

Technická univerzita Zvolen
Lesnícka fakulta
Katedra pestovania lesa
Technical University Zvolen
Faculty of Forestry
Department of Silviculture

**Adaptívny manažment pestovania lesov v procese
klimatickej zmeny a globálneho otepľovania**

*Adaptive management of silviculture in the process
of climate change and global warming*

Volume 7

P. Jaloviar, M. Saniga, J. (eds.)

2017

Recenzovaný Zborník vedeckých prác bol vydaný z príležitosti

The Proceedings is dedicated



255. výročie vysokoškolského technického štúdia na Slovensku

210. výročie vysokoškolského lesníckeho štúdia na Slovensku

65. výročie založenia Vysokej školy lesníckej a drevárskej vo Zvolene

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Všetky pôvodné vedecké práce publikované v Proceedings of Central European
Silviculture 2017 boli recenzované 2 nezávislými recenzentmi.

All articles published in Proceedings of Central European Silviculture 2017
were peer reviewed by two reviewers.

Editori: Peter Jaloviar, Milan Saniga

Editors: Peter Jaloviar, Milan Saniga

Korektúry: Peter Jaloviar, Milan Saniga

Proofreading: Peter Jaloviar, Milan Saniga

Obálka: Milan Saniga

Cover design: Milan Saniga

I. vydanie v rozsahu 240 strán

Náklad: 70 výtlačkov

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Rok vydania: 2017

Tlač: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene

Typesetting and press: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene

Zoznam recenzentov: prof. Ing. Dušan Gömöry, DrSc., doc. Ing. Ivan Repáč, CSc.,
doc. Ing. Stanislav Kucbel, PhD., Ing. Jaroslav Vencurik, PhD., Ing. Ján Pittner, PhD.,
Ing. Zuzana Parobeková, PhD., Ing. Michal Bugala, PhD., Ing. Denisa Sedmáková, PhD.,

ISBN 978-80-228-2979-3

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH

DYNAMIKA RADIÁLNEHO RASTU PRIRODZENEJ POPULÁCIE JELŠE SIVEJ (<i>ALNUS INCANA (L.) MOENCH.</i>) V OBLASTI NÍZKYCH TATIER <i>RADIAL GROWTH DYNAMIC OF NATURAL GREY ALDER POPULATION (ALNUS INCANA (L.) MOENCH.) IN THE LOW TATRA MTS., SLOVAKIA</i>	
Michal Bugala, Zuzana Parobeková, Ivan Lukáčik	7
BEECH, FIR AND SPRUCE REGENERATION RESPONSE TO HIGH IRRADIANCE AFTER ICE STORM NATURAL DISTURBANCE ODEZVA PŘIROZENÉ OBNOVY BUKU, JEDLE A SMRKU NA VYSOKOU OZÁŘENOST VZNIKLOU DISTURBACI MATEŘSKÉHO POROSTU NÁMRAZOU	
Matjaž Čater	15
INDEX LISTOVÉ PLOCHY RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝCH SMRKOVÝCH TYČOVIN STŘEDNÍCH POLOH <i>LEAF AREA INDEX OF DIFFERENTLY TENDED NORWAY SPRUCE POLE STANDS AT A MIDDLE ALTITUDINAL ZONE</i>	
Jakub Černý	23
VÝCHOVNÉ ZÁSAHY V CHŘADNOUCÍCH SMRKOVÝCH MLAZINÁCH <i>THINNING OF NORWAY SPRUCE THICKETS AFFECTED BY DECLINE</i>	
David Dušek, Jiří Novák, Marian Slodičák, Dušan Kacálek	31
DYNAMIKA HUSTOTY A ŠTRUKTÚRY V BUKOVOM PRÍRODNOM LESE NPR HAVEŠOVÁ <i>DYNAMICS OF DENSITY AND STRUCTURE IN OLD-GROWTH BEECH FOREST OF NNR HAVEŠOVÁ</i>	
Michal Filípek, Stanislav Kucbel	39
VLIV ZVĚŘE NA PŘEVOD STEJNOVĚKÝCH POROSTŮ NA VÝBĚRNÝ LES <i>EFFECT OF GAME ON THE CONVERSION OF EVENAGED STANDS TO THE SELECTION FOREST</i>	
Robert Knott, Kateřina Novosadová, Lukáš Opravil	47
VYUŽITÍ HNOJIVA S OBSAHEM HUMÁTU DRASELNÉHO PŘI OBNOVĚ LESA NA SPECIFICKÝCH STANOVIŠTÍCH <i>USING OF THE FERTILISER WITH A CONTENT OF POTASSIUM HUMATE IN THE FOREST REGENERATION ON THE SPECIFIC SITES</i>	
Ivan Kuneš, Martin Baláš, Rostislav Linda, Jarmila Nárovcová, Josef Gallo, Václav Nárovec	53
KVANTITATIVNÍ A KVALITATIVNÍ PARAMETRY DUBU ČERVENÉHO V ARIDNÍCH OBLASTECH ČECH – PŘEDBĚŽNÉ SDĚLENÍ <i>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTIC OF RED OAK IN DRY REGIONS OF CZECH REPUBLIC</i>	
Ivo Kupka, Stanislav Miltner	61

KONKURENCIA AKO VÝZNAMNÝ FAKTOR OVPLYVŇUJÚCI DREVINOVÉ ZLOŽENIE MLADÍN <i>COMPETITION AS AN IMPORTANT FACTOR INFLUENCING TREE SPECIES COMPOSITION OF THICKET</i>	
Mariana Kýpeťová, Jozef Výboštok, Peter Jaloviar	69
PROSPERITA VÝSADEB SMRKU ZTEPILÉHO TRĚDĚNÉHO VE ŠKOLCE PŘED VÝSADBOU V OBLASTI S VYSOKÝMI DEPOZICEMI DUSÍKU <i>PERFORMANCE OF YOUNG NORWAY SPRUCE PLANTATIONS SORTED IN THE NURSERY PRIOR TO PLANTING IN REGION AFFECTED BY HIGH DEPOSITION OF NITROGEN</i>	
Jan Leugner, Jarmila Martincová, Antonín Jurásek, Evelína Erbanová	77
GENETICKÉ RIZIKÁ V CYKLE PRODUKCIE LESNÉHO REPRODUKČNÉHO MATERIÁLU NA PRÍKLADE UZNANÉHO PORASTU A SADENÍC JEDLE BIELEJ <i>GENETIC RISKS IN THE PRODUCTION OF FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL – EXAMPLE OF A SEED STAND AND SEEDLINGS OF SILVER FIR</i>	
Róbert Ondrejčík, Diana Krajmerová, Roman Longauer	87
POTENCIÁL BŘÍZY K HODNOTOVÉ PRODUKCI V SUKCESNÍCH POROSTECH NA SEVERNÍ MORAVĚ <i>POTENTIAL OF SILVER BIRCH FOR THE PRODUCTION OF HIGH-QUALITY TIMBER WITHIN STANDS NATURALLY REGENERATED BY SUCCESSION PROCESSES IN THE REGION OF NORTH MORAVIA</i>	
Antonín Martiník, Jan Krejza, Zdeněk Adamec	95
OBJEMOVÁ VLHKOST PŮDY POD RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝM MLADÝM BOROVM PŮSTEM <i>VOLUME SOIL MOISTURE UNDER DIFFERENTLY THINNED YOUNG PINE STAND</i>	
Jiří Novák, David Dušek, Marian Slodičák	103
NADZEMNÍ BIOMASA A VÝVOJ MORTALITY SMRKU ZTEPILÉHO V NIŽŠÍCH LESNÍCH VEGETAČNÍCH STUPNÍCH <i>ABOVEGROUND BIOMASS AND MORTALITY DEVELOPMENT OF NORWAY SPRUCE AT LOWER FOREST VEGETATION ZONES</i>	
Kateřina Novosadová, Robert Knott, Justyna Szatniewska	111
ŠTRUKTÚRA, PRODUKČNÉ A REGENERAČNÉ PROCESY SMREKOVÉHO PRALESA NPR PILSKO <i>STRUCTURE, PRODUCTION AND NATURAL REGENERATION OF SPRUCE NATURAL FOREST NNR PILSKO</i>	
Ján Pittner, Zuzana Parobeková, Michal Bugala, Ivan Lukáčik	119

ZMĚNY V CHARAKTERU SVRCHNÍCH VRSTEV BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY DESET LET OD JEJÍHO ZALESNĚNÍ <i>CHANGES OF THE UPPER LAYER CHARACTERISTICS OF FORMER AGRICULTURAL LAND TEN YEARS FROM AFFORESTATION</i>	
Vilém Podrázský, Jiří Remeš, Jan Cukor, Rostislav Linda, Stanislav Vacek, Zdeněk Vacek.....	129
VPLYV TERMÍNU VÝSADBY A PŮDNYCH ADITÍV NA VÝVIN VÝSADBY BUKA LESNÉHO A SMREKA OBYČAJNÉHO NA PLOCHE V JAVORÍ PO PRVOM VEGETAČNOM OBDOBÍ <i>EFFECTS OF PLANTING TIME AND SOIL ADDITIVES ON DEVELOPMENT OF EUROPEAN BEECH AND NORWAY SPRUCE PLANTATIONS ON THE PLOT IN JAVORIE MTS. AFTER THE FIRST GROWING SEASONI</i>	
Ivan Repáč, Matúš Sendecký, Zuzana Parobeková	137
DISTURBANČNÝ REŽIM VYBRANÝCH BUKOVÝCH PRALESOV VO VEGETAČNOM GRADIENTE LESOV SLOVENSKA <i>DISTURBANCE REGIME OF SELECTED BEECH NATURAL FORESTS IN VEGETATION GRADIENT OF SLOVAKIA</i>	
Milan Saniga, Denisa Sedmáková	143
VYHODNOTENIE RASTOVÝCH CHARAKTERISTÍK A ZDRAVOTNÉHO STAVU GAŠTANA JEDLÉHO (CASTANEA SATIVA MILL.) V MODROKAMENSKEJ OBLASTI <i>THE EVALUATION OF GROWTH CHARACTERISTICS AND HEALTHY STATUS OF SWEET CHESTNUT (CASTANEA SATIVA MILL.) IN MODRÝ KAMEŇ REGION</i>	
Ivana Sarvašová, Ivan Lukáčik, Pavol Marczell.....	153
DIVERZITA VYBRANÝCH PORASTOVÝCH ŠTRUKTÚR S VÝSKYTOM TISA OBYČAJNÉHO <i>DIVERSITY OF SELECTED STAND STRUCTURES WITH OCCURRENCE OF EUROPEAN YEW</i>	
Denisa Sedmáková, Ján Pittner, Milan Saniga, Jaroslav Vencurik, Stanislav Kuchel.....	161
RŮST VÝMLADKŮ BŘÍZY BĚLOKORÉ V ZÁVISLOSTI NA TERMÍNU TĚŽBY <i>GROWTH OF BIRCH SPROUTS IN RELATION TO FELLING TIME</i>	
Jiří Souček.....	171
DOPADY PŘEMĚNY POROSTU NÁHRADNÍCH DŘEVIN NA CHEMISMUS NADLOŽNÍHO HUMUSU POST-IMISNÍHO STANOVIŠTĚ V JIZERSKÝCH HORÁCH <i>IMPACT OF SUBSTITUTE TREE SPECIES STAND CONVERSION ON CHEMISTRY OF FOREST FLOOR ON THE FORMERLY AIR-POLLUTED SITE, THE JIZERA MTS.</i>	
Ondřej Špulák, Dušan Kacálek.....	177

<p>POROVNANIE KVALITATÍVNEJ A HODNOTOVEJ PRODUKCIE DVOCH BUKOVÝCH PORASTOV S ROZDIELNYM MANAŽMENTOM <i>A COMPARISON OF QUALITATIVE AND VALUE PRODUCTION OF TWO BEECH STANDS UNDER DIFFERENT MANAGEMENT</i></p>	183
<p>JEDLE BĚLOKORÁ – MELIORAČNÍ NEBO ZPEVŇUJÍCÍ DŘEVINA? <i>SILVER FIR – SOIL IMPROVING OR STABILIZING TREE SPECIES?</i></p>	193
<p>PODSADBY BUKA, JEDLE A JAVORA V RÁMCI REKONŠTRUKCIÍ KYSUCKÝCH SMREČÍN <i>UNDERPLANTING OF BEECH, FIR AND MAPLE IN THE RECONSTRUCTION OF THE KYSUCE SPRUCE</i></p>	203
<p>PŘESTAVBA POROSTŮ NA STANOVIŠTÍCH PODHORSKÝCH SMRKOVÝCH BUČIN V JIZERSKÝCH HORÁCH <i>TRANSFORMATION OF SPRUCE-BEECH FOREST STANDS IN JIZERSKÉ HORY MTS.</i></p>	213
<p>VLIV OKRAJOVÉHO EFEKTU NA RŮST A KVALITU PŘIROZENÉ OBNOVY BOROVICE LESNÍ (PINUS SYLVESTRIS L.) <i>IMPACT OF EDGE EFFECT ON GROWTH AND QUALITY OF NATURAL REGENERATION OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)</i></p>	223
<p>VPLYV KLÍČNEHO LŮŽKA A VEGETAČNÉHO KRYTU NA PRIEBEH INICIÁLNYCH FÁZ PRIRODZENEJ OBNOVY PO KALAMITE VO VÝBERKOVOM LESE <i>INFLUENCE OF SEEDBED AND VEGETATION COVER ON INITIAL PHASES OF NATURAL REGENERATION AFTER A WINDTHROW IN SELECTION FOREST</i></p>	233

**DYNAMIKA RADIÁLNEHO RASTU PRIRODZENEJ POPULÁCIE JELŠE SIVEJ
(*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH.) V OBLASTI NÍZKYCH TATIER**

**RADIAL GROWTH DYNAMIC OF NATURAL GREY ALDER POPULATION
(*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH.) IN THE LOW TATRA MTS., SLOVAKIA**

MICHAL BUGALA, ZUZANA PAROBKOVÁ, IVAN LUKÁČIK

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen,

ABSTRACT

Submitted paper analyzes the dynamics of radial increment of the natural population of Gray alder in the area of Low Tatra Mts. The study was performed on the seven localities; the plot location followed the systematical coverage of the whole river-basin of the Bystrá. We calculated basic statistical characteristics of each tree ring series. The values of sensitivity varied from 0.200 to 0.342, with an average value of 0.249, what represents the low level of sensitivity to exogenous factors of the environment. The highest values of autocorrelation connected with low level of sensitivity and the highest average annual increment were recorded by analysis of series J11, on the plot in altitude 720 m asl. This fact suggests that the trees were able to eliminate exogenous factors in the best way on the abovementioned plot. After the detrending of increment series using the Hegershoff curve, we created standard increment chronology of the Gray alder.

Key words: grey alder, radial increment, dendrochronology, tree ring

ABSTRAKT

Predkladaná práca v základných rysoch analyzuje dynamiku hrúbkového rastu prirodzených populácií jelše sivej v oblasti Nízkych Tatier. Štúdiá bola vykonaná na siedmych lokalitách, pričom plochy pre odber vývrvtov boli navrhnuté tak, aby bolo pokryté celé povodie toku rieky Bystrá. Pre jednotlivé dendrochronologické série vývrvtov boli vypočítané základné štatistické parametre. Hodnoty citlivosti priemeru v sérii sa pohybovali od 0,200 po 0,342 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,249 predstavuje nízku úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na exogénne faktory prostredia. Najvyššie hodnoty autokorelácie spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyššou priemernou šírkou ročného kruhu boli zaznamenané v letokruhovej sérii J11 na ploche PL4 v nadmorskej výške 720 m n.m. čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Po detrendácii letokruhových radov pomocou Hegershoffovej rastovej funkcie bola prostredníctvom programu ARSTAN pre každú plochu vytvorená štandardizovaná chronológia jelše sivej.

Kľúčové slová: jelša sivá, radiálny prírastok, dendrochronológia, letokruh

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V poslednom období sa pozornosť lesníckeho výskumu v oblasti základných biologických disciplín venuje štúdiu populácií drevín dôležitých predovšetkým z hľadiska plnenia iných, celospoločenských funkcií. Patrí k nim aj jelša sivá (*Alnus incana*), ktorá je významnou zložkou brehových porastov s veľkou regulačnou a retenčnou schopnosťou pri vysokých vodných stavoch, ale je i dôležitou melioračnou drevinou, ktorá priaznivo pôsobí na vlastnosti pôd, na ktorých rastie. Je to rýchlorastúca drevina s krátkou životnosťou. Dožíva sa 50–60 rokov, zriedkavo semenné jedince presahujú 120 rokov veku (PAGAN 1996). Jej porasty ovplyvňujú nielen ustálenosť vodných tokov a zachovávajú ich prirodzený ráz, ale sú aj výrazným krajínovným prvkom (LUKÁČIK, BUGALA 2005, JAKUBISOVÁ 2009). V poslednom období sa stávajú zaujímavými aj z hospodárskeho hľadiska ako producent drevnej suroviny pre produkciu biomasy ale i nábytkársky priemysel. Cenené sú predovšetkým rôzne technické formy (svalcovité, očkové), ktoré poskytujú kvalitné a esteticky vysoko hodnotné drevo. Pri správnom obhospodarovaní môžu jelše vytvárať rovné a plnodrevné kmene na stanovištiach, na ktorých by sa iné hospodárske dreviny len ťažko uplatnili (LUKÁČIK, BUGALA 2005). Narastajúci lesnícky a krajinársky záujem o jelšu, ako aj dopyt po kvalitnom jelšovom dreve, podnietili odborníkov z rôznych lesníckych inštitúcií venovať zvýšenú pozornosť záchrane genetiky vysoko hodnotných populácií. Hľadajú sa vhodnejšie spôsoby jej obnovy a pestovania (Šmelková, SARVAŠOVÁ 2007).

Okrem biologických a ekologických aspektov sa zvýšená pozornosť začína venovať aj rastovým zákonitostiam a produkčným schopnostiam jelší s ohľadom ich lepšieho hospodárskeho využitia (LUKÁČIK, BUGALA 2005, SANIGA *et al.* 2013). Štruktúra a rastové vlastnosti porastov sa neustále menia spolu s meniacimi sa podmienkami stanovišťa a pri ich štúdiu je potrebné mať túto dynamiku neustále na zreteli (PITTNER, SANIGA 2008). Nápomocné môžu byť v niektorých prípadoch dendochronologické štúdie, ktoré umožňujú do istej miery popísať dynamiku porastu v minulosti pomocou merania širok letokruhov a ďalších parametrov prírastku (SCHWEINGRUBER 1996), prípadne hodnotia dynamiku radiálneho prírastku v závislosti od vplyvu komplexu vonkajších (stresových) faktorov (KUCBEL *et al.* 2009) atď.

Cieľom predkladanej práce bolo v povodí rieky Bystrá na siedmych výskumných plochách posúdiť premenlivosť rastových vlastností prirodzených populácií jelše sivej s meniacim sa gradientom nadmorskej výšky. Následne po odstránení biologického trendu pomocou Hugershoffovej funkcie, vytvoriť pre plochy štandardizovanú chronológiu a na základe štatistických parametrov dendochronologických meraní posúdiť dynamiku radiálneho prírastku hodnoteného taxónu s meniacim sa gradientom nadmorskej výšky.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu bol získaný zo 7 lokalít v povodí rieky Bystrá, ležiaceho v orografickom celku Nízke Tatry.

Nízke Tatry patria do Alpsko-himalájskej sústavy, provincie Karpaty, subprovincie Západných Karpát, Fatransko-tatranskej oblasti. Budujú ich pararuly, granodiority, alebo tonality. Na severných svahoch a oblasti Kráľovej Hole možno nájsť pieskovce, a karbonátové horniny. V Horehronskom podolí dná údolí väčších tokov vyplňajú tret'ohorné

sedimenty. Dominantným pôdnym typom sú kambizeme s lokálnym výskytom kambizemí andozemných až andozemí. Nízke Tatry patria do mierne teplej až chladnej oblasti. Priemerná ročná teplota sa pohybuje od 2 do 6 °C. Priemerný úhrn zrážok je 900 mm, v najvyšších polohách Nízkych Tatier je to až nad 1500 mm ročne. Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou je v nižších polohách na juhu územia okolo 60 a v hrebeňových polohách je to až 200 dní (KOLEKTÍV 1972).

Zber materiálu určeného pre dendrochronologickú analýzu prebiehal v roku 2015 počas vegetačného obdobia. Výberový dizajn plôch určených pre odber vývrtov bol navrhnutý tak, aby bolo pokryté celé povodie rieky Bystrá. Vzhľadom na vertikálny gradient nadmorskej výšky tohto povodia bol pre odber materiálu zvolený krok 65 výškových metrov. Týmto spôsobom bol pozdĺž celého povodia odobraný materiál z celkovo siedmich plôch. Na každej ploche boli vybrané tri jedince, ktoré si navzájom v korunovej vrstve nekonkurovali a svojimi dendrometrickými charakteristikami reprezentovali odhadom stanovený stredný kmeň konkrétneho porastu. Samotné vývrty boli odoberané vo výške $d_{1,3}$ pomocou Presslerovho nebožieca v dvoch na seba kolmých smeroch. Smer odoberania prvého vývrtu bol priebežne menený s cieľom zamedziť systematickej chybe (Šmelko 1982). Z každej plochy boli hore uvedeným spôsobom odobraté vývrty z troch jedincov ($N = 24$). Odobraté vývrty boli vysušené a nalepené do 2 mm hlbokých drážok dreveného vzorkovníka. Následne boli manuálne prebrúsené brúsnym papierom so zrnitosťou 200 (COOK, KAIRIUKSTIS 1990), digitalizované skenerom Epson Expression 10000 XL s rozlíšením 1200 dpi a spracované v programe WinDendro™ 2009b (Régent Instruments, Inc.). Šírka samotných letokruhov bola meraná s presnosťou 0,001 mm. Nakoľko vek mnohých jedincov nepresiahol 50 rokov, na krížové datovanie jednotlivých letokruhových sérií bola použitá metóda skeletonových diagramov (CROPPER 1979), pre stanovenie miery podobnosti časových radov neparametrický tzv. *Gleichlaufigkeit* (GI) *sign* test (KAENNEL, SCHWEINGRUBER 1995). Kritériom pre zaradenie letokruhovej série do priemernej chronológie na každej ploche bola hodnota GI koeficientu väčšia než 75%. Po revízií falošných a chýbajúcich letokruhov na základe porovnávania jednotlivých sérií boli tieto použité pre kalkuláciu deskriptívnych štatistík ako i vytvorenie štandardnej letokruhovej série pre jelšu sivú na danej lokalite. Každý hodnotený strom skúmanej série vykazuje postupný pokles šírky ročných kruhov. Pre odstránenie rastového trendu vyplývajúceho z prirodzeného poklesu šírky letokruhu s rastúcim vekom stromu (spôsobeného zväčšovaním jeho priemeru a ďalšími endogénnymi príčinami), boli jednotlivé časové rady pred analýzou ročných kruhov detrendované. Detrendácia je potrebná najmä vtedy, keď rovnako ako v tomto prípade, je spracovávaný súbor rôznovekých stromov a kde na veku závislý rastový trend môže výrazne ovplyvniť výsledok (COOK, KAIRIUKSTIS 1990). Pre odstránenie trendu ktorý je následkom prirodzeného poklesu rastovej energie každého jedinca bola použitá Hughschoffova rastová funkcia:

$$f(t) = a \cdot t^b \cdot e^{(-c \cdot t)} + d$$

kde: $f(t)$ – šírka letokruhu
 t – vek
 b, c, d – parametre funkcie

Pre odstránenie biologického trendu, výpočet deskriptívnych štatistík a konštrukciu štandardizovanej chronológie bol použitý program ARSTAN ver. 41 (Cook 1985).

Tab. 1: Základné stanovištné charakteristiky výskumných plôch

Tab. 1: Basic site characteristics of the research plots

Plocha ¹	Nadmorská výška ² (m n. m.)	Expozícia ³	Sklon ⁴	Priemerný vek ⁵
PL 1	915 m n. m.	Z	4 %	50 r.
PL 2	850 m n. m.	J	2 %	40 r.
PL 3	785 m n. m.	JZ	3 %	40 r.
PL 4	720 m n. m.	J	2 %	30 r.
PL 5	655 m n. m.	JZ	3 %	30 r.
PL 6	590 m n. m.	J	2 %	50 r.
PL 7	525 m n. m.	V	3 %	40 r.

¹ plot, ² altitude, ³ slope exposure, ⁴ inclination, ⁵ mean age

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné štatistické údaje pre skúmané série časových radov sú pre jednotlivé plochy uvedené v Tab. 2.

Priemer kmeňa analyzovaných jedincov vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$) sa pohyboval v intervale od 18,6 cm do 25,9 cm, výška jedincov od 16,9 m do 21,1 m a ich vek (podľa počtu ročných kruhov jednotlivých analyzovaných stromov) od 23 do 53 rokov. Priemerná šírka letokruhu v sérii bez ohľadu na plochu dosiahla 3,208 mm s pomerne vysokou priemernou variabilitou na úrovni 42%. So zmenou nadmorskej výšky sa výrazne menila i priemerná šírka ročných kruhov. Najnižšia zaznamenaná priemerná šírka letokruhu v sérii predstavuje 2,105 mm (J3) na a naopak najvyššia 4,898 mm (J11). Zaujímavou z pohľadu produkčných možností je šírka letokruhu 14,6 mm, ktorá bola zaznamenaná na ploche P4, kde bola zároveň zistená i najvyššia priemerná hodnota šírky ročného kruhu $4,898 \pm 1,92$ mm.

FRITTS (1976) uvádza citlivosť priemeru ako mieru relatívnych rozdielov širok po sebe nasledujúcich ročných kruhov. Jej hodnota sa môže pohybovať od nuly, keď neexistuje rozdiel v šírkach po sebe nasledujúcich letokruhov po 2,0, kedy sa nulové hodnoty pravidelne striedajú s nenulovými hodnotami širok. Vyjadruje mieru citlivosti stromov na exogénne faktory prostredia. Citlivosť priemeru bola vypočítaná pre každú letokruhovú sériu z priemeru dvoch na seba kolmých vývrtoch troch jedincov. Táto štatistická charakteristika spolu s autokoreláciami prvého rádu dokumentuje rozdielnosť sérií z hľadiska hrúbkových prírastkov (JALOVIAR *et al.* 2011). Hodnoty citlivosti v sérii varíovali v intervale od 0,200 po 0,342 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,249 predstavuje nízku úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na vonkajšie faktory prostredia.

Tab. 2: Základné parametre letokruhových sérií jelše sivej

Tab. 2: Basic characteristics of the Grey alder tree-ring series

Plocha ¹	Séria ²	Začiatok Série ³	Počet rokov ⁴	Šírka letokruhu ⁵	$\pm s_x$ ⁶	Citlivosť priemeru ⁷	Autokorelácia 1. rádu ⁸
PL1	J1	1959	53	2,227	1,36	0.256	0.737
	J2	1973	39	2,626	1,18	0.231	0.723
	J3	1971	41	2,105	1,34	0.249	0.831
PL2	J4	1976	40	3,175	1,38	0.220	0.791
	J5	1990	26	2,792	1,67	0.253	0.686
	J6	1987	29	2,935	1,07	0.261	0.558
PL3	J7	1976	40	3,175	1,34	0.253	0.791
	J8	1977	39	4,113	1,27	0.286	0.755
	J9	1986	30	4,045	2,12	0.207	0.811
PL4	J10	1987	32	4,362	1,49	0.220	0.818
	J11	1993	23	4,898	1,92	0.200	0.882
	J12	1984	29	3,614	1,54	0.201	0.802
PL5	J13	1992	24	3,124	1,30	0.342	0.777
	J14	1983	33	4,008	1,91	0.288	0.810
	J15	1990	26	3,880	2,06	0.254	0.781
PL6	J16	1974	42	1,836	0,72	0.278	0.580
	J17	1967	49	2,845	1,51	0.236	0.852
	J18	1971	45	2,792	1,08	0.292	0.790
PL7	J19	1972	40	2,780	1,74	0.264	0.632
	J20	1976	36	3,260	1,61	0.195	0.705
	J21	1981	31	2,793	1,07	0.267	0.522

¹plot, ²series, ³beginning of series, ⁴number of years, ⁵ring width, ⁶standard deviation, ⁷mean sensitivity, ⁸1st order autocorrelation

Hodnoty autokorelácie prvého rádu v sériách varíovali od 0,522 po 0,882. Čím vyššie sú rozdiely v striedaní nadpriemerných a podpriemerných ročníkov, tým sú hodnoty autokorelácie nižšie. Najvyššie hodnoty autokorelácií spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyššími priemernými šírkami letokruhov boli zaznamenané v sériách ročných kruhov J10 - J12 (720 m n. m.) čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche (PL4) najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Naopak najvýraznejšie reagovali jedince v sériách J13 a J18, kde sa pravdepodobne vplyv endogénnych faktorov výrazne prejavil i na nižšej priemernej šírke ročných kruhov.

Podobné výsledky hodnotenia dynamiky radiálneho rastu jelše sivej prezentujú aj BUGALA, BALANDA (2014). V oblasti Východných Karpát na základe analýzy štatistických charakteristík jednotlivých časových radov uvádzajú ekologické optimum sledovaného

taxónu v povodí rieky Cirochy v nadmorskej výške 370 m n. m., pričom najvyšší výskyt jedincov jelše sivej zaznamenali v nadmorskej výške 770 m a najnižší v 270 m n. m.

Na veľké rozdiely v ekologickom optime hodnoteného taxónu v rámci rôznych povodí vplyva veľké množstvo faktorov. Ako naznačujú doterajšie výsledky, medzi najvýznamnejšie patrí najmä celkový výškový gradient povodia, pretože jelša sivá vystupuje pozdĺž vodných tokov na alúviách s prúdiacou okysličenou podzemnou vodou a dobre prevzdušnenými vrchnými vrstvami pôdy až do nadmorských výšok nad 1000 m n. m. (BLATTNÝ, ŠĽASTNÝ 1959). Zistené skutočnosti bude potrebné ďalej analyzovať a overovať v ďalších orografických celkoch s výskytom prirodzených populácií jelše sivej.

ZÁVER

Na záver možno konštatovať, že rozdielny hrúbkový rast jednotlivých sérií ročných kruhov jelše sivej v sledovanej oblasti je ovplyvnený kombináciou rôzne veľkých hrúbkových prírastkov na začiatku ich rastu a rozdielne rýchleho poklesu prírastku s rastúcim vekom výrazne vekovo diferencovaného súboru stromov. Tvar priebehu časových radov bol pri väčšine skúmaných letokruhových sérií veľmi podobný. Série s najväčším priemerným prírastkom (J10 – J12) sa na rozdiel od ostatných rôznia jednak miernejším poklesom prírastku, zároveň najvyššou hodnotou autokorelácie a pomerne nízkou hodnotou citlivosti priemeru na exogénne faktory prostredia. Analyzované série zároveň vykazujú väčšie šírky ročných kruhov ako celkový priemer. Dosiadnutá vysoká hodnota hrúbky je teda pravdepodobne výsledkom rýchlejšieho rastu na začiatku sledovaného obdobia a následného pomerne vyrovnaného trendu hrúbkových prírastkov. Môžeme teda konštatovať, že zistené výsledky poukazujú na najpriaznivejšie rastové podmienky hodnotených jedincov na ploche PL4 (nadmorská výška 720 m n. m.) a tým i ekologické optimum jelše sivej v sledovanom povodí.

LITERATÚRA

- BLATTNÝ, T., ŠĽASTNÝ, T., 1959: *Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku*. SVPL, Bratislava, 402 s.
- BUGALA, M., BALANDA, M., 2014: Dynamika radiálneho rastu vybranej populácie jelše sivej (*Alnus incana* (L.) Moench.) v oblasti Východných Karpát. In: *Pestovanie lesa v strednej Európe : zborník vedeckých prác*. Zvolen: Národné lesnícke centrum, s. 83-89.
- COOK, E. R., 1985: A time-series analysis approach to tree ring standardization. Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, 171 p.
- COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A., 1990: *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Kluwer academic publishers, 394 p.
- CROPPER, J. P., 1979: Tree-Ring Skeleton Plotting by Computer. *Tree-Ring Bulletin* 39: 47-59.
- FRITTS, H. C., 1976: *Tree rings and climate*. Academic Press, New York, 579 p.
- JALOVIAR, P., LUKÁČIK, I., KUCBEL, S., VARGA, M., 2011: Porovnanie hrúbkového rastu vybraných proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies septentrionalis* Svob.) vysadených v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 53 (1): 29-39.
- JAKUBISOVÁ, M. 2009: Význam brehovej vegetácie v protieróznej ochrane krajiny. In: Dreslerová, J. (ed.): *Venkovská krajina 2009*. Zborník zo 7. ročníka medzinárodnej medziodborovej konferencie. Brno: MZLU, LDF, s. 70-77.

- KAENNEL, M., SCHWEINGRUBER, F. H., (EDS). 1995: *Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian.* Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, 467 p.
- KOLEKTÍV, 1972: *Slovensko II. Príroda, Obzor, Bratislava*, 971 s
- KUCBEL, S., VENCÚRIK, J., JALOVIAR, P., BEREŠÍK, A., 2009: Radial growth dynamics of Norway spruce in Kysucké Beskydy Mts. MZLU Brno. *Beskydy*, 2 (2): 141-148.
- LINGG, W., 1986: Dendroökologische Studien an Nadelbäumen in Alpenin Trockental Wallis (Schweiz). *Ber. Eidgenöss. Forsch. anst. Wald Schnee Landsch* 287: 1-81.
- LUKÁČIK, I., 2002: Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen - Banská Bystrica. In: Benčať, T., Soroková, M. (eds.): *Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen - Banská Bystrica.* PARTNER z. p., Banská Bystrica: 103 - 108.
- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2005: *Premenlivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (Alnus glutinosa [L.] Gaertn.) a jelše sivej (Alnus incana [L.] Moench.) na Slovensku.* Vedecké štúdie 13/2004/A. Technická univerzita, Zvolen, 68 p.
- NORTON, D. A., 1984: Phenological growth characteristics of Nothofagus solandri trees at three altitudes in the Creibierburn Range, New Zeland. *N. Z. J. Bot.*, 22: 413-424.
- PAGAN, J., 1996: *Lesnícka dendrológia.* TU, Zvolen, 377 s.
- PITTNER, J., SANIGA, M., 2008: A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). *Journal of forest science*, Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Vol. 54, no. 12 (2008), p. 545-553
- SANDER, C., ECKSTEIN, D., KYNCL, J., DOBRÝ, J., 1995: The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonoše Mountains as indicated by a ring width and wood density. *Ann Sci For* 52: 401-410.
- SANIGA, M., PITTNER, J., KUCBEL, S., BLAŽO, J., 2013: Štruktúra, produkcia, nekromasa a regeneračné procesy jelšového prírodného lesa v NPR Šúr. Vedecká monografia, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2523-8, 65 p.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1996: *Tree rings and environmental dendroecology.* Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research. Berne Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 p.
- Šmelko, Š., 1982: *Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov.* Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 184 p.
- Šmelková, E., SARVAŠOVÁ, I. 2007: Klíčenie a rast semenáčikov rodu *Alnus* z peletizovaného semena. In: Sarvaš M., Sušková M. (eds): *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa.* Národné lesnícke centrum, Zvolen s. 123-129

Pod'akovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu VEGA-1/0040/15.

*BEECH, FIR AND SPRUCE REGENERATION RESPONSE TO HIGH IRRADIANCE
AFTER ICE STORM NATURAL DISTURBANCE*

**ODEZVA PŘIROZENÉ OBNOVY BUKU, JEDLE A SMRKU NA VYSOKOU
OZÁŘENOST VZNIKLOU DISTURBACI MATEŘSKÉHO POROSTU NÁMRAZOU**

MATJAZ ČATER^{1,2}

¹ Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000, Ljubljana, Slovenia; e-mail: matjaz.cater@gozdis.si

² Mendel University, Brno, Department of Silviculture, Zemedelska 3, 61300 Brno, Czech Republic

ABSTRACT

Young beech, silver fir and Norway spruce response to high irradiance after the severe ice storm in 2014 in the Slovenian mixed forest stands was measured at four locations and compared with response of same species on managed sites, that were gradually adapted to the same light intensities. Nitrogen content (N_{tot}), Leaf mass per area (LMA), and Quantum yield (Φ) were measured in three categories of different light intensities under closed canopy with indirect site factor (ISF) < 15% at the forest edge (15% < ISF < 25%) and in the open (ISF > 25%) during two years (2015 and 2016) after the disturbance event.

Nitrogen content of all three species was within optimal threshold values, highest in the open and lowest under canopy conditions on every plot. Rapid exposure to increased light levels affected most directly fir in the category of forest edge and under open canopies. Contrary to fir responded beech in a favourable way, while no differences in response were evident in spruce. Assimilation efficiency, where both fir and beech were equal shifted towards the shade in both years.

Keywords: *Abies alba*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, light stress, ice storm, disturbances

ABSTRACT

V příspěvku je analyzována odezva přirozené obnovy buku, jedle a smrku na vysokou ozářenost vzniklou po disturbaci mateřského porostu. Šetření probíhala ve čtyřech smíšených porostech ve Slovinsku postižených námrazou v roce 2014. Kontrolou byla obnova stejných dřevin z postupně uvolňovaných nárostů hospodářského lesa. Zjišťovány byly obsah dusíku (N_{tot}), specifická listová hmotnost (LMA) a kvantová výtěž (Φ) ve třech světelných podmínkách: ISF < 15% (zapojený porost), 15% < ISF < 25% (porostní okraj) a ISF > 25% (otevřená plocha) ve dvou letech po disturbanci.

Obsah dusíku všech tří dřevin se pohyboval v normálu – nejvyšší hodnoty byly na otevřené ploše nejnižší v zapojeném porostu. Silné prosvětlení se nejvíce projevilo u jedle v porostním okraji a pod porostem. Buk na rozdíl od jedle zareagoval příznivě. Odezva u smrku nebyla zaznamenána. Účinnost asimilace byla jak u buku, tak u jedle posunuta do stínu v obou letech šetření.

Klíčová slova: *Abies alba*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, světelný stress, námraza, disturbance

INTRODUCTION

Changes in climate and in natural disturbance regime may significantly influence future forest development (USBECK *et al.*, 2010), especially in Central European countries facing unprecedented events. In many countries, however, the clear-cut management is quite limited (SCHÜTZ *et al.*, 2016) and consequently the whole system of artificial regeneration is less developed as well. Even after natural disturbances there is a strong emphasis on forest restoration based on natural regeneration and release of advance regeneration (BRANG *et al.*, 2016). Insufficient attention has been paid to the ecological differences between regular management with the gradual controlled canopy removal (i.e. selection system or irregular shelterwood system) and disturbances, that are often followed by the sanitary/salvage logging (SCHÜTZ *et al.*, 2016). The cumulative result may lead to rapidly created extreme environmental conditions and decrease productivity of advance seedlings (RUBAN, 2009), which may retard natural regeneration, lead to decline of shade tolerant species and contribute to poor decisions on the type of forest restoration.

In February 2014, larger area of Slovenian montane forests has been severely damaged by the ice-storm at altitudes between 500 and 1.200 m in the southwestern and western parts of the country. The damage estimate (April 2014) included conifers with more than 30% and broadleaves with more than 60% of broken canopies within the damaged forest, a total of 9.3 million m³ in the entire Slovenia (SLOVENIAN FOREST SERVICE, 2014). Forest restoration on 51% of Slovenian forested area included sanitary and salvage logging and regeneration measures within damaged forest stands (Fig. 1), which is still in the progress.

In uneven-aged stands the susceptibility to damage was related more to the individual tree or groups of trees instead of the whole stands. Total damage in forests, forest roads and forest infrastructure was estimated at 214 mio EUR or 50% of the total damage caused by sleet. Regeneration (both natural and artificial) measures were required on approximately 13,800 hectares (2% of damaged area) (Slovenian Forest Service, 2014). Slovenian forests are mixed and well structured, therefore natural regeneration is quite successful. On 900 ha of damaged area, however, artificial regeneration by planting was also necessary.

To choose the most appropriate site-adapted tree species, adapted to rapid light climate change after disturbances and between natural or artificial regeneration depends on the abundance and the quality of advanced regeneration. Successful seedling development and survival rate decreases with the time under the shade, as the response ability of different tree species varies and depends on several factors (WRIGHT *et al.* 2000, GREENE *et al.* 2002).

A comparison between beech, silver fir and spruce saplings to light caused by the rapid canopy release triggered by the ice storm was made among three tree species (ČATER and DIACI 2017) (1). Light response in damaged stands for each species was compared with the response in comparable light conditions in undamaged stands, where young trees gradually adapted to the light environment (2).

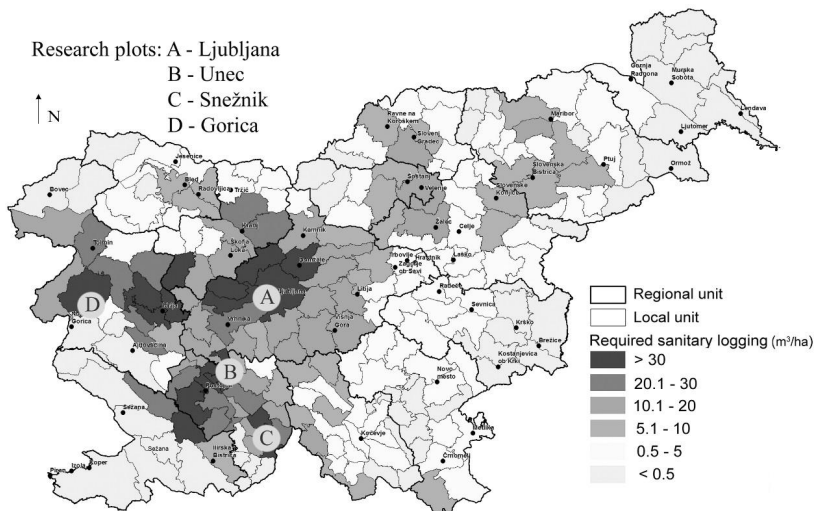


Fig. 1: Required sanitary logging (m^3/ha) after the ice storm in February 2014 and location of the research plots (A, B, C, D)

Obr. 1: Množství nahodilé těžby (m^3/ha) po námraze z února 2014 a lokalizace výzkumných ploch (A, B, C, D)

MATERIAL AND METHODS

At four locations (Fig. 1) with severe damages evident on the mature canopy in 2014 stand, three categories of different light intensities were defined based on the hemispherical photo analysis: under closed canopy with indirect site factor (ISF) $<15\%$, at the forest edge ($15\%<ISF<25\%$) and in the open $ISF>25\%$. Light response was measured in saplings of silver fir (hereafter fir), beech and Norway spruce (hereafter spruce) in June and July during two consecutive growing seasons (2015 and 2016). Age of the saplings varied between 4-9 years. In every light category and site, at least 8-10 saplings were measured. Two types of plots were established in comparable light conditions: (I)-plots subjected to the regular forest management, with gradually altered light environment according to the established silvicultural praxis (cutting intensities from 15-30% of living stock/ basal area), which were considered as control and (II)-plots created by the increased light levels following natural disturbance.

Table 1: Research plot characteristics

Tabulka 1: Charakteristika výzkumných ploch

Plot	Latit. Deg ($^{\circ}$)	Long. Deg ($^{\circ}$)	Avg. air T ($^{\circ}C$)	Avg. precipitation (mm)	Living stock (m^3/ha)	Sanitary logging (% of living stock)
A	46 $^{\circ}$ 03'	14 $^{\circ}$ 28'	10.9	1362	264	27
B	45 $^{\circ}$ 48'	14 $^{\circ}$ 16'	9.3	1500	236	29
C	45 $^{\circ}$ 50'	14 $^{\circ}$ 27'	6.4	1634	271	37
D	46 $^{\circ}$ 04'	13 $^{\circ}$ 41'	9.1	2166	237	31

Nitrogen concentration (N_{tot}) [mg/g] was determined to compare macronutrient status (Leco CNS-2000 analyser) (LAMBERS *et al.* 1998) for three light categories (ČÁTER and SIMONČIČ 2009). Samples were taken from the upper crown position of minimal eight trees per light category and location. Fresh leaves were weighed and scanned for the leaf area. Leaves were dried at 105° for 24 hours until constant weight and weighed for dry mass in the lab to provide leaf mass per area (LMA) [g/m²].

The assimilation efficiency of beech, spruce and fir was measured on randomly distributed saplings in same three relative diffuse light (ISF) categories: of < 15%, 15 to 25% and > 25% on at least eight young trees of the same height during two sequential growing seasons (2015 and 2016) (*sensu* ČÁTER *et al.* 2014) with an LI-6400 portable system on at least four sun leaves/locations per tree, located in the upper third of the tree-crown. The characteristic points of maximal quantum yield (Φ), defined as the maximal amount of fixed CO₂ per amount of absorbed light quanta (LAMBERS *et al.* 1998), were established for each light category and species, as described in ČÁTER *et al.* (2014).

Differences between same year (control, 2015 and 2016) for the LMA, N_{tot} and Φ were tested with the two-way ANOVA with species (beech, fir and spruce) and light (open, edge, canopy) as a dependent variable after confirmed normality and homogeneity of variances. Analyses of variance (ANOVA) and HSD Tukey post-hoc test were made after testing data to meet conditions of normality. Probability values of P<0.05 (*), P<0.01 (**) and P<0.001 (***) were considered significant. Analysis was performed with Statistica data analysis software system (2011).

RESULTS

On every plot N_{tot} for beech and fir was highest in the open and lowest under canopy conditions. Nitrogen amount of all three species was within optimal threshold values (GRASSI and BAGNARESI, 2001). LMA also increased accordingly from the shelter towards the open, most evidently in beech (Fig. 2).

On damaged plots Φ increased most evidently for the beech in both edge and open light categories, especially in 2016. In fir, a pronounced decrease which progressed with time was evident on all plots, with increasing light the dispersion decreased in all three light categories (tab. 2). Yield in spruce increased with stronger light, without confirmed differences between control and measured values on the damaged plots. Same levels in the category under closed canopy and in the open were reached in 2016 (Fig. 3 left, tab. 3). The average quantum yield where beech-fir and spruce-fir responses were the same showed retreat towards the shade conditions from 2014-2015 and from 2015-2016 in equal amount for both responses (Fig. 3, right).

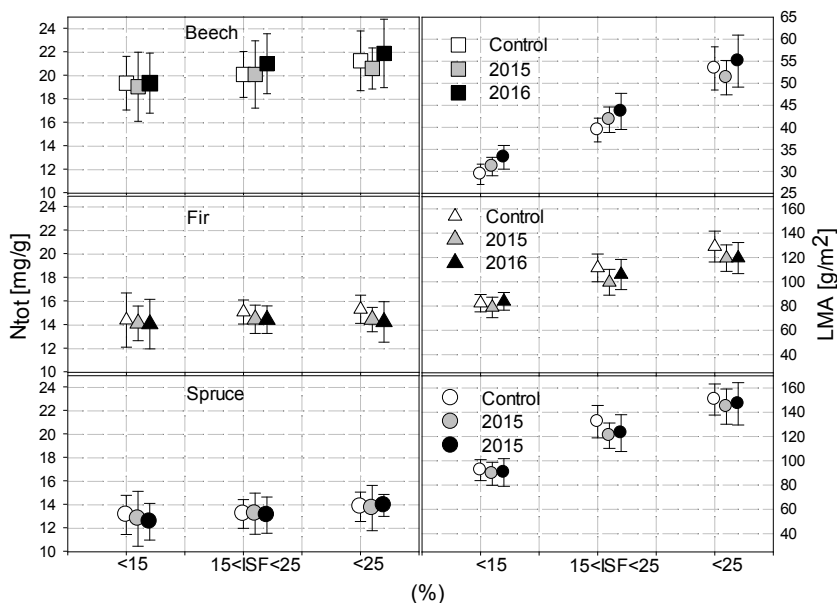


Fig. 2: N_{tot} [mg/g] (left) and LMA [g/m²] (right) in light categories created by ice-storm for beech, fir and spruce. Average values with SE are presented.

Obr. 2: N_{tot} [mg/g] (vlevo) a LMA [g/m²] (vpravo) pro buk, jedli a smrk v různých světelných podmínkách vzniklých po poškození námrazou. Hodnoty reprezentují průměry a střední chybu.

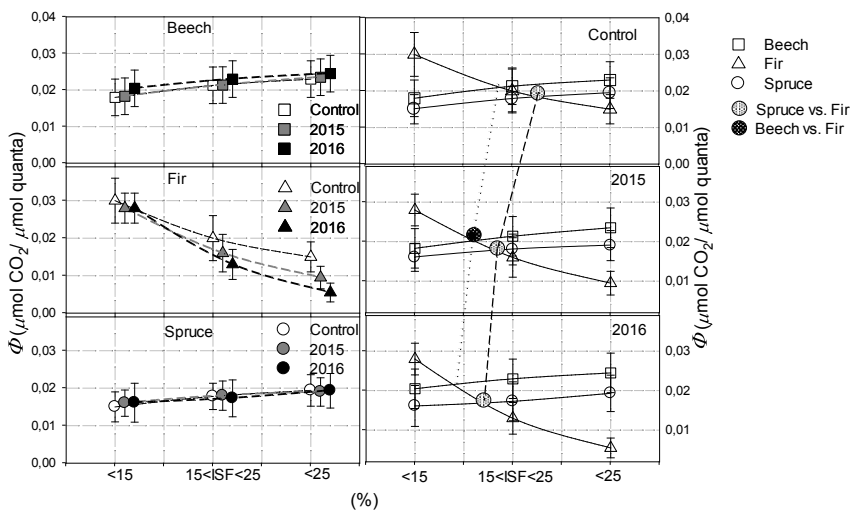


Fig. 3: Φ in three light categories in 2015 and 2016 for beech, fir and spruce (left) and equal response between studied species for every year (right). Dotted lines connect the points of the same quantum yield between beech and fir, dashed lines between spruce and fir.

Fig. 3: Φ ve třech odlišných světelných podmínkách v roce 2015 a 2016 pro buk, jedli a smrk (vlevo) a vztah mezi studovanými dřevinami v jednotlivých letech (vpravo). Tečkovaná čára spojuje stejné hodnoty mezi bukem a jedlí, čárkovaná mezi smrkem a jedlí.

Table 2: Results of ANOVA for Φ of beech, fir and spruce under canopy, edge and open conditions
 Tab. 2: Výsledky statistického hodnocení (ANOVA test) pro Φ u buku, jedle a smrku v různých světelných podmínkách

Trait	Year	$df_{1,2}$	Species		$df_{1,2}$	Shading		$df_{1,2}$	Species x Shading	
			F	p		F	p		F	p
	Control	2; 279	17.9	***	2; 279	2.1	NS	4; 279	33.65	***
Φ	2015	2; 279	12.4	***	2; 279	20.1	***	4; 279	82.62	***
	2016	2; 279	54.3	***	2; 279	25.6	***	4; 279	88.73	***

Table 3: Post-hoc Tukey test for LMA, N_{tot} and Φ for beech, fir and spruce between same light categories: Control (C)-2015, Control-2016 and 2015-2016. Significant differences are marked.

Tab. 3: Post-hoc Tukey test pro LMA, N_{tot} a Φ u buku, jedle a smrku ve stejných světelných podmínkách: Kontrola(C)-2015, Kontrola-2016 a 2015-2016. Statistické rozdíly jsou vyznačeny.

		Beech			Fir			Spruce		
		LMA	N_{tot}	Φ	LMA	N_{tot}	Φ	LMA	N_{tot}	Φ
Canopy	C-2015									
	C-2016									
	2015-16									
Edge	C-2015				***		***			
	C-2016						***			
	2015-16									
Open	C-2015						***			
	C-2016				*		***			
	2015-16				*					

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Increased disturbance severity will most likely affect post-disturbance forest restoration practices in Central Europe. Instant strong increase in light conditions may inhibit regeneration development or influence intensified post-disturbance mortality. In this study, a rapid exposure to increased light levels affected most directly fir in the category of forest edge and under open canopies. Contrary to fir, beech responded in a favourable way, while no differences in response were evident in spruce.

The cost of shade tolerance may involve reduced photosynthetic capacity and increased vulnerability to photoinhibitory damage (HENRY and AARSEN 1997). In high light, reaction centres become saturated with energy and the energy balance between them is no longer an issue. The excess excitation energy in the photosystems can lead to irreversible damage to the reaction centres, known as photoinhibition (RUBAN 2015). Photoinhibitory damage was highly species specific, especially between fir and beech, even though both species regularly occur in neighbouring microsites and similar light regimes, including the occurrence of light flecks (JAWORSKI and FUJAK 1983). In abruptly open forest stands following ice-damage, one would expect the highest adaptivity for spruce that would also outrank both fir and beech, but the Φ responses to light were in all observed years without noticeable differences.

Contrary to the findings of TOGNETTI *et al.* (1998), least effective recovery was found in fir, better recovery in beech and neutral in spruce; the fir on our sites was most damaged

and could not be found in three of the four locations on the edge and in the open light category at the beginning of 2017 (March), which could be also attributed to browsing.

Our results indicate implications for further research regarding natural and artificial regeneration. In case of natural regeneration, they may help explain increased mortality or low frequency of naturally regenerated fir seedlings in more exposed sites of the openings created by disturbance, which was reported in some studies (SCHÖNENBERGER, 2002; JONASOVA and PRACH, 2004). If future studies confirm these findings, a more thorough evaluation of advance regeneration of shade tolerant species would be necessary, especially on exposed sites, for example on the southern slopes and at greater distances from the forest edge. It seems that in beech the acclimatisation to light climate develops rather fast, thus other traits may better explain lower mortality in spruce (e.g. robustness of root system; frost tolerance; lower susceptibility to browsing).

For a practicing silviculturist, who must decide promptly on a method of regeneration, it would be interesting to answer the question whether the acclimatization ability observed here also applies to older seedlings and how long seedlings need to reach their optimal performance in a new light environment. Future research should also focus on the causes of low survival rate of other species than spruce in openings created by the disturbances.

Acknowledgement

Research was funded by the financial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P4-0107 Program research group “Forest Biology, Ecology and Technology” at the Slovenian Forestry Institute, projects V4-1614 and LD14063 Eumix-For and the Public Forest Service. Data about amount and intensity of damages was generously provided from Slovenian Forestry Service.

LITERATURE

- BRANG, P., HILFIKER, S., WASEM, U., SCHWYZER, A., WOHLGEMUTH, T., 2015. Langzeitforschung auf Sturmflächen zeigt Potenzial und Grenzen der Naturverjüngung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 166 (3), p.147-158.
- ČATER, M., DIACI, J., 2017. Divergent response of European beech, silver fir and Norway spruce advance regeneration to increased light levels following natural disturbance. Forest Ecol. Manage. (in press).
- ČATER, M., DIACI, J., ROŽENBERGAR, D., 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. Forest Ecol. Manage. 325, p.128-135.
- ČATER M., SIMONČIČ P., 2009. Photosynthetic response of young beech (*Fagus sylvatica* L.) on research plots in different light conditions. Šumar. list, 2009, 83, p. 569-576.
- GRASSI, G., BAGNARESI, U., 2001. Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. Tree Physiol. 21, p. 959-967.
- GREENE, D. F., MESSIER, C., ASSELIN, H., FORTIN M-J., 2000. The effect of light availability and basal area on cone production in *Abies balsamea* and *Picea glauca*. Can. J. Bot., 80, p. 370-377.
- HENRY, H.A.L., AARSEN, L.W., 1997. On the relationship between shade tolerance and shade avoidance in woodland plants. Oikos, 80, p. 575-582.
- JAWORSKI, A., FUJAK, H., 1983. Wpływ światła na kształtowanie się niektórych cech morfologicznych podrostu jodłowego na przykładzie powierzchni doowiadczalnej w lasach krynickich. Acta Agraria et Silvestria, Series Silvestris, 17, p. 3-16.

- JONASOVA, M., PRACH, K., 2004. Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecol. Engineering*, 23 (1), p. 15-27.
- LAMBERS, H., CHAPIN, F.S., PONS, T.L., 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- RUBAN, A.V., 2009. Plants in light. *Communicative & Integrative Biol.*, 2 (1), p. 50-55.
- RUBAN, A.V., 2015. Evolution under the sun: optimizing light harvesting in photosynthesis. *J. of Exper. Bot.*, 66, p. 7-23.
- SCHÖNENBERGER, W., 2002. Post windthrow stand regeneration in Swiss mountain forests: the first ten years after the 1990 storm Vivian. *For. Snow Landsc. Res.*, 77, (1/2), p. 61-80.
- SCHÜTZ, J.-P., SANIGA, M., DIACI, J., VRŠKA, T., 2016. Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Ann. of For. Sci.*, 73, p. 911-921.
- SLOVENIAN FOREST SERVICE, 2014. The operational plan for the sanitation of the damaged forest after the sleet event in February 2014.
- TOGNETTI, R., MINOTTA, G., PINZAUTI, S., MICHELOZZI, M., BORGHETTI, M., 1998. Acclimation to changing light conditions of long-term shade-grown beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings of different geographic origins. *Trees-Struct. Funct.*, 12 (6), p. 326-333.
- USBECK, T., WOHLGEMUTH, T., DOBBERTIN, M., PFISTER, C., BÜRGI, A. AND REBETEZ, M., 2010. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agric. and For. Meteorol.*, 150 (1), p. 47-55.
- WRIGHT, E.F., CANHAM, C.D., COATES, K., 2000. Effects of suppression and release on sapling growth for 11 tree species of northern, interior British Columbia. *Can. J. of For. Res.*, 30 (10), p. 1571-1580.

INDEX LISTOVÉ PLOCHY RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝCH SMRKOVÝCH TYČOVIN STŘEDNÍCH POLOH

LEAF AREA INDEX OF DIFFERENTLY TENDED NORWAY SPRUCE POLE STANDS AT A MIDDLE ALTITUDINAL ZONE

JAKUB ČERNÝ^{1, 2, *}

¹ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, Opočno 517 73, Česká republika.

² Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova Univerzita v Brno, Zemědělská 3, Brno 613 00, Česká republika. * email: cerny@vuhlmpop.cz

ABSTRACT

Fast and accurate estimating of forest stand leaf area index (LAI) is essential for a wide range of ecological interventions. In this study, we have described a combination of indirect optical methods (LAI-2200 PCA and LaiPen LP 100) for estimating LAI in pure Norway spruce pole stands under different types of thinning. The LAI estimates obtained combining the two measurement approaches were compared side-by-side. The results provided identical LAI value differences between thinning from above (A) and thinning from below (B) for both tested instruments. No statistical significant differences (t-test; $p < 0.05$) were confirmed between the measurements taken in July and August within particular treatments.

Key words: Norway spruce, LAI, tending, thinning, pole stand

ABSTRAKT

Rychlé a přesné měření indexu listové plochy lesních porostů (LAI) je důležité pro široké rozpětí ekologických studií. V tomto příspěvku byla popsána kombinace nepřímých optických metod (LAI-2200 PCA a LaiPen LP 100) pro stanovení LAI v čistých smrkových tyčovínách s aplikovaným různým typem probírky. LAI bylo ohodnoceno kombinací dvou měřících přístupů, které spolu byly vzájemně porovnány. Výsledky poskytly identické rozdíly hodnoty LAI mezi plochou s aplikovanou úrovníovou probírkou (A) a plochou s podúrovníovou probírkou (B) pro oba použité měřící přístupy. V rámci měření LAI v jednotlivých pěstebních variantách nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi červencovým a srpnovým měřením (t-test; $p < 0,05$).

Klíčová slova: smrk ztepilý, LAI, výchova, probírka, tyčovina

Úvod

Porostní zápoj je strukturně a ekologicky významnou částí lesního porostu a je definován jako kombinace listoví, větviček, letorostů, přítomnou florou a faunou, vzdušnými meziprostory v rámci zápoje a jejich prostředím (MOFFET 2001). Struktura porostního zápoje je klíčovým znakem, který ovlivňuje a je ovlivňován celou řadou ekosystémových procesů (CAMPBELL, NORMAN 1989; NORMAN, CAMPBELL 1989) a je hlavním funkčním

rozhraním mezi stromy a atmosférou, čímž hraje hlavní roli v intercepci dešťových srážek, absorpci světelného záření vstupujícího do procesu fotosyntetické asimilace a v koloběhu vody a živin (LOWMAN, RINKER 2004). Struktura zápoje silně ovlivňuje primární produkci celého ekosystému a reguluje světelné záření, teplotu vzduchu, rychlost větru, půdní vlhkost a vlhkost vzduchu pod zápojem i v porostním nitru (MEYERS, PAW U 1986; MEYERS, PAW U 1987). Jednou z nejdůležitějších charakteristik porostního zápoje je index listové plochy (CHASON et al. 1991).

Index listové plochy (LAI) je bezrozměrná proměnná (JONCKHEERE et al. 2004) definovaná jako polovina celkové plochy povrchu jehlic nad jednotkou povrchu půdy (CHEN, BLACK 1992). Zelené jehlice (listy) jako jedna z hlavních strukturních proměnných lesního ekosystému hrají důležitou roli ve vázání uhlíku a tím i v celé primární produkci ekosystému. LAI je hlavním ukazatelem množství absorbované fotosynteticky aktivní radiace (aFAR) a také jednou z nejvýznamnějších proměnných ovlivňujících odrazivost (reflektanci) porostního zápoje (MAJASALMI et al. 2012).

Účelem této studie bylo zjištění, zda může odlišný výchovný zásah ovlivnit LAI. Odrazí se odlišný způsob výchovy na hodnotě LAI?

Cíle prezentované studie jsou následující: (i) stanovení LAI ve smrkových tyčovinách s odlišným způsobem výchovy použitím dvou různých měřicích přístupů a (ii) testování významnosti dvou odlišných optických přístrojů, které stanoví LAI nepřímou metodou.

Hlavním cílem této studie tedy bylo porovnání LAI mezi různě vychovávanými smrkovými tyčovinami (tj. A a B) a kontrolní plochou, jež sloužila jako referenční plocha a byla od založení ploch bez jakéhokoliv provedeného zásahu.

MATERIÁL A METODIKA

Popis lokality

Měření bylo provedeno na Ekosystémové stanici Rájec-Němčice, jež je situována 30 km severně od Brna (Tab. 1).

Tab. 1: Charakteristiky Ekosystémové stanice Rájec-Němčice.

Table 1: Characteristics of the Rájec-Němčice study site.

Souřadnice/ Geographic coordinates	49°29'31'' S, 16°43'30'' V
Nadmořská výška/ Altitude	610-625 m n. m.
Matečná hornina/ Bedrock	kyselý granodiorit ¹⁾
Půdní klasifikace (půdní typ)/ Soil classification (soil type)	modální oligotrofní kambizol (KAmd) ²⁾ kambizol (CM) ³⁾ s moderovou formou povrchového humusu ³⁾
Klimatické charakteristiky/ Climate characteristics	průměrná roční teplota vzduchu 6,5 °C; průměrný roční úhrn srážek 717 mm ⁴⁾

¹⁾NĚMEČEK et al. (2001), ²⁾WRB (2006), ³⁾MENŠÍK et al. (2009), ⁴⁾HADAŠ (2002)

Smrkový porost byl založený umělou obnovou holiny tříletými sazenicemi se sponem 2,5 x 2 m v roce 1978 (KNOTT 2002; KUČERA et al. 2002). Fytcenologické vymezení stanoviště je charakterizováno jako svěží jedlová bučina se štávelem kyselým (lesní typ 5S1; VIEWEGH et al. 2003). Porost byl rozdělený na 4 kvadranty o výměře 50 x 50 m. Dále byl každý kvadrant rozdělen na následující varianty: (i) úrovnňová probírka (A), (ii) podúrovnňová probírka (B) a (iii) kontrolní bezzásahová plocha (C). Probírkový zásah byl na všech plochách proveden v letech 2002, 2005 a 2010. Během posledního výchovného zásahu v roce 2010 byla kruhová výčetní základna porostu v prsní výšce snížena o 8,2 % (tj. 2,45 m² ha⁻¹ z 29.89 m² ha⁻¹) na ploše s úrovnňovou probírkou (A) a o 7,8 % (tj. 3,03 m² ha⁻¹ z 38.73 m² ha⁻¹) na ploše s podúrovnňovou probírkou (B). Vybrané porostní, dendrometrické a strukturální charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2: Dendrometrické charakteristiky (Průměr ± Směrodatná odchylka) šetřených porostů (A – úrovnňová probírka; B – podúrovnňová probírka; C – kontrolní bezzásahová plocha; DBH – výčetní prsní tloušťka kmene; G_{1,3} – kruhová výčetní základna v prsní výšce) v roce 2014.
 Table 2: Dendrometric characteristics (Mean ± Standard deviation) of the studied stands (A – thinning from above; B – thinning from below; C – free of any management interventions; DBH – stem diameter at breast height; BA_{1,3} – basal area at breast height) in 2014.

	A	B	C
Věk [rok]/ Age of stand [year]	36	36	36
Hustota porostu [strom ha⁻¹]/ Stand density [tree ha⁻¹]	1931	1915	4100
Výška [m]/ Height [m]	14,14 ± 3,73	16,33 ± 2,37	12,72 ± 2,68
DBH [cm]/ DBH [cm]	14,84 ± 6,13	15,81 ± 4,47	10,97 ± 4,81
G_{1,3} [m² ha⁻¹]/ BA_{1,3} [m² ha⁻¹]	36,60 ± 0,25	43,41 ± 0,17	36,96 ± 0,19
Zásoba porostu [m³ ha⁻¹]/ Standing volume [m³ ha⁻¹]	250,02 ± 2,00	290,07 ± 1,32	287,12 ± 1,39

Měření LAI

V každém měřeném kvadrantu byla za použití systému Field-Map (IFER, Česká republika) zaměřena pravidelná síť o rozměrech 3 x 3 metry. Měřicí body byly v terénu zaměřeny sestavou Field-Map v 3metrovém intervalu a byly označeny dřevennými kolíky, které byly pro lepší orientaci v terénu natřeny reflexní barvou. V každé řadě pravidelné sítě tedy bylo umístěno devět měřících bodů a celkově bylo provedeno měření na 81 bodech v každém kvadrantu (A, B a kontrolním C).

LAI byl stanoven na každém měřícím bodě v rámci pravidelné sítě přístroji LAI-2200 PCA (LI-COR, Inc., USA) a LaiPen LP 100 (PSI, Česká republika). Měření byla provedena 14. 7. a 14. 8. 2014. Během tohoto období dosahuje nejvíce dřevinných druhů maximálního LAI v rámci vegetační sezóny (např. LE DANTEC et al. 2000; MUSSCHE et al. 2001; BRÉDA 2003), což také potvrdil POKORNÝ (2015) v čistých 35-ti letých smrkových porostech.

Ve výpočtu LAI na jednotlivých měřících bodech byla v matematickém vztahu uvážena průměrná hodnota vyjádřená podle následující rovnice (Rovnice 1):

$$LAI_{\text{průměr}} = (LAI_{\text{Červenec}} + LAI_{\text{Srpen}}) / 2 \quad (1)$$

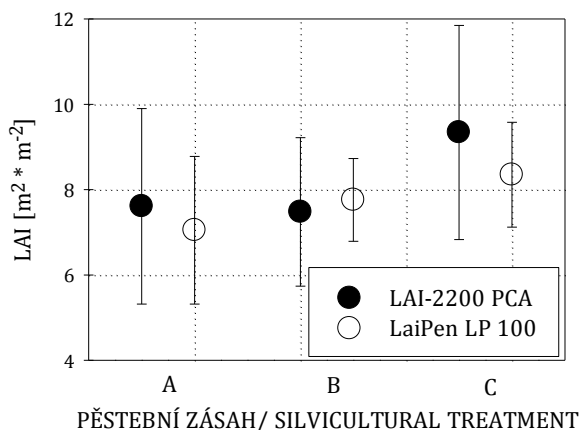
Před samotným měřením LAI byla na volné ploše provedena vzájemná kalibrace a synchronizace času jak pro LAI-2200 PCA (viz. LI-COR 2011) i pro LaiPen LP 100 (viz. PSI 2015). Po terénním měření LAI byla surová data hodnocena pro LAI-2200 PCA (LI-COR, Inc., USA) v softwaru LAI-2200 File Viewer (FV2200) a v softwaru FluorPen 1.0.5.1. pro LaiPen LP 100 (PSI, Česká republika).

Statistické zpracování dat

Statistické analýzy dat byly provedeny v programu STATISTICA® verze 10.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) a SigmaPlot® verze 13.0 (Systat Software Inc., Chicago, IL, USA). Normalita dat byla testována Shapiro-Wilkovým testem. Parametrické testy (T-test, ANOVA) byly aplikovány pro data, u nichž bylo prokázáno normální rozdělení (Gaussovo rozdělení). V opačném případě u dat s nenormálním rozdělením byly pro statistické analýzy dat aplikovány neparametrické testy (Mann-Whitney test). Analýza variance dat (ANOVA) byla použita pro nalezení výskytu signifikantních rozdílů mezi testovanými skupinami. Tukey Post-hoc test mnohonásobného porovnání byl proveden za účelem nalezení signifikantních rozdílů mezi jednotlivými skupinami. T-test byl uskutečněn v případě, že byly porovnávány pouze dvě skupiny (např. porovnání měřících přístupů). Následně byla vypočítána popisná statistika.

VÝSLEDKY

Výsledky analýzy variance dat (ANOVA) a následný Post-hoc Tukey test mnohonásobného porovnání potvrdily identické rozdíly mezi pěstebními opatřeními (A vs. B) jak pro přístroj LAI-2200 PCA, tak i pro LaiPen LP 100. LAI-2200 PCA ukázal signifikantně vyšší hodnoty LAI na kontrolní ploše porovnávané s pěstebně vychovávanými plochami. Na kontrolní ploše byly hodnoty LAI měřené přístrojem LaiPen LP 100 signifikantně nižší než hodnoty získané LAI-2200 PCA. Mezi plochami C a B nebyly mezi hodnotami LAI měřenými přístrojem LaiPen LP 100 zjištěny statisticky signifikantní rozdíly (p-hodnota Post-hoc Tukey testu byla 0,19). Statisticky nesignifikantní rozdíly vyšly mezi kontrolní plochou (C) a plochou s aplikovanou úrovní probírkou (A) v rámci porovnání LAI měřeného přístrojem LaiPen LP 100. Výsledky jasně potvrdily, že se hodnota LAI po provedeném probírkovém zásahu v čistých smrkových tyčovinách významně snížila. Zmíněné snížení je zřejmější pro přístroj LaiPen LP 100 na plochách s aplikovanou úrovní probírkou (A) a pro přístroj LAI-2200 PCA na ploše s podúrovní probírkou (B), (Obr. 1).



Obr. 1: LAI smrkových tyčovin s různým způsobem výchovy měřeny přístroji LAI-2200 PCA (černé symboly) a LaiPen LP 100 (prázdné symboly). A – úroňová probírka; B – podúroňová probírka; C – kontrolní plocha. Sloupce vyjadřují směrodatné odchylky.

Fig. 1: The LAI of Norway spruce pole stands under different tending measured by the LAI-2200 PCA (black characters) and the LaiPen LP 100 (empty characters) devices. A - thinning from above; B - thinning from below; C - control without any intervention. Dots mark the mean value. Whiskers display the standard deviation.

V rámci měření LAI v jednotlivých pěstebních variantách nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi červencovým a srpnovým měřením (t-test; $p < 0,05$). Rozdíly mezi oběma měsíčními hodnotami byly také velmi nepatrné v rámci všech tří pěstebních variant. Použitím neparametrického Mann-Whitney testu nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl mezi hodnotami LAI získanými přístroji LAI-2200 PCA a LaiPen LP 100 na plochách s různě vychovávanými smrkovými tyčovinami.

Tab. 3: Index listové plochy (Průměr ± Směrodatná odchylka) studovaných lesních porostů (A – úroňová probírka; B – podúroňová probírka; C – kontrolní plocha).

Table 3: Leaf area index (Mean ± Standard deviation) of the studied forest stands (A – thinning from above; B – thinning from below; C – control without any intervention).

Pěstební zásah/ Silvicultural treatment	LAI-2200 PCA [m ² * m ⁻²]	LaiPen LP 100 [m ² * m ⁻²]
A	7,61 ± 2,29	7,05 ± 1,73
B	7,48 ± 1,74	7,76 ± 0,97
C	9,34 ± 2,51	8,35 ± 1,23

Průměrné hodnoty LAI (Tab. 3) měřené oběma přístroji (LAI-2200 PCA a LaiPen LP 100) nepotvrdily statisticky významné rozdíly v porostech s úroňovou probírkou (A) a podúroňovou probírkou (B). Průměrná hodnota LAI měřená přístrojem LAI-2200 PCA byla významně vyšší než hodnota stanovená přístrojem LaiPen LP 100 na kontrolní ploše

(C), což potvrdilo výsledky analýzy variance dat (ANOVA). LAI-2200 PCA nadhodnotil oproti přístroji LaiPen LP 100 porostní LAI o 7,4% na ploše s úrovníovou probírkou (A) a o 10,6% na kontrolní ploše (C).

DISKUZE

Smrk ztepilý má ve fázi tyčovin velkou dynamiku růstu (SCHMIDT-VOGT 1991), kterou lze pěstebně ovlivňovat výchovnými zásahy (PETTERSSON 1993). Probírková intenzita může být vyjádřena a kvantifikována prostřednictvím LAI (HALE 2003). KANTOR ET AL. (2009) zaznamenal hodnotu porostního LAI = 5,55; která byla měřena přímou metodou v mladých smrkových porostech (21 let) s podúrovňovým zásahem, porovnání s našimi 7,48 a 7,76 (viz. Tab. 3), kde byl ovšem porost v rámci našeho výzkumu starší (35 let). POKORNÝ et al. (2008) sledoval (stejným přístrojem LAI-2000 PCA, což byl předchůdce LAI-2200 PCA použitého v předkládané studii) mladé smrkové porosty ve věku od 17 do 24 let, v nichž porovnával dva různé pěstební přístupy. Zjistil, že hodnota porostního LAI kolísala v intenzivně vychovávaných porostech od 6,71 do 10,01, zatímco v porostech s nižší intenzitou výchovy se hodnota porostního LAI pohybovala v intervalu od 10,45 do 12,44. Jeho výzkum byl řešen v porostech situovaných ve vyšších polohách, zatímco tato studie byla zaměřena na porosty středních poloh. Jeho výsledky, v nichž zjistil vyšší hodnotu LAI v intenzivně vychovávaných porostech, by mohly evokovat, že nižší hodnota LAI (ovšem nikoliv signifikantně) zjištěná přístrojem LaiPen LP 100 v rámci porovnání aplikované úrovně (A) a podúrovňové (B) probírky v této prezentované studii by měla být správným výsledkem. KÖSTNER et al. (2002) zaznamenal ve dvou různých 40-ti letých smrkových porostech v Německu dvě odlišné hodnoty porostního LAI (5,3 a 6,5). Ovšem nižší hodnota LAI v prvním porostu byla výsledkem významné ztráty jehličí chřadnutím, a tak hodnota LAI zobrazuje spíše fyziologický stav a vitalitu jednotlivých smrkových porostů. MAJASALMI et al. (2013) porovnávala odlišné metody stanovení LAI v čistých porostech tří různých dřevin, jež zahrnovaly smrk ztepilý. Hodnoty korelačního koeficientu mezi LAI měřeným přístrojem LAI-2000 PCA a dvěmi odlišnými modely vypočítávanými produkcí biomasy listoví byly v rozmezí mezi 0,70 a 0,89. HOMOLOVÁ et al. (2007) prošetřovala hodnoty porostního LAI ve smrkových 28-ti letých tyčovinnách pomocí LAI-2000 PCA, digitálních hemisférických fotografií a Tracing Radiation Architecture of Canopies (optické měření TRAC), kde porostní LAI nabyl hodnoty 7,42; 8,89 a 6,98. V rámci této studie hodnotila výše uvedenými měřicími přístupy i porostní LAI v 100letých kmenovinách a v 75letých nastávajících kmenovinách, kde pro LAI-2000 PCA stanovila průměrné hodnoty 4,49 a 5,44; digitální hemisférické fotografie 4,47 a 5,10 a pro TRAC 4,18 a 6,47).

ZÁVĚR

Výsledky založené na provedeném porovnání dvou nepřímých optických metod stanovení LAI v čistých smrkových tyčovinnách s odlišným způsobem výchovy ukázaly, že výchovný zásah v těchto porostech rezultuje ve snížení LAI čtyři roky po provedení poslední výchovné seče. Tento fakt by mohl být brán v úvahu vzhledem k nárůstu dostupného růstového prostoru a většímu množství porostních mezer v porostním zápoji. Toto

umožňuje stromům růst ve výhodných podmínkách. Kromě toho výsledně nižší hodnoty LAI celého porostu nijak nevypovídají a nepopisují vývoj LAI jednotlivých stromů, což by mohlo být pravděpodobně považováno za pozitivum vzhledem k nižší kompetici jedinců v rámci lesního porostu. Použití obou měřicích přístupů (LAI-2200 PCA a LaiPen LP 100) je vhodné pro stanovení hodnot LAI ve smrkových tyčovinách, při němž je dosaženo požadované přesnosti měření. Zjištěnou kompatibilitu a přesnost testovaných přístrojů je nutné potvrdit i v lesních porostech se zastoupením jiných druhů dřevin. Pro přesné stanovení LAI použitím nepřímých optických metod (LAI-2200 PCA a LaiPen LP 100) by byla pro studované porosty vhodná kalibrace přímými metodami.

LITERATURA

- BRÉDA, N.J.J. 2003. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany* 54: 2403-2417.
- CAMPBELL, G.S., NORMAN, J.M. 1989. The description and measurement of plant canopy structure. In: Russell, G., Marshall, B., Jarvis, P.G. (eds.), *Plant canopies: Their Growth, Form and Function*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-19.
- CHASON, J.W., BALDOCCHI, D.D., HUSTON, M.A. 1991. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. *Agricultural and Forest Meteorology* 57: 107-128.
- CHEN, J.M., BLACK, T.A. 1992. Foliage area and architecture of plant canopies from sunfleck size distributions. *Agricultural and Forest Meteorology* 60: 249-266.
- HADAŠ, P. 2002. Temperature and precipitation conditions in the high elevation spruce stands of the Dražanská vrchovina upland. *Ekológia* 21(1): 69-87.
- HALE, S.E. 2003. The effect of thinning intensity on the below-canopy light environment in a Sitka spruce plantation. *Forest Ecology and Management* 179 (1-3): 341-349.
- HOMOLOVÁ, L., MALENOVSKÝ, Z., HANUŠ, J., TOMÁŠKOVÁ, I., DVOŘÁKOVÁ, M., POKORNÝ, R. 2007. Comparison of different ground techniques to map leaf area index of Norway spruce forest canopy. In: Shaepman, M.E., Liang, S., Groot, N.E., Kneubühler, M. (eds.), *10th international symposium on physical measurements and spectral signatures in remote sensing. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVI. Part 7/C50, Davos, pp. 499-504, ISSN: 1682-1777.
- JONCKHEERE, I., FLECK, S., NACKAERTS, K., MUYS, B., COPPIN, P., WEISS, M., BARET, F. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 19-35.
- KANTOR, P., ŠACH, F., ČERNOHOUS, V. 2009. Development of foliage biomass of young spruce and beech stands in the mountain water balance research area. *Journal of Forest Science* 55(2): 51-62.
- KNOTT, R. 2002. Development of a young stand of a Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) of the second generation on an allochthonous site. *Ekológia* 21, Supplement 1: 5-13.
- KÖSTNER, B., FALGE, E., TENHUNEN, J.D. 2002. Age-related effects on leaf area/sapwood area relationships, canopy transpiration and carbon gain of Norway spruce stands (*Picea abies*) in the Fichtelgebirge, Germany. *Tree Physiology* 22: 567-574.
- KUČERA, J., BEDNÁŘOVÁ, E., KAMLEROVÁ, K. 2002. Vertical profile of needle biomass and penetration of radiation through the spruce stand. *Ekológia* 21, Supplement 1: 107-121.
- LE DANTEC, V., DUFRÊNE, E., SAUGIER, B. 2000. Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. *Forest Ecology and Management* 134: 71-81.
- LI-COR BIOSCIENCE, USA 2011. LAI-2200 Plant Canopy Analyzer. Instruction Manual, 217 p.
- LOWMAN, M.D., RINKER, H.B., 2004. *Forest canopies*, Amsterdam, Elsevier: 517 p.
- MAJASALMI, T., RAUTIAINEN, M., STENBERG, P., LUKEŠ, P. 2013. An assessment of ground reference methods for estimating LAI of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 292: 10-18.

- MAJASALMI, T., RAUTIAINEN, M., STENGBERG, P., RITA, H. 2012. Optimizing the sampling scheme for LAI-2000 measurements in a boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 154: 38-43.
- MENŠÍK, L., FABIÁNEK, T., TESAŘ, V., KULHAVÝ, J. 2009. Humus conditions and stand characteristics of artificially established young stands in the process of the transformation of spruce monocultures. *Journal of Forest Science* 55(5): 215-223.
- MEYERS, T.P., PAW U, K.T. 1986. Testing of a higher-order closure model for modelling airflow within and above plant canopies. *Boundary-Layer Meteorology* 37 (3): 297-311.
- MEYERS, T.P., PAW U, K.T. 1987. Modelling the plant canopy micrometeorology with higher-order closure principles. *Agricultural and Forest Meteorology* 41: 143-163.
- MOFFET, M.W. 2001. The nature and limits of canopy biology. *Selbyana* 22 (2): 155-179.
- MUSSCHE, S., SAMSON, R., NACHTERGALE, L., DE SCHRIJVER, A., LEMEURE, R., LUST, N. 2001. A comparison of optical and direct methods for monitoring the seasonal dynamics of leaf area index in deciduous forests. *Silva Fennica* 35 (4): 373-384.
- NĚMEČEK, J., MACKŮ, J., VOKOUN, J., VAVŘÍČEK, D., NOVÁK, P. 2001. *Taxonomic classification of soils of the Czech Republic*. Praha, 79 p., ISBN 80-238-8061-6.
- NORMAN, J.M., CAMPBELL, G.S. 1989. Canopy structure, in: Pearcy, R.W., Mooney, H.A., Ehrelinger, J.R., Rundel, P.W. (Eds.) *Physiological Plant Ecology: Field Methods and Instrumentation*. New York: 301-325.
- PETTERSSON, N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8 (1-4): 528-539.
- POKORNÝ, R. 2015. *Stanovení indexu listové plochy v nesmíšených porostech lesních dřevin*. Uherké Hradiště: 38 s.
- POKORNÝ, R., TOMÁŠKOVÁ, I., HAVRÁNKOVÁ, K. 2008. Temporal variation and efficiency of leaf area index in young mountain Norway spruce stand. *European Journal of Forest Research* 127: 359-367.
- PSI (PHOTON SYSTEMS INSTRUMENTS) CZECH REPUBLIC 2015. *LaiPen LP 100. Manual and User Guide*, 45 s.
- SCHMIDT-VOGT H. 1991. *Die Fichte*. Band 2/3. Waldbau, Ökosysteme, Urwald, Wirtschaftswald, Ernährung, Düngung, Ausblick. Hamburg, 781 s.
- VIEWEGH, J., KUSBACH, A., MIKESKA, M. 2003. Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science* 49 (2): 74-82.
- WRB, IUSS WORKING GROUP WRB 2006. *World reference base for soil resources 2006*, Rome, 128 s.

Poděkování:

Prezentovaný výzkum byl finančně podpořen prostředky specifického vysokoškolského výzkumu LDF MENDELU (č. pr. LDF_VP_2016017) a institucionální podporou na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151).

VÝCHOVNÉ ZÁSAHY V CHŘADNOUCÍCH SMRKOVÝCH MLAZINÁCH

THINNING OF NORWAY SPRUCE THICKETS AFFECTED BY DECLINE

DAVID DUŠEK, JIŘÍ NOVÁK, MARIAN SLODIČÁK, DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,
517 73 Opočno, Česká republika, dusek@vulhmop.cz

ABSTRACT

The study presents first results from declining dense spruce thicket in which an experiment was established in 2013. The objective of the experiment was to answer whether declining spruce stands should be thinned and/or thinning contributes to faster disintegration of the stand. Thinned stand accelerated diameter increment while height increment remained unaffected. Health worsened similarly in both thinned and control plots. Viable trees were dense enough to guarantee future stand development three years after thinning. An obviously positive effect of the thinning on future stability of the stand allows us to recommend thinning even in the declining spruce thickets.

Keywords: Norway spruce, thinning, forest decline

ABSTRAKT

V práci jsou vyhodnoceny dosavadní výsledky z experimentu založeného v roce 2013 v přehoustlé smrkové mlazině, kde se masivně projevují symptomy chřadnutí. Cílem experimentu bylo zodpovědět, zdali je žádoucí provádět porostní výchovu i v chřadnoucích smrkových mlazinách, či zdali výchova v těchto porostech naopak urychluje jejich rozpad. Výchovné zásahy po třech letech vedly k výrazné akceleraci tloušťkového přírůstu bez ovlivnění přírůstu výšky. Dynamika zhoršování zdravotního stavu smrku byla obdobná na zásahových i kontrolních plochách. Po třech letech od zásahu nedošlo k rozpadu porostů a počet životaschopných stromů na zásahových plochách je stále dostatečný pro další vývoj porostu. Vzhledem k evidentně pozitivnímu efektu výchovy na budoucí statickou stabilitu porostů považujeme výchovné zásahy v chřadnoucích smrkových mlazinách za opodstatněné.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, porostní výchova, chřadnutí lesa

Úvod

Smrkové porosty na severní a střední Moravě a ve Slezsku jsou v současnosti stále více postihovány projevy chronického chřadnutí. Chřadnutí se projevuje ve všech věkových kategoriích, bez zjevné vazby na způsob založení porostů nebo lesní typ. Symptomy spočívají ve žloutnutí asimilačního aparátu, změnách morfologie korun stromů, defoliaci, výronech pryskyřice na kmeni a později i hynutím jedinců v porostech.

Ačkoli není příčina současného stavu dostatečně objasněna, všeobecně se usuzuje na komplex faktorů jako je kultivace smrku mimo jeho ekologické optimum (HOLUŠA

2004), nepříznivý stav lesních půd (FABIÁNEK et al. 2004; ŠRÁMEK et al. 2013) a klimatické anomálie, tj. nízké srážkové úhrny a vysoké teploty ve vegetační periodě (HENTSCHERL et al. 2014), spojené s globální klimatickou změnou (MARACCHI et al. 2005; RENNENBERG et al. 2006; TATARINOV, CIENCIALA 2009; LINDNER et al. 2010; ALLEN et al. 2010; ZHAO, RUNNING 2010; HLÁSNÝ et al. 2011; MASON et al. 2012; CHOAT et al. 2012; CUNZE et al. 2013; HLÁSNÝ et al. 2014). Právě sucho a teplotní extrémy jsou považovány za iniciační faktory chřadnutí, na něž navazují mortalitní faktory představované václavkou a ve starších porostech také kůrovci.

Smrk ztepilý je naší nejdůležitější hospodářskou dřevinou a jeho pěstování byla a je věnována značná pozornost. Současný přístup k výchově nesmíšených smrkových porostů je založen na modelech porostní výchovy (SLODIČÁK, NOVÁK 2007) diferencovaných podle hospodářských souborů a stupně ohrožení porostů abiotickými činiteli. V poslední době je však vznášena otázka adekvátnosti současných modelů v podmínkách chřadnutí smrku. Především panuje obava o rozpad porostů v důsledku aktivizace václavky po provedení výchovného zásahu a z toho důvodu je někdy doporučováno vynechání výchovných zásahů či jejich omezení na pouhé sanitární zásahy.

Smrkové monokultury pěstované mimo ekologické optimum smrku však představují vysoce umělé ekosystémy, které nejsou schopny dalšího zdárného vývoje bez aktivní podpory, zvláště porostní výchovy. Pozitivní vliv výchovy na statickou stabilitu smrkových porostů a snížení škod sněhem a větrem byl již dobře zdokumentován (VICENA 1964; SLODIČÁK, NOVÁK 2006; BRÜCHERT et al. 2000; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004; Štefančík 2012). Správně prováděná porostní výchova může také vést ke zmírnění nepříznivého zdravotního stavu lesních porostů a k prodloužení doby jejich funkčnosti. Poznatky o pozitivním vlivu výchovy ve smrkových porostech na jejich zdravotní stav byly získány v oblastech chřadnutí smrku v důsledku vysoké imisní zátěže v Jizerských a Orlických horách (TESAŘ 1976; CHROUST 1991; SLODIČÁK, NOVÁK 2004). Vynechání výchovy tak pravděpodobně nepředstavuje řešení problému, ale pouze jeho odložení do vyššího věku, kdy je již účinnost výchovných zásahů nízká a šance na zlepšení stavu porostů minimální.

Experiment Mokřinky je součástí rozsáhlejší experimentální základny v chřadnoucích smrkových porostech založené na území LS Vítkov od roku 2010 a dále na ně navazují experimenty založené v letech 2015 a 2016 na majetku Lesů města Olomouce, a.s. Cílem experimentů je zodpovědět na následující otázky:

- 1) Vede porostní výchova v chřadnoucích smrkových mlazinách k urychlení jejich rozpadu?
- 2) Může výchova v těchto porostech pozitivně ovlivnit zdravotní stav podobně, jak bylo v minulosti zjištěno při experimentech s výchovou smrku v imisních oblastech?
- 3) Je pozitivní přírůstová reakce a následné zlepšení statické stability vlivem časných výchovných zásahů dosažitelné i v chřadnoucích mladých smrkových porostech?

MATERIÁL A METODIKA

Experiment Mokřinky byl založen v roce 2013 v přehoustlé smrkové mlazině na živném stanovišti (lesní typ 4B1) v nadmořské výšce 450 m na mírném jihovýchodním svahu. Porost je ve správě LČR, s. p. – LS Vítkov a celá lokalita je dlouhodobě postižena chronic-

kým chřadnutím smrku všech věkových kategorií. Experiment sestává ze čtyř čtvercových ploch, každá o výměře 0.01 ha, v blokovém (párovém) uspořádání. V rámci bloku byla jedna plocha náhodně (losem) vybrána jako zásahová, druhá slouží jako kontrola.

Mlazina, kde byl experiment založen, pochází z přirozené obnovy, kdy byl mateřský porost odtěžen v důsledku nahodilých těžeb. Zcela převládal smrk, vtroušena byla břiza, javor klen, buk a jeřáb. Před založením experimentu zde nebyly prováděny výchovné zásahy a hektarový počet jedinců se pohyboval od 44 900 do 46 100. V době zakládání experimentu se v porostu hojně vyskytovali jedinci s příznaky karečních jevů (žloutnutí). Pro posouzení stupně výskytu karečních jevů na jednotlivých stromech byla zvolena následující stupnice:

- 1 – stromy bez výskytu karečních jevů
- 2 – stromy, kde se již začíná projevovat žluté zbarvení, zejména druhého a starších ročníků jehlic
- 3 – stromy na nichž žloutnou i jehlice nejmladšího ročníku, celý asimilační aparát stromů má výrazně žluté zbarvení, ale ještě nedochází k rezivění jehlic a jejich masivnímu opadu
- 4 – stromy, kde se již jehličí začíná zbarvovat do rezivé až rezivě hnědé barvy, počíná masivní opad jehlic, terminální vrchol je často zasychající nebo zcela uschlý
- 5 – souš

Na všech čtyřech experimentálních plochách byly vybrány a označeny „cílové“ stromy v počtu 1 800 jedinců na hektar. Za cílové stromy byly voleny životaschopné smrky v úrovni a nadúrovni s dobře vyvinutou korunou bez výskytu karečních jevů nebo jiného viditelného poškození, víceméně pravidelně rozmístěné po ploše. Na zásahových plochách byly odstraněny veškeré stromy kromě vybraných cílových, ojediněle byl zachován vtroušený listnáč. V práci jsou srovnávány pouze přírůsty cílových stromů.

Roční průměrný přírůst byl vypočítán podle:

$$iy = \frac{(y_{0+t} - y_0)}{t};$$

kde y_0 je hodnota růstové veličiny na začátku období, y_{0+t} je hodnota růstové veličiny na konci období a t je počet let růstového období.

Relativní roční průměrný přírůst byl vypočítán jako:

$$riy = \frac{\ln(y_{0+t}) - \ln(y_0)}{t};$$

kde y_0 je hodnota růstové veličiny na začátku období, y_{0+t} je hodnota růstové veličiny na konci období a t je počet let růstového období a \ln je přirozený logaritmus. Hodnotu lze převést na procenta exponencováním výrazu – $\exp(riy)$.

VÝSLEDKY

Střední tloušťka cílových stromů se v době založení experimentu (2013) pohybovala v poměrně úzkém rozmezí 4,3 a 4,6 cm na kontrolních a 4,9 cm na obou zásahových plochách. V roce 2016 činila střední tloušťka 5,1 a 6,5 cm na kontrolních a 7,5 a 7,4 cm na zásahových plochách. Průměrný roční přírůst ve sledovaném období 2013-2016 byl

na zásahových plochách vyšší o 0,6 cm, resp. 0,2 cm a lze konstatovat, že výchovné zásahy vedly k patrné akceleraci tloušťkového přírůstu.

Střední výška cílových stromů se v roce 2013 před zásahem pohybovala v rozmezí 4,3 až 4,6 na kontrolních plochách, na zásahových plochách činila shodně 4,6 m. V roce 2016 byla 5,5 a 5,8 m na kontrolních a 5,7 a 5,5 m na zásahových plochách. Výchovné zásahy tedy nevedly k akceleraci výškového přírůstu, který byl na zásahových plochách stejný nebo mírně nižší v porovnání s kontrolními plochami.

