

VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI, V. V. I.,  
STRNADY  
VÝZKUMNÁ STANICE OPOČNO

*FORESTRY AND GAME MANAGEMENT RESEARCH INSTITUTE, STRNADY  
OPOČNO RESEARCH STATION*



## **FUNKCE LESA V MĚNÍCÍCH SE PODMÍNKÁCH PROSTŘEDÍ**

### ***FOREST FUNCTIONS IN CHANGING ENVIRONMENTS***

Sborník původních vědeckých prací  
u příležitosti 17. vědecké konference pěstitelů lesa

*Proceedings of Original Scientific Studies  
at the occasion of the 17<sup>th</sup> scientific conference of silviculturists*

30.–31. 8. 2016

Studijní středisko Ústavu jazykové a odborné přípravy Univerzity Karlovy  
Dobruška, Česká republika

## Poděkování

Sborník byl vydán v rámci každoročního setkání pracovníků Lesnické fakulty, Technické univerzity vo Zvolene; Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze; Lesnické a dřevařské fakulty, Mendelovy univerzity v Brně, Výzkumné stanice v Opočně, Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. a Lesnického výzkumného ústavu, Národního lesnického centra, Zvolen.

Sborník je vydán u příležitosti 95. výročí Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady a 65. výročí Výzkumné stanice v Opočně ve spolupráci s útvarem Lesnické informační centrum, VÚLHM, v. v. i. a Odborem lesního hospodářství České akademie zemědělských věd.

## Acknowledgements

*The Proceedings is issued on behalf of the annual meeting of silviculturists from Faculty of Forestry, Technical University, Zvolen, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, Opočno Research Station, Forestry and Game Management Research Institute, Strnady and Forest Research Institute, National Forest Centre, Zvolen.*

*The Proceedings is dedicated to the 95<sup>th</sup> anniversary of Forestry and Game Management Research Institute, Strnady and 65<sup>th</sup> anniversary of Opočno Research Station.*



Všechny příspěvky publikované v *Proceedings of Central European Silviculture 2016* byly recenzovány.

*All articles published in Proceedings of Central European Silviculture 2016 were peer reviewed.*

## Seznam recenzentů / List of reviewers

Radek Bače, Martin Baláš, Lukáš Bílek, Vladimír Černošous, David Dušek, Antonín Jurásek, Dušan Kacálek, Petr Kantor, Robert Knott, Vladimír Krečmer, Ivan Kuneš, Jan Leugner, Jarmila Martincová, Antonín Martiník, Jiří Novák, Ján Pittner, Vilém Podrázský, Jiří Remeš, Marian Slodičák, Jiří Souček, Ondřej Špulák, Miroslav Tesař, Monika Vejpusťková

Editori  
*Editors:* Dušan Kacálek, Jiří Novák, Kateřina Nováková, Jitka Součková

Korektury  
*Proofreading:* Kateřina Nováková, Jitka Součková, Jarmila Škopová

Obálka:  
*Cover design:* Dušan Kacálek

Sazba a tisk  
*Typesetting and press:* Josef Kovářiček, Irena Kovářičková

Náklad  
*Number of copies:* 100 ks

**Doporučená citace / *Recommended citation:***

Kacálek, D. et al. (eds.) 2016. Funkce lesa v měnících se podmínkách prostředí. Sborník původních vědeckých prací u příležitosti 17. vědecké konference pěstitelů lesa. Dobruška, 30.–31. 8. 2016. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno: 246 s. *Proceedings of Central European Silviculture.*

ISBN 978-80-7417-112-3

© 2016, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady  
© 2016, *Forestry and Game Management Research Institute, Strnady*

---

## OBSAH / CONTENTS

### Sekce 1: Obnova lesa a zalesňování / *Session 1: Forest renewal and afforestation* . . . . . 9

Struktura a dynamika přirozené obnovy smíšeného lesa v kotlíku (*Structure and dynamics of gap regeneration in mixed forest*)  
DOBROVOLNÝ L., MARTINÍK A. . . . . 11

Vztah vodního stresu měřeného tlakovou komorou ke schopnosti obnovy růstu kořenů sazenic smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. (*Relation of water stress measured by pressure chamber to the root regeneration ability of norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) transplants*)  
LEUGNER J., MARTINCOVÁ J., ERBANOVA E. . . . . 21

