as a scientific discipline, in the performance of expert activities and in the further development of business administration.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jiří Matějčíček, CSc., Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: 257 982 235; e-mail: matejcekjiri@seznam.cz

INOVAČNÍ AKTIVITY V LESNÍM HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY

INNOVATION ACTIVITIES IN FORESTRY OF THE CZECH REPUBLIC

LUCIE PUDIVÍTROVÁ - VILÉM JARSKÝ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

This article deals with innovations and their implementation in the Czech forestry. The situation was analysed using a questionnaire; we got the survey data from 132 face-to-face questioned respondents. In the last three years, 27 % of respondents implemented at least one innovation. The main positive factors for implementation of innovations were EU subsidies and co-operation with suppliers, customers and services. The most negative effect on implementation of innovations had lack of own financial resources and information on possible new products and services as well as high introduction costs. In the paper, there are also presented some differences in results in comparison with the similar survey carried out in 2001. The most important change concerns the type of implemented innovation, where in 2001 the biggest share of innovation type belonged to technological or organisational innovation, while according to current research it belongs to new products.

Klíčová slova: lesní hospodářství, inovace, dotazníkové šetření, Česká republika

Key words: forestry management, innovations, opinion survey, Czech Republic

ÚVOD

Z pohledu Evropské komise je lesní hospodářství nedílnou součástí venkovského prostoru, který pokrývá více než 80 % celkové plochy Evropské unie. Tyto oblasti jsou osídleny přibližně 56 % obyvateli. Zemědělství stejně tak jako lesnictví má důležitý význam zejména na venkově, kde v současné době dochází z různých důvodů k poklesu ekonomické vitality. Rozvoj venkova by měl zahrnovat nejen výrobu, ale i ekonomický potenciál rekreační funkce a ekologicky atraktivní bydlení. Od roku 1997 je lesnická politika považována za nedílnou součást Politiky rozvoje venkova Evropské unie (ELANDS, WIERSUM 2001). Rovněž v České republice je lesnictví považováno za důležitou část venkovských oblastí; lesy představují asi 34 % celkové rozlohy České republiky (Zpráva 2010). Hospodářský a sociální rozvoj naší společnosti (včetně rozvoje venkova) je významně ovlivněn vytvářením a zaváděním inovací. V současné době Evropská unie přikládá tomuto přístupu velký význam a inovace jsou považovány za motor budoucího udržitelného rozvoje. V tomto článku je inovační aktivita lesního hospodářství České republiky analyzována za pomoci dotazníku.

Za inovace se ve všeobecné rovině označuje úspěšné zavádění novinek (RAMETSTEINER, WEISS 2006). Prvním důležitým literárním zdrojem moderní inovační teorie je Josef Schumpeter (SCHUMPETER 1934). Ve své analýze ekonomiky se zaměřuje na podnikání a roli podnikatele v ekonomických procesech. Definuje inovace z širokého pohledu, jako nespojitě se vyskytující zavádění nových kombinací výrobních prostředků. NELSON a WINTER (1997) definují technologické inovace jako ne-triviální změny výrobků a procesů, se kterými nebyly dosud žádné předchozí zkušenosti. Dnešní výzkum vývojové ekonomiky

může být zařazen mezi tzv. „neo-Schumpeteriánský“, který se pokouší využít Schumpeterova konceptu k tomu, aby empiricky analyzoval jevy reálného světa (FAGERBERG 2002). Moderní literatura týkající se inovací rozlišuje přinejmenším dvě hlavní kategorie inovací – produkční (výrobní) a procesní (RAMETSTEINER et al. 2005). Výrobní inovace se týkají změn ve výstupech podniku či organizace a mohou to být výrobky nebo služby. Procesní inovace mohou být technologické nebo organizační (ve smyslu organizačních změn v podniku či organizaci). Definice inovací podle manuálu z Osla (Oslo manual 2005) je chápána takto: „Inovace představuje zavedení nového nebo podstatně zlepšeného produktu (zboží nebo služby), procesu, nové marketingové metody nebo nové organizační metody do podnikatelských praktik, organizace pracoviště nebo externích vztahů.“ Minimálním požadavkem pro inovace je, že produkt, proces, marketingová metoda nebo organizační metoda musí být pro podnik nová (nebo výrazně zlepšená). To zahrnuje produkty, procesy a metody, které podnik vytvořil poprvé a ty, které byly převzaty od jiných podniků nebo organizací (KRUS 2005).

Existují různé druhy inovací. Kromě inovací technické povahy (založených především na výzkumu) jde také o netechnické inovace, jako např. inovace v oblasti organizace a řízení (nové formy organizace práce, řízení kvality, procesní řízení apod.), inovace trhů, inovace modelu podnikání či o prezentační inovace (komplexní pojem pro inovace v oblasti designu a marketingu) (Národní inovační politika ČR 2005).

Tento příspěvek pojednává právě o inovačních aktivitách v lesním hospodářství České republiky a jeho hlavním cílem je zhodnotit začlenění inovací v lesním hospodářství na úrovni nestátních vlastníků lesů v České republice. Článek se opírá o dotazníkové šetření, které bylo

provedeno od listopadu 2009 do dubna 2010. Smyslem provedeného šetření bylo zjistit míru zavádění inovací v lesním hospodářství České republiky v posledních třech letech. Dalším cílem bylo porovnat výsledky dotazníkového šetření s obdobným šetřením, které se uskutečnilo v letech 2001 – 2002 (JARSKÝ 2002; ŠIŠÁK, JARSKÝ 2002).

METODIKA

Dotazník, tak jak byl použit v rámci dotazníkového šetření, je složen ze šesti částí:

- 1) otázky související s vlastnictvím lesa,
- 2) otázky související s inovacemi,
- 3) příznivé a nepříznivé faktory,
- 4) založení podniku,
- 5) osobní názor respondentů na rozvoj vybraných trhů a na lesní hospodářství obecně,
- 6) otázky související s jejich podnikáním.

Šetření bylo rozděleno do dvou částí: část první se týkala inovací a byla sestavena jednak pro respondenty, kteří zavedli v posledních 3 letech inovace (kolik a s jakými dopady, odkud se o možnosti dozvěděli, jak byly financovány a co nejvíce bránilo či podpořilo jejich zavedení) a pak pro ty, kteří inovace nezavedli (co jim v tom nejvíce bránilo). Pro úplnost bylo v dotazníku uvedeno, co by mohlo být považováno za inovaci: produkty nebo služby, které byly v souvislosti s užíváním lesa nabídnuty poprvé, nebo významné či radikální technické nebo organizační změny v pracovním procesu, které slouží ke splnění podnikových cílů s následujícími příklady:

- nový výrobek/produkt: např. dřevo k energetickému využití, vánoční stromky, pitná voda, jiné nedřevní produkty jako šterk a jiné suroviny, plody, houby,...
- nové služby: např. pronájem rekreačních objektů, naučné stezky, cyklistické trasy, rekreační koupání v rybnících, kempy, dovolená v lese, pořádání seminářů v příjemném prostředí, stělnice,...
- technické/organizační inovace: např. metody obhospodařování, zadávání určitých činností třetí osobě, sdružená správa či obhospodařování,...

Část druhá byla vyčleněna pouze těm respondentům, kteří v posledních 3 letech v souvislosti se svým lesním majetkem začali s novým podnikáním.

Metodicky byli vlastníci lesů osloveni nejprve korespondenční metodou, ale po předběžném ověření metody, kdy míra návratnosti dotazníků byla minimální, byla použita metoda osobního rozhovoru s vlastníkem lesa. Celkem výzkum pracoval se 132 vyplněnými dotazníky.

VÝSLEDKY

V první části jsou zobrazeny základní informace o respondentech – vlastníci lesa (tab. 1 a 2).

Tab. 1 shrnuje informace o vlastnické struktuře respondentů. Z uvedených údajů je patrné, že zhruba 60 % respondentů byli soukromí vlastníci lesů (osobní či rodinné vlastnictví) a z 1/3 se jednalo o vlastníky obecní.

Tab. 1.

Podíl typů vlastnictví (%)
Ownership share (%)

Vlastník/ Owner	Odpovědi/ Responses (%)
Já osobně/Myself – personal ownership	30
Obec nebo město/ Municipality or town	33
Rodinný majetek/Family co-ownership	30
Společenství podnikatelů/Co-owned forest	3
Ostatní/Others	4

Tab. 2.

Rozloha lesů
Forest area

Rozloha/ Area (ha)	Odpovědi/ Responses (%)
< 50	45
51 – 200	22
201 – 500	11
501 – 1 000	8
1 001 – 5 000	13

Tab. 2 ukazuje, že 45 % respondentů obhospodařuje lesní plochu o výměře menší než 50 ha, což odpovídá situaci v České republice, kdy většina vlastníků lesa obhospodařuje lesní plochu o výměře menší než 50 ha (Zpráva 1999). Výsledkem dotazníkového šetření při identifikování inovačních aktivit respondentů v posledních třech letech bylo, že za poslední tři roky zavedlo alespoň 1 inovaci 27 % respondentů. Podrobnosti popisující vztah mezi zaváděním inovací a rozlohou obhospodařované lesní plochy zobrazuje tab. 3.

Tab. 3.