Hektarová výčetní kruhová základna činila v roce 2013 2,6 a 2,9 m² na kontrolních a 3,4 m² na obou zásahových plochách. V roce 2016 byla na obou kontrolních plochách shodně 3,6 m² a na zásahových plochách činila 6,6 a 5,2 m². Průměrný roční hektarový přírůst na výčetní kruhové základně byl na zásahových plochách vyšší o 0,7 resp. 0,4 m² (tab. 1).

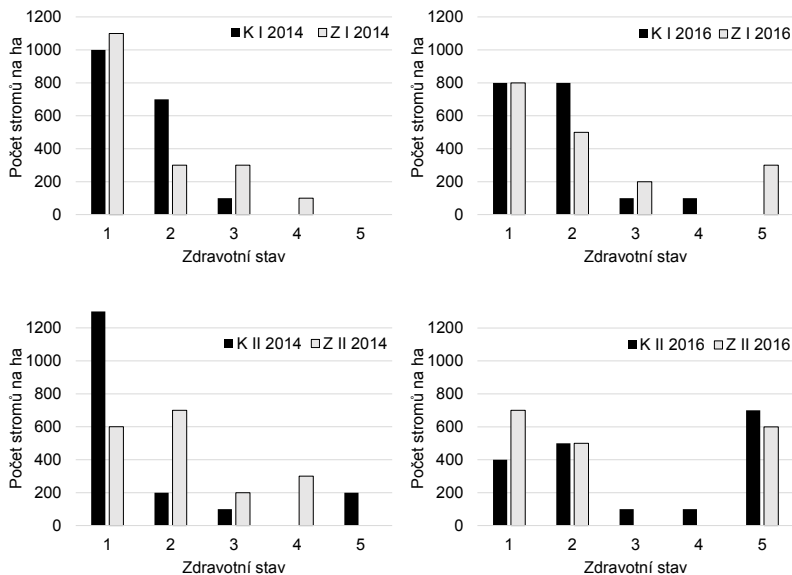
Mortalita cílových stromů byla v experimentu Mokřinky I relativně malá, kdy na kontrolní ploše ve sledovaném období (2013-2016) neuhynul žádný strom z celkem 18 cílových stromů, a na zásahu došlo k úhynu 3 stromů. Na experimentu Mokřinky II byla mortalita celkově vyšší, kdy na kontrolní ploše uhynulo 7 a na zásahové ploše 6 jedinců. Ve sledovaném období je patrný trend zhoršování zdravotního stavu cílových stromů na všech plochách bez ohledu na variantu experimentálního zásahu (obr. 1). Počet cílových stromů nevykazujících příznaky žloutnutí (hodnoceno stupněm 1) se na všech plochách snížil a na konci sledovaného období byl na zásahových plochách v porovnání s kontrolou stejný (Mokřinky I) nebo mírně vyšší (Mokřinky II). Ve sledovaném období se nenaplnil scénář katastrofálního rozpadu porostů po provedených výchovných zásazích a na zásahových plochách je stále dostatek cílových stromů. Pozitivní vliv výchovy na zdravotní stav však na základě dosavadních dat spolehlivě konstatovat nelze a zůstává nejasný.

Tab. 1: Přírůsty a mortalita cílových stromů (1 800 na ha) na experimentu Mokřinky za období 2013-2016

Table 1: Increments and mortality of target trees (1,800.ha⁻¹) on Mokřinky experimental plots between 2013-2016

	Mokřinky I		Mokřinky II	
	K	Z	K	Z
iD (cm)	0.3	0.9	0.6	0.8
riD	0.06	0.14	0.12	0.14
iG (m ² .ha ⁻¹)	0.4	1.1	0.2	0.6
riG	0.12	0.22	0.07	0.14
iH (m)	0.4	0.4	0.4	0.3
riH	0.08	0.07	0.08	0.06
Mortalita (ks.ha ⁻¹)	0	300	700	600

Captions: K – unthinned control; Z – thinning, iD, iG, iH – annual mean diameter, basal area and height increments; riD, riG, riH – relative mean annual increments; Mortalita - Mortality



Obr. 1: Zdravotní stav (hodnocený stupněm výskytu žloutnutí: 1-bez poškození až 5 - souš) na cílových stromech experimentu Mokřinky I (nahore) a Mokřinky II (dole) v roce 2014 (vpravo) a 2016 (vlevo)

Fig. 1: Health (expressed as the yellowing degree: from 1 – healthy to 5 – dead tree) of the target trees in both Mokřinky I (above) and Mokřinky II (bellow) plots in 2014 (right) and 2016 (left); captions: Y axis – trees’ density; K – unthinned control; Z – thinning

DISKUSE

Živná stanoviště 4. lesního vegetačního stupně lze považovat za ohrožená z hlediska škod způsobených sněhem a větrem. Proto jsou pro smrkové porosty na těchto stanovištích doporučovány poměrně silné výchovné zásahy již při dosažení horní porostní výšky 5 m, spočívající v redukci na ca 1 600 jedinců na hektar (SLODIČÁK, NOVÁK 2007). Tomu by však v přehoustlých porostech z umělé obnovy bez autoredukčního efektu mateřského porostu měla předcházet prostřihávka, kde by při horní porostní výšce 1-2 m bylo dosaženo hustoty ca 4 000 stromů na hektar. V námi založeném experimentu Mokřinky přesahovaly hektarové počty 40 000 jedinců, což mělo za následek poměrně špatně vyvinuté koruny, a proto bylo přikročeno ke slabší redukci, než doporučuje citovaný model výchovy.

Námi zaznamenaná akcelerace tloušťkového přírůstu vlivem výchovy bez podstatného ovlivnění výškového růstu je ve shodě s poznatky dalších studií. KULIEŠIS, SALADIS (1998) vyhodnotili experiment s různě intenzivní výchovou mladých (9–11 let) smrkových porostů v Litvě. Autoři konstatují, že silné výchovné zásahy v mladém věku vedly k vyšší stabilitě porostů. Nejvyšší tloušťkový přírůst zaznamenali u variant s hektarovou hustotou 1 200 až 2 400 jedinců, rozdíl ve výškovém přírůstu mezi variantami byl zanedbatelný. Štefančík et al. 2012 vyhodnotili výchovné zásahy v 21leté smrčině původem z přirozené obnovy v regionu Kysuce. Po čtyřech letech od zásahu zjistili zvýšený přírůst a zlepšení statické stability na variantách s redukcí smrku na 1 600 a 1 100 ks na hektar. Negativní

korelaci mezi porostní hustotou a tloušťkovým přírůstem bez evidentního ovlivnění výškového přírůstu a pozitivní vliv výchovy na stabilitu mladých smrkových porostů dokumentuje řada dalších autorů (např. SOMERVILLE 1980; CREMER et al. 1982; BLACKBURN, PETTY 1988; ROLLINSON 1988; MACCURRACH 1991; PETERSSON 1993; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004).

Experimentální zásahy na experimentu Mokřinky byly prováděny jako čistě selektivní s ohledem na výběr stromů bez příznaků žloutnutí. Vysoká hustota porostů z přirozené obnovy sice principiálně umožňuje provádění schématických zásahů ve shodě s doporučeními např. MRÁČKA a PAŘEZA (1986), vysoký podíl chřadnoucích jedinců v porostu však použití schématických postupů problematizuje. Štefančík (2012, 2013) doporučuje ve smrkových porostech ve fázi tyčkovin a tyčovin provádět pouze selektivní výchovné zásahy. Při aplikaci geometrických zásahů autor konstatuje produkční ztráty. Ke stejnému závěru dospěli MÄKINEN et al. (2006) na experimentálních plochách ve Finsku.

Z hlediska ovlivnění zdravotního stavu smrku se vliv výchovných zásahů na experimentu Mokřinky po třech letech jeví spíše neutrální. LAURENT et al. (2003) na základě dendrochronologické analýzy v 22ti letech smrčinách v Belgii, v oblastech srážkového deficitu, konstatují, že silné výchovné zásahy vedly k větší rezistenci stromů vůči suchu minimálně šest let od experimentálních zásahů. Tento poznatek hovoří ve prospěch výchovy smrku na území LS Vítkov, kde je za jeden ze spouštěčů současného chřadnutí považován právě srážkový deficit. Také výchovné zásahy prováděné v imisních oblastech měly za následek snížení přirozené mortality na zásahových plochách navzdory dočasně zhoršenému zdravotnímu stavu porostů několik let po zásahu (TESAŘ 1976; SLODIČÁK, NOVÁK 2004).

ZÁVĚR

Na základě doposud získaných dat lze konstatovat že:

- Výchovné zásahy jednoznačně vedly k akceleraci tloušťkového přírůstu cílových stromů.
- Výškový přírůst výchovnými zásahy ovlivněn nebyl.
- Zvýšený tloušťkový přírůst spolu s neutrální reakcí výškového přírůstu na provedené výchovné zásahy zakládá předpoklad budoucí lepší statické stability (příznivějšího štíhlostního kvocientu) cílových stromů a tím i celých porostů.
- Ve sledovaném období došlo ke zhoršení zdravotního stavu cílových stromů na všech plochách bez ohledu na variantu zásahu.
- Vliv výchovy na zdravotní stav a mortalitu zůstává nejednoznačný.
- Na plochách s výchovným zásahem nedošlo v průběhu třech let sledování k rozpadu porostů a počet cílových stromů na zásahových plochách je stále dostatečný pro další vývoj porostu.

Za prvořadé považujeme, že výchovné zásahy nevedly k rozpadu smrkových porostů a nenaplnily se tak obavy o jejich rychlý rozpad vlivem ataku václavky. Přes nejednoznačný závěr o možnosti příznivého ovlivnění zdravotního stavu chřadnoucích smrkových mlazin výchovnými zásahy je zde nesporný pozitivní vliv výchovy na tloušťkový přírůst, což spolu s předpokladem zpomalení zkracování korun a příznivějšího vývoje štíhlostního

kvocientu cílových stromů dává perspektivu stabilnějších porostů z hlediska poškození sněhem a větrem ve vyšším věku. Proto nedoporučujeme odsouvání či vynechání výchovy mladých smrkových porostů ani v oblastech, kde se projevují příznaky chřadnutí smrku. Cílem výchovy smrku v postižených oblastech však není dosažení smrkových monokultur, ale pouze zachování určitého podílu smrku jako nositele ekonomické produkce. Řešení současného chřadnutí smrku ve 4. – 5. LVS se neobejde bez zásadních změn v dřevinné skladbě a dalších pěstebních opatření při zakládání porostů, jako např. vyšší využívání přirozené obnovy a přípravných dřevin.

LITERATURA

- ALLEN, C.D., MACALADY, A.K., CHENCHOUNI, H., BECHELET, D., MCDOWELL, N., VENNETIER, M., KITZBERGER, T., RIGLING, A., BRESHEARS, D.D., HOGG, E.H., GONZALES, P., FENSHAM, R., ZHANG, Z., CASTRO, J., DEMINOVA, N., LIM, J.H., ALLARD, G., RUNING, S.W., SEMERCI, A., COBB, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, 259 :660-684.
- BLACKBURN, P., PETTY, J.A. 1988. Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, 61, 235–244.
- CREMER, K.W., BOROUGH, C.J., MCKINNELL, F.H., CARTER, P.R. 1982. Effect of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12, 244–268.
- CUNZE, S., HEYDEL, F., TACKENBERG, O. 2013. Are Plant Species Able to Keep Pace with the Rapidly Changing Climate? *Plos One*, 8 (7), 1-13.
- FABIÁNEK, P. (edit.) 2004. Monitoring stavu lesa v České republice 1984-2003. Ministerstvo zemědělství České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Praha.
- HENTSCHEL, R., ROSNER, S., KAYLER, Z.E., ANDREASSEN, K., BØRJA, I., SOLBERG, S., TVEITO, O.E., PRIESACK, E., GESSLER, A. 2014. Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, 322, 27-36.
- HLÁSNÝ, T., HOLUŠA, J., ŠTĚPÁNEK, P., TURČÁNI, M., POLČÁK, N. 2011. Expected impact of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 57 (10), 422-431.
- HLÁSNÝ, T., MÁTYÁS, C., SEIDL, R., KULLA, L., MARGANOVIČOVÁ, K., TROMBIK, J., DOBOR, L., BARCZA, Z., KONÓPKA, B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the option for adaptation? *Lesnický časopis*, 60, 5-18.
- HOLUŠA, J. 2004. Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51, 11-15.
- CHOAT, B., JANSEN, S., BRODRIBB, T.J., COCHARD, H., DELZON, S., BHASKAR, R., BUCCI, S.J., FIELD, T.S., GLEASON, S.M., HACKE, U.G., JACOBSEN, ALL., LENS, F., MAHERALI, H., MARTINEZ-VILALTA, J., MAYR, S., MENCUCCINI, M., MITCHELL, P.J., NARDINI, A., PITTERMANN, J., BRANDON PRATT, R., SPERRY, J.S., WESTOBY, M., WRIGHT, I.J., ZANNE, A.E. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491, 752-755.
- KULIEŠIS, A., SALADIS, J. 1998. The effect of early thinning on the growth of pine and spruce stands. *Baltic Forestry*, 4 (1): 8–16.
- LAURENT, M., ANTOINE, N., JOËL, G. 2003. Effects of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 183, 47-60.
- LINDNER, M., MAROSCHEK, M., NETHERER, S., KREMER, A., BARBATI, A., GARCIA-GONZALO, J., SEIDL, R., DELZON, S., CORONA, P., KOLSTROM, M., LEXER, M.J., MARCHETTI, M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259, 698–709.

- MACCURRACH, R.S. 1991. Spacing: an option for reducing storm damage. *Scottish Forestry*, 45, 285–297.
- MÄKINEN, H., ISOMÄKI, A. 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, 77 (4), 349–364.
- MÄKINEN, H., ISOMÄKI, A., HONGISTO, T. 2006. Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79 (1), 103–120.
- MARACCHI, G., SIROTENKO, O., BINDI, M. 2005. Impact of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe. *Climate Change*, 70, 117–135.
- MASON, W.L., PETR, M., BATHGATE, S. 2012. Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. *Journal of Forest Science*, 58, 265–277.
- MRÁČEK, Z., PAŘEZ, J. 1986. Pěstování smrku. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- PETTERSSON, N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8, 528–539.
- RENNENBERG, H., LORETO, F., POLLE, A., BRILLI, F., FARES, S., BENIWAJ, S., GESSLER, A. 2006. Physiological responses of Forest Trees to Heat and Drought. *Plant Biology*, 2, 556–571.
- ROLLINSON, T.J.D. 1988. Respacing Sitka spruce. *Forestry*, 61, 1–22.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. 2004. Norway spruce thinning experiment Polom (Eastern Bohemia) after 22 years of observation. *Journal of Forest Science*, 50 (1), 1–10.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. 2006. Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224, 252–257.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. 2007. Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin -recenzovaná metodika. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Straný.
- SOMERVILLE, A. 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forest Science*, 10, 476–501.
- Šrámek, V., Jurkovská, L., Fadrhonsová, V., Hellebrandová-Neudertová, K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoring lesních půd v rámci projektu EU “BIOSOIL”. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (4), 314–323.
- Štefančík, I. 2012. Development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) target (crop) trees in pole-stage stand with different initial spacing and tending regime. *Journal of Forest Science*, 58 (10), 456–464.
- Štefančík, I., Strmeň, S., Podrázský, V., Vacek, S. 2012. Growth responses of a Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) small pole-stage stand in a region exhibiting extensive decline of allochthonous spruce forests to differentiated thinning. *Folia Oecologica*, 39 (1), 1336–5266.
- Štefančík, I. 2013. Vývoj kvalitativnej produkcie smrekového porastu s rozdielnym východiskovým počtom sadenic a spôsobom výchovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (1), 37–49.
- TATARINOV, F.A., CIENCIALA, E. 2009. Long-term simulation of the effect of climate changes on the growth of main Central-European forest species. *Ecological Modelling*, 220, 3081–3088.
- TESAŘ, V. 1976. Prvé výsledky z výchovy smrkových tyčovin ovlivněných imisemi. *Práce VÚLHM*, 48, 55–76.
- VICENA, I. 1964. Ochrana proti polomům. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- ZHAO, M., RUNNING, S. 2010. Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 Through 2009. *Science*, 329, 940–943.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci grantového projektu NAZV QJ1620415 „Diferencované pěstební postupy pro chřadnoucí smrkové porosty 4. a 5. lesního vegetačního stupně“ a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151.).

DYNAMIKA HUSTOTY A ŠTRUKTÚRY V BUKOVOM PRÍRODNOM LESE NPR HAVEŠOVÁ

DYNAMICS OF DENSITY AND STRUCTURE IN OLD-GROWTH BEECH FOREST OF NNR HAVEŠOVÁ

MICHAL FILÍPEK, STANISLAV KUCBEL

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The study deals with the analysis of the structure and its dynamics in an old-growth beech forest in the NNR Havešová. The aim of the research was to analyze the long-term temporal variability of basic structural parameters and evaluate dynamics of the structural diversity by structural indices in the period 1979–2016. Basal area (31.9–35.4 m²/ha) and growing stock (627–679 m³/ha) within the entire old-growth forest were relatively stable during the observed period and a relatively high variability was registered only for the stem density (226–313 N/ha). Analysis of separate permanent research plots revealed different trends of stand development, from a long-term rather stable structure (PRP 3) to quite dynamic changes of the structure resulting from the ingrowth of stems into the lower layer (PRP 1 and 2). Stand density index, homogeneity coefficient and structural complexity index were confirmed as measures suitable for the detailed description of old-growth forest structure and its dynamics.

Keywords: *old-growth forest, temporal variability, structural indices*

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá analýzou štruktúry a jej dynamiky v bukovom pralesi v NPR Havešová. Cieľom výskumu bolo analyzovať dlhodobú časovú variabilitu základných charakteristík štruktúry porastu a vyhodnotiť dynamiku štruktúrnej diverzity prostredníctvom vybraných indexov v období 1979–2016. Hodnoty kruhovej základne (31,9–35,4 m²/ha) a zásoby (627–679 m³/ha) v rámci celého pralesa boli počas sledovaného obdobia pomerne stabilné a relatívne výrazná dynamika bola zaznamenaná len v počte jedincov (226–313 ks/ha). Pri analýze štruktúry porastu na jednotlivých trvalých výskumných plochách boli zistené rozdielne trendy vo vývoji, od dlhodobe relatívne stabilnej štruktúry (TVP 3) po pomerne dynamické zmeny štruktúry v dôsledku nástupu novej generácie do dolnej vrstvy porastu (TVP 1 a 2). Index porastovej hustoty (SDI), koeficient homogenity (H) a index štruktúrálnej komplexnosti (SCI) boli potvrdené ako vhodné veličiny pre detailnejší popis štruktúry pralesa a jeho dynamiky.

Kľúčové slová: *prírodný les, časová variabilita, indexy štruktúry*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesnícky výskum venuje značnú pozornosť opisu a prieskumu prírodných lesov. Prírodný les s charakterom pralesa predstavuje neoceniteľný výskumný objekt, kde je možné preniknúť do samotnej podstaty priebehu prírodných procesov. Dôkladné poznanie

vývojových a rastových procesov je vhodným a spoľahlivým ukazovateľom pre následné odvodzovanie pestovných opatrení v prirodzených lesoch. Je preto potrebné poznať, aké zmeny štruktúry porastu a v akých časových rámcoch prebiehajú v podmienkach bez priameho vplyvu človeka (KORPEL, SANIGA 1995). V oblasti Východných Karpát sa v dôsledku špecifik prírodných podmienok počas fylogenetického vývoja vytvorili rozsiahle komplexy rovnorodých bukových lesov (KORPEL 1989). Nielen slovenské pralesy, ale pralesy v rámci celej Európy sú významne ovplyvnené civilizáciou, ktorá má na našom území niekoľko tisícročnú históriu (DIACI et al. 2011). Posledné pozostatky týchto rozsiahlych bukových lesov boli v minulosti vyhlásené za národné prírodné rezervácie a v roku 2007 organizáciou UNESCO spolu s bukovými pralesmi na Ukrajine za súčasť svetového prírodného dedičstva. Spolu s lokalitou Havešová, v ktorej sme realizovali náš výskum, sa jedná o lokality Rožok, Stužica a Vihorlat.

Poznanie základných znakov štruktúry prírodných lesov umožňuje stanoviť stav, kedy sa les vyznačuje maximálnou funkčnou účinnosťou (KORPEL 1989). Porastové veličiny ako zásoba, kruhová základňa a počet jedincov sú základné parametre, ktoré sú merané a zaznamenávané v prírodných lesoch. Problém, ktorý sa vyskytuje v podmienkach Európy, je skutočnosť, že vo väčšine prípadov ich nie je možné navzájom porovnávať. Dôvodom je vzácnosť a fragmentácia pralesovitých lokalít (LEIBUNDGUT 1982, KORPEL 1995, VRŠKA et al. 2009). Pri riešení uvedených problémov má veľký význam štruktúrna diverzita takýchto lesných ekosystémov. Pochopenie a objasnenie zložitých ekologických problémov je možné prostredníctvom matematických foriem a skúmaním štruktúrnej diverzity (SANIGA et al. 2014). Štruktúrnú diverzitu je potom možné definovať ako zloženie biotických a abiotických prvkov lesných ekosystémov (LEXER et al. 2000), špecifické usporiadanie jednotlivých prvkov ekosystému (GADOW 1999). ZENNER (1999) uvádza, že štruktúru lesných ekosystémov je možné definovať na základe plošného rozmiestnenia stromov a výškovej diferenciacie, teda na základe ich špecifického postavenia v priestore lesného ekosystému.

Najvhodnejším spôsobom ako kvantifikovať a matematicky popísať tieto problémy, je použitie indexových metód (indexov). Medzi takéto metódy patria indexy, ktoré popisujú hrúbkovú, objemovú resp. výškovú štruktúru alebo indexy komplexne popisujúce viac zložiek štruktúrnej diverzity (PRETZSCH 1996, ZENNER 1999, ZENNER, HIBBS 2000).

Bukové prírodné lesy resp. prírodné lesy s dominantným postavením buka sa vyznačujú maloplošnou textúrou (KORPEL 1989, 1995, SANIGA 2002, 2003). Cyklický, neustále sa opakujúci proces tvorby a zaplňania medzier, ktoré vznikajú ako následok odumierania stromov hornej vrstvy je možné zjednodušene nazvať mozaikový cyklus (REMMERT 1994).

Cieľom výskumu bolo analyzovať dlhodobú časovú variabilitu základných charakteristík štruktúry porastu a vyhodnotiť dynamiku štruktúrnej diverzity prostredníctvom vybraných indexov v skúmanom období 1979–2016.

MATERIÁL A METODIKA

Objektom nášho výskumu bol prírodný bukový les v lokalite Národnej prírodnej rezervácie (NPR) Havešová, ktorá je aj súčasťou svetového prírodného dedičstva UNESCO. Lokalita sa nachádza v Bukovských vrchoch, na južnej strane pohoria Nastaz. Územie NPR Havešová patrí pod správu LPM Ulič, lesná správa Klenová. Rezervácia sa nachádza v dielcoch 302–315. Nadmorská výška varíruje medzi 500–650 m n.m. Prakticky celé

pohorie Nastaz tvorí vonkajší flyš (prevažne pieskovce). Pôda je hnedá lesná mezotrofná, stredne hlboká až hlboká, skeletnatá, slabo humózna. Klimaticky zaradujeme lokalitu do mierne teplej klimatickej oblasti s priemerným ročným úhrnom zrážok 700–800 mm, z čoho zrážky vo vegetačnom období tvoria asi 450–500 mm. Priemerná ročná teplota je 7 °C. Z typologického hľadiska sú na území celej rezervácie najviac zastúpené slt *Fagetum typicum*, *Fagetum pauper* a *Fagetum tiliosum*.

Výskum bol realizovaný na troch trvalých výskumných plochách (TVP), ktoré založil profesor Štefan Korpeľ v roku 1979 (KORPEĽ 1989). Od založenia boli na TVP vykonávané opakované merania spravidla v 10-ročnom intervale. Jednotlivé TVP boli v čase založenia situované tak, že každá z nich reprezentovala jedno zo štádií malého vývojového cyklu pralesa (*sensu* KORPEĽ 1989). TVP 1 sa v čase založenia nachádzala v štádiu dorastania, TVP 2 v počiatočnej fáze štádia optima a TVP 3 v pokročilej fáze štádia rozpadu.

Výskumné plochy mali pravouhlý tvar a výmeru 0,5 ha. Na TVP boli evidované všetky živé, odumreté stojace a odumreté ležiace jedince, pričom dolnou registračnou hranicou pre stojace stromy (živé aj odumreté) bola hrúbka $d_{1,3} > 8$ cm. V rámci každej TVP bol vylíšený transekt s rozmermi 10 × 70 m, na ktorom sa vykonávali detailné merania. Merania na TVP boli realizované podľa štandardnej metodiky popísanej v publikácii KORPEĽ (1989). Pri poslednom meraní v roku 2016 boli prostredníctvom technológie FieldMap zaznamenané navyše pozície všetkých jedincov hrubiny na TVP. Pre účely vyhodnotení v tejto štúdii boli z dostupnej databázy dlhodobých meraní využité údaje o hrúbkovej štruktúre a plošnom rozmiestnení stromov.

Ako nástroj pre popis štruktúrnej diverzity a jej dynamiky sme popri základných porastových veličinách (počet jedincov, kruhová základňa a zásoba) využili aj štruktúralne indexy – koeficient homogenity (H), index porastovej hustoty (SDI) a index štruktúralnej komplexnosti (SCI). Tieto indexy boli zvolené z dôvodu, že ich výpočet je relatívne jednoduchý a postavený na hrúbke, ktorá predstavuje najbežnejšie zisťovanú stromovú veličinu.

Koeficient homogenity H (CAMINO 1976) vyjadruje vzťah medzi početnosťou jedincov a ich zásobou v jednotlivých hrúbkových stupňoch a využíva sa pri určovaní stupňa homogenity štruktúry porastu. Koeficient homogenity dosahuje hodnoty v intervale od 1 po nekonečno, pričom so zvyšujúcou sa homogenitou štruktúry hodnota indexu rastie.

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} SN\%_i}{\sum_{i=1}^{n-1} SN\%_i - \sum_{i=1}^{n-1} SV\%_i}$$

kde $SN\%_i$ je kumulovaná relatívna početnosť i -teho hrúbkového stupňa z počtu jedincov, $SV\%_i$ je kumulovaná relatívna početnosť i -teho hrúbkového stupňa zo zásoby a n je počet hrúbkových stupňov.

Index porastovej hustoty SDI (REINEKE 1933 in PRETZSCH 2002) je kvantifikáciou štandardizovanej hustoty lesného porastu a jeho hodnota udáva hektárovú početnosť jedincov, ktorú by daný porast dosahoval pri strednej hrúbke 25 cm. Napriek tomu, že bol pôvodne vyvinutý pre rovnové a rovnorodé porasty, jeho modifikovanú formu je možné využiť aj v rovnorodých rôznoekých porastoch (WOODALL et al. 2003, 2005).

$$SDI = \sum N_i \left(\frac{d_i}{25} \right)^{1,6}$$

kde N_i je počet jedincov (ks/ha) v i -tom hrúbkovom stupni, d_i je stred i -teho hrúbkového stupňa (cm) a hodnota 1,6 je mierou poklesu počtu jedincov v závislosti od hrúbky.

Index štruktúrálnej komplexnosti SCI (ZENNER, HIBBS 2000), popisuje štruktúru porastu prostredníctvom trojdimenzionálneho modelu, ktorý vychádza z rozmiestnenia stromov v poraste (súradnice x a y) a hodnoty zvoleného dendrometrického znaku (súradnica z), pričom najčastejšie sa využíva výška alebo hrúbka. V modeli sa vytvorí prostredníctvom Delauneyho triangulácie sieť navzájom sa neprekrývajúcich trojuholníkov, ktorých vrcholy sú tvorené pozíciami jednotlivých stromov. Zdvihnutím vrcholov trojuholníkov do výšky, ktorá zodpovedá hodnote zvoleného dendrometrického znaku (v našom prípade hrúbky), získame trojdimenzionálny model. Prostredníctvom takto zostrojeného modelu je potom index štruktúrálnej komplexnosti možné definovať ako podiel sumy povrchov všetkých trojuholníkov v danom poraste a sumy povrchov projekcií týchto trojuholníkov na vodorovnú rovinu. Hodnota indexu sa zvyšuje s rastúcou diferenciáciou v poraste a jeho minimum (SCI = 1) sa dosahuje v prípade, že všetky stromy majú rovnakú hrúbku.

$$SCI = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{2} |a_i b_i|}{A_T}$$

kde N je počet trojuholníkov v modeli, a_i sú súradnice vektora AB ($x_{ib}-x_{ia}, y_{ib}-y_{ia}, z_{ib}-z_{ia}$), b_i sú súradnice vektora AC ($x_{ic}-x_{ia}, y_{ic}-y_{ia}, z_{ic}-z_{ia}$) a A_T je suma povrchov projekcií všetkých trojuholníkov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Dynamiku hodnôt porastových veličín v rámci celej plochy pralesa Havešová je možné popísať prostredníctvom priemerných hodnôt zo všetkých troch skúmaných TVP (Tab. 1). Priemerná zásoba porastu sa počas sledovaného obdobia pohybovala v rozmedzí 627–679 m³/ha, pričom variačný koeficient hodnôt za dané obdobie predstavoval 4%. Kruhovú základňu varírovala v rozmedzí 31,9–35,4 m²/ha s variačným koeficientom 3%. Najvyššiu variabilitu počas sledovaného obdobia vykazoval počet jedincov, ktorý sa pohyboval v rozmedzí 226–313 ks/ha, s variačným koeficientom na úrovni 15%. Hodnoty kruhovej základne a zásoby v rámci celého pralesa boli počas sledovaného obdobia (4 decéniá) pomerne stabilné, relatívne výrazná dynamika tak bola zaznamenaná len v počte jedincov.

Pri vyhodnocovaní vzťahov medzi veličinami v rámci všetkých TVP sme sa zamerali na vzťahy medzi základnými porastovými veličinami (počet jedincov, kruhová základňa a zásoba) a štruktúrnymi indexami (Tab. 2). Analýza potvrdila ako štatisticky signifikantné korelácie medzi hodnotami štandardizovanej hustoty porastu (SDI) a zásobou, resp. kruhovou základňou ($r = -0,92^*$, resp. $r = -0,97^*$), ako aj medzi hodnotami koeficienta homogenity (H) a počtom jedincov ($r = -0,61^*$). Rastúci počet je tak zvyčajne spojený so zvyšujúcou sa heterogenitou porastových štruktúr, najmä v dôsledku dorastu jedincov prirodzenej obnovy do dolnej vrstvy.

Údaje z jednotlivých TVP nám umožnili detailnejšie analyzovať dynamiku maloplošnej štruktúry a jej variabilitu (Tab. 1). Na základe vyhodnocovaných charakteristík najnižšia

miera variability štruktúry bola počas sledovaného obdobia zaznamenaná na TVP 3. Zásoba počas posledných troch meraní oscilovala na úrovni 772 m³/ha ± 0,4% a počet jedincov okolo hodnoty 215 ks/ha ± 3%. Dynamika hrúbkovej štruktúry v posledných desaťročiach tiež nevykazovala výrazné zmeny zastúpenia jedincov po hrúbkových stupňoch a stupeň diferencovanosti štruktúry sa výraznejšie nemenil, čo potvrdzujú aj stabilné hodnoty koeficienta homogenity na úrovni 2,05–2,15.

Na TVP 2 je možné od prvých meraní sledovať trend postupného znižovania zásoby, ktorá poklesla zo 679 m³/ha v roku 1979 na 480 m³/ha v roku 2016. Počet jedincov na tejto ploche napriek stálemu poklesu zásoby v poslednom desaťročí vzrástol, čo bolo spôsobené postupným dorastaním jedincov obnovy do dolnej vrstvy porastu. Variabilita koeficienta homogenity bola počas celého sledovaného obdobia pomerne nízka a jeho hodnoty nepresiahli úroveň 2,23. Od roku 1999 hodnota koeficienta homogenity klesá, čo poukazuje na zvyšovanie diferencovanosti štruktúry. Tento trend je dôsledkom vysokej dynamiky v dolnej vrstve, ktorá sa v poslednom decéniu prejavila už aj vo výraznom náraste celkového počtu jedincov (z 200 ks/ha na 260 ks/ha).

Tab. 1: Zmeny základných štruktúrnych charakteristík (živé stromy s hrúbkou >8 cm) v NPR Havešová v období 1979–2016

Table 1: Changes of basic structural characteristics (living trees of dbh >8 cm) in NNR Havešová in the period 1979–2016

		rok merania ¹					priemer ± SD
		1979	1989	1999	2009	2016	
spolu ²							
počet jedincov ³	N/ha	313	241	229	203	226	243 ± 37
kruhovú základňu ⁴	m ² /ha	35,4	35,0	34,3	32,3	31,9	33,8 ± 1,4
zásoba ⁵	m ³ /ha	668	679	668	632	627	655 ± 21
TVP 1							
počet jedincov	N/ha	356	254	224	202	204	248 ± 57
kruhovú základňu	m ² /ha	36,9	36,3	32,6	32,1	31,8	33,9 ± 2,2
zásoba	m ³ /ha	694	704	628	624	625	655 ± 36
index porastovej hustoty ⁶	–	560	533	461	469	458	496 ± 42
koeficient homogenity ⁷	–	1,85	1,82	2,16	2,45	2,20	2,10 ± 0,24
SCI ⁸	–	–	–	–	–	4,38	–
TVP 2							
počet jedincov	N/ha	312	246	242	200	260	252 ± 36
kruhovú základňu	m ² /ha	36,0	33,1	31,8	26,2	25,6	30,5 ± 4,0
zásoba	m ³ /ha	679	631	606	499	480	579 ± 77
index porastovej hustoty	–	548	497	478	395	382	460 ± 63
koeficient homogenity	–	2,04	2,17	2,23	2,04	1,93	2,08 ± 0,11
SCI	–	–	–	–	–	4,19	–
TVP 3							
počet jedincov	N/ha	270	224	222	208	214	228 ± 22
kruhovú základňu	m ² /ha	33,4	35,7	38,4	38,5	38,2	36,8 ± 2,0
zásoba	m ³ /ha	633	703	768	774	775	730 ± 56
index porastovej hustoty	–	504	520	549	545	540	532 ± 17
koeficient homogenity	–	2,05	2,11	2,06	2,15	2,13	2,13 ± 0,04
SCI	–	–	–	–	–	5,25	–

¹year of the measurement, ²total, ³stem density, ⁴basal area, ⁵growing stock, ⁶stand density index, ⁷coefficient of homogeneity, ⁸structural complexity index

Tab. 2: Korelačná matica s hodnotami korelačných koeficientov medzi analyzovanými štruktúrnymi charakteristikami v NPR Havešová v období 1979–2016

Table 2: Correlation matrix with values of correlation coefficients between analysed structural characteristics in NNR Havešová in the period 1979–2016

	počet jedincov	kruhovú základňa	zásoba	index porastovej hustoty	koeficient homogenity	SCI
počet jedincov ¹	1.00	0.18	0.03	0.37	−0.61*	−0.50
kruhovú základňa ²	0.18	1.00	0.99*	0.97*	−0.08	0.94
zásoba ³	0.03	0.99*	1.00	0.92*	−0.01	0.94
index porastovej hustoty ⁴	0.37	0.97*	0.92*	1.00	−0.17	0.95
koeficient homogenity ⁵	−0.61*	−0.08	−0.01	−0.17	1.00	0.43
SCI ⁶	−0.50	0.94	0.94	0.95	0.43	1.00

¹stem density, ²basal area, ³growing stock, ⁴stand density index, ⁵coefficient of homogeneity, ⁶structural complexity index

Na TVP 1 bol v decéniu 1989–1999 zaznamenaný výraznejší pokles zásoby z približne 700 m³/ha na úroveň 625 m³/ha a od roku 1999 sa zásoba prakticky nemení. Počet jedincov mal počas celého sledovaného obdobia klesajúci priebeh, ktorý sa stabilizoval až v poslednom decéniu. Koeficient homogenity do roku 2009 pomerne výrazne stúpal, v poslednom meraní bol ale zaznamenaný jeho pokles a s ním súvisiace postupné zvyšovanie stupňa diferencovanosti štruktúry. Túto skutočnosť je možné vysvetliť prostredníctvom dynamiky hrúbkovej štruktúry, kedy pri poslednom meraní vzrástol počet jedincov v najnižších hrúbkových stupňoch a naopak z porastu vypadli niektoré hrubšie jedince. Dynamika jednotlivých štruktúrnych charakteristík naznačuje, že vývoj na TVP 1 bude pravdepodobne prebiehať podobne, ako to bolo možné sledovať od roku 1999 na TVP 2, t.j. s dorastaním jedincov do dolnej vrstvy sa bude zvyšovať celkový počet jedincov ako aj diferencovanosť štruktúry.

Pre posúdenie stupňa hrúbkovej diferencovanosti porastu sme použili koeficient homogenity, tiež označovaný ako H-index (CAMINO 1976, BACHOFEN, ZINGG 2001, 2005). Hodnoty, ktoré boli pozorované za celé sledované obdobie na trvalých výskumných plochách (1,82–2,45) potvrdzujú pomerne vysoký stupeň hrúbkovej diferencovanosti porastov (BACHOFEN, ZINNG 2001, 2005). Hodnota koeficientu homogenity bola skúmaná aj v bukovom pralese Oblík (SANIGA et al. 2014), kde bolo rozpätie jeho hodnôt 1,58–2,25, teda hodnoty zodpovedajúce výsledkom zisteným v pralese Havešová.

Index porastovej hustoty (SDI) umožňuje priame porovnanie hustoty porastov rôzneho veku a odlišnej štruktúry. Kvantifikácia tohto porastového indexu v prírodných alebo človekom minimálne ovplyvnených lesoch Západných Karpát je pomerne zriedkavá. KUCBEL (2011) uvádza hodnoty SDI pre smrekové vysokohorské lesy v rozmedzí 475–929. V prípade bukového pralesa NPR Oblík boli zistené hodnoty SDI v rozpätí 594–825 (SANIGA et al. 2005). Na skúmaných TVP bukového pralesa Havešová sa index porastovej hustoty pohyboval v intervale 461–560, čo potvrdzuje výrazne nižšiu štandardizovanú hustotu.

Index štruktúrnej komplexnosti (SCI) v sebe spája kvantifikáciu horizontálnej aj vertikálnej zložky štruktúry. DRÖSSLER (2006) zistil v bukových pralesoch Slovenska rozpätie 3,86–5,69. Hodnoty SCI pre bukový prales Oblík sa pohybovali rozmedzí 4,25–6,38

(SANIGA et al. 2014). V kaspických bukových lesoch v Iráne, v ktorých má dominantné postavenie buk východný (*Fagus orientalis* Lipsky), boli zistené výrazne vyššie hodnoty SCI v rozpätí 5,89–7,32 (ZENNER et al. 2015). Na skúmaných TVP bolo v dôsledku chýbajúcich údajov o polohe všetkých jedincov možné jeho hodnoty vypočítať len pre aktuálne meranie z roku 2016, pričom zistené hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 4,19–5,25. V porovnaní s publikovanými údajmi sa stupeň diferenciácie štruktúry na TVP v pralese Havešová vyjadrený prostredníctvom SCI pohybuje na dolnej hranici a naznačuje nižšiu diferencovanosť štruktúry v porovnaní s ostatnými skúmanými lokalitami.

ZÁVER

Pri hodnotení dlhodobej časovej variability základných štruktúrnych parametrov v rámci celého pralesa v NPR Havešová sa potvrdila relatívne nízka fluktuácia zásoby a kruhovej základne. Najvýraznejšia dynamika bola zaznamenaná v počte jedincov, ale ani tu nepresiahla úroveň 15%. Použité indexy sa potvrdili ako vhodné veličiny pre podrobnejšie charakterizovanie štruktúrnej diverzity porastov. Pretože s výnimkou významných korelácií medzi indexom porastovej hustoty a zásobou, resp. koeficientom homogenity a počtom jedincov neboli zistené podstatné vzťahy medzi základnými štruktúrnymi veličinami a indexami, predstavujú indexy dobre využiteľné doplnkové informácie pre charakterizovanie porastových štruktúr a ich dynamiky. Na jednotlivých TVP boli zaznamenané rozdielne trendy vo vývoji porastu od dlhodobe relatívne stabilnej, minimálne sa meniacej štruktúry na TVP 3 po pomerne dynamické zmeny štruktúry v dôsledku nástupu novej generácie do dolnej vrstvy porastu zaznamenané na TVP 2 a v iniciálnej forme na TVP 1.

LITERATÚRA

- BACHOFEN, H., ZINGG, A. 2001. Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) stands. *For. Ecol. Manage.*, 145: s. 137-149
- BACHOFEN, H., ZINGG, A. 2005. Auf dem Weg zum Gebirgsplenterwald: Kurzzeiteffekte von Durchforstungen auf die Struktur subalpiner Fichtenwälder. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 156: s. 456-466
- CAMINO, R. 1976. Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. *AFJZ*, 147: s. 54-58
- DIACI, J., ROZENBERGAR, D., ANIC, I., MIKAC, S., SANIGA, M., KUCBEL, S., VISNIJIC, C., BALLIAN, D. 2011. Structural dynamics and synchronous silver fir decline in mixed old-growth mountain forests in Eastern and Southeastern Europe. *Forestry*, 84(5): s. 479-491
- DRÖSSLER, L., 2006. *Struktur und Dynamik von zwei Buchenurwäldern in der Slowakei*, Diss. Georg-August-Universität Göttingen, 102 s.
- GADOW, K. 1999. Waldstruktur und Diversität. *AFJZ*, 170(7): s. 117-121
- KORPEL, Š. 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Vydavateľstvo SAV: 329 s.
- KORPEL, Š. 1995. *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 310 s.
- LEIBUNDGUT, H. 1982. *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Bern, Haupt Verlag: 308 s.
- LEXER, K. J., LINDGREN, B. S. 2000. A conceptual model of biotic disturbance ecology in the central interior of B.C.: How forest management can turn Dr. Jekyll into Mr. Hyde. *For. Chron.*, 76: s. 433-443
- PRETZSCH, H. 1996. Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *AFJZ*, 167: s. 213-221
- PRETZSCH, H. 2002. *Grundlagen der Waldwachstumsforschung*. Frankfurt am Main Saulander's Verlag 260 s.

- REINEKE, L.H., 1933. Perfecting a stand density index for even-aged forests. *J. Agric. Res.* 46: s. 627-638
- REMMERT, H. 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems: an overview. In: Remmert, H. (eds.) *The Mosaic-cycle of Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Ecol. Studies 85: s. 1-21
- SANIGA, M., PITTNER, J., BALANDA, M. 2014. Vybrané znaky štruktúry a dynamika regeneračných procesov bukového pralesa NPR Oblík. In: Štefančík, I. (eds) *Proceedings of Central European Silviculture*. Zvolen, 2014. Zvolen: NLC Zvolen: s. 75-82
- SANIGA, M. 2002. Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. *Ochrana prírody*, 21: s. 202-218
- SANIGA, M. 2003. Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Havešová. *Ochrana prírody*, 22: s. 179-190
- VRŠKA, T., ADAM, D., HORT, L., KOLÁŘ, T., JANÍK, D. 2009. European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians: A developmental cycle or a linear trend induced by man?. *For. Ecol. Manage.* 258: s. 347-356.
- WOODALL, C. W., FIEDLER, C.E., MILNER, K.S. 2003. Stand density index in uneven-aged ponderosa pine stands, *Can. J. For. Res.* s. 33: 96–100
- WOODALL, C. W., MILES, P.D., VISSAGE, J.S. 2005. Determining maximum stand density index in mixed species stands for strategic-scale stocking assessments, *For. Ecol. Manage.* 216: s. 367–377
- ZENNER, E. K. 1999. *Eine neue Methode zur Untersuchung der Dreidimensionalität in Waldbeständen*. Freiburg, Universität Freiburg, 11 s.
- ZENNER, E. K., HIBBS D. E. 2000. A new method for modeling the heterogeneity of forest structure. *For. Ecol. Manage.* 129: s. 75-87
- ZENNER, E., K., SAGHEB-TALEBI, K., AKHAVAN, R., PECK, J., E. 2015. Integration of small-scale canopy dynamics smoothes live-tree structural complexity across development stages in old-growth Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forests at the multi-gap scale, *For. Ecol. Manage.* 335: s. 26-36

PodĎakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu APVV-14-0014.

VLIV ZVĚŘE NA PŘEVOD STEJNOVĚKÝCH POROSTŮ NA VÝBĚRNÝ LES

EFFECT OF GAME ON THE CONVERSION OF EVENAGED STANDS TO THE SELECTION FOREST

ROBERT KNOTT, KATEŘINA NOVOSADOVÁ, LUKÁŠ OPRAVIL

Ústav zakládání a pěstění lesů, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00,
Česká republika

ABSTRACT

This study investigated whether natural regeneration is sufficient in the conversion to selection forest at the Klepačov locality (Training Forest Enterprise Masaryk Forest Křtiny) and what is impact of wild game on natural regeneration. The results show that natural regeneration itself is sufficient, but the negative impact of game on natural regeneration is evident. In the fenced variant, the seedlings of all trees were higher than in non-fenced areas. The results show that one of the main causes of seedlings deficiency is damage by game. As a result, there is a lack of trees on the site at the weakest diameter classes of all tree species. For this reason, conversion to a selection forest in a locality may be compromised unless a specific structure of a selection forest with vertical structure and a corresponding species composition is created. To improve the current state of the main tree species from natural regeneration, it will be necessary to increase protection against game and reduce the amount of game.

Keywords: conversion, selection forest, natural regeneration

ABSTRAKT

Tato studie zjišťovala, zda na lokalitě Klepačov (Školní lesní podnik "Masarykův les" Křtiny) je přirozená obnova při převodu na výběrný les dostatečná a jaký vliv na ni má zvěř. Z výsledků je patrné, že samotná přirozená obnova je dostatečná, avšak negativní vliv zvěře na přirozenou obnovu je evidentní. V oplocené variantě byly semenáčky všech dřevin vyšší než v plochách neoplocených. Z výsledků vyplývá, že jednou z hlavních příčin nedostatku semenáčků jsou škody zvěří. Díky tomu na lokalitě chybí stromy v nejslabších tloušťkových stupních všech zjišťovaných druhů dřevin. Z tohoto důvodu může být převod na výběrný les v zájmové lokalitě ohrožen, pokud nebude vytvořena specifická struktura výběrného lesa s vertikálním zápojem a odpovídající druhovou skladbou. Pro zlepšení současného stavu přirozeného zmlazení hlavních dřevin z přirozené obnovy bude třeba zvýšit ochranu proti zvěři a snížit její množství.

Klíčová slova: převod, výběrný les, přirozená obnova

Úvod

V současnosti se majitelé lesních pozemků zajímají o různé alternativy pěstebních opatření, které nevyužívají holoseče s umělou obnovou (PUKKALA 2016). Výběrný způsob hospodaření je jeden z možných trendů v lesním managementu (O'HARA et al. 2007). Při výběrném způsobu hospodaření se očekává, že těžba v pravidelných intervalech bude probíhat v porostu kontinuálně, protože na jedné ploše se nachází všechny vývojové fáze lesa (SCHÜTZ 2001a).

Převody stejnověkových monokultur na výběrné lesy jsou v současnosti důležitým tématem lesního hospodářství v mnoha zemích, zvláště když veřejný zájem nevyžaduje jen co nejvyšší produkci kvalitního dřeva, ale zároveň i podporu a zvyšování mimoprodukčních funkcí lesa (REININGER 1992; KORPEL, SANIGA 1993; POLENO 1999; SCHÜTZ 2001b; O'HARA 2001; SOUČEK 2002; TESAŘ et al. 2004; REMEŠ, KOZEL 2006). Mezi největší rizika a nejčastější důvody selhání převodu na výběrný les patří nedostatečná přirozená regenerace (SCHÜTZ 2001a). Některé výsledky ukazují, že zvěř hraje velmi důležitou úlohu ve struktuře a dynamice přirozeného zmlazení (AMMER 1996) a poškození zvěří může být hlavním faktorem poklesu přirozeného zmlazení některých druhů dřevin – například jedle (HEUZE et al. 2005; SENN, SUTER 2003). Pro správnou funkci výběrného lesa je přirozené zmlazení nezbytné. V tomto příspěvku jsme se zaměřili na zmlazování hlavních dřevin (jedle, smrku a buku) a následný růst těchto dřevin v různých světelných podmínkách z důvodu evidentního nedostatku stromů v nejtenších třídách v lesích v převodu na výběrný les.

MATERIÁL A METODY

Výzkum se uskutečnil na Školním lesním podniku “Masarykův les” Křtiny (Česká republika) na lokalitě Klepačov (49°20'43"N, 16°40'14"E). Na této lokalitě probíhá převod stejnověkových porostů na výběrný les od roku 1973. Objekt Klepačov leží v nadmořské výšce 300 – 420 m. Průměrná roční teplota za období 1971 – 2000 činí 7,9 °C a průměrné roční srážky 596 mm (ve vegetačním období 375 mm). Geologickým podkladem je tzv. brněnská vyvřelina tvořená hlavně amfibolickými granodiority s překryvy sprašových hlín. Převládajícími půdními typy jsou kambizem typická, mezotrofní a oligotrofní. Dřevinná skladba podle inventarizace v roce 2003 stanovená podle podílu kruhové výčetní základny je následující: SM 32,42 %, JD 25,83 %, BO 21,83 %, BK 15,28 %, MD 3,61 %, DB 0,31 %, HB 0,10 %, ostatní listnaté dřeviny 0,57 % a ostatní jehličnaté dřeviny 0,05 %. Celkově pak připadá 84 % na dřeviny jehličnaté a 16 % na dřeviny listnaté.

Pro objasnění příčin nedostatečné přirozené obnovy bylo v této práci vyznačeno celkem 90 zkusných ploch v různých světelných podmínkách (každá plocha o poloměru 1 m měla plochu 3,14 m²), na kterých se zaznamenávalo přirozené zmlazení hlavních dřevin (JD, BK, SM). Na těchto plochách se hodnotila i porostní struktura mateřského porostu. U semenáček hlavních dřevin z přirozené obnovy byla měřena výška, počet a také byl určován jejich věk. Měření proběhlo ve dvou obdobích, a to na podzim v roce 2015 a na jaře v roce 2016. Pro posouzení vlivu zvěře na přirozené zmlazení, byla polovina zkusných ploch chráněna oplocením.

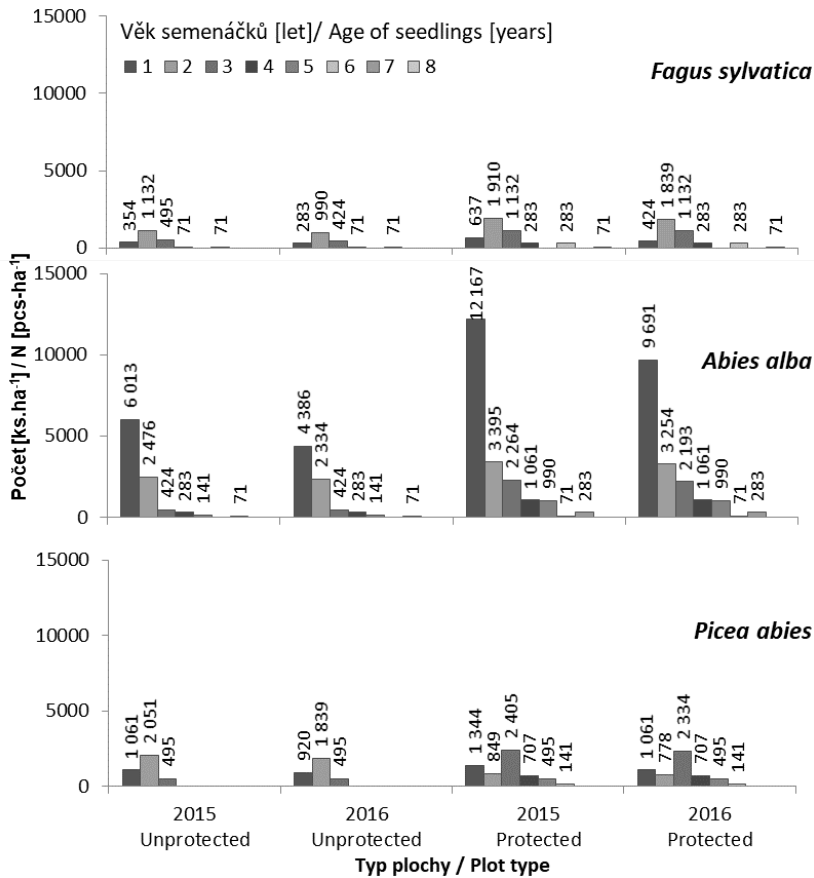
Veškerá data byla zpracována v programu Microsoft Excel (Microsoft s.r.o.) a statisticky vyhodnocena v programu Statistica (STATISTICA Cz 12 Copyright© StatSoft, Inc.) použitím testu ANOVA. Následně byl použit Fisherův LSD test pro určení statisticky významných rozdílů mezi hlavními efekty a jejich interakcemi. Interval spolehlivosti byl určen na 95 %.

VÝSLEDKY A DISKUZE

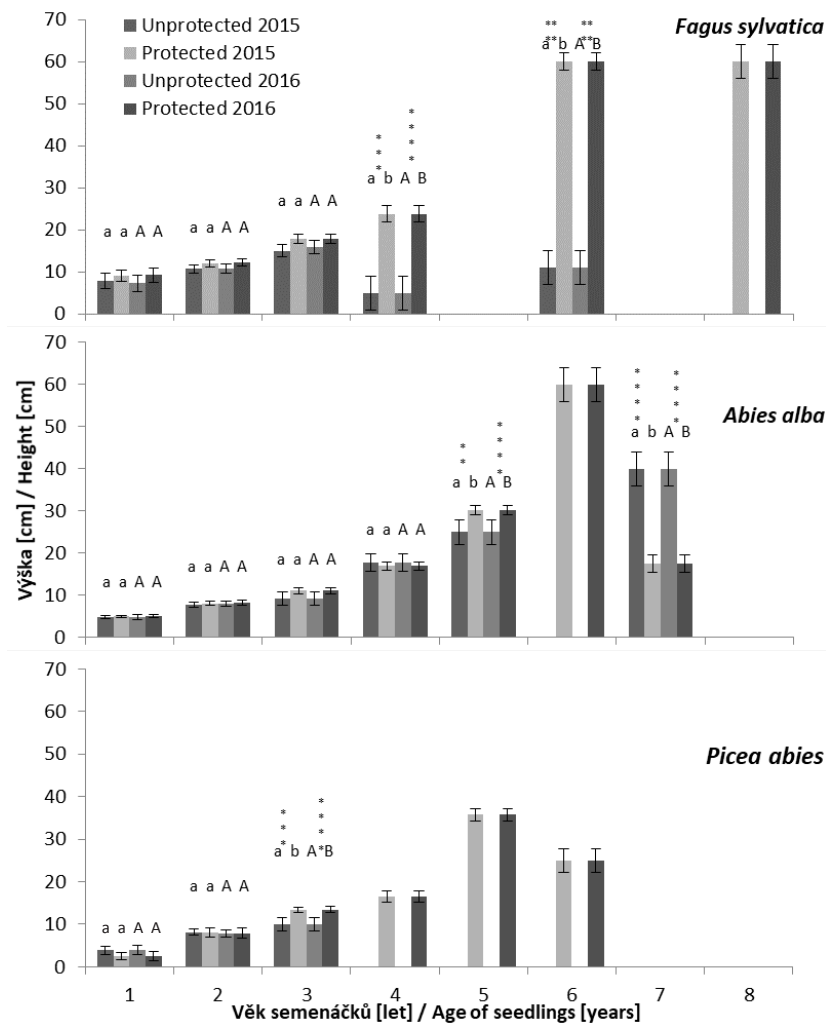
Od roku 1973, kdy byl založen hospodářský soubor převodu na les výběrný v části Klepačov, uplynulo téměř 50 let. Z následných pěti inventarizací v období 1973 až 2013

bylo zjištěno, že i přes nepříznivé místní přírodní podmínky v dubobukovém lesním vegetačním stupni (zejména nedostatek srážek) pro výběrný les, nejsou zdejší porosty produkčně ztrátové. Problematické je, ale především udržení vhodné druhové skladby, kdy hlavní dřevina výběrného lesa jedle ustupuje a přirozená obnova porostů je nedostatečná. Výběrný les a převod na něj je podmíněný neustálou přirozenou obnovou. Delší stagnace obnovy nebo její krizová situace zaviněná různými vlivy znamená vážné ohrožení úspěšnosti výběrného hospodářství a ztrátu rovnovážné struktury (SCHÜTZ 2001a).

Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že se na plochách nejvíce nacházely semenáčky jedle staré 1 rok. Na jeden z problémů přirozené obnovy ve zdejších porostech upozorňuje věková a výšková diferenciacie semenáčků jedle na jednotlivých zkušných plochách, kdy prakticky chybí nebo se jen ve velmi malé míře vyskytují semenáčky starší 3 let a vyšší než 20 cm (**obr. 1**). Od třetího roku semenáčků pak dochází ke stagnaci počtu starších semenáčků a zpomalení růstu přirozeného zmlazení. Neustálá plynulá přirozená obnova bez období stagnace a krizových projevů je pak přitom jednou ze základních podmínek převodu na výběrný les (SCHÜTZ 2001a).



Obr. 1: průměrné počty semenáčků na hektar podle typu plochy a věku
 Fig. 1: Average number of seedlings per hectare by plot type and age



Obr. 2: Průměrná výška semenáčků. (Chybové úsečky prezentují SD průměrné hodnoty. Písmena a,b - homogenní skupiny stromů v 2015. Písmena A,B - homogenní skupiny stromů v 2016. Statistickou významnost rozdílů reprezentují znaky: * = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$; *** = $p \leq 0.001$; **** = $p \leq 0.0001$)

Fig. 2: Mean height of seedlings. (Error bars represent standard deviation of the mean value. Letters a, b - homogenous groups of trees in 2015. Letters A,B - homogenous groups of trees in 2016. The statistical significance of differences represent characters * = $p \leq 0.05$; ** = $p \leq 0.01$; *** = $p \leq 0.001$; **** = $p \leq 0.0001$)

Jedním z hlavních důvodů tohoto nepříznivého stavu může být zejména okus spárkatou zvěří, kdy při opakovaném selektivním okusu dřevin dochází ke zpoždění jejich přirozené obnovy nebo ke zvýšené mortalitě semenáčků (SENN, SUTER 2003). U jedle bylo dokonce v roce 2016 zimním okusem poškozeno 26 % jedinců. Zimní okus byl také

znatelnější na rozdíl od letního i u buku (31 %) a smrku (19 %). Vliv zvěře je doložen i průměrnou výškou semenáčků dle věku v oplocení a mimo oplocené plochy (**obr. 2**). V oplocené variantě byly semenáčky všech dřevin vyšší oproti plochám neoploceným. U buku pak lze říci, že byli poškozováni okusem nejvíce jedinci ve stáří 4 a 6 let. U jedle to pak byly semenáčky pětileté. U smrku pak byly podle výšky nejvíce poškozovány semenáčky tříleté.

Počty semenáčků v oplocení na všech plochách evidentně převyšovaly počty semenáčků mimo oplocení, kdy u jedle byl tento rozdíl v roce 2015 dokonce až 119 % (**obr. 1**). Tento rozdíl byl statisticky průkazný i v různém stupni zápoje. U smrku byl počet semenáčků v roce 2016 o 93 % vyšší ve prospěch jedinců nacházejících se v oplocení než mimo oplocení. Na oplocených plochách bylo také možno zaznamenat i semenáčky starší tří let, které se mimo oplocení vůbec nevyskytovaly.

Zjištěné průměrné výchozí počty semenáčků na hektar odpovídají počtům v přirozených i obhospodařovaných výběrných lesích (DIACI et al. 2003; ROZENBERGAR et al. 2007), stejně jako modelové křivce četností stromů ve výběrném klese pro danou lokalitu (tloušťkový stupeň 2 cm – 320 jedinců na hektar). Alarmující je však rozdíl mezi plochami v oplocení a mimo oplocení. Z výsledků vyplývá, že jednou z hlavních příčin nedostatečného počtu stromů v nejslabších tloušťkových stupních je evidentní vliv zvěře na přirozené zmlazení všech hlavních dřevin. Přirozená obnova je tak nedostačující, což je jeden z nejčastějších důvodů neúspěchu při převodu na výběrný les (SCHÜTZ 2001a).

Pro zlepšení současného stavu přirozeného zmlazení jedle, ale i ostatních hlavních dřevin z přirozené obnovy v objektu převodu na výběrný les v lokalitě Klepačov, bude třeba zvýšit ochranu proti zvěři. Primární musí zároveň být snížení stavu zvěře (KORPEL A VINŠ 1965; KORPEL A SANIGA 1993).

ZÁVĚR

Tato studie zjišťovala, zda na lokalitě Klepačov (Školní lesní podnik “Masarykův les” Křtiny) je přirozená obnova dostatečná pro udržení výběrného způsobu hospodaření a jaký vliv na ni má zvěř. Z výsledků je patrné, že samotná přirozená obnova je na lokalitě dostatečná pro převod porostů na výběrný způsob a popřípadě i udržení výběrného lesa do budoucnosti, avšak negativní vliv zvěře na přirozenou obnovu je evidentní. V oplocené variantě byly semenáčky všech dřevin vyšší než v plochách neoplocených. Rozdíl byl mnohdy až dvojnásobný. Z výsledků vyplývá, že jednou z hlavních příčin nedostatku semenáčků jsou škody zvěři na semenáčcích a díky tomu na lokalitě chybí stromy v nejslabších tloušťkových stupních všech zjišťovaných druhů dřevin. Z tohoto důvodu může být převod na výběrný les v zájmové lokalitě ohrožen. Zároveň může být ohroženo plnění očekávaných mimoprodukčních funkcí i funkce produkční, pokud nebude vytvořena specifická struktura výběrného lesa s vertikálním zápojemem a odpovídající druhovou skladbou. Pro zlepšení současného stavu přirozeného zmlazení hlavních dřevin z přirozené obnovy v objektu převodu na výběrný les v lokalitě Klepačov, bude třeba zvýšit ochranu proti zvěři a snížit její stavy.

LITERATURA

- AMMER, C. 1996. Impact of ungulates on structure and dynamics of natural regeneration of mixed mountain forests in the Bavarian Alps. *Forest Ecology and Management*, 88(1–2): s. 43–53
- DIACI, J., ROZENBERGAR, D., BONCINA, A. 2003. Interactions of light and regeneration in Slovenian Dinaric Alps: patterns in virgin and managed forests. In: Commarmot, B., Hamor, F.D. (eds): Natural Forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation. Conference 13-17 October 2003, Mukachevo, Ukraine. Proceedings. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. s. 154–160
- HEUZE, P., SCHNITZLER, A., KLEIN, F., 2005. Is browsing the major factor of silver fir decline in the Vosges Mountains of France? *Forest Ecology and Management*, 217(2–3): s. 219–228
- KORPEE, Š., SANIGA, M. 1993. *Výběrný hospodářský způsob*. Praha, Písek, VŠZ, LF, Matice lesnická: 127 s.
- KORPEE, Š., VINŠ, B. 1965. *Pěstování jedle*. 1. vyd. Bratislava: Slov. vydav. pôdohospod. lit., 340 s. (in Slovak)
- O'HARA K.L. 2001. The silviculture of transformation – a commentary. *Forest Ecology and Management*, 151: s. 81–86
- O'HARA, K.L., HASENAUER, H., KINDERMANN, G. 2007. Sustainability in multi-aged stands: an analysis of long-term plenter systems. *Forestry* 80: s. 163–181
- POLENO, Z. 1999. *Výběr jednotlivých stromů k obnovní těžbě v pasečném lese*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 128 s.
- PUKKALA, T. 2016. Plenterwald, Dauerwald, or clearcut? *Forest Policy and Economics*, 62: s. 125–134
- REININGER, H. 1992. *Zielstärkennutzung oder die Plenterung des Altersklassenwaldes*. Wien, Österreichische Agrarverlag: 163 s.
- REMEŠ, J., KOZEL, J., 2006. Structure, growth and increment of the stands in the course of stand transformation in the Klokočná Forest Range. *Journal of Forest Science*, 52(12): s. 537–546
- ROZENBERGAR, D., MIKAČ, S., ANIČ, I., DIACI, J., 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech fir forest reserves in South East Europe. *Forestry*, 80(4): s. 431–443
- SENN, J., SUTER, W. 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: Beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management*, 181(1–2): s. 151–164
- SCHÜTZ J.P. 2001a. *Der Plenterwald und weitere formen strukturierter und gemischter Wälder*. Parey Buchverlag, Berlin. ISBN 3-8263-3347-0
- SCHÜTZ J.P. 2001b. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151: s. 87–94
- SOUČEK J. 2002. Conversion of forest managed under systems involving coupes to a selection forest on an example of the Opuky research area. *Journal of Forest Science*, 48: s. 1–7
- TESAŘ V., KLIMO E., KRAUS M., SOUČEK J. 2004. *Dlouhodobá přestavba jehličnatého lesa na Hetlíně – kutnohorské hospodářství*. Brno, MZLU: 60 s.

Poděkování

Príspevek vznikl s podporou Cost Action FP 1206 v rámci projektu „Efekt směsi na vývoj dřevinné skladby, strukturu a biomasu“ (projekt číslo LD14063).

**VYUŽITÍ HNOJIVA S OBSAHEM HUMÁTU DRASELNÉHO PŘI OBNOVĚ LESA
NA SPECIFICKÝCH STANOVIŠTÍCH**

**USING OF THE FERTILISER WITH A CONTENT OF POTASSIUM HUMATE
IN THE FOREST REGENERATION ON THE SPECIFIC SITES**

IVAN KUNEŠ¹, MARTIN BALÁŠ¹, ROSTISLAV LINDA¹, JARMILA NÁROVCOVÁ²,
JOSEF GALLO¹, VÁCLAV NÁROVEC¹

¹ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů. Kamýcká 1176, 165 00 Praha-Suchdol, Česká republika

² Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

ABSTRACT

The paper presents particular and preliminary results of the evaluation of the effectiveness Rucultan fertilizer with a content of potassium humate on the growth of Norway spruce seedlings in controlled conditions sown in a permeable sandy soil substrate. The Recultan II (potassium salts of humic acids content 6%) fertilizer option showed the highest effect. Furthermore, the effect of Recultan fertilizer on the foliar nutrient content of „new generation broad-leaved and saplings“ in the field condition of restored sand-quarry Hůrka was also assessed. In the second year after application, the highest content of most of the major nutrients (specifically nitrogen, phosphorus, magnesium and sulphur) was recorded in the option Recultan II. An overview of the findings and recommendations concerning the restoration process of the Hůrka sand-quarry is presented in the conclusion.

Keywords: potassium humate, new generation semi-saplings and saplings, restoration

ABSTRAKT

Příspěvek prezentuje dílčí a předběžné výsledky vyhodnocení účinnosti hnojiva Recultan, obsahujícího humát draselný, na růst semenáčků smrku v kontrolovaných podmínkách vysetých do propustného písčitého substrátu. Nejvyšší účinek byl zaznamenán u verze Recultan II (obsah draselných solí huminových kyselin 6%). Dále je hodnocen vliv hnojiva Recultan na obsah živin v asimilačním aparátu odrostků nové generace v terénních podmínkách rekultivované pískovny Hůrka. Ve druhém roce po aplikaci byl nejvyšší obsah většiny hlavních živin (konkrétně dusík, fosfor; hořčík a síra) zaznamenán u varianty přihnojené verzi Recultan II. V závěru je dále uveden přehled poznatků a doporučení ohledně postupu rekultivace pískovny Hůrka, vyplývající z poznatků získaných při řešení zmíněného projektu.

Klíčová slova: humát draselný, poloodrostky a odrostky nové generace, rekultivace

Úvod

Trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů je možné jen tehdy, pokud je založeno na respektování základních principů pedologie a ekologie. Je možné jen, pokud odráží pochopení vzájemných vztahů mezi půdou a rostlinami a vychází z porozumění tokům živin a živinovým cyklům v ekosystému. Historie přinesla mnoho příkladů, kde nepochopení nebo nedostatečné pochopení biogeochemie vedlo k neočekávaným a často i nežádoucím následkům (VAN MIEGROET, JOHNSON 2009).

Písčité půdy jsou obvykle na živiny velmi chudé. Rekultivační a zalesňovací projekty se velmi často omezují na aplikaci přípravků obsahujících základní (NPK), případně druhotné (Ca, Mg) živiny bez ohledu na vlastnosti aplikovaných hnojiv. Často se neřeší dlouhodobá potřeba a optimálně dosažitelná účinnost výživy, kterou je nutné lesním výsadbám zabezpečit pro žádoucí vývoj bohatého kořenového systému individuálních rostlin, jenž je základem pro urychlené a úspěšné zapojení výsadeb a jejich prosperitu v dalších letech. Občas projektuje nevhodný hnojivý přípravek, a to běžně dostupné a ve vodě dobře rozpustné standardní anorganické hnojivo, vyvinuté k výživě intenzivně pěstovaných zemědělských plodin s krátkou vegetační dobou a potřebou příjmu rychle dostupných živin. Je to přesný opak požadavku na optimalizovanou výživu víceletých rostlin – stromů a keřů. Účinnost tohoto způsobu hnojení je problematická a aplikace může být riziková. Rostlina v těchto případech využije pouze nepatrný podíl aplikovaných živin. Většina z nich odtéká neefektivně do vodotečí, zhoršuje kvalitu podzemních vod a životní prostředí obecně.

Zalesňování rekultivovaných ploch po těžbě průmyslových surovin (např. písku), ploch po asanaci průmyslových skládek a imisně nebo erozně degradovaných lesních ploch s nízkou zásobou organické hmoty a omezenou sorpční výměnnou kapacitou vyžaduje použití speciálních hnojiv s dlouhodobým uvolňováním živin (tzv. Slow Release Fertilizer – SRF). Především se to týká dusíku, nejmobilnější živiny v půdě. Tento typ speciálních dlouhodobě působících hnojiv musí být rovněž zdrojem efektivních uhlíkatých látek, které by příznivě ovlivňovaly sorpční výměnnou kapacitu půdy, tj. schopnost půdy vázat živiny ve formě dostupné pro rostliny a zabraňovat vyplavování živin, které se již z hnojiva uvolnily. Uvedené problémy na degradovaných a málo úrodných půdách při zalesňování lze účinně řešit s použitím speciálně připravených dlouhodobě působících hnojiv.

Na rekultivovaných stanovištích po těžbě surovin, majících charakter volné plochy, se mohou ve zvýšené míře vyskytovat klimatické extrémy, a to zejména v přízemní vrstvě vzduchu. Jeden z argumentů doporučujících použití sadebního materiálu v dimenzích poloodrostků a odrostků při zalesňování těchto stanovišť je jeho předpokládaná vyšší odolnost, která spočívá ve faktu, že terminální pupeny tohoto sadebního materiálu se nacházejí ve větší výšce nad povrchem země (cca 100 cm a výše) než terminální pupeny sadebního materiálu obvyklých obchodních dimenzí, který má vrcholové pupeny v zóně od 20 cm do 40 cm nad zemí. Přízemní vrstva vzduchu je přitom obvykle teplotně výrazně extrémnější (např. fluktuace teploty, teplotní minima a maxima) než zóna umístěná ve standardní výšce pro měření (200 cm nad povrchem terénu), (GEIGER 1950; GALLO et al. 2014; ŠPULÁK 2009).

V souladu s ustanoveními použitými v ČSN 48 2115 *Sadební materiál lesních dřevin* (ÚNMZ 2012) je používán pojem poloodrostky a odrostky nové generace (PONG), čímž

se rozumějí cíleně pěstované víceleté prostokořenné poloodrostky (o výšce 81–120 cm) a odrostky (121–180 cm) listnatých dřevin, jejichž kořenový systém byl během pěstování ve školce minimálně dvakrát upravován, a to ručním stříhem při školkování nebo při strojním podřezávání. Kořenové systémy PONG musejí být kompaktní (koncentrované přímo pod hlavní osou rostliny) a současně musejí mít dostatečný objem, resp. musí být u nich vytvořen příznivý poměr objemu kořenové soustavy vůči objemu nadzemní části (KUNEŠ et al. 2011; BURDA et al. 2015).

Cílem příspěvku je prezentovat dílčí a předběžné výsledky vyhodnocení účinnosti hnojiva Recultan na růst semenáčků smrku v kontrolovaných podmínkách a jeho vliv na obsah živin v asimilačním aparátu odrostků nové generace v terénních podmínkách rekultivované pískovny Hůrka. V závěru je dále uveden přehled poznatků a doporučení ohledně postupu rekultivace pískovny Hůrka, vyplývající z poznatků získaných při řešení zmíněného projektu.

MATERIÁL A METODIKA

Lokalita Hůrka se nachází ve 3. LVS na hranici PLO 15 (Třeboňské pánve) a PLO 10 (Středočeské pahorkatiny). Z klimatického hlediska spadá oblast do mírného klimatu. Průměrná roční teplota v okolí Plané nad Lužnicí se pohybuje okolo 8–9 °C. Průměrné roční srážky se pohybují okolo 550 mm (TOLASZ 2007). Nadmořská výška výzkumné plochy je cca 400 m.

Výzkumná plocha sestává z výsadeb PONG dubu letního a lípy srdčité, založených v několika etapách v letech 2012–2015. Plocha je umístěna v jihovýchodní části pískovny Hůrka, která se nachází cca 2 km jižně od města Planá nad Lužnicí. Pozemky pro dobývání jsou postupně odlesňovány a skrývková zemina je spolu s dalším materiálem (např. přebytečné výkopy ze stavby komunikací) ukládána ve vytěženém prostoru. Takto vzniklé výsypky jsou postupně rekultivovány, zejména lesnickým způsobem (LEHEČKA 2006). Pro finální rekultivaci byly na části plochy využity sedimenty z rybníka Jordán v Táboře, kde v letech 2012 až 2014 probíhalo odbahňování. Celková plocha pískovny je v současnosti cca 44 ha.

Půdní prostředí lze charakterizovat jako antropozem. Je pro růst dřevin dosti nepříznivé a jeho vlastnosti se v rámci výzkumné plochy značně liší. Při hloubení výsadbových jamek byly zjištěny půdy z nejrůznějších materiálů – od těžkých plastických jíílů až po hrubozrnný štěrk. Zřejmě vlivem výskytu méně propustné jílovité vrstvy pod povrchem půdy a také vlivem nedostatečného vyspádování dochází na části plochy v období s vyššími srážkami k výraznému zamokření, což indikuje hojná pokryvnost sítiny (*Juncus* sp.). Během delšího bezsrážkového období naopak půda značně přesychá a tvrdne. Tento střídavý režim výrazně omezuje růst některých druhů dřevin.

Na podzim 2014 byly starší výsadby odrostků lípy a dubu v trvaleji zamokřených místech jednotlivě doplněny olší lepkavou, která hned od prvního roku po výsadbě prokazuje velmi dobrou vitalitu a přírůst.

V květnu 2015 bylo provedeno přihnojení výsadby odrostků nové generace dubu letního, založené na lokalitě Hůrka na jaře 2012. Byly testovány tři varianty speciálního hnojiva s pracovním názvem Recultan (MARTINŮ et al. 2016) podle specifikace uvedené v Tab. 1. Hnojivo bylo aplikováno „na misku“, tj. v sypké formě povrchově kolem strom-

ků na kruhové plošky o průměru 50 cm, přičemž střed ošetřených plošek tvořily krčky stromků. Dávka činila 50 g na stromek.

Hnojivo Recultan obsahuje kromě základních živin (NPK), také hořčík (MgO), stopové živiny (B, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn) a pomocnou látku k úpravě poměru C : N v půdě (humitan draselný). Hnojivo obsahuje 80 % dusíku vázaného v pozvolně působící formě, konkrétně močovino-formaldehydových kondenzátů. Místo běžně používaného humitanu sodného je v hnojivu Recultan použit humitan draselný, čímž se eliminuje přítomnost nežádoucího balastního kationtu (sodík) a omezí se tak zaselování půd. Hnojivo má práškově-zrnitý charakter s obsahem protiprašné přísady (přírodně degradovatelný separační řepkový olej BISOL – viz Tab. 1).

Tab. 1: Chemické složení testovaných variant prototypu pomalu rozpustného hnojiva Recultan.
Table 1: Chemical composition of tested options of Recultan – the prototype of slow-release fertilizer.

Složení [%] <i>Composition</i>	Verze I <i>Option I</i>	Verze II <i>Option II</i>	Verze III <i>Option III</i>
Celkový dusík (N total)	20,0	20,0	20,0
Dusík z močovinoformaldehydu (N) ¹	16,2	16,2	16,2
Dusík rozpustný ve studené vodě (N) ²	5,2	5,2	5,2
Dusík rozpustný pouze v horké vodě (N) ³	5,3	5,3	5,3
Močovinový dusík (N) ⁴	3,8	3,8	3,8
Celkový fosfor (P ₂ O ₅ total)	10,0	10,0	10,0
K ₂ O rozpustný ve vodě ⁵	10,0	10,0	10,0
Celkový hořčík (MgO total)	2,0	2,0	2,0
Humát draselný TC ⁶	20,0	10,0	0,0
Draselné soli huminových kyselin⁷	12,0	6,0	0,0

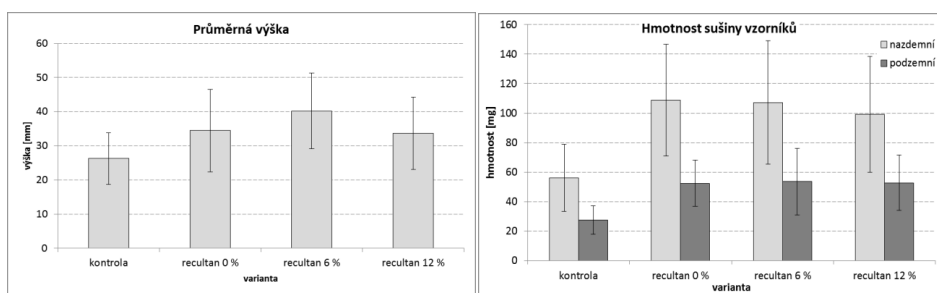
Legend: ¹nitrogen in a form of ureaformaldehyd, ²nitrogen soluble also in cold water, ³nitrogen soluble only in hot water, ⁴nitrogen in a form of urea, ⁵soluble in water, ⁶potassium humate, ⁷potassium salts of humic acids.

V květnu 2015 byly ve skleníku na Výzkumné stanici Truba založeny školkařské výsevy, které sloužily k ověřování účinnosti jednotlivých variant hnojiva Recultan na chudém písčitém substrátu (90 % písek, 10 % rašelina). Aplikovaná dávka činila 270 g na 100 l substrátu. Vedle testovaných tří variant prototypu hnojiva (Recultan I, II a III – viz Tab. 1) byla založena také kontrolní varianta bez přihnojení. Jako testovací dřevina byl pro svůj relativně rychlý růst vybrán smrk ztepilý. Výsevy byly provedeny do sadbovačů QuickPot QP D 144 T/6 R, každá ze čtyř variant sestávala ze 4 sadbovačů po 144 buňkách, do každé buňky byla vyseta dvě semena. V každé variantě bylo tedy vyseto celkem 1 152 ks semen. Během sezony byly buňky se dvěma vyklíčenými semenáčky vyjednoceny. Na podzim po ukončení přírůstu byla u semenáček změřena výška, tloušťka v krčku a u náhodně vybraných vzorků (25 ks z každé varianty) bylo stanoveno množství biomasy nadzemních částí i kořenů. V době vyhodnocování průměrný počet přeživších semenáček na jednu variantu činil 207 ks.

Odběr asimilačního aparátu ve výsadbě PONG na lokalitě Hůrka proběhl vždy na konci vegetační sezony (září 2015 a 2016). Zhodnocení výškového přírůstu výsadeb bude naplní dalších studií.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Všechny tři varianty hnojiva měly oproti kontrole pozitivní vliv na výškový přírůst semenáčků v prvním roce od výsevu. Nejvyšší přírůst byl dosažen u varianty hnojiva Recultan s 10 % lignohumátu (6 % draselných solí huminových kyselin). Průměrná hmotnost nadzemní biomasy byla u všech variant zhruba dvojnásobná oproti podzemní biomase. U všech hnojených variant byla hmotnost nadzemní i podzemní biomasy vyšší oproti kontrole. Rozdíly mezi hnojenými variantami byly nízké. Vybrané výstupy získané měřeními po konci sezóny sumarizují Obr. 1.



Obr. 1: Vlevo: Průměrná výška jednoletých semenáčků smrku ve výsevu. Byly vylíšeny tři varianty s hnojivem Recultan s různým obsahem draselných solí huminových kyselin (0, 6 a 12 %) a kontrolní varianta bez přihnojení. Vpravo: Průměrná hmotnost nadzemní a podzemní biomasy vzorkových semenáčků. Chybové úsečky znázorňují směrodatné odchylky.

Fig. 1: Left: Mean height of one-year-old spruce seedlings in the sowing bed. There were established three treatments amended by Recultan fertilizer with the different content of potassium salts of humic acids (0, 6 and 12%) and the control treatment without any fertilization was also established. Right: Average weight of aboveground and underground biomass of sample seedlings. Error bars represent standard deviations.

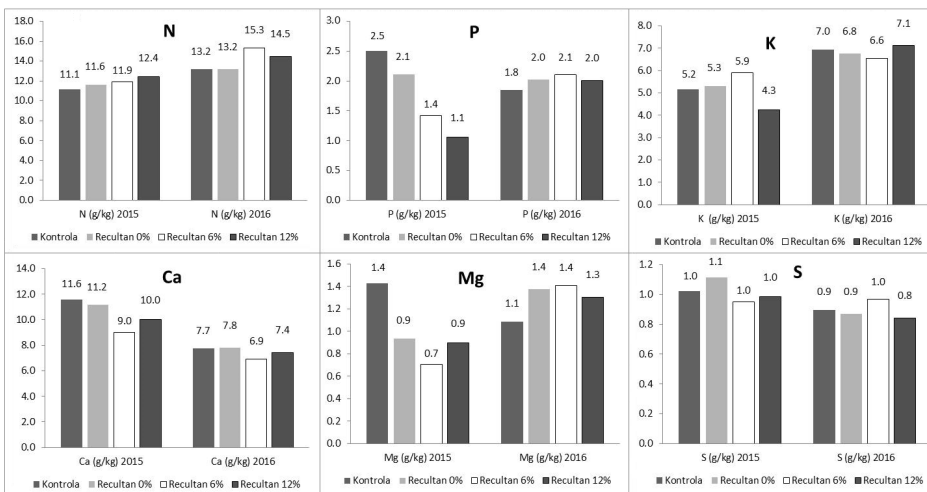
Výsledky rozborů chemického složení listů dubových odrostků v letech 2015 a 2016 shrnuje Obr. 2.

Na základě rozboru literatury (BERGMANN 1993; KOPINGA, VAN DEN BURG 1995; DE VRIES et al. 1998) lze u dubu letního pro jednotlivé živiny stanovit následující přibližné hranice nedostatečné výživy: dusík (N) < 15 g na 1 kg sušiny, fosfor (P) < 1,0 g.kg⁻¹, draslík (K) < 5 g.kg⁻¹, vápník (Ca) < 3,0 g.kg⁻¹ a hořčík (Mg) < 1,1 g.kg⁻¹.

Z výsledků uvedených na Obr. 2 lze vyvodit několik poznatků. Příjem většiny živin byl v roce 2015 nepříznivě ovlivněn extrémně suchým průběhem vegetační sezóny. V roce 2016 se výživa dřevin bez ohledu na variantu ošetření výrazně upravila.

Výživa dusíkem je na stanovišti Hůrka deficitní. Hnojivo Recultan pomohlo upravit zásobení dusíkem, ale nad úroveň deficitu se výživa tímto prvkem dostala pouze v případě formulace s 6% podílem draselných solí huminových kyselin (Varianta II). Výživa fosforem ve sledovaném období nesestoupila pod hranici nedostatečnosti, i když v roce 2015 přechodně výrazně poklesly koncentrace tohoto prvku v asimilačním aparátu dubů ošetřených hnojivem. K tomuto jevu došlo, ačkoliv hnojivo fosfor ve své formulaci obsahuje. Přechodné snížení zřejmě souviselo s projevem sorpčních schopností hnojiva v kombinaci s extrémním suchem zhoršujícím příjem živin. V roce 2016 se již koncentrace fosforu

v asimilačním aparátu dubů upravily a v případě Recultanu se 6% podílem draselných solí huminových kyselin se dostaly do optima. Výživa draslíkem byla na stanovišti ve všech variantách v obou letech dostatečná, přičemž v roce 2016 se dostala do optima. V luxusních hodnotách se v roce 2015 bez ohledu na variantu pohybovaly koncentrace vápníku, které se ve srážkově bohatším roce upravily do optimálních hodnot. Hnojivo Recultan na obsah vápníku v asimilačním aparátu dubů nemělo zásadnější vliv. Zajímavý kontrast mezi variantami přineslo srovnání koncentrací listového hořčíku v letech 2015 a 2016. Extrémní sucho během roku 2015 dostalo koncentraci této živiny u všech variant s Recultanem pod úroveň dostatečnosti, i když hnojivo hořčík ve své formulaci obsahuje. Naopak ve srážkově průměrném roce 2016 se přihnojené varianty přiblížily u hořčíku k adekvátním koncentracím v sušině, zatímco kontrola poklesla k deficitu. Koncentrace síry v asimilačním aparátu se mezi variantami ani jednotlivými lety neliší a spíše indikují, že stanoviště není zatížením sírou kontaminováno.



Obr. 2: Obsah živin v listech odrostků dubu letního. Výsadba byla založena na jaře 2012 a přihnojena hnojivy Recultan I, II a III (viz Tab. 1) na jaře 2015 v dávce 50 g ke každému stromku. Fig. 2: Nutrient content in leaves of oak saplings. The plantation was established in spring 2012 and amended with Recultan I, II and III fertilizers (see Tab. 1). Amount of 50 g of fertilizers was applied to each tree.

Na poloprovozním experimentu v lokalitě Hůrka se ukazuje, že hnojivo Recultan má schopnost upravit zásadní problém ve výživě výsadb na rekultivovaném stanovišti po těžbě písku, kterým je nedostatek dusíku. Aplikovaná dávka se ale nezdá být dostatečná. Větší sadební materiál obecně má větší nároky na výživu než menší rostliny. Odrostky nebo poloodrostky mohou být tudíž na chudém stanovišti v prvních několika letech po výsadbě více stresovány nedostatečnou výživou.

Aplikace hnojiva není jedinou cestou k obnovení úrodnosti a kvality stanoviště. Vedle chemické meliorace, která by měla být aplikována cíleně k jednotlivým dřevinám, by se měla výrazněji uplatňovat biologická meliorace za využití přípravných porostů pionýrských dřevin, jako je olše, jeřáb a bříza, které jsou schopny dobře plnit funkce přípravného

porostu a obohacovat stanoviště o cennou organickou hmotu. Velmi účinná se může jevit kombinace biologické a chemické meliorace, kdy se melioranty budou aplikovat k přípravným dřevinám, které jsou schopny na meliorační stimul i ve značně extrémních podmínkách velmi dobře reagovat (KUNEŠ et al. 2006, 2014).

Význam použití poloodrostků a odrostků lze spatřovat především v tom, že umožňují dosáhnout určitého kompozičně strukturního stavu mladého porostu v kratším čase, než jaký by byl potřeba v případě použití pouze sadebního materiálu běžné obchodní dimenze. Kombinací odrostků a poloodrostků s přirozeným zmlazením nebo sadebním materiálem běžné obchodní dimenze lze zakládaný porost již od počátku prostorově diverzifikovat. Je tedy například možné vytvořit dvě korunové úrovně, což je vhodný stav pro míšení stinných a světlomilných dřevin. Pomocí poloodrostků a odrostků lze rovněž vnášet druhovou příměs do již existujícího porostu.

Pokud má porost plnit funkci produkce organické hmoty, která bude formovat půdu stanoviště, splní tuto úlohu podstatně lépe kultury sadebního materiálu pionýrských dřevin obvyklé obchodní velikosti zakládané ve větší hustotě nebo dokonce výsevy těchto dřevin, než výsadby odrostků. Toto tvrzení lze oprít o studie řady autorů zaměřené na pionýrské dřeviny a akumulaci biomasy v jejich porostech (PODRÁZSKÝ, MORAVČÍK 1992; MORAVČÍK 1994; URI et al. 2002; KUNEŠ et al. 2014). Jiná situace může nicméně existovat na extrémních mrazových nebo zabařených lokalitách, kde výška může poskytovat sadebnímu materiálu určitou výhodu, zejména s ohledem na klima přízemní vrstvy.

ZÁVĚR

Ze studií, jejichž součástí je tento příspěvek, vyplývají následující poznatky:

- Nahradit rychle rozpustná hnojiva, která se dosud provozně používají k iniciačnímu hnojení kultur na rekultivovaných stanovištích, vhodnými melioranty s pozvolným výdejem živin. Integrovat do zlepšení živinové bilance biologickou meliorací.
- Kromě standardního sadebního materiálu zařadit ve vhodných situacích do rekultivačního schématu tzv. poloodrostky a odrostky nové generace.
- Ve větší míře zapojit do rekultivačních postupů sukcesí a přirozené zmlazení dřevin, které se na plochách vyskytuje. Sukcesnímu potenciálu přizpůsobit druhové složení uměle vnášených (tj. vysazovaných, příp. vysévaných) dřevin, aby se přirozeně i uměle obnovující dřeviny doplňovaly.
- Při umělé obnově využívat kromě běžných hospodářských druhů rovněž vhodné přípravné a pionýrské dřeviny.
- Respektovat půdní a klimatické parametry stanovišť.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TAČR (TA04021671) s názvem „Zakládání a obnova lesa na rekultivovaných a ekologicky specifických lesních stanovištích za využití poloodrostků a odrostků nové generace“.

LITERATURA

- BERGMANN, W. 1993. Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. 3rd ed. Jena, Gustav Fisher Verlag.
- BURDA, P., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MACHOVIČ, I. 2015. Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 56 s. – Lesnický průvodce č. 3/2015.
- DE VRIES, W., REINDS, G. J., DEELSTRA, H. D., Klap, J. M., VEL, E. M. 1998. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report. Brussels, EC-UN/ECE.
- GALLO, J., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., NOVÁKOVÁ, O., DRURY, M. L. 2014. Occurrence of frost episodes and their dynamics in height gradient above the ground in the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 60 (1): 35–41.
- GEIGER, R. 1950. *The Climate Near the Ground*. Cambridge, Harvard University Printing Office, 482 s.
- KOPINGA, J., VAN DEN BURG, J. 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture*, 21 (1): 17–24.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J. 2006. Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 51 (2): 84–91.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., KOŇASOVÁ, T., ŠPULÁK, O., BALCAR, V., BEDNÁŘOVÁ MILLEROVÁ, K., KACÁLEK, D., JAKL, M., ZAHRADNÍK, D., VÍTÁMVÁS, J., ŠTASTNÁ, J., JAKLOVÁ DYTRTOVÁ, J. 2014. Biomass of Speckled Alder on an Air-Polluted Mountain Site and its Response to Fertilization. *Environmental Management*, 54 (6): 1421–1433.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MILLEROVÁ, K., BALCAR, V. 2011. Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM: 36 s. – Lesnický průvodce č. 9/2011.
- LEHEČKA, J. 2006. Plán rekultivace dobývacího prostoru Planá nad Lužnicí. Blatná, Báňské a měřičské služby, 14 s.
- MARTINŮ, V., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V., KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MACHOVIČ, I., BURDA, P. 2016. Speciální dlouhodobě působící hnojivo s humátem draselným pro využití v lesním hospodářství. Užitečný vzor. Úřad průmyslového vlastnictví. Číslo přihlášky: 2016-32680. Dostupné na: <http://isdv.upv.cz/webapp/webapp.pts.det?xprim=10225906&lan=cs&s_majs=&s_puvo=&s_naze=&s_annot=>, [cit. 20-04-2017].
- MORAVČÍK, P. 1994. Development of new forest stands after a large scale forest decline in the Krušné hory Mountains. *Ecological engineering*, 3: 57–69.
- PODRÁZSKÝ, V., MORAVČÍK, P. 1992. Akumulace živin a biomasy v jeřábových porostech na lokalitě Pomezní boudy v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 29: 123–137
- ŠPULÁK, O. 2009. Příspěvek k poznání teplotních souvislostí prosadeb jehličnatých porostů náhradních dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (Special): 53–61.
- TOLASZ, R. (ed.) 2007. *Atlas podnebí Česka*. Praha a Olomouc, ČHMÚ a Univerzita Palackého, 256 s.
- URI, V., TULLUS, H., LÖHMUS, K. 2002. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned land. *Forest Ecology and Management*, 161: 169–179.
- ÚNMZ 2012. ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Úřad pro normalizaci, metrologii a zkušebnictví.
- VAN MIEGROET, H., JOHNSON, D. W. 2009. Feedbacks and synergism among biogeochemistry, basic ecology, and forest soil science. *Forest Ecology and Management*, 258: 2214–2223.

KVANTITATIVNÍ A KVALITATIVNÍ PARAMETRY DUBU ČERVENÉHO V ARIDNÍCH OBLASTECH ČECH – PŘEDBĚŽNÉ SDĚLENÍ

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTIC OF RED OAK IN DRY REGIONS OF CZECH REPUBLIC

IVO KUPKA, STANISLAV MILTNER

Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6

ABSTRACT

Red oak was originally introduced to Europe mainly for aesthetic reasons, but today it is a tree with a great production potential. One of the reasons for the limitation of its use is, besides legislative constraints by nature conservation, the objection of practitioners that it is a tree that produces lesser quality assortments. That is why, in the arid area of Northwestern Bohemia, the plots of red oak and comparable areas of sessile oak ranging from the youngest stands (17 years) to the mature stands (103 or 159 years) were established. In addition to basic dendrometric parameters (DBH, height), a number of crown and stem quality parameters were evaluated. The results show that even in this area with a markedly low precipitation, red oak shows not only higher volume production (on average 200 m³) but also the same quality of stem and branch thickness. It is therefore desirable to promote its use in silviculture.

Keywords: Red oak, sessile oak, silviculture, volume production, quality production

ABSTRAKT

Dub červený byl původně introdukovan do Evropy zejména z důvodů estetických, dnes je však dřevinou s velkým produkčním potenciálem. Jedním z důvodů omezení jeho použití je vedle legislativního omezení ochranou přírody i námitka praktiků, že je to dřevina, která produkuje méně kvalitní sortimenty. Proto byly v aridní oblasti severozápadních Čech založeny zkusné plochy v porostech dubu červeného a srovnatelné plochy v porostech dubu zimního ve věkovém rozpětí od nejmladších porostů (17 let) až po porosty mýtné (103 resp. 159 let). Vedle základních dendrometrických parametrů (výčetní tloušťka, výška) byla hodnocena řada parametrů kvality koruny a kmene. Výsledky ukazují, že i v této oblasti s výrazně nízkým objemem srážek, vykazuje dub červený nejen vyšší objemovou produkci (v průměru o 200 m³), ale i stejnou kvalitu kmene a tloušťky větví. Je tedy žádoucí podporovat jeho použití v pěstování lesa.

Klíčová slova: Dub červený, dub zimní, pěstování, objemová produkce, kvalita produkce

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Dub červený byl do Evropy introdukovan pravděpodobně v roce 1691 (KUBÁT 2002). Od poloviny dvacátého století se stává významnou introdukovanou dřevinou, Je to dřevina zajímavá nejen z hlediska produkčního, ale i z hlediska fyto-sanitárního, neboť je odolná k trachomykóznímu onemocnění a může tedy být v budoucnu řešením v oblastech, kde domácí duby touto chorobou významně trpí. Podobně jako domácí duby je dřevinou zvyšující stabilitu porostů a proto je dřevinou zpevňující podle české legislativy na přirozených borových stanovištích, ale mohla by být použita i v dalších cílových hospodářských souborech v 1. – 4. vegetačním stupni – zatím tomu však tak není.

Podle posledních údajů z inventarizace lesů zaujímá dub červený v současné době výměru porostní plochy kolem 6 000 ha, což je jen 0,23 % plochy lesů. Celková zásoba této dřeviny je 1 085 000 m³, což představuje 0,16 % zásoby. Věková struktura této dřeviny ukazuje, že byla nejvíce využívána před 45 lety, kdy její 5. věkový stupeň dosahuje výrazně největší výměry. Naopak současný první věkový stupeň zaujímá výměru poloviční oproti starším věkovým stupňům a tvoří jen 20 % pátého tedy plošně největšího stupně. To obráží současné postavení této dřeviny v lesním hospodářství a její účinné blokování ochranou přírody.

Cílem příspěvku je ukázat její produkční potenciál ve srovnání s domácím dubem zimním a zároveň posoudit, zda kvantita produkce není vyvážena nižší kvalitou.

DATA A METODIKA

Základní dendrometrická data byla získána na výzkumných plochách založených paralelně v porostech dubu červeného a dubu zimního. Základní údaje uvádí Tab. 1.

Tab. 1: Přehled výzkumných ploch

Table 1: Basic info on research plots

Dřevina <i>Species</i>	Polesí <i>Forest district</i>	Porost <i>Stand</i>	Věk <i>Age</i>	Lesní typ <i>Site type</i>	Nadm.výška <i>Altitude</i>
DBC	Holedeč	445C1c	17	2K1	219
DBZ	Holedeč	459G1b	17	2S6	219
DBC	Slavětín	341A2c	24	1C2	230
DBZ	Slavětín	341A2b	24	1C2	230
DBC	H. Beřkovice	736A4b	49	1S6	276
DBC	H. Beřkovice	733D5b	50	1K1	297
DBZ	Bud.-Levousy	325A5c	56	2S5	270
DBZ	H. Beřkovice	736A7	73	1S6	275
DBZ	H. Beřkovice	734D11b	111	1S6	280
DBC	Peruc	337B10	103	1S6	300
DBZ	Peruc	338D15	159	1C2	329

Note: DBZ – sessile oak, DBC- red oak

Na všech plochách byla změřena u každého stromu výčetní tloušťka (dvakrát), výška, výška nasazení koruny, půdorys koruny. Data byla vyrovnávána regresní analýzou buď lineární, nebo polynomem vyššího stupně. Pro porovnávání vývoje obou dřevin byla získaná data v porostech různého věku seřazena do quasi růstové řady a vyrovnána Korfovou růstovou funkcí.

$$y = A \exp\left(\frac{k}{1-n} t^{1-n}\right)$$

kde t je věk porostu
 A, k, n parametry funkce

Zároveň byly všechny stromy zařazeny do stromových tříd dle adaptované Kraftovy klasifikace – Tab. 2.

Tab. 2: Stromové třídy pro hodnocení postavení stromů v porostu (adaptované dle Krafta)

Table 2: Tree classes (adapted from Kraft)

Stromová třída/Tree class	Označení/Label
Dominantní stromy s částí koruny nad hlavní korunovou vrstvou <i>Dominant tree (crown is at least partly above main crown layer)</i>	1
Stromy hlavní korunové vrstvy <i>Co-dominant tree (crown belongs to main crown layer)</i>	2
Stromy ustupující nebo vrůstající do hlavní korunové vrstvy <i>Tree outcoming or incoming into main crown layer</i>	3
Stromy potlačené s korunou pod hlavní korunovou vrstvou <i>Suppressed tree (crown under main crown layer)</i>	4
Stromy odumírající či odumřelé <i>Dying trees</i>	5

Tento údaj umožnil vedle celkového porovnávání údajů stanovených z celého stromového inventáře, stanovit parametry stromů první až třetí stromové třídy, které přibližně představují hlavní porost. Tím je umožněno i srovnání základních porostních parametrů, při kterém je minimalizován vliv výchovy.

Kvalitativní údaje byly na zkoumaných plochách posuzovány dle parametrů, převzatých z metodiky, kterou používá VÚLHM Jiloviště-Strnady při hodnocení fenologické a genetické proměnlivosti populací (FRÝDL et al. 2009). Pro potřeby tohoto šetření byly tyto parametry mírně upraveny. Aby byl vyloučen vliv podúrovňových a potlačených stromů, jejichž kvalita je samozřejmě výrazně nižší, byly do celkového hodnocení vzaty v úvahu jen stromy první až třetí stromové třídy.

Posuzování kvality kmene a koruny se dělo podle charakteristik uvedených v Tab. 3.

Další kvalitativní data se týkala točivosti kmene, síly větví a kvality borky. Detaily uvádí Tab. 4.

Celkový zdravotní stav stromů byl posuzován podle jednoduché stupnice uvedené v Tab. 5.

Tab. 3: Kvalitativní hodnocení kmene a koruny

Table 3: Quality evaluation of stem and crown

Tvárnost kmene <i>Stem quality</i>	Označení <i>Label</i>	Kvalita koruny <i>Crown quality</i>	Označení <i>Label</i>
rovný kvalitní kmen <i>straight high quality stem</i>	1	souměrná plně vyvinutá koruna <i>symetrical high quality crown</i>	1
kmen mírně prohnutý v jedné rovině <i>one way bent stem</i>	2	koruna jednostranně deformovaná <i>one side deformed crown</i>	2
esovitě prohnutý kmen <i>sawing stem</i>	3	koruna deformovaná ve více směrech <i>many sides deformed crown</i>	3
kmen prohnutý ve více směrech nebo dvoják <i>twisted stem or doubled</i>	4	nevyvinutá, zploštělá koruna <i>small deformed crown</i>	4
netvárný kmen <i>low quality stem</i>	5	kombinace více negativních faktorů <i>low quality crown</i>	5

Tab. 4: Další kvalitativní údaje pro hodnocení jednotlivých stromů

Table 4: Quality evaluation of trees

Točivost kmene <i>Stem rotation</i>	Označení <i>Label</i>	Tloušťka větvi <i>Branche diameter</i>	Označení <i>Label</i>	Borka <i>Bark</i>	Označení <i>Label</i>
netočitý kmen <i>not rotated stem</i>	1	tenká (<10% tloušťky) <i>thin (<10%DBH)</i>	1	hladká <i>smooth</i>	1
točitý kmen <i>rotated stem</i>	2	střední (<20% tloušťky) <i>middle (<20%DBH)</i>	2	mírně rozbrázděná <i>not smooth</i>	2
		tlustá (>20% tloušťky) <i>thick (>20%DBH)</i>	3	hluboce rozbrázděná <i>rough</i>	3

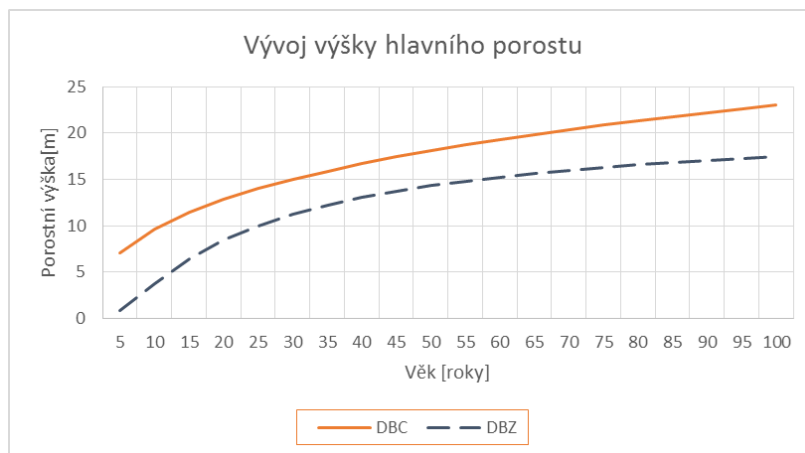
Tab. 5: Hodnocení celkového zdravotního stavu stromu

Table 5: Healthy status of tree

Celkový zdravotní stav <i>Healthy status</i>	Označení <i>Label</i>
zdravý, plně vitální strom <i>healthy vital tree</i>	1
zdravý strom se sníženou vitalitou <i>healthy tree with lower vitality</i>	2
chřadnoucí strom <i>not healthy tree</i>	3
odumřelý či odumírající strom <i>dying tree</i>	4

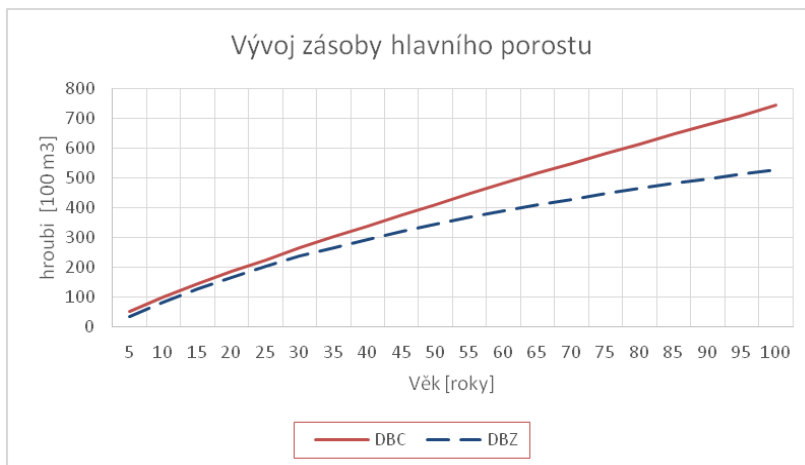
VÝSLEDKY

Výraznou převahu dubu červeného nad dubem zimním ve výškovém růstu ukazuje Obr. 1. Tento rozdíl se projevuje od nejmladších stadií porostu a s rostoucím věkem zůstává konstantní nebo se mírně se zvětšuje.



Obr. 1: Vývoj výšek hlavního porostu (1. až 3. stromové třídy) dubu červeného a dubu zimního na srovnatelných stanovištích

Fig. 1: Stand height of trees belonging to 1.–3. classes for sessile oak and red oak



Obr. 2: Vývoj porostní zásoby (hroubí) hlavního porostu (1.–3. str. třídy) dubu červeného a dubu zimního na srovnatelných stanovištích

Fig. 2: Stand volume of trees belonging to 1.–3. classes for sessile oak and red oak

Podobný vývoj má i zásoba hroubí hlavního porostu (1.-3. stromová třída) – viz Obr. 2. V období tyčkovin a tyčovín jsou si její hodnoty velmi blízké, ale zhruba od věku 40ti let se začíná projevovat větší produkční potenciál dubu červeného a na konci obmýtí rozdíl už představuje více než 200 m³.ha⁻¹.

Kvalita stromů na zkoumaných plochách byla posuzována dle řady parametrů. Aby byl vyloučen vliv podúrovňových a potlačených stromů, jejichž kvalita je obvykle výrazně nižší, byly do celkového hodnocení vzaty v úvahu jen stromy první až třetí stromové třídy – viz Tab. 6.

Tab. 6: Vývoj hodnot jednotlivých parametrů dubu zimního s věkem (1.–3. stromová třída)

Table 6: *Quality parameters development of sessile oak (1.-3. classes)*

Dřevina <i>Species</i>	Věk <i>Age</i>	Zdravotní stav <i>Healthy status</i>	Floušťka větvi <i>Branche diameter</i>	Kvalita koruny <i>Crown quality</i>	Kvalita kmene <i>Stem quality</i>	Točivost kmene <i>Stem rota- tion</i>	Kvalita borky <i>Bark</i>
DBZ	17	1,04	2,29	1,78	3,25	1,21	1,53
DBZ	24	1,15	2,09	1,76	2,62	1,11	1,86
DBZ	56	1,34	1,57	1,97	2,3	1,05	1,89
DBZ	73	1,43	2,16	2,23	2,43	1,03	2,35
DBZ	111	1,63	1,99	2,45	2,40	1,00	2,93
DBZ	159	1,25	2,18	1,67	2,14	1,00	2,96

Poznámka: kvalita je hodnocena od 1 – nejlepší po 3 až 5 jako nejhorší

Note: best quality is labeled 1, worst is labeled 5 or 3

Note: DBZ – sessile oak

Pokud se týká porostů dubu zimního, pak jeho zdravotní kondice se s věkem mírně snižuje od plně vitální do mírně snížené vitality. Naproti tomu kvalita koruny a kmene se vlivem výchovných zásahů s věkem postupně zlepšuje, což svědčí o dobře prováděných výchovných zásadách. Podobně je tomu i s točivostí kmenů, které jsou během probírek odstraňovány, a tím se zlepšuje kvalita porostu. Relativní síla větví se vzhledem k tloušťce kmene během vývoje postupně snižuje, což opět ukazuje na kvalitní výchovu těchto porostů a dobře prováděné probírky, které udržují i podúroveň a zabraňují tvorbě „vlků“.

Podobný vývoj lze zaznamenat i u dubu červeného, byť s malými rozdíly. Zdravotní stav se vyvíjí podobně jako u domácího dubu, naproti tomu se relativní tloušťka větví velmi mírně zvyšuje (Tab. 7).

Ostatní kvalitativní parametry kolísají, ale nevykazují zhoršující se tendenci, což rovněž potvrzuje dobrou péči o existující porosty dubu červeného.

Také vývoj kvality koruny při jejím postupném prodlužování se stoupajícím věkem je u obou dřevin prakticky neměnný a svědčí o dobrém přístupu pěstitele při vyznačování probírek u obou dřevin. Data z experimentálních ploch ukazují na postupné zvyšování kvality kmenů při jejich růstu, tedy opět vliv kvalitativních výchovných zásahů na zlepšování kvality porostu. Také podíl kmenů s točivostí se snižuje s jejich růstem (vztah je statisticky významný) a opět ukazuje na cílevědomé hospodaření s kvalitou porostů.

Tab. 7: Vývoj hodnot jednotlivých kvalitativních parametrů dubu červeného s věkem
 Table 7: *Quality parameters changes within the stand age of red oak*

Dřevina	věk	Zdravotní stav	Tloušťka větví	Kvalita koruny	Kvalita kmene	Točivost kmene	Kvalita borky
DBC	17	1,05	1,72	1,60	2,68	1,05	1,05
DBC	24	1,02	1,79	1,68	2,37	1,02	1,09
DBC	49	1,65	1,71	2,38	2,36	1,00	1,28
DBC	50	1,64	1,89	2,17	1,92	1,05	1,30
DBC	103	1,00	2,02	1,52	1,94	1,00	2,00

Poznámka: kvalita je hodnocena od 1 – nejlepší po 3 až 5 jako nejhorší

Note: best quality is labeled 1, worst is labeled 5 or 3

Note: DBC – red oak

DISKUSE

Jak domácí, tak i zahraniční údaje dokládají vyšší produkci dubu červeného v porovnání s domácími druhy dubů (SEIDEL, KENK 2003; KOUBA, ZAHRADNÍK 2011). Kvantitativní údaje, které uvádí CHROUST (2007), který sledoval vývoj dubu letního na Opočensku pod různými výchovnými postupy, jsou velmi podobné s údaji, které byly zjištěny na našich plochách pro dub zimní. Naproti tomu dub červený na stejném nebo srovnatelném stanovišti vykazuje téměř pětimetrový rozdíl ve výšce hlavního porostu a podobně výkonnější je i v tvorbě porostní zásoby. Zatímco údaje domácího dubu jsou podobné (CHROUST 2007), dub červený na námi sledovaných plochách vykazuje zásobu hroubí o 200 m³ vyšší.

Podobně je tomu i s kvalitou dubu červeného, který nevykazuje horší parametry oproti domácím dubům (GUBKA, SKLENÁR 2006, ŠTEFANČÍK 2011a, TOKÁR 1991). Porosty, kde byly námi sledované plochy, neměly výrazně udržovanou podúroveň tvořenou dalšími dřevinami, což doporučuje řada autorů (např. ŠTEFANČÍK 2011b, SLÁVIK, ŠTEFANČÍK 2015), přesto vykazovaly dostatečnou kvalitu a potvrdily možnost výběru dostatečného počtu cílových stromů.

ZÁVĚR

Dub červený je dřevinou, která vykazuje výrazně vyšší produkční potenciál oproti našim domácím dubům, aniž by se prokázala nižší kvalita této produkce, jak se někdy řada praktických lesníků domnívá. Lze proto tuto dřevinu doporučit k širšímu využití a je na zvážení, zda by v české legislativě nemělo být využití této dřeviny více podporováno. Data získaná na zatím značně omezeném vzorku porostů dubu červeného naznačují, že dub červený se osvědčuje i v aridních oblastech severozápadních Čech.

LITERATURA

- FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., ČÁP, J., BURIÁNEK, V. 2009. Metodické postupy ověřování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin v České republice. *Lesnický průvodce*, 12: 60 s.
- GUBKA, K., SKLENÁR, P. 2006. Porovnanie niektorých znakov struktury duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Mattusch) Liebl.). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 48: s.183-196
- CHROUST, L. 2007. Quality selection in young oak stands. *Journal of Forest Science*, 53: s. 210-221
- KOUBA, J., ZAHRADNÍK, D. 2011. Produkce nejdůležitějších introdukovaných dřevin v ČR podle lesnické statistiky. In: Podrázský, V. (ed.) *Aktuality v pěstování méně častých dřevin v České republice 2011*, Prague, Česká zemědělská univerzita: s. 52-66
- KUBÁT, K. (ed.) 2002. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha, Academia: 927 s.
- SEIDEL, J., KENK, G. 2003. Wachstum und Wertleistung der Eichenarten in Baden-Württemberg. *DerWald*, 1: s. 28-31
- SLÁVIK M, ŠTEFANČÍK I. 2015. Porovnání vybraných kvalitativních znaků kmene dubových porostů při různém vlivu pomocných dřevin. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 61: s. 31-36
- ŠTEFANČÍK, I. 2011a. Structure and development of red oak (*Quercus rubra* L.) stand with different functions. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 57(1): s. 32-41
- ŠTEFANČÍK, I. 2011b. Výsledky výskumu neceloplošnej výchovy dubového porastu z prirodzenej obnovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: s. 255-264
- TOKÁR, F. 1991. Vplyv úrovňových prebierok na objemovú a hmotnostnú produkciu nadzemnej biomasy rôznych typov porastov (*Quercus rubra* L.) a (*Juglans nigra* L.). *Lesn. Čas.*, 37(5): s.349-362

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl díky grantu NAV QJ1530298 Optimalizace využití melioračních a zpevňujících dřevin v lesních porostech.

KONKURENCIA AKO VÝZNAMNÝ FAKTOR OVPLYVŇUJÚCI DREVINOVÉ ZLOŽENIE MLADÍN

COMPETITION AS AN IMPORTANT FACTOR INFLUENCING TREE SPECIES COMPOSITION OF THICKET

MARIANA KÝPEŤOVÁ¹, JOZEF VÝBOŠŤOK², PETER JALOVIAR¹

Katedra pestovania lesa¹, Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie², Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 96023 Zvolen

ABSTRACT

Tree species richness in forest ecosystems provide the diversity of biotopes, stability and resistance against disturbance process. However, the structure of forest stands is formed by competition relationships between tree species. Therefore, the aim of this paper is to describe the relationship between competition and diversity in thickets through the various indices. We used the distance independent competition and diversity indices. The result of our study is positive significant correlation between competition and diversity indices. The competition increases with increasing diversity in mixed thickets. The relationship of diversity and competition represents determinant conflict, which primarily need to be solved in forest management of mixed forests. The mentioned analysis showed that regulation of interspecific competition through the cluster or bio-group method in mixed thicket seems to be appropriate tool of forest management to maintain the diversity till the subsequent growth phases of forest.

Keywords: *thicket, competition indices, diversity indices*

ABSTRAKT

Druhová bohatosť drevinového zloženia v lesných ekosystémoch zabezpečuje rozmanitosť biotopov, stabilitu či odolnosť voči disturbančným procesom. Štruktúra lesných porastov je však formovaná prostredníctvom konkurenčných vzťahov medzi jednotlivými drevinami. Cieľom príspevku je preto popísať vzťah konkurencie a diverzity v porastoch vo fáze mladín prostredníctvom viacerých indexov. Pre zhodnotenie konkurenčných vzťahov a diverzity v zmiešaných mladinách sme použili indexy, ktoré nie sú založené na polohe jednotlivých stromov. Výsledkom práce je štatisticky významná korelácia medzi konkurenčnými a diverzitnými indexami. Čím väčšia je hodnota diverzity, tým väčšia je konkurencia v lesnom poraste. Vzťah diverzity a konkurencie je jedným z hlavných konfliktov, ktoré je potrebné zohľadňovať pri obhospodarovaní zmiešaných porastov. Z uvedených analýz vyplýva, že v rastovej fáze mladín je vhodnejšie eliminovať medzidruhovú konkurenciu a podporovať/zachovať diverzitu skôr v hlúčikovej forme prostredníctvom bioskupín, vďaka ktorým sa pestré drevinové zloženie podarí zachovať aj do ďalších rastových fáz.

Kľúčové slová: *mladina, konkurenčné indexy, diverzitné indexy*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Pestovanie trvalo zmiešaných lesov patrí v súčasnosti medzi výzvy lesného hospodárstva, ktoré je potrebné riešiť vo väzbe na trvalú udržateľnosť obhospodarovania lesov (OZCELIK *et al.* 2008) basal area, stand volume, age, mean stand diameter number of trees, and heterogeneity index. Takéto porasty zabezpečujú rezistenciu voči klimatickým zmenám, podmieňujúcich veľké množstvo faktorov negatívne vplyvujúcich na lesný ekosystém (GAMFELDT *et al.* 2013). Zmiešané, pôvodné lesy sa vyznačujú vysokou rezilienciou voči rôznym druhom škodlivých činiteľov, z ktorých najdôležitejším je v súčasnosti vietor a podkôrný hmyz (JACTEL & BROCKERHOFF 2007). Medzidruhová ako aj vnútrodruhová konkurencia predstavuje významný faktor ovplyvňujúci drevinové zloženie porastu a tým aj možnosť vzniku druhovo bohatých porastovým zmesí (FORRESTER *et al.* 2017) a to predovšetkým v porastoch v rastovej fáze mladín, kedy prebieha intenzívny hrúbkový a výškový rast podmienený rastovým priestorom.

Diverzita porastu (predovšetkým druhová) je považovaná za najvýznamnejší atribút adaptívnosti lesného ekosystému (BALVANERA *et al.* 2006) for the provision of ecosystem services, and for human well being. Experimental evidence for a relationship between biodiversity and ecosystem process rates is compelling, but the issue remains contentious. Here, we present the first rigorous quantitative assessment of this relationship through meta-analysis of experimental work spanning 50 years to June 2004. We analysed 446 measures of biodiversity effects (252 in grasslands. V skutočnosti je počet druhov drevín v lesnom ekosystéme dôležitým ukazovateľom, avšak ani porasty s nízkou diverziou nemusia byť nevyhnutne menej stabilné ani menej adaptabilné ako druhovo bohaté lesy (PUETTMANN *et al.* 2013). Veľmi dôležitým faktorom ovplyvňujúcim adaptabilitu lesného ekosystému je variabilita porastu najmä jeho výšková a hrúbková diverzita, ktorá na druhej strane veľmi často vyplýva z druhovej diverzity, resp. z rozdielnych rastových schopností drevín.

Rastová fáza mladiny je mimoriadne dynamické obdobie života porastu, ktoré je charakteristické kulmináciou výškového prírastku väčšiny autochtónnych drevín. Rýchlosť výškového rastu akceleruje proces autoredukcie a významne podmieňuje vnútrodruhové aj medzidruhové konkurenčné vzťahy. Zaostávanie vo výškovom raste spôsobuje, že v mladinách ponechaných dlhú dobu bez výchovných zásahov dochádza k významnej početnej redukcii konkurenčne slabších, ale hospodársky zaujímavých drevín.

V súčasnosti existuje viacero indexov popisujúcich konkurenciu drevín, ktoré sa vyznačujú rôznou úrovňou prepracovanosti od najjednoduchších cez zložité matematické rovnice charakteristické širokým spektrom vstupných premenných. Cieľom predkladaného príspevku je zhodnotiť vzťah konkurencie a diverzity na príklade porastov vo fáze mladín s rozdielnym drevinovým zložením pomocou viacerých indexov popisujúcich konkurenciu a diverzitu.

MATERIÁL A METODIKA

Analýza konkurenčných vzťahov zmiešaných mladín bola vykonaná v troch dielcoch (Tab. 1) patriacich lesnému subjektu Obecný podnik lesov a služieb Vyšný Medzev (48°45'46.00" N 20°54'30.83" E). Obecné lesy sa rozprestierajú vo východnej časti Slo-

venského Rudohoria v geomorfologickom celku Volovské vrchy. Jednotlivé dielce sú pomerne homogénne z hľadiska polohy, nadmorskej výšky, veku i drevinového zloženia. V každom dielci sme vytýčili kruhové skusné plochy s veľkosťou 1 ár (polomer 5,68 m). Počet skusných plôch bol určený na základe veľkosti skúmaného dielca za účelom zachytenia reprezentatívnej vzorky štruktúry porastu. V dielci 127 sme teda vytvorili 10 skusných plôch (1-10), v dielci 243 bolo 6 plôch (11-16) a v dielci 253 bolo 9 skusných plôch (17-25). Na jednotlivých skusných plochách sme hodnotili drevinové zloženie, početnosť, výšku (h) s presnosťou na cm a hrúbku ($d_{1,3}$) s presnosťou na mm.

Tab. 1: Základná charakteristika výskumných porastov
 Table 1: Basic characteristics of study forest stands

Dielec <i>Forest unit</i>	127	243	253
Vek <i>Age</i>	16 rokov	16 rokov	16 rokov
Nadmorská výška <i>Altitude</i>	780 – 850 m n.m.	775 – 930 m n.m.	740 – 825 m n.m.
Sklon <i>Slope</i>	50%	50%	50%
Expozícia <i>Exposure</i>	J	JV	JZ
Prevádzkový súbor <i>Forest management set</i>	Smrekovo-jedľové bučiny	Bučiny s ihličnanmi	Smrekovo-jedľové bučiny
Drevinové zloženie <i>Tree species composition</i>	BK, JD, SM, BR, JH	BK, BR, JD, JH, SC, SM	BK, SM, JD, BR, SC

Pre zhodnotenie diverzitných a konkurenčných indexov sme vybrali distančne nezávislé indexy. Pre porovnanie sme analyzovali indexy jednoduché vyžadujúce malé množstvo vstupných údajov ale aj zložité indexy, pri ktorých sú vstupné údaje diferencované podľa druhu drevín (napr. C_3 - C_5).

A. Diverzité indexy

1. Index druhovej bohatosti podľa MARGALEFA (1958):

$$D_1 = \frac{m - 1}{\ln(N)}$$

Kde m je počet druhov drevín v poraste a N je počet stromov na hektár.

2. Index druhovej bohatosti podľa MENHINICKA (1964):

$$D_2 = \frac{m}{\sqrt{N}}$$

Kde m je počet druhov drevín v poraste a N je počet stromov na hektár.

3. *Shannonov index (SHANNON & WEAVER 1949):*

$$-\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$
$$p_i = \frac{M_i}{M}$$

Kde: p_i je pravdepodobnosť výskytu i -tého druhu v spoločenstve
 M_i je počet jedincov i -tého druhu v spoločenstve
 M počet všetkých jedincov v spoločenstve.

4. *Simpsonov index (SIMPSON 1949):*

$$D_4 = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Kde p_i je pravdepodobnosť výskytu i -tého druhu v spoločenstve, pričom:

$$p_i = \frac{M_i}{M}$$

5. *Index druhovej bohatosti podľa HILLA (1973):*

$$D_5 = m$$

Kde m je počet druhov drevín v spoločenstve.

B. Konkurenčné indexy

1. *Počet stromov na ha*

$$C_1 = N$$

Počet stromov na hektár je významný faktor popisujúci štruktúru lesného porastu. Lesné stromy rastú pomerne blízko pri sebe a ich počet na jednotku plochy je primárne kontrolovaný veľkosťou stromu a síce čím väčšie dimenzie stromu, tým menší počet stromov (ZEIDE 1995).

2. *Konkurenčné indexy podľa kolektívu autorov FORRESTER et al. (2017)*

$$C_2 = \sum_{i=1}^n ba_i$$

Kde ba_i je kruhová základňa dreviny i (m^2), n je počet stromov danej dreviny na ploche.

$$C_3 = \sum_{i=1}^n ba_i \times \rho_j$$

Kde ba_i je kruhová základňa dreviny i (m^2), n je počet stromov danej dreviny na ploche a ρ_j je hustota dreva danej dreviny j ($g.cm^{-3}$) podľa (ZANNE et al. 2009).

$$C_4 = \sum_{i=1}^n d_i^2 \times h_i \times \rho_j$$

Kde d je hrúbka dreviny i (m^2), h je výška dreviny, n je počet stromov danej dreviny na ploche a ρ_j je hustota dreva danej dreviny j ($g.cm^{-3}$) podľa (ZANNE *et al.* 2009).

$$C_5 = \sum_{i=1}^n d_i^2 \times h_i \times \text{Shade tolerance}_j$$

Kde ba_i je kruhová základňa dreviny i (m^2), n je počet stromov danej dreviny na ploche, d je hrúbka dreviny i (m^2), h je výška dreviny a Shade tolerance_j je hodnota tieň znášateľnosti dreviny j podľa (NIINEMETS & VALLADARES 2006).

3. Reinekeho index hustoty porastu SDI (REINEKE 1933):

$$C_6 = SDI = N \left(\frac{25}{d_g} \right)^{-1.605}$$

Kde N je teoretický počet stromov na hektár, ak kvadratický priemer hrúbok d_g v poraste je rovný 25 cm (SHAW 2006).

4. Konkurenčný index podľa kolektívu autorov WYKOFF *et al.* (1982)

$$C_7 = \left(\sum_{j=1}^n (\pi \times d_{maxj}^2) / 4 \right) = BAL$$

Kde BAL (basal area of the largest tree) je kruhová základňa najväčšieho stromu na ploche, d je maximálna hrúbka dreviny j na ploche, n je počet stromov danej dreviny.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Štruktúra lesného porastu je určujúca pre stanovenie optimálneho spôsobu obhospodarovania každého porastu. Pod štruktúrou porastu sa najčastejšie rozumie spôsob, akým sú v rámci lesného porastu distribuované posudzované znaky jednotlivých stromov. Medzi štruktúrou porastu a procesmi prebiehajúcimi v poraste, pestovné zásahy nevynímajúc, existuje významná reciprocita (GADOW *et al.* 2012). Štruktúra a diverzita sú teda z hľadiska pestovania lesa významné charakteristiky porastu, ale ich popis je nepomerne komplikovanejší, ako jednorozmerný opis porastových veličín (stredné hodnoty taxačných veličín, rozdelenie hodnôt a podobne; tab. 2).

Tab. 2: Priemerné hodnoty (\pm stredné chyby) základných popisných charakteristík skúmaných dielcov

Table 2: Average (\pm standard error) values of basic characteristics (height, diameter, number and basal area) of study forest stands

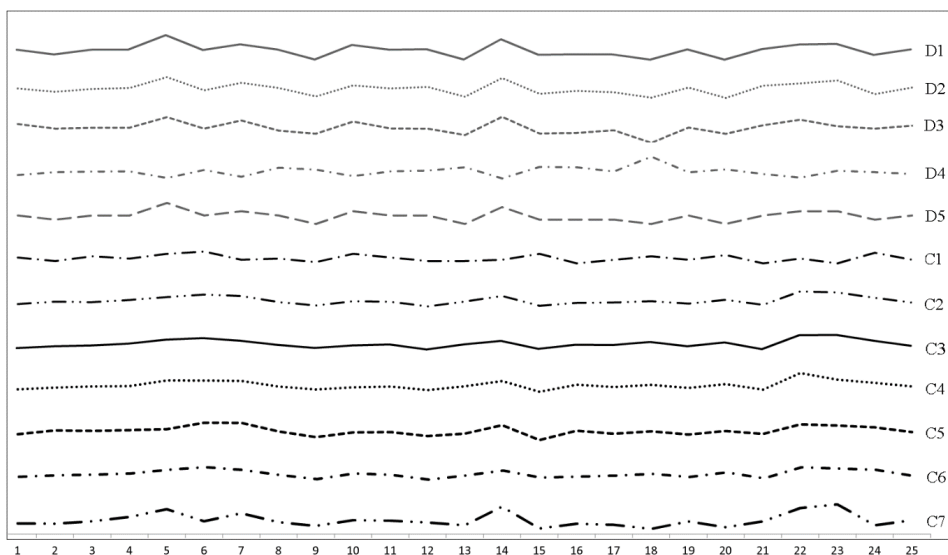
Dielec	Výška	Hrúbka	Počet	Kruhová základňa
<i>Forest unit</i>	<i>Height [m]</i>	<i>Diameter [cm]</i>	<i>Number [N.ha⁻¹]</i>	<i>Basal area [m².ha⁻¹]</i>
127	3,8 \pm 0,036	5,07 \pm 0,061	2010 \pm 91,226	4,17 \pm 0,226
243	3,7 \pm 0,051	5,01 \pm 0,101	1833 \pm 114,503	3,77 \pm 0,31
253	3,8 \pm 0,04	5,29 \pm 0,088	1888 \pm 100,615	4,34 \pm 0,326

Indexy diverzity (obr. 1), ktoré boli v tejto práci použité na popis konkurencie a diverzity sú charakteristické podobným priebehom krivky popisujúcej diverzitu v rámci skúmaných plôch. Zistila sa tiež štatisticky významná korelácia medzi indexami konkurencie a indexami diverzity. Index diverzity D_4 má inverzný priebeh krivky, čo vyplýva zo spôsobu výpočtu indexu, do ktorého vstupuje funkcia logaritmus.

Konkurenčné indexy C_1 až C_6 sa prejavujú pomerne nízkou variabilitou hodnôt. V porovnaní s nimi má konkurenčný index C_7 podľa WYKOFFA *et al.* (1982) trend najviac približujúci sa k priebehu diverzity indexov. Čím väčšia je hodnota diverzity na jednotlivých plochách, tým väčšia je hodnota konkurenčného indexu C_7 , a naopak, čo je potvrdené aj štatistickou analýzou ($R=0,807^*$). Tým, že tento index nepriamo zohľadňuje počet drevín v poraste (jeho hodnota je suma kruhových základní najhrubších jedincov každého druhu) predstavuje nepriamo aj mieru diverzity v poraste.

Vzťah diverzity a konkurencie predstavuje z hľadiska pestovania lesa jeden zo základných konfliktov, ktoré rieši odborný hospodár. Na jednej strane existuje odôvodnená snaha formovať porasty s vysokou druhovou diverzitou, priestorovou heterogenitou a variabilitou základných dendrometrických parametrov (O'HARA 2014). Takéto porasty predstavujú východisko pre tvorbu a obhospodarovanie v systéme trvalo rôznovekých porastov. Na druhej strane je výchova druhovo diferencovaných porastov s variabilnou štruktúrou komplikovanou záležitosťou, pretože ekologické nároky jednotlivých drevín sú zvyčajne veľmi rozdielne a nevhodný spôsob výchovy vedie k úplnej strate drevín z porastovej zmesi (SANIGA *et al.* 2011).

Z hľadiska zachovania diverzity v mladine sa s ohľadom na dynamiku výškového rastu ako najschodnejšia cesta ukazuje udržanie jednotlivých druhov drevín vo forme maloplošného hlúčikovitého zmiešania. Takýto spôsob na jednej strane eliminuje medzidruhovú konkurenciu vo vnútri bioskupiny a následne zjednodušuje prispôbenie pestovných opatrení nárokom jednej dreviny, na druhej strane umožňuje zachovanie viacerých druhov drevín v rámci malého plošného rámca pre výchovu v neskorších rastových fázach.



Obr. 1: Priebeh vývoja diverzitných (D_1 - D_5) a konkurenčných indexov (C_1 - C_7) v rámci sledovaných plôch (os x)

Fig. 1: Trend of diversity (D_1 - D_5) and competition (C_1 - C_7) indices in the study stand plots

ZÁVER

Na základe analýzy vychádzajúcej z porovnania konkurenčných a diverzitných indexov je možné povedať, že vzťah druhovej diverzity a konkurencie je v listnatých mladinách do značnej miery antagonistický. Jednotlivé zmiešanie nie je pre trvalé zachovanie všetkých zúčastnených drevín optimálnym riešením. V záujme zachovania druhovej diverzity v porastoch vo vyšších rastových fázach, v ktorých už udržanie jednotlivého zmiešania nie je problematické, ale naopak žiaduce, je v mladine potrebné minimalizovať medzidruhovú konkurenciu. Vhodným spôsobom na dosiahnutie takéhoto cieľa hospodárenia je zameranie čistiek v mladinách na formovanie rovnorodých bioskupín a prispôbiť silu zásahov nárokom dominujúcej dreviny.

LITERATÚRA

- BALVANERA, P., PFISTERER, A.B., BUCHMANN, N., HE, J.S., NAKASHIZUKA, T., RAFFAELLI, D., SCHMID, B. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, 9, 1146–1156.
- FORRESTER, D.I., BENNETER, A., BOURIAUD, O. 2017. Diversity and competition influence tree allometric relationships - developing functions for mixed-species forests. *Journal of Ecology*, 105, 761–774.
- GADOW, K. VON, ZHANG, C.Y., WEHENKEL, C., POMMERENING, A., CORRAL-RIVAS, J., KOROL, M., MYKLUSH, S., HUI, G.Y., KIVISTE, A., ZHAO, X.H. 2012. Forest Structure and Diversity. *Continuous cover forestry*. Pukkala T, Gadow K. (Eds.), pp. 29–83. Springer.
- GAMFELDT, L., SNALL, T., BAGCHI, R., JONSSON, M., GUSTAFSSON, L., KJELLANDER, P., RUIZ-JAEN, M.C., FROBERG, M., STENDAHL, J., PHILIPSON, C.D., MIKUSINSKI, G., ANDERSSON, E., WESTER-

- LUND, B., ANDREN, H., MOBERG, F., MOEN, J., BENGTSSON, J. 2013. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications*, 4, 1340.
- HILL, M.O. 1973. Diversity and Evenness : A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54, 427–432.
- JACTEL, H., BROCKERHOFF, E.G. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecology Letters*, 10, 835–848.
- MARGALEF, R.D. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3, 36–71.
- MENHINICK, E.F. 1964. *A Comparison of Some Species-Individuals Diversity Indices Applied to Samples of Field Insects*.
- NIINEMETS, Ü., VALLADARES, F. 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate northern hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs*, 76, 521–547.
- O'HARA, K. 2014. *Multiaged Silviculture: Managing for Complex Forest Stand Structures*. Oxford University Press, USA.
- OZCELIK, R., GUL, A.U., MERGANIC, J., MERGANICOVA, K. 2008. Tree species diversity and its relationship to stand parameters and geomorphology features in the eastern Black sea region forests of turkey. *Journal of Environmental Biology*, 29, 291–298.
- PUETTSMANN, K.J., MESSIER, C., COATES, K.D. 2013. Introductory concepts and applications. *Managing forests as complex adaptive systems: Building resilience to the challenge of global change*. C. Messier, KJ Puettmann, DK Coates (Eds.), First edit, pp. 3–16. Routledge, New York, NY.
- REINEKE, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46, 627–638.
- SANIGA, M., BALANDA, M., KUCBEL, S. & JALOVIAR, P. 2011. Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. *Polish Journal of Ecology*, 59, 699–708.
- SHANNON, C.E., WEAVER, W. 1949. The mathematical theory of information.
- SHAW, J.D. 2006. Reineke's stand density index: Where are we and where do we go from here? *Society of American Foresters 2005 National Convention.*, p. 13. Bethesda, US.
- SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- WYKOFF, R.W., CROOKSTON, N.L., STAGE, A.R. 1982. *User's Guide to the Stand Prognosis Model*. Ogden, US.
- ZANNE, A., LOPEZ-GONZALEZ, G., COOMES, D., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S., MILLER, R., SWENSON, N., WIEMANN, M., CHAVE, J. 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*.
- ZEIDE, B. 1995. A relationship between size of trees and their number. *Forest Ecology and Management*, 72, 265–272.

Pod'akovanie

Práca vznikla s podporou z grantových prostriedkov VEGA 1/0492/17.

**PROSPERITA VÝSADEB SMRKU ZTEPILÉHO TŘÍDĚNÉHO VE ŠKOLCE PŘED
VÝSADBOU V OBLASTI S VYSOKÝMI DEPOZICEMI DUSÍKU**

**PERFORMANCE OF YOUNG NORWAY SPRUCE PLANTATIONS SORTED
IN THE NURSERY PRIOR TO PLANTING IN REGION AFFECTED
BY HIGH DEPOSITION OF NITROGEN**

JAN LEUGNER, JARMILA MARTINOVÁ, ANTONÍN JURÁSEK, EVELÍNA ERBANOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice v Opočně

ABSTRACT

A high deposition of nitrogen compounds threatens the stability of the stands and consequently affects the fulfillment of forest functions in mountainous locations over long time. One of the potential options for limiting the negative impact of nitrogen in mountain localities is to use slowly growing spruce seedlings from the nursery for artificial renewal. The first results of the experiment are in line with previous experience with the growth of mountain spruce populations, when the originally slower-growing seedlings showed the best growth and health status after being planted in mountain conditions. On the basis of these results, it is still possible to hypothesize that one of the options to reduce the negative impact of nitrogen in mountain climates lies in the artificial restoration of slowly-growing spruce trees from the nursery.

Key words: mountain population, Norway spruce, high deposition of nitrogen

ABSTRAKT

Vysoká zátěž sloučeninami dusíku dlouhodobě ohrožuje stabilitu porostů a následně i plnění funkcí lesa ve vyšších a horských polohách. Jednou z potenciálních možností omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy jsou pro umělou obnovu využívány ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku ztepilého. První výsledky experimentu jsou v souladu s předchozími zkušenostmi s růstem horských populací smrku ztepilého, kdy původně pomaleji rostoucí semenáčky po výsadbě do horských podmínek vykazovaly nejlepší růst a zdravotní stav. Na základě těchto výsledků lze nadále počítat s hypotézou, že jednou z možností pro omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy jsou pro umělou obnovu využívány ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku.

Klíčová slova: horské populace, smrk ztepilý, vysoké depozice dusíku

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vysoká zátěž sloučeninami dusíku dlouhodobě vede k ohrožování stability porostů a následně i k plnění funkcí lesa ve vyšších a horských polohách. Jednou z nejzatíženějších lesních oblastí v České republice jsou Orlické hory (HRUŠKA et al. 2003, FOTTOVÁ 2003). Kde je zátěž depozicí dusíku vysoká, akumuluje se dusík v lesním ekosystému a časem negativně ovlivňuje prostředí (LUNDBORG 1997, PETERJOHN et al. 1999). V sou-

časné literatuře se vyskytují značně rozdílné názory, jak využít potenciál pěstebních zásahů na snížení dopadu zátěže dusíkem na produkční i mimoprodukční funkce lesa v závislosti na stanovištních a porostních podmínkách (DE VRIES et al. 2009, KREUTZER et al. 2009). Současné návrhy předpokládají zejména rozdílné formy odstraňování biomasy, volbu dřevinné skladby a pěstební zásahy (LUNDBORG 1997, MUND et al. 2002).

Jednou z potenciálních možností omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy jsou pro umělou obnovu využíváni ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku ztepilého. Předchozí výzkum (LEUGNER et al. 2013) potvrdil skutečnost, že semenáčky původem z vyšších horských poloh mají odlišnou dynamiku růstu než semenáčky z nižších poloh – již začátkem července ukončují délkový růst a vytvářejí terminální pupeny, a to i v příznivých růstových podmínkách (například ve fóliových krytech). Vzhledem k jejich výrazné výškové variabilitě je po prvním růstovém období na záhonech významný podíl (až 50%) malých jedinců, často jen s děložními lístky a terminálním pupenem. Tato variabilita je dána geneticky a nelze ji „odstranit“ intenzitou pěstebních opatření a hnojením. Na základě dlouhodobého výzkumu bylo prokázáno, že semenáčky horských smrků pomalu rostoucí v juvenilní fázi, představují nejcennější část populací. Jde o rostliny s tzv. „klimaxovou strategií růstu“, které jsou nejlépe přizpůsobeny pro dlouhodobý růst v extrémních horských podmínkách (JURÁSEK et al. 2007). Koresponduje to s obdobnými poznatky řady autorů o tom, že výška nadzemní části smrkových semenáčků klesá se stoupající nadmořskou výškou původu (MODRZYŃSKI 1995; KOTRLA 1998). Za jednu z příčin je považována skutečnost, že v procesu adaptace k nepříznivějším podmínkám horského prostředí získávají populace smrku vyšší odolnost na úkor růstu (MODRZYŃSKI 1995; OLEKSYN et al. 1998). Menší výška semenáčů smrku horského původu souvisí i s distribucí většího podílu asimilátů do kořenů na úkor nadzemních částí (OLEKSYN et al. 1998), a tím i s lépe vyvinutými kořenovými systémy u semenáčků horských populací (LEHOTSKÝ 1970) a vyšším poměrem kořenů k nadzemním částem (MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002).

Cílem příspěvku je hodnocení růstu mladých kultur smrku ztepilého, založených v oblasti s vysokou zátěží depozicí dusíku (Orlické hory), specificky tříděným sadebním materiálem s důrazem na jedince s pomalým juvenilním růstem.

MATERIÁL A METODIKA

V roce 2015 byla založena série výzkumných ploch (VP), které byly rozmístěny v 7. lesním vegetačním stupni v oblasti Orlických hor s vysokou depozicí NO_3 a NH_4 . Celkem byly založeny čtyři dílčí plochy (tab. 1). Na každé ploše byl použit sadební materiál smrku ztepilého, který byl během pěstování ve školce (před školkováním semenáčků) rozříděn dle intenzity růstu v juvenilní fázi. Zvláštní pozornost byla věnována pomalurostoucím semenáčkům. Pro výsadbu byl tak použit sadební materiál z různých horských zdrojů rozříděný do tří velikostních kategorií. Na všechny VP byly použity všechny horské zdroje, pro potřeby této práce byly porovnávány pouze varianty vytvořené tříděním (zahrnující všechny oblasti zdrojů). Tyto varianty byly rozříděny na základě výšky dvouletých semenáčků („malé“ 6 – 10 cm, „střední“ 11 – 16 cm, „velké“ ≥ 17 cm). Pěstební vzorce sadebního materiálu byly u variant „velké“ a „střední“ f2+2, varianta „malé“ byla na VP vysazena až na podzim s pěstebním vzorcem f2+3. Z tohoto důvodu chybí ve výsledcích u varianty „malé“ přírůst z roku 2015. Tyto základní varianty byly dále doplněny běžným

provozním materiálem – prostokořenným (pěstební vzorec 2+2) ze dvou různých školek a obalovaným sadebním materiálem (RCK – pěstební vzorec 2+2+k1).

Tab. 1: Základní charakteristika výzkumných ploch (VP) pro hodnocení prosperity sadebního materiálu smrku ztepilého vytříděného v lesních školkách podle intenzity růstu

Table 1: Basic characteristics of research plots to assess the prosperity of the plant material Norway spruce sorted in forest nurseries by growth intensity of seedlings

Výzkumná plocha <i>Research plot</i>	Nadmořská výška <i>Altitude</i>	SLT <i>Forest type</i>
Ostružník	980	7K
Zelená cesta	920	7K
Jeronymka	990	7K
Bunkrovka	900	7S

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vyhodnocení růstových parametrů bylo v roce 2016 provedeno pro jednotlivé varianty vzniklé tříděním dvouletých semenáčků (varianty „malé“, „střední“ a „velké“), se kterými byl dále porovnáván sadební materiál vypěstovaný standardním postupem v provozních školkách.

Růstové charakteristiky smrků na VP Ostružník, která se nachází v hřebenové partii Orlických hor, jsou znázorněny na obr. 1.

Na VP Ostružník byl, zaznamenám velmi dobrý růst varianty „malé“, u které byl vyhodnocen dynamický výškový a tloušťkový přírůst ve srovnání s ostatními variantami. Postupně se tedy snižuje počáteční rozdíl ve velikosti sazenic. Podobné výsledky byly zjištěny také na VP Zelená cesta (obr. 2), která také reprezentuje relativně extrémní lokalitu poblíž hřebene Orlických hor.

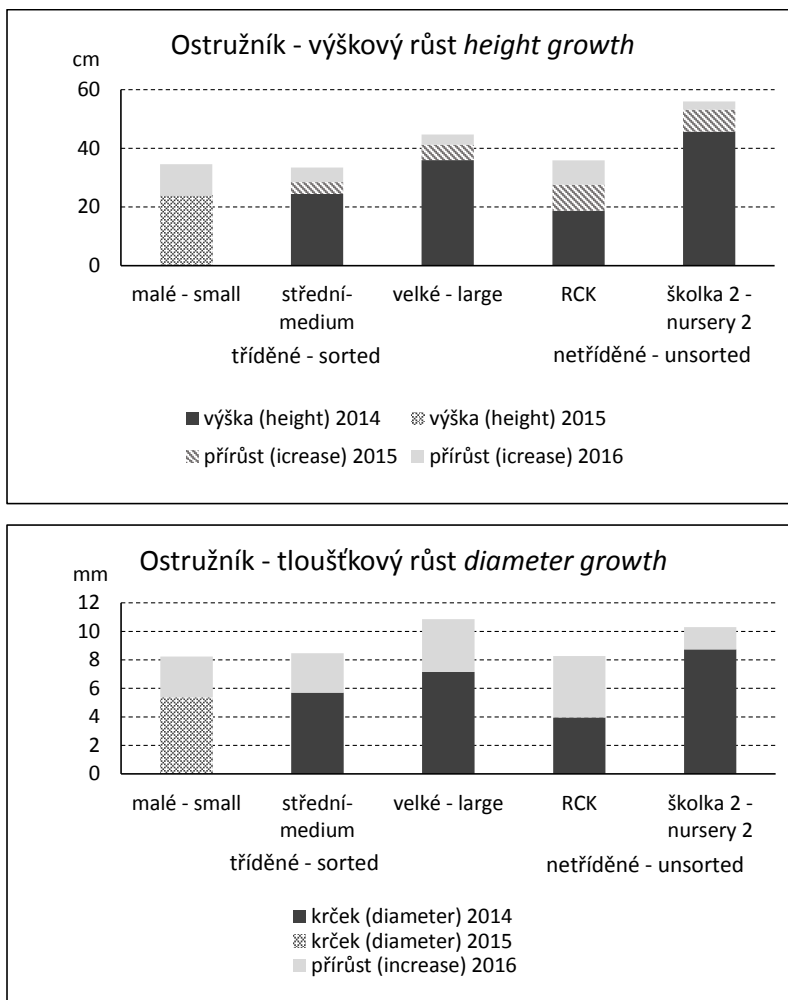
Další hodnocenou výsadbou byla VP Jeronymka. Na této ploše byl také zjištěn vyšší přírůst u stromků ve variantě „malé“, který byl výrazně odlišný od všech ostatních variant. Na této ploše se jednalo především o výškový přírůst, rozdíly v tloušťkovém přírůstu byly minimální (obr. 3)

Nejintenzivnější přírůst všech variant byl zaznamenán na VP Bunkrovka (obr. 4). Tento fakt je pravděpodobně způsoben příznivějšími mikroklimatickými a stanovištními podmínkami, protože tato plocha je kryta ze všech stran dospělým buko-smrkovým porostem. Na této ploše je rozdíl v přírůstu varianty „malé“ proti ostatním variantám nejmenší.

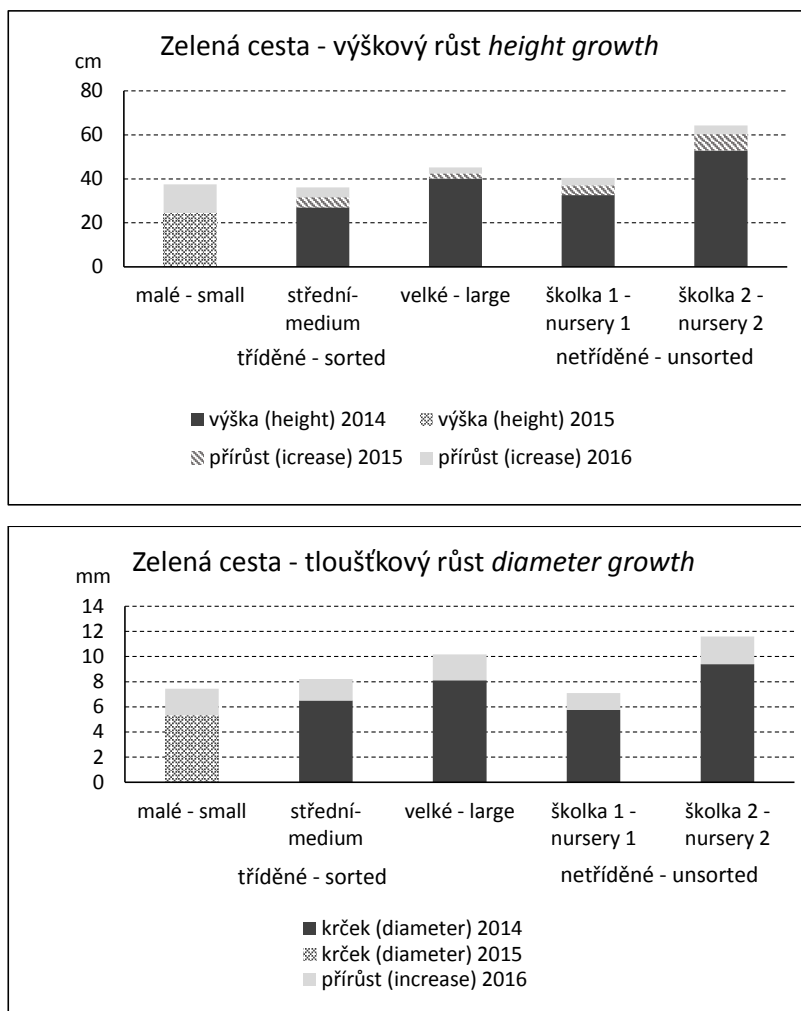
Růst jedinců smrku s různou intenzitou růstu v juvenilní fázi je na výzkumných plochách sledován prozatím pouze dva roky, přesto již výsledky naznačují rozdíly v růstu mezi jednotlivými variantami. Původně nejmenší sazenice varianty „malé“ svým intenzivním růstem dorůstají původně větší sazenice ostatních variant.

Z hodnocení růstových parametrů je patrná výborná dynamika růstu stromů pocházejících ze semenáčků s pomalým růstem ve školce („malé“). Rozdíly v přírůstu se prohlubují se zhoršujícími se stanovištními podmínkami. Tyto výsledky tak potvrzují poznatky publikované více autory, jež zmiňují vyšší odolnost jedinců s pomalejším růstem v podmínkách extrémních horských lokalit (LANG 1989; OLEKSYN et al. 1998; SIMPSON 1994; HAWKINS, SHEWAN 2000; WESTIN et al. 2000; MODRZYŃSKI, ERIKSSON 2002). Rychlý růst a větší ve-

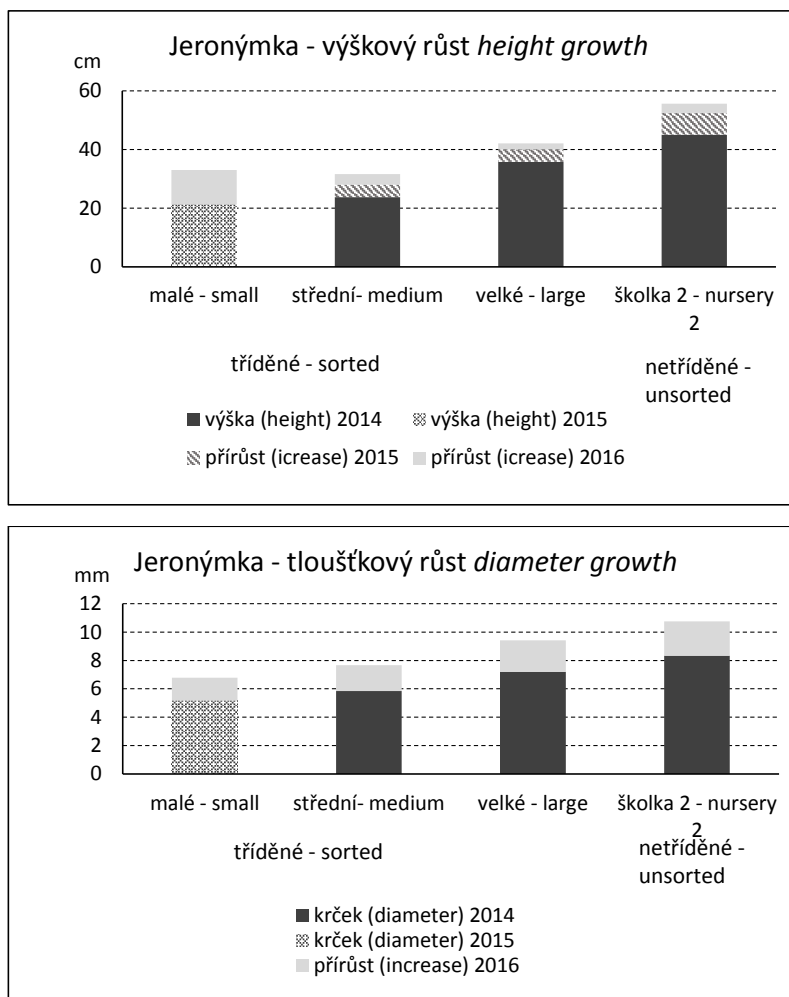
likost sazenic se může jevit jako výhoda z hlediska vyšší konkurenceschopnosti a zvýšení krátkodobých šancí na užití. Znamená však snížené investice do obrany, nižší hustotu dřeva a mechanickou pevnost, zvýšený hydraulický odpor, stejně jako problémy s regulací růstu v období stresu, což všechno dohromady může vést ke snížení životnosti (BIGLER, VEBLEN 2009). Důležité tedy bude až dlouhodobé sledování zaměřené také na zdravotní stav. Výsledky získané ze starších výsadeb založených podobným způsobem naznačují, že jedinci varianty „malé“ vykazují ve výsadbách v nepříznivých horských podmínkách nejlepší zdravotní stav a také nejlepší parametry statické stability.



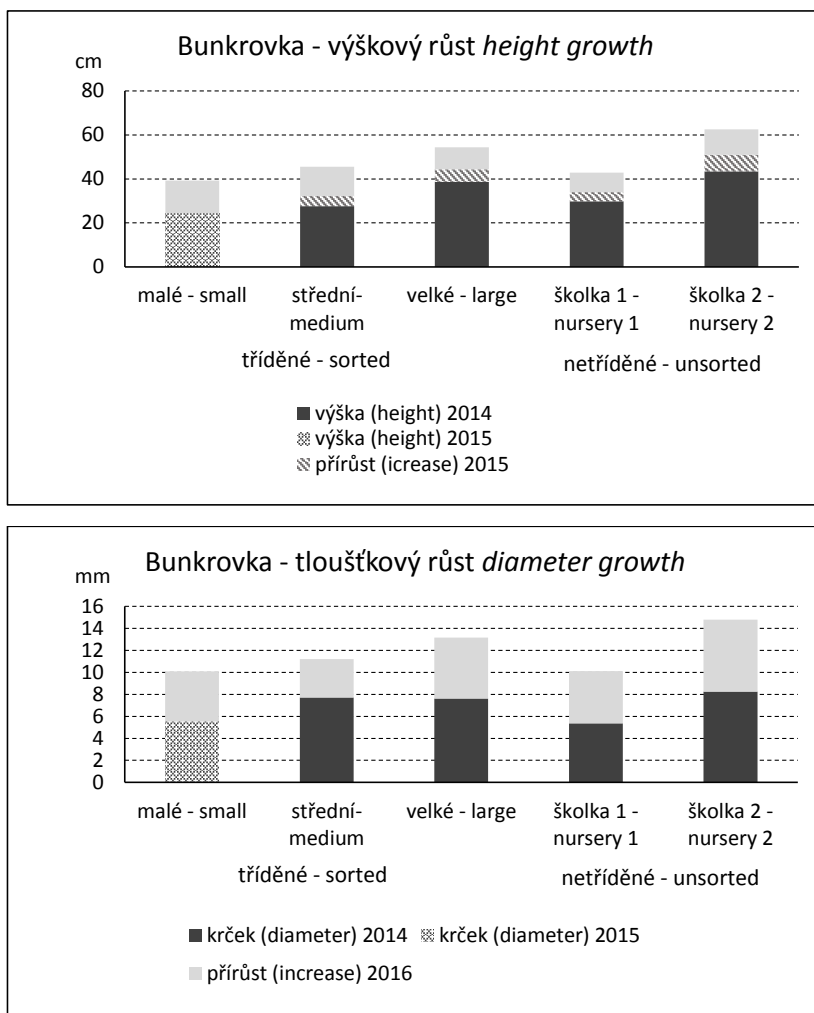
Obr. 1: Růstové charakteristiky mladé kultury smrku na VP Ostružník
 Fig. 1: Growth characteristics of young spruce planting at RP Ostružník



Obr. 2: Růstové charakteristiky mladé kultury smrku na VP Zelená cesta
 Fig. 2: Growth characteristics of young spruce planting at RP Zelená cesta



Obr. 3: Růstové charakteristiky mladé kultury smrku na VP Jeronýmka
 Fig. 3: Growth characteristics of young spruce planting at RP Jeronýmka



Obr. 4: Růstové charakteristiky mladé kultury smrku na VP Bunkrovka
 Fig. 4: Growth characteristics of young spruce planting at RP Bunkrovka

ZÁVĚRY

Prozatímní výsledky experimentu jsou v souladu s předchozími zkušenostmi s růstem horských populací smrku ztepilého, kdy původně pomaleji rostoucí semenáčky smrku po výsadbě do horských podmínek vykazovaly nejlepší růst a zdravotní stav. Na základě těchto výsledků lze nadále počítat s hypotézou, že jednou z možností pro omezení negativního vlivu dusíku v horských polohách je postup, kdy jsou pro umělou obnovu využíváni ve školce pomalu rostoucí jedinci smrku. Lze předpokládat, že případné rozdíly v růstu a odolnosti k nepříznivým horským podmínkám se projeví až v delším časovém horizontu, především při výskytu různých klimatických či jiných extrémů.

LITERATURA

- DE VRIES, W., SOLBERG, S., DOBBERTIN, M., STERBA, H., LAUBHANN, D., VAN OIJEN, M., EVANS, C., GUNDERSEN, P., KROS, J., WAMELINK, G. W. W., REINDS, G. J., SUTTON, M. A. 2009. The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration by European forests and heathlands. *Forest Ecology and Management*, 258 (8): s. 1814-1823.
- FOTTOVÁ, D. 2003. Trends in sulphur and nitrogen deposition fluxes in the GEOMON network, Czech Republic, between 1994 and 2000. *Water, Air, and Soil Pollution*, 150 (1/4): s. 73-87.
- HAWKINS, C. D. B., SHEWAN, K. B. 2000. Frost hardiness, height, and dormancy of 15 short-day, nursery-treated interior spruce seed lots. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: s. 1096-1105.
- HRUŠKA, J., HOFMEISTER, J., KREJČÍ, R. 2003. Odhad rychlosti regenerace acidifikovaných půd a povrchových vod v Orlických horách jako východisko pro strategická rozhodnutí v oblasti péče o lesy (VaV/620/3/01). Praha, Česká geologická služba 2003. 99 s.
- JURÁSEK, A., LEUGNER, J., MARTINOVÁ, J. 2007. Specifika pěstování a využití sadebního materiálu smrku ztepilého *Picea abies* (L.) KARST. pro horské oblasti. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 27 s. Recenzované metodiky pro praxi. *Lesnický průvodce 2/2007*.
- KOTRLA, P. 1998. Uchování a reprodukce genofondu původních populací smrku 8. lesního vegetačního stupně v Hrubém Jeseníku a Králickém Sněžníku. Disertační práce. Brno, MZLU. 139 s.
- KREUTZER, K., BUTTERBACH-BAHL K, RENNENBERG H, PAPAN H. 2009. The complete nitrogen cycle of an N-saturated spruce forest ecosystem. *Plant Biology*, 11 (5): s. 643-649.
- LANG, H. - P. 1989. Risks arising from the reduction of the genetic variability of some Alpine Norway spruce provenances by size grading. *Forestry Supplement*, 62: s. 49-52.
- LEUGNER, J., JURÁSEK, A., MARTINOVÁ, J. 2013. Vliv původu a třídění semen smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) na kvalitu osiva a dynamiku růstu semenáčků. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (2): s. 167-175.
- LUNDBORG, A. 1997. Reducing the nitrogen load: whole-tree harvesting. *Ambio*, 26 (6): s. 387-393.
- MODRZYŃSKI, J. 1995. Altitudinal adaptation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) progenies indicates small role of introduced populations in the Karkonosze mountains. *Silvae Genetica*, 44: s. 70-75.
- MODRZYŃSKI, J., ERIKSSON, G. 2002. Response of *Picea abies* populations from elevational transects in the Polish Sudety and Carpathian mountains to simulated drought stress. *Forest Ecology and Management*, 165: s. 105-116.
- MUND, M., KUMMETZ, E., HEIN, M., BAUER, G. A., SCHULZE, E. D. 2002. Growth and carbon stocks of a spruce forest chronosequence in central Europe. *Forest Ecology and Management*, 171 (3): s. 275-296.
- OLEKSYN, J., MODRZYŃSKI, J., TJOELKER, M. G., ZYTKOWIAK, R., REICH, P. B., KAROLEWSKI, P. 1998. Growth physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology*, 12: s. 573-590.
- PETERJOHN, W. T., FOSTER, C. J., CHRIST, M. J., ADAMS, M. B. 1999. Patterns of nitrogen availability within a forested watershed exhibiting symptoms of nitrogen saturation. *Forest Ecology and Management*, 119: s. 247-257.
- SIMPSON, D. G. 1994. Seasonal and geographic origin effects on cold hardiness of white spruce buds, foliage, and stems. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: s. 1066-1070.
- WESTIN, J., SUNBLAD, L. G., STRAND, M., HÄLLGREN, J. E. 2000. Phenotypic differences between natural and selected populations of *Picea abies*. I. Frost hardiness. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15: s. 489-499.

Poděkování

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151) a z prostředků projektu NAZV KUS QJ1520291: Pěstební opatření na podporu odolnosti lesních porostů vůči vlivům zvýšených depozic dusíku.

GENETICKÉ RIZIKÁ V CYKLE PRODUKČIE LESNÉHO REPRODUKČNÉHO MATERIÁLU NA PRÍKLADE UZNANÉHO PORASTU A SADENÍC JEDLE BIELEJ

GENETIC RISKS IN THE PRODUCTION OF FOREST REPRODUCTIVE MATERIAL – EXAMPLE OF A SEED STAND AND SEEDLINGS OF SILVER FIR

RÓBERT ONDREJČÍK¹⁾, DIANA KRAJMEROVÁ²⁾, ROMAN LONGAUER^{1,3)}

¹⁾ Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno

²⁾ Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

³⁾ Národné lesnícke centrum, T.G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

ABSTRAKT

Na príklade uznaného porastu pre zber semien a sadeníc, ktoré sú jeho potomstvom, analyzujeme populačno-genetické dôsledky obmedzenej veľkosti zdroja semien, počtu stromov, z ktorých sa semeno zbiera a veľkosťného triedenia sadeníc. V analýze sme vychádzali z genotypov 108 jedincov jedle v 15 lokusoch mikrosatelitnej DNA. Celková bohatosť genetickej výbavy (multiplicita) zdrojového porastu a oddielu sadeníc sa nelíšila. Sadenice však genofond materského porastu reprodukovali len na 80% a ich genetická diverzita bola nižšia o 20%. Pri vzájomnom porovnaní súborov sadeníc nadpriemernej a podpriemernej veľkosti sa slabšie rastúce sadenice vyznačovali až 25% mierou ochudobnenia genofondu a genofond materského porastu reprodukovali len na 68%. V materskom poraste aj sadenicích bola pozorovaná heterozygotnosť výrazne nižšia ako očakávaná, čo poukazuje na prítomnosť inbrídingu (spríbuznenosť) v rodičovskej generácii a aj v ich potomstve.

Kľúčové slová: uznaný porast, sadenice, mikrosatelitné DNA markéry, genofond, genetický posun

ABSTRACT

In the present study, we analyze population-genetic effects of a limited seed stand size, limited number of seed parents and size-based sorting of nursery-grown seedlings. For this purpose, we determined genotypes of 108 individuals of silver fir in 15 microsatellite DNA. The size of the gene pool (genetic multiplicity) in the seed stand and their progeny represented by nursery seedlings were quite similar. The gene pool of seedlings reproduced only 80% of alleles present in the parental seed stand, however, and their genetic diversity was lower by 20%. In the subset of substandard (smaller-than-average) seedlings, we revealed a considerably larger reduction of genetic multiplicity (25%) and lower rate of reproduction of the gene pool of the seed stand (68%). Besides, the observed heterozygosity was obviously lower than the expected one in the source seed stand and seedlings, which indicate the inbreeding in both parental trees and their progeny.

Key words: seed stand, planting stock, microsatellite DNA markers, gene pool, genetic drift

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Priamymi aj nepriamymi zásahmi počas niekoľkých generácií lesa v historickom období človek ovplyvnil genofond lesných drevín v strednej Európe porovnateľne ako prírodné faktory pôsobiace počas neporovnateľne dlhšieho poľadového obdobia. Odliesňovanie viedlo k fragmentácii lesných porastov a zániku mnohých populácií jednotlivých drevín. Na to nadviazala reprodukčná izolácia, aj keď len čiastočná, nakoľko väčšina lesných drevín mierneho pásma je vetroopelivá a vietor je ich peľ schopný preniesť na veľké vzdialenosti.

Jedľa biela je viac ako typickým príkladom dopadov priameho a nepriameho vplyvu ľudskej činnosti na lesné dreviny. Jej dnešný výskyt v stredo európskych lesoch je malým zlomkom pôvodného zastúpenia, ktoré napr. v ČR, SR alebo južnej polovici Nemecka dosahovalo 15 až 20% (viď. HANČINSKÝ 1988, ŠINDELÁŘ 1993. V Česku, juhozápadnom Poľsku, Sasku a Durínsku dnes táto drevina najčastejšie prežíva len v menších či väčších skupinách stromov. Tie nemôžu reprodukovať genofond v plnej šírke (viď pravdepodobnostný model GREGORIUS 1980 a GÖMÖRY *et al.* 1998), ale obhospodarovatelia lesov vrátane správ národných parkov sa ich napriek tomu snažia využívať ako zdroje lesného reprodukčného materiálu.

Umelá obnova lesa, u ihličnanov bežná od polovice 19. storočia, môže viesť k závažným zmenám v genofonde a následne aj vo vlastnostiach výsadiieb zakladaných porastov. Zo Slovenska, ČR a Nemecka je zdokumentovaný rad závažných odchýlok v genofonde kultúrnych porastov jedle alebo smreka oproti porastom, ktoré vznikli prirodzenou obnovou (GÖMÖRY 1992; LONGAUER *et al.* 2002, KONNERT a BEHM 1999, LONGAUER *et al.* 2002). Sú predovšetkým dôsledkom genetického posunu (drift) spôsobeného získavaním semien z obmedzeného počtu materských stromov. K zmenám v genofonde však môže viesť aj nevyrovnané kvitnutie a plodenie stromov (KONNERT, BEHM 1999; GÖMÖRY *et al.* 2003). Hrozba nežiadúcich a neočakávaných zmien vlastností zakladaných porastov narastá pri kombinácii genetického driftu s umelým výberom pri zbere semien z najplodnejších stromov bez ohľadu na ich vonkajšiu (fenotypovú) kvalitu a zdravotný stav.

Naším cieľom bolo na reálnom príklade jedle bielej zistiť, do akej miery ovplyvňuje reprodukciu genofondu malá veľkosť materského porastu, nízky počet stromov, z ktorých sa zbiera semeno a veľkostné triedenie sadeníc.

MATERIÁL A METODIKA

Genetické charakteristiky materského porastu a jeho potomstva sme odvodili z genotypov 108 dospelých jedlí materského porastu a sadeníc, ktoré sú ich potomstvom. V materskom poraste, ktorý je v platnom LHP zdrojom semien pre kategóriu lesného reprodukčného materiálu „identifikovaný“ (v predošlom LHP bol uznaným porastom), sme určili genotypy všetkých 38 dospelých jedlí. V oddiele 5-ročných sadeníc pestovaných v škôlkárskom stredisku Svinošice Lesů města Brna, ktoré sú potomstvom uvedeného porastu, sme genotypy určili vo výberovom súbore 70 jedincov. Pozostával z 35 párov susediacich sadeníc, z ktorých jedna bola nadpriemernej a druhá podpriemernej veľkosti. Dvojice boli vybrané rovnomerne po ploche záhona celkovej dĺžky približne 50 m.

DNA každého jedinca sme extrahovali z 2-3 ihlič podľa protokolu DOYLE & DOYLE (1987), upraveného pre malé množstvá východzieho materiálu. Z izolovanej DNA sme polymerázovou reťazovou reakciou (PCR) zmnožili (amplifikovali) úseky DNA 15 mikrosatelitných DNA markérov:

- 10 markérov vyvinutých pre *Abies alba* (CREMER et al. 2006),
- 4 markérov vyvinutých pre *Abies nordmanniana* (HANSEN et al. 2005) a
- 1 markéra vyvinutého pre *Abies guatemalensis* (RASMUSSEN et al. 2008).

Na amplifikáciu DNA sme použili 3 multiplexné reakčné zmesi s primermi pre viaceré markéry a 1 singleplexná zmes. Produkty PCR boli separované kapilárnou elektroforézou v genetickom analyzátoe ABI3130 a genotypy boli následne určené pomocou programu GeneMapper 4.0. Analýzy DNA sa uskutočnili na Katedre fytológie Technickej univerzity vo Zvolene.

HODNOTENIE GENETICKEJ VARIABILITY

Genofond zdrojového uznaného porastu a jeho potomstva sme porovnávali:

- v genetickej multiplicitě (bohatosti) charakterizovanej celkovým počtom alel vo všetkých 15 lokusoch, a priemerným počtom alel na lokus,
- v genetickej diverzite charakterizovanej efektívnym počtom alel (KIMURA a CROW 1964), ktorá zohľadňuje aj vyrovnanosť zastúpenia alel.
- v pozorovanej a očakávanej heterozygotnosti podľa NEIA (1973).

Pre výpočty základných charakteristík genetickej variability bol použitý program PopGene 1.32 (YEH et al. 1987).

VÝSLEDKY

V bohatosti genofondu (genetickej multiplicitě) sa zdrojový porast a sadenice prakticky nelíšili. Z celkového počtu alel nájdených v sadenicích však z materského porastu pochádzalo len 112 a zvyšok priniesol peľ otcovských jedincov z okolia. Oddiel sadeníc teda reprodukuje genofond materského porastu len na 83 %.

Zistili sme, že mieru reprodukcie genofondu by mimoriadne silne ovplyvnilo veľkostné triedenie sadeníc, ktoré je v lesných škôlkach bežnou praxou. V prípade zalesňovania sadenicami podpriemernej výšky by sa bohatosť genofondu jedle v porovnaní s materským porastom znížila na 79 % a miera reprodukcie genofondu materského porastu by bola 68 % (do ďalšej generácie lesa by sa v 15 hodnotených lokusoch prenieslo len 92 zo 135 alel materského porastu).

Tab. 1: Celkové počty alel v 15 lokusoch mikrosatelitnej DNA v zdrojovom (materskom) poraste, a oddiele sadeníc rozdelenom na podsúbor sadeníc nadpriemerného a podpriemerného vzrastu (n – veľkosť výberového súboru)

Table 1: Total number of alleles in 15 loci of microsatellite DNA in the source seed stand and its progeny subdivided into the superior and substandard nursery seedlings (n – sample size)

	n	AB15	NFF3	NFF7	NFH15	NFH3	SF1	SF239	SF324	SF331	SF333	SF50	SF78	SFb4	SFb5	SFg6	Celkový počet alel / z toho alely zo zdroj. porastu All alleles / only alleles originating from seed stand
Zdrojový porast Source seed stand	38	9	8	15	10	25	3	8	3	4	6	5	15	13	6	4	135/135
Sadenice spolu Seedlings together	70	8	8	13	9	18	2	5	4	5	6	7	14	13	6	5	136/112
– podpriem. vzrastu – substandard seedl.	35	8	7	11	12	15	2	2	2	2	6	6	12	10	6	5	106/92
– nadpriem. vzrastu – superior seedl.	35	8	8	13	9	18	2	5	4	5	4	7	14	12	6	5	130/112

Tab. 2: Priemerný počet alel na lokus a genetická diverzita (efektívny počet alel na lokus) v zdrojovom uznanom poraste a jeho potomstve rozdelenom na sadenice podpriemerného a nadpriemerného vzrastu

Table 2: Mean number of alleles per locus and genetic diversity (effective number of alleles per locus) in the source approved stand and its progeny subdivided into the sets of superior and substandard nursery seedlings

Lokus Locus	Zdrojový porast Seed stand		Potomstvo – Progeny			
	n_a	n_e	– podpriem. vzrastu / substandard seedlings		– nadpriem. vzrastu superior seedlings	
	n_a	n_e	n_a	n_e	n_a	n_e
AB15	9	5.08	8	3.51	8	4.46
NFF3	8	4.59	7	4.31	8	4.21
NFF7	15	7.13	11	6.03	13	7.51
NFH15	10	5.45	12	4.34	9	4.37
NFH3	25	13.75	15	4.90	18	7.49
SF1	3	1.85	2	1.65	2	1.65
SF239	8	2.10	2	1.32	5	2.12
SF324	3	1.81	2	1.62	4	1.94
SF331	4	1.41	2	1.19	5	1.54
SF333	6	3.86	6	2.56	4	3.35
SF50	6	3.99	6	4.30	7	5.93
SF78	15	8.10	12	7.56	14	8.34
SFb4	13	6.65	10	5.61	12	6.55
SFb5	6	3.40	6	3.74	6	4.24
SFg6	4	2.10	5	2.69	5	2.45
Priemer Mean	9	4.75	7	3.69	8	4.41

Genetická diverzita (n_e) popri bohatosti genofondu zohľadňuje aj vyrovnanosť frekvencií alel v jednotlivých lokusoch. V tejto charakteristike sa rovnako ako pri multiplicitate najvyššou hodnotou vyznačoval materský porast a najnižšou súbor výskovo podpriemer-

ných sadeníc (Tab. 2). Aj keď rozdiely nie sú štatisticky významné, v 4 z 15 analyzovaných lokusov bola genetická diverzita materského porastu oproti podpriemerným sadeniciam vyššia o viac ako 25%, pričom v jednom prípade (NFH3) bol tento rozdiel viac ako dvojnásobný. Pokles počtu alel a zmeny frekvencií alel (tie neprezentujeme z dôvodu rozsahu) u sadeníc podpriemerného vzhľadu teda nie sú len dôsledkom zberu semien z obmedzeného počtu jedincov, ale aj selekcie veľkostným triedením sadeníc.

Priemerná pozorovaná a očakávaná heterozygotnosť zdrojového porastu a súborov sadeníc nadpriemerného aj podpriemerného vzhľadu nadobudli podobné hodnoty (Tabuľka 3). Sadenice nadpriemerného vzhľadu sa síce vyznačovali vyššou pozorovanou heterozygotnosťou v 11 z 15 lokusov, výsledok znamienkového testu (sign test) bol nevýznamný ($P = 0,12$). V štyroch lokusoch hodnoty heterozygotnosti rástli od sadeníc podpriemerného vzhľadu cez sadenice nadpriemerné až po zdrojový porast. Tento jav by mohol byť výsledkom selekcie v prospech heterozygotnejších jedincov s vyšším podielom génových lokusov s rozdielnymi alelami („vlohami“).

Vo všetkých troch hodnotených súboroch bola pozorovaná heterozygotnosť zjavne nižšia ako očakávaná, ktorá by sa pri daných alelických frekvenciách dosiahla náhodným krížením. Po overení t-testom bol rozdiel hodnôt pozorovanej a očakávanej heterozygotnosti štatisticky významný ($P = 0,03$ a $0,01$), u sadeníc podpriemerného vzhľadu sa k prahu významnosti priblížil ($P=0,07$). Do úvahy tu pripadajú dve vysvetlenia. Prvým je výskyt nedetekovaných „nulových“ alel, čo je u mikrosatelitných DNA markérov metodický problém. Druhým je príbuzenské kríženie, produktom ktorého sú už jedince tvoriace zdrojový porast. Medzigeneračne pritom zostal rozdiel medzi priemernou pozorovanou a očakávanou heterozygotnosťou na približne rovnakej úrovni.

Tab. 3: Heterozygotnosť v zdrojovom uznanom poraste a jeho potomstve rozdelenom na súbory sadeníc podpriemerného a nadpriemerného vzhľadu.

Table 3: Heterozygosity of the source seed stand and its progeny represented by the superior and substandard size seedlings.

Lokus <i>Locus</i>	Zdrojový uznaný porast <i>Source seed stand</i>		Potomstvo – Progeny			
	H_o	H_e	– podpriem. vzhľadu – <i>substandard seedlings</i>		– nadpriem. vzhľadu – <i>superior seedlings</i>	
	H_o	H_e	H_o	H_e	H_o	H_e
AB15	0.69	0.80	0.66	0.71	0.74	0.78
NFF3	0.76	0.78	0.80	0.77	0.76	0.76
NFF7	0.89	0.86	0.86	0.83	0.91	0.87
NFH15	0.46	0.82	0.44	0.77	0.33	0.77
NFH3	0.87	0.93	0.89	0.79	0.89	0.87
SF1	0.42	0.46	0.31	0.40	0.37	0.40
SF239	0.22	0.53	0.23	0.24	0.20	0.53
SF324	0.35	0.45	0.33	0.38	0.41	0.49
SF331	0.29	0.29	0.18	0.16	0.31	0.35
SF333	0.58	0.74	0.54	0.61	0.49	0.70
SF50	0.08	0.75	0.14	0.77	0.00	0.83
SF78	0.81	0.88	0.85	0.87	0.79	0.88
SFb4	0.87	0.85	0.51	0.82	0.50	0.85
SFb5	0.35	0.71	0.41	0.73	0.37	0.76
SFg6	0.14	0.52	0.36	0.63	0.26	0.59
Priemer Mean	0.52	0.69	0.50	0.63	0.49	0.69

ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Súčasnú zastúpenosť jedle je vo väčšine krajín strednej Európy len malým zbytkom pôvodného výskytu. Vo veľkej časti Českého masívu, v juhozápadnom Poľsku, Sasku a Durínsku drevina často prežíva v skupinách veľkosti desiatok až niekoľko stoviek stromov, z ktorých žiadna nemôže uchovať genofond pôvodných regionálnych populácií v plnej šírke. Izolácia takýchto skupín by nemala byť problémom, nakoľko jedľa je vetroopelivá a jej peľ môže vietor prenášať na veľké vzdialenosti. V publikácii Szata roslinna Polski (Szafer (ed., 1958) Šrodoň a kol. peľovou analýzou rašelinísk doložili prenos peľu jedle zo severných predhorí Karpát na vzdialenosť 80-150 kilometrov. Nami hodnotený zdrojový porast, tvorený len 38 dospelými jedincami, je príkladom príliš malého zdroja semien. Napriek tomu, že jedľa sa roztrúsene - s podielom niekoľko percent – vyskytuje aj v jeho okolí. Porovnaním populačno-genetických charakteristík zdrojového porastu s 5-ročnými sadenicami jedle, ktoré sú jeho potomstvom, sme zistili:

- **Obmedzenú reprodukciu genofondu v oddiele sadeníc, spôsobeného malým počtom stromov, z ktorých bolo v materskom poraste zozbierané semeno na ich dopestovanie.** Po zohľadnení alel pochádzajúcich z jedincov (peľových rodičov) zo širšieho okolia dosiahla miera reprodukcie genofondu zdrojového porastu len 80%. Sadenice podpriemerného vzhľadu sa oproti materskému porastu vyznačovali aj nižšou genetickou diverzitou.
- **Riziko závažného ochudobnenia genofondu v prípade veľkostného triedenia sadeníc:** Sadenice podpriemerného vzhľadu sa oproti zdrojovému porastu vyznačovali o 25% nižším celkovým počtom alel, pričom jeho genofond reprodukovali len na 68%. Ich genetická diverzita bol nižšia až o 30%.
- **Prítok génov peľom zo širšieho okolia znižuje riziko ochudobnenia genofondu spôsobeného „malosťou“ materského porastu:** Genofond sadeníc obohatilo až 24 (t.j. jednu pätinu celkového počtu) alel pochádzajúcich zo stromov mimo materský porast. Vysoký podiel takýchto alel v sadenicách dokladá, že semenný zdroj tvorený 38 stromami je príliš malý na uchovanie genofondu miestnej populácie v plnej šírke. Navyše v ňom jednotlivé stromy prispievajú k reprodukcii genofondu rôznou mierou kvôli rôznej veľkosti korún a rozdielnej vitalite.
- **Spríbuzenosť stromov v materskom poraste a aj v jeho potomstve:** Nižšie hodnoty priemernej pozorovanej heterozygotnosti oproti očakávanej svedčia o spríbuzenosti stromov materského porastu aj sadeníc.

Nami prezentovaná práca je len príkladom dôsledkov dopadov genetického posunu (driftu). Prípadné zovšeobecnenie si samozrejme vyžaduje viacero podobných porovnaní, najlepšie na viacerých drevinách. Zmeny v štruktúre genofondu medzi zdrojovými porastami a ich potomstvom (sadenicami) sú však nevyhnutným dôsledkom zberu semien alebo odberu častí rastlín na vegetatívne množenie z obmedzeného počtu stromov.

Ako opatrenie proti výrazným zmenám genofondu sa podľa legislatívy SR semeno 7 hlavných drevín, ku ktorým patrí aj jedľa biela, musí naraz zbierať v uznaných porastoch z aspoň 20 stromov alebo z 10 výberových stromov. U drevín, ktoré nepatria k hlavným, sa v uznanom poraste alebo semennom zdroji vyžaduje zber semien z najmenej 10 stromov. Podobné požiadavky pre hlavné aj ostatné dreviny platia v Nemecku, Rakúsku či Slovinsku.

V ČR však minimálny počet materských stromov legislatíva určuje len pre smrek obyčajný, borovicu lesnú, smrekovec, buk, dub letný a zimný. Ich selektovaný reprodukčný materiál musí byť v rámci jedného zberu získaný z aspoň 20 stromov. Pri buku, dube letnom a zimnom, kde sa pripúšťa aj kategória „identifikovaný“, musia byť bukvice a žalude získané z aspoň 10 stromov. Na ostatné dreviny, medzi ktoré patrí aj jedľa biela, sa podobná požiadavka nevzťahuje. Semeno na dopestovanie ľubovoľne veľkého počtu sadeníc môže byť v ich prípade zozbierané hoci z jediného stromu. Čím je však počet semenných rodičov nižší, tým silnejšie sú prejavy genetického driftu: ochudobnenie genofondu, zmenšenie fenotypovej premenlivosti a často aj prenos nežiadúcich fenotypových znakov do ďalšej generácie lesa.

- 1) Na zamedzenie negatívnych dôsledkov zúženia genofondu doporučujeme **minimálny počet materských stromov pri zbere semien potrebné záväzne určiť nielen hlavné dreviny**. Prinajmenšom pre dreviny, z ktorých sa v lesných škôlkach pestujú väčšie oddiely sadeníc ako jedľa biela, duglaska, javory, jasene, menej časté taxóny duba, prípadne aj topole.
- 2) **Zamedzenie zberu semien z malých zbytkových porastov a skupín stromov je osobitne dôležitým predpokladom udržanie bohatosti genofondu jedle bielej**. Platí to najmä v prípade obnovy jej pôvodného zastúpenia vo väčšom meradle, ako napríklad v Bavorsku alebo južnom Poľsku, kde je cieľom obnovenie jej 15 až 20% podielu v drevinovom zložení o.i. ako opatrenie kompenzujúce úbytok smreka v dôsledku klimatickej zmeny.
- 3) Pri umelej obnove oddielmi sadeníc dopestovaných zo semena zozbieraného v malých a izolovaných semenných zdrojoch dochádza aj k spríbuzneniu jedincov, ktoré zakladané porasty tvoria. **Efektívnou prevenciou inbrídingu je vytvorenie dostatočne veľkých syntetických zdrojov reprodukčného materiálu – semenných sádov alebo semenných porastov – z vrúbľovancov resp. potomstiev nepríbuzných rodičovských stromov**. V Porýní–Falcku, kde podobne ako v ČR podiel jedle poklesol na malý zlomok pôvodného zastúpenia, boli pre jej reštitúciu založené klonové semenné sady, z ktorých každý tvoria vrúbľovance cca 100 jedincov reprezentujúcich rozsiahly súbor porastov a skupín stromov.

LITERATÚRA

- GLAUBITZ J.C., 2004: CONVERT: A user-friendly program to reformat diploid genotypic data for commonly used population genetic software packages. *Molecular Ecology Notes* 4: 309-310.
- GÖMÖRY, D., 1991: Effect of stand origin on the genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* KARST.) populations. *Forest Ecology and Management* 54:215–223.
- GÖMÖRY, D., PAULE, L., LONGAUER, R., 1998. Dopady umelej obnovy na genetickú štruktúru populácií lesných drevín. In: Ilavský, J. (ed.): *Ekologické obhospodarovanie lesov pre ich nepretržitý rozvoj*. Zborník referátov. LVÚ Zvolen, p. 117-120.
- GREGORIUS, H.-R., 1980: The probability of losing an allele when diploid genotypes are sampled. *Biometrics* 23: 643-652.
- HANČINSKÝ, L., 1988: Die Weisstanne (*Abies alba* MILL.) in der Slowakei. In: PAULE, L., KORPEL, Š (eds.): 5. IUFRO Tannensymposium. Hochschule für Forstwirtschaft und Holztechnologie Zvolen, s. 283-290.

- KONNERT, M., 1993: Untersuchungen zum Einfluss genetischer Faktoren auf die Schädigung der Weißtanne. *Forstwissenschaftliche Centralblatt* 112: 20-26.
- KONNERT, M., BEHM, A., 1999: Genetische strukturen einer Saatgutpartie – Einflußfaktoren und Einflußmöglichkeiten. *Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch. Ökol.* 33(4): 152-156.
- LONGAUER, R., FOFFOVÁ, E., 2012: Genetika. In: KULLA, L., SITKOVÁ, Z. (eds.): Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania. Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Uniprint P. Bystrica, s. 44-86.
- LONGAUER, R., PRUS-GLOWACKI, W., GÖMÖRY, D., PAULE, L., WOJNICKA-POLTORAK, K., SZARO, R.C., KARNOSKY, D.F., 2002: Effects of Stand Origin on Genetic Pools of Norway spruce and European Silver Fir. In: Effects of Air Pollution on Forest Health and Biodiversity in Forests of the Carpathian Mountains. *NATO Science Series. Series I: Life and Behavioural Sciences* 345: 214-221.
- PACALAJ, M., GÖMÖRY, D., LONGAUER, R., 2012: Modelovanie dopadov prirodzenej a umelej obnovy na genetickú štruktúru. 2. Čistý jedľový porast. *Lesnícky časopis – Forestry Journal* 57(4):251-260.
- PACALAJ, M., GÖMÖRY, D., LONGAUER, R., 2011: Modelovanie dopadov prirodzenej a umelej obnovy na genetickú štruktúru. 1. Nezmiešaný smrekový porast. *Lesnícky časopis – Forestry Journal* 57(2):96-112.
- ŠINDELÁŘ, J., 1994: Perspektivy jedle bělokoré v lesním hospodářství České republiky. In: KRAJŇÁKOVÁ, J., LONGAUER, R. (eds.): Šľachtenie lesných drevín v meniacich sa podmienkach prostredia. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 75-81.
- SZAFER, W. (ed.), 1959: Szata roślinna Polski – opracowanie zbiorowe. Tom I. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 586 s.
- YEH, F. C., YANG, R. C., BOYLE, T. B. J., YE, Z.-H., MAO, J. X., 1997: POPGENE, The User Friendly Software for Population Genetic Analysis. University of Alberta Edmonton, Molecular Biology and Biotechnology Centre, College of Agriculture, Department of Forestry. 608 pp.