Podíl inovujících respondentů v závislosti na rozloze lesa
Share of innovative respondents in dependance on forest area

Rozloha/ Area (ha)	Podíl inovujících respondentů/ Share of innovative respondents (%)
< 50	13
51 – 200	27
201 – 500	33
501 – 1 000	63
1 001 – 5 000	47
Total	27

Z tab. 3 je zřejmé, že podíl inovujících respondentů je závislý na rozloze lesních pozemků, které obhospodařují až do rozlohy 1 000 ha. Při rozdělení respondentů do dvou skupin: (i) na ty co obhospodařují lesy do 500 ha a (ii) nad 500 ha můžeme pozorovat významný rozdíl v zavádění inovací, kdy podíl inovujících respondentů ve skupině do 500 ha představoval 20 % z této skupiny, zatímco ve skupině nad 500 ha tvořil 51 % ze skupiny respondentů nad 500 ha. Historicky (např. Ústřední jednota československého lesnictva 1938) je hranice 250 ha považována jako limitující pro řádné a ekonomicky dostatečné

lesní hospodaření; v analýze byla zvolena hranice 500 ha jako nejbližší vyšší kategorie.

Šetření se zabývalo také typem zavedených inovací, kdy nový výrobek byl zaveden v 39 % případů, technologicko/organizační inovace v 32 % a nová služba v celkem 29 %. Z výsledků je patrné, že zavádění inovací ve všech třech oblastech je více méně vyrovnané.

Počet zavedených inovací v jednotlivých oblastech zobrazuje tab. 4.

Z tab. 4 je patrné, že ve většině případů vlastníci lesů zavedli pouze jednu inovaci. Dvě inovace byly nejčastěji zavedeny v případě nového produktu (30 %). Více než dvě inovace byly zavedeny v 15 % u nového produktu i služby.

Tab. 5 zobrazuje dopad inovací na hospodaření podniků. Naprostá většina vlastníků lesů, kteří zavedli nový produkt (54 %), službu (62 %) nebo technologicko-organizační inovaci (55 %) odpověděli, že zavedení inovace mělo pozitivní vliv na jejich podnikání. Žádný respondent, který zavedl nový výrobek nebo službu neodpověděl, že by toto zavedení inovace mělo negativní vliv na jeho podnikové výsledky. Více než jedna třetina všech respondentů (36 %), kteří zavedli nový produkt, odpověděla, že zavedení této inovace mělo velmi pozitivní dopad na jejich podnikové výsledky.

Dotazníkové šetření mělo rovněž odhalit, od koho vlastníci lesů získali prvotní impuls k zavedení inovací, přičemž respondenti mohli zvolit více možností. Mezi nejčastější odpovědi patřil podnět od spolupracovníka, vedení či předsednictva, dále pak od odborného lesního hospodáře nebo od zástupce orgánu státní správy lesů. Mezi další významné podněty byly jmenovány podněty od odběratelů nebo spotřebitelů, vlastníka/spoluvlastníka, z odborných časopisů či veletrhů a konferencí atd. Rovněž odborná školení hrají významnou roli. Podrobnosti zobrazuje tab. 6.

Na druhou stranu je možné říci, že role konzultantů stejně jako Agrární komory je velmi malá. Také dopad vědeckých seminářů a konferencí je malý v porovnání s prakticky zaměřenými semináři, kurzy a exkurzemi.

Jedním z dalších cílů dotazníkového šetření bylo identifikovat, jaké příznivé a nepříznivé faktory hrály roli při zavádění inovací. Výsledky ukázaly, že mezi nejdůležitějšími pozitivními faktory pro zavádění inovací patří dotace z evropských fondů a spolupráce s odběrateli a dodavateli. V porovnání s tím byl za nejvíce negativní vliv na zavádění inovací identifikován nedostatek vlastních finančních prostředků, vysoké zaváděcí/investiční náklady a nedostatek informací o možných nových výrobcích a službách. Na druhou stranu nulový negativní dopad na zavádění inovací měl nedostatek kvalifikovaných pracovních sil. Největší překážky pro implementaci inovací byly finančního charakteru. Jako další překážku vnímali respondenti nedostatek informací o úspěšně zavedených inovacích.

Samostatnou částí šetření bylo identifikovat, zda inovační jednání je odvozeno od představ, jakým směrem se bude lesní hospodářství ubírat. Tab. 7 zobrazuje názor respondentů na celkový rozvoj lesního hospodářství.

Otázka týkající se rozvoje lesního hospodářství byla rozdělena na dvě části – výhled za 5 a za 30 let s odstupňováním podle subjektivních kategorií: od „černě“ po „růžově“. Z dotazníkového šetření je patrné, že většina respondentů neočekává žádné podstatné změny v nadcházejících 5 letech, na rozdíl od dlouhodobého horizontu 30 let, kde většina respondentů vidí rozvoj buď „černě“ (42 %), nebo „růžově“ (39 %). Velmi malé procento respondentů očekává, že situace zůstane beze změn. Obr. 1 a 2 podávají informaci o tom, zda se názory na rozvoj lesního hospodářství liší podle toho, zda daný respondent zavedl či nezavedl v posledních letech inovaci.

Tab. 4.

Počet zavedených inovací
Number of implemented innovations

Typ inovace/Type of innovation	Počet zavedených inovací/ odpovědi Number of implemented innovations/ responses (%)		
	Jeden/One	Dva/Two	Více než dva/More than two
Nové produkty/New products	55	30	15
Nové služby/New services	80	5	15
Technicko-organizační inovace/Technological and organizational innovations	82	13	5

Tab. 5.

Dopad zavedených inovací
Impact of implemented innovation

Dopad/Impact	Nové výrobky/ New products (%)	Nové služby/ New services (%)	Technicko-organizační inovace/(%)
Velmi pozitivní/Very positive	36	12	5
Pozitivní/Positive	54	62	55
Neutrální/Neutral	11	27	35
Negativní/Negative	0	0	5
Velmi negativní/Very negative	0	0	0

Tab. 6.

Podnět k zavedení inovací

Stimulus for implementation of innovation

Impuls k zavedení inovací od/Sources of stimulus for implementation of innovation	Podíl/Responses share (%)
Spolupracovník/Co-worker	14
Lesní úřad/Forest office	14
(Spolu)vlastník/Owner or co-owner	11
Odběratel/Customer	11
Semináře, exkurze/ Courses, excursions	10
Časopisy/Journals	10
Odborné vzdělávání(školení)/Vocational training	9
Jiní vlastníci/Other forest owners	8
Dodavatel/Supplier	7
Univerzity,výzkumné ústavy/ Universities and research authorities	2
Workshopy, conference/ Workshops and conferences	2
Konzultanti pro regionální rozvoj/ Consultants for regional development	1
Agrární komora/Chamber of agriculture	0
Poradenské firmy/Consultancy companies	0
Jiné/Others	0

Tab. 7.

Vývoj lesního hospodářství v České republice

Development of forestry in the Czech Republic

Rozvoj/Development (%)	Střednědobý rozvoj, v nejbližších 5 letech/ Medium-term development in next 5 years	Dlouhodobý rozvoj, v příštích 30 letech/ Long-term development in next 30 years
Černě/ Gloomy	9	4
Spíše černě/Rather gloomy	23	42
Beze změn/Without changes	51	10
Spíše růžově/Rather optimistic	14	39
Růžově/Optimistic	3	5

Z obr. 1 zobrazujícího názory na rozvoj LH v krátkodobém horizontu 5 let je patrné, že podstatnější rozdíly mezi inovujícími a neinovujícími respondenty jsou pouze v kategoriích „spíše černě“ a „beze změn“. Inovující respondenti jsou v této časové hladině mírně pesimističtější než neinovující – negativně (černě a spíše černě) hodnotí budoucnost 36 % inovujících oproti 30 % neinovujících respondentů. Obr. 2 ukazuje, že podstatnější rozdíly mezi inovujícími a neinovujícími respondenty se vyskytují až v horizontu 30 let, kdy část neinovujících je stále přesvědčena o tom, že k žádným zásadním změnám nedojde, kdežto z inovujících respondentů tento názor nesdílí nikdo. Naopak inovující respondenti jsou v tomto horizontu výrazně optimističtější než neinovující – pozitivně (spíše růžově a růžově) hodnotí budoucnost 56 % inovujících oproti 39 % neinovujících.

DISKUSE

Aktuální dotazníkové šetření v roce 2009/2010 bylo provedeno na základě dotazníku z roku 2001 vypracovaného v rámci mezinárodního projektu INNOFORCE (Innovation and Entrepreneurship in Forestry in Central Europe). V porovnání s výsledky z roku 2001 (JARSKÝ 2002; ŠIŠÁK, JARSKÝ 2002) je možné pozorovat některé změny či vývoj inovačních aktivit v lesním hospodářství.

Změny podílu respondentů, kteří zavedli inovace, jsou nepatrné. Tab. 8 blíže zobrazuje toto porovnání.

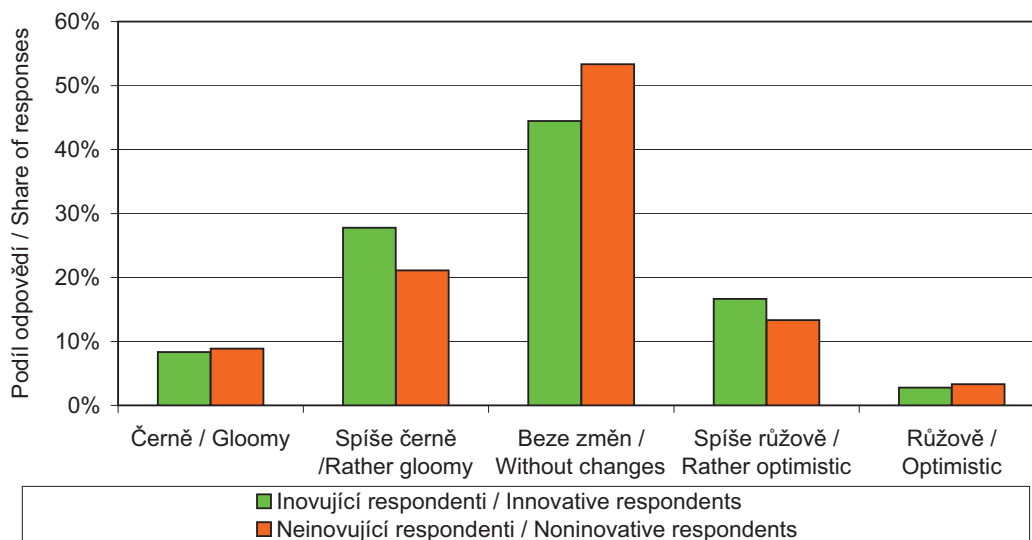
V tab. 8 je popsán mírný pokles podílu respondentů, kteří zavedli inovace. To může být vysvětleno rozdílnou metodikou dotazníkového šetření, kdy u prvního šetření byly respondenti dotazováni korespondenční metodou. U této metody je možné očekávat, že míra návratnosti dotazníků je ovlivněna zájmem respondentů o sledované téma, v tomto případě, že dotazníky byly navraceny převážně inovujícími respondenty.