PodĎakovanie

Práca vznikla s podporou projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV 0135-12 „Adaptívny genetický potenciál populácií lesných drevín v kontexte klimatických zmien“

POTENCIÁL BŘÍZY K HODNOTOVÉ PRODUKCI V SUKCESNÍCH POROSTECH NA SEVERNÍ MORAVĚ

POTENTIAL OF SILVER BIRCH FOR THE PRODUCTION OF HIGH-QUALITY TIMBER WITHIN STANDS NATURALLY REGENERATED BY SUCCESSION PROCESSES IN THE REGION OF NORTH MORAVIA

ANTONÍN MARTINÍK¹, JAN KREJZA², ZDENĚK ADAMEC³

¹ Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, Brno, 61300;

² Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělídla 986/4a, Brno, 603 00;

³ Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky, Zemědělská 3, Brno, 61300

ABSTRACT

Topic of the article is potential of silver birch for the production of high-quality timber within stands naturally regenerated by succession processes in the region of North Moravia. Silvicultural management and stand density are analysed in the forest stands about 15 years old on rich soils in beech forest vegetation zone. Birch trees characteristics are determined according to Schädelin and French tree classifications. Stand density (only trees higher than 2 metres) of naturally regenerated trees was 3 800 – 10 700 per hectare. Species composition of birch (according to basal area) was higher than 90 % in all analysed stands. The number of perspective trees (A according to French classification) was significantly less than 1 000 per hectare only in one of seven analysed stands. As convenient silvicultural management can be recommended repeated treatments with light intensity for the support of perspective A trees in the stand.

Keywords: birch, succession, high-quality timber, silvicultural treatment

ABSTRAKT

Článek se zabývá potenciálem břízy k hodnotové produkci v sukcesních porostech na území severní Moravy. Analyzována je hustota a pěstební charakteristiky porostu, resp. dřevin v asi 15 letých porostech na živném stanovišti 4. lesního vegetačního stupně. Pěstební vlastnosti bříz jsou hodnoceny Schädelinovou klasifikační stupnicí, která je pro potřeby vyhodnocení transformována na stupnici Francouzskou. Početnost dřevin (+2 m výšky) z přirozené obnovy se v porostech pohybovala od 3 800 – 10 700 ks/ha. Zastoupení břízy dle výčetní základny nepokleslo pod 90 %. Pouze v jednom ze sedmi porostů byl počet nadějných stromů (A dle Francouzské stupnice) výrazně pod 1 000 ks/ha. Z pěstebníh hlediska lze doporučit opakované jemné zásahy na podporu vybraných A stromů.

Klíčová slova: bříza, sukcese, vysoce hodnotné dříví, pěstební opatření

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Přesto, že je břiza bělokorá (*Betula pendula* Roth.) třetí nejrozšířenější listnatou dřevinou v České republice (MZE 2016), její hospodářské využití je zanedbatelné. Důvodem je preference tradičního holosečného (smrkového) hospodářství, při němž bylo často na břizu pohlíženo jako na dřevinu plevelnou (LOKVENEC, CHROUST 1987). V současnosti probíhající klimatické změny spojené s chřadnutím a rozpadem smrkových porostů vedou k úvahám o širším využití pionýrských dřevin, a tedy i břízy (KULLA SITKOVÁ 2012; SOUČEK et al. 2016). Kromě výrazných environmentálních efektů se předpokládá také hospodářské využití břízy (ŠPULÁK et al. 2016; MARTINÍK et al. 2017).

V případě pěstování břízy k hodnotové produkci, tj. mimo palivo a energetické dříví, lze čerpat zkušenosti a inspiraci především ze Severní Evropy, Britských ostrovů a Pobaltí, kde je břiza dlouhodobě nosnou hospodářskou dřevinou (CAMERON 1996; HYNYNEN et al. 2010). Rychlý růst v mládí a biologické vlastnosti této dřeviny ji předurčují k obmýtí v řádu 40 – 60 let. Dosažení odpovídajících dimenzí a kvality kmene je kromě vhodného původu limitováno vhodnou pěstební péčí (ZÄLĪTIS, ZÄLĪTIS 2007; HYNYNEN et al. 2010). Ta se bude lišit dle vzniku porostu, resp. podle jeho hustoty (ZÄLĪTIS, ZÄLĪTIS 2007; HYNYNEN et al. 2010).

Předpokladem dosažení hospodářského cíle jsou v přirozenou obnovou vzniklých přehoustlých porostech, opakované pročistky zahájené nejpozději při horní výšce 6 (7) metrů (PAŘEZ, CHROUST 1988; CAMERON 1996; HYNYNEN et al. 2010). Jedním z ukazatelů síly zásahu je kromě rozestupu délka zelené koruny, která by neměla poklesnout pod 40 (50%) z celkové délky kmene (NIEMISTÖ 1995). Probírky jsou obvykle zahajovány při výšce 12 – 15 m (cca 15 let), kdy se doporučuje snížení hustoty na 700 – 900 ks/ha (CAMERON 1996; HYNYNEN et al. 2010).

Cílem předkládaného příspěvku je v zájmové lokalitě reprezentující jednu z nejvíce postižených oblastí zasažených chřadnutím smrkových porostů zhodnotit potenciál břízy k hodnotové produkci. Konkrétně je analyzována struktura porostů, především jejich hustota a dále pěstební charakteristiky jedinců břízy v porostech.

MATERIÁL A METODIKA

Zájmová oblast

Šetření byla provedena na území severní Moravy, konkrétně na lokalitě Hlubočec spadající do PLO – 29 Nízký Jeseník. Lokalita Hlubočec reprezentuje bohatá stanoviště 4. lesního vegetačního stupně (*Luzulo-Fagetum*; NEUHÄUSLOVÁ et al. 1998) s nadmořskou výškou kolem 400 m. Hlavní hospodářskou dřevinou zde byl dlouhodobě smrk (*Picea abies* (L.) Karst.), který se zde vitálně zmlazoval a tvořil často nesmíšené porosty. Na konci 20. století začínají tyto porosty masivně chřadnout vlivem synergie biotických i abiotických faktorů (HOLUŠA, LIŠKA 2002). Vznikají tak často rozsáhlé holiny, ale i řediny se sníženým zakmeněním. Rychlý postup chřadnutí smrku a následný vznik holin je na řadě míst doprovázen spontánní sukcesí dřevin s pionýrskou strategií. V zájmové oblasti je to především břiza, která doprovázená dalšími dřevinami zde tvoří rozsáhlé nárosty. Zatímco

řidké skupiny jsou postupně rekonstruovány, s dostatečně hustými skupinami se zde pěstebně pracuje a očekává se jejich hospodářský efekt.

Výběr porostů

K hodnocení potenciálu břízy k její hodnotové produkci byly v zájmové lokalitě vybrány tři porostní skupiny s převahou břízy, jejichž věk byl shodně odhadnut na 15 let (Tab. 1.). Vzhledem ke značné heterogenitě porostů byly ve dvou porostních skupinách založeny dvě a v jedné tři výzkumné plochy, na nichž probíhala veškerá šetření. Výzkumné plochy měly charakter transektů o velikosti 10 x 12,5 m. Celkem tak bylo založeno sedm transektů (Tab. 1). Na transektech byla u všech stromů s výškou větší než 2 m změřena výčetní tloušťka a všechny břízy byly oklasifikovány Schädelinovou klasifikační stupnicí (viz např. KANTOR et al. 2012). Pro jednotlivé transekty byla dále zjištěna horní výška, jako průměrná výška ze tří bříz horní porostní etáže na transektu. Veškerá šetření se uskutečnila v druhé polovině roku 2016.

Tab. 1: Základní charakteristiky výzkumných ploch

Table 1: Basic characteristics of research plots

Porost Stand	Transekt Transect	Hustota (ks/ha) Density (pcs/ha)	G (m ² /ha)	DBH _m (cm) ± SO	H _{hor} (m)
		% břízy birch (%)	% břízy birch (%)		
I.	a	8 080	20,1	5,6 ± 2,3	11,5
		96	98		
	b	8 400	16,1	4,7 ± 2,1	11,0
		97	99		
II.	a	8 880	14,5	4,1 ± 2,5	11,0
		89	96		
	b	10 720	21,6	4,7 ± 2,4	10,5
		96	99		
	c	3 800	12,3	5,9 ± 2,5	11,0
		99	100		
III.	a	5 440	13,5	5,4 ± 2,3	11,5
		83	90		
	b	5 120	14,2	6,0 ± 2,2	11,5
		93	97		

Vysvětlivky: G – výčetní základna, H_{hor} – horní porostní výška, DBH_m – průměrná tloušťka, SO – směrodatná odchylka

Captions: G – basal area, H_{hor} – upper stand height, DBH_m – mean diameter at breast height, SO – standard deviation

Analýza dat

Základní dendrometrické parametry a zastoupení břízy podle počtu dřevin a výčetní kruhové základny byly zjištěny zvláště pro jednotlivé transepty. Také byla vypočtena průměrná tloušťka pro břízu na všech transektech. Tloušťková struktura břízy byla rozřazena do tří tloušťkových tříd: 0-3,5 cm; 3,6-7 cm; +7 cm.

Z důvodu snazšího určení perspektivních, ale i ostatních jedinců břízy byla Schädelinova klasifikace stromů transformována na Francouzskou (např. KANTOR et al. 2012 – viz Tab. 2). Ta pracuje se stromy nadějnými (A), škodlivými (B) a stromy užitečnými (C). Právě podíl nadějných A stromů v porostech, dále jejich četnost v tloušťkových třídách (obr. 2) a jejich struktura podle výškového postavení, kvality kmene a koruny (viz - Schädelinova klasifikace, obr. 3) byly vyjádřeny graficky.

Tab. 2: Převodní stupnice mezi Schädelinovou a Francouzskou klasifikací
Table 2: Transformation of Schädelin tree classification to French classification

Schädelin	111	112	122	123	132	133	211	212	222	223	232	233
Franc./French.	A	A	A	B	B	B	A	A	A	B	B	B
Schädelin	311	321	312	322	323	332	333	422	423	432	433	–
Franc./French	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	–

VÝSLEDKY A DISKUSE

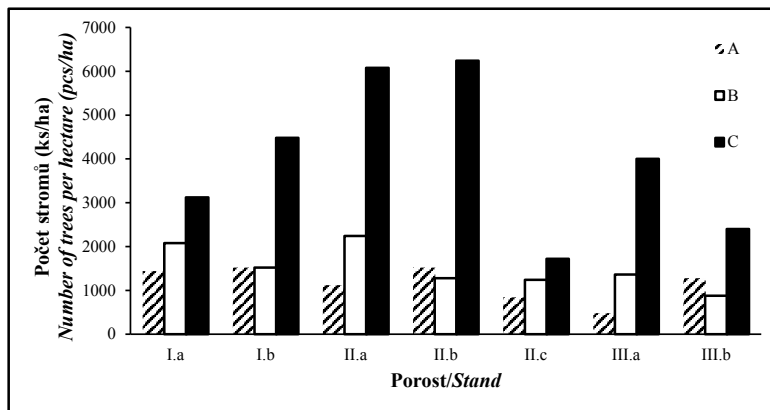
Přes značnou variabilitu v počtu dřevin na transektech (tab. 1) ovlivněnou iniciální hustotou, ale i výchovnými zásahy, který byly provedeny pouze v některých porostech, byla početnost dřevin pro daný věk, resp. horní výšku dostatečná (HYNYNEN et al. 2010; ČERNÝ, PAŘEZ 1998).

Přesto, že výběr porostů byl do značné míry ovlivněn cílem výzkumu, při inventarizaci dřevin na transektech bylo potvrzeno nosné postavení břízy v zájmové oblasti, resp. v porostech vzniklých sukcesí po nepůvodních smrkových porostech na území severní Moravy (MARTINÍK, ADAMEC 2016).

Střední tloušťky v analyzovaných porostech (tab. 1), které se pohybovaly pod hodnotami uváděnými pro přibližně stejně staré březové porosty (ČERNÝ, PAŘEZ 1998; HYNYNEN et al. 2010) naznačují přeštíhlení dřevin. To je způsobené vysokou iniciační hustotou a nedostatečnou porostní výchovou.

Z pěstebního hlediska pak bude zásadní jednak reakce vybraných stromů na uvolnění, jednak podíl a prostorové rozmístění perspektivních bříz na ploše. Šetření přitom ukázala, že se hustota perspektivních jedinců bříz na transektech (A stromy) pohybuje rámcově kolem 1000 na ha (obr. 1). Výjimkou je porost III. A, kde je jejich počet asi poloviční (obr. 1). Při předpokládaném počtu cílových stromů po první probírce, kolem 700 – 900 ks/ha (CAMERON 1996; HYNYNEN et al. 2010), tak lze ve většině případů hovořit o dostatečném počtu perspektivních jedinců břízy k hodnotové produkci.

Otázkou zůstává jejich vhodné prostorové rozmístění, které bude předmětem dalšího šetření. Sledována bude rovněž reakce uvolněných perspektivních bříz na výchovné zásahy. Perspektivní (A-stromy) břízy jsou v současnosti často slabších dimenzí (obr. 2) a více než dvě třetiny z nich jsou tvořené vedlejšími úrovněnými jedinci (obr. 3). Lze tak

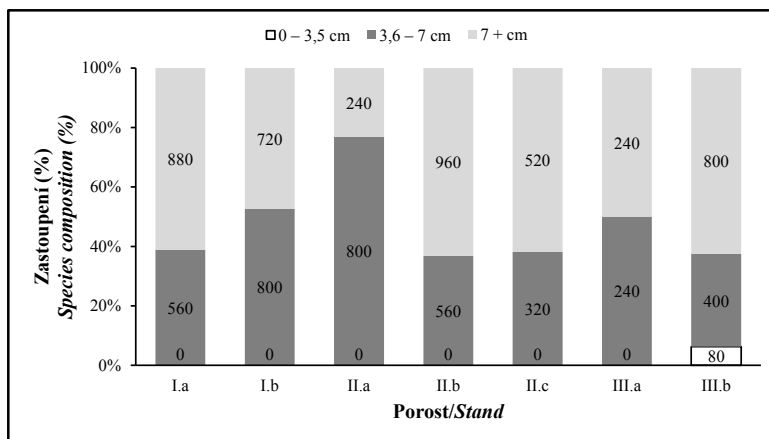


Obr. 1: Počty stromů v kvalitativních třídách (dle Francouzské klasifikace) v analyzovaných porostech

Fig. 1: Number of trees per hectare in qualitative classes (according to French classification) in analysed stands

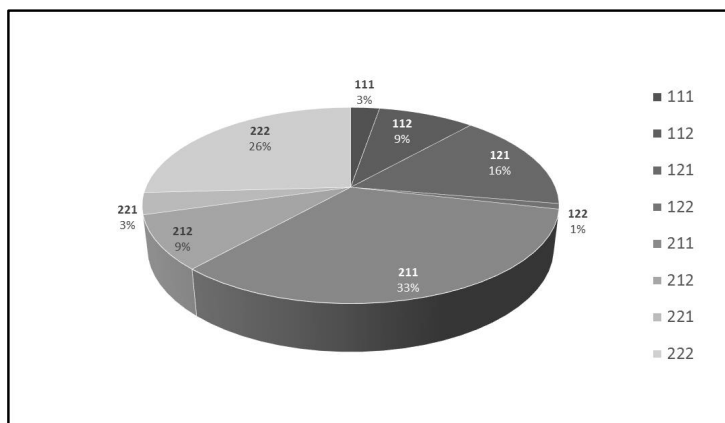
očekávat spíše slabší růstovou reakci na uvolnění (RYTTER, WERNER 2007) a s ohledem na nebezpečí poškození těchto porostů sněhem (MARTINÍK, MAUER 2012), lze doporučit spíše postupné, mírné výchovné zásahy, nikoliv jednorázové uvolnění.

V případech s nedostatečnou hustotou lze uvažovat o energetickém využití těchto porostů, případně o pěstování břízy na palivo. S pěstováním vysoce jakostního březového dříví je v podmínkách západní Evropy diskutována i potřeba vyvětvování této dřeviny (HEIN et al. 2009). Toto pěstební opatření může být přínosné také v analyzovaných porostech, a to především právě v místech s nižší hustotou.



Obr. 2: Počet bříz v kvalitativní třídě A v tloušťkových třídách v analyzovaných porostech. Čísla ve sloupcích – počet stromů na hektar

Fig. 2: Number of birch trees – class A (according to French classification) within diameter classes of analysed stands. Number in the columns – number of trees per hectare



Obr. 3: Specifikace všech (112 ks) hodnocených bříz třídy A (dle Francouzské klasifikace) dle Schädelinovy klasifikace

Fig. 3. Specification of all birch trees (112 pcs.) – class A (French classification) according to Schädelin tree classification

ZÁVĚR

Provedená šetření naznačila, že potenciál pro pěstování břízy k hodnotové produkci v zájmové oblasti existuje. V naprosté většině porostních situací se vyskytovalo dostatečné množství perspektivních jedinců břízy z přirozené obnovy. K naplnění pěstebního cíle bude kromě vhodného prostorového rozmístění perspektivních bříz v porostu (cíle dalšího šetření) zásadní vhodně provedené výchovné zásahy a následná růstová reakce uvolněných jedinců. Doporučit lze slabší zásahy a kratší intervaly, případně vyvětvování perspektivních bříz. V místech s nedostatečným počtem perspektivních jedinců lze pěstovat porosty na palivo nebo k energetickým účelům, a to za postupné obnovy těchto porostů dřevinami cílovými.

LITERATURA

- CAMERON, A. D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry*, 69 (4): s. 357–371
- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J. 1998. *Růstové tabulky dřevin České republiky. Modřín, jedle, jasan, bříza, olše černá, topol, habr, akát, douglaska*. Jilové u Prahy, Ústav pro výzkum lesních ekosystémů s.r.o.: 119 s.
- HEIN, S., WINTERHALTER, D., WILHELM, G. J., KOHNLE, U. 2009. Wertholzproduktion mit der Sandbirke (*Betula pendula* Roth): waldbauliche Möglichkeiten und Grenzen. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 180 (9-10): s. 206 – 219
- HOLUŠA, J., LIŠKA, J. 2002. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česka republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (1): s. 9–15
- HYNYNEN, J., NIEMISTÖ, P., VIHERRÄ-AARNIO, A., BRUNNER, A., HEIN, S., VELLING, P. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 83 (1): s. 103–119

- KANTOR, P., VRŠKA, T., DOBROVOLNÝ, L., NOVÁK, J. 2012. *Pěstění lesů skripta - učební text*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 153 s.
- KULLA, L., SITKOVÁ, Z. 2012. *Rekonstrukce nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania*. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen: 207 s.
- LOKVENC, T., CHROUST, L. 1987. Vliv břízy na odrůstání smrkové kultury. *Lesnictví*, 33 (11): s. 993–1010
- MARTINÍK, A., ADAMEC, Z. 2016. Rozdíly ve struktuře mladých březových porostů vzniklých na holině a pod porostem v oblasti chřadnoucích smrčín na Severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (4): s. 271–278
- MARTINÍK, A., ADAMEC, Z., HOUŠKA J. 2017. Production and soil restoration effect of pioneer tree species in a region of allochthonous Norway spruce dieback. *Journal of Forest Science*, 63 (1): s. 34–44
- MARTINÍK, A., MAUER, O., 2012. Snow damage to birch stands in Northern Moravia. *Journal of Forest Science*, 58 (4): s. 181–192.
- MZE 2016. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015*. Praha, Ministerstvo zemědělství: 134 s.
- NEUHÁUSLOVÁ, Z., BLAŽKOVÁ, D., GRULICH, V., HUSOVÁ, M., CHYTRÝ, M., JENÍK, J., JIRÁSEK, J., KOLBEK, J., KROPÁČ, Z., LOŽEK, V., MORAVEC, J., PRACH, K., RYBNÍČEK, K., RYBNÍČKOVÁ, E., SÁDLO, J. 1998. *Mapa potenciální přirozené vegetace České Republiky*. Praha, Academia: 341 s.
- NIEMISTÖ, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (*Betula pendula*). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10 (1-4): s. 245–255
- PAŘEZ, J., CHROUST, L. 1988. *Modely výchovy lesních porostů. Lesnický průvodce 4/1988*. Jiloviště Strnady, VÚLHM: 83 s.
- RYTTER, L., WERNER, M., 2007. Influence of early thinning in broadleaved stands on development of remaining stems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (3): s. 198–210.
- SOUČEK, J., ŠPULÁK, O., LEUGNER, J., PULKRAB, K., SLOUP, R., JURÁSEK, A., MARTINÍK, A. 2016. *Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin - certifikovaná metodika, Lesnický průvodce 10/2019*. Strnady, VÚLHM: 35 s.
- ŠPULÁK, O., SOUČEK, J., LEUGNER, J. 2016. Nadzemní biomasa, živiny a spalné teplo v mladém sukcesním porostu přípravných dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (2): s. 132–137
- ZÁLĪTIS, T., ZÁLĪTIS, P. 2007. Growth of young stands of silver birch (*Betula pendula* Roth) depending on pre-commercial thinning intensity. *Baltic Forestry*. 13 (1): s. 61–67

Poděkování

Příspěvek vznikl díky finanční podpoře projektu KUS QJ1230330 „Stabilizace lesních ekosystémů vyváženým poměrem přirozené a umělé obnovy lesa“ a projektu IGA LDF_VT_2015004 „Produkční a ekonomické možnosti přípravných porostů“.

OBJEMOVÁ VLHKOST PŮDY POD RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝM MLADÝM BOROVÝM POROSTEM

VOLUME SOIL MOISTURE UNDER DIFFERENTLY THINNED YOUNG PINE STAND

JIŘÍ NOVÁK, DAVID DUŠEK, MARIAN SLODIČÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika, novak@vulhmop.cz

ABSTRACT

Volume soil moisture development was analysed under differently thinned pine stands on experimental series Tyniste in the Polabí lowland on example of two dry years (2004 and 2005) and one wet year (2010). Results showed, that volume soil moisture during second half of vegetation period decreased to 5-6 % in the depth of 10 and 30 cm in dry and also in wet years. On the other hand, maximal values of soil moisture did not reach 20 % during the vegetation period. Evaluation of thinning effects was limited by small number of sensors. Maximal differences were found higher (6 %) in wet year 2010 compared to dry years 2004 a 2015 (4 %). While the long-term values of soil moisture were higher on control plot in depth 10 cm, more wet soil in depth 30 cm was detected under thinned stand for a long period. Indicated trends of long-term thinning effect on soil moisture should be confirmed by on higher number of sensors and experimental stands.

Keywords: Scots pine, *Pinus sylvestris* L., water regime of forest stands

ABSTRAKT

Na příkladu dvou sušších let (2004 a 2015) a jednoho vlhčího roku (2010) je hodnocen průběh objemové půdní vlhkosti pod různě vychovávanými porosty borovice lesní na experimentální sérii Týniště v Polabí. Bylo zjištěno, že v druhé půlce vegetačního období může klesnout půdní vlhkost až k 5-6 % v hloubce 10 i 30 cm, a to jak v suchých, tak i ve vlhčích letech. Naopak maximální hodnoty půdní vlhkosti ve vegetačním období nepřesáhly 20 %. Hodnocení efektů výchovy bylo limitováno malým počtem čidel. Maximální rozdíly byly zjištěny větší (6 %) ve vlhčím roce 2010 než v letech sušších 2004 a 2015 (4 %). Zatímco v hloubce 10 cm byly dlouhodobě zaznamenávány rozdíly (vyšší vlhkost) ve prospěch kontrolní plochy, v hloubce 30 cm byla dlouhodobě vlhčí půda pod porostem vychovávaným. Naznačené trendy dlouhodobého efektu výchovy na vlhkost půdy je třeba potvrdit na větším počtu měřících čidel a ověřit na dalších lokalitách.

Klíčová slova: borovice lesní, *Pinus sylvestris* L., vodní režim lesních porostů

ÚVOD

Výchovné zásahy v lesních porostech hrají důležitou roli při změnách porostního prostředí. Rozvolněním zápoje se do porostu dostává více světla a srážek a zlepšují se tak i podmínky pro dekompoziční procesy (např. CHROUST 1997, GRACE ET AL. 2006). Při,

v současnosti stále častějších, klimatických výkyvech vzniká potřeba přesněji kvantifikovat tyto efekty v různých podmínkách. Výchovné zásahy by se tak mohly stát jedním z důležitých opatření na snižování rizika poškozování lesních porostů suchem (GEBHARDT ET AL. 2014, ELKIN ET AL. 2015, CHANG ET AL. 2016). Pozitivní vliv výchovy na zásobení porostu vodou zejména první roky po zásahu byl detekován např. v porostech dubu zimního (BRÉDA ET AL. 1995), smrku ztepilého (GEBHARDT ET AL. 2014, SOHN ET AL. 2013), borovice těžké (SIMONIN ET AL. 2007), borovice kadidlové (STOGSDILL ET AL. 1989) a borovice přímořské (JIMENEZ ET AL. 2008) nebo modřinu japonského (SON ET AL. 1999).

Vláhovým režimem různě vychovávaných porostů borovice lesní se dlouhodobě zabývají také pracovníci Výzkumné stanice Opočno, která je útvarem pěstování lesa Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Strnady. Na dřívější výzkumy CHROUSTA (1994, 1997) navazuje více jak dvacetileté sledování na experimentální sérii Týniště ve východočeské borové oblasti. Z průběžně zpracovávaných analýz jsme vybrali údaje o vlhkosti půdy pod různě vychovávanými borovými porosty z let s různě velkými srážkovými úhrny. Cílem bylo zjistit, jaký byl v těchto letech průběh půdní vlhkosti ve vegetačním období, a zda lze najít rozdíly mezi porosty s různým režimem výchovy.

METODIKA

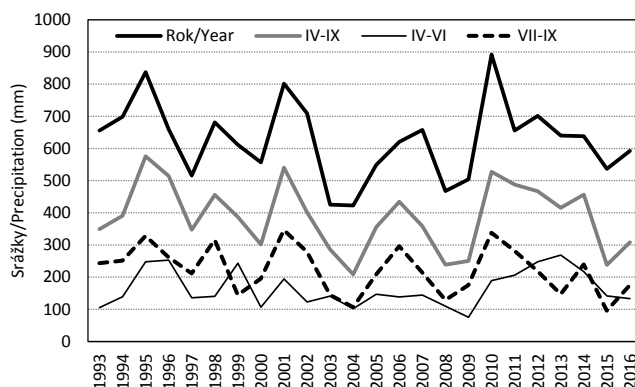
Výzkum probíhal na experimentální sérii Týniště, která byla založena v roce 1991 v tehdy 6letém porostu borovice lesní vzniklém řadovou výsadbou ca 10 000 sazenic na hektar. Série je lokalizována ve východních Čechách na chudých půdách (SLT 1M – borová doubrava) v nadmořské výšce 260 m. Experiment je složen ze dvou srovnávacích variant (Kontrola – bez zásahu, Zásah – s výchovnými zásahy) o výměře 2 x 0,09 ha (podrobněji viz např. SLODIČÁK, NOVÁK 1999, SLODIČÁK ET AL. 2011).

První výchovný zásah byl proveden v roce 1992 (věk 7 let) kombinovaným výběrem, tj. část stromů byla odebrána schematicky odstraněním každé páté řady a další část byla odstraněna negativním výběrem v podúrovni ve zbylých řadách. Takto bylo při zásahu odstraněno 47% stromů reprezentujících 31% výčetní základny. Druhý zásah byl proveden o devět let později (v roce 2001) ve věku 16 let a bylo při něm odstraněno 16% stromů (17% výčetní základny) pozitivním výběrem v úrovni.

Klimatické poměry jsou na sérii sledovány od jejího založení. Vlhkost svrchních vrstev půdy byla zpočátku sledována pravidelnými odběry pro stanovení gravimetrickou metodou na obou variantách (vyhodnoceno v publikaci SLODIČÁK, NOVÁK 1999). Od prosince roku 1999 je v porostu instalována automatická klimatická stanička, která kromě jiného kontinuálně (jednou denně) zaznamenává hodnoty objemové vlhkosti půdy měřené čidly VIRRIB (výrobce AMET Velké Bílovice). Čidla měřící v rozsahu hodnot objemové vlhkosti půdy 0 až 50% byla umístěna v hloubce 10 a 30 cm a vzhledem k technickým omezením připojení ke stanicí pouze vždy po jednom na obou dílčích plochách pokusu (Kontrola, Zásah). Pro účely předkládané studie byla použita data ze tří období, která reprezentují roky s malými úhrny srážek 2004 a 2015 a období s vyšším úhrnem srážek 2010 (obr. 1).

Rok 2004 byl od počátku sledování (1993) rokem nejsušším – úhrn srážek za rok činil 423 mm, za vegetační období (duben – září) pouze 209 mm (obr. 1). Rok 2010 byl v ročním úhrnu nejlhčím (892 mm) a za vegetační období nejlhčím (527 mm) za posledních 15 let. Rok 2015 patřil k nejsušším ve vegetačním období (238 mm) a za celé sledované

období byl nejsušším v druhé polovině vegetačního období (červenec – září), kdy spadlo pouze 96 mm srážek.



Obr. 1: Úhrny srážek (volné plochy) za rok, vegetační období duben až září (IV-IX) a jeho poloviny duben až červen (IV-VI) a červenec až září (VII-IX) na experimentu Týniště.

Fig. 1: Amount of precipitation (on open space) for year, vegetation period April-September (IV-IX) and its two halves April-Jun (IV-VI) and July-September (VII-IX) on experiment site Týniště.

Data o objemové vlhkosti půdy ve vegetačním období (duben až září) byla hodnocena pomocí výpočtu maximálních a minimálních hodnot. Vzhledem k malému počtu instalovaných čidel (pouze po jednom v 10 a v 30 cm pod povrchem na obou dílčích plochách) nelze podrobně hodnotit vliv výchovy na vlhkost půdy. Pokusili jsme se alespoň zhodnotit trendy pomocí výpočtu rozdílů mezi variantami. Z analýzy muselo být vyloučeno období 1. 4. až 28. 4. 2015, kdy byl výpadek ze záznamu dat.

VÝSLEDKY

Rok 2004 byl ve sledovaném období nejsušším z pohledu celoročních srážek (423 mm) i srážek vegetačního období (209 mm). Objemová vlhkost půdy se ve vegetačním období (duben až září) pohybovala v hloubce 10 cm od 5 do 12 % a v hloubce 30 cm od 6 do 14 % (obr. 2 nahoře). Maximálních hodnot bylo dosaženo v první polovině dubna a šlo zřejmě o zásoby vody v půdě ze zimního období a předjaří. V hloubce 10 cm bylo na kontrole zjištěno maximum 11,9% (10. 4.) a na ploše se zásahy 10,3% (9.-10. 4. a 12.-13. 4.). V hloubce 30 cm bylo maximum vyšší a bylo dosaženo 1. 4. (na kontrole 14,1% a na zásahu 14,5 %).

Minimální hodnoty půdní vlhkosti byly u všech čidel zaznamenány na konci suchého období do 12.8. V hloubce 10 cm byla minimální vlhkost půdy na kontrole 6,5% a na zásahu 4,9%, v hloubce 30 cm byly na uvedených plochách zjištěny hodnoty 5,5 a 5,6%.

Rozdíly v hodnotách objemové vlhkosti půdy mezi kontrolní a zásahovou plochou se v roce 2004 pohybovaly do 4%. V hloubce 10 cm byl nejmenší rozdíl (0,7%) zaznamenán v dubnu (17. 4.), v období postupného poklesu půdní vlhkosti po předjaří (obr. 2 nahoře). Naopak největší rozdíl (2,4%) ve prospěch kontrolní plochy byl zjištěn v srpnu, konkrétně 13. 8. po (ve vegetačním období) jedné z nejvyšších zaznamenaných srážkách (20 mm).

V hloubce 30 cm byl největší rozdíl ve prospěch plochy se zásahy (2,9%) pozorován 22. 4. opět při postupném poklesu půdní vlhkosti na začátku vegetačního období. Ve prospěch kontroly byl největší rozdíl (3,9%) podobně jako hloubce 10 cm zjištěn 13. 8. po popisované srážce.

Rok 2010 byl na sledované lokalitě nejvlhčím ve vegetačním období (duben až září) za posledních deset let (527 mm). Objemová vlhkost půdy se v tomto období pohybovala v hloubce 10 cm od 5 do 20% a v hloubce 30 cm od 6 do 16% (obr. 2 uprostřed). Maximálních hodnot bylo dosaženo v hloubce 30 cm v první polovině dubna a v hloubce 10 cm na počátku června v období častých srážek. V hloubce 10 cm bylo zjištěno maximum dne 3. 6. na kontrole 18,2% a na ploše se zásahy 19,5%. V hloubce 30 cm bylo maximum nižší a bylo dosaženo 12. 4. (na kontrole 16,3% a na zásahu 16,1%).

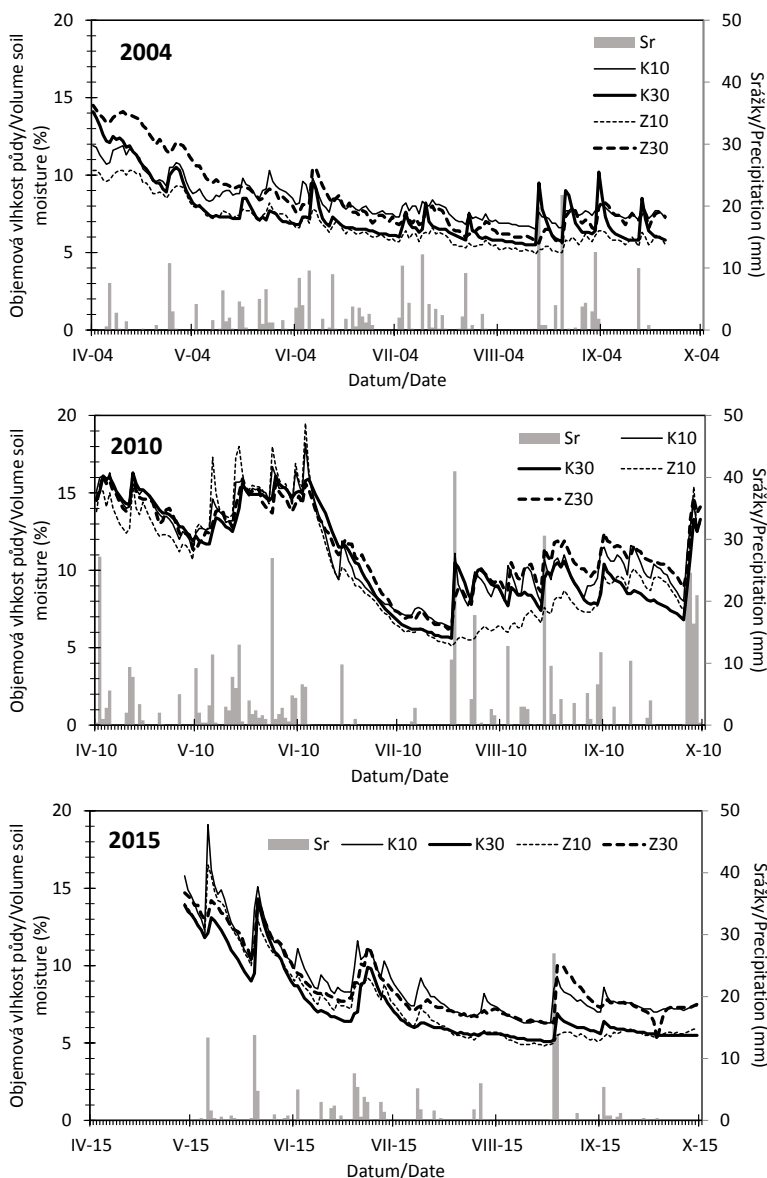
Minimální hodnoty půdní vlhkosti byly u všech čidel zaznamenány na konci suchého období do 17. 7. V hloubce 10 cm byla minimální vlhkost půdy na kontrole 6,3% a na zásahu 5,1%, v hloubce 30 cm byly na uvedených plochách zjištěny hodnoty 5,6 a 6,2%.

V roce 2010 se rozdíly v hodnotách objemové vlhkosti půdy mezi kontrolní a zásahovou plochou pohybovaly do 6%. V hloubce 10 cm byl ve prospěch plochy se zásahy rozdíl (2,7%) zaznamenán v květnu (6. 5.), v období rychlého nárůstu půdní vlhkosti po srážkách (obr. 2 uprostřed). Naopak největší rozdíl ve prospěch kontrolní plochy (5,8%) byl zjištěn v červenci, konkrétně 18. 7. po (ve vegetačním období) nejvyšší zaznamenané srážce (52 mm). V hloubce 30 cm byl největší rozdíl ve prospěch plochy se zásahy (2,9%) pozorován na konci vegetačního období (10. 9.). Ve prospěch kontroly byl největší rozdíl (2,3%) podobně jako hloubce 10 cm zjištěn 18. 8. po popisované srážce.

Rok 2015 patřil ve sledovaném období k nejsušším, zejména v druhé polovině vegetačního období spadlo velmi málo srážek (úhrn červenec-září 96 mm). Objemová vlhkost půdy se ve vegetačním období pohybovala v hloubce 10 cm od 5 do 19% a v hloubce 30 cm od 5 do 15% (obr. 2 dole). Maximálních hodnot bylo v hloubce 10 cm dosaženo dne 6. 5. na kontrole 19,1% a na ploše se zásahy 16,5%. V hloubce 30 cm bylo maximum nižší a bylo dosaženo na kontrole 21. 5. (14,3%) a na zásahu 29. 4. (14,7%).

Minimální hodnoty půdní vlhkosti byly téměř u všech čidel zaznamenány na konci suchého období do 17. 8. V hloubce 10 cm byla minimální vlhkost půdy na kontrole 6,3% a na zásahu 4,8%, v hloubce 30 cm byla na kontrolní ploše zjištěna hodnota 5,1%. Určitou výjimku tvořila plocha se zásahy v hloubce 30 cm, kde bylo minimum zaznamenáno až 18. 9. po krátkodobém poklesu (obr. 2 dole). Z rozboru klimatické situace v těchto dnech vyplývá, že mezi dny 17. a 18. 9. došlo v době měření vlhkosti k velkému propadu teplot vzduchu o téměř 13°C (z 29,9 na 17,0°C). Z dosud dostupných vyhodnocených dat však nelze zjistit, proč se náhlý pokles hodnot půdní vlhkosti projevil silně pouze u jedné plochy a v jedné hloubce.

Rozdíly v hodnotách objemové vlhkosti půdy mezi kontrolní a zásahovou plochou se v roce 2015 pohybovaly do 4%. V hloubce 10 cm byl nejmenší rozdíl (0,1%) zaznamenán v květnu (16. 5.), v období postupného poklesu půdní vlhkosti po předjaří (obr. 2 dole). Naopak největší rozdíl (3,8%) ve prospěch kontrolní plochy byl zjištěn v srpnu, konkrétně 19. 8. po (ve vegetačním období) nejvyšších zaznamenaných srážkách (úhrn 18.-19. 8. 41 mm). V hloubce 30 cm byl největší rozdíl ve prospěch plochy se zásahy (3,5%) pozorován 21. 8., kdy se po výše uvedených srážkách zvýšila půdní vlhkost na této ploše více než na ploše kontrolní. Ve prospěch kontroly byl největší rozdíl (pouze 0,3%) zjištěn 18. 9. po popisovaném propadu teplot vzduchu.



Obr. 2: Průběh srážek volné plochy (Sr) a objemové půdní vlhkosti pod borovými porosty na experimentu Týniště v roce 2004 (nahore), 2010 (uprostřed) a 2015 (dole). Umístění čidel: K10 a K30 – kontrolní plocha 10 a 30 cm pod povrchem, Z10 a Z30 – plocha se zásahy 10 a 30 cm pod povrchem.

Fig. 2: Precipitation of open space (Sr) and volume soil moisture under pine stands on experiment Týniště in 2004 (above), 2010 (in the middle), 2015 (below). Location of samplers: K10 and K30 – control unthinned plot 10 and 30 cm under forest-floor, Z10 and Z30 – thinned plot 10 and 30 cm under forest-floor.

DISKUSE A ZÁVĚR

Z provedeného hodnocení dat vyplývá, že měření objemové půdní vlhkosti čidly VIRRIB je vhodnou metodou pro lesní porosty. Reakce změn v období delšího sucha i vyšších jednotlivých srážek byla zaznamenána ve všech popisovaných letech. Byly tak potvrzeny zkušenosti HADAŠE ET AL. (2006), kteří porovnávali měření touto metodou s použitím klasické gravimetrické metody a konstatovali, že nebyly zjištěny výraznější rozdíly mezi oběma způsoby stanovení objemové půdní vlhkosti.

Nejnižší hodnoty objemové půdní vlhkosti (5-6%) byly ve všech popisovaných letech zjištěny v druhé polovině vegetačního období, a to i v roce 2010, který vykazoval vyšší objem srážek. I relativně kratší období s menším úhrnem (červenec 2010) znamenalo pokles půdní vlhkosti k těmto hodnotám. Snížení objemové půdní vlhkosti až k 5-6% pod směsí borovice a smrku v suchých a teplých letech uvádějí také LAGERGREN ET AL. (2008). Průkazné snižování půdní vlhkosti v hloubce 10 a 20 cm v druhé polovině vegetačního období potvrdil také KRANABETTER A COATES (2004). V horských oblastech, které jsou obecně lépe zásobeny vodou, klesá půdní vlhkost (měřeno v hloubce 20 cm pod povrchem) v suchých obdobích k 16-25% (BALCAR ET AL. 2012). V podmínkách našeho experimentu (písčítá půda v Polabí) nedosáhly maximální hodnoty půdní vlhkosti ve vegetačním období ani 20%.

K poklesu půdní vlhkosti v jarním období také zřejmě přispívá nástup vyšší transpirace porostu. Význam této složky vodní bilance potvrzují na základě porovnávání změn půdní vlhkosti pod porostem a na holině nebo v porostní mezeře RITTER, VESTERDAL (2005), HADAŠ ET AL. (2006), GÁLHIDY ET AL. (2006) A STŘEDA ET AL. (2008).

Jak již bylo zmíněno v metodice, malý počet čidel neumožňuje podrobně hodnotit rozdíly mezi sledovanými variantami pokusu. Porovnání vlivu výchovy na vlhkost půdy je také limitováno uplynulou dobou od posledního zásahu v roce 2001. Lze však konstatovat, že maximální rozdíly byly zjištěny větší (6%) ve vlhčím roce 2010 než v letech sušších 2004 a 2015 (4%). Zatímco v hloubce 10 cm byly dlouhodobě zaznamenávány rozdíly (vyšší vlhkost) ve prospěch kontrolní plochy, v hloubce 30 cm byla dlouhodobě vlhčí půda pod porostem vychovávaným. Ve svrchní vrstvě minerální půdy (0-5 cm) došel k podobnému závěru (nižší vlhkost půdy pod porostem s výchovou ve srovnání s kontrolou) BOLAT (2014) v horských porostech borovice černé. Zvýšená transpirace jedinců uvolněných výchovným zásahem může takto redukovat půdní vlhkost (CHANG ET AL. 2016).

TAN ET AL. (2008) zjistili 24 let po zásahu v porostu *Pinus contorta* vyšší vlhkost humusových vrstev půdy na ploše s výchovou ve srovnání s kontrolou. Naopak v minerální půdě (do 20 cm) nebyly rozdíly průkazné a potvrdilo se tak, že výchova může zvýšit vlhkost půdy pouze po určité období.

Efekt prožávek na zvýšení půdní vlhkosti v jarním období o 6% a v létě o 10% vůči porostu bez výchovy potvrdili také CHASE ET AL. (2016) v mladých porostech douglasky. V různě hustých porostech *Pinus ponderosa* zjistili ZOU ET AL. (2008) větší obsah vody v půdě v hloubkách mezi 25 až 85 cm, naopak v hloubkách menších (do 25 cm) a větších (nad 85 cm) se rozdíly snižovaly nebo nebyly detekovány.

Zmiňované efekty výchovy (snižování hustoty porostů) na zvýšení obsahu vody v půdě jsou však limitovány v obdobích s opakovaným nebo déletrvajícím suchem (STOGSDILL ET AL. 1992, KOLB ET AL. 2007). Podle SOHN ET AL. (2013) však například ve smrkových

porostech vedla výchova k rychlejšímu návratu růstové reakce po odeznění období sucha. Pokud jde o námi popisované borové porosty, byl pozitivní efekt výchovy na množství podkorunových srážek a vlhkost svrchních vrstev půdy prokázán v několika letech po provedení zásahů (SLODIČÁK, NOVÁK 1999, SLODIČÁK ET AL. 2011). Na základě vyhodnocení tří vybraných let z následného kontinuálního sledování půdní vlhkosti na experimentu Týniště v Polabí lze konstatovat že,

- V podmínkách písčitých půd pod borovými porosty může klesnout v druhé půlce vegetačního období půdní vlhkost až k 5-6 % v hloubce 10 i 30 cm, a to jak v suchých, tak i ve vlhčích letech. Naopak maximální hodnoty půdní vlhkosti ve vegetačním období nepřesáhly 20 %.
- Hodnocení rozdílů mezi různě vychovávanými porosty bylo limitováno malým počtem čidel. Maximální rozdíly byly zjištěny větší (6 %) ve vlhčím roce 2010 než v letech sušších 2004 a 2015 (4 %). Zatímco v hloubce 10 cm byly dlouhodobě zaznamenávány rozdíly (vyšší vlhkost) ve prospěch kontrolní plochy, v hloubce 30 cm byla dlouhodobě vlhčí půda pod porostem vychovávaným.

Předkládané hodnocení bude postupně doplňováno o analýzy dalších let. Naznačené trendy dlouhodobého efektu výchovy na vlhkost půdy v mladých borových porostech je třeba potvrdit podrobnějším průzkumem založeným na větším počtu měřicích čidel a ověřit na dalších lokalitách.

LITERATURA

- BALCAR, V., ŠPULÁK, O., KACÁLEK, D., KUNEŠ, I. 2012. Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka - I. Srážky a půdní vlhkost. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): s. 74-81.
- BOLAT, I. 2014. The effect of thinning on microbial biomass C, N and basal respiration in black pine forest soils in Mudurnu, Turkey. *Eur J Forest Res*, 133: s. 131-139.
- BRÉDA, N., GRANIER, A., AUSSÉNAC, G. 1995. Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiol.*, 15: s. 295-306.
- ELKIN, C., GIUGGIOLA, A., RIGLING, A., BUGMANN, H. 2015. Short-and long-term efficacy of forest thinning to mitigate drought impacts in mountain forests in the European Alps. *Ecol. Appl.*, 25 (4): s. 1083-1098.
- GÁLHIDY, L., MIHÓK, B., HAGYÓ, A., STANDOVÁR, T., RAJKAI, K. 2006. Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understory vegetation of a temperate deciduous forest. *Plant Ecology*, 183 (1): s. 133-145.
- GEBHARDT, T., HÄBERLE, K.-H., MATYSSEK, R., SCHULZ, CH., AMMER, CH. 2014. The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197: 235-243.
- GRACE III, J. M., SKAGGS, R. W., CHESCHEIR, G. M. 2006. Hydrologic and water quality effects of thinning loblolly pine. *Transactions of the ASABE*, 49 (3): s. 645-654.
- HADAŠ P., LITSCHMANN T., HYBLER V., 2006. Dynamika půdní vlhkosti v ekosystému lužního lesa jižní Moravy. In: *Sborník mezinárodní bioklimatologické konference „Bioklimatologie a voda v krajině“*, Strečno, 11.-14. září 2006. 16 s. ISBN 80-89186-12-2
- CHANG CH-T., SPERLICH, D., SABATÉ, S., SÁNCHEZ-COSTA, E., COTILLAS, M., ESPELTA, J. M., GRACIA, C. 2016. Mitigating the Stress of Drought on Soil Respiration by Selective Thinning: Contrasting Effects of Drought on Soil Respiration of Two Oak Species in a Mediterranean Forest. *Forests*, 7 (263): 16 s.

- CHROUST, L. 1994. Vliv hustoty a výchovných sečí na intercepci kapalných srážek v borových porostech. *Lesnictví*, 40 (10): s. 409 - 416.
- CHROUST, L. 1997. Ekologie výchovy lesních porostů. Smrk obecný - borovice lesní - dub letní - porostní prostředí - růst stromů - produkce porostu. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství - Výzkumná stanice: 277 s.
- JIMENEZ, E., VEGA, J. A., PEREZ-GOROSTIAGA, P., CUINAS, P., FONTURBEL, T., FERNANDEZ, C., MADRIGAL, J., HERNANDO, C., GUIJARRO, M. 2008. Effects of pre-commercial thinning on transpiration in young post-fire maritime pine stands. *Forestry*, 81 (4): s. 543-557.
- KOLB, T. E., AGEE, J. K., FULE, P. Z., MCDOWELL, N. G., PEARSON, K., SALA, A., WARING, R. H. 2007. Perpetuating old ponderosa pine. *Forest Ecology and Management*, 249: s. 141-157.
- KRANABETTER, J. M., COATES, K. D. 2004. Ten-year postharvest effects of silviculture systems on soil-resource availability and conifer nutrition in a northern temperate forest. *Can. J. For. Res.*, 34: s. 800-809.
- LAGERGREN, F., LANKREIJER, H., KUCERA, J., CIENCIALA, E., MOLDER, M., LINDROTH, A. 2008. Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *For. Ecol. Manage.*, 255: s. 2312-2323.
- RITTER, E., VESTERDAL, L. 2005. Gap formation in Danish beech (*Fagus sylvatica*) forests of low management intensity: soil moisture and nitrate in soil solution. *Eur J Forest Res*, 125: s. 139-150.
- SIMONIN, K., KOLB, T. E., MONTES-HELU, M., KOCH, G.W. 2007. The influence of thinning on components of stand water balance in a ponderosa pine forest stand during and after extreme drought. *Agricultural and Forest Meteorology*, 143: s. 266-276.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. 1999. Vlhkost půdy v borových porostech s různým režimem výchovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 44 (1): s. 1-5.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., DUŠEK, D. 2011. Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young Scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 262: s. 1913 - 1918.
- SOHN, J. A., GEBHARDT, T., AMMER, CH., BAUHUS, J., HÄBERLE, K-H., MATYSSEK, R., GRAMS, T. E. E. 2013. Mitigation of drought by thinning: Short-term and long-term effects on growth and physiological performance of Norway spruce (*Picea abies*). *Forest Ecology and Management*, 308: s. 188-197.
- SON, Y., LEE, W., LEE, S. E., RYU, S. R. 1999. Effects of thinning on soil nitrogen mineralization in a Japanese larch plantation. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 30: s. 2539-2550.
- STOGSDILL, W. R., WITTEWER, R. F., HENNESSEY, T. C., DOUGHERTY, P. M. 1989. Relationship between throughfall and stand density in a *Pinus taeda* plantation. *Forest Ecology and Management*, 29: s. 105-113.
- STŘEDA, T., LITSCHMANN, T., PALÁTOVÁ, E. 2008. Vlhkost půdy pod různými typy vegetace v říční krajině. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds) Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině. Mikulov 9. - 11. 9. 2008, ISBN 978-80-86690-55-1
- TAN, X., CHANG, S. X., COMEAU, P. G., WANG, Y. 2008. Thinning effects on microbial biomass, N mineralisation, and tree growth in a mid-rotation fire-origin lodgepole pine stand in the Lower Foothills of Alberta, Canada. *Forest Science*, 54: s. 465-474.
- ZOU, CH. B., BRESHEARS, D. D., NEWMAN, B. D., WILCOX, B. P., GARD, M. O., RICH, P. M. 2008. Soil water dynamics under low-versus high-ponderosa pine tree density: ecohydrological functioning and restoration implications. *Ecohydrology*, 1: s. 309-315.

Poděkování

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151.).

NADZEMNÍ BIOMASA A VÝVOJ MORTALITY SMRKU ZTEPILÉHO V NIŽŠÍCH LESNÍCH VEGETAČNÍCH STUPNÍCH

ABOVEGROUND BIOMASS AND MORTALITY DEVELOPMENT OF NORWAY SPRUCE AT LOWER FOREST VEGETATION ZONES

KATEŘINA NOVOSADOVÁ, ROBERT KNOTT, JUSTYNA SZATNIEWSKA

Ústav zakládání a pěstění lesů, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, Brno 613 00,
Česká republika

ABSTRACT

Expected climate change could cause deterioration of the Norway spruce growth conditions. Still, it is possible to expect that spruce can grow in lower forest vegetation zones in the form of mixed stands. This study focuses on the development of spruce mortality over the last fifty years in current adult forest stands. The study also deals with the amount of spruce biomass in current young stands with different spruce representation. It has been found that when the spruce is about 10 % in the newly formed stand, the mortality of spruce is lower than in stands with a higher proportion of spruce. Results showed that limit of spruce representation in stand is approximately 30 %. Due to silvicultural treatments and interspecific interactions, the representation of spruce in the stand can grow. Mostly the amount of spruce biomass is dependent on its representation in the stand - the higher the representation of the spruce in the stand, the smaller the biomass of the spruce trees.

Keywords: Norway spruce, representation, production, mixed forests

ABSTRAKT

Předpokládané změny klimatu by mohly zapříčinit zhoršení podmínek pro růst smrku ztepilého. Přesto se zdá být udržení smrku v nižších lesních vegetačních stupních možné v podobě smíšených porostů. Tato studie se zabývá vývojem mortality smrku během posledních padesáti let v současných dospělých porostech a množstvím biomasy smrku v současných mladých porostech s různým zastoupením smrku. Bylo zjištěno, že při zastoupení okolo 10 % v nově vzniklém porostu je mortalita smrku nižší než v porostech s vyšším zastoupením smrku. Výsledky ukazují, že hranice zastoupení smrku v porostu se má pohybovat do 30 %. Vlivem výchovy a mezidruhovými interakcemi může zastoupení smrku v porostu narůstat. Množství biomasy smrku je závislé na jeho zastoupení v porostu, kdy zpravidla platí, že čím vyšší je zastoupení smrku v porostu, tím menší je biomasa stromů.

Klíčová slova: smrk ztepilý, zastoupení, produkce, smíšené porosty

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V současné době narůstá v atmosféře koncentrace CO₂. Společně s nárůstem koncentrace CO₂ narůstá i teplota. Podle IPCC (2007) se očekává, že teplota stoupne o 3.0°C v budoucích 100 letech. Očekává se i změna rozložení srážek, kdy bude úbytek srážek v letním období a přírůstek srážek v zimním období (MATALA 2005; EKÖ et al. 2008; ALBERT,

SCHMIDT 2010). Se zaznamenávanou klimatickou změnou je v současné době zastoupení smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) v nižších nadmořských výškách velmi diskutováno. Tato změna by mohla způsobit zvýšenou mortalitu a sníženou produkci smrku v místech, kde přírodní podmínky pro tuto dřevinu jsou na pokraji ekologického optima (BABST et al. 2013). Stres v důsledku nedostatku vody a vyšších teplot by mohl způsobit smrkovým porostům i zvýšení zranitelnosti stromů k dalším biotickým a abiotickým poruchám (například vichřice, kůrovci, houbové onemocnění) (PRIMICIA et al. 2015). Hypotéza o různé produkci a mortalitě smrku ve smíšených porostech je založena na teorii ekologické niky, která naznačuje, že stratifikace listoví a kořenů dřevin ve smíšených porostech mají v čase a prostoru rozdílné rozložení než v monokulturách (LINDÉN 2003; HOOPER et al. 2005; KELTY 2006). Díky různorodosti v rozložení nadzemních a podzemních orgánů klesá i konkurenční boj o světlo, živiny a vodu mezi jednotlivými stromy na ploše (TILMAN 1999; BROOKER et al. 2008). Mezdruhové interakce ve smíšeném porostu by mohly také snížit efekt vláhového deficitu smrku ztepilého. ROTHE, BINKLEY (2001) popsali, že v buko-smrkovém porostu jsou kořeny smrku většinou v mělké hloubce a bukové kořeny rostou hlouběji, než je tomu v jejich monokulturách. Kořenový systém hlubokokořenících druhů dřevin by tak mohly vodu z nižších pater půdy přenést k výše položeným kořenům mělkokořenících druhů dřevin. Zvýšení/snížení produkce smíšených porostů na rozdíl od monokultur dokládá mnoho autorů například MACPHERSON et al. (2001), EDGAR, BURK (2001) nebo v současnosti VILÁ et al. (2013), avšak studie zabývající se mortalitou a produkcí smrku ztepilého ve smíšených porostech v nižších nadmořských výškách s daty měřenými přes 50 let nebyla autory nalezena. Tato studie by měla objasnit produkci a mortalitu smrku ztepilého v nižších nadmořských výškách v různých procentech zastoupení.

MATERIÁL A METODIKA

Zájmové území se nachází na Školním lesním podniku "Masarykův les" Křtiny (Česká republika). Průměrný roční úhrn srážek je okolo 550-650 mm a průměrná roční teplota je okolo 7.5 °C (KADAVÝ et al. 2015).

Data o mortalitě byla získána z bezzásahových ploch z 50 leté časové řady čtyř porostů (**tab. 1**). Tyto porosty se měřily nedestruktivně. Měření započalo v letech 1960-1961 a měřilo se každých pět let. U stromů byla měřena tloušťka v 1,3 m, výška a výška nasazení koruny. Pro tuto studii byla použita data týkající se počtu stromů a tloušťky v 1,3 m, která sloužila pro zjištění výčetní kruhové základny, ze které se vypočítalo zastoupení dřeviny v porostu.

Pro zjištění biomasy byla použita data z porostů starých 5, 15 a 25 let, ve kterých byla kritéria výběru: tři druhy lesních vegetačních stupňů (LVS; druhý, třetí a čtvrtý LVS) a čtyři druhy smíšení (do 30 procent zastoupení smrku, 31-60%, 61-90%, nad 91%). V těchto 36 porostech byla biomasa zjišťována destruktivní metodou, kdy z každého porostu bylo vybráno celkem 12 stromů – 4 nadúrovňové, 4 úrovňové a 4 podúrovňové. Tyto stromy byly skáceny a byly u nich změřeny vybrané základní dendrometrické veličiny: obvod v 1,3 m od paty kmene, celková výška stromu a výška nasazení koruny. Strom byl rozdělen na větve, jehlice a kmen a vše bylo sušeno 48 h při teplotě 80°C a 2 h při teplotě 105°C a po vysušení zváženo. Z výsledků byly vytvořeny alometrické vztahy pro každý porost. V porostech se změřily veškeré smrky a biomasa (větví, jehličí a celková nadzemní biomasa) se přepočítala pomocí alometrických vztahů. Pro účely srovnání množství

biomasy byla takto odhadnutá biomasa v porostech vydělena počtem smrků rostoucích v porostech a výsledkem byla průměrná biomasa větví, jehličí a celková nadzemní biomasa na jeden strom.

Tab. 1: Základní charakteristika bezzásahových ploch

Table 1: Basic characteristic of non-intervention plots

	Hrubá jedle	Olomucany	Klepacov	Smrk
Nadmořská výška (m) / Elevation a.s.l. (m)	470	460	400	420
Půdní typ / Soil type	kambizem	podzol	kambizem	kambizem
Výměra porostu (ha) / Stand area (ha)	7,98	10,84	5,62	6,41
Výměra bezzásah. ploch (ha) / Area of non-intervention plots (ha)	5 * 0,04	7 * 0,04	6 * 0,04	8 * 0,04
Věk porostu při založení / Age at plot establishment	24	39	30	33
Průměrná výška při prvním měření (m) / Mean height in the first inventory (m)	<i>Picea abies</i> 8.2 (± 0.2) <i>Fagus sylvatica</i> 6.8 (± 0.2) <i>Carpinus betulus</i> 5.4 (± 0.4) <i>Quercus</i> ssp. 6.4 (± 0.5) <i>Larix decidua</i> 9.0 (± 0.7) <i>Pinus sylvestris</i> 9.6 (± 0.9)	<i>Picea abies</i> 9.4 (± 0.9) <i>Abies alba</i> 9.1 (± 2.4) <i>Fagus sylvatica</i> 10.7 (± 0.5) <i>Larix decidua</i> 10.8 (± 0.7)	<i>Picea abies</i> 8.2 (± 0.3) <i>Pinus sylvestris</i> 9.2 (± 0.3) <i>Abies alba</i> 8.0 (± 2.9) <i>Larix decidua</i> 8.8 (± 0.5) <i>Fagus sylvatica</i> 8.5 (± 1.1)	<i>Picea abies</i> 11.8 (± 0.2) <i>Pinus sylvestris</i> 15.3 (± 0.3) <i>Carpinus betulus</i> 11.4 (± 0.7) <i>Larix decidua</i> 13.7 (± 0.7)
Průměrná tloušťka při prvním měření (cm) / Mean diameter in the first inventory (cm)	<i>Picea abies</i> 8.4 (± 0.2) <i>Fagus sylvatica</i> 4.6 (± 0.4) <i>Carpinus betulus</i> 2.2 (± 0.7) <i>Quercus</i> ssp. 4.9 (± 0.8) <i>Larix decidua</i> 9.1 (± 1.0) <i>Pinus sylvestris</i> 14.3 (± 0.4)	<i>Picea abies</i> 9.6 (± 1.5) <i>Abies alba</i> 8.7 (± 3.4) <i>Fagus sylvatica</i> 9.8 (± 0.9) <i>Larix decidua</i> 9.9 (± 1.1)	<i>Picea abies</i> 8.7 (± 0.5) <i>Pinus sylvestris</i> 9.3 (± 0.4) <i>Abies alba</i> 8.9 (± 4.8) <i>Larix decidua</i> 8.6 (± 0.8) <i>Fagus sylvatica</i> 6.9 (± 1.8)	<i>Picea abies</i> 10.8 (± 0.2) <i>Pinus sylvestris</i> 17.8 (± 0.5) <i>Carpinus betulus</i> 8.0 (± 1.1) <i>Larix decidua</i> 12.9 (± 1.0)

Statistické vyhodnocení biomasy bylo provedeno v softwaru STATISTICA (STATISTICA Cz 12, StatSoft, Inc.). Interval spolehlivosti byl stanoven na 95%. Normalita a homogenita dat byla zkoumána pomocí Shapiro-Wilkova testu. Z výsledků Shapiro-Wilkova testu normality a Bartlettova testu shody rozptýlů bylo patrné porušení předpokladu použití parametrické ANOVY. Proto byla použita její neparametrická obdoba, založená na principu Kruskal-Wallisova testu.

VÝSLEDKY

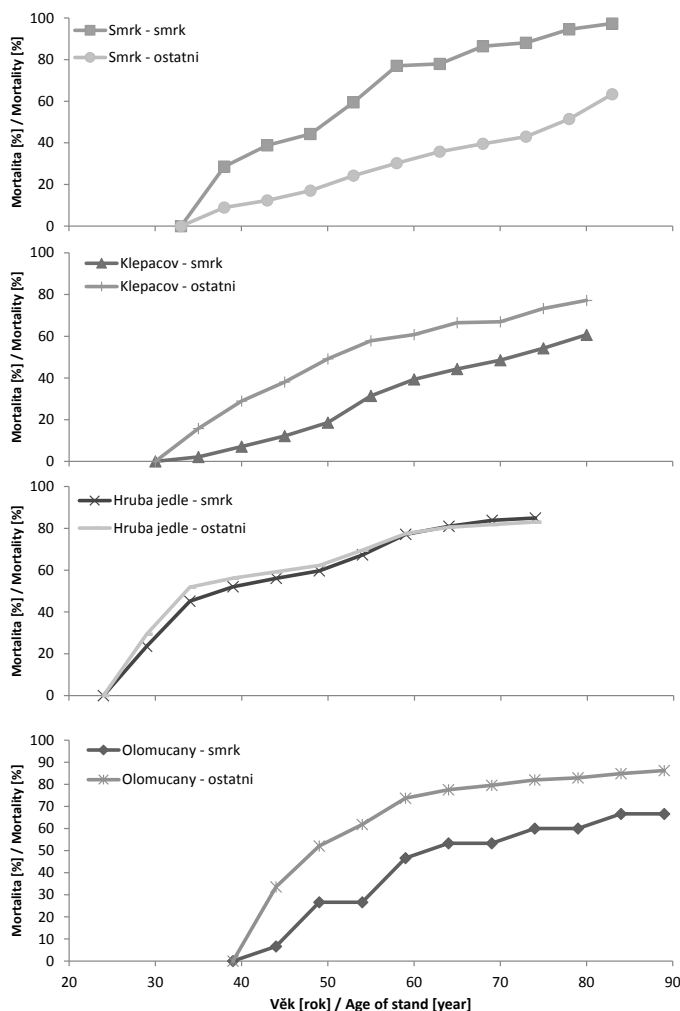
Největší mortalita smrku od prvního měření do současnosti byla zjištěna na ploše Smrk. Od počátku měření až do současnosti ubylo smrků 97% (**obr. 1**). Mortalita ostat-

ních dřevin od počátku měření do současnosti byla pouze 63 %. Při pohledu na zastoupení smrku na této ploše bylo při počátečním měření zjištěno, že smrk byl zastoupen 52 % (**obr. 2**). V současnosti je jeho zastoupení pouze 11 %. Vysoká mortalita byla zjištěna i na ploše Hrubá jedle, na které byla mortalita smrku 85 % (**obr. 1**). Avšak je nutné podotknout, že mortalita ostatních dřevin je obdobná – 83 %. Dle zastoupení bylo na ploše při začátku měření téměř 30% zastoupení smrku a do současnosti jeho zastoupení stoupalo až na 41 % (**obr. 2**). Mortalita na plochách Olomučany a Klepačov byla obdobná – 67%, respektive 61 % (**obr. 1**). Zastoupení smrku na plochách do současnosti stoupalo, na Olomučanech se zastoupení zvýšilo ze 6 % na 27% a na Klepačově z 1 % na 7 % (**obr. 2**).

Celková nadzemní biomasa smrku vykazovala statisticky významné rozdíly především mezi druhým a ostatními lesními vegetačními stupni (**tab. 2**). U pětiletých porostů jsou rozdíly patrné ve všech sekcích, především pak do 30% zastoupení, kdy je biomasa smrku nižší ve druhém LVS o 270% než ve třetím LVS a o 300% než ve čtvrtém LVS. V patnáctiletých porostech se zastoupením smrku do 60% jsou rozdíly v množství biomasy sporadické, zatímco v porostech se zastoupením smrku nad 61% jsou rozdíly patrné především mezi druhým a čtvrtým LVS (**tab. 2**). V porostech starých 25 let se zastoupením smrku do 30% jsou rozdíly v množství biomasy nevýznamné. S navyšujícím se zastoupením smrku se zvyšuje rozdíl mezi jednotlivými LVS, kdy nejméně biomasy je ve druhém LVS (**tab. 2**).

Tab. 2: Celková nadzemní biomasa průměrného smrku [kg] se směrodatnou odchylkou
 Table 2: Total aboveground biomass per tree [kg] with standard deviations

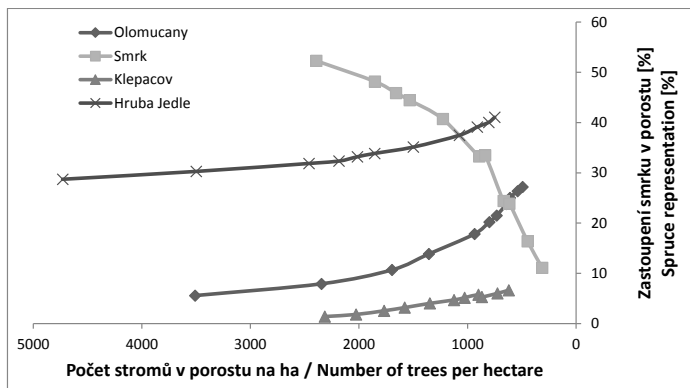
		2 LVS / Forest vegetation zone 2				
		Zastoupení smrku / Spruce composition				
		< 30 %	31-60 %	60-90 %	> 91 %	
Věk porostu / Age of the stand	5	4,38 ± 0,88	5,57 ± 1,27	4,78 ± 1,22	4,49 ± 1,26	
	15	34,07 ± 8,05	30,96 ± 4,8	34,24 ± 5,19	33 ± 3,5	
	25	77,09 ± 13,08	72,31 ± 13,93	44,27 ± 5,14	43,08 ± 5,88	
			3 LVS / Forest vegetation zone 3			
	5	15,16 ± 4,08	8,85 ± 2,31	8,51 ± 2,09	8,75 ± 2,17	
	15	38,89 ± 6,08	38,32 ± 6,8	35,69 ± 4,15	33,29 ± 6,19	
	25	81,91 ± 11,39	72,82 ± 12,6	67,53 ± 17,69	61,14 ± 12,56	
			4 LVS / Forest vegetation zone 4			
	5	13,7 ± 4,53	10,96 ± 2,44	10 ± 1,99	9,31 ± 2,39	
	15	44,67 ± 4,7	40,73 ± 4,76	44,43 ± 4,64	49,85 ± 5,55	
	25	86,32 ± 7,48	85,22 ± 7,37	78,24 ± 7,7	78,51 ± 7,84	



Obr. 1: Mortalita ve starších porostech od počátku měření
 Fig 1: Mortality in the older stands from the beginning of measurement

DISKUSE

Důvodem zjištěné vyšší mortality při vyšším zastoupení smrku v porostech by mohla být zhoršená adaptace smrku na podmínky prostředí nižších lesních vegetačních stupňů (BROSINGER, ÖSTREICHER 2009; SPIECKER 2000). Růst menšího počtu smrků v porostu je většinou kladně podporován ostatními dřevinami, tuto hypotézu potvrzuje i studie ROTHE, BINKLEY (2001). Jedinci, kteří zůstali v podúrovni, stagnují v růstu a postupně usychají, zatímco ostatní podporování okolními stromy se zapojili v úrovni, jsou schopni růst v daných podmínkách a jsou vitální. Tento model popsali například THIELE et al. (2017) nebo RIO et al. (2016). Při výchovných zásazích se dobře rostoucí smrky ponechávají v porostu



Obr. 2: Vývoj zastoupení smrku v porostu dle celkového počtu stromů.
 Fig 2: Development of tree composition of Norway spruce

na úkor ostatních dřevin, a tím se zvyšuje jeho zastoupení v porostu (PRETZSCH, BIBER 2015). Naproti tomu, pokud již od vzniku porostu je podíl smrku v porostu vysoký, dochází při zásazích k odstraňování především smrkových jedinců, kteří jsou méně silní než jedinci ostatních dřevin, nebo v podúrovni usychají nedostatkem světla. Takto v budoucím vývoji stoupá mortalita smrku a zároveň klesá jeho zastoupení v porostu.

Výsledky vývoje biomasy z této studie by mohly potvrzovat COTTOVU hypotézu (1828) o vyšší produkci smíšených lesů nežli monokultur. Tyto výsledky potvrzují zároveň i studie FRIVOLDA, FRANKA (2002) nebo KELTYHO (1992). Naopak lze říci, že HARTIGOVA teorie (1804) o menší produkci smíšených porostů oproti monokulturám nebyla potvrzena, stejně jako studie KENNELA (1965) nebo SPELLMANN (1996). Všichni tito autoři čerpali údaje z porostů, kde smrk ztepilý měl nejlepší podmínky pro produkci a nebyl na hranici (mnohdy i za hranicí) svého ekologického optima.

ZÁVĚR

Mortalita smrku ve smíšených porostech v nižších lesních vegetačních stupních závisí i na zastoupení smrku v založených porostech. Bylo zjištěno, že při zastoupení okolo 10% a méně v nově vzniklém porostu je mortalita smrku v nižších lesních vegetačních stupních nižší než v porostech ve stejných přírodních podmínkách ale vyšším zastoupením smrku. Při tomto zastoupení při obnově může v budoucím vývoji porostu zastoupení smrku vzrůstat až na 30%. Podle výsledků by hranice nejvyššího zastoupení smrku v porostu při obnově v nižších lesních vegetačních stupních mohla být kolem 30%, kdy byla mortalita smrku a ostatních dřevin téměř stejná a zastoupení se zvýšilo z počátečních 30% na 40%. Naopak při vyšším zastoupení smrku – nad 30% - byla mortalita vysoká a zastoupení smrku v porostu klesalo.

Nalezené rozdíly v biomase byly patrné u pětiletých porostů téměř při všech sledovaných zastoupeních smrku mezi druhým LVS a ostatními. U patnáctiletých porostů byl nalezen rozdíl v biomase především mezi druhým a čtvrtým LVS u porostů se zastoupením smrku nad 61%. U porostů ve stáří 25 let byla nižší biomasa v porostech se zastoupením smrku nad 61% ve druhém LVS oproti ostatním LVS. Lze předpokládat, že v budoucím

vývoji porostů se bude rozdílný v biomase mezi druhým a čtvrtým LVS v porostech se zastoupením smrku nad 61 % a více prohlubovat.

LITERATURA

- ALBERT, M., SCHMIDT, M. 2010. Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management*, 259: s. 739–749
- BABST, F., POULTER, B., TROUET, V., TAN, K., NEUWIRTH, B., WILSON, R., CARRER, M., GRABNER, M., TEGEL, W., LEVANIČ, T., PANAYOTOV, M., URBINATI, C., BOURIAUD, O., CIAIS, P., FRANK, D. 2013. Site- and species-specific responses of forest growth to climate across the European continent. *Global Ecol. Biogeogr.* 22: s. 706–717
- BROOKER, R.W., MAESTRE, F.T., CALLAWAY, R.M., LORTIE, C.L., CAVIERES, L.A., KUNSTLER, G., LIANCOURT, P., TIELBÖRGER, K., TRAVIS, J.M.J., ANTHELME, F., ARMAS, C., COLL, L., CORCKET, E., DELZON, S., FOREY, E., KIKVIDZE, Z., OLOFSSON, J., PUGNAIRE, F., QUIROZ, C.L., SACCONI, P., SCHIFFERS, K., SEIFAN, M., TOUZARD, B., MICHALET, R. 2008. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. *J. Ecol.* 96: s. 18–34
- BROSINGER, F., ÖSTREICHER, S., 2009. Die Fichte im Walden, In: LWF (Ed.), Fichtenwälder Im Klimawandel. s. 11-15
- COTTA, VON H., 1828. Anweisung zum Waldbau. Arnoldische Buchhandlung, Dresden, Leipzig
- EDGAR, C.B., BURK, T.E. 2001. Productivity of aspen forests in northeastern Minnesota, U.S.A., as related to stand composition and canopy structure. *Can. J. For. Res.* 31: s. 1019–1029
- EKÖ, P.M., JOHANSSON, U., PETERSSON, N., BERGQUIST, J., ELFVING, B., FRISK, J. 2008. Current growth differences of Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) in different regions in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23: s. 307–318
- FRIVOLD, L.H., FRANK, J. 2002. Growth of mixed birch-coniferous stands in relation to pure coniferous stands at similar sites in south-eastern Norway. *Scan J For Res* 17: s. 139–149
- HARTIG, G.L. 1804. *Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste*. Gießen und Darmstadt
- HOOPER, D.U., CHAPIN, III, F.S., EWEL, J.J., HECTOR, A., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S., LAWTON, J.H. LODGE, D.M., LOREAU, M., NAEEM, S., SCHMID, B., SETÄLÄ, H., SYMSTAD, A.J., VANDERMEER, J., WARDLE, D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75: s. 3–35
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC (eds. PARRY, M.L., CANZIANI, O.F., PALUTIKOF, J.P., VAN DER LINDEN, P.J., HANSON, C.E.). Cambridge University Press, s. 7–22
- KADAVÝ, J., KNEIFL, M., KNOTT, R. 2015. Tree quality and forest structure changes in the first stage of conversion of high forest into coppice-with-standards. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 63 (5): s. 1485-1491
- KELTY, M.J., 1992. Comparative productivity of monocultures and mixed stands. In: KELTY, M.J., LARSON, B.C., OLIVER, C.D. (eds.) *The ecology and silviculture of mixed-species forests*. Kluwer, Dordrecht, s. 125–141
- KELTY, M.J. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *For. Ecol. Manage.* 233, s. 195–204
- KENNEL, R. 1965. Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. *Allg. Forst. Jagdztg.* 136: s. 149–161, 173–189
- LINDÉN, M. 2003. *Increment and Yield in Mixed stands with Norway spruce in Southern Sweden*. ISSN: 1401-6230, ISBN: 91-576-6344-0

- MATALA, J. 2005. *Impacts of climate change on forest growth: a modelling approach with application to management*. University of Joensuu, Faculty of Forestry, 26 s.
- MACPHERSON, D.M., LIEFFERS, V.J., BLENIS, P.V. 2001. Productivity of aspen stands with and without a spruce understory in Alberta's boreal mixedwood forests. *For. Chron.* 77, s. 351–356
- PRETZSCH, H., BIBER, P. 2015. Tree species mixing can increase maximum stand density. *Canadian Journal of Forest Research* 46(10): s. 1179–1193
- PRIMICIA, I., CAMARERO, J. J., JANDA, P., ČADA, V., MORRISSEY, R. C., TROTSIUK, V., et al. 2015. Age, competition, disturbance and elevation effects on tree and stand growth response of primary *Picea abies* forest to climate. *For. Ecol. Manage.* 354, s. 77–86
- RIO, M., PRETZSCH, H., ALBERDI, I., BIELAK, K., BRAVO, F., BRUNNER, A., CONDES, S., DUCEY, M.J., FONSECA, T., VON LUPKE, N., PACH, M., PERIC, S., PEROT, T., SOUIDI, Z., SPATHELF, P., STERBA, H., TIJARDOVIC, M., TOME, M., VALLET, P., BRAVO-OVIEDO, A. 2016. *European Journal of Forest Research* 135(1): s. 23–49
- ROTHER, A., BINKLEY, D. 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31 (11): s.1855–1870
- SPELLMANN, H. 1996. Leistung und Windstabilität von Fichten-Buchen-Mischbeständen
- SPIECKER, H. 2000. Growth of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) under Changing Environmental Conditions in Europe, In: KLIMO E, HAGER H, KULHAVÝ J, (eds.), *Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects*, EFI Proceedings. European Forest Institute. s. 11–26
- THIELE, J.C., NUSKE, R.S., AHRENDT, B., PAFEROV, O., ALBERT, M., STAUPENDAHL, K., JUNGHANS, U., JANSEN, M., SABOROWSKI, J. 2017. Climate change impact assessment – A simulation experiment with Norway spruce for a forest district in Central Europe. *Ecological Modelling* 346: s. 30–47
- TILMAN, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80: s. 1455–1474
- VILÀ, M., CARRILLO-GAVILÁN, A., VAYREDA, J., BUGMANN, H., FRIDMAN, J., GRODZKI, W., HAASE, J., KUNSTLER, G., SCHELHAAS, M., TRASOBARES, A. 2013. Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. *PLoS ONE* 8, e53530.

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou Interní grantové agentury (IGA) Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně (projekt číslo 45/2016) a Cost Action FP 1206 jako část projektu „Efekt směsi na vývoj dřevinné skladby, strukturu a biomasu“ (projekt číslo LD14063).

ŠTRUKTÚRA, PRODUKČNÉ A REGENERAČNÉ PROCESY SMREKOVÉHO PRALESA NPR PILSKO

STRUCTURE, PRODUCTION AND NATURAL REGENERATION OF SPRUCE NATURAL FOREST NNR PILSKO

JÁN PITTNER, ZUZANA PAROBKOVÁ, MICHAL BUGALA, IVAN LUKÁČIK

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 96053 Zvolen

ABSTRACT

The paper deals with the structure, production and natural regeneration of spruce natural forest in the NNR Pilsko. Data used for the determination of production characteristics were collected on three permanent research plots (0,5 ha). Permanent research plots were established in three development stages of natural forests and three altitudinal zones (1170, 1270 a 1370 m asl). The structure on all PRPs was affected by bark beetle outbreak. The lowest PRP 1 was the most affected and the parent stand was destroyed. This caused the developmental shift of this plot from the degradation stage to the early aggradations stage. This is confirmed through the high proportion of the lower-layer trees, the low growing stock and the high share of deadwood. On PRP 2 its transition from the optimum stage to the degradation stage could be seen. This is corroborated through the dynamic of natural regeneration, low abundance of living trees and the high share of deadwood. The bark beetle outbreak has not yet affected the structure on the highest altitude (PRP 3). The stagnation of spruce natural regeneration and the balanced height structure corroborate that.

Keywords: natural regeneration, deadwood, altitude, bark beetle outbreak

ABSTRAKT

Práca pojednáva o štruktúre, produkčných a regeneračných procesoch smrekového prírodného lesa NPR Pilsko. Údaje použité na výpočet produkčných charakteristik sa získali z troch trvalých výskumných plôch (0,5 ha), ktoré boli založené v troch výškových zónach (1170, 1270 a 1370 m n.m.) a troch vývojových štádiách prírodného lesa. Štruktúru na všetkých TVP ovplyvnila podkôrníková kalamita. Najviac bola ovplyvnená na najnižšie položenej TVP 1, kde spôsobila rozpad materského porastu a vývojový posun tejto plochy zo štádia rozpadu do počiatkovej fázy štádia dorastania. Potvrzuje to vysoký podiel stromov dolnej vrstvy, nízka zásoba a vysoký podiel nekromasy. Na TVP 2 môžeme pozorovať jej prechod zo štádia optima do štádia rozpadu, čoho dôkazom je zlepšenie dynamiky regeneračných procesov, ktoré ešte ale nevedli k odrastaniu jedincov do dolnej vrstvy, nízka početnosť živých jedincov a vysoký podiel nekromasy. Na najvyššie položenej TVP 3 sa kalamita ešte neprejavila. Nasvedčuje tomu stagnácia regeneračných procesov smreka a výškovo nivelizovaná výstavba porastu.

Kľúčové slová: prirodzená obnova, mŕtve drevo, nadmorská výška, podkôrníková kalamita

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prevažná väčšina porastov 7. lesného vegetačného stupňa má plniť náročné ekologické funkcie predovšetkým pôdochrannú a vodohospodársku. Značná časť smrekových porastov tohto lesného vegetačného stupňa si zachovala charakter prírodného lesa. Doterajšími dlhodobými sledovaniami prírodných lesov sa potvrdili významné rozdiely v priebehu vývojových štádií a v dynamike formovania porastovej štruktúry v závislosti od nadmorskej výšky (KORPEL 1989).

Stagnácia regeneračných procesov resp. prirodzene dlhotrvajúci proces obnovy je jedným zo špecifik vysokohorského lesa. V prípade stabilnej, diferencovanej štruktúry a trvalého priebehu regeneračných procesov dochádza k plynulej výmene generácií. Ak ale dôjde v poraste s nestabilnou, homogénnou štruktúrou k intenzívnejšiemu odumieraniam materskej generácie, spravidla jej nezodpovedá náležitá dynamika prirodzenej obnovy a tým dochádza k reálnemu ohrozeniu trvalej prítomnosti lesného spoločenstva so všetkými negatívnymi dôsledkami (KUCBEL *et al.* 2008, KUCBEL 2011). Z doterajších výsledkov skúmania priebehu regeneračných procesov v jednotlivých štádiách vývojového cyklu môžeme konštatovať, že obnova smreka počas celého štádia optima a pokročilejšej fázy štádia dorastania prakticky neprebíha. Početne a štruktúrou sa začínajú regeneračné procesy zlepšovať až v počiatočnej fáze štádia rozpadu (SANIGA 2002 a, b). Vhodné podmienky pre vývoj zmladenia môžu vzniknúť až odstránením tieniaceho stromu, prípadne skupiny stromov. Tým dochádza k úprave vlhkostných a teplotných pomerov, k zrýchlenej humifikácii opadu a v dôsledku toho aj k nástupu a rastu prirodzeného zmladenia. Vytvorená medzera v poraste musí byť dostatočne veľká, jednak z dôvodu dostatočného zvýšenia teploty ako aj vykrytia svetelných nárokov smreka, ktoré so stúpajúcou nadmorskou výškou rastú, pričom vo vysokohorských lesoch spravidla nepostačuje odstránenie jednotlivého stromu (BRANG 1998, OTT *et al.* 1995, VENCÚRIK *et al.* 2016 a,b).

Prítomnosť odumretých stromov najmä vo forme spadnutej nekromasy a v rozličnom stupni rozkladu je typickým znakom európskych pralesov (KORPEL 1989, SANIGA, SCHÜTZ 2001, 2002, SANIGA, JALOVÍAR 2002). Najmä v pralesoch mierneho pásma a v severských pralesoch so zastúpením ihličnatých drevín, ktoré majú pomerne dlhú dobu rozkladu (viac ako 50 rokov), je množstvo, hrúbka stromov a pokročilosť rozkladu dobrým rozlišovacím znakom medzi primárnym a sekundárnym pralesom a určitým vodidlom pri určovaní vývojových štádií a fáz (SANIGA, SCHÜTZ 2001, 2002). Moderové drevo má priaznivý vplyv na obnovu lesa a uchovanie stability a kontinuity lesného ekosystému. Z pohľadu kontinuity je jeho výrazný význam predovšetkým v extrémnych podmienkach, kde moderové drevo poskytuje priaznivé podmienky pre prirodzenú obnovu (KUCBEL, VENCURIK 2008, JANKOVSKÝ *et al.* 2006).

Cieľom práce je posúdenie vplyvu vývojového štádia, nadmorskej výšky a podkôrnikovej kalamity na štruktúru, regeneračné procesy a situáciu nekromasy smrekového prírodného lesa v NPR Pilsko.

MATERIÁL A METODIKA

Národná prírodná rezervácia (NPR) Pilsko s výmerou 809,32 ha bola vyhlásená za účelom ochrany pôvodných horských smrečín v roku 1967. Rozprestiera sa vo výškovom pás-

me od 1100 do 1557 m n. m., na prevažne západne a juhozápadne orientovaných svahoch, so sklonom 1525°. Priemerná ročná teplota na území rezervácie je 2,53,5 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 1200 mm-1400 mm. Geologické podložie tvoria najmä ílovce, v menšej miere pieskovce (KORPEL 1989). Za účelom posúdenia štruktúry, produkčných pomerov a obnovy prírodných smrekových lesov v závislosti od nadmorskej výšky tu boli v roku 1977 založené 3 trvalé výskumné plochy (TVP) s výmerou 0,5 ha. TVP 1 – pokročilá fáza štádia rozpadu (1170 m n. m.); TVP 2 – štádium optima (1270 m n. m.); TVP 3 – pokročilá fáza štádia dorastania (1370 m n. m.). Tieto plochy boli pravidelne monitorované v cca 10 ročných intervaloch, naposledy v roku 2015, z ktorého pochádzajú aj prezentované výsledky.

Na TVP boli stabilizované tranzekty 10x60 m. Merania sa vykonali osobitne na tranzektoch a na ostatnej ploche. Na celej ploche sa podľa druhu dreveniny evidovali všetky živé jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 2 cm. Na evidovaných jedincoch bola meraná ich hrúbka $d_{1,3}$, poloha (súradnice x, y), výška a výška nasadenia koruny. Na celej ploche sa meralo aj ležiace mŕtve drevo s dĺžkou väčšou ako 2 m a priemerom na hrubšom konci väčším ako 20 cm a stojace mŕtve drevo s výškou väčšou ako 2 m a s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 7 cm. Na odumretých jedincoch bol evidovaný: druh dreveniny, hrúbka na čele a čape jedinca, dĺžka a stupeň rozkladu. Stupeň rozkladu sa kvantifikoval v troch kategóriách podľa metódy KORPELA (1989) (a – kmene čerstvo padnuté, b – hnijúce ale ešte kompaktné kmene s opadajúcou kôrou, c – kmene mäkké, značne alebo úplne rozložené). Merania boli vykonávané pomocou technológie FieldMap. Na ploche tranzektu sa hodnotili regeneračné procesy. Na meraných jedincoch sa určoval druh dreveniny a ich zatriedenie do výškovej kategórie (do 20, 21-50, 51-80, 81-130 a od 131 cm do $d_{1,3} = 2$ cm). Objem hrubiny sa počítal pomocou vzorcov PETRÁŠ, PAJTIK (1991). Výškové krivky boli vyrovnané pomocou Prodanovej funkcie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

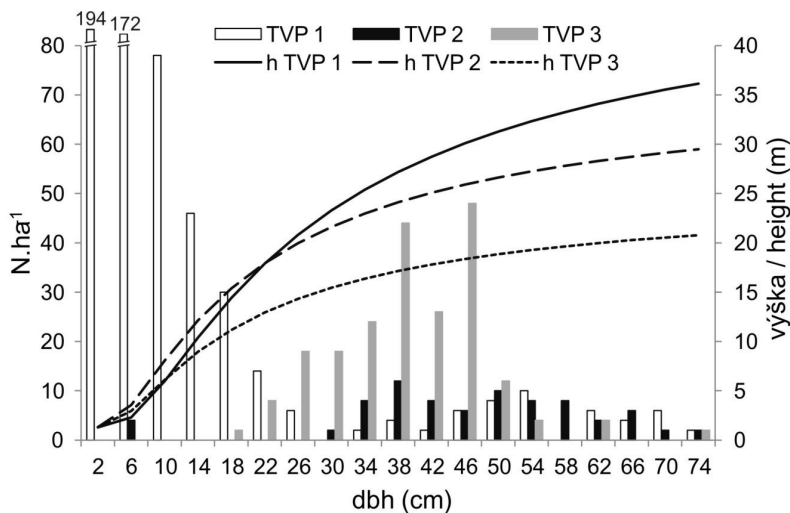
Drevenová skladba na skúmaných TVP je tvorená smrekom, jarabinou a bukom. Na prvých dvoch TVP tvorí prímes iba buk, na TVP 3 iba jarabina. Horná vrstva na všetkých TVP je tvorená iba smrekom (tab. 1). Celkovo môžeme konštatovať, že prímes drevenín v tomto pralesi nepresahuje 7% a že so stúpajúcou nadmorskou výškou sa znižuje. Rozdelenie jedincov na vrstvy nám potvrdzuje, že vysokohorské smrekové lesy majú výškovo nivelizovanú výstavbu. Na TVP 2 a 3 sa v hornej vrstve nachádza 87,5 resp. 90,5% všetkých stromov (tab. 1, obr. 1). Výnimkou je výšková výstavba na TVP 1, kde sa v hornej vrstve nachádza iba 7,8% a v dolnej vrstve až 84,1% jedincov. Je to spôsobené tým, že táto plocha je najviac zasiahnutá podkôrnikovou kalamitou, čo spôsobilo jej posun do počiatkovej fázy štádia dorastania. Táto zmena prebehla pomerne rýchlo, pretože ešte v roku 2007 bola podľa KRUŠPÁNA (2009) vertikálna štruktúra na všetkých TVP jednovrstvová, výškovo nivelizovaná. Zistené výsledky potvrdzuje aj rozdelenie hrúbkových početností, ktoré je na TVP 1 výrazne ľavostranné (obr. 1). Existenciu výškovo nivelizovanej výstavby vo väčšine vysokohorských smrekových lesov Slovenska potvrdzujú aj výsledky ZALIBERU (2000), ktorý uvádza, že v 7. lvs je zastúpenie jednoetážových porastov až 83%. Z výsledkov výskumu prírodných lesov v Karpatoch aj v Alpách vyplýva, že diferencovaná štruktúra typického výberkového charakteru sa vo vysokohor-

skom smrekovom lese buď vôbec nevytvára, alebo sa vyskytuje len v prípade pozvoľného a maloplošného rozpadu počas krátkeho časového úseku v štádiu dorastania a predstavuje iba dočasný stav (HILLGARTER 1971, KORPEL 1989). Táto skutočnosť sa potom prejavuje aj v nízkom plošnom podiele diferencovaných štruktúr v textúre smrekového pralesa. V rezervácii Valbona zistila BERRETTI *et al.* (2004) zastúpenie trojvrstvových štruktúr na 17,5 % z celkovej plochy.

Tab. 1: Základné porastové charakteristiky na skúmaných TVP podľa výškových vrstiev
 Table 1: Basic stand characteristics of investigated PRP according to tree layer

plocha / plot	vrstva / tree layer	početnosť / stem density (N.ha ⁻¹)	kruhová základňa / basal area (m ² .ha ⁻¹)	zásoba / growing stock (m ³ .ha ⁻¹)	podiel smreka / spruce proportion (%)
TVP 1	dolná ¹	496	2,2	5,9	92,3
	stredná ²	48	2,1	14,4	95,8
	horná ³	46	11,4	141,4	100,0
	spolu ⁴	590	15,6	161,7	93,2
TVP 2	dolná	4	0,02	0,03	0,0
	stredná	6	0,5	3,4	100,0
	horná	70	14,7	147,3	100,0
	spolu	80	15,2	150,8	95,0
TVP 3	dolná	2	0,1	0,3	100,0
	stredná	18	1,2	5,5	98,9
	horná	190	25,8	176,6	100,0
	spolu	210	27,1	182,4	99,0

¹lower, ²middle, ³upper, ⁴total



Obr. 1: Hrúbková a výšková štruktúra na skúmaných TVP
 Fig. 1: Diameter and height structure on surveyed plots

Analýza vzťahu medzi hrúbkou a výškou poukázala na významné rozdiely medzi jednotlivými plochami (obr. 1). Stromy s rovnakou hrúbkou, hlavne $d_{1,3} > 40$ cm, sú výrazne vyššie na TVP 1 ako na ostatných plochách. Najnižšie výšky jedincov sme zistili na TVP 3. Rozdiely vo výškových krivkách sú pravdepodobne spôsobené rôznou nadmorskou výškou skúmaných TVP, ktoré boli zakladané v rozostupe 100 výškových metrov. Tieto rozdiely v TVP sa nám potvrdili aj pomocou hodnôt hornej výšky. Na TVP 1 to bolo 36,4 m, TVP 2 29,8 m a TVP 3 21,2 m. Pri rozdieli 200 výškových metrov klesla horná výška o 15,2 m (42 %). Vplyv nadmorskej výšky na hodnoty hornej výšky sa nám potvrdil aj regresnou analýzou ($R^2 = 0,928$; $p < 0,001$). HOLEKSA *et al.* (2007) tak isto zistili, že horná výška porastov smreka v NPR Poľana je silne negatívne korelovaná a so stúpajúcou nadmorskou výškou klesá o 6 m na každých 100 m. Menej výrazný pokles hornej výšky je spôsobený priaznivejšími rastovými podmienkami v skúmanej oblasti. MERGANIČ *et al.* (2003) zistili v masíve Babej hory, ktorá je klimaticky bližšia našim plochám, priemerný pokles o 8 m, čo je porovnateľné s našimi výsledkami.

KORPEL (1989) uvádza, že v smrekových pralesoch, vo výškovom pásme do 1400 m n.m., kolíše počet stromov hrubiny od 270 do 750 ks.ha⁻¹ a zásoba v rámci vývojového cyklu varíruje od 290 do 850 m³.ha⁻¹. V porovnaní s našimi výsledkami (tab.1) sú autorom uvádzané hodnoty, hlavne čo sa týka zásoby porastu podstatne vyššie. Je to spôsobené tým, že nami sledované TVP sú výrazne ovplyvnené podkôrnikovou kalamitou. Na TVP 1 môžeme sledovať vývoj následného porastu so zbytkami materského porastu. Na TVP 2 sa nachádza porast, ktorý sa vplyvom podkôrnika rozpadá, ale následný porast sa ešte nezačal vyvíjať, čoho dôkazom je aj nízka početnosť živých stromov na tejto ploche (80 ks. ha⁻¹) a rozdelenie ich hrúbkových početností, kde absentujú najnižšie hrúbkové stupne (obr. 1). Plocha TVP 3 je najmenej ovplyvnená podkôrnikovou kalamitou, ale aj tu sa už prejavilo jej pôsobenie. Pred kalamitou sa podľa KRUŠPÁNA (2009) zásoba v NPR Pilsko pohybovala od 295 po 429,4 m³.ha⁻¹ a najväčšia bola zaznamenaná na ploche TVP 2, naopak najmenšia na TVP 3. V porovnaní s našimi výsledkami je najnižšia zásoba z tohto roku stále o 110 m³.ha⁻¹ vyššia ako nami zistená zásoba.

Tab. 2: Množstvo mŕtveho dreva na jednotlivých TVP

Table 2: Amount of deadwood on investigated PRP

plocha / plot		stojaca nekromasa / standing deadwood A	ležiaca nekromasa / lying deadwood				spolu / total
			B	C	spolu / total		
TVP 1	m ³ .ha ⁻¹	74,7	2,1	70,1	22,2	94,5	169,2
	%	44,2	2,2	74,2	23,5	55,8	100,0
TVP 2	m ³ .ha ⁻¹	118,1		51,2	8,4	59,7	177,8
	%	66,4		85,8	14,1	33,6	100,0
TVP 3	m ³ .ha ⁻¹	31,8		17,9	3,9	21,7	53,5
	%	59,4		82,4	17,9	40,6	100,0

Tieto skutočnosti sa prejavili aj na množstve mŕtveho dreva na sledovaných plochách (tab. 2), ktorého objem bol na TVP 1 a 2 dokonca vyšší ako zostávajúca zásoba živých stromov. Iba na TVP 3, ktorá ešte nie je tak zasiahnutá kalamitou je objem nekromasy

nižší a tvoril 29,3 % podiel na zásobe. KORPEL (1989) uvádza, že v nižších nadmorských výškach prevažujú v rámci nekromasy odumreté ležiace jedince a vo vyšších výškach tvoria vyšší podiel odumreté stojace jedince. Ako hranicu medzi jednotlivými zónami uvádza 1300 m.n.m. naše výsledky toto tvrdenie potvrdzujú. Na najnižšej ploche (TVP 1) tvoril podiel stojacej nekromasy 44 % a na plochách TVP 2 a TVP 3, ktoré sa nachádzajú v nadmorskej výške 1300 m.n.m. a vyššie, stúpol tento podiel na 66 resp. 59 % (tab. 2). Mŕtve drevo je dôležitou súčasťou ekosystému vysokohorského lesa. Jeho množstvo sa v prírodných smrekových lesoch počas vývojového cyklu mení spolu s meniacou sa štruktúrou porastu (KUCBEL 2011). HOLEKSA (2001) zistil pre smrekový les v nadmorskej výške 1200-1300 m n.m. v priemere $131 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ mŕtveho dreva, čo predstavovalo 31 % zásoby porastu. Z tohto množstva 55 % tvorili odumreté ležiace jedince a 45 % odumreté stojace jedince. SANIGA, JALOVIAR (2002) uvádzajú pre smrekový prírodný les v NPR Kosodrevina množstvo mŕtveho dreva počas vývojového cyklu v rozpätí $45-192 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (16-26 % zo zásoby) a pre NPR Poľana $78241 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (30-33 % zo zásoby). Vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkyh Tatier (KUCBEL, VENCURIK 2008) sa objem mŕtveho dreva pohyboval v rozmedzí $2-116 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, v relatívnom vyjadrení tvorila nekromasa 2,5–39 % zo zásoby porastu. MERGANIČ *et al.* (2004) udávajú, že priemerná zásoba nekromasy v NPR Babia hora bez ohľadu na nadmorskú výšku a vývojové štádium činila $144 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, čo tvorilo až 57 % zo živej zásoby porastu. JANKOVSKÝ *et al.* (2006) považujú 20 % za minimálny podiel nekromasy v smrekových horských lesoch. Ako optimálny podiel na zásobe uvádzajú 3040 %. Z pohľadu objemu nekromasy môžeme konštatovať, že nami zistené údaje ($53,5177,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) sú porovnateľné s výsledkami uvedených autorov. Inak tomu je ale pri porovnávaní podielu nekromasy na zásobe porastu, ktorý u nás na plochách zasiahnutých kalamitou (TVP 1 a TVP 2) prekročil 100 %.

Tab. 3: Prírodná obnova drevín podľa výškových kategórií na jednotlivých TVP

Table 3: Tree species natural regeneration according to height classes on investigated PRP

výšková kategória ¹	TVP 1				TVP 2			TVP 3		
	smrek ²	jarabina ³	buk ⁴	spolu ⁵	smrek ²	jarabina ³	spolu ⁵	smrek ²	jarabina ³	spolu ⁵
≤ 20	758	30		788	1 864		1 864	3 333	2 848	6 182
20-50	2 424	273		2 697	1 591	91	1 682	1 455	1 939	3 394
50-80	758	909	30	1 697	1 500	227	1 727	485	1 152	1 636
80-130	1 061	1 000		2 061	545	591	1 136		848	848
≥130	1 212	364		1 576	227	591	818		424	424
spolu ²	6 212	2 576	30	8 818	5 727	1 500	7 227	5 273	7 212	12 485
%	70,4	29,2	0,3	100,0	79,2	20,8	100,0	42,2	57,8	100,0

¹height class, ²Norway spruce, ³rowan, ⁴European beech ⁵total

Prírodná obnova je na všetkých TVP tvorená dvomi drevinami, smrekom, ktorého obnova prevláda v nižších nadmorských výškach (TVP 1 a TVP 2, 70 resp. 79 %) a jarabinou, ktorej obnova prevláda na TVP 3 (58 %). V prípade TVP 1, ktorá sa nachádza v najnižšej nadmorskej výške sme zistili aj prímes buka (0,3 %) (tab. 3). Pri rozbere prírodzenej obnovy smreka môžeme konštatovať jej stagnáciu vo vyšších nadmorských výškach (TVP 3). Vo výškových kategóriách nad 80 cm sme na tejto ploche neevidovali žiadne jedince a jedince tak isto absentovali aj v hrúbkových stupňoch 214 cm (obr. 1). Na stag-

náciu regeneračných procesov vo vysokohorských lesoch tak isto poukazujú aj výsledky z trvalých výskumných plôch v Nízkych Tatrách (GUBKA 1996, 2003, KUCBEL, GUBKA 2001) a z NPR Babia hora (MERGANIČ *et al.* 2003). Ako ale uvádza OTT (1988), ťažkosti s prirodzenou obnovou sú sčasti kompenzované prirodzenou dlhovekosťou vysokohorského lesa, ktorá síce na jednej strane zapríčiňuje sklon k vytváraniu jednovrstvových porastov, na druhej strane však poskytuje dostatočne dlhý čas na postupnú obnovu. Pre mikrostanovištia pod zapojeným porastom je charakteristická hrubá vrstva nerozloženého ihličnatého opadu, v dôsledku intercepcie nižšia suma zrážok a nedostatočný prísun tepla. Po odstránení tieniacich jedincov dochádza k zlepšeniu mikrostanovištných podmienok a k vývoju zmladenia. Dôkazom toho sú regeneračné procesy Na TVP 1 a TVP 2, kde po rozpadnutí materského porastu pôsobením podkôrnikovej kalamity dochádza ku kontinuálnemu odrastaniu jedincov do vyšších výškových kategórií (tab. 3). Väčšinou zároveň s vývojom zmladenia dochádza aj k intenzívnemu rozširovaniu konkurenčnej vegetácie, ktorá obsadzuje uvoľnené stanovištia. Smrekové zmladenie má teda len pomerne krátky čas na to, aby sa ujalo a mohlo ďalej vyvíjať. Z takéhoto priebehu prirodzenej obnovy je zrejmé, že podmienky pre zmladenie sú vo vysokohorskom lese miestne i časovo ohraničené. To je práve dôvodom, ktorý robí obnovu porastov v týchto polohách tak problematickou (TREPP 1981, OTT 1988, OTT *et al.* 1995).

ZÁVER

Smrekové pralesy majú kvôli dlhotrvajúcemu štádiu optima tendenciu vytvárať nestabilné jednovrstvové, výškovo nivelizované porasty. Stabilné diferencované porasty sa môžu prirodzene vytvoriť len tam, kde extrémne stanovištné pomery obmedzujú vytváranie typického štruktúrne homogénneho štádia optima. Ako najväčší problém sa v smrekových pralesoch vo väčšej alebo menšej miere prejavuje nízke zastúpenie dolnej vrstvy. Toto potvrdzujú aj výsledky analýzy štruktúry na TVP 2 a 3. Na TVP 1 je štruktúra ovplyvnená rozsiahlou podkôrnikovou kalamitou, ktorá zapríčinila rozpad materského porastu. Po odstránení tieniacich jedincov došlo k zlepšeniu mikrostanovištných podmienok a k zrýchleniu dynamiky regeneračných procesov. Tieto sa už stihli prejavíť aj v odrastaní jedincov do dolnej vrstvy (obr. 1, tab 1). Hoci je pozitívne, že sa plocha obnovila pomocou hlavnej porastotvornej dreviny smrek a jej vývoj neprebíha procesmi sekundárnej sukcesie cez prípravný les tvorený jarabinou, vytvára veľkoplošná, časovo krátka obnova hrozbu vytvárania nestabilných, málo diferencovaných porastov. Z týchto základných vývojových tendencií a charakteristík vysokohorských smrekových pralesov vyplýva, že pre ochranné lesy je v záujme zachovania ich trvalosti a stability nutné ich pestovné usmerňovanie. Cieľom zásahov by malo byť postupné vybudovanie diferencovanej štruktúry alebo aspoň čiastočné zvýšenie stupňa diferencovanosti existujúcich porastových štruktúr. Podľa viacerých autorov je koncepcia skupinove výberkového lesa ideálny model fungovania lesa vo vysokohorských polohách (TREPP 1981, OTT 1988, OTT *et al.* 1995, HUNZIKER, BRANG 2005, KUCBEL 2011).

LITERATÚRA

- BERRETTI, R., LINGUA, E., MOTTA, R., PIUSSI, P., 2004: Classificazione strutturale dei popolamenti forestali nella riserva forestale integrale della Valbona a Paneveggio (TN). *L'Italia forestale e montana*, 59 (2): 99–118
- BRANG, P., 1998: Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps, *Can. J. For. Res.* 28: s. 626–639
- GUBKA, K., 1996: Štruktúra porastov hornej hranice lesa v závislosti na expozícii a nadmorskej výške, *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 38: 115–125
- GUBKA, K., 2003: Zmeny štruktúry porastu pod hornou hranicou lesa na LS Čierny Váh, *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 45: 151–160
- HILLGARTER, F.-W. 1971: *Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen im subalpinen Fichtenurwald Scatle/Brigels*. Diss. ETH Zürich, Bühler Buchdruck Zürich: 80 s.
- HOLEKSA, J., SANIGA, M., SZWAGRZYK, J., DZIEDZIC, T., FERENC, S., WODKA, M. 2007. Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Poľana biosphere reserve, Central Slovakia. *Eur. J. Forest Res.*, 126: s. 303–313.
- HUNZIKER, U., BRANG, P., 2005: Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps, *For. Ecol. Manage.* 210: 67–79
- JANKOVSKÝ L., TOMOŠOVSKÝ M., BERÁNEK J., LIČKA D., 2006: *Analýza postupů ponechávání dřeva k zetlení z hlediska vlivu na biologickou rozmanitost*. Brno: 102 s.
- KORPEL, Š. 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda: 332 s.
- KRUŠPÁN, D. 2009: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Pilsko. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 51 (2): s. 716
- KUCBEL, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier. Vedecká štúdia, TU Zvolen: 138 s.
- KUCBEL, S., GUBKA, K., 2001: Štruktúra porastov na hornej hranici lesa v masíve Kráľovej hole. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 43: p. 185–195
- KUCBEL, S., VENCURIK, J. 2008: Analýza stavu moderového dreva vo vysokohorskom smrekovom lese Nízkych Tatier. In: *Pěstování lesů na počátku 21. století*, zborník na CD
- KUCBEL, S., VENCURIK, J., JALOVIAR, P., KURIŠ, P. 2008: Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese Nízkych Tatier. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 50 (2) , s. 5765.
- MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K., ĎURSKÝ, J., MIKOVÁ, A., VORČÁK, J. 2004: Zásoba odumretého dreva v NPR Babia hora. *Beskydy*, 17: s. 137142.
- MERGANIČ, J., VORČÁK, J., MERGANIČOVÁ, K., ĎURSKÝ, J., MIKOVÁ, A., ŠKVARENINA, J., TUČEK, J., MINDÁŠ, J. 2003. *Monitoring diversity horských lesov severnej Oravy*. EFRA, Tvrdošín: 200 s.
- OTT, E. 1988: Die Gebirgswaldpflege – eine Vielfalt sehr variationsreicher Optimierungs-aufgaben, *Schweiz. Z. Forstwes.* 139 (1): 23–26
- OTT, E., HLADÍK, M., KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: *Pestovanie horských lesov Švajčiarska a Slovenska*, ÚVVV LVH SR, Zvolen: 127 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J., 1991: Sústava československých objemových tabuliek drevín, *Lesnícky časopis*, 37 (1): s. 49–56
- SANIGA, M., 2002a: Štruktúra a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kotlov žľab. Štúdie o TANAPE, 6 (39): s. 111–132
- SANIGA, M., 2002b: Štruktúra, produkčné procesy a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v lokalite Krížne a Nefcerka. Štúdie o TANAPE, 6 (39): s. 133–151
- SANIGA, M., JALOVIAR, P., 2002: *Dynamik des Totholzanteil im rahmen des Entwicklungszyklus in den ausgewählten Urwäldern der Slowakei*. Vedecké štúdie, TU Zvolen: 49 s.

- SANIGA, M., SCHÜTZ, J.P., 2001: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen.*, 152 (10): s. 407416.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. *Journal of forest science*, 48(12): s. 513-528
- TREPP, W. 1981: Das Besondere des Plenterns im Gebirgswald, *Schweiz. Z. Forstwes.* 132 (10): 823–846
- VENCURIK, J., JALOVIAK, P., KUCBEL, S., KÝPEŤOVÁ, M. 2016: Regeneračné procesy vysokohorských smrekových lesov v NPR Poľana. In: Kacálek, D., Novák, J., Nováková, K., Součková, J., (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*. Opočno, s. 6570.
- VENCURIK, J., KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVIAK, P. 2016: Štruktúra a výškový rast prirodzenej obnovy vo výberkových lesoch s rôznym zastúpením smreka. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 64 s.
- ZALIBERA, J., 2000: Skúsenosti s rámcovým a podrobným plánovaním v horských lesoch, In: *Praktické opatrenia pri obhospodarovaní horských lesov*, LSR B. Bystrica, pp. 63-68

PodĎakovanie

Práca vznikla s finančnou podporou projektov VEGA 1/0040/15 a VEGA 1/0492/17

**ZMĚNY V CHARAKTERU SVRCHNÍCH VRSTEV BÝVALÉ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY
DESET LET OD JEJÍHO ZALESNĚNÍ**
**CHANGES OF THE UPPER LAYER CHARACTERISTICS OF FORMER AGRICULTURAL
LAND TEN YEARS FROM AFFORESTATION**

VILÉM PODRÁZSKÝ, JIŘÍ REMEŠ, JAN CUKOR, ROSTISLAV LINDA, STANISLAV VACEK,
ZDENĚK VACEK

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra pěstování lesa,
Kamýčká 129, 165 21 Prague 6 – Suchdol, Česká Republika

ABSTRACT

Presentation documents the effects of afforestation on the changes of characteristics of agricultural lands 10 years since planting. State of the humus forms was studied in 10-years old stands of linden, Norway spruce, European beech, sycamore maple and oak established on the agricultural lands and compared with old beech stand, arable soil and permanent grassland. The surface humus was sampled using 25x25 cm steel frame in 5 replications, the mineral Ah horizon was sampled not quantitatively (in old beech stand, the upper part of the B horizon as well). From the soil characteristics, following are documented: active soil reaction, bases content, base saturation, content of available nutrients (P, K, Ca, Mg), amount of the surface humus. Results documented initial changes in the soil state: beginning of surface humus accumulation in stands established on the agricultural land and less visible changes in the soil chemistry. Soil state was still considerable different from the old beech, long-time forested site.

Keywords: *afforestation of agricultural lands, surface humus, pedochemical characteristics*

ABSTRAKT

Příspěvek dokládá vliv zalesnění na změny charakteristik zemědělské půdy po zalesnění. Stav humusových forem byl sledován v desetiletých porostech lípy, smrku, buku, javoru kleny a dubu založených na zemědělské půdě a srovnáván se sousedním starým bukovým porostem, ornou půdou a trvalým travním porostem. Kvantitativně byl odebírána nadložní humus, rámečkem 25x25 cm v 5 opakováních a pouze na kvalitativní analýzy svrchní horizont Ah (ve starém bukovém porostu i svršek B horizontu). Ze spektra pedochemických analýz jsou uvedeny výsledky stanovení aktivní půdní reakce, hodnot obsahu bázi, nasycení sorpčního komplexu bázemi, obsahu přístupných živin (P, K, Ca, Mg) a zásoba nadložního humusu. Výsledky doložily iniciální změny: počátek akumulace nadložního humusu v porostech založených na zemědělské půdě a méně výrazné změny půdního chemizmu. Poměry se dosud lišily od stavu ve starém porostu stanovištně odpovídajícího buku.

Klíčová slova: *zalesňování zemědělských půd, nadložní humus, pedochemické charakteristiky*

Úvod

Z historického hlediska dochází ve středoevropském prostoru k zalesňování zemědělských půd již nejméně dvě staletí (ŠPULÁK, KACÁLEK 2011), po předchozím období, kdy docházelo spíše k odlesňování krajiny (KAPLAN et al. 2009; WILLIAMS 2000). K největšímu rozmachu zalesňovacích prací docházelo především v první polovině 50. let 20. st. (ČERNÝ et al. 1995), byť k dalšímu nárůstu zalesněných ploch dochází až do současné doby. Po zalesnění dochází k zásadním změnám v dynamice půd, odlišné od půd zemědělských, především orných. Pro posouzení rychlosti obnovy lesních ekosystémů je zásadní srovnání s přirozenými či přírodě blízkými lesními porosty v podobných stanovištních podmínkách (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007A, B, PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2003). Stejně tak je důležité srovnávat akumulaci nadložní hmoty s porosty ryze hospodářskými a porosty sledovanými v intenzivních výzkumných programech (NOVÁK, SLODIČÁK 2006, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008).

U porostů založených na bývalé zemědělské půdě je nutné dbát na zvýšenou péči. Jelikož jsou dřeviny pěstovány v odlišných podmínkách, než kterým jsou fylogenetickým vývojem přizpůsobeny, bývají tyto porosty silně ohroženy stresovými faktory. Nejvýraznějším prvkem odlišujícím zemědělské půdy od trvale lesních stanovišť je nulový výskyt nadložního humusu (TORREANO 2004). Rozdíl mezi zalesněnou zemědělskou půdou a lesní půdou lze však doložit i po velmi dlouhé době, jako PODRÁZSKÝ a ŠTĚPÁNIK (2002), kteří na základě šetření v oblasti Českého Rudolce odhadují rychlost tvorby lesního prostředí na zhruba 50-100 let a PODRÁZSKÝ (2006) uvádí v horských podmínkách tuto dobu na 100-150 let.

Také v zahraničí je tato tematika řešena. Např. SZUJECKI (1996) se zabýval ekologickými aspekty reprodukce lesů na zalesněných zemědělských půdách. Dále byla řešena změna obsahu uhlíku v zemědělské půdě po zalesnění (PAUL et al. 2002). Srovnáváním produkce různých dřevin na zemědělských půdách se zabýval PERIC et al. (2006) nebo CALLESEN et al. (2006). Vlivem obsahu půdní vody a pórovitosti půdy na výškový růst borovice na zalesněné zemědělské půdě se zabývali WALL A HEISKANEN (2009). Cílem předkládaného příspěvku je pak v roce 2016 vyhodnotit změny půdního prostředí, ke kterým došlo po zalesnění zemědělské půdy v zájmové oblasti SV Čech.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkum probíhal v oblasti severovýchodních Čech v blízkosti obce Bezděkov nad Metují (okres Náchod). Nadmořská výška se pohybuje okolo 480 m. Zalesněná plocha má rozlohu 50 336 m². Parcely jsou v soukromém vlastnictví, s vlastníkem byly výzkumné aktivity projednány. Na ploše roste více druhů dřevin (SM, BK, DB, KL, LP). Dřeviny jsou pěstovány v řadovém smíšení, případně v různě velkých skupinách, plocha byla zalesněna před 10 lety a následně oplocena. Zkoumaná plocha sousedí z jižní a západní strany se starým převážně bukovým porostem, ze severní strany s ornou půdou a z východní strany s trvalým travním porostem.

Půdní vzorky byly odebrány pod jednotlivými skupinami dřevin (SM, BK, DB, KL, LP) ve vybraných částech plochy v podzimním období roku 2014. Dále byly odebrány

vzorky půdy i z přilehlých pozemků (trvalý travní porost, orná půda a starý bukový porost, cca 150 let, reprezentující přirozený lesní ekosystém na trvale lesní půdě).

Odběr byl uskutečněn pomocí kovového rámečku 25 x 25 cm. Horizonty nadložního humusu L, F, H byly odebírány kvantitativně, organominerální horizont Ah pouze kvalitativně. Odběry byly doplněny kontrolním odběrem z intenzivně obhospodařovaného pole (hloubka 0 - 20 cm) v bezprostředním sousedství a louky (0-20 cm). Vzorky na každém typu lokality byly odebrány v počtu pěti opakování. Vzorky byly zpracovány v laboratoři Tomáš se sídlem ve VÚLHM VS Opočno a stanoveny byly následující charakteristiky podle standardně používaných metodik:

- zásoba sušiny holorganických horizontů (t/ha),
- pH aktivní a výměnné v 1 N KCl,
- vlastnosti sorpčního komplexu podle Kappena (S – obsah bází, T – kationtová výměnná acidita, H – hydrolytická acidita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi),
- obsah celkového oxidovatelného uhlíku (humusu) a dusíku metodou Kjeldahla,
- obsah celkových živin v holorganických horizontech po mineralizaci kyselinou sírovou a selenem (N, P, K, Ca, Mg),
- obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg) metodou Mehlich III.

Vybrané výsledky analýz byly zpracovány softwarem Statistica (v. 12. 1.) Po provedení testu normality byl pro další vyhodnocení zvolen Kruskal-Wallisův test z důvodu nesplnění podmínky normálního rozdělení dat. Všechny vybrané charakteristiky byly testovány na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vybrané hodnoty půdních charakteristik jsou uvedeny v Tab. 1, která dokumentuje postupnou přeměnu půdního prostředí. Po deseti letech vývoje začíná být patrný vliv jednotlivých dřevin na chemismus svrchních vrstev půdy. První fáze přeměny půdního prostředí je charakterizována akumulací nadložního humusu, jehož hodnoty jsou u lučního a polního stanoviště nulové. Na zalesněné zemědělské půdě se hmotnost sušiny prozatím nachází v rozmezí od 2,9 t/ha u javoru klenu, po 6,2 t/ha zjištěných u lípy srdčité. Hmotnost sušiny stále velmi výrazně zaostává za akumulací bukového porostu rostoucího na trvalé lesní půdě, také diferenciací holorganických horizontů (L, F, H) je zatím v iniciálním stádiu a ne vždy úplná. Akumulace nadložního humusu ve starém bukovém porostu vcelku odpovídá přirozeným podmínkám, třebaže výrazně vyšší hodnoty sušiny nadložního humusu byly zjištěny v porostech jehličnatých dřevin ve zhoršených podmínkách procesu mineralizace (PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA 2009).

V růstově příznivějších podmínkách sledovaných v rámci jiných experimentů dosahovala produkce opadu a zásoba nadložního humusu na zalesněné zemědělské půdě v porostech smrku hodnot přes 40 t/ha již ve věku kolem 40 let (oblast Českého Rudolce – PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002), nebo ve věku kolem 50 let zásob přes 60 t/ha (6. - 7. VLS, Trčkov – PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007b). Nicméně v těchto případech byla ovšem zásoba nadložního humusu na starších lesních půdách rovněž větší (kolem 80 t/ha). Společné všem

Tab. 1: Vybrané hodnoty půdních charakteristik hodnotících přeměnu půdního prostředí.
 Table 1: Selected values of soil characteristics, which evaluated changes of soil conditions.

Dřevina Species	Horizont Horizon	pH/H ₂ O	S (mval/ 100g)	V (%)	P	K	Ca	Mg	Hmotnost sušiny DM (g/m ²)
<i>LP</i>	L+H	6,5 ^{bc}	57,6 ^{ac}	86,6 ^{abcd}	41,2 ^{abcd}	1636 ^{ab}	7859 ^e	1098 ^{abcde}	62,5 ^{ab}
<i>Linden</i>	Ah	6,3 ^{abcd}	19,3 ^{abcd}	88,2 ^{acd}	51,8 ^{abcd}	233 ^{dc}	2407 ^{abcde}	293 ^e	–
<i>BK</i>	L+H	6,4 ^{abcd}	54,9 ^{abc}	89,5 ^{ac}	76,4 ^{ab}	1854 ^{ab}	5199 ^{abcde}	1118 ^{abcde}	36,1 ^a
<i>Beech</i>	Ah	6,2 ^{abcd}	16,0 ^{abcd}	86,8 ^{abcd}	69,2 ^{abc}	323 ^{abc}	1749 ^{abcd}	308 ^{abcd}	–
<i>SM</i>	F+H	6,8 ^{abcd}	53,7 ^{abc}	88,0 ^{abcd}	49,6 ^{abcd}	1329 ^{abc}	6131 ^{de}	692 ^{de}	51,4 ^{ab}
<i>Spruce</i>	Ah	5,0 ^{abcd}	14,7 ^{bcd}	80,0 ^{abd}	69,8 ^{abc}	406 ^{abc}	1735 ^{abc}	284 ^{abc}	–
<i>JV</i>	F+H	5,3 ^{ad}	58,4 ^a	82,3 ^{abd}	46,4 ^{abcd}	4809 ^a	5399 ^{abcde}	1249 ^{abcde}	29,2 ^a
<i>Maple</i>	Ah	6,1 ^{abcd}	13,9 ^{bd}	83,9 ^{abcd}	48,4 ^{abcd}	283 ^{abc}	1605 ^{ab}	220 ^{ab}	–
<i>DB</i>	F+H	5,8 ^{abcd}	60,3 ^a	85,0 ^{abcd}	94,0 ^a	1994 ^{ab}	4965 ^{abcde}	1192 ^{abcde}	53,2 ^{ab}
<i>Oak</i>	Ah	6,1 ^{abcd}	16,0 ^{abcd}	85,7 ^{abcd}	83,2 ^{ab}	486 ^{abc}	1741 ^{abc}	270 ^{abc}	–
Louka Meadow	Ap	6,5 ^c	17,6 ^{abcd}	89,4 ^{ac}	29,0 ^{abcd}	86 ^c	2322 ^{abcde}	183 ^{abcde}	–
Pole Field	Ap	6,9 ^{bc}	15,8 ^{abcd}	93,0 ^c	40,8 ^{abcd}	284 ^{bc}	2027 ^{abcde}	195 ^{abcde}	–
Les Forest	F2+H	5,6 ^{abd}	50,0 ^{abcd}	81,5 ^{abd}	12,0 ^{cd}	1268 ^{abc}	5746 ^{bcde}	572 ^{bcde}	125,2 ^b
	L+F1	5,8 ^{abcd}	53,1 ^{abc}	84,7 ^{abcd}	24,8 ^{abcd}	1851 ^{ab}	5434 ^{cde}	663 ^{cde}	41,5 ^{ab}
	Ah	4,8 ^d	30,3 ^{abcd}	65,8 ^{bd}	7,6 ^d	177 ^{bc}	3289 ^{abcde}	216 ^{abcde}	–
	B	4,5 ^d	9,4 ^d	48,3 ^b	1,6 ^d	61 ^c	1351 ^a	119 ^a	–

Vysvětlivky: Statisticky významné rozdíly mezi hodnotami jsou odlišeny různými indexy.

S – obsah výměnných bází, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi

Captions: Statistically significant differences among values are indicated with different indexes.

S – cation exchange capacity, V – saturation of absorption complex, DM – amount of dry matter (holorganic horizons)

případům však bylo dosažení „přirozené“ akumulace nadložního humusu v období kolem prvního obmýtí (tj. ve věku 100 - 120 let). To je zhruba doba, kdy se dosáhne akumulace nadložního humusu srovnatelné s přirozeným cyklem nadložní organické hmoty v hospodářských lesích se změněnou druhovou skladbou. V lesích přirozených, s přírodě blízkou skladbou dřevin pak akumulace nadložního humusu dosahuje i podstatně nižších hodnot (PODRÁZSKÝ 2006, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2007a), což odpovídá odlišné dynamice organické hmoty a živin v listnatých a smíšených porostech. Nicméně i v přirozených lesních ekosystémech jsou registrovány změny v zásobě nadložního humusu, v závislostech na složení dřevin a stadiu vývoje porostní části, srovnatelné s výše uvedenými změnami v lesích hospodářských (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2003), tj. s výkyvy v rámci hospodářského cyklu.

V holorganických horizontech byla doložena nejvyšší hodnota aktuální půdní reakce v porostech smrku, lípy a buku, výrazně nižší pak v porostech dubu a zejména lípy a nejnižší ve starém bukovém porostu. Zde pak byly zjištěny i statisticky průkazně nejnižší hodnoty v nejsvrchnější vrstvě minerální zeminy, srovnatelné hodnoty pak byly prokázány pod porosty lesních dřevin na zemědělské půdě s výjimkou nejnižších hodnot pod smrkem. Ty byly srovnatelné s travním porostem, nejvyšší hodnoty pak byly stanoveny v orné půdě, což je důsledkem zemědělského hospodaření.

Velmi vyrovnané hodnoty obsahu bází byly doloženy v holorganických horizontech lesních dřevin (na lesní i zemědělské půdě) s výjimkou vyšších hodnot pod javorem a dubem. V minerální zemině nebyly rozdíly mezi lípou, bukem, dubem, loukou a ornou půdou. Ve starém porostu byl obsah bází v horizontu Ah výrazně vyšší, což je způsobeno intenzivním mísení organické hmoty do této půdní vrstvy. O něco nižší pak byly hodnoty pod smrkem a zejména javorem.

Nasyčení sorpčního komplexu bylo vesměs velmi vysoké a odpovídalo poměrům na zemědělských půdách. Velmi vysoké hodnoty byly doloženy i v holorganických vrstvách starého lesního porostu, zde byly až v minerálních horizontech prokázány statisticky významně nižší hodnoty. Naopak nejvyšší nasycení sorpčního komplexu bylo prokázáno v orné půdě.

Obsah přístupného fosforu byl nejvyšší v holorganických horizontech pod porosty dubu a buku, vyrovnaný a nižší pak pod porosty ostatních dřevin. V minerálních půdních horizontech byly jednoznačně nejnižší hodnoty prokázány pod starým bukovým porostem, kdy většina této živiny byla díky příjmu transformována do povrchových horizontů a biomasy. Nízké hodnoty byly prokázány i v minerálních horizontech orné půdy a travního porostu, poněkud vyšší hodnoty pod javorem, lípou a vyšší pak pod bukem, smrkem a dubem.

V nadložním humusu byly průkazně nejvyšší hodnoty obsahu přístupného draslíku doloženy pod javorem, nižší pod lípou, bukem a dubem, nejnižší pod smrkem. V nejsvrchnějších minerálních horizontech byly hodnoty velmi nízké pod travním porostem a pod starým lesem, vyšší pod lípou a v orné půdě, u ostatních dřevin pak výrazně vyšší – nejvyšší hodnoty pak byly doloženy pod smrkem a dubem.

Obsah přístupného vápníku byl jednoznačně nejvyšší pod porostem lípy na zemědělské půdě, vysoké hodnoty byly doloženy i pod porostem kupodivu smrku a starého buku, nižší pak javorem, mladým bukem a dubem. V horizontu Ah byly nejvyšší obsahy této živiny prokázány pod starým bukem, lípou a pak na obou typech zemědělské půdy, ostatní dřeviny vykazovaly v tomto horizontu poměrně vyrovnaný nižší obsah.

Obsah přístupného hořčíku byl vysoký v nadložním humusu pod všemi dřevinami, s výjimkou smrku a pak především starého bukového porostu. V minerálních horizontech Ah byly nízké obsahy doloženy především v zemědělské půdě s obojím typem využívání, vyšší byly pod starým bukovým porostem a vyšší, poměrně vyrovnaně, pod ostatními dřevinami na zalesněné zemědělské půdě.

ZÁVĚR

Na zalesněné zemědělské půdě byl hodnocen vliv rozdílné dřevinné skladby na tvorbu nadložního humusu a chemismus svrchních vrstev půdy. Za dobu deseti let růstu dřevin se u některých hodnocených parametrů již projevil významné změny. Akumulace organické hmoty v nadložním humusu dosáhla úrovně 2,9 až 6,5 tun na hektar, dospělý bukový porost na trvale zalesněné půdě přitom vykazoval 12,6 t/ha. Lze očekávat, že dosažení „přirozené“ úrovně a dynamiky půdní organické hmoty bude vzhledem k tempu akumulace dosaženo před dosažením obmýtí těchto dřevin. Půdní reakce jak holorganických, tak i sledovaných minerálních půdních horizontů se dosud blížila zemědělským půdám (trvalému travnímu porostu a orné půdě), ve staré bukovém porostu byly hodnoty o cca jeden stupeň pH nižší. Obsah bází a nasycení sorpčního komplexu se mezi zalesněnou zemědělskou půdou a půdou dosud zemědělsky využívanou výrazně nelišily, na rozdíl od hodnot zjištěných pod starým bukovým porostem. Podobné trendy byly doloženy i v případě přístupných živin. Během prvních 10 let od zalesnění tak je sice patrná odlišná dynamika půdní organické hmoty, respektive nadložního humusu, vybrané pedochemické vlastnosti pak dosud vykazují výrazné dědictví zemědělského využívání sledovaných půd.

LITERATURA

- CALLESEN, I., RAULUND-RASMUSSEN, K., JORGENSEN, B. B., KVIST-JOHANNSEN, V. 2006. Growth of beech, oak, and four conifer species along a soil fertility gradient. *Baltic Forestry*, 12: s. 14-23.
- ČERNÝ, Z., LOKVENC, T., NERUDA, J. 1995. *Zalesňování nelesních půd. 1. vydání*. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR: 55 s.
- KAPLAN, J., KRUMHARDT, K., ZIMMERMANN, N. 2009. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 28: s. 3016-3034.
- NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., 2006. Opad a dekompozice biomasy ve smrkových porostech na bývalých zemědělských půdách. In: *Zalesňování zemědělských půd – výzva pro lesnický sektor*. Kostelec n. Č. l., 17. 1. 2006. ČZU: s. 155-162.
- PAUL, K. I., POLGLASE, P. J., NYAKUENGAMA, J. G., KHANNA, P. K. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management*, 168 (1-3): s. 241-257
- PERIĆ, S., SELETKOVIĆ, I., MEDAK, J., PILAŠ, I., Topić, V. 2006. Istraživanje uspijevanja šest vrsta četinjača u ekološki karakterističnim regijama Hrvatske. *Radovi Šumarskog instituta (Jastrebarsko)*, 41 (9): s. 99-108.
- PODRÁZSKÝ, V. 2006. Effects of thinning on the formation of humus forms on the afforested agricultural lands. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 37 (4): s.157-163.
- PODRÁZSKÝ, V., PROCHÁZKA, J. 2009. Zalesnění zemědělských půd v oblasti Českomoravské vysočiny a obnova vrstev nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (2): s. 79-84.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2007a. Změny kvality a množství nadložního humusu při přirozeném zmlazení bukových porostů na území Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (2): s. 39-43.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2007b. Humus form status in close-to-nature forest parts comparing to afforested agricultural lands. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 53: s. 99-106.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: s. 29-36.
- PODRÁZSKÝ, V., ŠTĚPÁNÍK, R. 2002. Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách – oblast LS Český Rudolec. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (2): s. 53-56.

- PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J. 2003. Vliv hospodářských zásahů a dynamiky porostů na stav půd a přízemní vegetace lesních ekosystémů ve zvláště chráněných územích. *Příroda*, Special Issue: s. 311-316.
- ŠPULÁK O., KACÁLEK D. 2011. Historie zalesňování nelesních půd na území ČR. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56: s. 49-57.
- TORREANO, S. 2004. Soil development and properties. In: Burley J., Evans J., Youngquist, J. A. (ed.) *Encyclopedia of Forest Sciences*, Vol. 3. Oxford, Elsevier, s. 1208–1216.
- WALL, A., HEISKANEN, J. 2009. Soil–water content and air-filled porosity affect height growth of Scots pine in afforested arable land in Finland. *Forest Ecology and Management*, 257: (8) s. 1751-1756.
- WILLIAMS M. 2000. Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. *Journal of Historical Geography*, 26: 28-46.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení grantu NAZV QJ1320122 - Optimalizace managementu zalesňování zemědělské půdy ve vztahu ke zvýšení retenčního potenciálu krajiny a dále v rámci řešení projektu B03/17 poskytovaného Interní grantovou agenturou FLD ČZU v Praze.

**VPLYV TERMÍNU VÝSADBY A PÔDNYCH ADITÍV NA VÝVIN VÝSADBY BUKA
LESNÉHO A SMREKA OBYČAJNÉHO NA PLOCHE V JAVORÍ PO PRVOM
VEGETAČNOM OBDOBÍ**

*EFFECTS OF PLANTING TIME AND SOIL ADDITIVES ON DEVELOPMENT
OF EUROPEAN BEECH AND NORWAY SPRUCE PLANTATIONS ON THE PLOT
IN JAVORIE MTS. AFTER THE FIRST GROWING SEASON*

IVAN REPÁČ, MATÚŠ SENDECKÝ, ZUZANA PAROBKOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen, SR, repac@tuzvo.sk, xsendecky@is.tuzvo.sk, parobekova@tuzvo.sk

ABSTRACT

Bareroot (BR) and containerized (CR) European beech and Norway spruce seedlings were planted in autumn and spring time (in spring also with application of fertilizer Silvamix and hydrogel Stockosorb) on the plot in Javorie Mts., central Slovakia. After the first growing season, 69% of BR beech, 63% of CR beech, 67% of BR spruce and 75% of CR spruce seedlings survived, whereby higher survival rate was in spring than autumn planting time. Seedlings were most damaged by game and drying of leading shoot. Application of Silvamix had slightly negative effect on survival of BR and CR spruce and CR beech. The additives had no significant effect on the growth of plantations. BR beech planted in autumn reached better growth than planted in spring. Nutrients content in photosynthetic apparatus was within recommended range in all treatments; content of N, P, K in CR spruce was a bit higher than in BR one, probably as consequence of nursery fertilization.

Keywords: reforestation, planting time, fertilization, hydrogel, European beech, Norway spruce

ABSTRAKT

Voľnokorenné (VK) a krytokorenné (KK) sadenice buka lesného (BK) a smreka obyčajného (SM) boli vysadené v jesennom a jarnom termíne (v jarnom aj s aplikáciou hnojiva Silvamix a hydroabsorbenta Stockosorb) na plochu v Javorí. Po prvom vegetačnom období bola ujatost' VK BK 69%, KK BK 63%, VK SM 67% a KK SM 75%, pričom vyššia ujatost' bola z jarného než z jesenného termínu. Sadenice boli najviac poškodené zverou a vysychaním terminálneho výhonka. Aplikácia Silvamixu mala mierne nepriaznivý vplyv na ujatost' VK i KK SM a KK BK. Prípravky nemali významný vplyv na rast výsadiieb. VK BK z jesennej výsadby dosiahol významne lepší rast než z jarnej. Obsah živín v asimilačnom aparáte bol vo všetkých variantoch na úrovni normálnych zásob; obsah N, P, K pre KK SM bol o niečo vyšší než pre VK.

Kľúčové slová: umelá obnova, termín výsadby, hnojenie, hydroabsorbent, buk lesný, smrek obyčajný

Úvod

V dôsledku klimatickej zmeny stále nepriaznivejšie podmienky výsadbových plôch kladú osobitné požiadavky na kvalitu použitého sadbového materiálu a postupy výsadby. Výsledok obnovy môžu pozitívne ovplyvniť aj postupy s potenciálom vylepšiť výsledky prevažujúcej jarnej výsadby voľnokorenného (VK) sadbového materiálu (aplikácia stimulačných prípravkov, krytokorenný (KK) sadbový materiál, jesenná výsadba). V súčasnosti je dôležitým faktorom prežitia a vývinu sadeníc stres zo sucha. Na zlepšenie vodnej bilancie je možné aplikovať na korene sadeníc alebo do jamiek hydroabsorbenty (TUČEKOVÁ et al. 2008, REPÁČ A VENCURIK 2015). Jedným z opatrení uľahčujúcich obnovu na degradovaných a nutrične chudobných plochách môže byť hnojenie, napr. aplikácia pomaly rozpustných hnojív (KUNEŠ et al. 2004, KUPKA 2005).

Cieľom tejto práce je vyhodnotiť účinky termínu výsadby a aplikácie hnojiva Silvamix Forte a hydroabsorbenta Stockosorb na ujatosť, poškodenie, rast a obsah živín v asimilačných orgánoch VK a KK sadeníc buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) a smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) na výskumnej výsadbovej ploche (VVP) v Javorí po prvom vegetačnom období.

MATERIÁL A METODIKA

VVP bola založená v jeseni 2014 a na jar 2015 na holine po vetrovej kalamite v geomorfologickom celku Javorie na území Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP) Technickej univerzity vo Zvolene. VVP sa nachádza v 3. lesnom vegetačnom stupni (dubovo-bukovom), je v nadmorskej výške 480–500 m, expozícia SV, sklon 30%. Vysadené boli VK sadenice (2+2) a KK semenáčky (fk1+0) smreka obyčajného (SM) a VK (1+0) a KK semenáčky (fk1+0) buka lesného (BK). VK sadbový materiál bol vypestovaný v škôlke VŠLP a KK semenáčky v obaloch Plantek F v škôlkarskom stredisku Jochy. Obe dreviny boli vysádzané jamkovou sadbou v rozstupe 1,30 m, hustota 6000 ks ha⁻¹. Popri výsadbe neošetrených sadeníc boli v jarnom termíne aplikované hydroabsorbent Stockosorb a pomaly rozpustné hnojivo Silvamix Forte. V každej kombinácii dreviny, termínu, typu sadeníc (VK, KK), prípravku a opakovania bolo vysadených 50 ks sadeníc. Spolu bolo vysadených 2400 ks sadeníc (50 ks × 2 dreviny × 2 typy × 4 varianty (jeseň, jar, jar+Silvamix, jar+Stockosorb) × 3 opakovania). Plocha jedného opakovania bola 0,14 ha, celej VVP 0,42 ha.

Stockosorb (Evonik Stockhausen GmbH, Krefeld, Nemecko) je hydroabsorbent, ktorý je schopný viazať extrémne množstvo vody (1 g až 300 ml vody). Koreňové systémy sadeníc boli namočené do gélovej formy, ktorá bola pripravená miešaním práškoveho prípravku s primeraným množstvom vody (500 g na 100 l vody). Silvamix (Ecolab s.r.o., Znojmo, ČR) je pomaly rozpustné bezchloridové zásobné hnojivo s vysokým obsahom živín (N, K, P, Mg). Zdrojom pomaly pôsobiaceho dusíka v pôde je ureaform a živiny sa do pôdy uvoľňujú po dobu 1 až 2 roky. V experimente sme použili Silvamix Forte vo forme tabliet s obsahom živín N 17,5%, P₂O₅ 17,5%, K₂O 10,5%, MgO 9%. Okolo jednej sadenice sme pravidelne rozmiestnili 3 tablety (vzdialenosť asi 10 cm od sadenice, hĺbka 3 cm).

Po 1. vegetačnom období bol zistený počet prežitých a poškodených sadeníc (suché terminálne výhonky, zver, vyžínanie), meraná hrúbka krčka, výška stonky a výškový prí-

rastok. Z hodnôt hrúbky krčka a výšky bol vypočítaný objem nadzemnej časti ($1/3 \cdot \pi \cdot 1/2 \cdot h^2 \cdot v$, modifikácia RUEHLE 1982). Koncom septembra boli odobrané asimilačné orgány pre chemické analýzy za účelom zistenia základných živín. Rastové charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt rastových parametrov bol použitý Tukeyov test ($p \leq 0,05$). Výpočty boli urobené na PC v programe SAS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Po 1. vegetačnom období bola ujatosť SM v rozmedzí 55–86% a BK 39–83% v závislosti od typu sadeníc, termínu výsadby a použitého prípravku (tab. 1). Výrazne nižšia ujatosť oboch drevín z jesennej výsadby oproti jarnej bola pravdepodobne výsledkom poškodenia sadeníc zverou a poveternostnými vplyvmi v priebehu zimy. Na rozdiel od našich výsledkov, na kalamitnej ploche vo V. Tatrách bolo prežívanie VK SM z jesenného termínu vyššie (89%), než z jarného (80%) (REPÁČ et al. 2011). V rozpore s nepriaznivým účinkom hnojiva Silvamix Forte v tomto experimente, aplikácia Silvamixu MG mierne zvýšila ujatosť BK na holine po vetrovej kalamite vo Volovských vrchoch (REPÁČ a VENCURIK 2015) a KUNEŠ et al. (2004) zistili pozitívny vplyv Silvamix Forte na prežívanie SM na imisnej holine v Jizerských horách. TUČEKOVÁ ET AL. (2010) však pozorovali nepriaznivý vplyv organominerálneho hnojiva Condit na ujatosť BK a SM na kalamitnej holine vo Veporských vrchoch a REPÁČ a VENCURIK (2015) v Kysuckých Beskydách. Podobne ako v tejto práci, REPÁČ a VENCURIK (2015) zistili indiferentný alebo mierne pozitívny vplyv hydroabsorbentov. TUČEKOVÁ et al. (2008) zaznamenali na VVP v rôznych oblastiach Slovenska väčšinou pozitívny účinok Stockosorbu na prežívanie viacerých druhov drevín, vrátane BK a SM.

Poškodenie sadeníc (tab. 1) bolo pomerne rozsiahle; zverou bol viac poškodený SM než BK, výrazne viac VK než KK materiál, pravdepodobne v dôsledku vyhľadávania vyšších a objemnejších VK sadeníc zverou. Rozdiely v rozsahu vysychania terminálnych výhonov SM podľa variantov neboli výrazné. Väčší výskyt suchých vrcholov pre VK BK bol z jesennej než jarnej výsadby a pri KK semenáčikoch po aplikácii prípravkov. Vysoký podiel poškodenia kultúr rok po výsadbe zaznamenali tiež TUČEKOVÁ ET AL. (2010) a REPÁČ et al. (2011).

Vplyv termínu výsadby a aplikovaných prípravkov na rast sadeníc bol väčšinou indiferentný (tab. 2). Semenáčiky KK SM mali významne vyššie výškové prírastky z jarnej než jesennej výsadby. Naopak semenáčiky VK BK dosiahli vyššie hodnoty rastových ukazovateľov z jesennej než jarnej výsadby. REPÁČ (2015) uvádza uspokojujúce prežívanie a lepší rast sadeníc SM vysádzaných v jesennom než jarnom termíne. KK semenáčiky BK prihnojené Silvamixom dosiahli významne vyššie hodnoty hrúbky krčka a objemu nadzemnej časti než ošetrované Stockosorbom. KUNEŠ et al. (2004) zistili pozitívny vplyv hnojiva Silvamix na rast a výživu kultúr SM a KUPKA (2005) na rast jedle bielej. Chemická analýza asimilačného aparátu v tomto experimente ukázala, že obsah minerálnych živín bol na úrovni normálnych zásob (BERGMANN 1988) (tab. 3). Určité rozdiely medzi variantmi sa ukázali v obsahu K a Ca v ihličí SM. Obsah N, P, K pre KK SM bol o niečo vyšší než pre VK, pravdepodobne ako dôsledok režimu hnojenia v škôlke. Obsah živín v asimilačných orgánoch sadeníc vysadených s aplikáciou Stockosorbu bol vo väčšine prípadov o niečo nižší v porovnaní s jarnou výsadbou bez aplikácie prípravkov.

Tab. 1: Ujatosť a poškodenie sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Javorí

Table 1: Survival and damage of Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on the plot in Javorie Mts.

Variant Treatment	Ujatosť % Survival %	Poškodenie z prežitých % Damage from survived %						
		Zver Game		Suchý vrchol Dry leading shoot		Iné poškodenie Another damage		
	VK	KK	VK	KK	VK	KK	VK	KK
Smrek obyčajný / Norway spruce								
Jeseň/Autumn	55	59	15,6	4,5	3,6	5,7	0,0	0,0
Jar/Spring	84	85	16,7	0,0	8,7	4,7	0,0	0,0
Jar+Silvamix	63	68	18,1	1,0	10,6	8,9	0,0	0,0
Jar+Stockosorb	67	86	5,0	0,0	9,0	3,1	0,0	0,0
Buk lesný / European beech								
Jeseň/Autumn	39	57	8,2	3,1	13,9	0,0	9,3	0,0
Jar/Spring	78	67	0,8	0,8	0,7	3,7	0,0	0,0
Jar+Silvamix	77	56	0,0	0,0	2,8	11,1	0,9	2,0
Jar+Stockosorb	83	70	20,3	0,8	4,6	17,0	1,6	2,0

Vysvetlivky: VK – voľnokorenný sadbový materiál, KK – krytokorenný sadbový materiál

Notes: VK – bareroot seedlings, KK – containerized seedlings

Tab. 2: Hodnoty rastových parametrov (± smerodajné odchýlky) sadbového materiálu smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Javorí

Table 2: Values of growth parameters (± standard deviations) of Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on the plot in Javorie Mts.

Variant Treatments	Hrúbka krčka (mm) Stem diameter (mm)	Výška kmenka (cm) Stem height (cm)	Výškový prírastok (cm) Height increment (cm)	Objem nadzemnej časti (cm ³) Volume of above ground part (cm ³)
Smrek voľnokorenný 2+2 / Bareroot spruce 2+2				
Jeseň/Autumn	7,2 ± 1,4	36,5 ± 6,4	10,5 ± 3,5	20,5 ± 10,2
Jar/Spring	6,6 ± 1,3	34,8 ± 7,0	8,7 ± 3,4	16,2 ± 8,7
Jar+Silvamix	6,6 ± 1,7	36,6 ± 7,1	7,9 ± 4,4	17,8 ± 12,7
Jar+Stockosorb	6,7 ± 1,9	33,7 ± 6,7	8,7 ± 3,0	17,7 ± 11,9
Smrek krytokorenný fk1+0 / Containerized spruce fk1+0				
Jeseň/Autumn	4,3 ± 1,0	29,1 ± 6,3	7,7 ± 2,7b	5,8 ± 3,2
Jar/Spring	4,5 ± 1,2	30,6 ± 4,8	11,1 ± 4,2a	6,7 ± 4,1
Jar+Silvamix	4,5 ± 1,0	32,1 ± 5,2	11,3 ± 3,5a	6,9 ± 3,8
Jar+Stockosorb	4,2 ± 1,0	28,6 ± 5,1	9,7 ± 2,7ab	5,4 ± 3,2
Buk voľnokorenný 1+0 / Bareroot beech 1+0				
Jeseň/Autumn	5,7 ± 1,2a	40,6 ± 5,8a	7,2 ± 2,4	14,8 ± 7,6a
Jar/Spring	3,8 ± 0,9b	32,6 ± 6,0b	5,1 ± 1,8	5,1 ± 3,0b
Jar+Silvamix	4,5 ± 1,1ab	36,2 ± 6,1ab	5,9 ± 2,8	8,1 ± 5,4b
Jar+Stockosorb	3,2 ± 1,0b	30,4 ± 4,7b	4,9 ± 2,3	3,6 ± 3,2b
Buk krytokorenný fk1+0 / Containerized beech fk1+0				
Jeseň/Autumn	4,7 ± 1,3a	36,5 ± 6,2	6,3 ± 3,5	9,2 ± 6,0a
Jar/Spring	4,3 ± 1,1ab	35,1 ± 7,3	6,6 ± 3,2	7,3 ± 4,4ab
Jar+Silvamix	4,8 ± 1,2a	34,7 ± 7,0	7,4 ± 4,1	8,9 ± 5,8a
Jar+Stockosorb	4,0 ± 0,9b	34,3 ± 8,4	6,5 ± 3,2	5,8 ± 3,2b

Vysvetlivky: Rôzne písmená označujú štatisticky významný rozdiel medzi variantmi

Notes: Different letters mark significant difference between treatments

Tab. 3: Chemická analýza asimilačného aparátu smreka obyčajného a buka lesného rok po výsadbe na ploche v Javori

Table 3: Chemical analysis of photosynthetic apparatus of Norway spruce and European beech seedlings one year after planting on the plot in Javorie Mts.

Variant Treatment	C (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	Mg (mg kg ⁻¹)
Smrek voľnokorenný 2+2 / Bareroot spruce 2+2						
Jeseň/Autumn	52,0	1,41	1840	7620	4970	1100
Jar/Spring	53,4	1,48	1930	6660	5170	1130
Jar+Silvamix	51,9	1,51	1960	7080	4910	940
Jar+Stockosorb	52,9	1,56	1660	5840	3640	810
Smrek krytokorenný fk1+0 / Containerized spruce fk1+0						
Jeseň/Autumn	51,4	1,65	2220	9290	4510	1110
Jar/Spring	52,8	1,75	2230	9260	7300	1230
Jar+Silvamix	51,1	2,01	2420	8850	6340	1210
Jar+Stockosorb	51,2	1,76	2460	8980	5600	1090
Buk voľnokorenný 1+0 / Bareroot beech 1+0						
Jeseň/Autumn	52,6	1,94	1970	5490	8740	2270
Jar/Spring	52,9	2,19	1640	5330	9290	2100
Jar+Silvamix	52,1	2,22	1850	5040	9580	1930
Jar+Stockosorb	50,6	1,94	1580	4610	9590	1890
Buk krytokorenný fk1+0 / Containerized beech fk1+0						
Jeseň/Autumn	51,9	2,17	1670	5740	10400	2080
Jar/Spring	51,6	2,19	1690	5660	10400	2260
Jar+Silvamix	51,7	2,27	1560	5390	11100	2230
Jar+Stockosorb	52,5	2,18	1550	5610	9950	1980

ZÁVER

REPÁČ a VENCURIK (2015) a REPÁČ (2015) na základe hodnotenia viacerých výsadiieb odporúčajú rozsiahlejšie použitie KK materiálu, pôdnych kondicionérov a jesenného termínu výsadby. Pozitívny vplyv takýchto postupov a KK semenáčikov v tomto experimente nebol výrazný. Jesenný termín výsadby sa z hľadiska prežívania sadeníc ukázal pre obe dreviny ako menej vhodný v porovnaní s jarným termínom. Taktiež vplyv prípravkov na prežívanie bol indiferentný (Stockosorb) až negatívny (Silvamix). Z hľadiska rastu sadeníc mali prípravky väčšinou indiferentný alebo len mierne pozitívny vplyv. Výsledky vo veľkej miere závisia od podmienok VVP, priebehu počasia a ďalších okolností. Ujatosť a poškodenie kultúry rok po jej založení majú vysokú prediktívnu hodnotu, ale na exaktnejšie hodnotenie vývoja, zvlášť rastu lesných kultúr je potrebné dlhšie obdobie.

LITERATÚRA

- BERGMANN, W. 1988. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose*. Jena, Veb Gustav Fischer Verlag: 762 s.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., Čížek, M. 2004. Influence of amphibolite powder and Silvamix fertiliser on Norway spruce plantation in conditions of air polluted mountains. *Journal of Forest Science*, 50: s. 366-373
- KUPKA, I. 2005. Reaction of silver fir (*Abies alba* Mill.) plantation to fertilization. *Journal of Forest Science*, 51: s. 95-100
- REPÁČ I. 2015: Príspevok k poznaniu vplyvu termínu výsadby na prežívanie a rast lesných kultúr. In: Štefančík, I., Bednářová, D. (eds.) *Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa*. Národné lesnícke centrum Zvolen: s. 28-35

- REPÁČ, I., TUČEKOVÁ, A., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK, J. 2011. Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. windthrow area after the first growing season. *Journal of Forest Science*, 57: s. 349-358
- REPÁČ, I., VENCURIK, J. 2015. Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov. Vedecká monografia. Technická univerzita vo Zvolene, 132 s.
- RUEHLE, J. L. 1982. Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Caroline. *Southern Journal of Applied Forestry*, 6: s. 30-33
- TUČEKOVÁ, A., HALÁK, A., SLAMKA, M. 2008. Hydrogely v umelej obnove lesa. *Forestry Journal*, 54: s. 347-369
- TUČEKOVÁ, A., REPÁČ, I., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK, J. 2010. Vplyv aplikácie pôdnych aditív na rast a prežívanie výsadičiek po prvom vegetačnom období. In: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.) *Aktuálne problémy lesného semenárstva, škôlkarstva a umelej obnovy lesa*. Národné lesnícke centrum Zvolen: s. 123-130.

PodĎakovanie

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej, J. Hroncovi a M. Belkovi za technické práce.

DISTURBANČNÝ REŽIM VYBRANÝCH BUKOVÝCH PRALESOV VO VEGETAČNOM GRADIENTE LESOV SLOVENSKA

DISTURBANCE REGIME OF SELECTED BEECH NATURAL FORESTS IN VEGETATION GRADIENT OF SLOVAKIA

MILAN SANIGA, DENISA SEDMÁKOVÁ

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

ABSTRACT

The study presents results on the spatial structure of canopy gaps in the selected beech natural forest 'Rožok' (growth optimum of beech) and National Nature Reserve (NNR) 'Skalná Alpa', where beech grows at the upper limit of its natural occurrence (the upper limit of its vegetation gradient). In natural forest NNR 'Rožok', the size of canopy gaps reached values from 38.51 to 603.03 m² and the median value 73.06 m². The highest proportion of canopy gaps was detected in the case of canopy gaps with the size 5–100 m² (64.71%), while more than 2/3 represented canopy gaps with the size of <60 m². The highest proportion of canopy gaps - 75% originated from the mortality of 1–2 stems. In NNR 'Skalná Alpa' the size of canopy gaps was 9.5–461.1 m². The average size of the true canopy gap corresponds with 108 m² and the median gap size to 72.3 m². The highest proportion of canopy gaps - 38% originated from the mortality of 1 stem. The proportion of gaps that originated from the mortality of 2–3 stems is 16 and 12% respectively. Research confirmed significant small-scale disturbance regardless the altitudinal vegetation gradient of the studied tree species.

Keywords: *beech, natural forest, disturbance, canopy gap, gapmaker*

ABSTRAKT

Práca prezentuje výsledky štruktúry veľkosti porastových medzier vo vybratých bukových pralesoch NPR Rožok (rastové optimum buka) a NPR Skalná Alpa, kde buk sa nachádza na hornej hranici svojho prirodzeného rozšírenia (vrchol jeho vegetačného gradientu) V bukovom pralesi NPR Rožok sa veľkosť otvorených medzier sa pohybovala v rozpätí od 38,51 m² po 603,03 m² s mediánom veľkosti medzier 73,06 m². Najväčšia frekvencia výskytu medzier bola zistená v prípade otvorených porastových medzier s výmerou od 5 do 100 m² (64,71%), pričom viac ako 2/3 predstavovali porastové medzery s výmerou do 60 m². Z hľadiska počtu gapmakerov v medzere bol zaznamenaný najväčší podiel 75% a to v prípade porastových medzier, ktoré vznikli odumretím jedného, respektíve dvoch gapmakerov. V NPR Skalná Alpa veľkosť otvorených medzier sa zistila v rozpätí od 9,5 m² do 461,1 m². Priemerná veľkosť otvorenej medzery je 108 m² a mediánová hodnota je 72,3 m². Z hľadiska počtu gapmakerov v medzere bol zaznamenaný najväčší podiel 38% porastových medzier, ktoré vznikli odumretím jedného gapmakera. Pri medzerách, ktoré vznikli odumretím resp. vypadnutím 2 resp. 3 stromov tvorí podiel medzier 16 resp. 12%. Výskum potvrdil významne maloplošnú disturbančiu bez ohľadu na výškový vegetačný gradient tejto dreviny.

Kľúčové slová: *buk, prales, disturbančia, porastové medzery*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Buk lesný (*Fagus sylvatica* [L.]) je jednou z dominantných drevín temperátnych lesov Európy (JAHN 1991). Na podklade údajov z mapy potencionálnej prirodzenej vegetácie Európy (BOHN *et al.* 2004), rovnomeré bukové alebo zmiešané bukové lesy pravdepodobne pokrývali za posledných 1 000 rokov viac ako 92 miliónov hektárov výmery Európy. Podľa súčasných národných inventarizačných údajov porasty s dominantným zastúpením buka stále pokrývajú viac ako 14 miliónov hektárov (STANDOVÁR, KENDERES 2003). Bukové pralesy vo všetkých sledovaných orografických celkoch Slovenska sa vyznačujú 2 – 3 vrstvovou výstavbou. Typická jednovrstvová a výškovo vyrovnaná štruktúra je veľmi zriedkavá a vyskytuje sa na malých plochách do 10 árov. Rozdielnosti v ich štruktúre a vývojové štádiá pralesa sa striedajú na malých plochách s maximálnym rozpätím do 0,20 ha. Výskumy potvrdili, že majú maloplošnú textúru (SANIGA 2002; SANIGA, SKLENÁR 2003). Táto štruktúra je výsledkom zákonite prebiehajúcich disturbančných procesov. Porastové medzery ako výsledok disturbančného režimu sú v poslednom období predmetom intenzívneho výskumu. YAMAMOTO (2000) uvádza autorov, ktorí sa zaoberali touto problematikou v kontexte s existenciou porastových medzier v tropických porastoch, porastoch listnatých opadavých, ihličnatých a zmiešaných lesov mierneho pásma. Porastové medzery zohrávajú veľký význam v dynamike lesného ekosystému hlavne v otázke striedania jeho generácií (BROKAW 1985, RUNKLE 1985). Vznikajú odumretím jedného alebo niekoľkých úrovňových stromov v lesnom ekosystéme tzv. ‘*gapmakerov*’. Tento priebeh je dôsledok disturbančných abiotickými, biotickými činiteľmi malého rozsahu alebo dosiahnutím fyzického veku. Medzery sú z dôvodu zvýšenia prísunu svetelného žiarenia a zmeny porastovej mikroklímy postupne vyplňané následnou generáciou jedincov cez regeneračné procesy. Priestorové vzťahy medzi porastovými otvormi a výskytom prirodzenej obnovy pomohlo vedcom koncipovať ideu tzv. ‘*gap dynamics*’ (REMMERT 1991 *ex PALUCH* 2007; YAMAMOTO 2000; RUNKLE, YETTER 1987). Jedná sa o proces, ktorý je typický pre disturbančné režimy v klimaxovom lese, čiže aj pre európske temperátne lesy. Z tohto pohľadu je medzi autormi značný rozdiel v definovaní kritérií pre evidenciu porastových medzier. Niektorí evidujú porastovú medzeru ak je otvor v korunovej klenbe hornej vrstvy porastu väčší ako určitá hraničná hodnota napr. 10 m² (NAKASHIZUKA 1984), resp. 25 m² (VEBLEN 1985 *ex STANDOVÁR*; KENDERES 2003). Dynamikou porastových medzier sa v minulosti zaoberali v niektorých typoch ekosystémov ako napr. tropické lesy (WHITMORE 1989), temperátne lesy (RUNKLE, YETTER 1987; KENDERES *et al.* 2008, 2009), boreálne lesné ekosystémy (MCCARTHY 2001). Na Slovensku sú dostupné údaje z prvých statických meraní porastových medzier napr. z jedľovo-bukového pralesa NPR Badín (KUCBEL *et al.* 2009) a zmiešaného pralesa v NPR Hrončecký grúň v 7. lvs (BALANDA 2010). Výskum tejto závažnej problematiky sa vykonal v bukových pralesoch Havešová a Kyjov (DRÖSSLER, LÜPKE 2005) a Badínsky prales (KUCBEL *et al.* 2009). Rozbor výsledkov v bukových pralesoch východného Slovenska potvrdil, že otvorené medzery reprezentujú 15–16% plochy pralesov, rozšírené medzery majú svoj plošný podiel 50–55% z celkovej plochy pralesov. Výsledky z Badínskeho pralesa sú podstatne rozdielne. Plošný podiel otvorených medzier bol zistený v hodnote 11,3%, plocha rozšírených medzier bola 37,9%. Plošná štruktúra otvorených medzier v bukových pralesoch Havešová a Kyjov potvrdila, že prevládajú medzery s veľkosťou do 250 m², ktorých relatívny podiel bol 92,0%, resp. 86,7%. Z hľa-

diska počtu stromov, ktoré sa podieľali na tvorbe medzier v oboch pralesoch, výskum potvrdil, že v NPR Havešová prevládali medzery, ktoré boli vytvorené vypadnutím 1 stromu (72%). V bukovom pralesi Kyjov sa potvrdila podobná tendencia, kde sa nachádzalo 59% medzier, ktoré boli vytvorené vypadnutím 1 stromu. Medzery v Badínskom pralesi v dôsledku malého zastúpenia jedle majú inú plošnú štruktúru. Analýza v tomto pralesi, ktorého výskum bol orientovaný do skupiny lesných typov *Fagetum typicum*, potvrdila, že podobne ako v bukových pralesoch východného Slovenska prevládajú otvorené medzery s plochou do 2,5 ára (88,9%). Pokiaľ sa týka rozšírených medzier, výsledky potvrdili, že dominantné sú medzery do 500 m², ktorých plošný podiel tvorí 77,7% z celkovej plochy medzier. Prales má maloplošnú štruktúru medzier, nakoľko skoro 80% ich počtu je v plošnom rozpätí do 5 árov. Veľký význam z pohľadu dynamiky disturbančných procesov má aj rastové optimum resp. horná hranica rozšírenia bukových prírodných lesov. Cieľom príspevku je overenie hypotézy vplyvu nadmorskej výšky (vegetačného profilu) na dynamiku disturbančných procesov (štruktúru porastových medzier) v optime a hornej hranici prirodzeného rozšírenia bukových prírodných lesov.

MATERIÁL A METODIKA

Predmetom výskumu bol bukový prales NPR Rožok (SANIGA *et al.* 2014) a bukový prales NPR Skalná Alpa (SANIGA *et al.* 2013), kde buk reprezentuje hornú hranicu svojho rozšírenia. Spoločenstvá NPR Rožok patria na základe druhového zloženia geobiocenóz do 4. bukového lesného vegetačného stupňa, mezotrofného edaficko-trofického radu B, do dvoch skupín lesných typov *Ft.* a *Fp.* (ZLATNÍK 1976). Pedologicky sa jedná o hnedé lesné pôdy až kambizeme.

V NPR Skalná Alpa má drevinové zloženie smrek 55%, jedľa 10%, buk 30%, javor horský 5%. Skúmané porastové komplexy patria do skupín lesných typov (slt) *Fageto-Aceretum* a *Abieto-Fagetum*. V nadmorskej výške nad 1200 m prechádzajú v 7. lvs do prestarnutých porastov patriacich do slt *Fageto-Piceetum* a *Acereto-Piceetum* (KORPEL 1989). Predmetom analýzy bol lesný ekosystém v slt *Fageto-Aceretum* s dominantným zastúpením buka (90%). Geologické podložie je tvorené vápencami a dolomitmi, pôdny typ rendzina.

V NPR Rožok bol výskum porastových medzier vykonaný na severne exponovanom svahu v strednej časti rezervácie na 5 ha ploche TVP 1. V NPR Skalná Alpa bol predmet výskumu orientovaný na analýzu 2 TVP o rozmeroch 50×150 m /spolu 1,50 ha/. Jedna TVP bola založená v skupine lesných typov *Fageto-Aceretum* vyšší stupeň (*FAC* vst.) (lesný typ 6407 deväťsilová podmáčaná buková javorina vst.), druhá TVP v skupine lesných typov *Fageto-Aceretum humile* (*FAC hum*) (lesný typ 6411 nízka buková javorina). Jednalo sa o statické zachytenie situácie porastových medzier. V porastovom zápoji boli determinované plochy s porastovou medzerou a bez porastovej medzery, pričom následne boli rozlišované dva typy porastových medzier podľa RUNKLA (1992), ktorý diferencuje medzeru otvorenú a rozšírenú.

- Otvorená medzera bola definovaná ako vertikálny priemet otvoru v porastovom zápoji prenesený na pôdny povrch, ktorý vznikol odumretím jedinca, alebo viacerých jedincov z hornej vrstvy porastu.

- Rozšírená medzera predstavovala priestor medzi bázami kmeňov stromov ohraničujúcich otvorenú medzeru.

Pre evidenciu a analýzu porastovej medzery podľa RUNKLA (1992) museli byť splnené súčasne všetky nasledovné kritériá:

- existencia otvoru v korunovom zápoji o veľkosti min. 5 m², ktorý vznikol odumretím jedného alebo viacerých stromov hornej vrstvy pralesa (t.j. kritériom pre rozlíšenie jedinca z hornej vrstvy pralesa bola hraničná hrúbka $d_{1,3}$, ktorá zodpovedala $\frac{2}{3}$ hornej výšky pralesa, pričom bola odvodená pomocou výškovej krivky získanej z nameraných údajov jedincov na tranzekte TVP v skúmanom pralese),
- gapmaker, vypadnutím ktorého otvor v hornej vrstve pralesa vznikol bol identifikovateľný,
- jedince následnej generácie na ploche medzery nedosiahli hraničnú hrúbku $d_{1,3}$ strednej vrstvy zodpovedajúcu $\frac{1}{3}$ hornej výšky pralesa

Plošná distribúcia porastových medzier spolu s ich charakteristikami bola meraná a analyzovaná pomocou zostavy Field-Map. V rámci výskumu porastových medzier boli ku každej otvorenej medzere zadávané atribúty o počte gapmakerov a ich stupni rozkladu podľa klasifikácie ALBRECHTA (1990), ako aj jeden z troch spôsobov ich odumretia (zlom, vývrat, stojaci). Plocha porastovej medzery bola vypočítaná automaticky v prostredí Field-Map, pričom tvar a poloha jednotlivých porastových medzier bola vizualizovaná priamo na monitore terénneho počítača už počas merania.

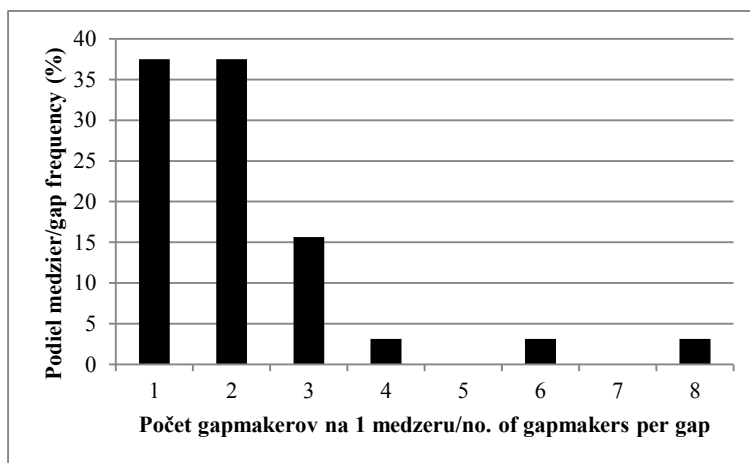
VÝSLEDKY

NPR Rožok

Na 5 ha bolo evidovaných celkovo 34 porastových medzier, pričom otvorené porastové medzery predstavovali 8,73% a rozšírené porastové medzery 18,66% z celkovej skúmanej plochy. Veľkosť otvorených medzier sa pohybovala v rozpätí od 38,51 po 603,03 m² s mediánom veľkosti medzier v hodnote 73,06 m². Rozdelenie početnosti veľkosti otvorených porastových medzier korešpondovalo s lognormálnym rozdelením s parametrami $\mu = 4,50$ a $\sigma = 0,49$ ($\chi^2 = 1,15$, $p = 0,28$), pričom početnosť klesala s narastajúcou veľkosťou medzier. Najväčšia frekvencia výskytu medzier bola zistená v prípade otvorených porastových medzier s výmerou od 5 do 100 m² (64,71%), pričom viac ako $\frac{2}{3}$ predstavovali porastové medzery s výmerou do 60 m². Druhou najpočetnejšou kategóriou bola kategória otvorených medzier s výmerou od 100 do 200 m², pričom však jej hodnota bola skoro o 50% nižšia (17,65%) oproti kategórii do 100 m². Z pohľadu kumulatívneho podielu jednotlivých porastových medzier sa až 88,24% otvorených porastových medzier nachádzalo v kategórii porastových medzier s výmerou do 300 m², pričom v kategórii medzier s výmerou od 300 m² bolo zistených 11,76%, z čoho však len 5,9% malo výmeru väčšiu ako 500 m². Veľkosť rozšírených porastových medzier sa pohybovala v rozmedzí od 137,56 do 753,95 m², pričom medián dosiahol hodnotu 222,98 m². Rozdelenie početnosti veľkostí rozšírených porastových medzier sa nelíšilo signifikantne od lognormálneho rozdelenia s parametrami $\mu = 5,55$ a $\sigma = 0,48$ ($\chi^2 = 3,73$, $p = 0,05$). Na základe nízkeho podielu otvorených medzier z výmery skúmanej plochy, vysokého zastúpenia otvorených porastových medzier s výmerou do 300 m², ako aj skutočnosti, že na skúmanej ploche sa nezistili otvorené medzery v korunovej klenbe s výmerou nad 700 m² môžeme konštatovať, že na skúmanej ploche nedochádza k veľkým disturbanciam. Zároveň

dominantný podiel otvorených porastových medzier do 100 m² a náhly pokles podielu otvorených medzier v nasledovných kategóriách naznačuje, že dochádza k maloplošnému rozpadu hornej vrstvy pralesa.

V rámci TVP bolo evidovaných celkovo 69 kusov gapmakerov. Z pohľadu počtu gapmakerov v medzere bol zaznamenaný najväčší podiel v prvých dvoch kategóriách (v oboch prípadoch 37,5%) a to v prípade porastových medzier vzniknutých odumretím jedného, respektíve dvoch gapmakerov (obr. 1). To znamená, že až ¾ evidovaných porastových medzier vzniklo odumretím a následným padnutím jedného alebo dvoch jedincov z hornej vrstvy pralesa. Frekvencia výskytu kategórií porastových medzier, ktoré vznikli odumretím viacerých stromov z hornej vrstvy bola nižšia. Podiel porastových medzier vytvorených 3 gapmakerami predstavoval 15,63% a o 12,5% nižší podiel bol zistený v prípade medzier vzniknutých 4 gapmakerami. Porastové medzery vytvorené väčším počtom gapmakerov ako 8 ks neboli na TVP zaznamenané.



Obr. 1: Frekvencia výskytu porastových medzier podľa počtu gapmakerov v medzere na TVP 1 v NPR Rožok.

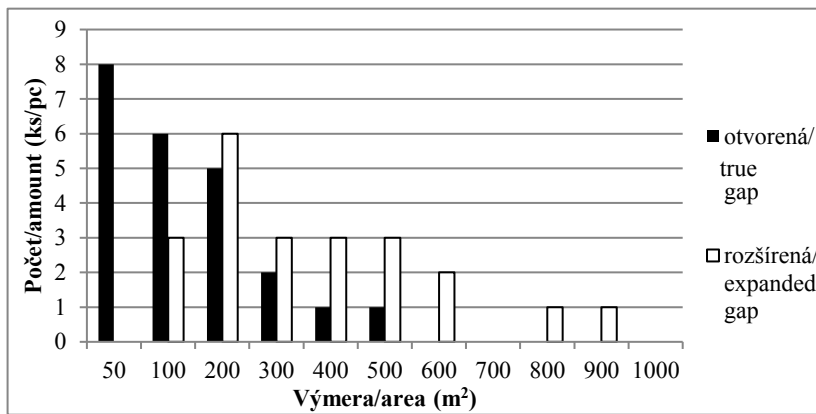
Fig. 1: Frequency distribution of canopy gaps according to the number of gapmakers per gap on PRP 1 in NNR 'Rožok'.

NPR Skalná Alpa

Na dvoch výskumných plochách o celkovej výmere 1,5 ha bolo zistených a následne zameraných 23 porastových medzier, čo znamená, že na 1 ha plochy pripadá viac ako 15 porastových medzier. Celková suma plochy otvorených medzier bola 2 485,1 m², v relatívnom vyjadrení to predstavuje hodnotu 16,6% plochy. Sumárna výmera rozšírených medzier reprezentuje plochu 6 704,6 m². Výsledky potvrdili, že na 44,7% skúmanej plochy pralesa sa podieľajú rozšírené medzery.

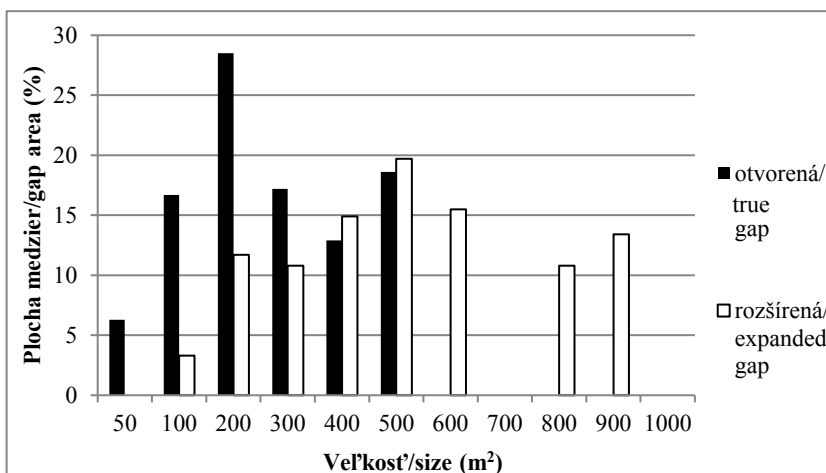
Veľkosť otvorených medzier sa pohybuje v rozpätí od 9,5 m² do 461,1 m². Priemerná veľkosť otvorenej medzery je 108 m² a mediánová hodnota je 72,3 m². Výmery rozšírených medzier sa pohybujú od 56 m² do 895,2 m². Priemerná veľkosť rozšírenej medzery je 304,8 m² a mediánová hodnota je 256,9 m². Rozbor štruktúry poukazuje na skutočnosť, že najpočetnejšie zastúpenou veľkostnou kategóriou otvorených medzier je kategória do 50 m²,

táto sa podieľa na celkovej výmere otvorených medzier nízkym podielom 6,3%.(obr. 2) Najviac sa na celkovej výmere podieľa kategória medzery s veľkosťou 100–200 m². Iná je situácia v prípade rozšírených medzier, kde je najpočetnejšia kategória o veľkosti 100–200 m². Najväčší podiel na výmere rozšírených medzier (19,7%) má kategória 400–500 m². Štruktúru relatívneho podielu jednotlivých veľkostných kategórií medzier na celkovej výmere medzier v pralese prezentuje obr.3. Výskum potvrdil, že otvorené medzery svojim percentuálnym podielom sú najmä zastúpené vo veľkostnej kategórii do 200 m². Celkovo možno konštatovať, že otvorené medzery v rozpätí veľkostí 200–500 m² tvoria až 49% z celkovej plochy porastových medzier.



Obr. 2: Rozdelenie absolútneho počtu porastových medzier v závislosti od ich veľkosti v NPR Skalná Alpa.

Fig. 2: *Distribution of the number of canopy gaps according to their size in NNR 'Skalná Alpa'.*

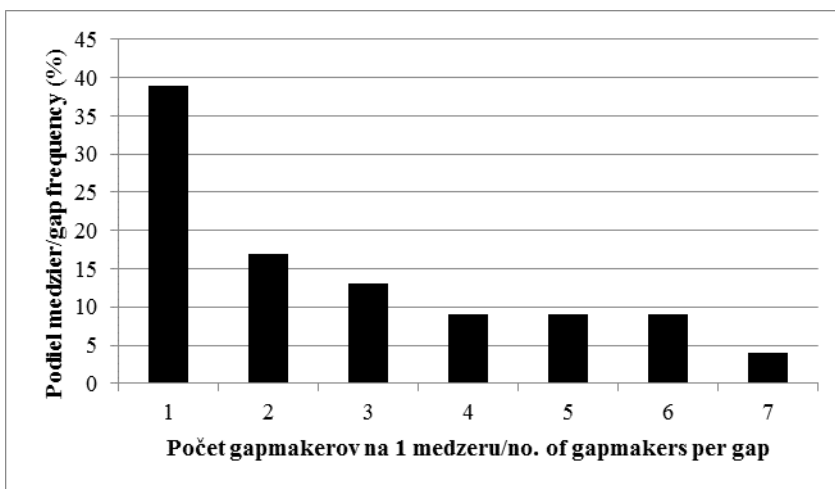


Obr. 3: Relatívny podiel medzier jednotlivých veľkostných kategórií na celkovej výmere medzier v NPR Skalná Alpa.

Fig. 3: *Proportion of canopy gaps in the individual gap size categories from the total gap area in NNR 'Skalná Alpa'.*

Na tvorbe medzier sa podieľalo 63 gapmakerov. Percentuálny podiel medzier v závislosti od ich počtu prezentuje obr.4. Druhové zloženie gapmakerov malo nasledovnú štruktúru: buk lesný – 60 ks, smrek obyčajný – 2 ks, javor horský – 1 ks. V relatívnom vyjadrení sa na tvorbe medzier podieľa buk lesný cca 90%, smrek obyčajný cca 8%. Najmenší podiel má javor horský 2%.

Z hľadiska dynamiky dekompozície padnutého mŕtveho dreva bolo zistených 10 kusov gapmakerov v prvom stupni štádia rozkladu (*sensu* ALBRECHT 1990), 14 kusov v druhom stupni, 22 kusov v treťom stupni a v štvrtom štádiu sa nachádzalo 17 kusov gapmakerov. Z rozboru štruktúry počtu gapmakerov, ktoré sa podieľajú na tvorbe porastovej prevládajú medzery vytvorené vypadnutým jedným úrovňovým stromom, čo reprezentuje 39% (obr. 4). Relatívny podiel medzier vytvorených viacerými vypadnutými stromami v prípade pralesa Skalná Alpa významne klesá, pričom medzery vytvorené 3 až 6 vypadnutými úrovňovými stromami sa relatívne podieľajú na úrovni 8–12%. Najväčšia zistená porastová medzera vytvorená vypadnutím 7 stromov sa plošne podieľa 4% z celkovej plochy medzier.



Obr. 4: Relatívne rozdelenie medzier v závislosti od počtu gapmakerov v NPR Skalná Alpa
Fig. 4 Frequency distribution of gaps according to the number of gapmakers per canopy gap in NNR 'Skalná Alpa'

DISKUSIA

Výsledky v porovnaní s doterajšími poznatkami výskumov v lesných ekosystémoch s dominantným zastúpením buka v strednej Európe potvrdzujú, že maloplošné disturbančné zohrávajú dominantnú úlohu vo vývojovom cykle týchto pralesov (DRÖSSLER, LÜPKE 2005; ZEIBIG *et al.* 2005; OHEIMB *et al.* 2005; NAGEL, SVOBODA 2008; KUCBEL *et al.* 2009). Veľkoplošné vyvrátenie porastu následkom víchrice nezohráva hlavnú úlohu pri vytváraní štruktúry porastov v tomto regióne, tak ako k tomu niekedy dochádza v prípade niektorých porastov severozápadnej Európy (PETERKEN 1996 *ex* OHEIMB *et al.* 2005). Zistený podiel otvorených aj rozšírených porastových medzier z celkovej skúmanej plochy v NPR Ro-

žok, čiastočne aj NPR Skalná Alpa predstavoval nižšie hodnoty oproti hodnotám, ktoré boli namerané v bukových pralesoch NPR Havešová (16%) a NPR Kyjov (14,6%) DRÖSSLEROM a LÜPKEM (2005) ako aj v bukovo-jedľovom pralesi Peručica (14% a 37,8%) NAGELOM a SVOBODOM (2008), resp. a v NPR Badínsky prales (11,3% a 37,9%) zistené KUCBELOM *et al.* (2009). Zároveň tieto zistenia boli o niečo vyššie oproti zisteniam v bukových pralesoch Albánska. TABAKU a MEYER (1999) uvádzajú 3,3–6,6% podiel otvorených porastových medzier v troch albánskych bukových pralesoch, zároveň ZEIBIG *et al.* (2005) na 12 ha ploche v slovinskom bukovom pralesi v rezervácii Krokár zistili 5,6% podiel porastových medzier z celkovej skúmanej plochy, pričom medián veľkosti porastových medzier bol 81 m², čo je mierne vyššia hodnota oproti zisteniam v NPR Rožok. Ešte nižšia hodnota mediánu bola zistená v Badínskom pralesi, pričom táto hodnota patrí medzi najnižšie v strednej Európe KUCBEL *et al.* (2009). Vo všetkých uvedených skúmaných pralesoch boli zistené najvyššie hodnoty početností otvorených porastových medzier v kategórii do výmery 100 m². Otvorené medzery v kategórii do 100 m² tvorili v NPR Rožok takmer 65% z celkovej početnosti otvorených medzier, v prípade ich výmery predstavoval len 29,68% podiel na celkovej výmere otvorených medzier. Podobný trend bol zaznamenaný v Badínskom pralesi, kde frekvencia otvorených medzier tvorila takmer 70%, avšak podiel ich výmery na celkovej výmere otvorených medzier predstavoval len 20,4% (KUCBEL *et al.* 2009). V NPR Rožok sa až 88,24% otvorených porastových medzier nachádzalo v kategórii porastových medzier s výmerou do 300 m², pričom podobné výsledky boli zaznamenané aj v rezervácii Krokár, kde 61% z celkovej početnosti otvorených medzier tvorili porastové medzery s výmerou do 100 m² a 90% medzier sa nachádzalo v kategórii s výmerou do 300 m² (ZEIBIG *et al.* 2005). Na rozdiel od jedľovo-bukového Badínskeho pralesa (KUCBEL *et al.* 2009) sa v NPR Rožok otvorené porastové medzery s výmerou nad 700 m² a rozšírené porastové medzery s výmerou nad 800 m² sporadicky zistili v NPR Skalná Alpa. V bukových pralesoch NPR Havešová a NPR Kyjov boli zistené nízke podiely porastových medzier s výmerou nad 4 000 m² (v oboch prípadoch 0,2%), pričom až 87,4% resp. 87,8% tvorili porastové medzery v kategórii do výmery 250 m² (DRÖSSLER, LÜPKE 2005). Pokiaľ hodnotíme počet gapmakerov tvoriacich porastovú medzeru väčšina prác uvádza klesajúcu krivku početností gapmakerov v porastovej medzere, kde maximálna frekvencia výskytu gapmakerov je v kategórii, keď porastová medzera vznikla vypadnutím jedného stromu z hornej vrstvy (DRÖSSLER, LÜPKE 2005, ZEIBIG *et al.* 2005, NAGEL, SVOBODA 2008, KUCBEL *et al.* 2009). Tento typ rozdelenia početností bol zistený aj meraním v prípade NPR Rožok a NPR Skalná Alpa, pričom podiel porastových medzier, ktoré vznikli vypadnutím jedného stromu z hornej vrstvy bol 37,5%, čo je vyššia hodnota ako bola zistená KUCBELOM *et al.* (2009) v NPR Badínsky prales a ZEIBIGOM *et al.* (2005) v rezervácii Krokár. Porastové medzery vzniknuté vypadnutím viac ako 7 resp. 8 ks gapmakerov sa na skúmaných plochách v NPR Rožok a NPR Skalná Alpa nenachádzali, pričom zistenia z výskumu DRÖSSLERA a LÜPKEHO (2005) v bukových pralesoch východného Slovenska poukázali na výskyt porastových medzier vzniknutých odumretím viac ako 20 stromov z hornej vrstvy pralesa v podiele 0,1%. Výsledky poukazujú na malé rozdiely v štruktúre porastových medzier medzi skúmanými pralesmi. Maloplošná textúra a prevládajúca maloplošná štruktúra porastových medzier bukového pralesa v NPR Skalná Alpa potvrdzuje jeho vysokú stabilitu.

ZÁVER

Výsledky analýzy štruktúry veľkosti porastových medzier vo vybratých bukových pralesoch NPR Rožok (rastové optimum buka) a NPR Skalná Alpa, kde sa buk nachádza na hornej hranici svojho prirodzeného rozšírenia (vrchol jeho vegetačného gradientu) potvrdili významne maloplošnú disturbanciu bez ohľadu na výškový vegetačný gradient tejto dreviny. V bukovom pralesi NPR Rožok sa veľkosť otvorených medzier pohybovala v rozpätí od 38,51 po 603,03 m² s mediánom veľkosti medzier 73,06 m². Najväčšia frekvencia výskytu medzier bola zistená v prípade otvorených porastových medzier s výmerou od 5 do 100 m² (64,71%), pričom viac ako ²/₃ predstavovali porastové medzery s výmerou do 60 m². V NPR Skalná Alpa sa veľkosť otvorených medzier zistila v rozpätí od 9,5 m² do 461,1 m². Priemerná veľkosť otvorenej medzery je 108 m² a mediánová hodnota je 72,3 m². Tento znak svedčí o vysokej stabilite skúmaných bukových prírodných lesov.

LITERATÚRA

- ALBRECHT, L. 1990. *Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten*: Naturwaldreservate in Bayern (Band 1). München, Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung: 118 s.
- BALANDA, M. 2011. *Štruktúra, textúra, diverzita a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v NPR Hrončecký grúň*: dizertačná práca. Zvolen, TU vo Zvolene: 118 s.
- BOHN, U., GOLLUB, G., HETTER, C., NEUHÄUSLOVÁ, Z., RAUS, T., SCHLÜTER, H., WEBER H. 2004. *Map of the Natural Vegetation of Europe*. Map Scale 1: 2 500 000. Bonn, Federal Agency for Natur Conservation.
- BROKAW, N. V. L. 1985. Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests. In: Pickett, S. T. A., White, P. S. (eds.) *The Ecology of Natural Disturbances and Patch Dynamics*. New York, Academic press: s. 53–69.
- DRÖSSLER, L., VON LÜPKE, B. 2005. Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 51: s. 446–457.
- JAHN, G. 1991. Temperate deciduous forests. In *Temperate Deciduous Forests: Ecosystems of the world 7*. Amsterdam, Elsevier: s. 377–502.
- KENDERES, K., KRÁL, K., VRŠKA, T., STANDOVÁR, T. 2009. Natural gap dynamics in a Central European mixed beech-spruce-fir old growth forest. *Euroscience*, 16(1): s. 39–47.
- KENDERES, K., MIHÓK, B., STANDOVÁR, T. 2008. Thirty years of gap dynamics in a Central European beech forest reserve. *Forestry*, 81(1): s. 111–123.
- KORPEL, Š. 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Vydavateľstvo SAV – Veda: 329 s.
- KUCBEL, S., JALOVIAR, P., SANIGA, M., VENCURIK, J., KLIMAŠ, V. 2009. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 129(3): s. 249–259.
- MCCARTHY, J. 2001. Gap dynamics of forest trees: a review with particular attention to boreal forests. *Environmental reviews*, 9(1): s.1–59.
- NAGEL, T.A., SVOBODA, M. 2008. Gap disturbance regime in an old-growth *Fagus-Abies* forest in Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: s. 2728–2737.
- NAKASHIZUKA, T. 1984. Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests. IV. Gap formation. *Japanese Journal of Ecology*, (34): s. 75–85.