Obr. 1.

Názory na rozvoj LH za 5 let

Fig. 1.

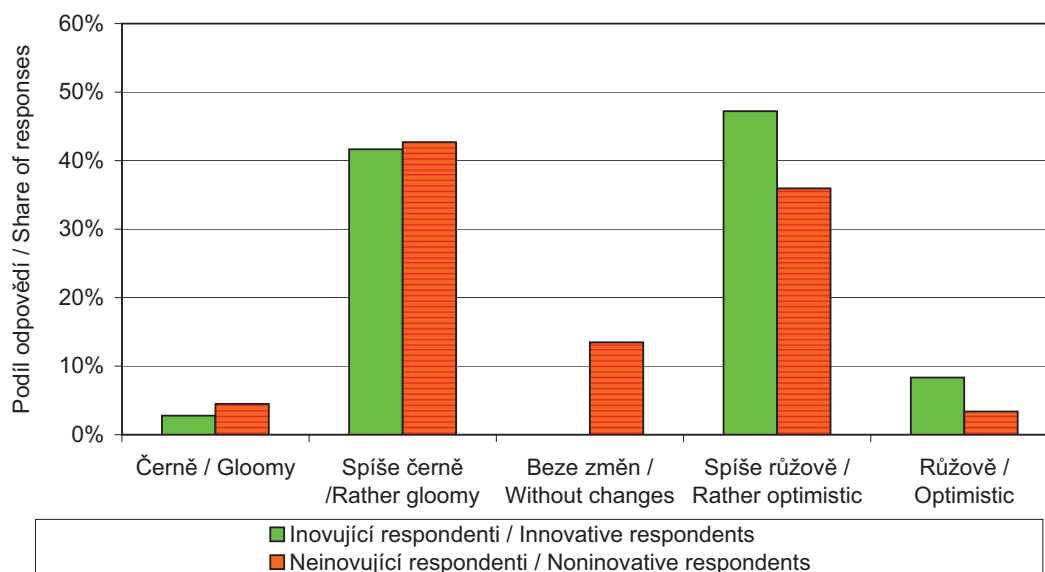
Opinions on the development of forestry in 5 years


Obr. 2.

Názory na rozvoj LH za 30 let

Fig. 2.

Opinions on the development of forestry in 30 years


Tab. 8.

Porovnání podílu inovujících respondentů

Comparison of the share of innovative respondents

Rok/ Year	Počet respondentů Number of respondents	Podíl inovujících respondentů/ Share of innovative respondents (%)
2001	192	31
2010	132	28

Hlavní rozdíly ve sledovaných šetřeních zobrazují následující tab. 9 až 12.

Tab. 9.

Porovnání typů zavedených inovací
Comparison of types of implemented innovations

Typ inovace/Type of innovation	2001 (%)	2010 (%)
Nové produkty/New products	21	39
Nové služby/New services	27	29
Technicko/organizační inovace/Technological and organizational innovations	51	32

Tab. 10.

Porovnání dopadu zavedených inovací
Comparison of the impact of implemented innovation

Dopad/Impact	2001 (%)	2010 (%)
Velmi pozitivní/Very positive	12	19
Pozitivní/Positive	67	57
Neutrální/Neutral	18	23
Negativní/Negative	3	1
Velmi negativní/Very negative	0	0

Tab. 11.

Porovnání pozitivních faktorů
Comparison of positive factors

2001	2010
Spolupráce s odběrateli, dodavateli, službami/ Cooperation with customers (suppliers, services)	Podpora z programů EU/ EU subsidies
Spolupráce s jinými vlastníky lesa/ Collaboration with other forest owners	Spolupráce s odběrateli, dodavateli, službami/ Cooperation with customers (suppliers, services)
Nabídky jiných podpor/ Publicly funded subsidies	Nabídka finančních služeb/ Offer of financial services

Tab. 12.

Porovnání negativních faktorů
Comparison of negative factors

2001	2010
Spolupráce s úřady a komorami/ Cooperation with the authorities	Málo vlastních finančních prostředků/ Lack of own capital
Málo vlastních finančních prostředků/ Lack of own capital	Vysoké zaváděcí náklady (investiční náklady, ...)/ High investment costs
Právní předpisy/ Legal regulations	Nedostatek informací o možných nových výrobcích a službách/ Lack of information on possible new products and services
Vysoké zaváděcí náklady (investiční náklady, ...)/ High investment costs	Zákony o ochraně přírody a životního prostředí/ Environmental laws

Z tab. 9 je patrné, že v roce 2001 byl největší podíl inovačních typů zastoupen u technologické nebo organizační inovace, zatímco v současném výzkumu byla nejčastěji zastoupena inovace ve výrobcích. Je dobře vidět, že došlo k zásadním změnám v inovačních aktivitách v lesním hospodářství České republiky. Zatímco před 10 lety byly dovršeny organizační a technologické změny v lesním hospodářství České republiky, v současnosti není již třeba dalších velkých změn tohoto typu. Zájem je přesměrován na rozvoj podnikání za pomoci zvýšené nabídky nových produktů.

Strukturu dopadů zavedených inovací ukazuje tab. 10.

Tab. 10 zobrazuje, že u otázek týkajících se dopadu na zavádění inovací není velkého posunu mezi dvěma provedenými dotazníkovými šetřeními. Žádná ze zavedených inovací v rámci obou šetření nemá velmi negativní dopad na podnikání.

Následující tab. 11 a 12 ukazuje, zda jsou či nejsou zaznamenány nějaké změny ve faktorech podporujících či bránících zavádění inovací ve sledovaných letech.

Tab. 11 ukazuje (v sestupném pořadí) nejdůležitější faktory, které měly velmi pozitivní vliv na zavádění inovací. Velmi významný vliv v obou sledovaných obdobích měla spolupráce se zákazníky, dodavateli a službami, dále je vidět rovněž rostoucí vliv veřejné podpory související především se vstupem České republiky do Evropské unie v roce 2004. V rámci dotazníkového šetření z roku 2010 jsou evropské dotace považovány za nejdůležitější faktor podporující zavádění inovací.

Tab. 12 zobrazuje (v sestupném pořadí) nejdůležitější faktory, které mají největší negativní vliv na zavádění inovací. Zde je patrné, že

finanční problémy hrají stále velký význam, i když z tab. 11 vyplývá, že nabídka finančních služeb se zvyšuje. V obou šetřeních jsou za faktor s negativním dopadem považovány právní předpisy (zejména týkající se životního prostředí a lesní zákony, ale také zákony týkající se pracovního práva), které brání určité podnikatelské činnosti (např. v oblasti cestovního ruchu). Pozitivním zjištěním tohoto šetření je, že došlo ke zlepšení spolupráce s úřady, která už není považována respondenty za překážku.

V současnosti existují rozdílné názory na význam technologických a organizačních inovací na straně jedné a produkčních inovací na straně druhé, avšak stále více se prosazuje konsensus v tom smyslu, že inovace jsou institucionálním procesem (EDQUIST 2001; MOULAERT, SEKIA 2000), a že to tedy není pouze podnikatel, kdo je zodpovědný za inovativnost firmy. Je nezbytné, aby inovace byly zakotveny v systému institucí, které je mohou podporovat. Hlavními součástmi inovačního systému (IS) jsou aktéři (hráči) a instituce. Za aktéry jsou považovány organizace, které jsou chápány jako záměrně vytvořené formální struktury s konkrétním účelem (EDQUIST, JOHNSON 1997). Instituce jsou chápány jako soubor zvyklostí, standardních postupů, pravidel, zákonů či nařízení, který reguluje vztahy a interakce mezi jednotlivci, skupinami a organizacemi. Jinými slovy – tvoří pravidla hry. A právě vztahy mezi aktéry a institucemi jsou důležité pro inovační aktivitu. V poslední době výrazně přibývají diskuse o fungování IS, což je důležité zejména tehdy, hodnotíme-li výkonnost IS a také při záměrném plánování inovační politiky (JOHNSON 2001). Základní funkcí IS je produkovat inovace, které jsou nové pro konkrétní trhy, šířit je a zajistit jejich využívání. EDQUIST a JOHNSON (1997) shrnuli funkce institucí v inovačním procesu do tří kategorií: snižování nejistoty poskytováním informací, řízení konfliktů a spolupráce a poskytování peněžních a nepeněžních podpor. Ve výše uvedeném dotazníkovém výzkumu se objevují minimálně tři oblasti – evropské fondy, právní normy a fungování úřadů, které jsou samotnými respondenty zmiňovány jako faktory, jež mají na zavádění inovací do LH v ČR významný vliv. Byl také identifikován velký prostor pro zlepšení zavádění inovací především pomocí pořádání odborných seminářů, školení či orientací konzultantských firem na tento sektor. Obecně tedy stále ještě není dostatečné povědomí o různých možnostech zavádění inovací do sektoru LH. Přestože v ČR je obecný systém inovací již funkční, o čemž svědčí například i dva samostatné operační programy: operační program Podnikání a inovace (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2010) či operační program Výzkum a vývoj pro inovace (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy 2008), není tento systém (jak dokazují i názory respondentů) do sektoru lesního hospodářství ještě dostatečně implementován.