- OHEIMB, G., WESTPHAL, C., TEMPEL, H., HÄRDTLE, W., 2005. Structural pattern of a near-natural beech forest (*Fagus sylvatica*)(Serrahn, North-east Germany). *Forest Ecology and Management*, 212(1): s. 253–263.
- PALUCH, J. G. 2007. The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* L.) – silver fir (*Abies Alba* Mill.) forest: A patch-mosaic perspective. *Forest Ecology and Management*, 253: s. 161–171.
- RUNKLE, J. R. 1992. *Guidelines and sample protocol for sampling forest gaps*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-283. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 44 s..
- RUNKLE, J. R. 1985. *Disturbance regimes in temperate forests*. In: Pickett, S. T. A., White, P. S. (eds.) *The Ecology of Natural Disturbances and Patch Dynamics*. New York, Academic press: s.17–33.
- RUNKLE, J.R., YETTER, T.C., 1987. Treefalls revisited: gap dynamics in the southern Appalachians. *Ecology*, 68(2): s. 417–424.
- SANIGA 2002 : Zmena podielu mŕtveho dreva v Badínskom pralesi v rámci jeho vývojového cyklu. In: Tlející dřevo 2001, MZLU Brno, s.: 111-120.
- SANIGA, SKLENÁR 2003 : Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Oblič. *Acta facultatis forestalis Zvolen XLV*, s:169-178,
- SANIGA ,M., ZRAK, J., PITTNER, J., BALANDA, M. 2013. Štruktúra, produkcia, regeneračné procesy a disturbančný režim prírodného lesa v NPR Skalná Alpa. Vedecká monografia, Zvolen, TU vo Zvolene: 68 s.
- SANIGA, M., BUGOŠOVÁ, L., KUCBEL, S., JALOVIAR, P., PITTNER, J. 2014: Štruktúra, distribúcia *den-dromasy*, *disturbančný režim a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok (30 ročná štúdia)*. Vedecká monografia, Zvolen, TU vo Zvolene: 61 s.
- STANDOVÁR, T., KENDERES, K. 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1: s. 19–46.
- TABAKU, V., MEYER, P. 1999. Gap patterns of Albanian and Central European beech forests. *Forstarchiv (Germany)*, 70: s. 87–97.
- WHITMORE, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70(3): s. 536–538.
- YAMAMOTO, S. 2000. Forest gap dynamics and tree regeneration. In *Journal of Forest Research*, 5: s. 223–229.
- ZEIBIG, A, DIACI J., WAGNER, S. 2005. Gap disturbance patterns of a *Fagus sylvatica* virgin forest remnant in the mountain vegetation belt of Slovenia. In *Forest Snow and Landscape Research*, 79: s. 69–80.
- ZLATNÍK, A. 1976. *Lesnická fytoecenie*. Praha, SZN: 495 s.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0014.

**VYHODNOTENIE RASTOVÝCH CHARAKTERISTÍK A ZDRAVOTNÉHO STAVU
GAŠTANA JEDLÉHO (CASTANEA SATIVA MILL.)
V MODROKAMENSKEJ OBLASTI**

**THE EVALUATION OF GROWTH CHARACTERISTICS AND HEALTHY STATUS
OF SWEET CHESTNUT (CASTANEA SATIVA MILL.) IN MODRÝ KAMEŇ REGION**

IVANA SARVAŠOVÁ¹, IVAN LUKÁČIK², PAVOL MARCZELL

¹Arborétum Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene, Borovianska 66, SK - 960 53 Zvolen, Slovensko, sarvasoav@tuzvo.sk,

²Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen, Slovensko.

ABSTRACT:

In the paper are presented results growth characteristics measurement and damage in the two localities: Krákorov vrch (east exposition) and Ravné (west exposition). On the area (100 ´ 50 m) were evaluated: height, trees diameter at height of 1,3 m, width of crown, height of crown base, mortality, grades of assimilation organ loss and disease and pest damage.

*In the locality Krákorov vrch were evaluated 31 living individuals and in the locality Ravné 35 living individuals of sweet chestnut. Height average was 15.2 m and trees diameter at height of 1.3 m was 73.2 cm by living individuals in the locality Krákorov vrch. In the locality Ravné was height average 14.9 m and trees diameter at height of 1.3 m was 55.6 cm. Nearly 40% of individuals died and with *Crytonectria parasitica* was attacked 49% of individuals in the locality Krákorov vrch. In the locality Ravné died 20% of individuals and 52.2% of individuals was attacked with pathogen.*

Keywords: *sweet chestnut, biometrical characteristics, exposition, damage*

Abstrakt:

V práci sú uvádzané výsledky hodnotenia rastových charakteristík a poškodenia gaštana jedlého rastúceho na lokalitách s rozdielnou expozíciou: Krákorov vrch (východná) a Ravné (západná). Na uvedených plochách (100 m ´ 50 m) boli vyhodnocované: celková výška, hrúbka $d_{1,3}$, priemety korún, výška nasadenia koš rún, mortalita, stupeň defoliácie a napadnutie chorobami a škodcami.

*Na lokalite Krákorov vrch bolo hodnotených celkove 31 živých jedincov, na lokalite Ravné 35 živých jedincov gaštana jedlého. Ich priemerná výška sa zásadne nelíšila (15,2 m, resp. 14,9 m), väčšie rozdiely však boli v priemernej hrúbke (73,2 cm, resp. 55,6 cm). Na Krákorovom bolo odumretých takmer 40 % a napadnutých hubou *Crytonectria parasitica* 49 % jedincov, v Ravnom bolo odumretých 20 % jedincov a poškodených uvedenou hubou 52,2 % jedincov.*

Kľúčové slová: *gaštan jedlý, biometrické znaky, expozícia, poškodenie*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Gaštan jedlý patrí k teplomilným drevinám mediteránnej klímy, ktorý sa pestuje už od 5. storočia n. l. Jeho prirodzený areál rozšírenia je vzhľadom k prastarej kultúre pestovania jednoznačne ťažké určiť. Pôvodné rozšírenie sa predpokladá v oblasti Stredozemného mora, Malej Ázie a Kaukazu. Severne od hrebeňa Álp a do Francúzska ho pravdepodobne primárne rozšírili Rimania (ROLOFF, BÄRTELS 1996). Ďalšie vlny šírenia tejto dreviny do Európy sú spojené s tatárskymi a tureckými vpádmi. Gaštan jedlý (*Castanea sativa*) rastie na kyslých, dostatočne hlbokých, vlhkých pôdach, ako polotieňomilná drevina spolu s *Fagus orientalis*, *Carpinus betulus*, *Sorbus torminalis*, *Prunus avium*, vo vyšších nadmorských výškach aj s *Abies nordmanniana* (PAGAN, RANDUŠKA 1988).

Na Slovensku môžeme podľa BENČAĽA (1960) oblasť rozšírenia a pestovania gaštanu jedlého rozprestiera na južnej časti územia od Malaciek na západe až po Petrovce na východnej hranici republiky. Najsevernejšie rozšírenie na Slovensku bolo zaznamenané v Mednom pri Lednických Rovniach. Najvyššie zaznamenaný výskyt gaštanu jedlého udávajú FEKETE A BLATTNÝ (1913 ex BENČAĽ 1960) v Štiavnických Baniach (710 m n. m.), ďalej na lokalite Čierna Skala, Klenovec (700 m n. m., obvod kmeňa 1,90 m vo výške 1,30 m, výška 14,5 m, nález, Sarvašová 2009). Najstarší jedinec gaštanu jedlého je uvádzaný v obci Častá, v Malých Karpatoch, ktorý má obvod kmeňa vo výške 1,30 m 789 cm, pričom jeho vek sa odhaduje na 500-550 rokov (JUHÁSOVÁ 1999). BENČAĽ (1960) udáva rozpätie veku dreviny v jej prirodzenom areáli rozšírenia (Kaukaz) od 1000 do 3000 rokov. Podľa JUHÁSOVEJ A KULCSÁROVEJ (1998 ex JUHÁSOVÁ 1999) je výskyt gaštanu jedlého na Slovensku evidovaný na 203 lokalitách s rozlohou gaštaníc 1500 ha (JUHÁSOVÁ A BERNAĐOVIČOVÁ 2001).

CONDERA et al. (2004) uvádzajú, že na produkciu dreva sa využíva 1,78 mil. ha, čo predstavuje 79% celkovej výmery gaštanových porastov v Európe. Iba 16,7% (296 500 ha) tvorí vysoký les, ostatné porasty sú využívané len ako 5-12 ročné (bez prebierok) alebo 25-30 ročné (s 2-3 prebierkami). Tieto porasty slúžia na výrobu žrdí a kolov a majú význam najmä z pohľadu rozvoja lokálnych ekonomík.

Najvýznamnejší pestovatelia plodov gaštanu jedlého v Európe sú Taliansko (50 000 ton ročne) a Francúzsko (25 000 ton ročne). Najväčším producentom gaštanových plodov vo svete je Čína (200 000 t za rok), čo predstavuje 40% svetovej produkcie (RUTTER et al. 1991). Podľa typu plodov sa delia na *vlastné gaštany* (2-4 plody v čiaške) a *maróny* (spravidla 1 až 2 plody v čiaške). Jadro pri gaštanoch je zložené z viacerých embryí, jadro marónov pozostáva iba z jedného embrya. Sú to odrody najvyššej kvality, plody sú väčšie, ich chuť je sladšia, ale stromy sú náročnejšie na pestovanie a menej rodivé (BENČAĽ et al. 2006).

Cieľom predkladanej práce bolo posúdiť rastové parametre a zdravotný stav gaštanu jedlého na dvoch lokalitách d rozdielnymi expozíciami svahov v modrokamenskej oblasti.

MATERIÁL A METÓDY

Prírodné pomery

V extraviláne Modrého Kameňa sa nachádzajú horniny tvorené brekciami pyroklastických prúdov a lahárov, ale tiež slieňov, pieskocov a zlepcov, tufov a tufitov, na ktorých vznikali hlinité a hlinito-piesčité pôdy (BIELY et al. 1996). Na lokalitách nášho výskumu

prevažujú nasýtené kambizeme s čiastočne vystupujúcou materskou horninou. Klimaticky patrí oblasť Modrého Kameňa k teplej, suchej až mierne vlhkej klíme, na vystupujúcich pahorkoch do mierne teplej a mierne vlhkej oblasti s chladnou zimou vrchovinového typu (FEKETE 1990). Priemerná ročná teplota oblasti je 8 °C, priemerné januárová teplota -4 °C. V danom území je priemerne 100 – 120 mrazových dní, ktoré nastupujú spravidla v polovici novembra a končia v polovici marca, 50-60 letných dní, z čoho 8-10 dní je tropických. Priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od 600-700 mm, priemerná ročná vlhkosť vzduchu za obdobie 1961-2010 sa pohybuje v rozmedzí 75-77,5 %, priemerná ročná evapotranspirácia je 600-700 mm. Doba trvania snežného svitu sa pohybuje od 1800 -1900 hodín ročne, z čoho jasných je v priemere 50-60 dní a zamračených 110-120 dní.

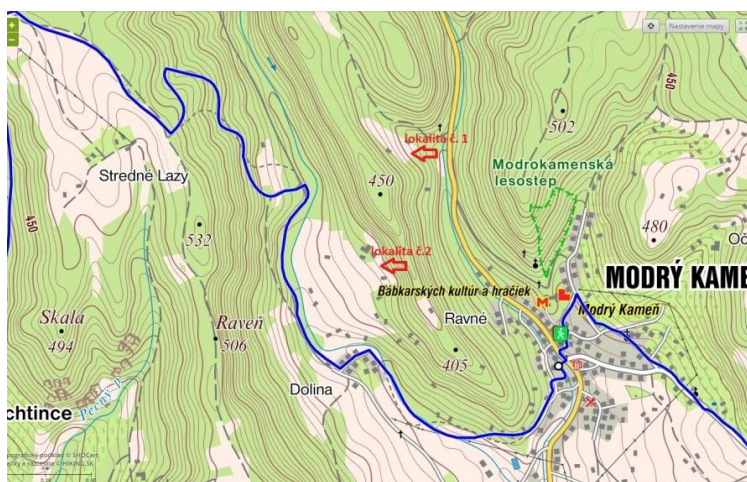
Charakteristika lokalít

Lokalita 1 **Krákorov vrch**

Expozícia východná, sklon 35 %, nadmorská výška: 341 m, súradnice: 48° 14' 23'' N 19° 19' 46'' E. Okolité lesy sú tvorené prevažne drevinami *Robinia pseudoacacia*, *Quercus petraea*, *Quercus dalechampii*, *Quercus polycarpa*, *Carpinus betulus*. Lesné typy: LT 2302 - Kamenistá lipnicová buková dúbava s chlpaňou so zastúpením 80 %, LT 1310 - Suchá hrabová dúbava na rôznych horninách so zastúpením 10 % a Lipnicová buková dúbava s chlpaňou so zastúpením 10 %.

Lokalita 2 **Ravné**

Expozícia západná, sklon 10 %, nadmorská výška: 346 m, súradnice: 48° 14' 43'' N 19° 19' 14'' E. Drevinové zloženie okolitých porastov: *Robinia pseudoacacia*, *Quercus petraea*, *Quercus dalechampii*, *Quercus polycarpa*, *Carpinus betulus*. Lesné typy: LT 1310 - Suchá hrabová dúbava na rôznych horninách so zastúpením 60 %, LT 2305 - Kamenistá lipnicová buková dúbava s chlpaňou so zastúpením 20 % a LT 2309 – Ostricovo buková dúbava s chlpaňou so zastúpením 20 %.



Obr. 1: Vyznačenie plôch s vyhodnocovanými porastmi gašтана jedlého
Fig. 1: Areas designation with evaluated sweet chestnut plots

METODICKÉ POSTUPY

Na oboch lokalitách boli v roku 2015 vytýčené plochy s rozmermi 50 m x 100 m tak, aby sa na každej ploche nachádzalo aspoň 30 živých jedincov, pretože väčšina gaštaníc v okolí Modrého Kameňa je výrazne poškodených biotickými a abiotickými činiteľmi. Na vytýčených plochách sa hodnotili nasledovné dendrometrické znaky:

- 1) celková výška jedinca (m), s presnosťou na 0,1 m
- 2) hrúbka jedinca $d_{1,3}$ vo výške 1,3 m (cm), s presnosťou na 0,1 cm
- 3) výška nasadenia koruny (m), s presnosťou na 0,01 m
- 4) korunové priemety, dve na seba kolmé priemety v smeroch S-J, V-Z (m),
- 5) defoliácia (podľa stupnice SAO – Strata asimilačných orgánov, PAVLENDÁ et al. 2014)

Stupeň defoliácie	SAO%	Slovný popis stupňa defoliácie
0	0 – 10	bez defoliácie
1	11 – 25	slabo defoliované
2	26 – 60	stredne defoliované
3	61 – 99	silne defoliované
4	100	odumierajúce a mŕtve

VÝSLEDKY

Na lokalite *Krákorov vrch* sa nachádzalo 51 jedincov a na lokalite *Ravné* 44 jedincov gaštana jedlého. Priemerné hodnoty ich rastových charakteristík sú uvedené v tabuľkách 1 a 2 pre každú lokalitu osobitne, zvlášť pre živé a suché jedince.

Tab. 1: Priemerné hodnoty biometrických znakov jedincov *Castanea sativa* Mill. na lokalite Krákorov vrch

Table 1: Average of biometric characteristics of *Castanea sativa* Mill. individuals, locality Krákorov vrch

	$d_{1,3}$ (cm) ³			výška (m) ⁴			proj. koruny (m) ⁵		v.n.k. (m) ⁶
	\bar{x}	s_x	$v_{\%}$	\bar{x}	s_x	$v_{\%}$	S-J	V-Z	\bar{x}
živé jedince ¹ (n=31)	73,16	25,14	34,36	15,20	3,56	23,35	10,8	12,0	5,32
suché jedince ² (n=20)	63,81	40,38	63,29	13,30	5,67	42,95	6,1	6,8	4,92

1) living individuals, 2) dead individuals, 3) diameter (cm) at a height of 1.3 m, 4) height (m), 5) projekcia koruny sever-juh (S-J), východ-západ (V-Z), crown projection (north-south, east – west), 6) v.n.k. – výška nasadenia koruny, height of crown base (m)

Najvyššie priemerné hodnoty biometrických znakov dosiahli živé jedince na východne orientovanej lokalite *Krákorov vrch*. V hrúbke kmeňa $d_{1,3}$ tu dosiahli aj suché jedince vyššiu priemernú hodnotu ako na lokalite *Ravné*. Je to pravdepodobne spôsobené tým, že porast na východne orientovanom svahu lokality 1 bol starší a málo udržiavaný (rozdiel vo veku medzi lokalitami je podľa dostupných údajov 15-20 rokov). Na lokalite 2 je vidieť väčšiu snahu obhospodarovateľov gaštaníc v prípade odumretia okamžite ich nahrádzať novými výsadbami, resp. po ich odstránení vychovávať z výmladkov nové jedince.

Celková priemerná výška jedincov bola najvyššia na lokalite Krákorov vrch, hoci rozdiel v priemerných hodnotách výšok živých jedincov na východnom, resp. západnom svahu je iba 0,3 m. PAGAN a RANDUŠKA (1988), ROLOFF a BÄRTELS (1996), BENČAĽ et al. (2006) uvádzajú výšku dospelých jedincov v rozmedzí 20-30 m, pričom priemerná výška živých jedincov na oboch lokalitách bola 15,05 m. Porovnateľné výsledky dosiahli pri rôznorodej vekovej štruktúre porastov aj ZLATANOV a VELICHKOV (2011), ktorí skúmali rastové parametre zmiešaných vekových kategórií (40-200 r.) s prirodzeným výskytom gaššana jedlého v masíve Belasica v Bulharsku, kde uvádzajú priemernú hrúbku kmeňa vo výške $d_{1,3}$ 48 cm a priemernú výšku jedincov 19 m. Celková výška skúmaných jedincov tu nedosahuje optimum výškového potenciálu dreviny, čo je zrejme spôsobené drsnosťou kontinentálnej klímy a vplyvom biotických a abiotických škodlivých činiteľov (hlavne vetra).

Tab. 2: Priemerné hodnoty biometrických znakov jedincov *Castanea sativa* Mill. na lokalite Ravné
Table 2: Average of biometric characteristics of *Castanea sativa* Mill. individuals, locality Ravné

	$d_{1,3}$ (cm) ³			výška (m) ⁴			proj. koruny (m) ⁵		v.n.k. (m) ⁶
	\bar{x}	s_x	$v_{\%}$	\bar{x}	s_x	$v_{\%}$	\bar{x} (S-J)	\bar{x} (V-Z)	\bar{x}
živé jedince ¹ (n=35)	55,65	26,00	46,80	14,9	4,47	29,87	8,4	8,9	4,91
suché jedince ² (n=9)	46,75	32,96	70,52	13,1	5,69	43,34	4,9	6,1	4,55

2) living individuals, 2) dead individuals, 3) diameter (cm) at a height of 1.3 m, 4) height (m), 5) projekcia koruny sever-juh (S-J), východ-západ (V-Z), crown projection (north-south, east – west), 6) v.n.k. – výška nasadenia koruny, height of crown base (m)

Priemerné hodnoty korunových priemetov ako aj výška nasadenia korún boli najvyššie pri živých jedincoch na lokalite *Krákorov vrch*, pričom rozdiely v priemerných hodnotách výšky nasadenia korún živých jedincov sú viac ako 0,4 m.

V tabuľke 3 sú uvedené výsledky hodnotenia defoliácie, resp. zatriedenie jedincov podľa stupňov defoliácie hodnotenia SAO. Na základe nášho hodnotenia môžeme konštatovať, že na lokalite *Krákorov vrch* bolo úplne odumretých takmer 40%, čo znamená pomer odumretých k živým 1:1,6. Pri podrobnejšom hodnotení (stupne 3 a 4, silne defoliovane a odumierajúce, mŕtve jedince) sú výsledky ešte horšie, keď na lokalite 1 je takmer 55% takýchto jedincov a jedincov bez straty olistenia menej ako 10%.

Tab. 3: Percentuálne zastúpenie jednotlivých stupňov SAO na skúmaných lokalitách
Table 3: Percentage representation of grades AOL on researched plots

lokalita (locality)	stupne SAO (grades of Assimilation organ loss)							
	0	1	2	3	4	0+1	2	3+4
	%							
Krákorov vrch (n=51)	9,80	7,84	27,45	15,68	39,21	17,67	27,45	54,89
Ravné (n=44)	18,18	9,09	38,63	13,63	20,45	27,27	38,63	34,08

Priaznivejšia situácia je na lokalite *Ravné*, kde je pomer odumretých a živých jedincov takmer 1:4 a úplne odumretých jedincov je 20,5%. Silne defoliované a odumreté jedince tvoria spolu 34%. Perspektívne jedince (bez defolioácie a slabo defoliované 0+1) sú zastúpené viac ako 27%, čo však určite nie je len výsledkom spontánne dobrej regeneračnej schopnosti gaššana jedlého v oblasti Modrého Kameňa. V tabuľke 4 sú uvedené najčastejšie príčiny poškodenia jedincov v skúmaných lokalitách. Pri suchých resp. odumretých jedincoch už nebolo možné určiť, aké faktory rozhodli o ich odumretí. Pravdepodobne išlo o komplex abiotických a biotických faktorov, v ktorom zohrali dominantné postavenie patogénne huby. Takmer všetky defoliované jedince mali príznaky rakoviny gaštanov, ktorú spôsobuje huba *Cryptonectria parasitica* (Murrill.) Barr. Z nášho výskumu vyplynulo, že úplne zdravé (bez poškodenia zverou, vetrom, rakovinou gaštanov) bolo na lokalite *Krákorov vrch* iba 4% a na lokalite *Ravné* 16% jedincov, pričom percento napadnutia patogénnou hubou *C. parasitica* tu bolo vyššie.

Tab. 4: Najčastejšie druhy poškodenia na skúmaných lokalitách

Table 4: Mainly kinds of damage on researched plots

lokality (locality)	Percento poškodenia z celkového počtu (%) (Damage percentage %)			
	suché (dead)	<i>Cryptonectria parasitica</i>	zver (wild)	vietor (zlom) (wind-fallen trees)
Krákorov vrch	39,2	49,0	0	7,8
Ravné	20,5	52,2	4,5	6,8

Výsledky, ktoré poukazujú na zlú regeneračnú schopnosť predmetného druhu na území Slovenska uvádzajú aj TOKÁR a KUKLA (2006), ktorí vyhodnocovali výsadby gaššana jedlého vo veku 35 rokov z 83 semenných pôvodov z 12 lokalít. Z pôvodne vysadeného počtu viac ako 57 000 jedincov (výsadby 1965-1967) rástlo v roku 2001 iba 23% jedincov, z čoho 44 pôvodov bolo hodnotených ako zlé, resp. veľmi zlé a iba 17% (15 sem. pôvodov) ako veľmi dobré.

JUHÁSOVÁ (1999) uvádza, že za ohnisko výskytu *Cryptonectria parasitica* možno považovať Japonsko, odkiaľ sa fytopatogén šíril najskôr do USA (1904-1908) a v Európe sa prvýkrát objavil v roku 1925 v Belgicku. Na Slovensku bol jeho výskyt prvýkrát zaznamenaný v roku 1972 (JUHÁSOVÁ 1972). Ochorenie sa prenáša pyknidiospórami a askospórami (lepkavá oranžovočervená hmota), ktoré sa nalepia na končatiny hmyzu a vtákov. Po vyschnutí sa jemný prach spór dokáže šíriť vetrom až na vzdialenosť 15-40 km. Rozvoj a prenos patogéna čiastočne ovplyvnil aj človek (prach sa zachytáva na oblečení a pracovných nástrojoch). GRENTHE (1981) uvádza, že *Cryptonectria parasitica* nikdy nepoškodzuje korene gaššana jedlého a vegetatívne orgány huby sa vyvíjajú iba na nadzemnej časti, preto je nutné porasty napadnuté hubou viacnásobne odstraňovať (vyrúbať). JUHÁSOVÁ (1999) odporúča na záchranu gaššana jedlého dodržať preventívne opatrenia – vysádzať len zdravý sadbový materiál. V prípade ošetrovania už napadnutých porastov odporúča všetky napadnuté jedince spáliť, vzhľadom k tomu, že ošetrenia fungicídmi a hybridizačné práce s ázijskými druhmi gaštanov sa ukázali ako neúčinné. GRENTHE (1965) uvádza výskyt dvoch foriem *Cryptonectria parasitica*: virulentnú (N) a hypovirulentnú (B), ktorá výrazne nepoškodzuje nadzemné časti a dokáže obrániť dre-

vinu pred virulentnými kmeňmi. Autor označil využitie hypovirulentných kmeňov ako účinné v biologickom boji s karanténnym škodcom. Podľa JUHÁSOVEJ a BERNADOVIČOVEJ (2001) boli na Slovensku vyvinuté štyri vlastné hypovirulentné kmene *Cryptonectria parasitica* (z Pezinka, Bratislavy, Grinavy a Radošiny), ktoré boli vyvinuté podľa metodiky využívanej vo Francúzsku s úspešným overením zníženia výskytu virulentnej agresívnej formy patogéna v porastoch SR. Uvedené autorky považujú využitie biologickej ochrany za najvhodnejšiu a najúčinnjšiu alternatívu na záchranu gaštaníc na Slovensku.

ZÁVER

Gaštan jedlý (*Castanea sativa* Mill.) je drevinou, ktorá sa na území Slovenska pestuje už stáročia. V minulom storočí fytopatogénna huba *Cryptonectria parasitica* zapríčinila radikálne zníženie počtu gaštanových porastov, napriek snahám o účinné mechanické odstraňovanie napadnutých jedincov. Podľa nami zistených poznatkov rozdiely v raste a poškodení gaštanu jedlého na dvoch rozdielnych expozíciách (východnej a západnej) v blízkosti Modrého Kameňa pravdepodobne nie sú spôsobené vplyvom expozície, ale sú viac ovplyvnené antropogénne. Na východnej expozícií (Krákorov vrch), ktorá bola ponechaná na samovoľný vývin, sa nachádzalo viac odumretých jedincov, na západnej, intenzívnejšie obhospodarovanej, expozícií (Ravné) sa vyskytovalo vyššie percento živých jedincov. Tieto však viac trpeli poškodením rakovinou gaštanov a zverou. Na skúmanej lokalite Krákorov vrch je perspektíva udržania gaštanového porastu veľmi nízka, keď takmer 55 % jedincov je neperspektívnych – silne defoliovovaných a odumretých. Len 7 jedincov zhodne na oboch lokalitách vykazovalo relatívne dobrý rast a nebola u nich zaznamenaná žiadna defoliácia ani iné poškodenie.

LITERATÚRA

- BENČAI, F. 1960: Rozšírenie gaštanu jedlého (*Castanea sativa* Mill.) a jeho stanovištné podmienky na Slovensku. Biol. práce SAV, 6(9): 5-151.
- BENČAI F., BENČAI T., GOLIÁŠOVÁ K. 2006: *Castanea* Mill. In: Kornélia Goliášová, Eleonóra Michalková (eds.), Flóra Slovenska V/3 /. Bratislava Veda, 103-107. ISBN 80-224-0922-7
- BIELY A., BEZÁK V., ELEČKO M., KALIČIAK M., KONEČNÝ V., LEXA J., MELLO J., NEMČOK J., POTFAJ M., RAKÚS M., VASS D., VOZÁR J., VOZÁROVÁ A. 1996. Geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. 1. vyd., MŽP SR, ŠGÚDŠ, Bratislava.
- CONDERA, M., MANETTO, F., GIUDICI, F., AMORINI, E. 2004: Distribution and economic potential of the Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe. *Ecologia mediterranea*, 30(2): 179-193.
- FEKETE, J. 1990: *Modrý Kameň*. Martin, Osveta, š.p., Martin, 352 s. ISBN 80-217-0201-X.
- GRENTHE, J. 1965: Les formes hypovirulentes d'*Endothia parasitica* et les espoirs de lutte contre le chancre du chataignier. *C.R.Acad. Agr. De France*, 51: 1033-1037.
- GRENTHE, J 1981: *Les variants hypovirulentes d'Endothia parasitica et la lutte biologique contre du chataignier*. Clermont Ferrand, INRA, 194 s.
- JUHÁSOVÁ, G. 1972: Výskyt hubových chorôb gaštanu jedlého na vybraných lokalitách Slovenska. In: *O zdravom stave lesov a ich ochrane*. Zvolen, 84-88.
- JUHÁSOVÁ, G. 1999: *Hubové choroby gaštanu jedlého (Castanea sativa Mill.)*. Bratislava, Veda, 190 s. ISBN 80-224-0591-4
- JUHÁSOVÁ, G. BERNADOVIČOVÁ, S. 2001: *Cryphonctria parasitica* (Murr.) Barr. and *Phytophthora* ssp. in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Slovakia. *For. Snow Landsc. Res.* 76 (3): 373-377.

- PAGAN, J., RANDUŠKA, D. 1988: Atlas drevín 2. (cudzokrajné dreviny), Obzor, Bratislava, 405 s.
- PAVLENDA, P., PAJTIK, J., PRIWITZER, T. 2014: Monitoring lesov Slovenska. Správa za ČMS Lesy za rok 2013. Zvolen, NLC – LVÚ Zvolen, 138 s.
- ROLOFF A., BÄRTELS A. 1996. Gehölze, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 693 s.
- TOKÁR F., KUKLA, J. 2006: Ecological conditions in the Castanetarium Horné Lefantovce and growth of european chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Ekológia*, 25 (2): 188-207.
- RUTTER, P.A., MILLER, G., PAZNE, J.A. 1991: Chestnuts (*Castanea*). *Acta Horticulturae* 290: 761 – 788.
- ZLATANOV, T. – VELICHKOV, I., 2011: *Modelling height growth of Castanea sativa on the northern slopes of Belasitsa Mt.*, Sofia 2011, 15 s. [cit. 2016-4-14]
- Dostupné na internete: [http://www.castbelbg.com/deliverables/Modelling height growth of Castanea sativa on the northern slopes of Belasitsa Mt.pdf](http://www.castbelbg.com/deliverables/Modelling%20height%20growth%20of%20Castanea%20sativa%20on%20the%20northern%20slopes%20of%20Belasitsa%20Mt.pdf)

Pod'akovanie

Práca bola vypracovaná v rámci projektu KEGA 006TUZ-4/2017.

**DIVERZITA VYBRANÝCH PORASTOVÝCH ŠTRUKTÚR
S VÝSKYTOM TISA OBYČAJNÉHO**

*DIVERSITY OF SELECTED STAND STRUCTURES WITH OCCURRENCE
OF EUROPEAN YEW*

DENISA SEDMÁKOVÁ, JÁN PITTNER, MILAN SANIGA, JAROSLAV VENCURIK,
STANISLAV KUCBEL

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

ABSTRACT

*Structural indices used to quantify spatial forest structure can be adopted for quantifying biodiversity (Pommerening 2002). In the study authors present results on growth conditions 'inventory of the adult *Taxus baccata* (L.) population. In two selected localities, yew shows comparable values of trees' density and volume. In the locality 'Jedlie' yew has 26.5% higher basal area than in 'Pavelcovo'. The relatively high values of mingling 0.89 and 0.91 indicate higher proportion of inter-specific competition to yew. Uneven forest structure prevails in the selected stands. The adult European yew population faces higher competition and therefore is at higher risk in the locality 'Pavelcovo'. This is due to higher stand density accompanied by greater intra-species competition, slightly higher differentiation of height growth and lower diameter differentiation. Given stand structure attributes indicate the strengthening of the negative effects of the overall higher forest density.*

Keywords: mingling, Contagion, yew-tree distance, size differentiation, diversity

ABSTRAKT

*Kvantifikácia priestorovej štruktúry prostredníctvom štruktúrálnych indexov dobre odzrkadľuje stav a biodiverzitu lesných porastov (Pommerening, 2002). V predkladanom príspevku autori prezentujú výsledky zisťovania rastových podmienok dospeljej populácie *Taxus baccata* (L.). V dvoch vybraných lokalitách tis vykazuje porovnateľné hodnoty hustoty a zásoby. V lokalite Jedlie dosahuje o 26,5% vyššiu kruhovú základňu v porovnaní s lokalitou Pavelcovo. Relatívne vysoké hodnoty indexu zmiešania 0,89 a 0,91 indikujú pre drevinu tis vyšší podiel medzidruhovej kompetície. Prevažuje nerovnomerná štruktúra porastov. V Pavelcove je celkovo populácia tisa pod väčším tlakom a teda aj ohrozením, čo je spôsobené vyššou hustotou porastu sprevádzanou väčším podielom vnútro-druhovej kompetície, mierne vyššou diferenciaciou výškového rastu a aj nižšou hrúbkovou diferenciaciou. Dané atribúty porastovej štruktúry svedčia o posilňovaní negatívnych efektov celkovo vyššej hustoty lesa.*

Kľúčové slová: zmiešanie, agregácia, vzdialenosť tis-sused, dimezionálna diferenciacia, diverzita

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Konvenčné prieskumy merania, analyzovania a modelovania porastov sú často založené na údajoch zisťovaných na porastovej úrovni ako stredná hrúbka, horná výška, zásoba a podobne, pričom historicky sa prieskumy lesa zameriavajú prevažne na získanie informácii o ich produkčnej schopnosti (CHIRICI et al. 2012). Na druhej strane, pri ekologických prieskumoch orientovaných na udržanie a ochranu populácii vybraných druhov drevín, konkrétne tisa obyčajného sa často zaznamenávajú len jednotlivo stromové charakteristiky, najčastejšie jeho základné parametre a to výška a hrúbka (GARBARINO et al. 2015). Aj v jednom aj druhom prístupe je vynechaná dôležitá a to trojdimenzionálna charakteristika porastovej štruktúry. V skutočnosti jednotlivý strom - tis maximalizuje svoj rast a reprodukciu vo vzťahu k susedným jedincom (PRETZSCH 2009). Napriek limitovaným poznatkom o vzťahoch medzi porastovou štruktúrou a diverzitou rastlinných a živočíšnych druhov, možno konštatovať, že biodiverzita porastov rastie priamo úmerne so stúpajúcou štruktúrnou diferenciáciou (HIROAKI et al. 2004). Štruktúrne indexy poskytujú kvantitatívny popis porastovej štruktúry (AGUIRRE et al. 2003, POMMERENING 2006). Okrem toho, že porastová štruktúra priamo determinuje kompetíciu medzi jednotlivými stromami v rámci porastu, taktiež ovplyvňuje regeneračné procesy, dôležité z hľadiska kontinuálnej obnovy a výskytu daného druhu.

Najdôležitejšími parametrami porastovej štruktúry a s ňou súvisiacich podmienok rastu jednotlivých stromov sú zmiešanie, horizontálna distribúcia stromov, parametre hustoty porastu ako aj výšková a hrúbková diferenciácia stromov. Indexy porastovej štruktúry sa môžu uplatniť pri určovaní vplyvu inter- a intra-špecifickej kompetície na životaschopnosť určitého druhu a poskytovať cenné informácie o vývoji porastu a s ním súvisiacich procesov (WAGNER a RADOSEVICH 1998, POMMERENING 2006, STERBA 2008). Štruktúrna diverzita je definovaná druhovým zložením a priestorovým, teda horizontálnym a vertikálnym usporiadaním stromov v poraste. Štúdie využívajúce miery štruktúrnej diverzity s cieľom identifikovať vplyv kompetície na prežívanie ohrozeného druhu dreveniny - tis sú zriedkavé (RUPRECHT et al. 2010). Autori konštatujú, že napriek jej vysokej tolerancii na tieň, vitalita a životaschopnosť populácii tisa je priamo závislá na kompetičnom tlaku okolitých jedincov iných druhov drevín. Naše výsledky ako aj výsledky iných autorov naznačujú, že početnosť lokálnych populácii tisa obyčajného môže poklesnúť v lokalitách, v ktorých vývoj lesa vedie k dominancii vysokých, tieňu odolných druhov (SVENNING AND MAGÅRD 1999, SANIGA 2000, SANIGA et al. 2017). Takýto vývoj lesa s veľkou pravdepodobnosťou negatívne ovplyvňuje rastovú výkonnosť podúrovňovej dreveniny - tis a znižuje jeho vitalitu a tým aj unikátnu biodiverzitu spoločenstiev vápencových bučín. Všeobecne uplatňovanou stratégiou na ochranu vzácných druhov rastlín, ktorých výskyt je ohrozený limitujúcimi zdrojmi z dôvodu rastu v podúrovni, sa javí ich uvoľnenie z kompetičného tlaku spôsobeného okolitými susednými jedincami (MATSUSHITA et al. 2016). V dvoch vybraných lokalitách Slovenska s výskytom vzácného druhu dreveniny tis sme uskutočnili prieskum a zisťovanie stavu porastovej štruktúry. Cieľom predkladaného príspevku je i) poskytnúť kvantitatívny opis priestorovej štruktúry v sledovaných porastoch; ii) porovnať ekologické podmienky rastu populácii tisa obyčajného na základe vybraných parametrov štruktúrnej diverzity.

MATERIÁL A METÓDY

V danom príspevku sme vybrali dve lokality s porovnateľnou priestorovou hustotou výskytu dospelých jedincov tisa reprezentujúcich vápencové bučiny (*Fagetum dealpinum*). Všeobecne sa spoločenstvá vápencových bučín nachádzajú v 4.–5. vegetačnom stupni, v 600–1000 m n. m. a zastupujú približne 3,7% z celkovej výmery lesov na Slovensku. Pre drevinu tis zároveň predstavujú optimálne rastové podmienky, v ktorých sa aj najčastejšie vyskytuje. Hospodárske porasty prvej lokality 'Pavelcovo' patria do orografického celku Starohorské vrchy (N48° 46' 14.88"; E19° 07' 10.33"). Porasty druhej lokality 'Jedlie' patria do orografického celku Strážovské vrchy (N 48°45'19", E 18°25'40"). Lokalita Jedlie, sa na rozdiel od lokality Pavelcovo vyznačuje vysokým sklonom nad 50% a ťažko priečhodným alebo nepriečhodným terénom a aj z toho titulu nižšou bonitou a menej priaznivou vodnou bilanciou. Viacetážové porastové štruktúry s roztrúseným výskytom tisa sa v obidvoch lokalitách líšia aj vekom. V lokalite Pavelcovo majú prevažné zastúpenie štruktúry s vekom do 110 rokov, v lokalite Jedlie prevažujú staršie vekové skupiny s vekom nad 150 rokov. Základný popis vybraných lesných porastov je uvedený v tabuľke 1.

Tab. 1: Základný popis vybraných lesných porastov

Table 1: Basic characteristics of the selected forests

drevina tree species	N (N.ha ⁻¹) tree density	G (m ² .ha ⁻¹) basal area	V (m ³ .ha ⁻¹) growing stock	Hrúbka d _{1,3} ± s _x DBH ± SD (cm)	Výška H ± s _x H ± SD (m)
Pavelcovo					
<i>Taxus baccata</i>	66	2,5	11,0	20,5 ± 8,1	9,5 ± 2,6
<i>Fagus sylvatica</i>	214	14,4	178,1	26,2 ± 13,0	20,6 ± 8,0
<i>Acer sp.</i>	109	5,3	56,9	23,1 ± 8,9	20,8 ± 5,5
<i>Picea abies</i>	66	3,8	36,3	25,2 ± 9,6	20,5 ± 5,9
iné / others	35	2,5	26,3	27,6 ± 12,4	20,6 ± 7,9
spolu / total	491	28,5	308,6	24,7 ± 11,3	19,2 ± 7,7
Jedlie					
<i>Taxus baccata</i>	72	3,4	11,8	23,4 ± 8,0	7,5 ± 2,4
<i>Fagus sylvatica</i>	263	16,9	184,7	23,3 ± 16,7	16,5 ± 6,4
<i>Acer sp.</i>	17	2,0	20,0	37,1 ± 10,9	19,4 ± 5,7
<i>Larix decidua</i>	15	0,2	1,0	13,8 ± 4,4	11,6 ± 1,5
iné / others	10	0,7	4,8	27,7 ± 13,1	14,3 ± 6,0
spolu / total	377	23,3	222,2	23,7 ± 15,1	14,7 ± 6,8

Pozn.: hodnoty sa vzťahujú k priemerným hodnotám počtu stromov (N), ich kruhovej základni (G) a objemu (V) prepočítaných na hektár; DBH a H reprezentujú priemerné namerané dimenzie (hrúbka v 1,3 m nad zemou a výška) stromov s uvedeným rozpätím hodnôt smerodajných odchýlok (SD).

Note: values refer to mean tree density (N), their basal area (G) and volume (V) calculated per hectare; DBH and H represent mean measured dimensions (diameter at 1.3 m above ground and height) of trees listed with range of standard deviation values (SD).

Stav porastovej štruktúry bol charakterizovaný prostredníctvom indexov štruktúrálnej diverzity a to indexom zmiešania, agregácie (contagion), vzdialenosti tisa od susedov a priemernej hrúbkovej a výškovej diferenciacie tisa obyčajného ako aj jeho diferenciacie voči trom susedom. Funkčná skupina štyroch (piatich) jedincov (centrálny tis a jeho traja najbližší susedia; v prípade výpočtu indexu agregácie štyria) bola použitá ako základná

jednotka pre vyhodnotenie vplyvu kompetície na lokálne populácie tisa v dvoch sledovaných oblastiach Slovenska (Pavelcovo a Jedlie).

Údaje o hustote okolitého porastu, dimenzionálnych rozdeleniach početností stromov, porastovej kruhovej základni a počte okolitých stromov boli odvodené z 500 m² kruhových výberových plôch založených s centrálnym tisom umiestneným v strede plochy (Pavelcovo: n = 38; Jedlie: n = 23 plôch). Plochy boli založené v okolí dospelých jedincov tisa, ktorých hrúbka v 1,3 m nad zemou ($d_{1,3}$) bola minimálne 15 cm. Na každej ploche boli pomocou zariadenia FieldMap stanovené súradnice všetkých živých stromov s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm ako aj stojace mŕtve kmene a pne. Zisťovali sa nasledujúce charakteristiky: druh dreveniny, hrúbka $d_{1,3}$, výška (H), výška nasadenia koruny (HNK) a v prípade tisa aj pohlavie. Pri mŕtvom dreve sa evidoval priemer, výška, druh dreveniny a stupeň rozkladu.

Pre určenie štruktúrálnej diverzity sa použil postup podľa FÜLDNERA (1995). Zmiešanie (DMi) charakterizuje druhovú skladbu drevín jedincov tisa obyčajného a susedných stromov. Pri počte troch susedov môže M_i pre každú funkčnú jednotku nadobúdať štyri diskrétné hodnoty (0,00, 0,33, 0,66 a 1,00). Pre výpočet priemernej hodnoty DMi za celú lokalitu, resp. porast sa jednotlivé hodnoty M_i sčítajú a vydedia počtom plôch. Čím väčšia je hodnota DMi tým je zmiešaný väčší počet rôznych druhov drevín. Malé hodnoty DMi indikujú veľký počet funkčných skupín, v ktorých je zastúpený iba jeden druh dreveniny a teda segregáciu (FÜLDNER 1995, POMMERENING 1997).

Index agregácie (contagion index, W_i) je jednotlivo-stromovo počítaná obdoba indexu agregácie a definuje stupeň pravidelnosti priestorového rozmiestnenia stromov v poraste (GADOW et al. 1998). Priemerná hodnota indexu agregácie \bar{W} umožňuje klasifikovať bodové usporiadanie stromov do kategórií 'pravidelné', 'náhodné' a 'agregované' (clumped).

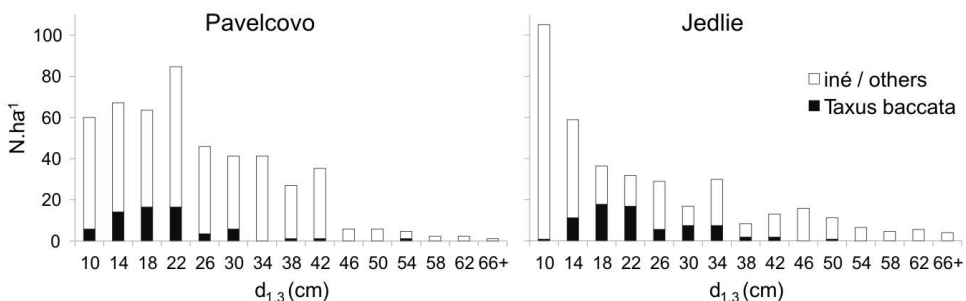
Vzdialenosť tis-sused (D_i) semikvantitatívne vyjadrená ako histogram vzdialeností centrálného stromu k jeho najbližším 3 susedom klasifikovaných v 1,0 m triedach vzdialeností. \bar{D} predstavuje aritmetický priemer vzdialeností medzi centrálnymi stromami (tis) a ich susedmi.

Veľkosť dimenzionálnych rozdielov medzi tisom a susednými jedincami je možné charakterizovať pomocou indexov hrúbkovej (TDi) a výškovej (HDi) diferenciácie (FÜLDNER 1995). Hodnoty TDi a HDi stúpajú s rastúcim priemerným rozdielom medzi tisom a susednými stromami. Pričom hodnotu nula nadobúdajú indexy v prípade, že susedné jedince majú rovnakú veľkosť. Výpočet je založený na dvojiciach centrálny strom a prvý, druhý a tretí najbližší susedný jedinec. Pre výpočet priemernej hodnoty za celú populáciu, resp. porast (lokalitu) sa jednotlivé hodnoty TDi a HDi sčítajú a vydedia počtom plôch (funkčných skupín). Platí, že jednotlivé hodnoty T1, T2, T3 popisujú rozdiely vo veľkosti medzi susednými stromami, teda respektíve v poradí medzi prvým, druhým a tretím susedom. Hodnoty TDi a HDi môžu byť interpretované ako 'malá' (0,0–0,3), 'stredná' (0,3–0,5), 'veľká' (0,5–0,7) a 'veľmi veľká' (0,7–1,0) hrúbková alebo výšková diferenciácia medzi tisom a okolitými stromami.

VÝSLEDKY

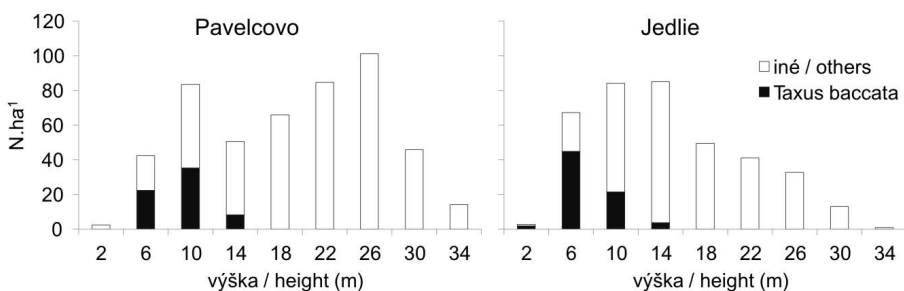
Tis vo vybraných lokalitách dosahuje menšie rastové parametre a na rozdiel od ostatných druhov drevín je najviac zastúpený v nižších hrúbkových a výškových triedach, čo zodpovedá jeho prevažne podúrovňovej pozícii v lesných porastoch (obr. 1,2).

V oboch lokalitách má tis porovnateľné porastové hodnoty hustoty a zásoby (tab. 1). Kruhovú základňu tisa z celkovej kruhovej základne v priemere reprezentuje 8,7% v lokalite Pavelcovo a 14,6% v lokalite Jedlie. V lokalite Jedlie dosahuje tis o 26,5% vyššiu kruhovú základňu v porovnaní s lokalitou Pavelcovo. Priemerné rozdiely medzi lokalitami v dimenziách stromov sú malé, pričom výraznejšie sú rozdiely v zaznamenatej výške stromov. V hrúbkovej štruktúre 70% stromov tisa v lokalite Pavelcovo a 64% v lokalite Jedlie malo hodnoty hrúbky $d_{1,3}$ v rozpätí 12–24 cm. Viac ako polovica (53%) jedincov bola zastúpená vo výškovej triede 8–12 m v lokalite Pavelcovo. V lokalite Jedlie bola nadpolovičná väčšina stromov zastúpená v triede 4–8 m (62%). Tvary rozdelenia hrúbkových a výškových početností dreveniny tisa v skúmaných lokalitách sú porovnateľné. V lokalite Jedlie v porovnaní s lokalitou Pavelcovo je zaznamenaný mierne vyšší počet hrubších (Jedlie: 35%; Pavelcovo: 20% stromov s hrúbkou $d_{1,3} > 24$ cm) a výškovo menších jedincov.



Obr. 1: Hrúbkové rozdelenie početností tisa obyčajného a všetkých druhov drevín vo vybraných lesných porastoch

Fig. 1: Diameter class distribution of European yew and all tree species in selected forest stands



Obr. 2: Výškové rozdelenie početností tisa obyčajného a všetkých druhov drevín vo vybraných lesných porastoch

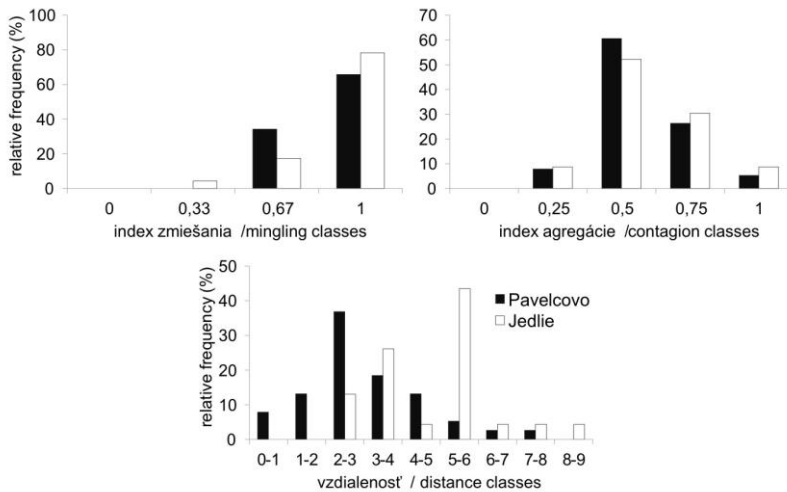
Fig. 2: Height class distribution of European yew and all tree species in selected forest stands

Relatívne vysoké hodnoty indexu zmiešania 0,89 a 0,91 indikujú vyššiu medzidruhovou kompetíciu pre dreveninu tisa (obr. 3). Podľa očakávania, priestorová distribúcia tisa a okolitých stromov zodpovedá jeho náhodnému až agregovanému (clumped) zoskupeniu

v oboch lokalitách. V lokalite Pavelcovo bol zaznamenaný najvyšší počet stromov v intervale vzdialenosti 2–3 m (37%) a 3–4 m (18%); v lokalite Jedlie v intervale 3–4 m (26%) a 5–6 m (44%).

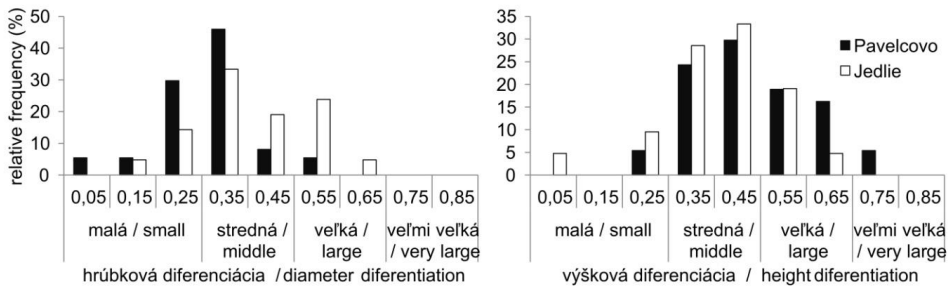
V lokalite Pavelcovo prevláda malá až stredná hrúbková diferenciácia stromov (94% funkčných skupín). V lokalite Jedlie stredná až veľká (81% funkčných skupín) hrúbková diferenciácia stromov (obr. 4). Tvary rozdelení počtu stromov podľa výškovej diferenciácie sa v obidvoch lokalitách prekrývajú, pričom veľmi veľká výšková diferenciácia stromov bola zaznamenaná len na lokalite Pavelcovo (5%). Oproti tomu v lokalite Jedlie bola o 9% vyššia frekvencia výskytu stromov s malou výškovou diferenciáciou.

Priemerný vyšší interval vzdialenosti tisa od susedných stromov v lokalite Jedlie (4,83 m) v porovnaní s lokalitou Pavelcovo (3,14 m) korešponduje s nižšou celkovou hustotou lesa, kde majú referenčné stromy vyššiu priemernú vzdialenosť od susedných jedincov (tab. 2). Referenčné stromy v lokalite Jedlie (centrálne tisy) majú najvyššiu hrúbkovú a výškovú diferenciáciu voči tretiemu susedovi. V lokalite Pavelcovo majú referenčné stromy tisa oproti tomu najvyššiu hrúbkovú a výškovú diferenciáciu s najbližším susedom. Kým rozdiel medzi lokalitami a medzi najvyššími hodnotami výškovej diferenciácie je 7%, medzi najvyššími hodnotami hrúbkovej diferenciácie predstavuje až 15%.



Obr. 3: Porovnanie zmiešania, agregácie a priemernej vzdialenosti tisa od susedov vo vybraných lesných porastoch

Fig. 3: Comparison of the mingling, contagion and the average distance of yew from its neighbors in the selected forest stands



Obr. 4: Hrúbková a výšková diferenciácia tisa obyčajného vo vybraných lesných porastoch
 Fig. 4: Diameter and height differentiation in selected forest stands

Tab. 2: Priemerné hodnoty zmiešania, agregácie, vzdialenosti tis-sused a priemernej hrúbkovej a výškovovej diferenciácie tisa obyčajného ako aj diferenciácie voči trom susedom
 Table 2: Mean values of mingling, contagion, distance of yew to neighbor and mean diameter and height differentiation of European yew as well as differentiation with its three neighbors

	zmiešanie mingling DMi	agregácia contagion \bar{W}	vzdialen. distance \bar{D} (m)	hrúbka $d_{1,3}$ DBH TDi	1, 2, 3 sused 1,2,3 neighbor T1, T2, T3	výška H height HDi	1, 2, 3 sused 1,2,3 nei- ghbor T1, T2, T3
Pavelcovo	0,89±0,16	0,57±0,17	3,14±1,53	0,31±0,11		0,48± 0,14	
				mean T1	0,33±0,17		0,52±0,16
				mean T2	0,33±0,16		0,42±0,25
				mean T3	0,27±0,20		0,50 ±0,16
Jedlie	0,91±0,18	0,60±0,20	4,83±1,62	0,41 ±0,14		0,41±0,12	
				mean T1	0,39±0,18		0,36 ±0,23
				mean T2	0,35±0,23		0,40±0,20
				mean T3	0,48±0,23		0,45±0,22

DISKUSIA A ZÁVER

So zmenami v stratégii a plánovaní obhospodarovania lesov smerom od primárne produkčne zameraného k diferencovanému, prírode blízkeho obhospodarovaniu sa ako kľúčové potvrdzuje mať k dispozícii vhodné deskriptory umožňujúce popis a hodnotenie priestorového usporiadania lesa. Patričná kombinácia indikátorov štruktúry, navyše v teréne ľahko a s nízkymi nákladmi zistiteľných, môže výrazne zefektívniť pestovné rozhodnutia. Výberové zisťovanie 'funkčná skupina štyroch (piatich)' je špecificky navrhnuté pre odhad štruktúrnych parametrov porastov, pričom je časovo nenáročné a umožňuje zohľadniť ekologické vzťahy susedných jedincov. Priestorové charakteristiky sú navrhnuté na základe hodnotenia vybraného počtu najbližších susedov voči centrálnym (referenčným stromom). Tieto charakteristiky sú zrozumiteľné a interpretovateľné, bez

nutnosti merania vzdialenosti medzi stromami alebo zisťovania ich súradníc (AGUIRRE *et al.*, 2003). Nevýhodou je, že takto stanovené charakteristiky nerozlišujú od seba prípady, kedy sú najbližšie jedince blízko, resp. ďaleko od centrálného stromu a teda neumožňujú dobre odhadnúť mieru silnej alebo slabej interakcie medzi susednými jedincami (POMMERENING 2002). Pridanie parametra vzdialenosti vedie k lepšiemu pochopeniu kompetičných vzťahov v zmiešaných porastoch (POMMERENING 2002). Štúdie, ktoré sa zameriavajú na prieskum stavu iba jednotlivých populácii druhov drevín, v prípade dreveniny tis napr. SVENNING, MAGÅRD (1999) alebo GARBARINO *et al.* (2015) neumožňujú porovnať rozdiely v ekologických podmienkach rastu sledovaného druhu. V našom prípade, použitím popísaného výberového postupu zisťovania v porastoch s výskytom vzácneho druhu dreveniny tis sme ukázali, že tento prístup umožňuje dobre popísať komplex štruktúrnych väzieb a teda môže byť veľmi užitočný práve pre ekologické prieskumy ako aj pre prieskumy rozsiahlejších území, pri zisťovaní stavu a štruktúry roztrúsene sa vyskytujúcich druhov drevín. Indexy počítané z 'funkčnej skupiny štyroch' a samotný výberový dizajn sú ľahko kombinovateľné s tradične používanými kruhovými výberovými plochami.

Výsledky analýzy indikujú, že porastové štruktúry s tisom reprezentujúcim cca 10-15% kruhovej základne porastu vykazujú vysoký stupeň zmiešania a prevažne nerovnomernú štruktúru. Celkový kompetičný tlak na dreveninu tis predstavuje dve zložky, vnútro- a medzi-druhová kompetícia. V skúmaných porastoch prevláda medzidruhová kompetícia dreveniny tis s ostatnými dreveninami. Pri porovnaní vybraných lokalít a ekologických podmienok rastu tejto dreveniny, platí pre lokalitu Pavelcovo v porovnaní s lokalitou Jedlie poznatok, že porastové štruktúry s výskytom tisa na tejto lokalite vykazujú menší stupeň zmiešania, sú hustejšie s menej diferencovanou hrúbkovou, ale mierne viac diferencovanou výškovou porastovou štruktúrou. Celkový kompetičný tlak na dreveninu tis je vyšší v lokalite Pavelcovo, kde je aj nižší podiel medzidruhovej kompetície. V lokalite Jedlie viac ako 78% stromov všetkých susedných jedincov tisa patrí k inému druhu. V danej lokalite, kde tis má väčšiu priemernú hrúbku sa potvrdila skutočnosť, že pri menšom kompetičnom tlaku drevenina tis zväčšuje svoj hrúbkový rast. Podobné zistenia reportujú aj iní autori, napr. SVENNING, MAGÅRD (1999), SANIGA (2000) alebo SANIGA, JALOVIAR (2005). V našom prípade zistená nižšia priemerná výška jedincov tisa a vyššia vzdialenosť tis-sused v lokalite Jedlie je veľmi pravdepodobne dôsledkom nižšieho kompetičného tlaku (RUPRECHT *et al.* 2010). Pri podrobnejšej analýze prostredníctvom štruktúrnych indexov vidíme, že v menej hustých porastoch v lokalite Jedlie je sčasti nižšia výšková diferenciácia tisa voči jeho susedom v porovnaní s lokalitou Pavelcovo. V porastových štruktúrach dosahuje o 9% viac jedincov dreveniny tis hornú tretinu výšky a o 8% jedincov viac rozpätie polovice až hornej tretiny výšky okolitých stromov. Väčší počet jedincov dreveniny tis je schopných presadiť sa a rásť vo vyšších vrstvách porastu. Podobne, väčšia vzdialenosť tis-sused korešponduje s nižšou hustotou, pričom približne tretina funkčných skupín vykazuje veľkú hrúbkovú diferenciáciu, čo svedčí o variabilnejšom hrúbkovom raste zodpovedajúcom rôznorodejšej a pravdepodobne rôznovekejšej štruktúre porastov.

V Pavelcove populácia tisa pod väčším tlakom a teda aj ohrozením, čo je spôsobené vyššou hustotou porastu sprevádzanou väčším podielom vnútro-druhovej kompetície, mierne vyššou diferenciáciou výškového rastu a aj nižšou hrúbkovou diferenciáciou. Dané atribúty porastovej štruktúry svedčia o posilňovaní negatívnych efektov celkovo vysokej hustoty lesného ekosystému. Možno vysloviť názor, že štruktúra porastu posilňuje negatívnymi

tívne efekty vyššej hustoty lesa. Zvolený postup využitia štruktúrálnej diverzity okrem iného umožňuje zohľadniť vplyv rozličného veku a bonity stanovišťa na životaschopnosť dreveniny tis, čo bežné dendrometrické merania neumožňujú.

Všeobecne je veľmi málo poznatkov o medzidruhovej kompetícii drevenín, ako aj o tom, či na stanovištiach s odlišnou produkčnou schopnosťou možno očakávať rovnaké medzidruhové interakcie. Prírodné ale aj zámerné pestovné zásahy a s tým súvisiace kolísanie hustoty sa odzrkadľujú vo výslednej štruktúre porastu. Zachytenie aktuálnej priestorovej štruktúry v okolí referenčných jedincov je dôležité aj v prípade, ak sa pokúšame o rekonštrukciu jednotlivo stromových, ale aj porastových charakteristík (aj keď s istým pravdepodobným vychýlením). Predkladaná práca vznikla ako čiastkový výstup výskumu, ktorého hlavným zámerom by malo byť odvodenie kompetičného indexu kombinujúceho časové a priestorové komponenty a teda porovnávajúceho rast referenčného stromu s rastom najbližších susedných stromov.

Analýzy vzťahov medzi vitalitou, kompetíciou a štruktúrnou diverzitou, umožňujú prijímať efektívne pestovné stratégie pre zachovanie a podporu existencie vzácnych ako aj roztrúsene sa vyskytujúcich druhov drevenín. Mnohé z doteraz navrhovaných aktívnych opatrení pre zachovanie dreveniny tis (SANIGA et al. 2017) je možné vzťahovať aj na podporu roztrúsene sa vyskytujúcich druhov, ktoré okrem toho, že sú dôležitým komponentom biodiverzity, produkujú aj vysoko hodnotné sortimenty dreva. Výskum zachovania dreveniny tis vo vybraných lokalitách Slovenska potvrdzuje, že jeho individuálna ochrana v hospodárskych lesoch sa ukazuje prinajmenšom ako málo praktická. Štruktúra porastov je jediným atribútom, ktorý je možné cielene v poraste ovplyvňovať cez pestovné opatrenia zamerané na dosiahnutie cieľov spojených so zachovaním tisa obyčajného (KORPEL, SANIGA 1995).

LITERATÚRA

- AGUIRRE, O., HUI, G., GADOW, K., JIMÉNEZ, J. 2003. An analysis of spatial forest structure using neighborhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183: s.137–145.
- FÜLDNER, K. 1995. *Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern*. PhD dissertation, University of Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen: 146 s.
- GADOW, K., HUI, G.Y., ALBERT, M. 1998. Das Winkelmaß – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 115: s.1–10.
- GARBARINO, M., WEISBERG, P.J., URBINATI, C. 2015. Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata*. *Forest Ecology and Management*, 358: s.122–129.
- HIROAKI, T.I., TANABE, S., HIURA, T. 2004. Exploring the Relationships Among Canopy Structure, Stand Productivity, and Biodiversity of Temperate Forest Ecosystems. *Forest Science*, 50: s.342–355.
- CHIRICI, G., MCROBERTS, R.E., WINTER, S., BERTINI, R., BRÄNDLI, U.-B., ASENSIO, I.A., BASTRUP-BIRK, A., RONDEUX, J., BARSOUM, N., MARCHETTI, M. 2012. National Forest Inventory Contributions to Forest Biodiversity Monitoring. *Forest Science*, 58: s.257–268.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. 1995. *Príroda blízke pestovanie lesa*. Zvolen, TU vo Zvolene, 158 s.
- MATSUSHITA, M., SETSUKO, S., TAMAKI, I., NAKAGAWA, M., NISHIMURA, N., TOMARU, N. 2016. Thinning operations increase the demographic performance of the rare subtree species *Magnolia stellata* in a suburban forest landscape. *Landscape and Ecological Engineering*, 12: s.179–186.

- POMMERENING, A. 1997. *Eine Analyse neuer Ansätze zur Bestandesinventur in strukturreichen Wäldern*. Ph.D. dissertation, University of Göttingen, Cuvillier Verlag Göttingen: 187 s.
- POMMERENING, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75: s.305–324.
- POMMERENING, A. 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management*, 224: s.266–277.
- PRETZSCH, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Berlin Heidelberg, Springer: 664 s.
- RUPRECHT, H., DHAR, A., AIGNER, B., OITZINGER, G., KLUMPP, R., VACIK, H. 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research*, 129: s.189–198.
- SANIGA, M. 2000. Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy tisa obyčajného v štátnej prírodnej rezervácii Plavno. *Journal of Forest Science*, 46: s.76–90.
- SANIGA, M., JALOVIAK, P. 2005. Einfluss der Naturprozesse, waldbaulicher Massnahmen und Schutzmassnahmen auf die Erhaltung der Eibe im Naturreservat Pavelcovo, Slowakei. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 156(12): s.487–495.
- SANIGA, M., PITTNER, J., KUCBEL, S., JALOVIAK, P., SEDMÁKOVÁ, D., VENCURIK, J. 2017. Štruktúra, rastové a regeneračné procesy tisa obyčajného vo vybraných prírodných rezerváciách a hospodárskom lese orografického celku Starohorské vrchy (prípadová štúdia). Zvolen, TU Zvolen: 55 s.
- STERBA, H. 2008. Diversity indices based on angle count sampling and their interrelationships when used in forest inventories. *Forestry*, 81: s.587–597.
- SVENNING, J.-C., MAGÅRD, E. 1999. Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological Conservation*, 88: s.173–182.
- WAGNER, R.G., RADOSEVICH, S.R. 1998. Neighborhood Approach for Quantifying Interspecific Competition in Coastal Oregon Forests. *Ecological Application*, 8: s.779–794.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0014.

RŮST VÝMLADKŮ BŘÍZY BĚLOKORÉ V ZÁVISLOSTI NA TERMÍNU TĚŽBY

GROWTH OF BIRCH SPROUTS IN RELATION TO FELLING TIME

JIŘÍ SOUČEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno

ABSTRACT

Paper deals with growth of sprouts on birch stumps with different terms of cutting in the next 3 years. Birches cutted before the growing season (March) or on its beginning (May) had lower number of sprouts on stumps and better height growth compared to sprouts initiated after cutting in July. Differences in sprouts numbers and height growth among variants were significant even 3 years after cutting.

Keywords: birch, sprout, growth

ABSTRAKT

Príspevek sa zaoberá odrústaním výmladkú břízy v průběhu 3 let po odtěžení v závislosti na termínu těžby. Břízy těžené mimo vegetační sezónu (březen) nebo na jejím počátku (květen) měly nižší počet výmladků a vyšší výškový růst než břízy těžené v červenci. Rozdíly v počtech výmladků na pařezu a výškovém růstu mezi variantami byly průkazné ještě 3 roky po těžbě.

Klíčová slova: bříza, výmladky, růst

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Rostoucí zájem o energeticky využitelnou biomasu pro lokální topeniště ovlivňuje použití hospodářských postupů využívajících dřeviny s pionýrskou strategií růstu (KREJZAR 2008). Břízy jsou v současné době považovány za vhodný druh rostoucí na široké škále stanovištních podmínek s odpovídající produkcí biomasy, rychlé odrůstání a tvorba porostů zajišťuje v krátké době po obnově plnění požadovaných funkcí lesa. Podle výsledků národní inventarizace lesa zastoupení bříz v České republice nepřesahuje 5 %, i tak patří mezi 5 nejčastěji se vyskytujících dřevin v ČR. Nejvyšší podíl břízy vykazují hraniční pohoří na severu republiky, kde byla bříza v minulosti používána jako dřevina přípravná při řešení imisní kalamity (KUČERA A KOL. 2016).

Břízy se obnovují poměrně snadno na široké škále stanovišť generativně i vegetativně. Vegetativní obnova bříz výmladky z dormantních pupenů na bázi kmenů po dekapitaci probíhá poměrně snadno v závislosti na stanovištních podmínkách, věku, charakteru pařezu, způsobu a termínu těžby (KAUPPI RINNE FERM 1988, JOHANSSON 1992, 2008). Výmladky v prvních letech zpravidla přesahují růst jedinců z generativní obnovy, rozdíl se postupně vyrovnávají. Vlivem vyššího počtu jedinců i vyvinutého kořenového systému lze v březových porostech obhospodařovaných ve tvaru nízkého lesa v prvních letech

předpokládat vyšší produkci biomasy s porostem vzniklým generativně (HYNYNEN, ET AL. 2010).

Poznatky o obhospodařování březových porostů ve tvaru nízkého lesa s využitím výmladnosti pochází zejména ze severských zemí s odlišnými stanovištními a růstovými podmínkami. Dosavadní informace z oblastí střední Evropy o výmladnosti břízy jsou spojeny zejména s jejich konkurenčním působením a potřebou opakované likvidace v obnovovaných porostech. Současný pohled na obnovu a odrůstání břízy se postupně mění. Rychlé odrůstání výmladků a minimální náklady na obnovu zaručují energeticky využitelnou surovinu s minimálními náklady. Informace o využití březových porostů obhospodařovaných v nízkém tvaru lesa, poznatky o produkci a schopnosti opakované výmladnosti v našich podmínkách zatím chybí.

MATERIÁL A METODIKA

Sledování odrůstání výmladků břízy proběhlo na výzkumné ploše Nemojov, která leží poblíž Dvora Králové v nadmořské výšce 460 m. Geologickým podkladem jsou permské pískovce, na kterých se vytvořila luvická kambizem s odpovídající zásobou živin. Z přirozených společenstev zde dominuje *Fagetum illimerosum acidophilum* (4I). Původní porost tvořený smrkem s příměsí borovice, dubu, břízy a osiky byl poškozen vlivem vichřice Kyril (leden 2007). Na části plochy ponechané samovolnému vývoji bylo v roce 2014 provedeno šetření stavu sukcesního porostu ve věku 7 let (ŠPULÁK A KOL. 2016). V porostu s dominancí břízy bylo vytyčeno 6 ploch, každá s výměrou cca 4 ary. Následná kompletní těžba porostu ručním nářadím byla provedena v roce 2014 ve 3 termínech (březen, květen a červenec) a 2 opakováních. Na jednotlivých plochách byly vytyčeny plochy o velikosti 5*5 m, na kterých byly očíslovány a změřeny pařezy (výška, tloušťka). Na jednotlivých pařezech byly následně sledovány počty výmladků, jejich výška, tloušťka v místě nasazení a zdravotní stav, vždy v mimovegetačním období v letech 2014-2016.

V roce 2016 byly na plochách odebrány výmladky středních rozměrů pro stanovení sušiny biomasy, u vzorníků byla zjištěna celková hmotnost a podíl jednotlivých složek (dřevo, listy).

Ze sledovaných dat pro jednotlivé termíny těžby byly vypočítány střední hodnoty, dále byly počítány střední rozměry pro 3 nejvyšší výmladky na pařezu. Jednotlivé varianty byly vzájemně porovnávány pomocí neparametrického testu Kruskal-Wallis (software NCSS).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Střední výška pařezů byla 15 ± 10 cm, střední průměr pařezů v místě řezu vzhledem k nízkému věku porostu (7 let) nepřesahoval 3 cm (0-12 cm). Výmladky byly zaznamenány na všech sledovaných pařezech již v průběhu vegetačního období v roce těžby. Redukci počtu pařezů s výmladky během sledovaného období (souhrnně 6-11 % za sledované období) ovlivnilo konkurenční působení mezi sousedními pařízky. Celkové počty výmladků v prvním roce kolísaly v rozmezí 151-346 tis. ks/ha, 3 roky po těžbě počty výmladků dosahovaly 69-119 tisíc kusů/ha.

Snižování počtů výmladků na pařezu i jejich růst se lišily v závislosti na termínu těžby. Pařezy na plochách těžných v březnovém termínu vykazovaly dlouhodobě nejnížší

počet výmladků a nejlepší odrůstání (tab. 1). Při červencovém termínu těžby byly prvotní počty výmladků na pařezech výrazně vyšší a jejich rozměry nižší. Vlivem zkrácení růstové sezóny část výmladků nestihla dostatečně vyžrát a byly poškozeny mrazem. Sledované charakteristiky výmladků na plochách těžných v květnu se více blížily charakteristikám výmladků z ploch těžných v březnovém termínu (tab. 1).

Přežívání výmladků do druhého roku kolísalo v rozpětí 41-58 % v závislosti na termínu těžby, ve 3 roce po těžbě počty poklesly o dalších 9-33 %. Rozměry výmladků se lišily podle termínu těžby, střední výška výmladků u varianty březnového termínu 3. rok po těžbě přesáhla 2 m (výška nejvyšších výmladků dosahovala 4,5 m). Rozdíly mezi variantami těžby v březnu a červenci byly průkazné i 3 roky po těžbě (tab. 1). Střední výška nejvyšších 3 výmladků na pařezu v roce 2016 dosahovala 223 cm, 206 cm a 153 cm podle termínu těžby (březen, květen, červenec). Výchozí rozdíly středních tloušťek krčků výmladků na jednotlivých plochách se 3 rokem po těžbě vyrovnaly. Vzhledem k nízkému věku původnímu porostu (max. 7 let) a omezeným tloušťkám pařezů nebyly zjištěny zásadní rozdíly v počtech a odrůstání výmladků podle rozměrů pařezů uváděné v zahraniční literatuře (JOHANSSON 1992, 2008, HYTÖNEN 1994).

Sušina výmladků střední výšky dosahovala v roce 2016 185 g, 100 g a 20 g podle termínu těžby (březen, květen a červenec). Podíl listů na celkové sušině výmladků kolísal v rozpětí 16-23 %.

Tab. 1: Vývoj středních hodnot výmladků (průměr±Sx) podle termínu těžby

Table 1: Means ±Sx for number of sprouts, diameter and height according to cutting time

Rok Year	Počty výmladků na pařezu Mean number of sprouts			Průměr krčku (mm) Diameter of sprouts (mm)			Střední výška (cm)/ Mean height (cm)		
	Termín těžby (březen, květen, červenec) Term of cutting (March, May, July)								
	3	5	7	3	5	7	3	5	7
2014	7,0±4 a	7,2±4 a	12,2±8 b	6,4±4 a	5,6±3 a	2,8±1 b	90,0±39 a	61,5±35 b	23,1±15 c
2015	3,5±2 a	4,2±2 ab	5,0±3 b	11,5±5 a	8,6±4 b	7,0±3 c	161,7±55 a	121,2±44 b	88,2±43 c
2016	3,2±2 a	2,8±2 a	4,2±3 b	14,2±8	13,5±8	10,1±6	208,8±90 a	187,0±71 a	131,1±76 b

Severská literatura zmiňuje vyšší počty výmladků a lepší odrůstání břízy pýřité ve srovnání s břízou bělokorou. Ve smíšených porostech na stanovištích ovlivněných vodou bříza pýřitá často po těžbě převládla a v prvních letech lépe odrůstala (HYNEN ET AL. 2010, HYTÖNEN, KAUNISTO 1999).

Počty výmladků uváděné v literatuře značně kolísají v závislosti na stanovištních a porostních podmínkách, zjištěné hodnoty na lokalitě Nemojov zapadají do uváděných rozmezí. V severských podmínkách je růst zpravidla pomalejší, rozdíly ve výškovém růstu výmladků vlivem termínu těžby byly zjištěny i 4 rokem po těžbě (JOHANSSON 1992).

Současný zájem o sledování výmladnosti břízy je ovlivněn 2 rozdílnými přístupy (podpora výmladnosti z důvodu produkce biomasy, omezení výmladnosti břízy). Potenciál výmladnosti v mladých porostech břízy závisí zejména na termínu těžby. Pro zajištění odpovídající produkce biomasy pro energetické využití většina autorů doporučuje realizaci těžby mimo vegetační období. Možným rizikem je poškození čerstvých výmladků pozdními mrazy, zejména na lokalitách ohrožených výskytem přízemních mrazů (JOHANSSON 1992, LUORANEN ET AL. 2004). Pro maximalizaci produkce je ve Skandinávii dpo-

ručována doba obmýti ve výmladkovém březovém lese 10-15 let, v našich podmínkách lze vzhledem k příznivějším růstovým podmínkám předpokládat zkrácení této doby.

Naopak při zájmu potlačit výmladnost břízy (např. redukce zastoupení břízy ve smíšených porostech, podsadby březových porostů) se vhodnější jeví termín těžby břízy v průběhu vegetačního období. Růst výmladků je v prvních letech negativně ovlivněn zkráceným vegetačním obdobím a případným poškozením časnými mrazy, výskyt značného počtu výmladků břízy spolu s rychlým výškovým růstem může i tak nepříznivě ovlivnit náklady na zajištění odrůstání cílových dřevin.

ZÁVĚR

Šetření v mladém březovém porostu na ploše Nemojov potvrdilo značné rozdíly ve výmladnosti břízy podle termínu těžby. Výmladky břízy při těžbě realizované v březnovém termínu (vegetační klid) vykazovaly během následujících 3 let příznivější růst. Počty výmladků na plochách těžených v červencovém termínu byly až o 43 % vyšší, výmladky však měly pomalejší růst a vyšší mortalitu. Výmladky vzniklé po těžbě v květnovém termínu se svými charakteristikami více přibližovaly k výmladkům z březnové těžby. Rozdíly v počtech výmladků a výškovém růstu podle termínu těžby jsou průkazné i 3 roky po těžbě. Informace o rozdílné výmladnosti břízy v závislosti na termínu těžby jsou využitelné pro maximalizaci produkce energetické biomasy i pro stanovení vhodného termínu pro redukci nežádoucí břízy (smíšené porosty s břízou, podsadby březových porostů, likvidace břízy pod elektrovedy a další).

LITERATURA

- HYNYNEN, J., NIEMISTÖ, P., VIHÄRÄ-AARNIO, A., BRUNNER, A., HEIN, S., VELLING, P. 2010: Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, **83**(1):103-119.
- HYTÖNEN, J. 1994: Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. *Biomass and Bioenergy* **6**(5):349-357.
- HYTÖNEN, J., KAUNISTO, S. 1999. Effect of fertilization on the biomass production of coppiced mixed birch and willow stands on a cut-away peatland. *Biomass and Bioenergy* **17**, 455-469.
- JOHANSSON, T. 1992: Sprouting of 2- to 5-year-old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. *Forest Ecology and Management*, **53**, 263-281.
- JOHANSSON, T. 2008: Sprouting ability and biomass production of downy and silver birch stumps of different diameters. *Biomass and Bioenergy* **32**, 944 – 951.
- KAUPPI A, RINNE P, FERM A. 1988. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on *Betula pubescens* Ehrh. stumps. *Scandinavian Journal of Forest Research* **3**, 343–54.
- LUORANEN, A., REPO, T., LAPPI, J. 2004. Assessment of the frost hardiness of shoots of silver birch (*Betula pendula*) seedlings with and without controlled exposure to freezing. *Can. J. For. Res.* **34**: 1108–1118
- KREJZAR T. (ed.) 2008. Národní lesnický program II na období do roku 2013. Praha, ÚHÚL: 20 s.
- KUČERA, M. A KOL. 2016: Výstupy Národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011–2015. Lesnická práce.
- ŠPULÁK, O., SOUČEK, J., LEUGNER, J. 2010: Nadzemní biomasa, živiny a spalné teplo v mladém sukcesím porostu přípravných dřevin. *Zprávy lesnického výzkumu*, **61**, (2): 132-137.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151).

**DOPADY PŘEMĚNY POROSTU NÁHRADNÍCH DŘEVIN NA CHEMISMUS
NADLOŽNÍHO HUMUSU POST-IMISNÍHO STANOVIŠTĚ
V JIZERSKÝCH HORÁCH**

*IMPACT OF SUBSTITUTE TREE SPECIES STAND CONVERSION ON CHEMISTRY
OF FOREST FLOOR ON THE FORMERLY AIR-POLLUTED SITE, THE JIZERA MTS.*

ONDŘEJ ŠPULÁK, DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice v Opočně

ABSTRACT

Both organic layers and topsoil were sampled on formerly air-polluted site in order to evaluate a soil-improving effect as the young stand creates a new forest floor. The 20-year-old larch-birch mixture was inter-planted by beech on the study site in 1996. Larch-birch overstory was completely removed in two quadrants 7 years ago. One third of overstory trees was left in the other quadrants. The study objective was to find out if conversion treatments affected properties of forest floor and topsoil. Results showed that no treatment can be considered a better soil improver compared to the others. Birch-spruce admixture to beech developed L and F layers high in nutrients. Topsoil was similar under all treatments. Released beech accumulated a thick litter layer being low in N and P.

Key words: *mixed forests, forest floor, topsoil, conversion, air pollution*

ABSTRAKT

Na bývalém imisemi ovlivněném stanovišti byly odebrány vzorky organického materiálu a svrchní půdy s cílem vyhodnotit meliorační účinky porostu vytvářejícího nový nadložní humus. Dvacetiletý porost modřínu a břízy na studijní lokalitě byl v roce 1996 podsazen bukem. Část podrostu buku byla zcela uvolněna před 7 lety. Na zbytku plochy byla ponechána 1/3 jedinců. Cílem šetření bylo zjistit, zda variantní přeměnou druhové skladby došlo k ovlivnění vlastností nadložního humusu a půdy. Výsledky ukázaly, že ani jednu z variant nelze označit za jednoznačně melioračně účinnější. Směs s břízou a smrkem zformovala horizonty L a F bohatší na živiny. V minerální půdě byly sledované vlastnosti podobné pod všemi variantami. Uvolnění buku vedlo k nahromadění silné vrstvy opadu s menšími obsahy N a P.

Klíčová slova: *smíšené lesy, nadložní humus, svrchní půda, přeměny, imise*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Vlastnosti půdy spolu s řadou dalších parametrů prostředí ovlivňují výživu a prosperitu dřevin na stanovišti. Na druhou stranu lesní dřeviny kromě mechanicko-chemického působení kořeny na půdní profil také recyklují získané živiny opadem nadzemních a odumíráním podzemních orgánů. Ovlivňují také mikroklima přízemní vrstvy vzduchu a podmínky pro společenstva organismů formujících nadložní humus.

Řadou studií bylo prokázáno nebo alespoň naznačeno rozdílné působení porostů různých druhů dřevin na svrchní horizonty půdy (BINKLEY 1995, ROTHE A BINKLEY 2001). Daleko méně informací je však k dispozici při posuzování vlivu porostních směsí těchto dřevin. Z nich je patrné, že díky provázanosti vztahů v lesním ekosystému k porostním směsím nelze přistupovat formou váženého průměru vlastností monokulturních porostů. Např. PRESCOTT (2002) uvádí, že složitost poměrů korunové vrstvy smíšených porostů je zdrojem podobné heterogenity i pro živinové charakteristiky nadložního humusu.

Aktivní formování vlastností nadložního humusu a půdy má značný význam zejména v oblastech ovlivněných v minulosti průmyslovými imisemi. V Jizerských horách vznikly v průběhu vrcholného vlivu imisí s převahou oxidu siřičitého místy rozsáhlé porosty náhradních dřevin (SLODIČÁK ET AL. 2009). Imisní škody na lesních porostech byly významné zejména na náhorním plató Jizerských hor, kde docházelo k souběhu působení znečištění ovzduší a přirozených klimatických poměrů. Ovlivněny byly, nicméně, také nižší partie v severozápadní části hor nad Dětrichovem. Tyto původně převážně smrkové porosty byly exponovány nedaleké polské tepelné elektrárně Turoszów. Po vytěžení nejvíce zasažených porostů byly na jejich místě založeny porosty náhradní.

Cílem příspěvku je přispět k poznání vlivu přeměny porostních směsí bukem na vlastnosti svrchních horizontů humusu a půdy v podmínkách kyselého stanoviště v smrkobukovém lesním vegetačním stupni.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumná plocha se nachází v severozápadní části Jizerských hor v nadmořské výšce 640 m, SZ expozice na svahu do 5%, SLT 5K. Porost s dominující břízou bělokorou a modřínem opadavým ve věku cca 19 let na lokalitě Kančí byl v roce 1996 prosázen obalovanými poloodrostky buku lesního ve sponu 2 × 1 m (BALCAR ET AL. 1999, BALCAR 2000). Prosadby bukem byly provedeny s cílem hodnocení vzájemných vztahů ve vyvíjejícím se smíšeném porostu a s cílem navrácení buku do těch porostů Jizerských hor, kde chyběl. Buky časem vytvořily podúroveň pod náhradním porostem.

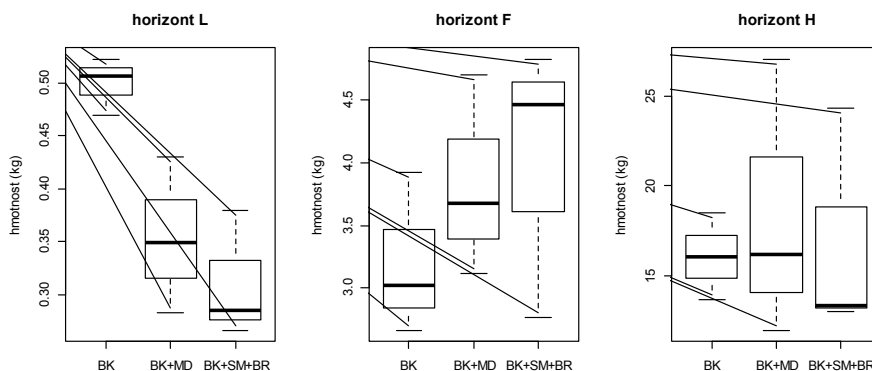
V porostu o výměře 0,25 ha byla provedena jednotná redukce stromů přípravného porostu v roce 1998. Následně v roce 2008 byl proveden uvolňovací zásah, při kterém byla plocha rozdělena na 4 díly; na dvou z nich byl odstraněn přípravný porost kompletně, na zbývajících dvou byla 1/3 jedinců přípravného porostu ponechána.

Vzorky půdy byly odebrány na podzim roku 2015 ve variantě BK – čistý bukový porost, BK+MD – bukový porost s modřínem v nadúrovni a BK+SM+BR – bukový porost s vtroušeným smrkem a břízou v nadúrovni. Odběr opadu (L+F) byl prováděn pomocí pedologického rámečku (25 × 25 cm), tři směsné vzorky na variantu byly vytvořeny vždy ze tří náhodných umístění rámečku v dané části dílce. Odběry F, H (kompletně) a A (jen svrchní část) byly prováděny pedologickou sondýrkou o průměru 7 cm. Tři směsné vzorky na variantu byly vytvořeny vždy z 5 vpichů sondýrkou.

U vzorků L+F, F a H byla analyzována sušina. Chemismus L+F byl hodnocen metodami rozboru rostlinného materiálu (ZBÍRAL 2001). Vzorky F, H a A byly analyzovány na obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}), dusíku, pH, charakteristiky sorpčního komplexu (STHV) a chemismus podle metodiky Mehlich III.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Z analýzy sušiny vyplývá rozdílná dynamika akumulace/dekompozice opadu mezi variantami a vrstvami nadložního humusu. Zatímco sušina horizontu L klesala v pořadí BK, BK+MD a BK+SM+BR, u sušiny horizontu F byla tendence obrácená (obr. 1). V horizontu H již rozdíly nebyly nalezeny; H horizont je, nicméně, především „dědic-tvím“ předchozích generací lesa. Pod čistým bukem byla kromě mocnější vrstvy nerozloženého opadu pozorována nižší variabilita hmotnosti sušiny, než u hodnocených variant porostních směsí. PRESCOTT (2002) uvádí, že efekt dřeviny na dostupnost živin lze lépe odhadnout z množství opadu a obsahu živin, tj. celkového množství navrácených živin, než z rychlosti rozkladu opadu. V tomto smyslu můžeme usuzovat, že vrstva čistého bukového opadu o vyšší hmotnosti sušiny vrací dostatek N a P i přes velmi nízké koncentrace v porovnání se smíšenými variantami (obr. 1 a 2).

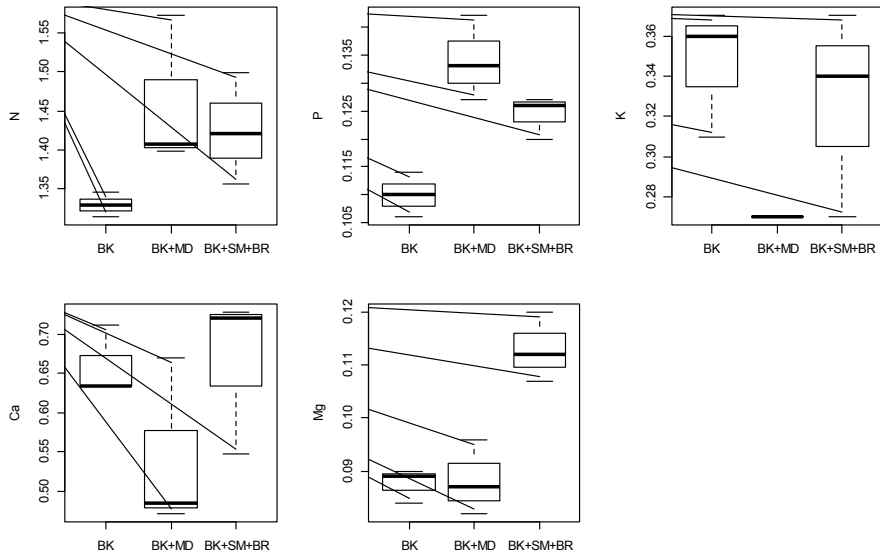


Obr. 1: Sušina horizontů humusu pod analyzovanými variantami porostu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

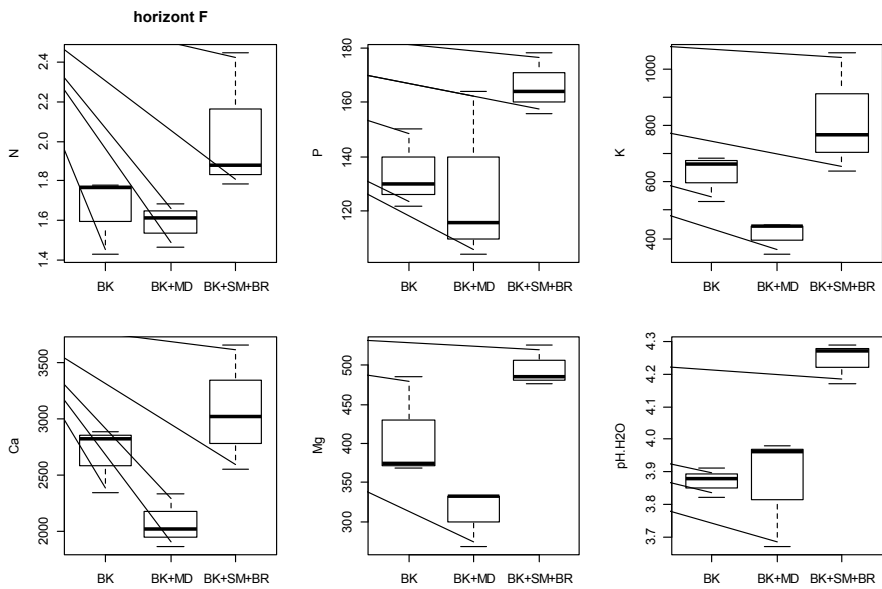
Fig. 1: Dry matter of topsoil horizons below analysed treatments ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Note: BK – beech, BK+MD – beech with larch, BK+SM+BR – beech with spruce and birch.

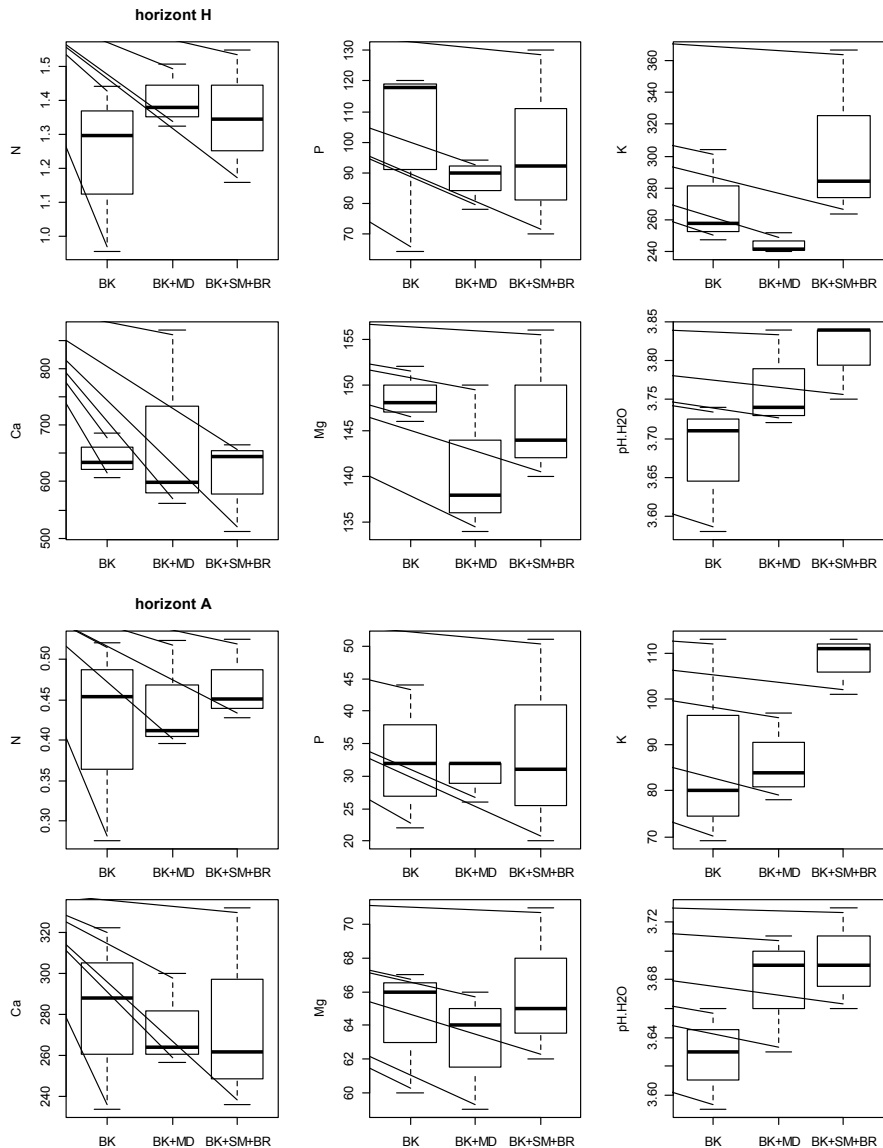
Pokud jde o zastoupení živin v horizontu L, čistý opad BK obsahoval méně N a P, než obě porostní směsi. Naproti tomu porost BK+MD měl nejméně K a Ca, BK+SM+BR pak nejvíce Mg (obr. 2).