ZÁVĚR

Výsledky dotazníkového šetření prokázaly, že zavedení inovací má na podnikové hospodaření vlastníků lesů pozitivní vliv. A protože podpora hospodaření je jedním z veřejných zájmů proklamovaných i v hlavě 7 lesního zákona č. 289/1995 Sb., je potřeba také podporovat zavádění inovací.

Inovační aktivity v lesním hospodářství České republiky jsou do velké míry závislé na rozloze lesa. Téměř 1/3 respondentů zavedla za poslední tři roky alespoň jeden typ inovací, nicméně v kategorii celkové rozlohy lesů nad 500 ha zavedlo inovaci více než 50 % respondentů (ze skupiny respondentů nad 500 ha). Z toho důvodu doporučujeme se v podpoře inovací soustředit na jednotlivé uvedené skupiny zvlášť. U podpory zavádění inovací u malých vlastníků lesů se především

zaměřit na podporu sdružování malých vlastníků lesů a podporu zavádění a uplatnění jejich výrobků na trhu, což obecně odpovídá podpoře malého a středního podnikání proklamovaného Evropskou unií. Přestože, jak ukázal výsledek šetření, je situace u vlastníků lesa nad 500 hektarů z pohledu zavádění inovací příznivá, i zde doporučujeme její další podporu, a to zejména v rámci podpory rozvoje venkovských oblastí. Je potřeba se zaměřit na podporu především takových inovací, které budou mít pozitivní dopad buď přímo na zaměstnanost v regionu, nebo podpoří rozvoj cestovního ruchu v dané oblasti.

Ve srovnání se situací před 10 lety nedošlo k žádnému nárůstu v podílu inovujících vlastníků lesů, ale došlo k výrazným změnám ve struktuře zaváděných inovací. Šetření z doby před 10 lety prokázalo, že nejčastěji jsou zaváděny organizační a technologické inovace, zatímco dotazníkové šetření z roku 2009/2010 ukázalo, že nejčastěji dochází k zavádění inovací produktu. Tato situace může být vysvětlena tím, že po velkých společenských změnách ve střední a východní Evropě v 90. letech minulého století hrály důležitou roli organizační (a z nich pramenící technologické) změny, které se projeví i v lesním hospodářství. Tyto zásadní změny (které je možné chápat dle definice jako inovace) byly téměř dokončeny na přelomu tisíciletí a zájmy vlastníků lesů a celá společnost byla přeorientována na nabídku rozšíření nových služeb a především nových produktů.

Důležitou roli ve výše popsané situaci (stejně jako v provedeném výzkumu) hrál vstup České republiky do Evropské unie v roce 2004 a s ním související přístup k možnosti využít finanční prostředky z evropských fondů (finance z předvstupní pomoci SAPARD pro Českou republiku nebylo možno využít pro sektor lesního hospodářství). V současné době neexistuje z možných opatření v rámci evropských dotací žádné přímé opatření na podporu zavádění inovací, přesto důležitou roli hrají opatření, která podporují zavádění inovací nepřímou, především opatření Programu rozvoje venkova na léta 2007 – 2013 (Rural development programme 2008). Z těchto důvodů doporučujeme do budoucna zavést pro oblast inovací v LH samostatné podpůrné opatření nebo alespoň do stávajících opatření přidat monitorovací indikátor, sledující zda dané opatření podporuje zavádění inovací v sektoru lesního hospodářství.

Šetřením bylo zjištěno, že cca 30 % respondentů zavedlo ve zkoumaném období alespoň jednu inovaci. Přestože nebylo provedeno statistické ověření průkaznosti výsledků (to nebylo cílem výzkumu), a tudíž nelze výsledky zevšeobecnit, je možno obecně konstatovat, že uvedená doporučení jsou jen parciálními kroky podporujícími lesní hospodářství. Proto, aby inovace zavádělo více vlastníků lesů, je potřeba nejprve dokončit implementaci inovačního systému do sektoru lesního hospodářství.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QI92A197 „Ekonomická a sociálně-ekonomická efektivnost a perspektivy existence a pěstování lesa nízkého v měnicích se přírodních a společenských podmínkách ČR“.

LITERATURA

- EDQUIST C., JOHNSON B. 1997. Institutions and organisations in systems of innovation. In: C. Edquist (ed.): *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*. London, Pinter: 41-63.
- EDQUIST C. 2001. Innovation policy – a systemic approach. In: D. Archibugi, B.-Å. Lundvall (eds.): *The Globalizing Learning Economy*. New York, Oxford University Press: 219-237.
- ELANDS B. H. M., WIERSUM K. F. 2001. Forestry and rural development in Europe: an exploration of socio-political discourses. *Forest Policy and Economics*, 3 (1-2): 5-16.
- FAGERBERG J. 2002. A layman's guide to evolutionary economics. Paper presented at the conference "Industrial R&D and Innovation Policy Learning – Evolutionary Perspectives and New Methods for Impact Assessment", organized by Norges Forskningsrad (SAKI) at Leangkollen, 18-19th April 2002. Leangkollen, Asker: 50 s.
- JARSKÝ V. 2002. Meaning of innovation in fulfillment of national public service in the forest. In: P. Šauer (ed.): *Environmental Economics, Policy and International Environmental Relations*. Papers presented at 9th seminar of PhD students, young scientists and researchers of Visegrad group countries. Praha, Nakladatelství a vydavatelství litomyšlského semináře: 145-151.
- JOHNSON J. D. 2001. Success in innovation implementation. *Journal of Communication Management*, 5: 341-359.
- KRUSS G. 2005. Working partnerships in higher education, industry and innovation financial or intellectual imperatives. Cape Town, HSRC: 253 s.
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2010. Operační program Podnikání a inovace 2007 – 2013. Praha: 160 s. Dostupné též na World Wide Web: <http://www.mpo.cz/dokument77958.html>
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. 2008. Operační program Výzkum a vývoj pro inovace 2007 – 2013. Praha: 164 s.
- MOULAERT F., SEKIA F. 2000. Innovative regions, social regions? An alternative view of regional innovation. [on-line]. [cit. 21. května 2001]. Dostupné na : www.barlett.ucl.ac.uk/course/Go13/moulaert.htm
- Národní inovační politika České republiky na léta 2005 – 2010. 2005. [on-line]. 50 s. [cit. 14. března 2011]. Dostupné na World Wide Web: <http://download.mpo.cz/get/26521/28902/315192/priloha001.doc>
- NELSON R. R., WINTER S. G. 1997. An evolutionary theory of economic change. In: Foss N. J. (ed.): *Resources, firms and strategies: a reader in the resource-based perspective*. Oxford, Oxford University Press: 82-102.
- Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data. 2005. Paris, OECS: 162 s.
- RAMETSTEINER E., WEISS G., KUBECZKO K. 2005. Innovation and Entrepreneurship in Forestry in Central Europe. Leiden, European Forest Institute: 250 s.
- RAMETSTEINER E., WEISS G. 2006. Innovation and innovation policy in forestry: linking innovation process with systems models. *Forest Policy and Economics*, 8: 691-703.
- Rural development programme of the Czech Republic for 2007 – 2013. 2008. Working document. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky: 375 s. Dostupné též na World Wide Web: http://eagri.cz/public/web/file/10574/RDP_November_2008.pdf
- SCHUMPETER J. A. 1934. The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. Cambridge, Harvard University Press: 255 s.
- ŠIŠÁK L., JARSKÝ V. 2002. Actual innovation and entrepreneurship behaviour in forestry in the Czech Republic. Report on results of forest holdings. [on-line]. Prague, Czech University of Agriculture: 63 s. [cit. 14. března 2011]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.efi-innoforce.org/>
- Ústřední Jednota Československého Lesnictva. 1938. Všeobecný lesnický adresář. Statistika o poměrech lesů, o organizaci správy lesních majetků a o lesních zaměstnancích. Ústřední Jednota Československého Lesnictva. Praha.
- Zpráva. 1999. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. Stav k 31.12. 1998. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky: 137 s.
- Zpráva. 2010. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009. Praha, Ministerstvo zemědělství: 112 s.

INNOVATION ACTIVITIES IN FORESTRY OF THE CZECH REPUBLIC

SUMMARY

Results of the enquiry showed that implementation of innovations has a positive impact on the business management of the forest owners. And because the support of business is one of the public interests which are proclaimed in Chapter 7 of the Forest Act no. 289/1995 Coll., support of implementation of innovation is also needed.

The innovation activities of the Czech forestry to a great extent depend on the size of forestry cultivated area. In the last three years, almost 1/3 of respondents implemented at least one type of innovation, nevertheless in the ownership category >500 hectares more than 50 % of respondents implemented at least one innovation. Because of that reason we recommend to focus on the support for innovation implementation with respect to these individual categories. As for the support of implementation of innovation for the small forest owners we suggest focusing mainly on the greater support of small forest owners associations and their market products, which generally corresponds to a promotion of small and medium-sized businesses proclaimed by the European Union. Although the results of the enquiry showed that the situation of forest owners in the category above 500 hectares is optimistic in terms of implementation of innovation, we also in this case strongly recommend further stimulation of the implementation of innovation, mainly in the framework of rural areas development. It is necessary to focus primarily on promoting such innovations which will have a positive direct impact on employment or promote tourism development in a certain area. In comparison with the situation 10 years ago there is no increase in the share of innovative foresters (forest owners) now, but there are significant changes in the structure of implemented innovation. Organizational and technological innovations were the most implemented types of innovation in the previous period, while new products are the most implemented innovation type today. The situation can be explained through big social changes in the Central and Eastern Europe in the 1990s and consequent important organizational and from that often resulting technological changes that also influenced the forestry field. Those essential changes (which can be understood as innovation according to the definition) were almost finished at the turn of millennium and the interests of forest owners and the whole society were reoriented to the further expansion of new services and above all new products.

The important role in this situation (that is also reflected in this paper) played the accession of the Czech Republic to the EU in 2004 and related possibility of financial subsidies from the European funds. At present, there is no supporting measure focused directly on implementation of innovations, nevertheless innovations are of high indirect importance, mainly within the frame of Investments in Forestry within the Rural Development Programme 2007 - 2013 (Rural development programme 2008). For the future we recommend the creation of an individual supporting measure for implementation of innovation or leastways the establishment of the proper monitoring indicators for evaluation of support of the innovation implementation.

However, the above mentioned recommendations are only partial steps for the support of forestry. In order to increase the number of forest owners who implement the innovations above the number found on the basis of the enquiry (more than 30 %) it is necessary, first of all, to complete the implementation of innovation system into forestry.

Recenzováno

ADRESA AUTORŮ/CORRESPONDING AUTHORS:

Ing. Lucie Pudivítrová, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství

Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát, Česká republika

tel.: 224 383 702; e-mail: pudivitrova@fld.czu.cz

Ing. Vilém Jarský, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství

Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát, Česká republika

tel.: 224 383 711 ; e-mail: jarsky@fld.czu.cz

ENERGETICKÝ AUDIT TECHNOLOGIE VÝROBY LESNÍ ŠTĚPKY

ENERGY AUDIT OF THE FOREST CHIPS PRODUCTION TECHNOLOGY

MILOSLAV KOTAS

Česká lesnická akademie Trutnov

ABSTRACT

The work is focused on the assessment of the fuel chips production technology from the locality "stump" up to delivery to the customer. Energy demand was assessed by using the LCA (Life Cycle Analysis) method with a special focus on the energetically most intensive part – operation. After the deduction of all energy costs, the technology is effective and brings additional energy of 18.39 GJ on the input to the customer for each delivered atoton of green chips with an average calorific value of the supplied chips amounting to 20 GJ.At⁻¹ (ŠIMANOV 1993). In the case of the customer Elektrárna Poříčí (Electric Power Plant), this means 1.8 MWh of energy that is supplied additionally with each ton of dendromass into the energy supply network. The highest energy demand is shown in the operational part (1.37 GJ.At⁻¹) where the most energetically intensive operation is removal of slash (0.64 GJ.At⁻¹). The second most demanding operation is haulage with a share of 0.43 GJ.At⁻¹ in total energy costs. Haulage effectiveness depends on the hauling distance and on the amount of dendromass transported per haul. The share of the technology manufacture in the total energy balance amounts only to 10% of energy costs. Results of this work facilitate a comparison with other technologies and establishment of procedures with the lowest demand of energy.

Klíčová slova: energetický audit, LCA, biomasa, potěžební zbytky

Key words: energy audit, LCA, biomass, harvesting residua

ÚVOD

Nárůst spotřeby energie a snižující se zásoby neobnovitelných zdrojů energie jsou průvodním jevem současné společnosti. Spalováním fosilních paliv se uvolňuje do ovzduší množství emisí skleníkových plynů poškozujících životní prostředí. Proto je základním úkolem naší společnosti omezit negativa na dlouhodobě udržitelnou míru snižováním energetické náročnosti výrob a orientovat se na možnost využívání obnovitelných zdrojů. Vstupem České republiky do Evropské unie (EU) byl do naší legislativy zapracován i zásadní dokument pro podporu elektřiny z obnovitelných zdrojů – Směrnice 77/2001 ES. V roce 2005 byl v poslanecké sněmovně schválen a ještě tentýž rok vstoupil v platnost zákon č. 180/2005 Sb. (Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie). Tento zákon doplňuje několik vyhlášek. Jedná se o vyhlášku ERÚ č. 475/2005 Sb., vyhlášku MŽP č. 482/2005 Sb. a vyhlášku ERÚ č. 502/2005 Sb. V průběhu následujících let dochází k průběžným aktualizacím vyhláškou č. 364/2007 Sb. a vyhláškou č. 409/2009 Sb. I přes tato opatření je pro nás plnění indikativního cíle EU, dosáhnout podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě ve výši 8 % v roce 2010, problém. V roce 2009 byl vládou schválen Akční plán pro biomasu pro ČR. Vzhledem k tomu, že biomasa tvoří v současné době přibližně polovinu obnovitelné energie využívané v EU, představuje akční plán významnou složku z pohledu naplňování cílů využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) a stanoví opatření ke zvýšení rozvoje energie získané z biomasy ze dřeva, odpadů a zemědělských plodin vytvořením tržně orien-

tovaných pobídek zaměřených na její využití a odstranění překážek rozvoje trhu. Vláda následně schválila cíl 13 % podílu energie získané z obnovitelných zdrojů na konečné spotřebě pro rok 2020 (Akční plán pro biomasu 2009).

Otázka využívání obnovitelných zdrojů energie je stále častěji diskutovaná především vzhledem k energetické, zemědělské a environmentální koncepci EU. Často je podpora využívání některých OZE zpochybňována, především v souvislosti se závazky České republiky k Evropské unii. Připomínky se většinou týkají výkupních cen elektřiny z těchto zdrojů a často je napadána i vlastní podstata obnovitelných zdrojů energie. Proto by měla být veškerá výroba energie z obnovitelných zdrojů podpořena energetickým auditem, stanovením koeficientu čisté energie (Pure energy ratio - PER) ještě před určováním výše dotací. Veškeré výroby by měly být hodnoceny z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. Neustálým růstem spotřeby energií roste zátěž na životní prostředí. Volba vhodné technologie v jakékoli oblasti lidské činnosti na základě energetické bilance je racionální způsob hospodaření se zdroji snižujícími environmentální zátěž. Energetický audit dává ucelenou informaci o spotřebované energii. Existuje-li více možných technologií, mohl by být energetický audit klíčovým ukazatelem pro volbu vhodné technologie (KLVAČ, SKOUPÝ 2006).

Cílem práce je zhodnocení efektivnosti vybrané technologie výroby lesní štěpky pro energetické účely na základě energetických vstupů v jednotlivých fázích životního cyklu a návrh možné strategie redukcující spotřebu energie.

MATERIÁL A METODIKA

Vlastní měření bylo prováděno na pěti lokalitách v průběhu zimního období v roce 2009. Na všech sledovaných lokalitách se jednalo o likvidaci těžebních zbytků po mýtných těžbách s 50% zastoupením borovice a 50% zastoupením smrku. K vyvážení klestu byl použit vyvážecí traktor JD1110D a vyvážecí souprava K.T.S. Maskiner s traktořem Valtra 6850 Hi. Štěpkování klestu bylo provedeno štěpkovačem Bobr 7 Plus poháněným traktořem Valtra 6850 Hi. Následný odvoz odběrateli zajišťovala nákladní auta Renault Kerax a Scania R 480 CB. Přibližně polovina vyrobené štěpky byla odvážena přímo k odběrateli, druhá část byla dopravována k odběrateli přes mezisklad. Vlastní těžba byla provedena harvesterovou technologií v období od 15. prosince do 20. ledna. Vyvážení probíhalo v návaznosti na těžbu tak, aby nedocházelo ke znehodnocení klestu. Vyvážení oběma prostředky se uskutečnilo v období od 3. ledna do 30. ledna. Po měsíční pauze v termínu 23. února – 7. března následovalo štěpkování. Při štěpkování dřevní masy byl průběžně zajištěn její odvoz.

Energetický audit, který byl proveden, je založený na metodice LCA (Life Cycle Analysis). Využitím této metody se zabývala řada autorů, např. KLVAČ (2003). Pomocí této metody byly definovány všechny energetické vstupy ve fázích výroby prostředků, oblasti provozu, oblasti oprav a údržby a oblasti likvidace stroje. Pro fázi výroby prostředků je třeba stanovit množství primárních energií spotřebovaných na výrobu surových materiálů, stanovit podíl jednotlivých materiálů na výrobu komponentů, množství energie spotřebované na výrobu komponentů a kompletaci stroje a samozřejmě i energii na přepravu materiálu, komponentů a stroje. Vzhledem k tomu, že lesní stroje jsou sestavovány z komponentů vyráběných v různých zemích různými dodavateli s vytvořenou komplikovanou sítí vzájemných vztahů, je těžké určit energetickou náročnost výroby daného prostředku.

U některých studií zaměřených na výpočet energie potřebné k výrobě zemědělských strojů je udávána pouze ocel, litina a guma (BÖRJESSON 1994; DOERING 1980). Například ATHANASSIADIS et al. (2002) sledoval demontáž vyvážecího traktoru profesionální firmou a určil podíly jednotlivých materiálů, z nichž byl forwarder zkonstruován. Z těchto údajů následně vycházel při výpočtu potřebné energie na výrobu stroje. Jednotliví autoři uvádějí spotřebu energie na funkční jednotku nebo na jeden kilogram hmotnosti stroje. V této studii byla použita hodnota 66,42 MJ.kg⁻¹. Tato hodnota byla přepočtena na základě hmotnosti daného prostředku a odhadu vyrobených (přepravených) jednotek za dobu jeho životnosti na množství energie zatěžující každou jednotku výroby - funkční jednotku. Za funkční jednotku byla zvolena atrotuna (At) dodané štěpky. Odhadované množství přepravené dendromasy vztahované k životnosti prostředku bylo stanoveno pro vyvážecí traktor 17 tis. At, pro vyvážecí soupravu 8 tis. At. U štěpkovače bylo odhadované množství vyrobené štěpky 17 tis. At. U nákladního automobilu Scania a Renault byl proveden odhad životnosti stroje podle ujetých kilometrů. U odvozu bylo vypočteno celkové množství energie nutné pro dopravu na sklad, ze skladu a přímo odběrateli podle ujetých km a následně přepočítáno na 1 At dodané štěpky odběrateli.