V horizontu F byla směs BK+SM+BR bohatší na většinu makroelementů, jejich nejmenší zastoupení bylo pozorováno u varianty BK+MD. Vliv porostní směsi BK+SM+BR byl patrný také na vyšším pH (obr. 3). Směrem do hlubších horizontů půdy (H a A) se již rozdíly v zastoupení živin mezi porostními variantami zmenšují, výrazněji se odlišovalo pouze zastoupení K mezi variantami BK+MD a BK+SM+BR. Za pozornost stojí fakt, že časté vyšší koncentrace živin v F horizontu a vyšší pH varianty BK+SM+BR mohou být svým melioračním účinkem významnější vzhledem k vyšší hmotnosti vrstvy drti (viz PRESCOTT 2002) ve srovnání s variantami BK a BK+MD.



Obr. 2: Makroelementy (%) v horizontu L pod analyzovanými variantami porostu.
 Fig. 2: Proportion of macronutrients in L horizon below analysed treatments. Note: BK – beech, BK+MD – beech with larch, BK+SM+BR – beech with spruce and birch.





Obr. 3: Zastoupení živin (%) a acidita v horizontu F (nahore), H (uprostřed) a A (dole) analyzovaných variant

Fig. 3: Nutrients (%) and acidity of analyzed treatments in F (above), H (in the middle) and A (below). Note: BK – beech, BK+MD – beech with larch, BK+SM+BR – beech with spruce and birch.

ZÁVĚRY

Z předběžných výsledků analýzy půdy pod cca 40letými porosty s příměsí buku v porovnání s čistým bukovým porostem (věk buku 20 let) na stanovišti 5K vyplýva-

jí, přes částečně společnou historii vývoje částí porostu, rozdílů v množství a chemismu svrchních půdních horizontů. Tyto rozdílů poukazují na pravděpodobné odlišnosti cyklů živin i průběhu dekompozičních procesů pod těmito porosty. Na základě zastoupení živin v horizontech nelze označit některou z analyzovaných variant za ve všech směrech zlepšující stanoviště, byl však nalezen pozitivní vliv směsi s břízou a smrkem na tvorbu živinově vyváženého obsahu v horizontech opadu a drti a udržování příznivějších hodnot pH svrchních horizontů půdy v porovnání s nesmíšeným porostem buku. Nízké koncentrace živin v opadu a drti varianty s modřínem jsou do jisté míry kompenzovány celkovým množstvím těchto nadložních vrstev. Výsledky z minerální půdy ukazují v zásadě podobné vlastnosti pod všemi variantami. Uvolnění buku vedlo v krátké době k nahromadění silné vrstvy opadu s menšími koncentracemi dusíku a fosforu ve srovnání se smíšenými variantami.

LITERATURA

- BALCAR, V. 2000. Vývoj výsadeb buku lesního do porostů náhradních dřevin v Jizerských horách. In: Saniga, M., Jaloviár P. (eds.) *Pestovanie lesa v zmenených ekologických podmienkach*. Zvolen, 5. a 6. september 2000. Zvolen, Technická univerzita: s. 44 - 47.
- BALCAR, V., KACÁLEK, D., VACEK S. 1999. Rekonstrukce porostů náhradních dřevin prosadbami buku lesního *Fagus sylvatica* L. In: Slodičák M. (ed.) *Obnova a stabilizace horských lesů*. Bedřichov v Jizerských horách, 12. a 13. 10. 1999. Jiloviště-Strnady, VÚLHM: s. 70 - 76.
- BINKLEY, D. 1995. The influence of tree species on forest soils: processes and patterns. In: Mead D. J., Cornfort I. S. (eds.). *Proceedings of the Trees and Soil Workshop*. Lincoln University, 28 February – 2 March 1994. Agronomy Society of New Zealand Special Publication No. 10, Canterbury, Lincoln University Press: 33 s.
- PRESCOTT, C. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology*, 22: s. 1193-1200.
- ROTHER, A., BINKLEY, D. 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: A synthesis. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 11: s. 1855-1870.
- SLODIČÁK, M. ET AL. 2009. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 232 s.
- ZBÍRAL, J. 2001. Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. Brno, ÚKZÚZ: 205 s.

Poděkování

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0117 (č. j. 6779/2017-MZE-14151) a z prostředků projektu NAZV KUS QJ1530298: Optimalizace využití melioračních a zpevňujících dřevin v lesních porostech.

**POROVNANIE KVALITATÍVNEJ A HODNOTOVEJ
PRODUKCIE DVOCH BUKOVÝCH PORASTOV S ROZDIELNYM
MANAŽMENTOM**

**A COMPARISON OF QUALITATIVE AND VALUE PRODUCTION
OF TWO BEECH STANDS UNDER DIFFERENT MANAGEMENT**

IGOR ŠTEFANČÍK, RUDOLF PETRÁŠ, JULIÁN MECKO

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, T.G.Masaryka 22, 960 92 Zvolen

ABSTRACT

This paper aims at the evaluation of qualitative and value production in homogeneous beech stands, which were managed by three different management types for a long period (over 50 years): (i) – heavy thinning from below (C grade according to the German forest research institutes released in 1902), (ii) – Štefančík's free-crown thinning, (iii) – without interventions. Quality characteristics of the lower one third of the stem were assessed using a 4-class scale (A – the best quality, D – the worst quality). Assortment structure was estimated for each stem by an assortment model developed in the past. The highest volume of the best quality stems (A class) has been reached in forests where Štefančík's free-crown thinning was applied (57–69%) while the lowest (31-39%) on stands with no management. The proportion of two best quality assortments of slices (I + II) was highest again in forests managed by the mentioned thinning method (22-27%) and the lowest when no treatment was applied (14 and 15%). The highest value production (expressed in €·ha⁻¹) was reached in the forests treated by heavy thinning from below.

Keywords: beech, thinnings, stem quality, assortment structure, production value

ABSTRAKT

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť a porovnať kvalitatívnu a hodnotovú produkciu dvoch rovnorodých bukových porastov, ktoré sa dlhodobo (vyše 50 rokov) obhospodarovali tromi rozdielnymi metódami. (i) – silnou podúrovňovou prebierkou (C stupeň podľa Nemeckých výskumných lesníckych ústavov z roku 1902), (ii) – Štefančíkovou úrovňovou voľnou prebierkou, (iii) – bez zásahov. Hodnotili sa znaky kvality kmeňa spodnej tretiny podľa 4-člennej stupnice (A – najkvalitnejšie, D – najhoršia kvalita). Štruktúra sortimentov (I, II, IIIA, IIIB, V, VI) sa odhadla pre každý kmeň podľa modelu stromových sortimentačných tabuliek. Najvyšší objem najkvalitnejších kmeňov (A trieda) sa dosiahol na plochách so Štefančíkovou úrovňovou prebierkou (57 – 69 %) a najmenej (31 – 39 %) na plochách bez výchovy. Podiel dvoch najkvalitnejších akostných tried výrezov (I+II) bol najvyšší na plochách vychovávaných Štefančíkovou úrovňovou prebierkou (22 do 27 %) a najnižší bol na plochách bez výchovy (14 a 15 %). Najvyššiu hodnotovú produkciu vyjadrenú v €·ha⁻¹ dosiahli plochy so silnou podúrovňovou prebierkou.

Kľúčové slová: buk, prebierky, kvalita kmeňa, štruktúra sortimentov, hodnotová produkcia

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Kvalitatívna a hodnotová produkcia lesných porastov patria ku kľúčovým problematikám najmä pri listnatých drevinách (dub a buk). Osobitne významná je hlavne v ostatnom období, keď finančné zhodnotenie (speňaženie) rubného porastu nadobudlo rozhodujúcu úlohu pri posudzovaní efektívnosti jeho doterajšej výchovy. Kvalita kmeňov v lesných porastoch sa posudzuje najčastejšie dvoma spôsobmi. Pri prvom sa hodnotí akosť kmeňa podľa vonkajších pestovateľských znakov, ako sú rovnosť kmeňa, počet a veľkosť hrč, točivosť drevných vlákien, poškodenie kmeňa a pod. (ŠTEFANČÍK 1974). V druhom prípade sa hodnotí tzv. hospodárska kvalita dreva podľa štruktúry vyrobených sortimentov (PETRÁŠ, NOCIAR 1991).

Aj keď rast a vývoj bukových porastov ovplyvňuje viacero stanovištných (VACEK, HEJCMAN 2012), prírodných a ekologických (VACEK et al. 2014), resp. porastových faktorov (MERGANIČ et al. 2013), medzi najdôležitejšie patrí spôsob ich obhospodarovania (POLENO, VACEK et al. 2009), resp. výchovy (ŠTEFANČÍK 1974, 2015; HEIN et al. 2007).

Všetci autori zistili priaznivý účinok dlhodobej výchovy na kvalitu bukových porastov (ŠEBÍK, POLÁK 1990; ŠTEFANČÍK, BOŠEĽA 2014). Osvedčili sa najmä selektívne prebiecky metódou cieľových stromov (SKOVGAARD et al. 2006; HEIN et al. 2007; ŠTEFANČÍK 2015). Okrem toho prebiecky mali pozitívny vplyv aj na kvalitu bukového dreva (CAMERON 2002; POLJANEC, KADUNC 2013).

Hodnotovú produkciu výrazne znižuje nepravé jadro, resp. hniloba dreva bukových porastov (KNOKE, WENDEROTH 2001; KNOKE 2003; KRPAŇ et al. 2006), alebo výskyt hrč na kmeni (RICHTER 2007). Napriek rozsiahlemu výskumu bukových porastov z rôznych aspektov, je nedostatok poznatkov o hodnotovej produkcii buka v rovnorodých (SEDMÁK, HLADÍK 2002; UTSCHIG, KÜSTERS 2003) alebo zmiešaných porastoch (PETRÁŠ et al. 2015). Ide najmä o otázku, či rozdielnym manažmentom možno významne ovplyvniť (zvýšiť) hodnotovú produkciu bukových porastov v porovnaní s porastmi bez zásahov.

Na základe uvedeného sme sa zamerali na zhodnotenie a porovnanie kvalitatívnej a hodnotovej produkcie dvoch rovnorodých bukových porastov, ktoré sa dlhodobo (vyše 50 rokov) vychovávali rozdielnymi prebieckovými metódami.

MATERIÁL A METODIKA

Založenie trvalých výskumných plôch

Objektom výskumu boli 2 série trvalých výskumných plôch (TVP) založených v minulosti prof. Ing. Ladislavom Štefančíkom, DrSc., v prirodzene obnovených rovnorodých bukových porastoch Slovenska. Základnú stanovištnú charakteristiku TVP uvádza Tab. 1.

Do založenia sérií TVP sa na plochách nevykonali takmer žiadne systematické výchovné zásahy. Pokiaľ sa do porastov zasiahlo, išlo iba o pomedstny slabý zásah výlučne do podúrovne formou tzv. túlavej ťažby (ŠTEFANČÍK 1974). Série TVP sa skladajú z 3, resp. 4 čiastkových plôch, ktoré sú usporiadané vedľa seba (po vrstevnici) a oddeľuje ich od seba 15 m široký izolačný pás stromov. Výmera každej čiastkovej plochy je 0,25 ha (50 × 50 m). Cez stred každej čiastkovej plochy sú v šírke 10 m stabilizované tzv. prierezové pásy, na ktorých sa merajú výšky stromov. Na plochách označených H a H2 sa aplikuje Štefančíkova úrovňová voľná prebiecky, na ploche C sa realizuje silná podúrovňová pre-

bierka (C stupeň podľa nemeckých lesníckych výskumných ústavov 1902 a plocha 0 je kontrolná (bez zásahov).

Na všetkých čiastkových plochách sa číslaním registrujú všetky žijúce stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ 3,6 cm a väčšou, resp. ktoré v priebehu meraní dosiahli uvedenú hrúbku tzv. registračnú hranicu.

Tab. 1: Základné charakteristiky trvalej výskumnej plochy (TVP) Jalná a Cigánka
 Table 1: Basic characteristics of the permanent research plot (PRP) Jalná and Cigánka

Charakteristika <i>Characteristic</i>	TVP Jalná PRP Jalná	TVP Cigánka PRP Cigánka
Založenie TVP <i>Establishment of PRP</i>	1958	1966
Vek porastu [roky] <i>Stand age [years]</i>	36	60
Absolútna bonita <i>Site index</i>	26	28
Geomorfologický celok <i>Geomorphologic unit</i>	Štiavnické vrchy	Stolické vrchy (Slovenské rudohorie)
Expozícia <i>Exposition</i>	Z <i>West</i>	SZ <i>North-West</i>
Nadmorská výška <i>Altitude [m]</i>	610	560
Sklon <i>Inclination [degree]</i>	15	20
Geologický podklad <i>Parent rock</i>	Andezit <i>Andesite</i>	ortorula (dvojsľudná biotitická)
Pôdny typ <i>Soil unit</i>	kambizem modálna <i>Eutric Cambisol</i>	Gneiss (biotitic) kambizem typická, nenasýtená
Lesný vegetačný stupeň <i>Forest altitudinal zone</i>	3. dubovo-bukový <i>oak-beech</i>	Haplic Cambisol (Dystric)
Hospodársky súbor lesných typov <i>Management complex</i>	311 - živné dubové bučiny <i>fertile oak beechwoods</i>	4. bukový <i>Beech</i>
Skupina lesných typov <i>Forest type group</i>	Querceto-Fagetum (QF)	405 – kyslé bučiny <i>Acid beechwoods</i>
Lesný typ <i>Forest type</i>	3305 ostricovo-marinková živná dubová bučina <i>Bent-grass woodruff fertile oak beechwood</i>	Fagetum pauper (Fp) v.st. 4301 chlpaňová bučina v.st. <i>Hairy woodrush beechwood</i>
Priemerná ročná teplota <i>Average annual temperature [°C]</i>	6,2	
Priemerný ročný úhrn zrážok <i>Sum of average annual precipitation [mm.rok⁻¹]</i>	800	5,5
		918

Okrem štandardných biometrických meraní sa stromy zaradili podľa sociologického postavenia do stromovej triedy 1-5 (podľa Krafta) a hodnotili znaky kvality spodnej tretiny kmeňa podľa nasledovnej klasifikácie:

- A – rovný kmeň, netočivý, centrický, bez tvarových deformácií a hŕč, je určený pre výrobu dýh;
 B – kmeň s menšími technickými chybami, so zdravými a nezdravými hrčami do 4 cm (1-2 kusy na bežný meter);
 C – kmeň s veľkými technickými chybami, väčšia krivosť, točivosť do 4%, zdravé hrče bez obmedzenia, je určený najmä pre menej kvalitné piliarske výrezy alebo celulózu;
 D – kmeň horšej kvality ako v triede C, má rozsiahlu hnilobu a je určený väčšinou na palivo.

Spracovanie údajov

Do spracovania sa zahrnuli iba posledné hodnotenia na každej ploche, aby sa zistil vplyv dlhodobého rozdielneho obhospodarovania (po vyše 50 rokoch). Pre každú čiastkovú plochu, ktorá reprezentuje rôzny režim výchovy (na každej sérii TVP) sa vypočítal podiel kvalitatívnych tried kmeňov A – D.

Štruktúra sortimentov sa vypočítala pre každý strom podľa modelu stromových sortimentačných tabuliek (PETRÁŠ, NOCIAR 1991, PETRÁŠ 1992).

Sortimenty predstavujú akostné a hrúbkové triedy výrezov, pričom sa predpokladá, že všetky kmene sú bez mechanického poškodenia. Akostné triedy výrezov sú charakterizované hlavne účelom ich použitia:

- I krájané dyhy, špeciálne športové a technické potreby,
 II lúpané dyhy, športové potreby,
 III (A, B) piliarske výrezy (lepšia akosť IIIA, horšia akosť IIIB),
 V vlákna, chemické a mechanické spracovanie na výrobu buničiny a aglomerovaných dosák,
 VI palivo.

Triedy I – IIIB sa v modely sortimentačných tabuliek členia aj do hrúbkových tried 1 – 6+.

Hodnota sortimentov sa vypočítala pre každý strom ako súčin objemu sortimentov a cien dreva podľa akostných a hrúbkových tried výrezov. Ceny dreva sa použili z ponukového cenníka sortimentov štátnych lesov na Slovensku v roku 2013 (Tab. 2).

Tab. 2: Ceny sortimentov (€·m⁻³) podľa akostných a hrúbkových tried výrezov

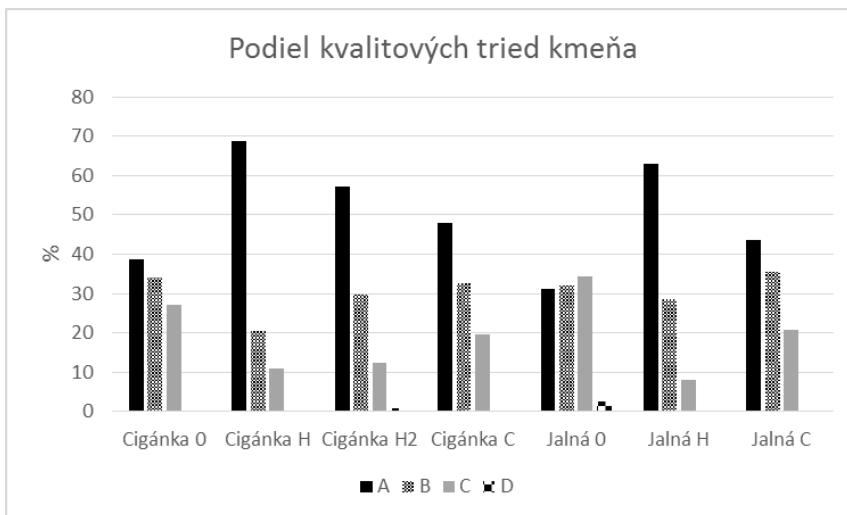
Table 2: Assortment prices (€·m⁻³) according to qualitative and diameter classes of slices

Hrúbková trieda Diameter class	Akostná trieda Qualitative class					
	I	II	IIIA	IIIB	V	VI
1			51,5	50,5	43,0	44,0
2		54,0	52,5	51,5		
3		103,0	69,5	57,5		
4	201,0	108,0	71,5	59,5		
5	231,0	113,0				
6+	271,0	113,0				

VÝSLEDKY

Kvalita kmeňa

Najvyšší podiel najkvalitnejších kmeňov triedy A (Obr.1) sa na všetkých plochách s výchovou dosiahol pri úrovňovej prebierke (H). Pohyboval sa v rozpätí 57 – 69%. Na plochách so silnou podúrovňovou prebierkou (C) bol podiel najkvalitnejších kmeňov 44 a 48%, resp. najmenší podiel (31 a 39%) sa zistil na kontrolných plochách (0).



Obr. 1: Podiel tried kvality kmeňa z ich objemu podľa druhu manažmentu

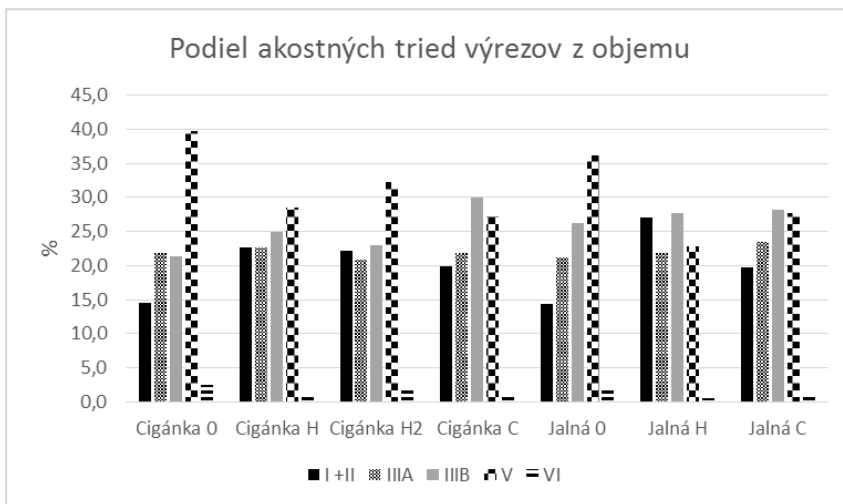
Fig. 1: Proportion of stem qualitative classes out of their volume according to type of management

Štruktúra sortimentov

Najvyšší podiel (22–27%) najkvalitnejších akostných tried výrezov I+II (Obr.2) bol na plochách vychovávaných Štefančíkovou úrovňovou prebierkou. Najnižšie hodnoty 14 a 15% sa zistili na kontrolných plochách. Na plochách so silnou podúrovňovou prebierkou to činilo 20%. Podiel piliarskych výrezov v triede IIIA bol takmer rovnaký pre všetky jednotlivé varianty výchovy, Na plochách s podúrovňovou prebierkou to bolo 22 a 23%, s úrovňovou prebierkou 21 – 23% a kontrolnými plochami (21 a 22%). Podobne tomu bolo aj v triede IIIA+IIIB. Podiel vlákničky (trieda V) dosiahol najvyššie percento na kontrolných plochách (36 a 40%). Na plochách s výchovou tvoril podiel vlákničkových sortimentov 23 až 32% (úrovňová prebierka), resp. 27 a 28% (podúrovňová prebierka).

Dôležitým znakom pre zaradenie kmeňov do sortimentačných tried je okrem kvality dreva a poškodenia kmeňov aj dimenzia (hrúbka) sortimentu. Najvyššie hodnoty d_g sme zistili na plochách so silnou podúrovňovou prebierkou a najnižšie na kontrolných plochách (ŠTEFANČÍK 2015). Napriek tomu bol podiel dvoch najkvalitnejších tried (I+II) najvyšší pri výchove úrovňovou prebierkou (Obr. 2).

Vysvetlivky/Captions: C - plocha so silnou podúrovňovou prebierkou (C – stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov lešnických z roku 1902)/plot with heavy thinning from below (C grade according to German forestry institutions from 1902), H, H2 – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou podľa ŠTEFANČÍKA (1974)/plot with the free crown thinning according to ŠTEFANČÍK (1974), 0 – kontrolná plocha (bez zásahov)/control plot (no interventions)



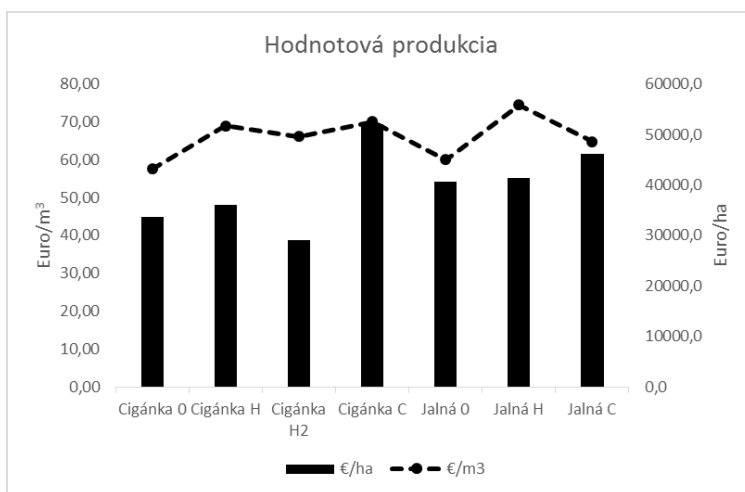
Obr. 2: Podiel najkvalitnejších sortimentov výrezov (trieda I+II) z ich objemu podľa druhu manažmentu

Fig. 2: Proportion of the best quality assortments of slices (class I+II) out of their volume according to type of management

Vysvetlivky/Captions: ako pri Obr.1/see Fig. 1

Hodnotová produkcia

Najvyššiu hodnotovú produkciu (Obr.3) dosiahli plochy s podúrovňovou výchovou, čo po prepočítaní na 1 ha činilo zaokrúhlene 46,1 a 52,0 tis. €. Nasledujú plochy s úrovňovou prebierkou (29,0 – 41,3 tis. €) a kontrolné plochy (33,7 a 40,6 tis. €). Pri prepočte hodnotovej produkcie v € na 1 m³ sa najvyššie hodnoty prejavili na ploche s úrovňovou prebierkou (66,2 až 74,4 €·m⁻¹) a najnižšie na kontrolných plochách (57,6 a 59,9 €·m⁻¹).



Obr.3: Hodnotová produkcia (€·ha⁻¹ a €·m⁻³) na plochách s rozdielnym manažmentom
 Fig. 3: Value production (€ per hectare and € per m³) on plots with different management

DISKUSIA

Najvyššie percento najkvalitnejších kmeňov (trieda A) ako aj sortimentov (I+II trieda) podľa objemu sa dosiahlo pri úrovňovej voľnej prebierke. Táto prebierková metóda je zameraná výhradne na individuálnu výchovu najkvalitnejších jedincov (nádejné, cieľové stromy), ktoré sa určujú zásadne z úrovne a nadúrovne porastu. Spravidla sú to aj najhrubšie stromy ($d_{1,3} \geq 45$ cm), čo je potrebné (okrem kvalitatívnych znakov) k tomu, aby spĺňali kritériá najcennejších sortimentov (trieda I). Naproti tomu podúrovňová prebierka pestuje porast ako celok tým, že odstraňuje všetky podúrovňové jedince. Do úrovne prakticky nezasahuje a tým ani cieľavedome nerozlišuje jedince podľa kvality kmeňa. Napriek tomu, že na plochách s podúrovňovou výchovou je vždy stredná hrúbka najvyššia (ASSMANN 1968; ŠEBÍK, POLÁK 1990; ŠTEFANČÍK 2015) v porovnaní s inými spôsobmi výchovy, podiel najkvalitnejších sortimentov bol najvyšší pri úrovňovej voľnej prebierke. Potvrzuje to teda skutočnosť, že pre sortimentáciu je dôležitá nielen dimenzia kmeňov (nad 45 cm dbh), ale okrem poškodenia kmeňa najmä ich kvalitatívne znaky.

Podľa podielu najkvalitnejších sortimentov (trieda I, resp. I+II) sa najvyššie hodnoty zistili pri výchove Štefančíkovou úrovňovou prebierkou. To tiež korešponduje so skutočnosťou, že na týchto plochách bol zároveň najvyšší počet cieľových stromov (ŠTEFANČÍK 2015), ktoré sú nositeľmi kvalitatívnej produkcie porastov. Pritom objem hrubiny bol takmer vždy vyšší v porastoch so silnou podúrovňovou prebierkou a kontrolou (bez výchovy) v porovnaní so Štefančíkovou úrovňovou voľnou prebierkou. To poukazuje na známu skutočnosť, že pri výchove bukových porastov je potrebné sa zamerať na kvalitatívnu stránku výchovy (KATÓ, MÜLDER 1983; POLJANEC, KADUNC 2013; ŠTEFANČÍK, BOŠEĀ 2014), resp. určitý počet najkvalitnejších jedincov (ŠTEFANČÍK 1974; HEIN et al. 2007). Avšak, pri pestovaní „hromadnej kvality“ t.z. celého porastu (bez individuálnej výchovy najkvalitnejších (cieľových) jedincov) sa lepšie výsledky po dlhodobej výchove

dosiahli na ploche so silnou podúrovňovou prebierkou (ŠTEFANČÍK 2015), čo sa potvrdilo aj pri hodnotovej produkcii na 1 ha.

Naše výsledky sú v súlade s tými, ktoré zistili HLADÍK, SEDMÁK (1996). Títo autori konštatovali, že najkvalitnejšie stromy sa nachádzali v poraste s úrovňovým zásahom (dosiahli najvyšší podiel stromov A triedy) a najnižšou kvalitou sa vyznačovala kontrolná plocha (bez zásahov). Autori vyslovili predpoklad, že hodnotová produkcia v poraste s úrovňovými zásahmi bude vyššia ako hodnota produkcie porastu s podúrovňovou prebierkou. Podobne HEIN et al. (2007) konštatovali, že po 35 rokoch experimentu bola čistá hodnotová produkcia vyššia na plochách, kde sa aplikovali prebierky na podporu cieľových stromov v porovnaní s plochami, kde sa realizoval režim podľa Assmannovej teórie optimálnej kruhovej základne. Naše výsledky to pri vyjadrení hodnotovej produkcie v €·ha⁻¹ nepotvrdili, ale pri vyjadrení v €·m⁻³ sa to potvrdilo.

Hodnoty sortimentov ovplyvňujú okrem ich objemu aj ceny, ktoré sú vyššie pri cennejších sortimentoch (PETRÁŠ et al. 2015). Takže čím viac cenných sortimentov sa podarí lesníkovi vypestovať, tým dosiahne vyššiu hodnotovú produkciu (speňaženie dreva). To korešponduje s našim zistením, že najvyšší podiel najkvalitnejších sortimentov bol na ploche so Štefančíkovou úrovňovou voľnou prebierkou, kde bola zároveň aj najvyššia hodnotová produkcia v €·m⁻³.

Treba podotknúť, že zistená výsledná hodnotová produkcia je skôr „teoretická“, alebo „hrubá“, pretože neberie do úvahy náklady ani výnosy počas celej doby sledovania (vyše 50 rokov). Náklady na vykonanie zásahov by boli najvyššie v porastoch s úrovňovou voľnou prebierkou, kde sa vykonalo 11, resp. 13 zásahov a najnižšie (nulové) na kontrolných plochách. Na druhej strane na ploche bez zásahov by aj výnosy počas celého obdobia výchovy boli nulové. O „čistej“ hodnotovej produkcii by bolo možné hovoriť až po analýze nákladov a výnosov počas celej doby výskumu.

ZÁVER

Porovnanie kvalitatívnej a hodnotovej produkcie dvoch bukových porastov vo veku 94 a 110 rokov, ktoré sa dlhodobo (vyše 50 rokov) obhospodarovali tromi rozdielnymi spôsobmi poukázali na priaznivý vplyv výchovy na kvalitu porastov. Potvrdilo sa, že výchovu bukových porastov je potrebné zamerať na pestovanie výberovej kvality, t.z. na určitý počet najkvalitnejších jedincov (cieľových stromov). Týmto spôsobom je možné vypestovať najvyšší podiel najkvalitnejších sortimentov. Ukázalo sa, že pestovanie tzv. hromadnej kvality, prostredníctvom výchovy zameranej na celý porast môže dosiahnuť vyššiu hodnotovú produkciu pri predpoklade nepoškodeného porastu. Na druhej strane je tento spôsob výchovy menej výhodný pre produkciu najcennejších sortimentov. Hodnotová produkcia po 50-ročnom sledovaní dosiahla vyššie hodnoty (€·m⁻³) v porastoch vychovávaných metódou Štefančíkovej úrovňovej voľnej prebierky v porovnaní s výchovou silnou podúrovňovou prebierkou ako aj kontrolou (bez výchovy).

LITERATÚRA

- ASSMANN, E. 1968. *Náuka o výnose lesa*. Bratislava, Príroda: 488 s.
CAMERON, A.D. 2002. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry*, 75 (1): p. 25-35.

- HEIN, S., LENK, E., KLÄDTKE, J., KOHNLE, U. 2007. Effect of crop tree selective thinning on beech (*Fagus sylvatica* L.). *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 178: p. 8–20.
- HLADÍK, M., SEDMÁK, R. 1996. Vplyv výchovných zásahov na štruktúru a množstvo produkcie bukového porastu (na príklade trvalej výskumnej plochy Poruba). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 38: s. 127–149.
- KATÓ, F., MÜLDER, D. 1983. Qualitative Gruppendurchforstung der Buche. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 154: s. 139–145.
- KNOKE, T. 2003. Predicting red heartwood formation in beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Ecological Modelling*, 169 (2-3): p. 295-312.
- KNOKE, TH., WENDEROTH, S.S. 2001. Ein Ansatz zur Beschreibung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß der Farbkernbildung bei Buche (*Fagus sylvatica* L.). *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 120: s. 154–172.
- KRPAN, A.P.B., PRKA, M., ZEČIĆ, Z. 2006. Phenomenon and characteristic of false heartwood in the beech thinnings and regenerative fellings in management unit „Bjelovarska bilogora“. *Glasnik za Šumarske Pokuse*, 5: s. 529-542.
- MERGANIČ, J., MARUŠÁK, R., MERGANIČOVÁ, K., STOLARIKOVÁ, R., TIPMANN, L. 2013. Relation between selected indicators of forest stand diversity and quality of timber production in young stands aged up to 40 years. *Journal of Forest Science*, 59 (12): p. 503-513.
- PETRÁŠ, R., NOCIAR, V. 1991. *Sortimentačné tabuľky hlavných drevín*. Bratislava, Veda: 308 s.
- PETRÁŠ, R. 1992. Mathematisches Modell der Sortimentstafeln für Hauptbaumarten. *Lesnícky časopis*, 38: s. 323-332.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., BOŠEĽA, M. 2015. Kvalita dreva a jeho hodnota v zmiešaných verzus rovnodých porastoch smreka, jedle a buka. In: Houšková, K., Černý, J. (eds.): *Proceedings of Central European Silviculture*. Brno, Mendelova univerzita: s. 119-130.
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. 2009. *Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec n. Č. lesy, Lesnická práce: 952 s.
- POLJANEC, A., KADUNC, A. 2013. Quality and timber value of European beech (*Fagus sylvatica* L.) trees in the Karavanke region. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34: p. 151–165.
- RICHTER, CH., 2007. Holzmerkmale- Beschreibung der Merkmale – Ursachen – Vermeidung Auswirkungen auf die Verwendung des Holzes – Technologische Anpassung. DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. Kg, Leinfelden-Echterdingen: 82 p.
- SEDMÁK, R., HLADÍK, M. 2002. Vplyv rozličného spôsobu výchovy na hodnotovú produkciu predrubného bukového porastu. *Acta Facultatis Forestalis*, 44: s. 171-186.
- SKOVSGAARD, J.P., NORDFJELL, T., SÖRENSEN, I.H. 2006. Precommercial thinning of beech (*Fagus sylvatica* L.): early effects of stump height on growth and natural pruning of potential crop trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(5): p. 380-387.
- ŠEBÍK, L., POLÁK, L. 1990. *Náuka o produkcii dreva*. Bratislava, Príroda: 322 s.
- ŠTEFANČÍK, I. 2015. *Rast, štruktúra a produkcia bukových porastov s rozdielnym režimom výchovy*. Zvolen, NLC: 148 s.
- ŠTEFANČÍK, I., BOŠEĽA, M. 2014. An influence of different thinning methods on qualitative wood production of European beech (*Fagus sylvatica* L.) on two eutrophic sites in the Western Carpathians. *Journal of Forest Science*, 60 (10): p. 406–416.
- ŠTEFANČÍK, I. 1974. *Prebiecky bukových žrdovín*. (Lesnicke štúdie č.18). Bratislava, Príroda: 141 s.
- UTSCHIG, H., KÜSTERS, E. 2003. Growth reactions of common beech (*Fagus sylvatica* L.) related to thinning – 130 years observation of the thinning experiment Elmstein 20. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 122: p. 389–409.
- VACEK, S., HEJCMAN, M. 2012. Natural layering, foliation, fertility and plant species composition of a *Fagus sylvatica* stand above the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, 131: p. 799–810. doi:10.1007/s10342-011-0553-x

VACEK, S., VACEK, Z., PODRAZSKÝ, V., BÍLEK, L., BULUŠEK, D., ŠTEFANČÍK, I., REMEŠ, J., ŠTICHA, V., AMBROŽ R. 2014. Structural Diversity of Autochthonous Beech Forests in Broumovske Stěny National Nature Reserve, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*, 131: p. 191–214.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky na základe zmluvy č. APVV-0262-11, č. APVV-15-0032 a APVV-0608-10 a úlohy výskumu a vývoja MPRV SR (2016–2018) „Výskum, inovácie a podpora konkurencieschopnosti lesnícko-drevárskeho komplexu“.

JEDLE BĚLOKORÁ – MELIORAČNÍ NEBO ZPEVNŮJÍCÍ DŘEVINA?

SILVER FIR – SOIL IMPROVING OR STABILIZING TREE SPECIES?

MICHAL TŘEŠTÍK, VILÉM PODRÁZSKÝ

Adresa autorů: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, CZ – 165 21 Praha 6 – Suchdol, e-mail: podrazsky@fld.czu.cz, trestik@fld.czu.cz

ABSTRACT

The presented study is aimed at documenting the effects of the silver fir (*Abies alba* Mill.) on the upper soil status in the 86–88-year-old mixed spruce-fir stands. Attention was paid to the humus accumulation of holorganic horizons and their basic chemical characteristics and to the uppermost organo-mineral horizon (Ah). Compared to the Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.), the accumulation of the surface humus (L+F+H) was considerably lower, pedochemical characteristics of particular horizons did not substantially differ in both the species. The total nitrogen content was insignificantly higher under the silver fir, indicating richer litter and a better process of humification. The total nutrient contents of nitrogen and calcium was higher under the silver fir, the magnesium content under the spruce. Thus, we can conclude that the silver fir of the above mentioned locality does not play any significant chemical soil improving role compared with the Norway spruce.

Key words: silver fir, Norway spruce, forest soils, soil chemistry, humus accumulation

ABSTRAKT

Cílem studie je posoudit vliv jedle bělokoré na stav holorganických vrstev a humusového organominerálního horizontu v čistých skupinách jednotlivých dřevin ve smíšeném smrko-jedlovém porostu. Ve srovnání se smrkem ztepilým byla prokázána výrazně nižší akumulace nadložního humusu, ten se však příliš nelišil od stavu humusových horizontů ve skupinách s dominancí smrku. Rozdíly v půdní reakci nebyly doloženy a charakteristiky půdního sorpčního komplexu byly srovnatelné. Humusové horizonty pod jedlí obsahovaly významně vyšší obsah celkového dusíku a vápníku, ale nižší obsah celkového hořčíku. V přístupné formě živin byl významně příznivější stav pod jedlí doložen pouze v případě fosforu a draslíku. Zvýšený obsah celkového dusíku v holorganických vrstvách a svrchní vrstvě minerální půdy ukazuje na bohatší opad této dřeviny a jeho rychlejší dekompozici. Na dané lokalitě byl tedy meliorační vliv jedle na půdu ve srovnání se smrkem malý.

Klíčová slova: jedle bělokorá, smrk ztepilý, lesní půdy, půdní chemismus, akumulace humusu

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.) patří k významným dřevinám přirozené druhové skladby středoevropských lesů (PODRÁZSKÝ et al. 2014) a je počítána k důležitým dřevinám melioračním a zpevňujícím. V této kategorii figuruje ve většině cílových hospodářských souborech, od nejnižších po nejvyšší polohy pro různé typy stanovišť.

O zpevňující funkci jedle bělokoré není ve srovnání se smrkem pochyb, protože jedle je dobře zakotvenou dřevinou v půdě, v mládí s kúlovitým kořenem, který ve starším věku přechází v srdčitou kořenovou soustavu dobře pronikající i těžší půdy (FÉR, POKORNÝ 1993; ÚRADNÍČEK et al. 2009). Větrnými vývraty je proto postihována zřídka. Na druhé straně meliorační funkce jedle se spíše předpokládá, než aby byla exaktně doložena.

Přes značnou pozornost, věnovanou tomuto druhu z hlediska pěstování, ekologie, obnovy, dynamiky v přirozených i obhospodařovaných lesích i ochrany lesa (např. MÁLEK 1983; ČERNÝ 1989; MRKVA 1994; JANKOVSKÝ 2005; BARTOŠ, KACÁLEK 2013; MARTINÍK, DUŠEK 2015) je její vliv na stav lesních půd problematikou sledovanou minimálně.

Meliorační funkce lesních dřevin je většinou obecně chápána jako schopnost zlepšování půdních podmínek především opadem, zejména asimilačních orgánů. Dochází tak k obohacování svrchních půdních vrstev o živiny a k indukci humifikačních procesů vhodného druhu. Jde také o zlepšování fyzikálních vlastností lesních půd s ohledem na více či méně účinné prokeřování těmito dřevinami (ŠINDELÁŘ et al. 2007).

ŠINDELÁŘ a FRÝDL (2005) uvádějí, že jedle ve smíšených porostech přispívá opadem jehlic k tvorbě žádoucích forem humusu a s ohledem na pronikání kořenových systémů do hlubších půdních vrstev může pozitivně ovlivňovat vlastnosti půd a stabilitu porostů. Její nezastupitelnost vidí hlavně na uléhavých půdách a na oglejených typech středních a vyšších poloh. PODRÁZSKÝ a REMEŠ (2005) konstatovali při porovnání pedochemických půdních charakteristik humusových horizontů v porostu s přirozeným složením (jedle s dubem) se smrkovou monokulturou, že obsah bázi a nasycení sorpčního komplexu báze-mi je výrazně nižší v porostu smrku.

Podobné výsledky půdních analýz byly zjištěny i u jedle obrovské. Tato dřevina tvoří opad relativně bohatý na živiny, který se rozkládá srovnatelně s listnatými dřevinami a je s nimi srovnatelný i z hlediska základních pedochemických charakteristik. V porostech jehličnatých dřevin tak může z hlediska půdotvorných a půdoochranných funkcí jedle obrovská plně nahradit, resp. doplnit naši jedli bělokorou a lze potvrdit její meliorační funkci (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2009).

Cílem předkládané studie je posoudit vliv jedle bělokoré na stav holorganických vrstev a humusového organominerálního horizontu v čistých skupinách jednotlivých dřevin ve smíšeném smrk-jedlovém porostu. Byla testována pracovní hypotéza, že jedle v porovnání se smrkem výrazně přispěje ke zlepšení pedochemických půdních charakteristik.

MATERIÁL A METODIKA

Porosty se nacházejí v přírodní lesní oblasti č. 10 Středočeská pahorkatina v nadmořské výšce 420–435 m n. m., s průměrnou roční teplotou kolem 8 °C a průměrnými ročními srážkami kolem 600 mm, odběry vzorků byly prováděny v obou porostech na lesním typu LT 3S1 – svěží dubová bučina šfavelová na mírných svazích. V jednotlivých částech dospělého smíšeného porostu jedle bělokoré a smrku ztepilého bylo vybráno celkem 8 ploch o rozměrech minimálně 25 x 25 m, kde se jedle a smrk vyskytovaly v nesmíšených skupinách – 4 plochy s jedlí v porostu 623C9 (věk 86 let, plocha 4,94 ha, JD 82, BK 6, SM 5, DB 4, JS 2, HB 1, celková zásoba 398 m³/ha, zakmenění 7), 4 plochy se smrkem v porostu 623D9 (88 let, plocha 5,41 ha, SM 49, JD 24, DB 11, BO 9, MD 5, BR 2, celková zásoba

398 m³/ha, zakmenění 7). Na každé z těchto ploch pak byl na podzim roku 2014 odebrán půdní vzorek - vzorky horizontů nadložního humusu (L+F1, F2+H) byly odebrány kvantitativním odběrem odběrným rámečkem (25 cm × 25 cm), u svrchního organominerálního půdního horizontu Ah byl odběr pouze kvalitativní. Byly tedy odebrány 4 vzorky horizontů L+F1, F2+H a Ah pod každou ze sledovaných dřevin, celkem bylo analyzováno 24 vzorků. U jednotlivých odběrů byly pak separátně provedeny základní chemické analýzy v laboratoři (Ing. Tomáš, Opočno).

Analyzovány byly následující charakteristiky:

- u holorganických horizontů množství sušiny při 105 °C a obsah celkových živin po mineralizaci kyselinou sírovou ve směsi se selenem (ZBÍRAL 2001),
- u všech vzorků pak půdní reakce aktivní (výluh H₂O) a potenciální (KCl), výměnná acidita, obsah výměnného vodíku a hliníku, základní charakteristiky půdního sorpčního komplexu podle KAPPENA (1929) (S – obsah bází, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi, H – hydrolytická acidita (T – S), T – kationtová výměnná kapacita), obsah uhlíku a organické hmoty (metoda Springer-Klee, např. CIAVATTA et al. 1989), obsah celkového dusíku (Kjeldahlova metoda, např. KIRK 1950), obsah přístupných živin metodou Mehlich III (MEHLICH 1984).

U získaných dat byl nejdříve proveden Dean-Dixonův test pro vyloučení hrubých chyb (na hladině významnosti $p = 0,05$). Následoval Fisherův test homogenity rozptylů. Protože se homogenita rozptylů v několika případech nepotvrdila, byl použit Welchův test (Welch two sample t-test) na vyhodnocení statisticky významných rozdílů vlivu jednotlivých dřevin na vlastnosti jednotlivých horizontů na hladině významnosti $p = 0,05$.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při kvantitativním hodnocení horizontů nadložního humusu byl prokázán průkazný rozdíl mezi oběma dřevinami v hmotnosti sušiny organického půdního horizontu F2 + H, která byla pod smrkem téměř dvojnásobná (tab. 1). Rozdíl ve vrstvě L + F1 byl neprůkazný. Na plochách s dominancí smrku tak bylo akumulováno v průměru 73,7 t/ha sušiny holorganických horizontů (L+F+H), v jedlových částech pak tato hodnota představovala 39,6 t/ha. Naproti tomu v obsahu celkového humusu rozdíly prokázány nebyly, a to v celém sledovaném profilu.

Výměnná titrační acidita a její složky, tj. obsah výměnného vodíku a hliníku, nevykazovaly statisticky významné rozdíly s výjimkou významně vyššího obsahu výměnného vodíku ve vrstvě L+F1 pod jedlí. V ostatních sledovaných horizontech byly hodnoty obsahu výměnného vodíku velmi podobné. Díky neprůkazné, ale patrné tendenci vyšších obsahů výměnného hliníku pod jedlí tak byly v těchto částech porostu nepatrně vyšší hodnoty i výměnné titrační acidity (tab. 1).

Obsah oxidovatelného uhlíku a spalitelných látek přímo souvisí s obsahem celkového humusu a rozdíly mezi sledovanými dřevinami mají stejně nevýznamnou velikost i dynamiku v případě všech těchto charakteristik (tab. 1 a 2). Vyšší hodnoty v horizontech L+F1 a Ah ve skupinách s dominancí jedle tak nejsou statisticky významné. Obsah celkového dusíku je statisticky nevýznamně vyšší pod skupinami jedle, což indikuje bohatší opad této dřeviny a jeho rychlejší dekompozici. Na druhé straně jsou hodnoty půdní reakce, aktivní i výměnné, ve skupinách obou dřevin v podstatě identické.

Tab. 1: Charakteristiky půdní výměnné acidity, zásoba sušiny nadložních horizontů a obsah humusu v porostních skupinách s dominancí smrku ztepilého (SM) a jedle bělokoré (JD).

Table 1: Characteristics of soil exchangeable acidity, amount of dry matter of holorganic horizons (L-litter, F-fermented, H – humic, Ah – organo-mineral) and total humus content in stand parts with dominance of Norway spruce (SM) and silver fir (JD).

Horizont/ Horizon	Vým. titrační acidita		Výměnný H ⁺		Výměnný Al ³⁺		Celková sušina		Humus		
	Exchang. acidity		Exchang. H ⁺		Exchang. Al ³⁺		Total dry mass		(Springel-Klee)		
	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	
	(meqv/kg)		(meqv/kg)		(meqv/kg)		g/m ²		(%)		
L+F1	\bar{x}	15,31	17,41	7,33*	11,04*	5,35	6,38	1890	1541	44,42	55,89
	s	5,67	2,27	0,85	1,35	1,38	1,28	772	165	14,87	2,24
F2+H	\bar{x}	31,80	38,26	6,00	5,49	28,18	32,78	5477*	2418*	34,58	32,80
	s	6,90	13,89	0,52	0,54	1,50	13,81	160	154	11,71	0,33
Ah	\bar{x}	63,88	66,05	2,44	2,64	61,44	63,41			14,89	15,63
	s	5,32	10,56	0,33	0,58	5,62	10,19			2,59	3,52

Aritmetický průměr (\bar{x}) a výběrová směrodatná odchylka (s). Tučná písmena a hvězdička indikují statisticky významné rozdíly v rámci daného půdního horizontu.

Arithmetic mean (\bar{x}) and sample standard deviation (s). Statistically significant differences in the same soil/humus layers are given in bold and marked with asterisk.

Tab. 2: Obsah celkového uhlíku, spalitelných látek, celkového dusíku a půdní reakce aktivní a výměnná v porostních skupinách s dominancí smrku ztepilého (SM) a jedle bělokoré (JD).

Table 2: Contents of total carbon, combustible matters, total nitrogen and soil reaction, both active and potential, in stand parts with dominance of Norway spruce (SM) and silver fir (JD).

Horizont/ Horizon	C (ox.)		Spalitelné látky		N (Kjeldahl)		pH/H ₂ O		pH/KCl		
	Combustible matters										
	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	
	(%)		(%)		(%)						
L+F1	\bar{x}	25,77	32,42	58,25	78,64	1,29	1,56	4,49	4,54	3,74	3,83
	s	8,63	1,30	14,82	1,10	0,47	0,17	0,18	0,20	0,25	0,23
F2+H	\bar{x}	20,06	19,03	46,53	46,43	0,94	1,22	4,14	4,18	3,30	3,30
	s	6,79	0,19	14,74	4,18	0,25	0,15	0,07	0,17	0,09	0,22
Ah	\bar{x}	8,63	9,07	21,97	23,65	0,46	0,57	3,81	3,81	3,06	3,08
	s	1,50	2,04	2,87	4,48	0,07	0,13	0,07	0,13	0,08	0,14

Aritmetický průměr (\bar{x}) a výběrová směrodatná odchylka (s). Bez statistických rozdílů.

Arithmetic mean (\bar{x}) and sample standard deviation (s). The statistically insignificant differences.

Charakteristiky půdního sorpčního komplexu jsou v obou částech sledovaných porostů s různou dřevinnou skladbou prakticky totožné, pouze v nejsvrchnějším horizontu byl pod

jedlí statisticky významně vyšší obsah báží (tab. 3). To s sebou v této vrstvě nese i vyšší hodnoty výměnné kationtové kapacity a vyšší hodnotu nasycení sorpčního komplexu báze. Tyto rozdíly však již nejsou statisticky významné díky vysoké variabilitě sledovaných půdních charakteristik.

Tab. 3: Charakteristiky půdního sorpčního komplexu v porostních skupinách s dominancí smrku ztepilého (SM) a jedle bělokoré (JD).

Table 3: Characteristics of the soil adsorption complex in stand parts with dominance of Norway spruce (SM) and silver fir (JD).

Horizont/ Horizon		S		H (T-S)		T		V	
		Bases content		Hydrolytic acidity		Cation exchange capacity		Base saturation	
		SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD
		(meqv/100g)		(meqv/100g)		(meqv/100g)		(%)	
L+F1	\bar{x}	39,32*	55,16*	25,44	30,98	69,10	86,14	56,81	63,94
	s	10,59	6,76	2,70	4,20	17,53	6,35	6,81	5,03
F2+H	\bar{x}	23,93	23,59	34,58	35,03	58,51	58,61	41,27	40,64
	s	5,34	4,59	10,43	7,76	14,98	3,52	4,19	9,75
Ah	\bar{x}	9,96	9,57	17,58	18,71	28,28	28,28	35,08	33,60
	s	1,60	2,25	0,27	2,31	2,73	3,87	3,16	4,50

Aritmetický průměr (\bar{x}) a výběrová směrodatná odchylka (s). Tučná písmena a hvězdička indikují statisticky významné rozdíly v rámci daného půdního horizontu.

Arithmetic mean (\bar{x}) and sample standard deviation (s). Statistically significant differences in the same soil/humus layers are given in bold and marked with asterisk.

Obsah přístupných živin ukazoval pod porosty obou dřevin výraznější rozdíly (tab. 4) signifikantně vyšší (1,5- až 2,5krát) byl pod jedlí obsah fosforu a draslíku, ve svrchních horizontech půdního humusu. Výraznější jsou rozdíly v nejsvrchnějším horizontu L+F1. V horizontu minerálním Ah jsou již rozdíly u všech sledovaných živin statisticky nevýznamné.

Obsah celkových živin se pod jednotlivými dřevinami lišil zejména ve svrchní holoorganické vrstvě (tab. 5) Obsah celkového dusíku a vápníku byl pod jedlí statisticky významně vyšší, naopak obsah celkového hořčíku byl významně vyšší pod smrkem. Rozdíly mezi obsahy celkového fosforu a draslíku nebyly průkazné. Ve spodnější vrstvě F2+H byl obsah celkových živin s výjimkou vápníku (významně vyšší hodnoty pod jedlí) bez statistických rozdílů.

Jak již bylo zmíněno v úvodu, práce dokládající vliv jednotlivých dřevin na půdy se spíše soustřeďují na jiné dřeviny a dokládají především rozdíly mezi jehličnany, zejména smrkem, a listnatými druhy (AUGUSTO et al. 2002; HAGEN-THORN et al. 2004; FABIÁNEK et al. 2009), vliv jedle bělokoré na stav lesních půd je problematikou sledovanou minimálně. Spíše se lze setkat s popisem půd jedlových porostů a zdůrazněním preference této dřeviny pro určitý typ stanovišť (BURIÁNEK et al. 2014; LASOTA et al. 2015), zejména v přírodních podmínkách.

Tab. 4: Obsah přístupných živin v porostních skupinách s dominancí smrku ztepilého (SM) a jedle bělokoré (JD) (Mehlich III).

Table 4: Plant available nutrient contents in stand parts with dominance of Norway spruce (SM) and silver fir (JD) (Mehlich III).

Horizont/ Horizon		P		K		Ca		Mg	
		SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD
		(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)	
L+F1	\bar{x}	31,00*	61,00*	438,50*	723,00*	3510,50	3881,33	264,50	319,00
	s	4,16	17,40	106,11	105,96	1030,64	82,81	55,67	27,40
F2+H	\bar{x}	20,00*	33,50*	259,00*	323,00*	2510,50	2164,67	203,50	204,50
	s	2,83	9,15	34,51	34,81	662,55	53,72	28,77	7,55
Ah	\bar{x}	19,50	16,75	133,00	158,25	850,25	736,75	96,75	97,75
	s	7,85	4,57	6,38	30,32	167,15	216,46	13,38	19,41

Aritmetický průměr (\bar{x}) a výběrová směrodatná odchylka (s). Tučná písmena a hvězdička indikují statisticky významné rozdíly v rámci daného půdního horizontu.

Arithmetic mean (\bar{x}) and sample standard deviation (s). Statistically significant differences in the same soil/humus layers are given in bold and marked with asterisk.

Tab. 5: Obsah celkových živin v porostních skupinách s dominancí smrku ztepilého (SM) a jedle bělokoré (JD) v holorganických horizontech.

Table 5: Total nutrient contents in stand parts with dominance of Norway spruce (SM) and silver fir (JD) in holorganic horizons.

Horizont/ Horizon		N		P		K		Ca		Mg	
		SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD	SM	JD
		(%)		(%)		(%)		(%)		(%)	
L+F1	\bar{x}	1,23*	1,73*	0,08	0,12	0,45	0,30	0,07*	0,20*	0,10*	0,07*
	s	0,28	0,17	0,02	0,02	0,18	0,06	0,02	0,06	0,02	0,00
F2+H	\bar{x}	1,05	1,28	0,06	0,09	0,55	0,48	0,02*	0,09*	0,06	0,02
	s	0,19	0,10	0,03	0,00	0,15	0,07	0,01	0,03	0,03	0,01

Aritmetický průměr (\bar{x}) a výběrová směrodatná odchylka (s). Tučná písmena a hvězdička indikují statisticky významné rozdíly v rámci daného půdního horizontu.

Arithmetic mean (\bar{x}) and sample standard deviation (s). Statistically significant differences in the same soil/humus layers are given in bold and marked with asterisk.

Z domácích pramenů práce PODRÁZSKÉHO a REMEŠE (2010) doložila vcelku nevýrazné rozdíly v půdní reakci a příznivější nasycení sorpčního komplexu bázemi pouze ve vrstvě opadu pod jedlí (smíšený jedlo-dubový porost) v porovnání se smrkovým porostem srovnatelného, mytného věku. Na druhé straně zde byl prokázán významně nižší obsah humusu (uhlíku), celkového dusíku a nižší poměr C/N. Zde se zcela jistě projevil i vliv listnaté příměsi a prosvětlení porostu. Zvýšený obsah celkového dusíku pod jedlí v námi sledovaných porostech (i když kromě nejsvrchnější vrstvy opadu statisticky nevýznamně) indikuje rychlejší rozklad a dynamiku opadu. V holorganických horizontech byl ve srov-

nání se smrkem dokumentován srovnatelný obsah celkového fosforu a až významně vyšší obsah celkového draslíku. V případě celkového vápníku byly významně nižší hodnoty ve vrstvě opadu, hlouběji byl obsah této živiny pod jedlí nevýznamně vyšší (tedy opačná dynamika než v námi analyzovaném případě). Obsah celkového hořčíku naopak pod jedlí vykazoval signifikantně vyšší hodnoty v nejsvrchnější vrstvě (opět opačně než v námi analyzovaném případě), hlouběji však byl jeho obsah významně vyšší pod smrkem. Obsah přístupných živin pak rovněž výrazné a jednoznačné rozdíly nevykazoval.

Je však nutno opětovně připomenout, že v citovaném případě byl porost smrku srovnáván s jedlinou, která byla jednak silně proředěná a jednak v ní byla obsažena značná příměs dubu. Přesto nebyly rozdíly nijak výrazné a přesvědčivé. Zakládání kotlíků listnatých dřevin se v tomto případě projevilo mnohem výraznějšími změnami humusových horizontů a horizontu organominerálního. Srovnání obou případových studií lze uzavřít konstatováním, že opad jedle bělokoré jeví výraznou tendenci rychlejšího rozkladu a menší akumulace, ale pedochemické charakteristiky holorganických horizontů a nejsvrchnější vrstvy minerální zeminy se příliš neliší.

Další ojedinělou prací je článek publikovaný SEIFERTEM (1957). Zdůrazňuje význam pedobiologických šetření, schopných postihnout rozdíly i při nedostatečné průkaznosti pedofyzikálních či pedochemických šetření. Studie dokumentuje vliv skupin jedle o věku zhruba 20 let v dospělém smrkovém porostu (80–100 let). Především uzavřené ucelené skupiny jedle mají příznivý vliv na pedobiologické půdní charakteristiky, v první řadě na nitrifikaci jako jednu z hlavních mineralizačních aktivit. V našem případě může tento trend souviset s poklesem zásoby nadložního humusu s vyšším obsahem dusíku i při jinak nevýrazně ovlivněných pedochemických charakteristikách jedlových skupin.

Větší pozornost byla v domácích poměrech věnována jedli obrovské, u které byl doložen poměrně výrazný meliorační účinek, spojený s výraznou produkční schopností (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2010; FULÍN et al. 2013; FULÍN 2015).

Přes značnou pozornost věnovanou jedli bělokoré zejména praktickými lesníky je tak soubor poznatků o této dřevině nedostatečný a z hlediska jejího přínosu pro stabilitu lesních porostů a kvalitu lesních půd kriticky deficitní.

Při analýze podobných případových studií je však nutno mít na paměti, že všechny výsledky jsou dosti lokálně a regionálně determinované a přenos poznatků do jiných oblastí nebo ekologických podmínek je obtížný (EMMER 1998). Šířeji pojaté studie s sebou zase nesou nebezpečí přílišného zobecnění a zjednodušení, protože působení konkrétního druhu dřeviny je silně ovlivněno dalšími faktory, jako je například klima, znečištění či matečná hornina (AUGUSTO et al. 2002; HAGEN-THORN et al. 2004).

ZÁVĚR

Oproti předpokladům se výrazný meliorační vliv jedle bělokoré z hlediska pedochemických parametrů neprojevil. Ve srovnání se smrkem ztepilým byla sice prokázána výrazně nižší akumulace nadložního humusu, ten se však příliš nelišil od stavu humusových horizontů dokumentovaných ve skupinách s dominancí smrku. Ukazatele výměnné acidity byly mírně vyšší pod porostem jedle. Rozdíly v půdní reakci nebyly

doloženy a charakteristiky půdního sorpčního komplexu byly také srovnatelné. Na jedné straně obsahovaly humusové horizonty pod jedlí významně vyšší obsah celkového dusíku a vápníku, na druhé straně pak nižší obsah celkového hořčíku. V přístupné formě živin byl významně příznivější stav pod jedlí doložen pouze v případě fosforu a draslíku. Zvýšený obsah celkového dusíku v holorganických vrstvách a svrchní vrstvě minerální půdy ukazuje na bohatší opad této dřeviny a jeho rychlejší dekompozici. Vcelku je možno shrnout, že **na dané lokalitě byl meliorační vliv jedle na půdu ve srovnání se smrkem malý**. Odpověď na otázku z nadpisu tohoto příspěvku tedy není jednoznačná, vedle nezpochybnitelné zpevňující si meliorační funkce jedle bělokora určitě zasluhuje další a širší sledování.

LITERATURA

- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. 2002. Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59: s. 233–253.
- BARTOŠ J., KACÁLEK D. 2013. Přihnojení mladého porostu jedle bělokora na zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (3): s. 213–217.
- BURIÁNEK V., FRÝDL J., NOVOTNÝ P., ČÁP J. 2014. Fytcenologická klasifikace genových základů jedle bělokora v České republice. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (4): s. 208–298.
- CIAVATTA C., VITTORI ANTISARI L., SEQUI P. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20: s. 759–773.
- ČERNÝ A. 1989. Současný zdravotní stav jedle bělokora na území ČSSR. *Lesnická práce*, 68: s. 402–407.
- EMMER I.M. 1998. Methodology of humus form research. *Lesnictví – Forestry*, 44: s. 16–22.
- FABIÁNEK T., MENŠÍK L., TOMÁŠKOVÁ I., KULHAVÝ J. 2009. Effect of spruce, beech and mixed commercial stand on humus conditions of forest soils. *Journal of Forest Science*, 55 (3): s. 119–126.
- FÉR F., POKORNÝ J. 1993. *Lesnická dendrologie. I. část: Jehličnany*. Praha, VŠZ LF Praha; Písek, Matice lesnická: 131 s.
- FULÍN M. 2015. Pěstování, produkční potenciál a ekologické důsledky pěstování jedle obrovské (*Abies grandis* /Douglas ex D. Don/ Lindl.) v České republice – přehled. *Lesnický časopis (Forestry Journal)*, 61 (4): s. 262–266.
- FULÍN M., REMEŠ J., TAUCHMAN P. 2013. Růst a produkce jedle obrovské (*Abies grandis* LINDL.) ve srovnání s jinými jehličnany. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (2): s. 186–192.
- GREEN R.N., TROWBRIDGE R. L., KLINKA K. 1993. *Towards a taxonomic classification of humus forms*. Forest Science Monograph, 29: 49 s.
- HAGEN-THORN A., CALLESEN I., ARMOLAITIS K., NIHLGÅRD B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral top soil in forest plantation on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: s. 373–384. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.02.036
- JANKOVSKÝ L. 2005. Chřadnutí a choroby jedle bělokora (*Abies alba* Mill) In: Neuhöferová, P. (ed.): *Jedle bělokora – 2005. European silver fir – 2005. Sborník referátů*. Srní, 31.10–1.11.2005. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: s. 43–48.
- KAPPEN H. 1929. *Die Bodenazidität. Nach agrilkulturchemischen Gesichtspunkten Dargestellt*. Berlin, Springer: 363 s.
- KIRK PL. 1950. Kjeldahl method for total nitrogen. *Analytical Chemistry*, 22: s. 354–358.
- LASOTA J., BŁOŃSKA E., ZWYDAK M. 2015. Warunki glebowe eutroficznych lasów jodłowych Beskidu Niskiego oraz Sądeckiego. *Sylwan*, 159 (9): s. 767–777.
- MÁLEK J. 1983. *Problematika ekologie jedle bělokora a jejího odumírání*. Praha, Academia: 108.

- MARTINÍK A., DUŠEK D. 2015. Potenciál mladších jedlových porostů (*Abies alba* Mill.) k přirozené obnově pod chřadnoucím smrkem na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (4): s. 367–273.
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15: s. 1409-1416.
- MRKVA R. 1994. Korovnice kavkazská (*Adelges [=Dreyfusia] nordmannianae* eckstein), obrana proti ní a její podíl na ústupu jedle. *Lesnictví-Forestry*, 40: s. 361-370
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2005. Změny humusových forem v závislosti na druhové skladbě a způsobu hospodaření In: *Jedle bělokorá – 2005, European silver fir – 2005: sborník referátů*. Srní, ČZU FLE v Praze: s. 159-162.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2009. Soil-forming effect of grand fir (*Abies grandis* [Dougl. ex D. Don] Lindl.). *Journal of Forest Science*, 55 (12): s. 533–539.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. 2010. Vliv druhové skladby lesních porostů na stav humusových forem na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (2): s. 71-77.
- PODRÁZSKÝ V., ZAHRADNÍK D., REMEŠ J. 2014. Potential consequences of tree species and age structure changes of forests in the Czech Republic – review of forest inventory data. *Wood Research*, 59: s. 483–490.
- PRŮŠA E. 1990. *Přirozené lesy České republiky*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 248 s.
- SEIFERT J. 1957. Vliv jedlového porostu na biologický stav půdy. *Folia Microbiologica*, 2 (4): s. 234-237.
- ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J. 2005. Perspektivy jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) v lesním hospodářství České republiky. In: In: Neuhöferová, P. (ed.): *Jedle bělokorá – 2005. European silver fir – 2005. Sborník referátů*. Srní, 31.10–1.11.2005. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: s. 163–168.
- ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J., NOVOTNÝ P. 2007. Příspěvek k problematice druhové skladby lesních porostů se zvláštním zřetelem k dřevinám melioračním a zpevňujícím. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (2): s.161-165.
- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍŽEK J. 2009. *Dřeviny České republiky*. Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce: 367 s.
- ZBÍRAL J. et al. 2001. *Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR*. ÚKZÚZ, Brno, Czech Republic: 205 s.

Poděkování

Článek vznikl v rámci projektů NAZV QJ1530298 a IGA FLD ČZU v Praze A10/15 a v mírně upravené podobě bude otištěn v časopise *Zprávy lesnického výzkumu*.

PODSADBY BUKA, JEDLE A JAVORA V RÁMCI REKONŠTRUKCIÍ KYSUCKÝCH SMREČÍN

UNDERPLANTING OF BEECH, FIR AND MAPLE IN THE RECONSTRUCTION OF THE KYSUCE SPRUCE

ANNA TÚČEKOVÁ, ELENA TAKÁČOVÁ

ABSTRAKT

Cieľom experimentu G založeného v rámci DO Husárik VDO Kysuce bolo vykonať neceloplošnú podsadbu rozpadávajúceho sa smrekového porastu formou hľúčikov a pruhov drevinami buk lesný, jedľa biela a javor horský, vyhodnotiť uجات' a poškodenie podsadiet a tak získať informácie o možnostiach uplatnenia podsadiet pri rekonštrukciách smrečín.

Na podsadbách všetkých troch drevín v priebehu troch vegetačných období sa preukázali veľmi nízke hodnoty rastových parametrov nadzemnej časti. Ročne priemerný výškový prírastok u jednotlivých drevín nepresiahol cca 10 cm. Štatisticky významné rozdiely vo výškovom prírastku medzi spôsobmi založenia podsadiet (hľúčiky, pruhy) sa ukázali najmä po treťom a štvrtom roku a to u buka a jedle.

Kľúčové slová: rekonštrukcie smrečín, podsadby, buk, jedľa, javor

ABSTRACT

The aim of experiment G, established within DO Husárik VDO Kysuce, was to make non-subsoil underplanting of decaying spruce stands in the form of squads and stripes of beech, fir and maple. To assess the goodness and damage of subsoil, thus obtaining information on the possibilities of underplanting in the reconstruction of the spruce. On the underplanting of all three trees during the three vegetation periods, very low values of the growth parameters of the above ground part were shown. The annual average height increase for individual trees did not exceed 10 cm. Statistically significant differences in height gains between subsoil formation (squads, stripes) have been shown especially after the third and fourth years of beech and fir trees.

Keywords: reconstruction of spruce, underplanting, beech, fir, maple

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Rekonštrukcie lesa predstavujú systém hospodárskych opatrení v oblasti pestovania lesa, hospodárskej úpravy lesa, plánovania, ochrany a ťažby, ktoré sú zamerané na zmenu štruktúry porastov a prinavrátenie ich funkčnej účinnosti (KORPEL 1988).

Premeny rekonštruovaných smrečín sa môžu uskutočňovať dvoma základnými spôsobmi. Priama premena spočíva v jednorazovom odstránení pôvodného porastu použitím holorubu, pričom nový, druhovo zmenený porast sa vytvára v podmienkach holej rúbane. Nepriama premena je spôsob zameraný na postupnú zmenu druhovej skladby, pričom „nový“ porast vzniká pod ochranou existujúceho porastu. Pri nepriamych premenách sa s drevinou, ktorá sa nachádza v premieňanom poraste počíta ako so sprievodnou alebo

host'ovskou drevinou v novovzniknutom poraste. Vhodnými opatreniami na realizáciu nepriamych premien sú podsejby, podsadby, prípadne predsadby (predstižné podsadby), pri aplikácii ktorých je veľmi dôležitou otázkou ich realizácie z hľadiska veku materského porastu, resp. určenia doby začiatku premien. Do odclonených skupín alebo skupín vytvorených holorubom sa najčastejšie vnašajú sadenice jedle a buka (javora).

V lesnickej literatúre nie sú podsadby definované jednotne. LESNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK (1995) definuje podsadbu ako umelé vytváranie nového porastu sadbou pod clonou staršieho (obnovovaného) porastu. Pri prebudovách a premenách ide v zmysle KORPELA (1995), resp. THOMASIUSA (1983) o predsadbu alebo doplnujúcu podsadbu. Predsadba alebo predstižná podsadba (Voranbau) je pestovným opatrením pre obnovu drevín vyžadujúcich clonu ako sú jedľa, buk, javor, brest ai. Vnašajú sa pod clonu starého porastu so zakmenením 0,3 – 0,4, ktorý je v dohľadnej dobe určený k ťažbe. Následná obnova alebo doplnujúca podsadba (Nachanbau) znamená vnašanie druhej vrstvy drevín v silnejšej žrdovine alebo slabšej kmeňovine so zakmenením (0,5) 0,6 - 0,7. Podsadby ako špecifický spôsob obnovy prebiehajú pod vplyvom existujúceho porastu, niektorí autori považujú za podsadby aj výsadby vedľa existujúceho porastu v jeho „ekologickom kryte“. Možno ich odporučiť v prípadoch, keď ide o obnovu alebo premenu porastov druhej, prípadne provenienčne nevhodných, silno poškodených, rozvrátených, potenciálne ekologicky ohrozených alebo naopak významných z hľadiska ochrany prírody.

Podsadbu možno odporučiť na miesta v porastoch, kde zápoj poklesol na 40 -60 % a najmä potom v porastových medzerách. Ako východiska obnovy sú optimálne plochy o veľkosti 0,03 – 0,08 ha (plochy z hora nezatienené korunami).

Pre výsadbu platia pravidlá:

- Vysadzovať podľa možnosti mimo dosahu okraja korunových projekcií.
- Vysadzovať do blízkosti pňov a vyvýšeným koreňovým nábehom a zásadne z dolnej strany pri nebezpečenstve plazivého snehu.
- Spon sadeníc prispôbiť účelu a podmienkam prostredia, docieli sa tým rýchlejšie zapojenie hlúčikov a zvýši sa ich odolnosť.
- Kde došlo k rovnomernému celoplošnému narušeniu zápoja, je možné pristúpiť k celoplošným niekoľkofázovým podsadbám, alebo tzv. neceloplošným podsadbám.
- Pokiaľ je vhodné z ekonomického hľadiska, z hľadiska ochrany pôdy alebo iných aspektov ochrany prírody vyťažené drevo ponechať pri pni, je vhodné kmene skrátiť na kratšie kusy a zabezpečiť ich styk s pôdnym povrchom.
- Pre podsadby sú vhodné len dreviny tienne a tieň znášajúce.
- Veľkosť skupín hlavných drevín by nemala presiahnuť 0,3 ha.
- Pre zvýšenie bezpečnosti produkcie /ekologickej stability) je potrebné doceliť zastúpenie buka 10 – 30 %, pričom vyššie by malo byť na lepších bonitách.

Výber drevín pre podsadby je obmedzený predovšetkým zníženým rizikom svetla a tepla pod porastom. Niektorí autori ako napr. REMEŠ A KOL. (2004) uvádzajú, že buk v podsadbe v clonnom postavení preukázal lepšie kvalitatívne znaky, nižšie straty ale aj menšie poškodenie biotickými faktormi ako na holej ploche. Jedľa, ktorá je považovaná za ekologického stabilizátora, je v rozpadávajúcich sa smrekových porastoch vhodná podsadbami v malých skupinách. Ich doplnenie bukom resp. javorom v hlúčikoch vytvára pod rozpadajúcim sa porastom dobré podmienky pre ich rast. Zo sadeníc buka sa pod clonou materského porastu vytvoria skupinky ako základ budúceho zmiešaného a výško-

vo (vekovo) diferencovaného porastu. Aj autori SANIGA, DENDYS 2015 dve dreviny buk a jedľu, ktoré patria do kategórie tienných drevín, považujú ich obnovu (podsadbou) pod clonu rozpadávajúceho sa smrekového porastu za vhodnú.

Cieľom nášho experimentu G v rámci DO Husárik bolo vykonať neceloplošnú podsadbu rozpadávajúceho sa smrekového porastu formou hlúčikov a pruhov drevinami buk lesný, jedľa biela a javor horský, vyhodnotiť uجاتosť a poškodenie podsadiet a tak získať informácie o možnostiach uplatnenia podsadiet pri rekonštrukciách smrečín. Podsadby sa javia ako vhodný spôsob zmeny druhového zloženia. Celoplošná forma podsadiet lesov odbúrava ekologické problémy obnovy holých plôch, ale vytvára predpoklady pre vytvorenie rovnovekých, štruktúrne málo diferencovaných porastov a po ekonomickej stránke je značne náročná. Ide o formu umelej obnovy s prvkami prírody blízkeho pestovania lesa.

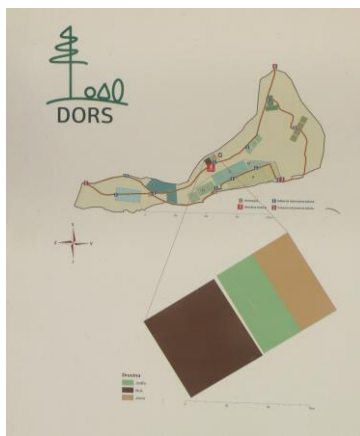
Hlavným cieľom riešenia bolo teda získať exaktné údaje o raste klimaxových drevín (buka, jedle a javora) vysadených ako neceloplošnú podsadbu pod clonu smrekového porastu.

METODIKA

V dieľci 912 sa založili v relatívne nepoškodenom smrekovom poraste (so zakmenením 0,8) pokusné plochy (zamerané na umelú obnovu s prvkami prírody blízkeho pestovania lesa - experiment „G“), na ktorých sa overovali dva spôsoby neceloplošných podsadiet – v hlúčikoch a v pruhoch. Plocha sa nachádza v nadmorskej výške 700 až 750 m n. m., má severnú expozíciu, sklon 15 %. Po vytýčení jednotlivých čiastkových plôch (ďalej ČP) sa na nich vysadili voľnokorenné sadenice: Jedľa biela (*Abies alba* Mill.), Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a Javor horský (*Acer pseudoplatanus* L.) (obr.1).

Na ČP 1 v hlúčikoch (neceloplošná hlúčiková podsadba – jedľa = 55 hlúčikov, 330 ks, spon 1,5x1,5m; buk = 42 hlúčikov, 840 ks, spon 1x1m; javor = 24 hlúčikov, 480 ks, spon 1x1m) a na ČP 2 v pruhoch (neceloplošná pruhová podsadba), ktorých stredy sú vzdialené v rozstupe cieľových stromov príslušných drevín sa výberovým spôsobom po 1. a 4. roku zisťovali základné dendrometrické charakteristiky (výška, prípadne výškový prírastok a hrúbka v koreňovom krčku) a okulárne sa posudzoval zdravotný stav a poškodenie podsadiet. V prípade potreby po poškodení podsadiet sa vykonalo po 1. roku vylepšovanie. V jesennom období sa realizovala opakovane každoročne individuálna ochrana proti zveru. Pre spracovanie a vyhodnocovanie zistených údajov sa použili matematicko-štatistické metódy. Plánovalo sa, keď podsadby budú vo veku okolo 10 rokov, vykonať v poraste clonný rub s cieľom vyvolať prirodzenú obnovu smreka. Už v súčasnosti je však porast v okrajových častiach (najmä v časti ČP 1) rozpadnutý po silnom ataku lykožrúta.

Prvé výsledky veľkého poškodenia výsadiet a podsadiet (mechanizmami pri ťažbe a zverou) sa publikovali na medzinárodnej konferencii pestovateľov v r. 2014 (KAMENSKÝ A KOL. 2014).



Obr. 1 Schéma experimentu „G“ na demonstračnom objekte Husárik
 Fig. 1 The scheme of the experiment „G“ on the DO Husárik

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 1 sú vyhodnotenú straty podsadiet všetkých troch drevín vysadených v hlúčkoch (ČP 1) a pruhoch (ČP 2) po 1. a 4. vegetačnom období. Straty sa značne zvýšili po 3. a 4. vegetačnom období najmä u buka a javora (viac ako 50 % straty boli spôsobené mechanicky pri náhodnej ťažbe).

Tab. 1: Hodnotenie strát (%) podsadiet buka, jedle a javora vysadených na všetkých hlúčkoch a pruhoch po 1. a 4. vegetačnom období
 Table 1: Assessment of losses (%) of beech, fir and maple seedlings planted on all squads and stripes after 1st and 4th growing season

Drevina ¹⁾	Jedľa biela (<i>Abies alba</i>)		Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i>)		Javor horský (<i>Acer pseud.</i>)	
Straty ²⁾	1.vegetačné obdobie ³⁾	4.vegetačné obdobie ⁴⁾	1.vegetačné obdobie ³⁾	4.vegetačné obdobie ⁴⁾	1.vegetačné obdobie ³⁾	4.vegetačné obdobie ⁴⁾
	%					
Straty hlúčky ⁵⁾ (ČP 1)	15	17	5	48	21	53
Straty pruhy ⁶⁾ (ČP 2)	10	18	5	15	19	50

¹⁾tree, ²⁾losses, ³⁾1. 4. growing season, ⁵⁾losses squad (partial area 1), ⁶⁾losses stripes (partial area 2)

V tabuľke 2 je detailnejšie vyhodnotený na základe **stupnice hodnotenia** stav podsadiet všetkých troch drevín vysadených v hlúčkoch (ČP 1) po 4. vegetačnom období (výberovým spôsobom hodnotenie po 10 hlúčkoch). Na ČP 1 sa pri náhodnej ťažbe poškodilo cca 40 % podsadiet buka, 42 % podsadiet jedle a 30 % podsadiet javora.

Stupnica hodnotenia:

- 0 – zdravý
- 11 – zver terminál
- 12 – zver bočné
- 13 – zver terminál+bočné
- 2 – chýba
- 3 – suchý
- 4 – suchý terminál
- 5 – mechanicky poškodený

Tab. 2: Hodnotenie poškodenia podsadiieb buka, jedle a javora vysadených v hlúčikoch (ČP 2) po 4. vegetačnom období

Table 2: Assessment of subsurface damage of beech, fir and maple seedlings (ČP 2) in squads after the 4th growing season

Drevina-hlúčiky ¹⁾	0	11	12	13	2	3	4	5	Poznámka ²⁾
ks ⁴⁾									
Buk	86	7			96		6	25	pošk. ťažba ³⁾
Priemerná výška 36 cm ⁵⁾									
Jedľa	1	3	6	39	10	1		28	pošk. ťažba ³⁾
Priemerná výška 29 cm ⁵⁾									
Javor	94				106			30	pošk. ťažba ³⁾
Priemerná výška 31 cm ⁵⁾									

¹⁾tree-squads, ²⁾notation, ³⁾ damage harvesting, ⁴⁾pieces, ⁵⁾average height

V tabuľke 3 je vyhodnotený na základe **stupnice hodnotenia** stav podsadiieb všetkých troch drevín vysadených v pruhoch (ČP 2) po 4. vegetačnom období (výberovým spôsobom hodnotenie 3 pruhov).

Tab. 3: Hodnotenie poškodenia podsadiieb buka, jedle a javora vysadených v pruhoch (ČP 2) po 4. vegetačnom období

Table 3: Assessment of damages of beech, fir and maple plantations in stripes (ČP 2) after the 4th growing season

Drevina-pruhy ¹⁾	0	11	12	13	2	3	4	5	Poznámka ²⁾
ks ⁴⁾									
Buk	24	1		4			4		
Výška do 30 cm ³⁾									
Jedľa		4	6	10	4	7	1		
Výška do 25 cm ³⁾									
Javor	27				6				
Výška do 100 cm ³⁾									

¹⁾tree-stripes, ²⁾notation, ³⁾height up to, ⁴⁾pieces

Hodnotenie podsadiieb po 4. vegetačnom období

Podsadba buka:

- 40 % vysadených hlúčikov poškodených pri vyťahovaní drevnej hmoty po náhodných ťažbách,
- 48 % vysadených jedincov chýba, pravdepodobne poškodené pri vyťahovaní drevnej hmoty,
- 3,5 % jedincov poškodených zverou – poškodený terminál,
- 3 % jedincov malo zaschnutý terminál,
- 2,5 % jedincov poškodených pri vyťahovaní hmoty prežíva,
- 45 % jedincov je nepoškodených.

Podsadba jedle:

- 42 % hlúčikov poškodených pri vyťahovaní drevnej hmoty po náhodných ťažbách (hodnotené po jednom vegetačnom období)
- 17 % vysadených jedincov chybuje,
- 2 % jedincov je suchých, pravdepodobne po napadnutí václavkou
- 80 % jedincov poškodených zverou, 5 % poškodený terminál, 10 % odhryz bočných vetiev, – 65 % poškodený terminál i bočné vetvy.
- necelé 2 % jedincov je nepoškodených.

Podsadba javora horského:

- 30 % vysadených hlúčikov poškodených pri vyťahovaní drevnej hmoty po náhodných ťažbách,
- 53 % vysadených jedincov chybuje,
- 75 % jedincov poškodených zverou – poškodený terminál aj bočné vetvy už po prvom vegetačnom období (Hodnotenie po 4. vegetačnom období bolo vykonané v neskorej jeseni, takže bolo nemožné rozlíšiť poškodenie zverou od poškodenia v dôsledku zaschnutia terminálu – po 1. vegetačnom období malo 38 % jedincov zaschnutý vrchol.)
- 47 % rôzne poškodených jedincov prežíva.

Na podsadbách všetkých troch drevín v priebehu troch vegetačných období sme zaznamenali veľmi nízke hodnoty rastových parametrov nadzemnej časti. Ročne priemerný výškový prírastok u jednotlivých drevín nepresiahol cca 10 cm. Štatisticky významné rozdiely medzi spôsobom založenia podsadiieb (hlúčiky, pruhy) sa ukázali najmä po treťom a štvrtom roku a to po výsadbe buka a jedle (tab. 4).

Výškový prírastok vzniká každoročne sa opakujúcou činnosťou terminálnych púčikov a predlžovaním osi stromu. U ihličnatých drevín je to dvojročný proces v prvom roku sa vytvárajú terminálne púčiky a v druhom roku rastú a predlžujú sa výhonky (VENCURIK A KOL. 2013). Zrýchlenie výškového rastu dolnej vrstvy porastu (vrátane podsadiieb) je možné a zabezpečené cez vzniknuté medzery v korunách čím sa zvýši množstvo nepriameho svetla. Clonenie spomaľuje rast nadzemných častí drevín omnoho viac ako rast koreňovej sústavy, preto aj stromy rastúce v dlhodobom zatienení majú dobre vyvinutú koreňovú sústavu. Umiestnenie našich podsadiieb v pruhoch bolo pod porastom so zakmenením 0,7–0,8, preto pozorujeme pod hustejšou clonou aj nižšie výškové prírastky. Po 1. roku sa navyše prejavil u všetkých troch drevín šok po výsadbe spojený so zasušením terminálov (najmä listnaté dreviny). Jedľové podsadby boli zasa opakovane poškodzované zverou.

Tab. 4: Priebeh výškových prírastkov (so štatistickou významnosťou) podsadiet buka, jedle a javora vysadených v hlúčikoch a pruhoch (ČP 2) počas 4. vegetačných období

Table 4: The progress of height increments (with statistical significance) of beech, fir and maple plantations planted in squads and stripes (ČP 2) during the 4th growing season

Drevina ¹⁾ Rok ²⁾	Jedľa biela (<i>Abies alba</i>)				Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i>)				Javor horský (<i>Acer pseud.</i>)			
	1.r.	2.r.	3.r.	4.r.	1.r.	2.r.	3.r.	4.r.	1.r.	2.r.	3.r.	4.r.
	cm											
Výškový prírastok –hlúčiky ³⁾ (ČP 1)	1,5 ^a	2,6 ^a	3,0 ^a	3,8 ^a	0,9 ^a	2,7 ^a	5,9 ^a	7,8 ^a	0,5 ^a	3,2 ^a	4,6 ^a	6,6 ^a
Výškový prírastok –pruhy ⁴⁾ (ČP 2)	1,2 ^a	2,0 ^a	2,9 ^a	3,0 ^b	0,5 ^a	2,6 ^a	4,6 ^b	6,5 ^b	0,4 ^a	3,2 ^a	4,0 ^a	6,3 ^a

¹⁾tree, ²⁾ year, ³⁾height increase – squads (partial area 1), ⁴⁾height increase – stripes (partial area 2)

Viacero autorov prezentuje z problematiky podsadiet prevažne pozitívne poznatky prežívania a vývoja rastových parametrov. REMEŠ A KOL. (2004) porovnávali rast výsadiet buka na holine a v podsadbe (50 %-né zatienie merané luxmetrom). Výsledky potvrdili úplne odlišný vývoj výsadiet na holine a v podsadbe. Na holine už po výsadbe na kontrolnej ploche odumrelo 39 % jedincov a bolo nutné vylepšovanie kultúr. Naproti tomu v podsadbe boli škody (neskorým mrazom a suchom) i mortalita bezvýznamné, resp. prakticky sa nezaznamenali. Clonné postavenie buka spôsobilo prudké zvýšenie rastovej intenzity v prvých desiatich rokoch od výsadby, čo malo za následok takmer dvojnásobnú výšku bukovej mladiny v porovnaní s výsadbou na holine, ktorá mala stále charakter kultúry. Buk tak vykazoval vyššiu primárnu produkciu v čiastočnom zatiení. V zápoji dosahovali bukove jedince výrazne lepšie kvalitatívne znaky (priebežný kmienok, jemnejšie vetvenie). Možno zhrnúť, že clonné postavenie buka sa rozhodne prejavilo ako vhodnejšie z hľadiska rastu a kvality výsadiet, v clonnom postavení možno predpokladať aj menšie poškodenie biotickými faktormi (burina, hlodavce). Autori jednoznačne odporúčajú v 4. až 6. lesnom vegetačnom stupni (lvs) podsadby pri vnášaní buka do druchovej skladby porastov.

ŠPULÁK A KOL. (2010) sledovali rast podsadiet buka a javora horského v mladých porastoch (vek 22–24 rokov) smreka obyčajného (SM) a pichľavého (SP) v oblasti Jizerských hôr, v nadmorskej výške 940 m. Výsledky ukázali, že presvetlenie mladiny výchovným zásahom vo veku približne 18 rokov a poškodenie vrcholovými zlomami malo na výškový rast SM malý vplyv, ale priaznivo sa prejavilo na výškovom raste buka. Výškový rast javora bol dlhodobo ovplyvnený vysokou mortalitou.

KRIEDEL (2001) porovnával ujatosť a rast bukových kultúr zakladaných na holine a vysadených v smrekovej mladine v nadmorskej výške 510–520 m, s úhrnom zrážok 780 mm. Výsledky ukázali, že ujatosť bukových kultúr bola ovplyvnená nielen kvalitou použitého sadbového materiálu, ale aj spôsobom ich zakladania. Na holorube boli straty do značnej miery závislé na dimenziách sadeníc použitých pri výsadbe a kvalite koreňových systémov. Straty činili až 42 %, pričom sadenice vyžadovali ešte intenzívnu starost-

livosť. Ich postupný úhyn sa pozoroval dokonca 4 roky po výsadbe. Vyspelejší sadbový materiál (2 až 3-ročné škôlkované sadenice) s koncentrovaným a bohatším systémom jemných koreňov mali nižšiu mortalitu (do 19 %), resp. odrastky 24 %. Naproti tomu pri výsadbe sadbového materiálu do bočného tieňa smrekových mladín sa jednoznačne ukázala jeho nižšia mortalita v porovnaní s výsadbou na holine. Straty nedosiahli ani 10 %, a v prípade obalených bukových odrastkov iba 4 %. Výškový rast závisel od parametrov sadenic, lebo čím boli väčšie, silnejšie a vyššie tým aj ich rast bol lepší a to aj na holine i v smrekovej mladine.

Výsadbový materiál našich troch drevín bol voľnokorenný, po morfolologickej stránke kvalitný, napriek tomu sme zaznamenali po výsadbe šok z presadenia a následne aj pomalší rast oproti poznatkom iných autorov.

LÖF a kol. (2007) zisťovali stupeň priepustnosti svetla a jeho účinky na rast vysadených drevín na prežívanie rôznych druhov podsadiieb vo Švédsku v 40-ročnom poraste s prevahou smreka. Na oplotených preriedených plochách boli podsadené jaseň, buk, lipa, javor, smrek, dub a čerešňa. Výsledky výskumu ukázali podstatnú medzidruhovú variabilitu medzi jednotlivými podsadbami. Pri porovnávaní drevín podľa ich rastu pri dobrých svetelných podmienkach javor a jaseň prirastali najmenej, čerešňa, lipa a smrek stredne, resp. buk a dub najlepšie. Pokus ukázal, že buk a lipu možno využiť pre podsadby do smrekového porastu i v hustom zápoji.

BALÁŠ, KUNEŠ (2010) zhodnotili výsadby buka, jarabiny vtácej a brezy karpatskej v 8. lesnom vegetačnom stupni (lvs) v nadmorskej výške 850 – 950 m. Všetky výsadby boli chránené proti zveri oplôtkom. Po dvoch vegetačných sezónach vykazovala jarabina vtáčia lepšiu vitalitu oproti buku lesnému, ktorý bol v daných podmienkach poškodzovaný klimatickými vplyvmi a najmä myšovitými hlodavcami. Autori odporúčajú výsadby buka situovať do nižších lvs (najviac do 7. lvs) a vyhýbať sa vodou ovplyvneným stanovištiam. Myšovitémi hlodavcami boli najviac poškodené odrastky buka a javora horského a minimálne jarabina a breza. Väčšie poškodenie hlodavcami sa zaznamenalo v blízkosti hromád ťažbových zvyškov a pňov. Využitie tejto metódy je najmä v podsadbách ihličnatých porastov, na extrémnych stanovištiach a na stanovištiach so silným tlakom buriny. Poškodzovanie našich podsadiieb hlodavcami sme nepozorovali.

BALCAR, KACÁLEK (2008) sledovali rast buka v podsadbách smreka pichľavého a smreka obyčajného v Jizerských horách. Zistilo sa, že vo vyšších polohách mal kryt smreka pozitívny účinok na rast a vývoj olistenia podsadeného buka, kým na nižších lokalitách v miernejších klimatických podmienkach buky rástli lepšie v medzerách ako pod krytom smreka.

Na našich výskumných experimentoch sa však mnohé tieto tvrdenia nepreukázali. Nepriaznivý výsledok v prvých štyroch vegetačných obdobiach v prežívaní a aj vysokom percente strát bol spôsobený hlavne z dôvodu značného mechanického poškodenia podsadiieb pri realizovaní náhodných ťažieb po silnom rozpade smrečín a nemalé percento poškodenia podsadiieb bolo spôsobené zverou.

ZÁVERY A ODPORÚČANIA

S ohľadom na poškodzovanie zverou sa buk javí ako najperspektívnejšia drevina aj do podsadiieb. Pred ich uplatnením je však nutné dôkladne pripraviť ich priestorové umiestnenie s ohľadom na predchádzanie škôd pri ťažbe podsádzaného porastu.

V prípade skutočného záujmu zakladať a pestovať daným prírodným podmienkach odpovedajúce zmiešané porasty, je nutné riešiť poškodzovanie výsadiieb a nárastov zverou, t.j. znížiť početné stavy zveri, najmä vysokej. K tomu je potrebná taká zmena legislatívy, ktorá zabezpečí neprekračovanie normovaných stavov zveri. Nemožno vylúčiť ani potrebu aspoň dočasného zníženia normovaných stavov zveri v oblastiach postihnutých hynutím nepôvodných smrečín.