Pro fázi provozu byla na základě měření určena spotřeba pohonných hmot a podle údajů o údržbě stroje vypočtena spotřeba olejů ve vztahu k funkční jednotce. Na základě množství energií spotřebovaných na výrobu provozních kapalin a energií obsažených v provozních kapalinách bylo vypočteno celkové množství spotřebované energie na funkční jednotku při provozu stroje. Hodnoty energií spotřebovaných na výrobu paliv a energie obsažených v palivech jsou uvedeny v tab. 1. Hodnoty energií spotřebovaných na výrobu olejů a energie obsažených v olejích jsou uvedeny v tab. 2.

Pro fázi údržby a oprav platí, že jednotlivé komponenty stroje mají svoji životnost.

Tab. 1.

Hodnoty energií spotřebovaných na výrobu paliv a energie obsažená v palivech

Energy consumed to produce fuels and energy contained in the fuels (GRÄGG 1994; ALTIN et al. 2001; McDONNELL 1996)

¹ Druh paliva	² Energetický obsah (MJ.l ⁻¹)	³ Spotřeba energie na výrobu (MJ.l ⁻¹)	⁴ Celkem (MJ.l ⁻¹)
Minerální nafta ^{1a}	36.14	4.5	40.64
RME (bionafta) ^{1b}	33.1	15.6	48.7
Směs 25% RME a 75% motorová nafta ^{1c}	35.64	7.07	42.74

Captions: ¹Type of fuel; ^{1a}Diesel oil; ^{1b}Rapeseed methyl ester (RME); ^{1c}Mixed RME (25%) and diesel oil (75%); ²Energy value; ³Energy consumed to produce fuel; ⁴Total

Tab. 2.

Hodnoty energií spotřebovaných na výrobu olejů a energetický obsah olejů

Energy consumed to produce oils and energy contained in the oils (VÅG et al. 2000)

¹ Druh oleje	² Energetický obsah (MJ.l ⁻¹)	³ Spotřeba energie na výrobu oleje (MJ.l ⁻¹)	⁴ Energie celkem (MJ.l ⁻¹)
Minerální ^{1a}	38.5	45	83.5
Polosyntetický ^{1b}	38.2	40.4	78.42
Rostlinný ^{1c}	36.1	12	48.1
Syntetický ^{1d}	36.1	22	58.1

Captions: ¹Type of fuel; ^{1a}Mineral oil; ^{1b}Semi-synthetic oil; ^{1c}Vegetable oil; ^{1d}Synthetic oil; ²Energy value; ³Energy consumed to produce oil; ⁴Total

U některých komponentů je stanoven termín výměny (výměna nožů štěpkovače), u některých je pouze uváděna předpokládaná životnost (ložiska, čepy) a u některých může dojít k poškození způsobeným lidským faktorem. Nejčastěji se množství potřebné energie počítá z hmotnosti stroje. Dané množství se podle různých autorů pohybuje v rozmezí 30 % (KNECHTLE 1997) až 50 % (ATHANASSIADIS et al. 2002). Pro určení množství energie ve fázi údržby byla použita hodnota 50 % hmotnosti stroje na základě studie ATHANASSIADISE et al. (2002).

V oblasti likvidace a recyklace lze vycházet ze skutečnosti, že převážná část strojů je složena z recyklovatelných materiálů, především z oceli a litiny. Například harvester Timberjack 770 je recyklovatelný z 92,4 % (John Deere Company). Z toho důvodu nejsou uváděny energetické náklady na likvidaci.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výroba

Každá dodaná atrotuna lesní štěpky vyrobená shora uvedenou technologií je zatížena v oblasti výroby stroje 60,05 MJ.At⁻¹ u vyvážecího traktoru, 60,57 MJ.At⁻¹ u vyvážecí soupravy a 45,91 MJ.At⁻¹ u štěpkovače (tab. 3). U odvozu štěpky je každý kilometr zatížen u Scanie 3,19 MJ a u Renaultu 2,52 MJ (tab. 4).

Vozidla, která dopravovala štěpku přes mezisklad, zatížila každou funkci jednotku energetickými náklady ve výši 58,25 MJ. Vzhledem ke krátké odvozní vzdálenosti a především k náročné manipulaci s přívěsy ve špatných terénech byla Scania (a někdy i Renault) využívány

Tab. 3.

Množství energie spotřebované na výrobu strojů k vyvážení a štěpkování (MJ.At⁻¹)
Energy consumed to manufacture hauling and chipping machines (MJ.At⁻¹)

	¹ Hmotnost prostředku (kg)	² Množství vyrobené (přepravené) dendromasy za dobu životnosti prostředku (At)	³ Energie spotřebovaná na výrobu 1kg prostředku (MJ)	⁴ Energie na 1 At dodané štěpky (MJ)
JD1110D	15,370	17,000	66.42	60.05
Valtra+K.T.S.	7 295	8,000	66.42	60.57
⁵ Průměr pro vyvážení klesu				60.22
Bobr 7+Valtra	11,750	17,000	66.42	45.91

Captions: ¹Weight of transport means; ²Weight of woody biomass made (transported) during service life of the transport means; ³Energy consumed to produce 1kg of transport means; ⁴Energy per unit (1 At) of supplied chips; ⁵Slash haulage (mean)

Tab. 4.

Množství energie spotřebované na výrobu nákladních automobilů (MJ.km⁻¹)
Energy consumed to manufacture lorries (MJ.km⁻¹)

	¹ Hmotnost prostředku (kg)	² Odhadovaná produkční životnost vozidla (km)	³ Energie spotřebovaná na výrobu 1kg prostředku (MJ)	⁴ Energie na 1km dopravy (MJ)
Scania	24,000	500,000	66.42	3.19
Renault	19,000	500,000	66.42	2.52

Captions: ¹Weight of transport means; ²Estimated service life of vehicle; ³Energy consumed to produce 1kg of transport means; ⁴Energy per 1km transport

Tab. 5.

Množství energie spotřebované na výrobu nákladních automobilů (MJ.At⁻¹)
Energy consumed to manufacture lorries (MJ.At⁻¹)

	MJ.km ⁻¹	Celkem/Total (km)	¹ Množství štěpky (At)	² Energie na 1At štěpky (MJ)
Scania ³ na sklad	3.19	200		
Renault ³ na sklad	2.52	144	63.18	58.25
Scania ⁴ ze skladu	3.19	840		
Scania ⁵ přímo odběrateli	3.19	677	45.42	47.55
⁶ Průměr na odvoz				53.78

Captions: ¹Amount of chips; ²Energy per weight unit (1 At) of chips; ³Transport to storage yard; ⁴Transport from storage yard; ⁵Transport to consumer; ⁶Haulage (mean)

Tab. 6.

Vyvážení klestu a výroba štěpky
Slash removal and production of wood chips

	¹ Spotřeba nafty (l)	² Počet motohodin	³ Množství dendromasy (At)
JD1110D	698.39	77	52.5
Valtra+K.T.S.	950.46	219	56.1
Valtra+Bobr	758.75	62.5	108.6

Captions: ¹Amount of diesel consumed; ²Operation time (hours);
³Amount of woody biomass

Tab. 7.

Odvoz štěpky
Wood chips transport

	¹ Spotřeba nafty (l)	² Celkem km	³ Množství štěpky (prm)	⁴ Množství štěpky (At)
Renault ⁵ na sklad	86.11	144	139.72	20.94
Scania ⁵ na sklad	124.4	200	281.88	42.24
Celkem/Total ⁵ na sklad			421.6	63.18
Scania ⁶ sklad-odběratel	522.48	840	421.8	63.18
Scania ⁷ OM-odběratel	421.1	677	343	45.42

Captions: ¹Diesel consumed; ²Total distance; ³Amount of chips (bulk volume); ⁴Weight of chips;
⁵Transport to storage yard; ⁶Transport from storage yard to consumer; ⁷Transport from
roadside to consumer

Tab. 8.

Dodávky štěpky
Delivery of wood chips

	¹ Objem (prm)	² Hmotnost (tun)	³ Procent sušiny	⁴ atrotun
⁵ Přímo odběrateli	343	91.86	49.45	45.42
⁶ Přes sklad	421.8	128.6	49.13	63.18
Celkem/Total	887.04	220.46		108.6

Captions: ¹Bulk volume; ²Weight; ³Percent of dry mass; ⁴Atrotuns;
⁵Direct transport to consumer; ⁶Transport through storage
yard

Tab. 9.

Dopravní vzdálenosti
Hauling distances

¹ OM-sklad	15 km
² Sklad-odběratel	70km
³ OM-odběratel	65km

Captions: ¹Transport from roadside to
storage yard; ²Transport from
storage yard to consumer;
³Transport from roadside to
consumer

Tab. 10.