V daných podmienkach je možné využívať sukcesiu pri obnove kalamitných holín. KOŠULIČ (2010) navrhuje časový limit päť rokov s tým, že pokiaľ sa v tomto časovom období prirodzená obnova nedostaví, následné zalesňovanie sa vykoná do dvoch rokov po tomto termíne. Naše poznatky naznačujú, že po rozpade nepôvodných smrečín v sledovaných podmienkach možno už po troch rokoch od vzniku holiny pomerne jednoznačne vidieť, na ktorých častiach plochy došlo k prirodzenej obnove či už prípravných alebo aj cieľových drevín a na ktorých častiach plochy je potrebné pristúpiť k dopĺňovaniu umelou obnovou, resp. na akej ploche je potrebné pristúpiť k úprave drevinového zloženia výchovou tak, aby nový porast nesmeroval k rovnorodej smrečine, ale k zmiešanému, štruktúrne bohatšiemu porastu odpovedajúcemu na Slovensku verbálne podporovanej koncepcii prírode blízkeho obhospodarovania lesov.

Príspevok vznikol vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja projektu APVV-0889-11 a projektu ŠF EU - DORS.

LITERATÚRA

- BALCAR, V., KACÁLEK, D., 2008: European beech planted into spruce stands exposed to climatic stresses in mountain areas. *Centralblatt für Forstwesen*, 125(1): 27-38.
- BALÁŠ, M., KUNEŠ, I., 2010: Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. *Lesnická práce*, 89: 716–718.
- KAMENSKÝ, M., JANKOVIČ, J., TUČEKOVÁ, A., STRMEŇ, S., A KOL., 2014: Treba vysádzať prípravné dreviny na kalamitné holiny po rozpade smrekových porastov v oblasti Kysúc? In: Zborník z medzinárodnej konferencie APZAP konanej 10.-11.9.2014 Štrbské pleso, NLC-LVÚ Zvolen, ISBN 978-80-80093-189-6: 77-86.
- KORPEL, Š., 1988: *Pestovanie lesa*. (Skriptá). Zvolen: VŠLD: 406.
- KORPEL, Š., 1995: Dlhodobý dvojvrstvový porasty – hospodárska forma s dvomi rubnými dobami. In: Korpel, Š., Saniga, M.: *Príroda blízke pestovanie lesa*. ÚVVP LVH SR Zvolen, IBSN80-88677-30-0: 96 – 151.
- KOŠULIČ, M., 2010: Zahájení přestavby smrčín v mladém věku. *Lesnická práce*, 89(4): 236-237.
- KRIEDEL, H., 2001: Růst bukových kultur zakládaných na holé seči a ve smrkové mlazině. *Zprávy lesnického výzkumu*, 46(1): 11-13.
- LÖF, M., KARLSSON, M., SONESSON, K., WELANDER, T.N., COLLET, C., 2007: Growth and mortality in underplanted tree seedlings in response to variations in canopy closure od Norway spruce. *Forestry*, 80(4): 371-384.
- REMEŠ, J., ULBRICOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V. 2004: Využití podsadby a meliorace půdy při umělé obnově. *Lesnická práce*, 83(9): 352-356.
- SANIGA, M., DENDYS, P., 2015: Rekonštrukcie smrekových porastov (Poznatky a praktické skúsenosti) Odborná publikácia pre vlastníkov a obhospodarovateľov lesov. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, ISBN 978-80-228-2808-6: 36.
- ŠPULÁK, O., SOUČEK, J., BARTOŠ, J., 2010: Růst a prosperita prosadby buku a kleny v mladých porostech smreku ztepilého a smrku pichlavého. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55(3): 171-179.

THOMASIIUS, H., 1983: Waldbauliche grundsätze und Bedeutung des Unterbaues. Agrarwissenschaftl. Gesellschaft d. DDR, Halle: 31.

VENCURIK, J., KUCBEL, S., SNOPKOVÁ, Z., 2013: Štruktúra, rast a klimatická senzitivita prirodzenej obnovy smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) a jedle bielej (*Abies alba* Mill.) vo výberkových lesoch severozápadných Karpát. *Zprávy lesnického výzkumu*, ISBN 0322-9688: 123-130,

LESNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK, 1995: Díl II. Praha: 683.

Ing. Anna Túčeková, PhD.

Ing. Elena Takáčová

NLC-LVÚ Zvolen

Odbor pestovania a produkcie lesa

T. G. Masaryka 22

960 01 Zvolen

e-mail: tucekova@nlcsk.org, takacova@nlcsk.org

PŘESTAVBA POROSTŮ NA STANOVIŠTÍCH PODHORSKÝCH SMRKOVÝCH BUČIN V JIZERSKÝCH HORÁCH

TRANSFORMATION OF SPRUCE-BEECH FOREST STANDS IN JIZERSKÉ HORY MTS.

ZDENĚK VACEK, JIŘÍ SLANAŘ, STANISLAV VACEK, DANIEL BULUŠEK, JAN KRÁL

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol

ABSTRACT

The paper deals with transformation of even-aged spruce-beech forest stands to uneven-aged and structural-rich stands in locality Jedlový důl in Jizerské hory Mts. Shelterwood management system with using selective principles has been executed here since 1979 with the supporting of admixed tree species of natural species composition. The objective of this study was to evaluate structure, diversity, production and development of forest stands on four permanent research plots in 1979-2015. Over 36 years, stand structure significantly differed (increase of total diversity by 63%) towards close-to-nature spattial, age and species structure (increase of fir by 103%). In terms of production, the number of trees increased an average from 413 to 1 346 trees ha⁻¹, while the stand volume distinctly unchanged (increase from 513 to 541 m³ ha⁻¹). But in future it is necessary to continue with this transformation for relatively a long time. The transformation is still in the midst of its development and its process depends on the effort and the forest management goal and the priority of the particular forest functions.

Keywords: forest stand transformation; stand structure; silviculture; forest dynamics; selection principles

ABSTRAKT

Príspevek sa zaoberá prestavbou stejnověkých smrkových bučín na porosty rôznověké a bohaté štruktúrované v oblasti Jedlového dolu v Jizerských horách. Podroštní spôsob hospodárení s využitím výberných princípů je zde aplikován od roku 1979 za podpory vtroušených a přimíšených dřevin přirozené druhové skladby. Cílem této studie bylo zhodnocení struktury, diverzity, produkce a vývoje porostů na čtyřech trvalých výzkumných plochách v letech 1979–2015. V průběhu 36 let se porostní struktura výrazně diferencovala (nárůst celkové diverzity o 63 %) směrem k přírodě bližší prostorové, věkové i druhové skladbě (nárůst jedle o 103%). Z hlediska produkce došlo k nárůstu počtu stromů v průměru ze 413 na 1 346 stromů.ha-1, přičemž zásoba porostu se výrazně neměnila (nárůst z 513 na 541 m³.ha-1). Do budoucna je však nutné pokračovat v nastoupené cestě přestavby porostů po relativně dlouhou dobu. Přestavba je totiž rámcově v polovině svého vývoje a výsledek tohoto procesu je závislý na úsilí a cílech lesních hospodářů a na prioritách jednotlivých funkcí lesních porostů.

Klíčová slova: přestavba lesních porostů; porostní struktura; pěstování lesa; vývoj lesa; výběrné principy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Téměř všechny evropské lesy byly výrazně změněny různou intenzitou obhospodařování (VANBERGEN et al. 2005). V rámci Evropy přírodní lesy nyní představují méně než 1 % evropských lesů (PARVIAINEN et al. 2000), přičemž se mimo areál svého přirozeného výskytu nachází 6–7 milionů ha čistých labilních smrkových monokultur (TEUFFEL et al. 2004). Podobně je tomu i v České republice, která patří ke státům s výrazně změněnou druhovou, věkovou a prostorovou skladbou lesů (VACEK et al. 2012). Zvýšení podílu listnatých dřevin a optimalizace druhové, věkové a prostorové skladby je proto jedním ze stěžejních úkolů moderního lesního hospodářství v ČR i v zahraničí (TESAŘ et al. 2004).

V lesním hospodářství v Evropě se vedle hodnotové produkce klade stále větší důraz na ekologické a environmentální funkce lesů s akcentem na jejich stanovištní diferenciaci a přizpůsobení managementu postupujícím globálním klimatickým změnám, jež mají v posledních letech dramatické následky (SEIDL et al. 2014). Z těchto důvodů je třeba důkladně poznat dynamiku a adaptabilitu lesních ekosystémů při postupujících klimatických změnách, abychom tomu přizpůsobili postupy trvale udržitelného a přírodě blízkého managementu lesních ekosystémů (OXBROUGH et al. 2014).

Jedním ze způsobů možného řešení této problematiky je optimalizace pěstebních postupů v rámci přestavby kulturních lesních porostů na porosty s přírodě bližší skladbou. Porosty, které projdou procesem přestavby, budou podstatně lépe plnit ekologické, environmentální, sociální a produkční funkce lesa (VACEK et al. 2014; REMEŠ et al. 2015). Výsledný lesní porost by měl mít také daleko větší rezistenci k dopadům klimatických změn, oproti lesním porostům bez této strategie (VACEK et al. 2015).

Cílem této práce je vyhodnocení struktury a vývoje porostů v rámci jejich přestavby v průběhu 36 let na přírodě bližší skladbu s akcentem na produkci, biodiverzitu, tloušťkovou a prostorovou strukturu porostů. Základní hypotézou přitom bylo, že tyto porosty s touto strategií budou mít větší ekologickou stabilitu a biodiverzitu ve srovnání s obdobím před zahájením přestavby.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika zájmového území

Zájmové území v Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory je součástí genové základny Jedlový důl. Horninové podloží tvoří porfyrická, středně zrnitá žula až granodiorit krkonošsko-jizerského žulového plutonu. Převládajícím půdním typem jsou zde kambizemě a kryptopodzoly. Průměrná roční teplota zde kolísá v rozpětí 5,2–6,5 °C v závislosti na nadmořské výšce. Srážkové roční úhrny dosahují hodnoty 1200 až 1300 mm.

V současnosti studované území pokrývají bohatě strukturované podhorské smrkové bučiny s vtroušenou jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.), javorem klenem (*Acer pseudoplatanus* L.), jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia* L.) a břízou bělokorou (*Betula pendula* Roth.) s probíhající hojnou přirozenou obnovou. Fytocenologicky se převážně jedná o acidofilní podhorské bučiny (*Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae*, *Calamagrostio villosae-Fagetum*) a částečně i o ochuzené formy květnatých bučin (*Dentario enneaphylli-Fagetum*). Přehled základních údajů o TVP je uveden v **Tab. 1**. Na všech TVP se délka vegetačního období pohybuje kolem 131 dní, průměrná teplota ve vegetačním období se pohybuje

okolo 10,7 °C a úhrn srážek ve vegetačním období je v průměru 646 mm. Od roku 1979 na TVP probíhá hospodaření podle zásad podrostního způsobu s maximálním využitím výběrných principů.

Tab. 1: Přehled základních charakteristik trvalých výzkumných ploch
Table 1: Overview of basic characteristics of permanent research plots

TVP	GPS souřadnice	Nad. výška	Expozice	Sklon	Lesní typ ¹	Dřeviny ²	Věk	Zásoba
PRP	GPS coordinates	Altitude	Exposition	Slope	Forest type ¹	Species ²	Age	Stand volume
		(m)		(°)			(y)	(m ³ ha ⁻¹)
1	50°47'26" N 15°15'02" E	750	SE	9	6S	FS, PA, AA, SA	153/22	604
2	50°47'28" N 15°14'59" E	730	SE	8	6S	FS, PA, AA, AP	153/26	536
6	50°47'24" N 15°15'04" E	765	SE	7	6S	FS, PA, AA, SA, BP	153/26	530
7	50°47'25" N 15°15'11" E	725	SE	11	6S	FS, PA, AA, AP	153/22	497

Vysvětlivky/Captions: ¹6S – *Piceo-Fagetum oligomesotrophicum*, *Calamagrostio villosae-Fagetum* Mikyška 1972; ²FS – *Fagus sylvatica*, PA – *Picea abies*, AA – *Abies alba*, SA – *Sorbus aucuparia*, AP – *Acer pseudoplatanus*

Sběr dat

Pro stanovení struktury stromového patra dřevin lesních ekosystémů byl při zakládání 4 trvalých výzkumných ploch (TVP) o velikosti 50×50 m v r. 1979 použit teodolit a v r. 2015 byla použita technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd.). Pomocí této sestavy byla zaměřena poloha všech jedinců stromového patra s výčetní tloušťkou > 4 cm a jejich korunové projekce, a to minimálně ve 4 směrech na sebe kolmých. U stromového patra byly též změřeny výčetní tloušťky, výšky a výšky nasazení zelené koruny.

Analýza dat

U všech jedinců stromového patra byly na každé TVP zhodnoceny strukturální a růstové parametry, produkce, horizontální a vertikální struktura a celková biodiverzita. Zásoba porostu byla vypočtena podle objemových rovnic publikovaných v práci PETRÁŠ, PAJTIK (1991). V rámci hodnocení biodiverzity byly spočítány: Pielou-Mountfordův index, Clark-Evansův agregační index, Fuldnerův index tloušťkové diferenciaci a výškové diferenciaci, Simpsonův index druhové různorodosti, Pielouův index druhové vyrovnanosti, Margalefův index druhové bohatosti, Arten-profil index a index celkové diverzity podle Jaehne a Dohrenbusche (VACEK et al. 2015). Pro výpočet strukturálních indexů byl použit program PointPro (© Zahradník) a SIBYLA (© Fabrika, Pretzsch, Ďurský). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO (© Microcomputer Power) pro zhodnocení vztahů mezi strukturou porostu a produkčními parametry v průběhu času. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Situační mapy byly vytvořeny v programu ArcGIS (Esri).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Produkce a struktura porostů

Počet živých stromů se na TVP v roce 1979 pohyboval v rozmezí od 380 do 444 ks.ha⁻¹ (u jedle 4–8 ks.ha⁻¹) s indexem hustoty porostu (SDI) 0,58–0,72 (**Tab. 2**). Zásoba hroubí živých stromů v porostech dosahovala od 400 (TVP 7) do 604 m³.ha⁻¹ (TVP 2), z toho připadalo 28 % na buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), 66 % na smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.), 2 % na jedli bělokorou a zbytek (< 6 %) byl podíl javoru klenu, jeřábu ptačího a břízy bělokoré. Celkový běžný přírůst porostů kolísal v rozmezí 6,8–8,3 m³.ha⁻¹.rok⁻¹ a celkový průměrný přírůst byl 3,5–5,2 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Při porovnání s rokem 2015 došlo k nárůstu počtu stromů o 207 %, resp. celkový počet živých stromů dosahoval 1032–1464 ks.ha⁻¹ (u jedle 80–160 ks.ha⁻¹; nárůst o 747 %) s SDI 0,80–0,84. Větší počet stromů byl dokumentován při přestavbách porostů například v Klokočné (778–858 ks.ha⁻¹; REMEŠ 2006) nebo ve výběrných lesích na Slovensku (270–725 ks.ha⁻¹; SANIGA, SZANYI 1998). Zásoba hroubí živých stromů ve studovaných porostech činila v průměru 541 m³.ha⁻¹ (nárůst o 4 %), z toho připadalo 41 % na buk, 53 % na smrk, 5 % na jedli a zbytek (< 3 %) byl podíl vtroušených dřevin. Obdobná zásoba v rozmezí od 355 do 595 m³.ha⁻¹ byla zjištěna ve výběrných lesích na území ČR a SR (RÉH 1978). Celkový běžný přírůst porostů v průběhu 36 let poklesl o 12 % a celkový průměrný přírůst o 43 %.

Tab. 2: Strukturální a produkční charakteristiky porostu na TVP v roce 1979 a 2015
Table 2: Structural and production characteristic of stand on PRP in 1979 and 2015

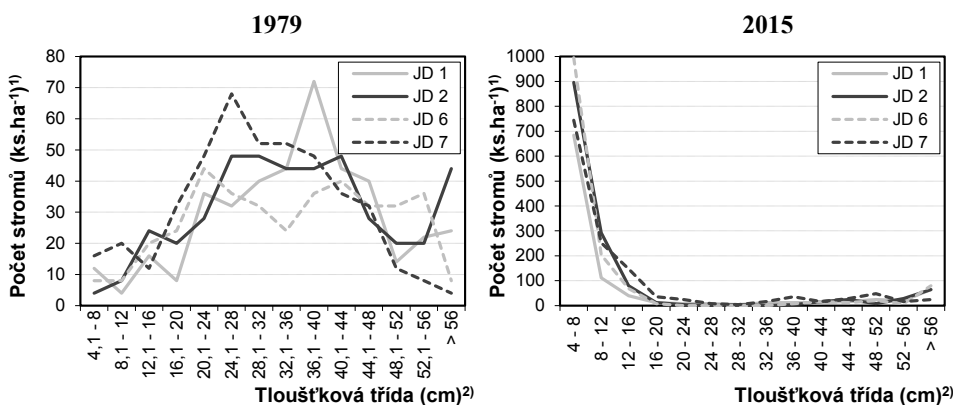
TVP	Rok	Age	dbh	h	v	HDR	N	G	V	PAI	MAI	CPA	SDI
PRP	Year	(y)	(cm)	(m)	(m ³)		(trees ha ⁻¹)	(m ² ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹ y ⁻¹)	(m ³ ha ⁻¹ y ⁻¹)	(ha)	
1	1979	116	38,0	25,1	1,37	66,1	408	46,3	559	8,3	4,82	1,97	0,68
	2015	140	23,5	10,1	0,59	43,0	1032	44,6	604	6,3	2,52	2,56	0,81
2	1979	116	38,8	25,2	1,44	65,0	420	49,5	604	7,3	5,25	1,91	0,72
	2015	149	19,5	9,9	0,37	50,8	1464	43,8	536	5,8	2,15	2,85	0,84
6	1979	116	36,7	24,1	1,29	65,7	380	40,2	489	7,0	4,25	1,95	0,61
	2015	153	18,7	8,8	0,36	47,1	1464	40,1	530	6,8	2,57	3,00	0,80
7	1979	113	32,2	22,1	0,90	0,69	444	36,2	400	6,8	3,54	2,00	0,58
	2015	143	19,5	10,4	0,35	53,3	1424	42,5	497	7,3	2,47	3,33	0,84

Vysvětlivky: age – průměrný věk porostu, dbh – průměrná výčetní tloušťka, h – průměrná výška, v – průměrný objem stromů, HDR – štíhlostní kvocient, N – počet stromů, G – kruhová základna, V – zásoba porostu, PAI – celkový běžný přírůst, MAI – celkový průměrný přírůst, CPA – plocha korunových projekcí, SDI – index hustoty porostu

Captions: age – average stand age, dbh – mean quadratic breast height diameter, h – mean height, v – average tree volume, HDR – slenderness quotient, N – number of trees, G – basal area, V – stand volume, PAI – periodic annual increment, MAI – mean annual increment, CPA – crown projection area, SDI – stand density index

Frekvence tloušťkových četností hlavních dřevin stromového patra na jednotlivých TVP v roce 1979 a 2015 jsou uvedeny na **Obř. 1**. Na počátku výzkumu se jednalo o prostorově a věkově středně diferencované jedno až dvouetážové smrkobukové porosty s blízkým se tloušťkovým rozdělením ve tvaru Gaussovi křivky, která je typická pro stejnověké porosty s nejvyšší četností středních hodnot (VACEK et al. 2009). Na TVP stromy dosahovaly průměrné dbh 32,2–38,0 cm (u buku 31,5–39,9 cm, u smrku 32,8–38,6 cm). Na TVP byly pak celkově nejvíce zastoupeny tloušťkové třídy 20,1–44 cm. Na všech plo-

chách v těchto tloušťkových třídách převažoval smrk ztepilý a relativně hojně se též vyskytoval buk lesní. V průběhu přestavby v roce 2015 byly porosty složeny již převážně ze tří etází s prostorově a věkově značně diferencovanou strukturou. Na TVP stromy dosahovaly průměrné dbh 18,7–23,5 cm (u buku 16,3–30,6 cm, u smrku ztepilého 14,9–21,1 cm). Na všech TVP byla pak celkově nejvíce zastoupena tloušťková třída 4–8 cm (v průměru 820 ks.ha⁻¹). Na plochách převažoval mírně smrk nad bukem, relativně hojně se vyskytovala i jedle. Za 36 let přestavby porostů se tloušťková struktura velmi blíží vzorové křivce tloušťkové struktury výběrných lesů podle Meyera (cf. REMEŠ 2006, VACEK et al. 2015).



Obr. 1: Histogram tloušťkové struktury stromového patra na TVP v roce 1979 a 2015

Fig. 1: Histogram of diameter classes of tree layer on the PRP in 1979 and 2015

Captions: ¹Frequency of trees, ²Diameter class

Biodiverzita

Z hlediska biodiversity, vertikální struktura byla středně až velmi silně rozrůzněná (v r. 1979 $A = 0,52-0,68$, v r. 2015 $A = 0,47-0,71$), podobně jako ve smrkobukových porostech v CHKO Orlické hory ($A = 0,57-0,72$; KRÁLÍČEK et al. 2017). V průběhu času se vertikální struktura příliš neměnila a nejvýrazněji stoupla na TVP 2 (**Tab. 2**). Tloušťková diferenciace struktury byla v r. 1979 nízká až střední ($TM_d = 0,22-0,35$) a v r. 2015 střední ($TM_d = 0,38-0,42$). Výšková diferenciace struktury byla v r. 1979 převážně nízká ($TM_h = 0,13-0,29$) a v r. 2015 střední ($TM_h = 0,32-0,35$). Druhá bohatost byla v r. 1979 nízká až střední ($D = 0,20-0,59$) a v r. 2015 střední ($D = 0,41-0,54$). Z hlediska druhové různorodosti se v r. 1979 jednalo o nízkou až střední biodiverzitu ($H' = 0,28-0,39$) a v r. 2015 o střední biodiverzitu ($H' = 0,31-0,40$). Podle agregačních indexů jsou jedinci stromového patra rozmístění převážně shlukovitě až náhodně (**Tab. 3, Obr. 2**), a to je v souladu s výsledky prací z obdobných lokalit (JANIK et al. 2013, BULUŠEK et al. 2016). Hodnoty celkové diverzity na počátku výzkumu poukazyvaly na TVP 6 na monotónní strukturu ($B = 3,18$) a na TVP 1, 2 a 7 nerovnoměrnou strukturu ($B = 6,59-7,12$), v r. 2015 na TVP 1, 2 a 7 značí různorodou strukturu ($B = 8,30-8,64$) a na TVP 6 mimořádně různorodou strukturu ($B = 9,03$), což činí nárůst celkové diverzity v průběhu 36 let o 63 % (**Tab. 3**).

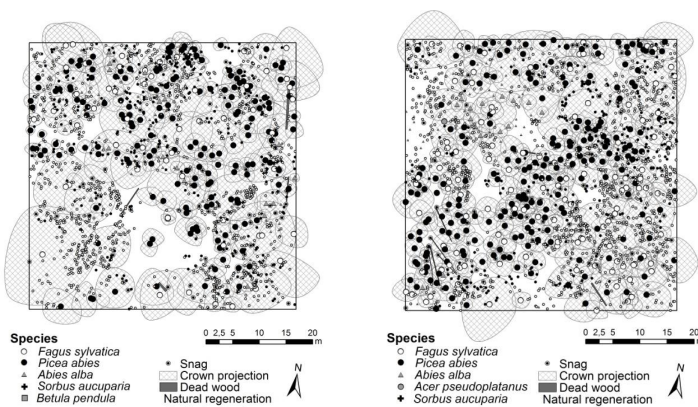
Také v Krkonoších byly zjištěny nejvyšší hodnoty celkové diverzity ($B = 10,5$) ve smrkobukojedlových porostech po přestavbě na výběrnou strukturu (VACEK et al. 2015).

Tab. 3: Ukazatelé porostní biodiverzity smíšených porostů na TVP v roce 1979 a 2015
Table 3: Stand biodiversity indices of mixed stands on PRP in 1979 a 2015

TVP PRP	Rok Year	D (Mai)	H' (Si)	E (Pii)	A (Pri)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	α (P&Mi)	R (C&Ei)	B (J&Di)
1	1979	0.38	0.37	0.79	0.67	0.35	0.29	2.21*	0.81*	7.12
	2015	0.43 ↑	0.37 ↑	0.61 ↓	0.63 ↓	0.38 ↓	0.35 ↑	1.97*	0.93*	8.30 ↑
2	1979	0.59	0.39	0.64	0.58	0.31	0.20	1.45*	0.91	6.59
	2015	0.41 ↓	0.36 ↓	0.60 ↓	0.65 ↑	0.38 ↑	0.35 ↑	1.38*	1.07	8.54 ↑
6	1979	0.20	0.28	0.93	0.52	0.22	0.13	1.31*	0.75*	3.18
	2015	0.54 ↑	0.31 ↑	0.44 ↓	0.47 ↓	0.35 ↓	0.32 ↑	1.29*	0.69*	9.03 ↑
7	1979	0.55	0.39	0.66	0.68	0.32	0.27	1.11	0.76*	7.11
	2015	0.41 ↓	0.40 ↑	0.67 ↑	0.71 ↑	0.42 ↑	0.35 ↑	1.09	0.69*	8.64 ↑

Vysvětlivky: D – index druhové bohatosti, H' – index druhové různorodosti, E – index druhové vyrovnanosti, A – Arten-profil index, TM_d – index tloušťkové diference, TM_h – index výškové diference, α – index nenáhodnosti, R – agregační index, B – index celkové diverzity; * statisticky významné hodnoty pro horizontální strukturu (α, R; p<0.05)

Captions: D – species richness index, H' – species heterogeneity index (entropy), E – species evenness index, A – Arten-profile index, TM_d – diameter differentiation index, TM_h – height differentiation index, α – index of non-randomness, R – aggregation index, B – total diversity index; * statistically significant value for horizontal structure (α, R; p<0.05)

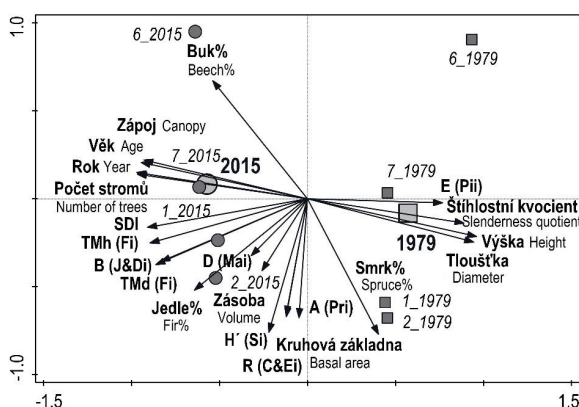


Obr. 2: Horizontální struktura stromového patra a přirozené obnovy na TVP 1 a 2 v roce 2015
Fig. 2: Horizontal structure of tree layer and natural regeneration on PRP 1 and 2 in 2015

Vztah mezi strukturou, produkcí a biodiverzitou porostu

Výsledky PCA analýzy jsou prezentovány ve formě ordinačního diagramu na Obr. 3. První ordinační osa vysvětluje 51,2 % a všechny čtyři osy 93,4 % variability dat. První osa x představuje čas, SDI a počet stromů společně se štíhlostním kvocientem a druhovou vyrovnaností. Druhá osa y reprezentuje Arten-profil index a kruhovou základnu porostu. V průběhu času, resp. přestavby porostů, se zvyšovala hustota porostů, plocha korunových projekcí, zakmenění, tloušťková a výšková diference a celková diverzita porostů,

zatímco tyto parametry byly negativně korelovány se štíhlostním kvocientem, průměrnou výškou a tloušťkou porostů. Snižující HDR poukazuje na zvyšující se statistickou stabilitu porostů (SHARMA et al. 2016). Pro správné plnění všech potřeb lesních ekosystémů je velmi důležité se zaměřit na optimální druhové složení (VACEK et al. 2009), zejména kvůli předpokládané změně areálů výskytu dřevin z hlediska klimatických změn (DELZON et al. 2013). V průběhu 36 let pěstebních zásahů bylo pozitivně ovlivněno zastoupení jedle a buku na úkor smrku. Zvýšená teplota a menší množství srážek zvyšují možnost napadení stromů smrku kůrovcem (KREJČÍ et al. 2013) a v budoucnu lze očekávat, že se v souladu se změnami klimatu se bude zvyšovat zastoupení zejména buku odolného vůči klimatickým změnám (POLJANEC et al. 2010), ale i jedle (KÖLLING et al. 2009). Z výsledků PCA dále vyplývá, že kruhová základna porostu byla pozitivně korelována se zásobou, horizontální a vertikální strukturou a druhovou různorodostí porostu, přičemž tyto parametry nebyly ovlivňovány faktorem času. Prává část diagramu, kde se nacházel stav porostů v roce 1979, je typická vysokou průměrnou výškou, tloušťkou a štíhlostním kvocientem a nízkou diverzitou, naopak porosty v roce 2015 dosahovaly vyššího zápoje, počtu stromů, strukturální diferenciace porostu a celkové diverzity (levá část).



Obr. 3: Ordinační diagram znázorňující výsledky PCA analýzy vztahů mezi růstovými charakteristikami, strukturou a biodiverzitou porostu; označení charakterizují TVP a rok měření: ■ 1979, ● 2015

Fig. 3: Ordination diagram showing results of PCA analysis of relationships among growth characteristics, structure and biodiversity of stand; marks characterize PRP and year of observation: ■ 1979, ● 2015

ZÁVĚR

Hlavním cílem pěstebních postupů při obhospodařování lesů v zájmovém území Jizerských hor, kde se v současnosti pomítně nacházejí přestavby již v pokročilejší fázi, se stalo podrostní hospodaření s uplatněním výběrných principů. Na rozdíl od r. 1979 se již v současnosti tloušťková struktura sledovaných porostů velmi blíží vzorové křivce tloušť-

kové struktury výběrných lesů podle Meyera. Běžný roční objemový přírůst hodnocených porostů je poměrně vysoký a nedochází tedy ke ztrátám na objemové produkci porostů. V procesu přestavby porostů bude i nadále třeba pokračovat ještě po relativně dlouhou dobu s maximálním využitím světlostního přírůstu. Navíc v budoucnu lze očekávat výrazné snížení nákladů na obnovu i výchovu strukturálně bohatých porostů a četné výhody ekologické, týkající se zejména ekologické stability a biodiverzity porostů.

LITERATURA

- BULUŠEK, D., VACEK, Z., VACEK, S., KRÁL, J., BÍLEK, L., KRÁLÍČEK, I. 2016. Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. *Journal of Forest Science*, 62: s. 293-305
- DELZON, S., URLI, M., SAMALENS, J.-C., LAMY, J.-B., LISCHKE, H., SIN, F., ZIMMERMANN, N.E., PORTÉ, A.J. 2013. Field evidence of colonisation by Holm oak, at the northern margin of its distribution range, during the Anthropocene period. *PLOS ONE*, 8 (11): e80443
- JANIK, D., ADAM, D., HORT, L., KRÁL, K., ŠAMONIL, P., UNAR, P., VRŠKA, T., HORAL, D. 2013. Spatio-temporal differences in tree spatial patterns between alluvial hardwood and mountain fir-beech forests: Do characteristic patterns exist? *Journal of Vegetation Science*, 24: s. 1141-1153
- KÖLLING, C., KNOKE, T., SCHALL, P., AMMER, C. 2009. Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Forstarchiv*, 80: s. 42-54
- KRÁLÍČEK, I., VACEK, Z., VACEK, S., REMEŠ, J., BULUŠEK, D., KRÁL, J., ŠTEFANČÍK, I., PUTALOVÁ, T. 2017. Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hill-top phenomenon, air pollutants and climate. *Dendrobiology*, 77: s. 121-139
- KREJČÍ, F., VACEK, S., BÍLEK, L., MIKESKA, M., HEJCMANOVÁ, P., VACEK, Z. 2013. The effects of climatic conditions and forest site types on disintegration rates in *Picea abies* occurring at the Modrava Peat Bogs in the Šumava National Park. *Dendrobiology*, 70: s. 35-44
- OXBROUGH, A., IRWIN, S., WILSON, M., O'HALLORAN, J. 2014. Mechanisms and predictors of ecological change in managed forests: A selection of papers from the second international conference on biodiversity in forest ecosystems and landscapes. *Forest Ecology and Management*, 321: s. 1-4
- PARVIAINEN, J., BÜCKING, W., VANDEKERKHOVE, K., SCHUCK, A., PÄIVINEN, R. 2000. Strict forest reserves in Europe: efforts to enhance biodiversity and research on forests left for free development in Europe (EU-COST-Action E4). *Forestry*, 73 (2): s. 107-118
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37: s. 49-56.
- POLJANEC, A., FICKO, A., BONCINA, A. 2010. Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970–2005. *Forest Ecology and Management* 259 (11): s. 2183-2190.
- RÉH, J. 1978. *Technika pestovania lesa vo výbernej sústave hospodárenia*. In: VYSKOT, M. et al., Pěstění lesů. Praha, SZN: s. 360–412
- REMEŠ, J. 2006. Transformation of even-aged spruce stands at the School Forest Enterprise Kostelec nad Černými lesy: Structure and final cutting of mature stand. *Journal of Forest Science*, 52 (4): s. 158-171
- REMEŠ, J., BÍLEK, L., NOVÁK, J., VACEK, Z., VACEK, S., PUTALOVÁ, T., KOUBEK, L. 2015. Diameter increment of beech in relation to social position of trees, climate characteristics and thinning intensity. *Journal of Forest Science*, 61 (10): s. 456-464

- SANIGA, M., SZANYI, O. 1998. *Modely výběrkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska*. Vedecké štúdie TU vo Zvolene, 4/A: 48 s.
- SEIDL, R., SCHELHAAS, M. J., RAMMER, W., VERKERK, P. J. 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature climate change*, 4 (9): s. 806-810
- SHARMA, R. P., VACEK, Z., VACEK, S. 2016. Individual tree crown width models for Norway spruce and European beech in Czech Republic. *Forest Ecology and Management*, 366: s. 208-220
- TESAŘ, V., KLIMO, E., KRAUS, M., SOUČEK, J. 2004. *Dlouhodobá přestavba jehličnatého lesa na Heřtíně – kutnohorské hospodářství*. MZLU v Brně, Brno, 60 s.
- TEUFFEL, K. V., HEINRICH, B., BAUMGARTEN, M. 2004. Present distribution of secondary Norway spruce in Europe. In SPIECKER, H., HANSEN, J., KLIMO, E., SKOVSGAARD, J. P., STERBA, H., VON TEUFFEL, K. (ed.), *Norway spruce conversion – Options and consequences*. EFI Research Report 18. Brill Academic Publishers, Leiden, s. 63-96
- VACEK, S., VACEK, Z., SCHWARZ, O., RAJ, A., NOSKOVÁ, I., BALCAR, Z., BULUŠEK, D. et al. 2009. *Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš*. Folia forestalia Bohemica. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., č. 11, 288 s.
- VACEK, S., MOUCHA, P., BÍLEK, L., MIKESKA, M., REMEŠ, J., SIMON, J., HYNEK, V. et al. 2012. *Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR*. 1st Ed. Praha, Ministerstvo životního prostředí. 896 s.
- VACEK, S., VACEK, Z., PODRAZSKÝ, V., BÍLEK, L., BULUŠEK, D., ŠTEFANČÍK, I., REMEŠ, J., ŠTÍCHA, V., AMBORŽ, R. 2014. Structural Diversity of Autochthonous Beech Forests in Broumovské Stěny National Nature Reserve, Czech Republic. *Austrian Journal of Forest Science*, 131 (4): s. 191-214
- VACEK, S., VACEK, Z., BULUŠEK, D., BÍLEK, L., SCHWARZ, O., SIMON, J., ŠTÍCHA, V. 2015. The role of shelterwood cutting and protection against game browsing for the regeneration of silver fir. *Austrian Journal of Forest Science*, 132 (2): s. 81-102
- VANBERGEN, A. J., WOODCOCK, B. A., WATT, A. D., NIEMELA, J. 2005. Effect of land-use heterogeneity on carabid communities at the landscape scale. *Ecography*, 28 (1): s. 3-16

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B03/17), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

Vliv okrajového efektu na růst a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní (Pinus sylvestris L.)

IMPACT OF EDGE EFFECT ON GROWTH AND QUALITY OF NATURAL REGENERATION OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.)

ZDENĚK VACEK, JAN KRÁL, DANIEL BULUŠEK, STANISLAV VACEK, LUKÁŠ BÍLEK

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol

ABSTRACT

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is one of our most important tree species and for the optimization of the shelterwood systems it is important to know its requirements for the lightning conditions. The study describes the effect of the stand edge on the development of pine natural regeneration in the Kokořínsko Protected Landscape Area. Two permanent research plots (PRP) in size 40×40 m was situated in different light conditions. The objective was to evaluate the influence of light on the growth, density, structure and quality of natural regeneration according to distance from the stand edge in relation to shelterwood methods. The total number of regeneration ($h > 150$ cm) on PRP 1 located 5 m from the stand edge reached 11,413 pcs ha⁻¹, while only 1,594 pcs ha⁻¹ were on PRP 2 in the center of stand. The density of regeneration significantly decreases with increasing distance from the edge ($p < 0.001$). At a distance of 5-10 m from the edge, the number of regeneration reached 19,000 pcs ha⁻¹ and at the distance of 40-45 m only 5,400 pcs ha⁻¹, then there was no difference in its numbers. Also, the height and spatial distribution of pine regeneration negatively significantly correlated with the decreasing sidelight ($p < 0.001$), whereas significant influence on average pine quality was not observed ($p > 0.05$).

Keywords: shelterwood system; sidelight; regeneration dynamics; Swamp; Czech Republic

ABSTRAKT

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) patří mezi naše nejdůležitější dřeviny a pro optimalizaci podrostního způsobu obhospodařování je důležité poznat její nároky na světlo v různých růstových fázích. Studie popisuje vliv okrajového efektu na vývoj přirozené obnovy borovice v CHKO Kokořínsko. Jedná se o 2 trvale výzkumné plochy (TVP) o velikosti 40×40 m, nacházející se v odlišných světelných podmínkách. Cílem studie bylo zhodnocení vlivu bočního světla na růst, početnost, strukturu a kvalitu přirozené obnovy z hlediska vzdálenosti od porostního okraje při podrostním způsobu hospodaření. Celkový počet přirozené obnovy ($h > 150$ cm) na TVP umístěné 5 m od okraje porostu dosahoval 11 413 ks.ha⁻¹, přičemž na TVP ve středu porostu byl pouze 1 594 ks.ha⁻¹. S rostoucí vzdáleností od okraje signifikantně ($p < 0.001$) klesal počet přirozené obnovy. Ve vzdálenosti 5–10 m od okraje počet obnovy dosahoval 19 000 ks.ha⁻¹ a ve vzdálenosti 40–45 m pouze 5 400 ks.ha⁻¹, poté nebyl zjištěn rozdíl v její početnosti. Také výška a prostorové rozmístění přirozené obnovy borovice signifikantně negativně korelovala s klesajícím bočním světlem ($p < 0.001$), zatímco signifikantní vliv na průměrnou kvalitu borovice nebyl prokázán ($p > 0.05$).

Klíčová slova: podrostní způsob hospodaření; boční světlo; vývoj obnovy; Swamp; Česká republika

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Přirozené bory, nacházející se nejčastěji na chudých a výsušných písčitých půdách, mají zvláštní postavení ve vývoji a stupňovitosti vegetace. Tato půdně exponovaná stanoviště překrývají svou osobitou povahou rozdíly klimatu a silně omezují konkurenční zdatnost většiny vegetace (MIKESKA et al. 2008). Borovice lesní jako pionýrská dřevina má relativně vysoké nároky na světlo a její přirozená obnova pod plným korunovým zápojem je minimální (POLENO et al. 2009), nelze tedy uvažovat o strukturně bohatých porostech. Z tohoto hlediska zvýšené světelné podmínky, jako jsou mezery v zápoji nebo okrajový efekt vytěženého porostu, významně ovlivňují výskyt přirozené obnovy (BURTON 2002, BÍLEK et al. 2014).

Management borových porostů přináší řadu změn v lesních ekosystémech, které mohou změnit celou řadu strukturálních a vývojových parametrů (BÍLEK et al. 2016, VACEK et al. 2016). V hospodářských lesích je však i ekologické obhospodařování lesních porostů obecně považováno za nástroj homogenizace porostní struktury (UOTILA et al. 2002). Pro zvýšení biodiverzity je proto nezbytné důsledné využívání přírodě blízkých pěstebních postupů podporujících přirozenou obnovu, které zajistí větší strukturální diferenciaci lesů (VACEK et al. 2016). V současnosti je stále více preferováno maloplošné jemné hospodaření v lesích s důrazem na větší heterogenitu, která zvyšuje jejich rezistenci a schopnost přizpůsobit se změnám klimatu a různým disturbancím (CHURCHILL et al. 2013). Tento moderní přístup je na řadě míst cílem současného pěstování lesů, obzvláště pak v sušších lokalitách (REYNOLDS et al. 2013), jako je naše zájmové území.

Pro rozvoj pěstebních metod založených na podrostitím způsobu hospodaření je nezbytná znalost strukturálních parametrů jednotlivých *dřevin*. Pozornost se v tomto směru soustředila především na klimaxové dřeviny a borovici lesní byla věnována jen minimální pozornost. Cílem tohoto příspěvku proto bylo zhodnotit vliv okrajového efektu, resp. bočního světla na růst, početnost, strukturu a kvalitu přirozené obnovy. Výběr zájmového území byl zaměřen na možnosti využití podrostitního způsobu hospodaření, vycházející z principů přírodě blízkého pěstování lesů, které jsou v případě borovice, jakožto světlo-milné dřeviny, spíše výjimečné.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází v Chráněné krajinné oblasti Kokořínsko u Máchova jezera v blízkosti Národní přírodní památky Swamp, sloužící k ochraně zbytků původního rašelinště. Základní matečnou horninou jsou kvartérní pískovce a převládajícím půdním typem je kambizem arenická. Srážkové roční úhrny dosahují 610 mm a průměrná roční teplota je 8,1 °C. Délka vegetačního období se pohybuje okolo 162 dní, průměrná teplota ve vegetačním období kolísá okolo 14,4 °C a úhrn srážek ve vegetačním období je v průměru 375 mm. Jedná se přirozená stanoviště borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) s probíhající hojnou přirozenou obnovou. Přehled základních údajů o TVP je uveden v **Tab. 1**. V současnosti zde probíhá strukturalizace čistých borových porostů za využití podrostitního způsobu hospodaření.

Tab. 1: Přehled základních charakteristik trvalých výzkumných ploch
 Table 1: Overview of basic characteristics of permanent research plots

TVP	GPS souřadnice	Nad. výška	Lesní typ ¹	Věk	DBH	Výška	Zápoj	Zakme- nění	Zásoba
PRP	GPS coordinates	Altitude	For- est type ¹	Age	DBH	Height	Canopy	Stocking	Stand volume
		(m)		(y)	(cm)	(m)			(m ³ ha ⁻¹)
1	50.5753747 N 14.6766414 E	268	0M3	129/10	27,4	21,1	0,73	0,61	257
2	50.5758414 N 14.6766631 E	268	0M3	129/10	26,9	21,2	0,78	0,67	277

Vysvětlivky: ¹0M3 – chudý dubový bor borůvkový na písčích
 Captions: ¹0M3 – poor oak pine stands with blueberry on the sands

Sběr dat

Pro stanovení struktury stromového patra a přirozené obnovy byla při zakládání dvou trvalých výzkumných ploch (TVP) o velikosti 40×40 m použita technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd.). První plocha byla založena 5 m od okraje porostu rovnoběžně s porostním okrajem, kde ve vedlejším porostu východním směrem byla před 30 lety provedena holoseč s následnou umělou obnovou. Druhá kontrolní TVP byla vytyčena ve středu porostu (> 50 m od okraje). Pomocí této sestavy byla zaměřena poloha všech jedinců stromového patra s výčetní tloušťkou (dbh) > 4 cm a jejich korunové projekce, a to minimálně ve 4 směrech na sebe kolmých pro určení zápoje. U stromového patra byly též změřeny výčetní tloušťky, výšky a výšky nasazení zelené koruny. U přirozené obnovy (h > 150 cm, dbh < 4 cm) byla u všech jedinců změřena pozice, výška, výška nasazení koruny a kvalita podle 4 stupňů (K1 – nejkvalitnější až K4 – nejméně kvalitní a odumírající jedinci). Jako hodnotící kritéria kvality obnovy byla použita průběžnost (zakřivení) kmene, rozdvojení, poškození, přírůstavost a životaschopnost. U vybraných 50–150 jedinců byla změřena šířka koruny a dbh.

Analýza dat

Na TVP byly u stromového patra zhodnoceny růstové parametry, produkce a zápoj porostu, respektive plocha korunových projekcí a stupeň zápoje. U jedinců přirozené obnovy byla zhodnocena horizontální struktura na základě Hopkins-Skellamova indexu, Clark-Evansova indexu a Ripleyovi L-funkce (VACEK et al. 2016). Statistické analýzy růstových parametrů přirozené obnovy byly zpracovány v softwaru Statistica (© StatSoft). Rozdíly mezi vzdálenostmi od porostního okraje (hodnoceno podle 8 transektů po 5 m) a plochami byly testovány pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a korelačních matic. Analýza hlavních komponent (PCA) byla provedena v programu CANOCO (© Microcomputer Power) pro zhodnocení vztahu mezi parametry přirozené obnovy, vzdáleností od porostního okraje a zápojem porostu. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Situační mapy byly vytvořeny v programu ArcGIS (© Esri).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Hustota a struktura obnovy

V zkoumaných čistých borových porostech počet přirozené obnovy dosahoval na TVP 1 umístěné při okraji porostu 11 413 ks.ha⁻¹ a na TVP 2, nacházející se uprostřed porostu 1 594 ks.ha⁻¹ (**Tab. 2**). Nižší počet přirozené obnovy než zde byl zjištěn ve východních Čechách v hospodářských borových porostech (344–4 940 ks.ha⁻¹; VACEK et al. 2016) a zejména pak v reliktních borech (244–1348 ks.ha⁻¹; VACEK et al. 2017). Hustota přirozené obnovy je základní složkou studovaných přirozených borových stanovišť, přičemž porozumění jejím klíčovým faktorům, jako jsou světelné podmínky, vede k lepšímu poznání celé prostorové struktury porostů (PARDOS et al. 2008). V hospodářských lesích, jako je zájmové území, s vyšší intenzitou probírek nastávají příznivější podmínky pro přirozenou obnovu borovice pod mateřským porostem (BERBEITO et al., 2009), což je v souladu s principy přírodě blízkého hospodaření borových porostů dle práce BÍLEK et al. (2016). Boční světlo mělo signifikantní vliv na výskyt přirozené obnovy na TVP 1 ($F_{(7,56)}=8,3, p<0,001$) a na TVP 2 nebyl zjištěn rozdíl v početnosti mezi jednotlivými transektly ($F_{(7,35)}=1,1, p>0,05$; **Obr. 1**). S rostoucí vzdáleností od okraje signifikantně ($r=-0,70$; $p<0,001$) klesá počet přirozené obnovy. Ve vzdálenosti 5–10 m od okraje počet obnovy dosahoval 19 000 ks.ha⁻¹, ve vzdálenosti 20–25 m 12 750 ks.ha⁻¹ a ve 40–45 m pouze 5 400 ks.ha⁻¹, poté již nebyl zjištěn rozdíl v početnosti obnovy. Podobně klesající počet jedinců obnovy se zhoršující dostupností světla v borových porostech ve Španělsku dokumentuje MARTÍN-ALCÓN et al. (2015).

Tab. 2: Základní parametry přirozené obnovy borovice na trvalých výzkumných plochách
Table 2: Basic parameters of pine natural regeneration on permanent research plots

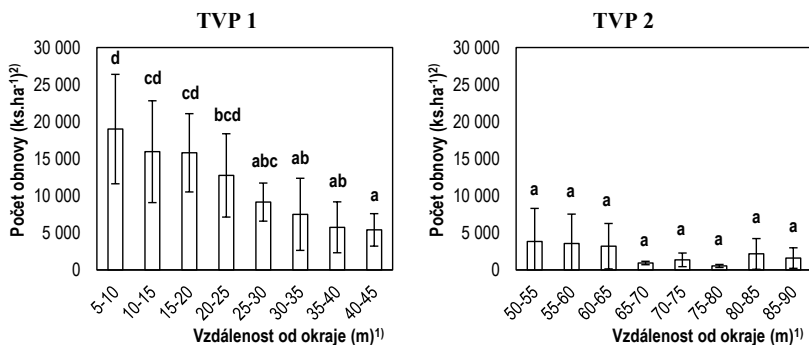
TVP	Počet	Výška	DBH	Šířka koruny	Nasazení koruny	Prům. kvalita	Kvalita Quality				R (C&Ei)	A (P&Mi)
PRP	Density	Height		Crown width	Crown base	Mean quality	K1	K2	K3	K4		
	(ks ha ⁻¹)	(cm)	(mm)	(cm)	(cm)		(%)	(%)	(%)	(%)		
1	11 413	257	18,5	50,1	100	2,44	8,2	46,2	28,2	9,9	0,831*	0,736*
2	1 594	194	12,9	43,1	86	2,81	2,2	28,9	54,8	14,3	0,562*	0,903*

Vysvětlivky: *shlukovitost - statisticky významné hodnoty pro R, A index ($\alpha=0,05$)

Captions: *aggregation - statistically significant value for R, A indices ($\alpha=0,05$)

Průměrná výška jedinců obnovy byla na TVP 1, která je typická vysokou intenzitou bočního světla a pokročilejší fází obnovy, signifikantně vyšší (257,9 cm \pm 87,5 SD) než na TVP 2 (194,6 cm \pm 46,5 SD, **Tab. 2**). Obdobné průměrné výšky borového zmlazení, pohybující se v rozmezí 237–326 cm, byly zjištěny v borových lesích ve věku 80–140 let (VACEK et al. 2016). Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán v průměrné výšce na TVP 1 ($F_{(7,56)}=4,8, p<0,001$) ve srovnání s jednotlivými transektly na TVP 2 ($F_{(7,35)}=1,4, p>0,05$; **Obr. 2**). S klesající vzdáleností od okraje byla zjištěna signifikantní negativní korelace s výškou ($r = -0,54, p<0,001$). Pozitivní vliv bočního světla byl také zjištěn u ostatních dřevin (BURTON 2002, BÍLEK et al. 2014). Se stoupající výškou obnovy borovice klesalo zastoupení ve vyšších výškových třídách, zejména na TVP 2. Naopak relativně

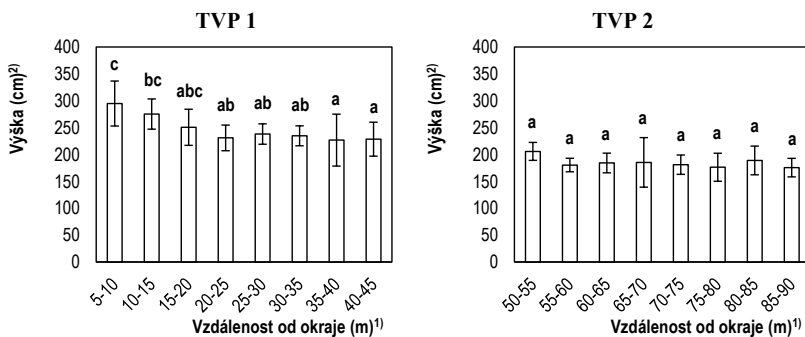
vyrovnaná výšková struktura byla zjištěna v práci VACEK et al. (2016), kde ještě nenastaly vhodné podmínky pro obnovu.



Obr. 1: Počet jedinců přirozené obnovy borovice diferencovaně dle vzdálenosti od porostního okraje na TVP; statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) jsou označeny odlišnými písmeny; chybové úsečky představují směrodatnou odchylku (SD)

Fig. 1: Number of individuals of pine natural regeneration differentiated according to the distance from the stand edge on PRP; statistically significant differences ($p < 0,05$) are indicated by different letters; error bars represent standard deviation (SD)

Captions: ¹⁾Distance from the stand edge (m), ²⁾Number of natural regeneration (pcs ha⁻¹)

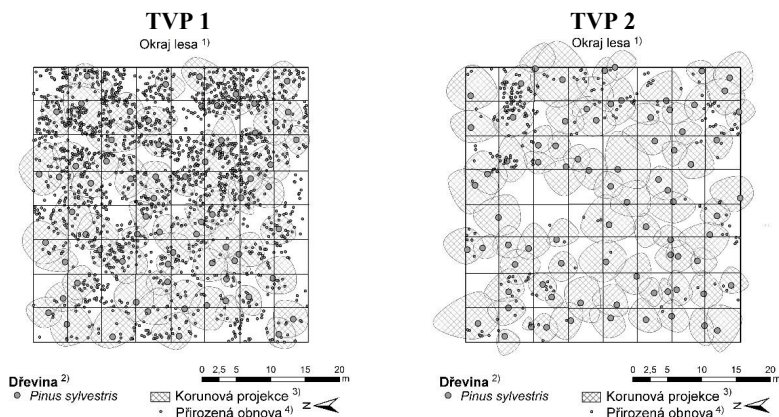


Obr. 2: Průměrná výška obnovy diferencovaně dle vzdálenosti od porostního okraje na TVP

Fig. 2: Mean height of regeneration differentiated according to the distance from the stand edge on PRP

Captions: ¹⁾Distance from the stand edge (m), ²⁾Height (cm)

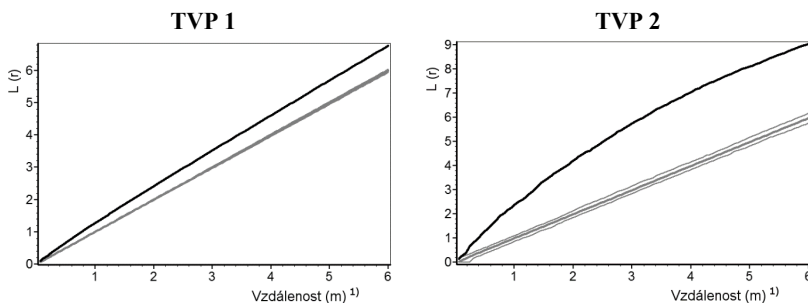
Horizontální struktura stromového patra a přirozené obnovy je znázorněna na **Obr. 3**. Podle zjišťovaných indexů, tak i L-funkce přirozená obnova na TVP byla výrazně agregovaná (**Tab. 2, Obr. 4**), stejně jako v jiných studiích borových lesů v České republice a Polsku (VACEK et al. 2016). S rostoucí vzdáleností od okraje porostu dochází k výraznější agregovanosti přirozené obnovy, resp. TVP 2 měla signifikantněji agregovanou horizontální strukturu ($R=0,562$, $A=0,903$) oproti TVP 1 ($R=0,831$, $A=0,736$), zejména pak ve vzdálenosti 5–10 m ($R=0,841$, $A=0,691$). Také VACEK et al. (2017) dokládá zvyšující agregovanost přirozené obnovy se zvyšujícím zápojem horní etáže a snižujícím počtem obnovy.



Obr. 3: Horizontální struktura stromového patra a přirozené obnovy na TVP 1 a 2 v roce 2015 rozdělená na 5 m transektů

Fig. 3: Horizontal structure of tree layer and natural regeneration on PRP 1 and 2 in 2015 divided to 5 m transects

Captions: ¹⁾Stand edge, ²⁾Species, ³⁾Crown projection, ⁴⁾Natural regeneration



Obr. 4: Horizontální struktura přirozené obnovy na TVP vyjádřená L-funkcí

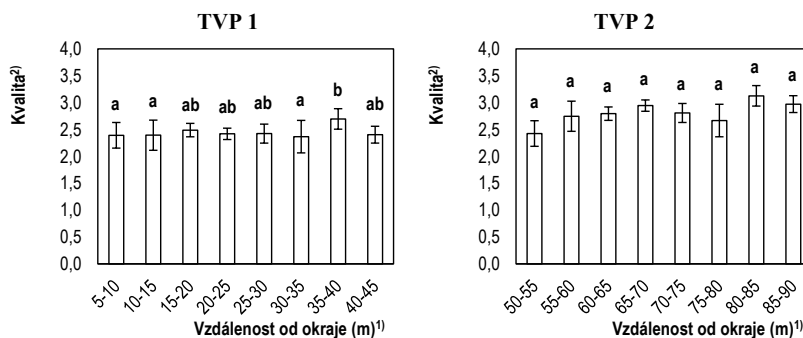
Fig. 4: Horizontal structure of natural regeneration on PRP expressed by L-function

Captions: ¹⁾Distance (m)

Kvalita obnovy

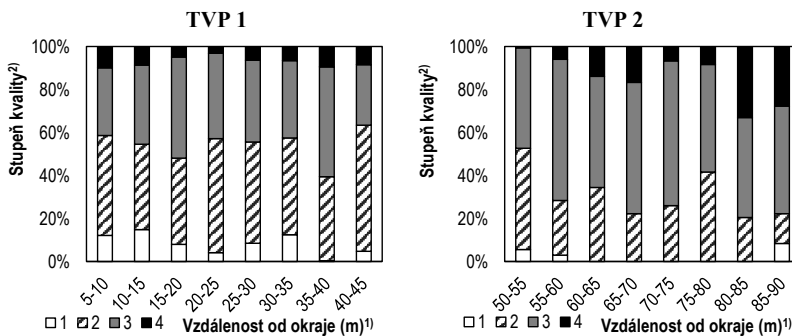
Oproti početnosti a výšce, tak rozdíl v průměrné kvalitě nebyl celkově na TVP 1 signifikantně potvrzen ($F_{(7, 56)}=2,1, p>0,05$), avšak při porovnání jednotlivých transektů, zde již byly signifikantní rozdíly ve prospěch kvality obnovy při okraji porostu ($p<0,05$; **Obr. 5**). Na TVP 2 opět nebyl prokázán významný rozdíl mezi jednotlivými transektů ($F_{(7, 35)}=1,2, p>0,05$), ale průměrně kvalitnější jedinci se vyskytovali na TVP 1 ($p<0,01$). Vzdálenost od okraje neměla signifikantní vliv na průměrnou kvalitu porostu ($r = -0,15, p<0,05$), ale signifikantní byl negativní vliv na relativní výskyt nejkvalitnějších jedinců K1 ($r=-0,40, p<0,05$) s rozdílem v zastoupení mezi transektů ($F_{(7, 56)}=5,2, p<0,001$). Těchto nadějných jedinců, kteří tvoří základ budoucího porostu, se na TVP 1 nacházelo $1\ 044\ \text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$

(8,1 %). Toto množství odpovídá hornímu rozmezí počtu stromů v hospodářských lesích v ČR (476–1072 ks.ha⁻¹; BÍLEK et al. 2016) i ve Španělsku (678–1092 ks.ha⁻¹; MARCOS et al. 2007). Rozdíly byly také zaznamenány u stupně kvality obnovy K2 ($F_{(7,56)}=2,9$, $p<0,05$) a K3 ($F_{(7,56)}=3,8$, $p<0,01$), přičemž u nejméně kvalitních jedinců K4 nebyl zjištěn žádný rozdíl v jejich výskytu ($F_{(7,56)}=0,9$, $p>0,05$) na TVP 1. Zastoupení jednotlivých stupňů kvality je znázorněno na **Obr. 6**.



Obr. 5: Průměrná kvalita obnovy diferencovaně dle vzdálenosti od porostního okraje na TVP
 Fig. 5: Mean quality of regeneration differentiated according to the distance from the stand edge on PRP

Captions: ¹Distance from the stand edge (m), ²Quality



Obr. 6: Procentuální zastoupení stupňů kvality obnovy na TVP diferencovaně dle vzdálenosti od porostního okraje

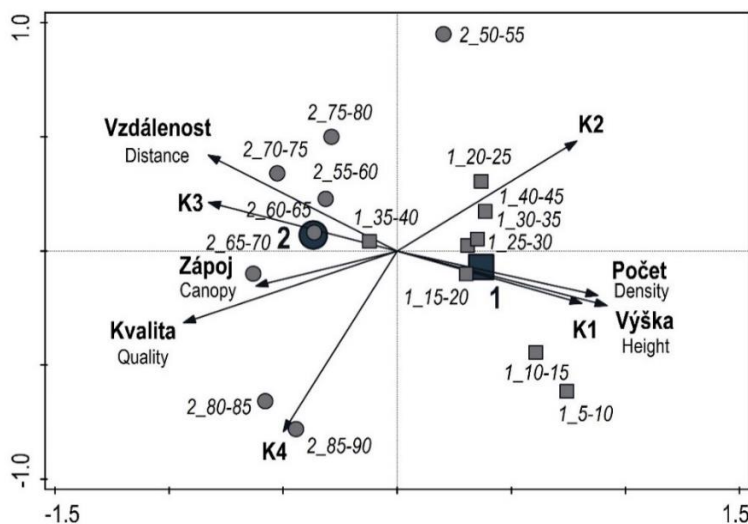
Fig. 6: Percentage representation of quality grades of regeneration on PRP differentiated according to the distance from the stand edge

Captions: ¹Distance from the stand edge (m), ²Degree of quality

Vztah mezi přirozenou obnovou, horní etází a bočním světlem

Komplexní vztah mezi přirozenou obnovou, zápojem a vzdáleností od okraje je prezentován formou PCA analýzy, resp. ordinačního diagramu na **Obr. 7**. První ordinační

osa vysvětluje 65,6 %, druhá osa 80,3 % a všechny čtyři osy 95,5 % variability dat. Osa x představuje výšku a početnost přirozené obnovy borovice a zápoj porostu. Vzdálenost od porostního okraje byla pozitivně korelována s **kvalitou jedinců** – K3, zatímco tyto ukazatelé byly negativně korelovány s počty a **výškou obnovy**, a to i počty nejkvalitnějších jedinců (K1). Naopak vzdálenost neměla vliv na relativní výskyt nejméně kvalitních jedinců obnovy (K4). Se zvyšujícím zápojem porostu klesala průměrná kvalita porostu, a naopak zvyšoval se podíl nadějných jedinců (K2). Z diagramu dále vyplývá, že nejmenší vysvětlující proměnou byl zápoj porostu, jenž také významně ovlivňuje hustotu přirozené obnovy (MONTES et al. 2008, VACEK et al. 2016). Pravá **část diagramu, kde se nachází TVP 1** (na okraji porostu), je typická vysokou průměrnou výškou, počtem a výskytem nejkvalitnějších jedinců obnovy, naopak obnova na TVP 2 (ve středu porostu) dosahovala horší kvality (levá část).



Obr. 7: Ordinační diagram PCA analýzy vztahů mezi parametry přirozené obnovy (počet, výška, kvalita – K1 nejkvalitnější, K4 nejhorší), zápojem porostu a vzdáleností od okraje porostu; označení charakterizují TVP (¼ 1, ● 2) a transekty (5 m) od okraje

Fig. 7: Ordination diagram of PCA analysis of relationships among parameters of natural regeneration (density, height, quality – K1 the best, K4 the worst), stand canopy and distance from the stand edge; marks indicate PRP (¼ 1, ● 2) and transects (5 m) from the stand edge

ZÁVĚR

Lesní hospodaření založené na využití poznatků přírodě blízkého vývoje porostů a jejich dynamiky, směřující k dosažení vytyčených hospodářských cílů, je v současnosti velmi aktuální. K přírodě blízkému šetrnému využívání lesa neodmyslitelně patří podrostní způsob hospodaření, na druhé straně tento způsob má svá omezení pro světlomilné dřeviny, jako je borovice. Naše studie prokázala statisticky významný vliv okrajového efektu na růst a kvalitu přirozené obnovy borovice lesní. S rostoucí vzdáleností od porostního okraje, resp. s klesající intenzitou bočního světla, dochází k výraznému poklesu počtu při-

rozené obnovy. Stejně tak byl zjištěn signifikantní pokles průměrné výšky obnovy. Vzhledem k vysoké náročnosti borovice na světlo, tak s rostoucí vzdáleností od okraje porostu klesá zastoupení nejkvalitnějších perspektivních či nadějných jedinců obnovy, avšak celková průměrná kvalita obnovy se signifikantně neliší. Zvyšující vzdálenost od okraje měla také negativní vliv na pravidelnost obnovy borovice, přičemž prostorové rozmístění zmlazení bylo silně agregované.

LITERATURA

- BERBEITO, I., FORTIN, M.J., MONTES, F., CAÑELLAS, I. 2009. Response of pine natural regeneration to small-scale spatial variation in a managed Mediterranean mountain forest. *Applied Vegetation Science*, 12: s. 488–503
- BÍLEK, L., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., ROZENBERGAR, D., DIACI, J., ZAHRADNÍK, D. 2014. Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia—the role of heterogeneity and micro-habitat factors. *Dendrobiology*, 71: s. 59–71
- BÍLEK, L., VACEK, S., VACEK, Z., REMEŠ, J., KRÁL, J., BULUŠEK, D., GALLO, J. 2016. How close to nature is close-to-nature pine silviculture?. *Journal of Forest Science*, 62 (1): s. 24–34
- BURTON, P. J. 2002. Effects of clearcut edges on trees in the sub-boreal spruce zone of Northwest-Central British Columbia. *Silva Fennica*, 36 (1): s. 329–352
- CHURCHILL, D.J., LARSON, A.J., DAHLGREEN, M.C., FRANKLIN, J.F., HESSBURG, P.F., LUTZ, J.A. 2013. Restoring forest resilience: from reference spatial patterns to silvicultural prescriptions and monitoring. *Forest Ecology and Management*, 291: s. 442–457
- CHYTRÝ, M., DANIHELKA, J., HORSÁK, M., KOČÍ, M., KUBEŠOVÁ, S., LOSOSOVÁ, Z., OTÝPKOVÁ, Z., TICHÝ, L., MARTYNEKO, V.B., BAISHEVA, E.Z. 2010. Modern analogues from the Southern Urals provide insights into biodiversity change in the early Holocene forests of Central Europe. *Journal of Biogeography*, 37: s. 767–780
- MARCOS, J.A., MARCOS, E., TABOADA, A., TÁRREGA, R. 2007. Comparison of community structure and soil characteristics in different aged *Pinus sylvestris* plantations and a natural pine forest. *Forest Ecology and Management*, 247: s. 35–42
- MARTÍN-ALCÓN, S., COLL, L., SALEKIN, S. 2015. Stand-level drivers of tree-species diversification in Mediterranean pine forests after abandonment of traditional practices. *Forest Ecology and Management*, 353: s. 107–117
- MIKESKA, M., VACEK, S., PRAUSOVÁ, R., SIMON, J., MINX, T., PODRÁZSKÝ, V., MALÍK, V., KOBLIHA, J., ANDĚL, P., MATĚJKA, K. 2008. *Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 450 s.
- MONTES, F., RUBIO, A., BARBEITO, I., CAÑELLAS, I. 2008. Characterization of the spatial structure of the canopy in *Pinus sylvestris* L. stands in Central Spain from hemispherical photographs. *Forest Ecology and Management*, 255: s. 580–590
- PARDOS, M., MONTES, F., CAÑELLAS, I. 2008. Spatial Dynamics of Natural Regeneration in Two Differently Managed *Pinus sylvestris* Stands before and after Silvicultural Intervention Using Replicated Spatial Point Patterns. *Forest Science*, 54: s. 260–272
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. 2009. *Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 952 s.
- REYNOLDS, R.T., SÁNCHEZ MEADOR, A.J., YOUTZ, J.A., NICOLET, T., MATONIS, M.S., JACKSON, P.L., DE LORENZO, D.G., GRAVES, A.D. 2013. *Restoring composition and structure in southwestern frequent-fire forests: a science-based framework for improving ecosystem resiliency*. United States Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, United States. 76 s.
- UOTILA, A., KOUKI, J., KONTKANEN, H., PULKKINEN, P. 2002. Assessing the naturalness of boreal forests in eastern Fennoscandia. *Forest Ecology and Management*, 161: s. 257–277

VACEK, S., VACEK, Z., BÍLEK, L., SIMON, J., REMEŠ, J., HŮNOVÁ, I., KRÁL, J., PUTALOVÁ, T., MIKESKA, M. 2016. Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50 (4): id 1564

VACEK, S., VACEK, Z., REMEŠ, J., BÍLEK, L., HŮNOVÁ, I., BULUŠEK, D., PUTALOVÁ, T., KRÁL, J., SIMON, J. 2017. Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. *Trees - Structure and Function*, s. 1-19.

Poděkování

Příspěvek vznikl díky podpoře Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze (IGA č. B03/17) a Ministerstva zemědělství (NAZV č. QJ1520037).

VPLYV KLÍČNEHO LÔŽKA A VEGETAČNÉHO KRYTU NA PRIEBEH INICIÁLNYCH FÁZ PRIRODZENEJ OBNOVY PO KALAMITE VO VÝBERKOVOM LESE

INFLUENCE OF SEEDBED AND VEGETATION COVER ON INITIAL PHASES OF NATURAL REGENERATION AFTER A WINDTHROW IN SELECTION FOREST

JAROSLAV VENCURIK, STANISLAV KUCBEL, DENISA SEDMÁKOVÁ, ZUZANA RATKOVSKÁ,
LADISLAV ŠUMICHRAST

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The study analyses structure of a stand (compartment 1629, Forest District Liptovská Osada) in conversion to selection forest and the initial phases of natural regeneration before (year 2013) and after (year 2016) a windthrow in the permanent research plot of 0.25 ha. The results confirmed the advantages of structurally differentiated stands. After the windthrow, a part of lower and middle layer trees remained in the stand, what makes its further structuralization and fulfillment of public-beneficial functions possible. However, one of the hazards represents the emergence of spruce natural regeneration on the majority of research plot area. The most common seedbed was the litter. The cover of ground vegetation in first years after the windthrow did not significantly affect the initial phases of natural regeneration of tree species.

Keywords: conversion to selection forest, windthrow, natural regeneration, Norway spruce, seedbed

ABSTRAKT

Táto štúdia analyzuje štruktúru porastu (dielca 1629, LC Liptovská Osada - štátne) v prebudove na výberkový les a priebeh iniciálnych fáz prirodzenej obnovy pred (rok 2013) a po vetrovej kalamite (rok 2016) na trvalej výskumnej ploche s výmerou 0,25 ha. Výsledky potvrdili výhody štruktúrne diferencovaných porastov. Po kalamite sa zachovala časť dolnej a strednej vrstvy porastu, čo umožňuje jeho ďalšiu štrukturalizáciu a plnenie verejno-prospešných funkcií lesa. Rizikom v tomto smere je plošný nástup prirodzenej obnovy smreka. Najfrekvencovanejším klíčnym lôžkom bola opadanka. Pokryvnosť vegetačného krytu v prvých rokoch po kalamite neovplyvňovala významným spôsobom priebeh iniciálnych fáz prirodzenej obnovy drevín.

Kľúčové slová: prebudova na výberkový les, vetrová kalamita, prirodzená obnova, smrek, klíčne lôžko

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Výberkové lesy sú stabilné lesné ekosystémy, ktoré majú v porovnaní s inými porastovými formami veľkú rezistenciu voči pôsobeniu škodlivých faktorov (OTT *et al.* 1997, BACHOFEN 1999). Medzi výberkovým lesom s ideálnou štruktúrou a vysokým (rúbaňovým) lesom s horizontálnym zápojom však existuje veľa medzičlánkov s viac alebo menej odlišnou porastovou štruktúrou (SCHÜTZ 2001). Vo výškovo nivelizovaných porastoch tvorených vývojovo starými stromami s krátkymi korunami, ktoré sa vyznačujú nízkou stabilitou je ich prebudova na výberkový les pomocou následnej generácie porastu za-

ťažná rizikom rozvrátenia týchto porastov škodlivými činiteľmi, predovšetkým vetrom. Prírodná obnova, ktorá má vznikáť nerovnomerne na celej ploche porastu vo forme hlúčikov, resp. malých skupín v priebehu dlhšieho časového obdobia (obnovná doba 30 až 40 rokov) sa v dôsledku rapidného presvetlenia porastu v dôsledku kalamity výskovo nivelizuje, čo vo veľkej miere ohrozuje vytvorenie diferencovanej štruktúry porastu (KORPEL, SANIGA 1993).

Prehľadné poznatky týkajúce sa dynamiky regeneračných procesov, následného vývoja a štrukturalizácie poškodených porastov s dominantným zastúpením smreka je v súčasnosti vysoko aktuálnou témou (Štefančík *et al.* 2012, JALOVÍAR *et al.* 2015, SANIGA, DENDYS 2015). Predložená štúdia porastu v prebudove na výberkový les po vetrovej kalamite Žofia v roku 2014 prináša predbežné výsledky zamerané na analýzu jeho štruktúry a priebeh iníciaľných fáz prirodzenej obnovy. Významnou súčasťou práce bola kvantifikácia a porovnanie základných porastových charakteristík pred a po kalamite, analýza vegetačného krytu a posúdenie vplyvu klíčného lôžka na priebeh regeneračných procesov drevín.

MATERIÁL A METODIKA

Objektom výskumu v tejto štúdií bol porast v prebudove na výberkový les pomocou následnej generácie (SANIGA, VENCURIK 2007), ktorý bol v roku 2014 postihnutý vetrovou kalamitou Žofia. Skúmaný porast je súčasťou demonštračného objektu TU vo Zvolene Donovaly – Mistríky s rozlohou 50,3 ha. Porast sa nachádza v lesnej oblasti 35A Veľká Fatra, Starohorské vrchy sever, Ždiarska brázda v nadmorskej výške 920 až 980 m n. m (48°52'N; 19°13'E). Z lesníckeho hospodársko – úpravnickeho hľadiska sa jedná o dielec 1629 (LC Liptovská Osada – štátne). Geologické podložie je tvorené predovšetkým žulou, prevládajúcimi pôdnymi typmi sú kambizeme a rankrové pôdy. Priemerná ročná teplota sa tu pohybuje od 6,1 do 6,6°C a priemerný ročný zrážkový úhrn od 850 do 950 mm.

Dielec 1629 patrí medzi lesy osobitného určenia, písmeno kategórie f – lesy v zriadených génových základniach lesných drevín. Priemerný sklon je 20 %, expozícia severovýchodná. Z hľadiska typológie je dielec 1629 zaradený do skupiny lesných typov *Fagetum abietino-piceosum* vst. (lesný typ: 6107 čučoriedková jedľová bučina so smrekom vst. 100%; ZLATNÍK 1976). Stupeň ohrozenia 1 – mierne ohrozený porast. Spôsob obhospodarovania: v – výberkový porast alebo porast v prebudove na výberkový les. Lesné spoločenstvo je tvorené prevažne smrekom (*Picea abies* [L.] Karst.). Z ostatných drevín sa vyskytujú jedľa biela (*Abies alba* Mill.), buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia* L.).

V dieleci 1629 bola v roku 1994 založená trvalá výskumná plocha (TVP) s rozmermi 50 x 50 m (0,25 ha), na ktorej boli vykonávané podrobné merania v rokoch 1994, 1999, 2003 (SANIGA, VENCURIK 2007) a 2013 (JAĎUŠ 2014) za účelom sledovania zmien štruktúry porastu a stavu prirodzenej obnovy. Informácie o hrúbkovej štruktúre porastu (stromy s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm) podľa jednotlivých druhov drevín boli získavané z celej TVP. Na tranzekte s rozmermi 10 x 50 m, ktorý sa nachádzal v strede TVP, sa navyše merali aj ortogonálne súradnice stromov, ich výšky a parametre korún (výška nasadenia, korunové projekcie). Zároveň bola na tranzekte evidovaná aj prírodná obnova drevín v nasledovných kategóriách (semenáčky s výškou do 20 cm, jedince s výškou 21-50 cm, 51-80 cm, 81-130 cm a 131 cm + do hrúbky $d_{1,3}$ 8,0 cm).

Po kalamite v roku 2014 bola na mieste bývalej TVP obnovená výskumná plocha, ktorá bola následne rozdelená pravidelnou sieťou na 25 subplôch s rozmermi 10×10 m (1 ár). V roku 2016 bolo na výskumnej ploche vykonané priemerovanie všetkých stromov s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm.

Okrem toho sa v strede každého áru vytýčil štvorec s rozmermi 2×2 m (4 m^2), na ktorom sa odhadovali hodnoty plošného podielu jednotlivých typov klíčného lôžka (opadanka, mach, minerálna pôda, moderové drevo) a pokryvnosti prízemnej vegetácie (okrem prirodzenej obnovy drevín), s presnosťou na 10%. Do úvahy boli brané len časti bez hromád haluziny. Tá zaberala približne 30% plochy. Evidovali sa tu aj všetky semenáčky drevín s výškou do 20 cm, a tiež druh klíčného lôžka, na ktorom rástli. Získané údaje boli použité pre následné analýzy.

Všetky štatistické výpočty boli vykonané pomocou programu Statistica 6.0. Na vyhodnotenie skúmaných vzťahov boli použité metódy regresnej a korelačnej analýzy (ZAR 1999).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

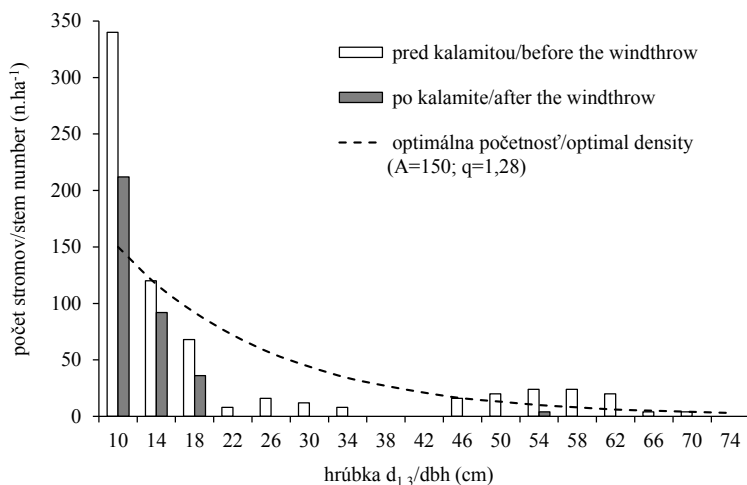
Hrúbková štruktúra porastu pred kalamitou v roku 2014 vykazovala pri porovnaní s modelom poddimenzovanú početnosť stromov strednej vrstvy (hrúbkové triedy 18 až 42 cm) a naopak prebytok stromov v hornej vrstve porastu (hrúbkové triedy 50 až 62 cm). Skutočná zásoba ($406 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) sa takmer zhodovala s optimálnou zásobou ($415 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; tab. 1, obr. 1). Vetrová kalamita zasiahla predovšetkým hornú a časť strednej vrstvy porastu, pričom v hrúbkových triedach 22 cm a viac neostali stáť prakticky žiadne stromy. V najnižších hrúbkových triedach sa však zachoval dostatočný počet stromov, v hrúbkovej triede 10 cm prevyšujúci dokonca optimálnu početnosť. Tento stav sa odrazil aj v rapidnom poklese kruhovej základne a zásoby porastu (približne o 90%), menej v úbytku celkovej početnosti stromov (len o 50%). Zachovanie stromov dolnej a časti strednej vrstvy výberkového porastu po prírodnej disturbancii predstavuje nespornú výhodu v porovnaní s rovnovekými porastmi s dominantným zastúpením smreka, kde po týchto udalostiach vznikajú zväčša rozsiahle kalamitné plochy, čím sa zhoršuje aj plnenie všetkých verejno-prospešných funkcií lesa (Štefančík *et al.* 2012, SANIGA, DENDYS 2015). Najviac poškodenou drevinou bol smrek, ktorý tvoril podstatnú časť strednej a hornej vrstvy porastu. V relatívne krátkom čase sa rapídne zvýšil počet semenáčikov z $200 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ pred kalamitou na $45\,419 \pm 4\,789 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ po kalamite, aj keď porovnanie ich celkovej početnosti nie je úplne korektné vzhľadom na rozdiely vo výberovom dizajne (tranzekt, resp. sieť štvorcov). Až 60% semenáčikov pred kalamitou tvorila jarabina, po kalamite už dominoval smrek s 93%. Veľký potenciál prirodzenej obnovy na kalamitisku v priebehu relatívne krátkeho časového obdobia (3 roky) po katastrofickom rozpade smrekového lesa bol potvrdený aj v TANAP-e (Šeben *et al.* 2011).

Vzhľadom na nízku početnosť semenáčikov menej frekventovaných drevín bolo vyhodnotenie ich distribúcie v závislosti od jednotlivých typov klíčného lôžka možné len pri smreku a jarabine. Tak pri smreku, ako aj pri jarabine sa potvrdil mierne pozitívny efekt opadanky a moderového dreva a naopak negatívny efekt ostatných typov klíčného lôžka (mach, minerálna pôda) na výskyt ich semenáčikov (obr. 2). Aj keď machy vo všeobecnosti predstavujú vhodné klíčne lôžko pre smrek (SORG 1980, HUNZIKER, BRANG 2005)

Tab. 1: Základné porastové charakteristiky (stromy s hrúbkou $d_{1,3} > 8$ cm) pred (rok 2013) a po kap lamite (rok 2016)

Table 1: Basic stand characteristics (living trees of dbh > 8 cm) before (year 2013) and after the windthrow (year 2016)

	Pred kalamitou/ Before the windthrow	Po kalamite/ After the windthrow
Počet stromov/Stem number (n.ha ⁻¹)	684	344
Smrek/Spruce (%)	63,7	38,4
Jedľa/Fir (%)	28,7	44,2
Buk/Beech (%)	7,6	17,4
Kruhová základňa/Basal area (m ² .ha ⁻¹)	36,3	4,9
Smrek/Spruce (%)	92,0	57,1
Jedľa/Fir (%)	6,9	32,7
Buk/Beech (%)	1,1	10,2
Zásoba/Growing stock (m ³ .ha ⁻¹)	406,4	35,8
Smrek/Spruce (%)	93,9	66,3
Jedľa/Fir (%)	5,6	25,7
Buk/Beech (%)	0,5	8,0

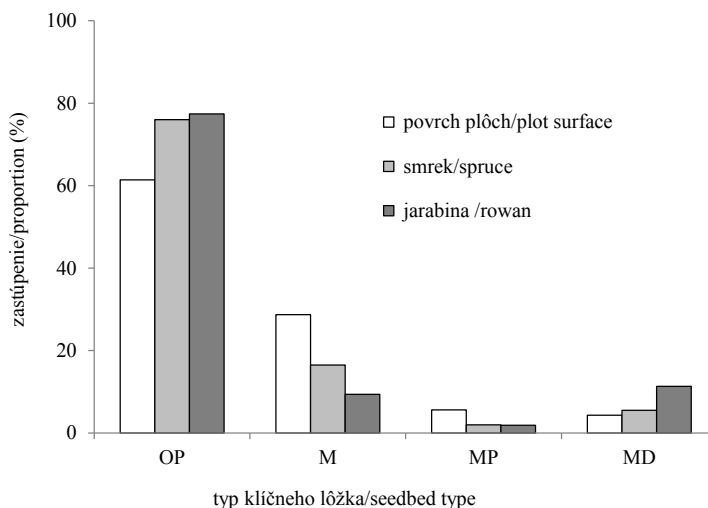


Obr. 1: Skutočná hrúbková štruktúra stromov pred (rok 2013) a po kalamite (rok 2016) a model výberkového lesa

Fig. 1: Actual diameter structure before (year 2013) and after the windthrow (year 2016) and the model of selection forest

môžu na prirodzenú obnovu tejto dreviny vplyvať aj negatívne. To závisí vo veľkej miere od hrúbky, vlhkosti (BRANG 1996) a druhu machu (MOTTA *et al.* 1994, BRANG 1996). Prítomnosť odumretého dreva (nekromasy) v dieľci 1629 vytvárala vhodné klíčne lôžko pre semenáčky smreka aj jarabiny. Skúmaním obnovy smrekových prírodných lesov bolo zistené zvyšovanie podielu zmladenia na moderovom dreve so stúpajúcou nadmorskou

výškou (KORPEJ 1995, SVOBODA 2005, PITTNER, SANIGA 2008). Mŕtve drevo vo vyšších polohách (dielec 1629) poskytuje vhodné podmienky pre nástup prirodzenej obnovy smreka. Predovšetkým sa jedná o vyššiu teplotu v porovnaní s minerálnou pôdou, dostatočné zásobenie koreňov kyslíkom, rýchlejšie topenie snehu a predĺženie vegetačného obdobia (EICHRODT 1969, PITTNER 2008, KUCBEL 2011).



Obr. 2: Distribúcia semenáčikov smreka a jarabiny na výskumnej ploche podľa jednotlivých typov klíčného lôžka. Celkový počet subplôch ($n = 27$), celkový počet hodnotených semenáčikov – smrek ($n = 1823$), jarabina ($n = 106$)

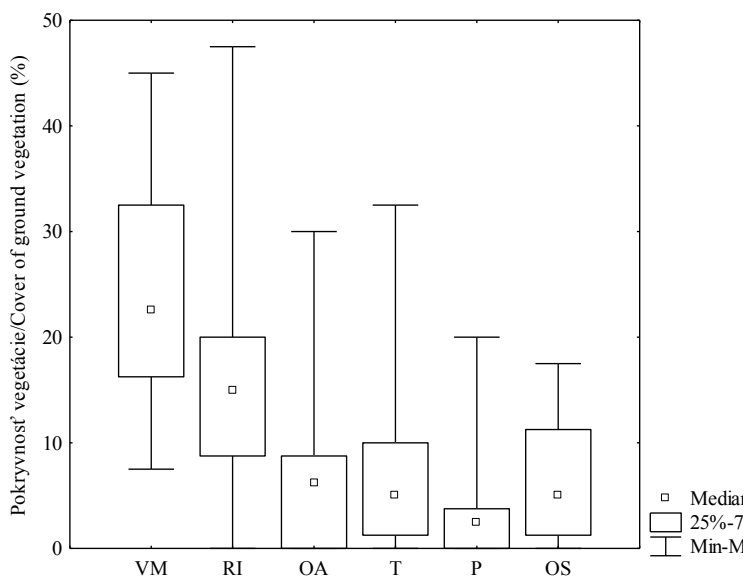
(OP) opadanka, (M) mach, (MP) minerálna pôda, (MD) moderové drevo

Fig. 2: Distribution of Norway spruce and rowan seedlings on the research plot according to seedbed type. Total number of subplots ($n = 27$), total number of recorded seedlings – spruce ($n = 1823$), rowan ($n = 106$)

(OP) litter, (M) moss, (MP) mineral soil, (MD) deadwood

Mediánové hodnoty pokryvnosti vegetácie na výskumnej ploche sa pohybovali na úrovni 66,3%. Vegetačný kryt bol tvorený prevažne druhmi *Vaccinium myrtillus* L. (22,5%), *Rubus idaeus* L. (15,0%) a *Oxalis acetosella* L. (6,3), ojedinele sa vyskytovali aj iné byliny, trávy a paprade (obr. 3). Percento vegetačného krytu neovplyvňovalo štatisticky významne ($p > 0,05$) početnosť semenáčikov.

Až 51,8% semenáčikov smreka, ale len 26,4% semenáčikov jarabiny sa vyskytovalo súčasne s najrozšírenejším druhom *V. myrtillus* L. Ďalej nasledovali druhy *R. idaeus* L. (25,0% pre smrek, resp. 30,2% pre jarabinu) a *O. acetosella* L. (6,4%, resp. 19,8%). Porast *V. myrtillus* nevytváral významnú prekážku pre prežívanie smrekových semenáčikov, tak ako to dokladujú aj výsledky štúdie VENCURIK *et al.* (2016). Napríklad PALUCH (2005) uvádza, že *O. acetosella* a *V. myrtillus* indikujú vhodné trofické a vlhkostné pôdne podmienky pre vznik a prežívanie semenáčikov, predovšetkým jedle. To potvrdili vo svojich štúdiách aj SZYMURA (2007) a JAĎUŠ *et al.* (2014).



Obr. 3: Pokryvnosť vegetácie na výskumnej ploche

(VM) *V. myrtillus* L., (RI) *R. idaeus* L., (OA) *O. acetosella* L., (T) tráva, (P) paprade, (OS) ostatné

Fig. 3: Cover of ground vegetation in research plot

(VM) *V. myrtillus* L., (RI) *R. idaeus* L., (OA) *O. acetosella* L., (T) grass, (P) ferns, (OS) others

ZÁVER

Výskumom prirodzenej obnovy a štruktúry porastu prebudovaného na výberkový les po vetrovej kalamite sme dospeli k nasledovným záverom:

- Napriek neúspešnej prebudove porastu v dôsledku jeho rozvrátenia vetrom sa zachovala časť dolnej a strednej vrstvy, ktorá predstavuje dobrý východiskový stav pre jeho ďalšiu štrukturalizáciu. Z pohľadu vytvárania diferencovanej štruktúry v nasledujúcom období je však rizikom plošný nástup prirodzenej obnovy smreka.
- Najviac frekventovaným klíčnym lôžkom bola opadanka, na ktorej sa vyskytovalo viac ako 70% semenáčikov smreka a jarabiny.
- V prvých rokoch po kalamite neovplyvňovala pokryvnosť vegetačného krytu významným spôsobom priebeh iníciaľných fáz prirodzenej obnovy drevín.

LITERATÚRA

- BACHOFEN, H. 1999: Gleichgewicht, Struktur und Wachstum in Plenterbeständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 150: 157–170
- BRANG, P. 1996: Experimentelle Untersuchungen zur Ansamlungsökologie der Fichte im zwischenalpinen Gebirgswald. Diss. ETH Zürich, Beiheft Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 77: 375 s.
- EICHRODT, R. 1969: Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald. Diss. ETH Zürich: 122 s.

- HUNZIKER, U., BRANG, P. 2005: Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps. *Forest Ecology and Management*, 210: 67–69
- JAĎUŠ, J. 2014: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les. Dizertačná práca. TU vo Zvolene: 127 s.
- JAĎUŠ, J., PITTNER, J., SNOPKOVÁ, Z. 2014. Vplyv klimatických a svetelných faktorov na klíčenie a prežívanie semenáčikov jedle bielej (*Abies alba* Mill.) a smreka obyčajného (*Picea abies* L. Karst.) vo výberkovom lese. *Zprávy lesníckého výzkumu*, 59 (3): 167–174
- JALOVIAK, P., PITTNER, J., POTOCKÝ, L. 2015. Kvantitatívne a morfológické parametre prirodzenej obnovy jedle a smreka vo výberkovom lese. In: HOUŠKOVÁ, K., ČERNÝ, J., (eds.): *Proceedings of Central European silviculture*. Mendelova univerzita v Brně: 67–76
- KORPEL, Š. 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York: 310 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. 1993: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek: 127 s.
- KUCBEL, S. 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkyh Tatier. TU vo Zvolene: 138 s.
- MOTTA, R., BRANG, P., FREHNER, M., OTT, E. 1994: Copertura muscinale e rinnovazione di abete rosso (*Picea abies* L.) nella pecceta subalpina di Sedrun (Grigioni, Svizzera). *Monti e Boschi*, 45: 49–56
- OTT, E., FREHNER, M., FREY, H.U., LÜSCHER, P. 1997: *Gebirgsnadelwälder: Ein praxisorientierter Leitfaden für eine standortgerechte Waldbehandlung*. Verlag Paul Haupt, Bern: 287 s.
- PALUCH, J.G. 2005: The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. *Forest Ecology and Management*, 205: 283–298
- PITTNER, J. 2008. Stav nekromasy a prirodzená obnova drevín smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 50 (1): 71–84
- PITTNER, J., SANIGA, M. 2008. A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). *Journal of Forest Science*, 54 (12): 545–553
- SANIGA, M., DENDYS, P. 2015: Rekonštrukcie smrekových porastov (poznatky a praktické skúsenosti). TU vo Zvolene: 36 s.
- SANIGA, M., VENCURIK, J. 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. TU vo Zvolene: 82 s.
- SCHÜTZ, J.P. 2001: Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151: 87–94
- SORG, J.P. 1980. Végétation et rajeunissement naturel dans la pessière subalpine de Vals (GR). Diss. ETH. Mitt. Schweiz. Anstalt. Forstl. Versuchswes.: 158 s.
- SVOBODA, M. 2005: Množství a struktura mrtvého dřeva a jeho význam pro obnovu lesa ve smrkovém horském lese v oblasti rezervace Trojmezna. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: 33–45
- SZYMURA, T.H. 2007: The stand structure and natural regeneration of *Abies alba* Mill. in reserves on the northern margin of its distribution in SW Poland. *Dendrobiology*, 57: 55–60
- Šebeň, V., BOŠEĽA, M., KULLA, L. 2011: Terestrická sieť na sledovanie procesu revitalizácie tatranského kalamitiska a jeho okolia. *Štúdie o Tatranskom národnom parku*, 10 (43): 13–24.
- Štefančík, I., LONGAUER, R., KULLA, L. a kol. 2012: Návrh zásad rekonštrukcií smrekových porastov vrátane návrhu praktických postupov zabezpečenia procesu reprodukcie lesa. NLC Zvolen: 54 s.
- VENCURIK, J., KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVIAK, P. 2016: Štruktúra a výškový rast prirodzenej obnovy vo výberkových lesoch s rôznym zastúpením smreka. TU vo Zvolene: 64 s.
- ZAR, J.H. 1999: *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey: 663 s.
- ZLATNÍK, A. 1976: *Lesnícká fytoecologie*. SZN, Praha: 495 s.

Pod'akovanie

Práca vznikla s finančnou podporou grantu APVV - 14 - 0014 „Štruktúrálna diverzita, disturbančný režim a sukcesný vývoj vybraných bukových a zmiešaných pralesov a výskum zachovania tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v bukových ekosystémoch Slovenska.“