Množství olejů a termíny výměny u jednotlivých prostředků
Oil amounts and terms for their change in the individual machines

	¹ Motorový olej		² Převodový olej		³ Hydraulický olej	
	⁴ Množství (l)	⁵ Termín výměny	⁴ Množství (l)	⁵ Termín výměny	⁴ Množství (l)	⁵ Termín výměny
UKT Valtra	13	250 Mth	45	1,000 Mth		
JD1110D	22	500 Mth	200	2,000Mth	100	1,000 Mth
Scania	35	15,000 km	25	100,000km	70	150,000km
Renault	35	15,000 km	25	100,000km	70	150,000km

Captions: ¹Engine oil; ²Transmission lubricating oil; ³Hydraulic oil; ⁴Amount; ⁵Oil change limit; Mth – Operation
hours

Tab. 11.
Množství spotřebované energie při provozu prostředků
The amount of energy consumed during the machines operation

Jednotky/ Units	Nafta/ Diesel	Motorový minerální olej/ Engine mineral oil	Motorový polo- syntetický olej/ Engine semi- synthetic oil	Převodový a hydraulický minerální olej/ Transmission lubricating and hydraulic mineral oil	Převodový minerální olej/ Transmission lubricating mineral oil	Hydraulický syntetický olej/ Hydraulic synthetic oil	Celkem energie/ Total energy
¹ Energetický obsah	MJ.l ⁻¹	36.14	38.5	38.02	38.5	36.1	
² Energie na výrobu	MJ.l ⁻¹	4.5	45	40.4	45	22	
Součet energií	MJ.l ⁻¹	40.64	83.5	78.42	83.5	58.1	
Sum							
³ Spotřeba štěpkovače	l.At ⁻¹	6.987	0.03		0.026		
⁴ Energie štěpkovač	MJ.At ⁻¹	283.95	2.5		2.16		288.61
⁵ Spotřeba JD1110D	l.At ⁻¹	13.31	0.065			0.15	
⁶ Energie JD1110D	MJ.At ⁻¹	540.92	5.39			8.52	567.1
⁷ Spotřeba K.T.S.	l.At ⁻¹	16.94	0.203		0.176		
⁸ Energie K.T.S.	MJ.At ⁻¹	688.4	16.94		14.67		720.01
⁹ Energie vyvážení klesu	MJ.At ⁻¹						646.09
¹⁰ Spotřeba Renault OM-sklad	l.At ⁻¹	4.113		0.0158		0.0032	
¹¹ Energie Renault OM-sklad	MJ.At ⁻¹	167.14		1.24		0.19	168.71
¹⁰ Spotřeba Scania OM-sklad	l.At ⁻¹	2.945		0.0109		0.0022	
¹¹ Energie Scania OM-sklad	MJ.At ⁻¹	119.68		0.85		0.13	120.76
¹² Spotřeba Scania sklad-odběratel	l.At ⁻¹	8.27		0.0306		0.0063	
¹³ Energie Scania sklad-odběratel	MJ.At ⁻¹	336.08		2.4		0.36	339.12
¹⁴ Spotřeba Scania OM-odběratel	l.At ⁻¹	9.271		0.0343		0.007	
¹⁵ Energie Scania OM-odběratel	MJ.At ⁻¹	376.78		2.69		0.41	380.19
¹⁶ Energie odvoz štěrky	MJ.At ⁻¹						435.79
¹⁷ Celkem energie provoz prostředků	MJ.At ⁻¹						1370.49

Captions: ¹Energy value; ²Energy consumed to produce fuel and oil; ³Consumption of chipper; ⁴Energy consumed (chipper); ⁵Consumption of JD1110D; ⁶Consumption of JD1110D; ⁷Consumption of K.T.S.; ⁸Energy consumed (K.T.S.); ⁹Energy of slash hauling; ¹⁰Consumption of vehicle between roadside and storage yard; ¹¹Energy consumed between roadside and storage yard; ¹²Consumption of vehicle between storage yard and consumer; ¹³Energy consumed between storage yard and consumer; ¹⁴Consumption of vehicle between roadside and consumer; ¹⁵Energy consumed between roadside and consumer; ¹⁶Energy needed for slash hauling; ¹⁷Total energy needed for operations

při odvozu na mezisklad bez přívěsu. Odvoz štěpky, který byl zajištěn nákladním vozem Scania z odvozního místa přímo odběrateli, zatížil 1 At dodané štěpky 47,55 MJ. Průměrně podíl energie na výrobu odvozních prostředků činil na funkční jednotku 53,78 MJ (tab. 5).

Provoz

Údaje použité pro kalkulaci energie jednotlivých strojů jsou uvedeny v tab. 6 – 10. Jelikož se jednalo o zimní měsíce a štěpkování následovalo měsíc po těžbě, vlhkost vyrobené štěpky byla poměrně vyšší a pohybovala se okolo 50 %. Vyvezené množství klestu bylo odhadováno v m³ ložných prostorů prostředků a následně přepočítáno podle dodané štěpky na atrotuny. Množství odvážené štěpky bylo zjišťováno podle rozměrů kontejnerů odvozních prostředků v prvním a přepočítáno podle množství dodané štěpky na atrotuny.

Množství vložené energie v provozní části zásadně ovlivňuje spotřeba nafty. Můžeme říci, že spotřeba olejů je v tomto případě téměř zanedbatelná a dosahuje maximálně 5 % hodnoty nafty. Největší spotřeba energie byla při vyvážení klestu, kde je ještě znatelný rozdíl mezi vyvážecím traktorem JD1110D se spotřebou 567,10 MJ.At⁻¹ a vyvážecí soupravou K.T.S. Maskiner se spotřebou 720,01 MJ.At⁻¹. Nejmenší spotřeba energie je u vlastního štěpkování a činí 288,61 MJ.At⁻¹. U odvozu dříví vychází výhodněji odvoz přímo odběrateli s energetickou spotřebou 380,19 MJ.At⁻¹ oproti dopravě přes sklad s 475,77 MJ.At⁻¹. Z odvozních prostředků se jeví výhodněji Scania. Vzhledem k vyššímu objemu dopravované dendromasy má i nižší energetickou spotřebu na jednotku výroby. Množství spotřebované energie při provozu prostředků je uvedeno v tab. 11.

Opravy a údržba

Pro oblast oprav a údržby byla uvažována polovina energetických nákladů na výrobu stroje, tj. 80 MJ.At⁻¹.

Souhrn

Celkové množství spotřebované primární energie při použité technologii představuje za celý životní cyklus 1,61 GJ na jednu atrotunu dodané štěpky. Pokud budeme předpokládat u jedné dodané atrotuny lesní štěpky výhřevnost 20 GJ (ŠIMANOV 1993), bylo by při této technologii po odečtení všech vstupů primárních energií dodáno 18,39 GJ energie v dřevní hmotě odběrateli. Ve výsledném efektu, například při dodávkách do elektrárny Poříčí u Trutnova, to může představovat asi 1,80 MWh dodané energie zákazníkovi navíc za každou atrotunu dendromasy.

ZÁVĚR

Těžební zbytky po obnovních těžbách bývaly zlým snem každého hospodáře. Jejich likvidace za účelem přípravy ploch pro zalesňování stála nemalé finanční prostředky a v případě pálení klestu i riziko lesních požárů. Změnu tohoto odpadu v zajímavou surovinu současnosti můžeme chápat jako kladný přínos v naší lesnické praxi - samozřejmě při dodržení zásad výběru vhodných lokalit. Na základě provedeného energetického auditu můžeme tvrdit, že využívání klestu z mýtných těžeb má pozitivní význam v programu OZE. Energetické vstupy zabírají 8 % z dodané energie. Hodnocení vybrané technologie ukázalo slabší články systému, které mohou ovlivnit výsledné hodnocení. Vzhledem k tomu, že se majitelé lesů snaží přenést břímě likvidace klestu na společnosti vyrábějící štěpku, bylo do celé technologie úmyslně zařazeno i vyvážení klestu. Musíme si však uvědomit, že likvidace klestu se musí provádět i v případě, pokud nedojde k dalšímu využití dendromasy. Odečtením vyvážení klestu by se snížilo energetické zatížení jedné atrotuny vyrobené štěpky o 0,64 GJ. Při vyvážení klestu můžeme snížit energetické vstupy snížením nebo alespoň dodržením přijatelných vyvážecích vzdáleností a využitím vyvážecích traktorů s dostatečně velkým prostorem pro uložení klestu či využití speciálních vyvážecích strojů pro dopravu klestu se zajištěním jeho komprese. Nejvíce energie bylo spotřebováno v oblasti provozu, oblast výroby prostředků zaujímá v energetické bilanci pouze 10 % provozních nákladů. Pro vlastní výrobu to znamená zajistit soustředování pracovišť s omezením zbytečných přejezdů, využít velkovýrobní technologie a vypracovat nejvhodnější logistiku s preferencí dopravy přímo odběrateli. Odvozní vzdálenosti by měly být co nejkratší, maximálně do 70 km. Tato metodika se může použít i pro hodnocení jiných, například malovýrobních technologií a získávání dendromasy z výchovných zásahů.

Poděkování:

Práce byla zpracována s podporou projektů MŠMT ČR MSM6215648902, projektu MZE QH71159, projektu COST OC 10041 a IGA 13/2009 Mendelovy univerzity v Brně.

LITERATURA

- Akční plán pro biomasu pro ČR pro období 2009 – 2011. Usnesení Vlády ČR č. 47 ze dne 12. 01. 2009. [on-line]. 17 s.[cit. 18. 06. 2011]. Dostupné na World Wide Web: http://eagri.cz/public/web/file/73553/AP_biomasa_09_01.pdf
- ALTIN R., CETINKAYA S., YÜCESU H. S. 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. *Energy Conversion and Management*, 42: 529-538.
- ATHANASSIADIS D., LIDESLAV G., NORDFJELL T. 2002. Energy use and emission due to the manufacture of the forwarder. *Resources Conservation and Recycling*, 34: 149-160.
- BÖRJESSON P. 1994. Energy analyse of biomass production in Swedish agriculture and forestry – today and around 2015. Lund (Sweden), Lunds tekniska högskola: 64 s. IMES/EESS Report No. 17.
- DOERING O.C. 1980. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: Pimentel D. (ed.): *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, CRC Press: 475 s.
- GRÄGG K. 1994. Effects of environmentally classified diesel fuels, RME and blends of diesel fuels and RME on the exhaust emission. MTC, Report 9209B: 44 s.
- John Deere Company. Green forest machines for sustainable development. Environmental Declaration. [on-line]. [cit. 13. 11. 2010]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.deere.com/en_US/compinfo/media/pdf/envtsafety/env/TJ_YMPESITE_USA_2final.pdf>
- KLVAČ R., WARD S., OWENDE P., LYONS J. 2003. Energy audit of wood harvesting systems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18: 176-183.
- KLVAČ R., SKOUPÝ A. 2006. Energy audits of wood processing technologies. In: IUFROLAT 2006, BOSQUES – La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena – Chile, INFOR: 30.
- KNECHTLE N. 1997. Materialprofile von Holzerntesystemen – Analyse ausgewählter beispiele als Grundlage für ein forsttechnisches Ökoinventar. Diplomarbeit, WS 1996/97. Departement für Wald- und Holzforschung. ETH Zurich.
- MCDONNELL K.P. 1996. Semi-refined rapeseed oil (SRO) as a diesel fuel extender for agricultural equipment. Doctoral thesis. Dublin. University College Dublin, Agricultural and Food Engineering Department: 288 s.
- SIMANOV V. 1993. Dříví jako energetická surovina. Možné způsoby energetického využívání těžebního odpadu a dalších opomíjených zdrojů dříví. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky: 116 s.
- VÅG, C. et al. 2000. Comparative life cycle assessment (LCA) of the manufacturing of base fluid for lubricants. Statoil Lubricant Research and Development. Nynäshamn, Sweden.

ENERGY AUDIT OF THE FOREST CHIPS PRODUCTION TECHNOLOGY

SUMMARY

The work is focused on the assessment of the fuel chips production technology from Locality P up to delivery to the customer. The measurement was made in five localities where logging residues were to be eliminated after the main felling. Slash was hauled by using the JD1110D forwarder and the K.T.S. Maskiner tractor (Valtra 6850 Hi) and trailer unit. The dendromass transport to the customer was ensured by Renault and Scania trucks. Approximately 40% of dendromass was transported to the customer directly and the remaining part was forwarded through a store. The energy audit was carried out by using the LCA (Life Cycle Analysis) method by which energy inputs into the system were expressed in numbers for individual stages of its life cycle. The value used for the operational part was 66.42 MJ.kg^{-1} (ATHANASSIADIS et al. 2002). The amount of energy required for the machine manufacture per functional unit was determined on the basis of machine weight and the assumed number of functional units manufactured during the machine life cycle. The functional unit was established to be 1 atoton of the supplied dendromass. The consumption of working fluids was established for the life cycle part of machines operation and the amount of consumed energy was determined from the amount of energy needed for their manufacture and the amount of energy contained in them (Tab. 1 and 2). For the part of repair and maintenance, we worked with an assumption that maintenance represents 50% of manufacturing costs (ATHANASSIADIS et al. 2002). For the part of technology liquidation, we worked with an assumption that the machines are manufactured at more than 90% from recyclable materials (John Deere Company). For these reasons, recycling costs were not included in the calculation.

Our results indicate that each atoton of the supplied dendromass was loaded in the part of the machines manufacture with 160.01 MJ of primary energy (Tab. 3, 4, 5). The part of manufacture forms only 10% of total energy costs. Total energy consumption during the part of operation amounts to 1.37 GJ.At^{-1} (Tab. 11).

The highest amount of energy was consumed for the removal of slash, namely if the tractor-and-trailer unit was employed. Haulage was in the terms of energy consumption more favourable if large loading space lorries were used. Transport of chips directly to the customer appears more advantageous than the intermediate storage. If a calorific value of 20 GJ is expected from one supplied atoton of forest chips (SIMANOV 1993), all energy inputs would total 8% of energy delivered to the customer.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Miloslav Kotas, Česká lesnická akademie Trutnov
Lesnická 9, 541 11 Trutnov
tel.: 499 811 413; e-mail: kotas@clatrutnov.cz

VLIV BUKU A JASANU NA ODCHYLKY PŮDNÍ KYSELOSTI A OBSAHŮ ŽIVIN VE SMÍŠENÉM OPADAVÉM LESE

Holzwarth F. M. et al.: Effects of beech and ash on small-scale variation of soil acidity and nutrient stocks in a mixed deciduous forest. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 2011, č. 5, s. 799-808

Stromy a půda se vzájemně komplexně ovlivňují: dochází k recyklaci a redistribuci živin v rámci mnoha ekologických vazeb, přičemž jednou z nejdůležitějších je distribuce živin pomocí opadu listů. O buku se obecně ví, že má v opadu nižší koncentrace živin než ostatní stře-
doevropské listnáče. Autoři sledovali vliv distribuce bukových, jasanových, lipových a javorových listů a obsahu jílů na variabilitu pH, zásoby Ca a Mg v minerální půdě a zásoby organického uhlíku v nadložním humusu v přírodě blízkém, dospělém smíšeném opadavém lese ve středním Německu. Půda byla klasifikována jako Luvizem, vyvinutá na spraši pokrývající vápence. Byl doložen pozitivní vztah podílu buku na zásobu organického uhlíku v humusu a negativní efekt na půdní pH a výměnné Ca a Mg ve svrchní minerální půdě (0 – 10 cm). Podíl jasanu měl opačný efekt a ostatní dřeviny ukazovaly v tomto smyslu indiferentní výsledky. Obsah jílů měl významný pozitivní vliv na pH půdy a výměnné Ca a Mg. Celkově lze říci, že buk, na rozdíl od ostatních spolu se vyskytujících dřevin (hlavně jasanu), zvýšil aciditu stanoviště. Tento efekt je pravděpodobně řízen druhově specifickými rozdíly v cyklu živin skrze opad listů. Rozmístění buku a jasanu ovlivnilo nejenom nadzemní diverzitu porostní struktury, ale také podní-
tlo zřejmou diverzitu půdního prostředí.

NESYMETRICKÝ A MALÝ DOSAH OKRAJOVÉHO EFEKTU NA STŘEVLÍKY OBÝVAJÍCÍ STANOVISTIŠTĚ MEZI LESNÍMI A ZEMĚDĚLSKÝMI POZEMKY

Roume A. et al.: Edge effects on ground beetles at the woodlot-field interface are short-range and asymmetrical. *Agricultural and Forest Entomology*, 13, 2011, č. 4, s. 395-403

Rozhraní mezi lesními pozemky a zemědělskými kulturami jsou v temperátních zemědělských krajinách četné. Oba typy habitatu na sebe vzájemně působí. Autoři se snažili určit, jak dalece byly ovlivněny sebrané druhy střevlíků přítomností hranice lesa a pole. Hloubka vlivu okraje na druhové spektrum střevlíků byla asymetrická. Byla většinou vyšší a vyznačovala se vyšší variabilitou v otevřeném prostředí ($14,4 \pm 12,3$ m) než na lesních pozemcích ($4,9 \pm 2,3$ m). Soubory druhů na okrajích představovaly mix obou přilehlých druhových souborů. Okrajový efekt lesních pozemků pronikal dále u stanovišť, do kterých hlouběji zasahovala otevřená pole. Stejně tak, okrajový efekt otevřeného prostoru byl hlubší, čím hlouběji pronikaly do otevřených polí lesní druhy. Lesní střevlíci nebyli ohroženi okrajovým efektem. Tento jev přináší výhody spíše pro zemědělství, neboť napomáhá šíření lesních dravých druhů do zemědělských pozemků.

AKUMULACE UHLÍKU A DUSÍKU V BÝVALÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH V ZÁPADNÍ NOVÉ ANGLII

Clark J. D., Johnson A. H.: Carbon and nitrogen accumulation in post-agricultural forest soils of western New England. *Soil Science Society of America Journal*, 75, 2011, č. 4, s. 1530-1542

Zemědělská historie Nové Anglie se odráží v druhové skladbě, biomase a produktivitě druhotných lesů regionu. Vlivy zemědělského využívání jsou zřejmé v morfologii půdy, obsahu organického uhlíku a dusíku, ve stabilitě uhlíku a stavu eroze, což může být specifickým na stanovištní úrovni, nebo důsledkem předchozího zemědělského využívání. Chronosekvence porostů naznačily, že téměř všechny organický uhlík v půdě se nahromadil během prvního století po zalesnění. Byly nalezeny významné trendy akumulace organického uhlíku v nadložním humusu, svrchních minerálních horizontech (0 – 10 nebo 10 – 20 cm) a hlubších horizontech (20 – 55 cm) půd, které byly využívány jako pastviny, travní louky nebo řádkové plodiny, ale ne pro bývalé lesní pozemky. Vícerozměrná analýza ukázala, že nejvýznamnějšími proměnnými vztaženými k obsahu organického uhlíku byly roky od opuštění zemědělského hospodaření a množství dnů vegetační aktivity. Byl nalezen významný trend akumulace dusíku ($1,3$ g na m^2 za rok) v půdách (do hloubky 55 cm), které byly dříve užívány pro pěstování plodin, ale ne u ostatních způsobů využití. Farmy se ukázaly být významným úložištěm uhlíku během posledních 150 let, nicméně kapacita příjmu tohoto prvku je do budoucna u bývalé zemědělské půdy pravděpodobně limitována.

4 / 2011



WWW.VULHM.CZ