Zkušenosti se zakládáním přípravných porostů sítě břízou (*Experience with establishment of preparatory stands by birch seeding*)  
MARTINÍK A. . . . . 29

Vplyv hydroabsorbentov a termínu výsadby na vývin výsadeb smreka obyčajného a borovice lesnej na ploche v Strážovských vrchoch (*Effects of hydrogels and planting time on Norway spruce and Scots pine plantations development on planting site in the Strážovské vrchy Mts.*)  
REPÁČ I., SENDECKÝ M., PAROBEKOVÁ Z. . . . . 37

Účinky substrátu a inokulácie symbiotickými hubami na vývin dvojročných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) (*Effects of substrate and inoculation by symbiotic fungi on the development of two-year-old norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) seedlings*)  
REPÁČ I., SENDECKÝ M. . . . . 43

Jaké dřeviny jsou vhodné pro zalesňování zemědělských půd v oblasti Doupovských hor? (*Which tree species are suitable for afforestation of former agricultural land in Doupovské hory Mts.?*)  
SEDLÁČEK J., VACEK Z., BÍLEK L., ZAHRADNÍK D. . . . . 49

Dynamika vývoja kultúr jedle a douglasky na DO Husárik (*Dynamics of development of fir and Douglas-fir cultures on Husárik experimental site*)  
TUČEKOVÁ A. . . . . 57

Regeneračné procesy vysokohorských smrekových lesov v NPR Poľana (*Regeneration processes in subalpine spruce forests in NNR Poľana*)  
VENCURIK J., JALOVIAR P., KUCBEL S., KÝPEŤOVÁ M. . . . . 65

Stanovení kritéria pro odlišení tetraploidních druhů bříz od diploidních a předpověď jejich výskytu v rámci ČR (*Developing a criterion for distinguishing tetraploid birch species from diploid and modelling their potential distribution in the Czech Republic*)  
LINDA R., GÁBOR L., KUNEŠ I., BALÁŠ M., RAŠÁKOVÁ N. . . . . 71

## **Sekce 2: Produkce lesa / Session 2: Forest yield . . . . . 79**

Odezva poškození stromů v probírkovém porostu po pěstebním zásahu harvesterovou technologií při různých šířkách vyvážecí linky na přírůst smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst. (*The growth response and the damage of Norway spruce (Picea abies (L.) Karst.) trees after thinning via forest harvester technology*))

HURT V., NERUDA J., ULRICH R., ROZSYPÁLEK J., MARTINEK P., ČERNÝ L. 81

Rubná zrelost stromov v prírode blízkých smrekovo-bukovo-jedľových lesoch (*Felling maturity of trees in the close to nature spruce- beech- fir forests*)

PETRÁŠ R., BOŠELA M., KLOUČEK T., MECKO J. . . . . 91

Možná substituce smrku douglaskou v podmínkách České republiky (*Potential substitution of Norway spruce by the Douglas-fir in the Czech Republic*)

PODRÁZSKÝ V. . . . . 99

Jak vnímá veřejnost nízký a střední les? (*How does the public perceive coppice and coppice-with-standards?*)

KNEIFL M., KADAVÝ J., KNOTT R., BROS P. . . . . 105

Vliv sucha a horkých vln na sezónní dynamiku obvodových změn dospělého smrkového porostu v roce 2015 (*The effects of drought periods and heat waves on the perimeter changes of adult spruce stand in 2015*)

NEZVAL O., HOLATA F., SVĚTLÍK J. . . . . 113

## **Sekce 3: Struktura porostů / Session 3: Stand structure. . . . . 121**

Beech and silver fir response varies between managed and old growth forests (*Rozdílná reakce buku a jedle mezi hospodářským lesem a pralesem*)

CÁTER M., POKORNÝ R.: . . . . . 123

První výsledky z experimentální výchovy douglasky tisolisté (*First results from thinning experiment in Douglas-fir stand*)

DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. . . . . 131

Vplyv štruktúry materského porastu na svetelné pomery vo väzbe na vývoj tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) (*Influence of structure of mature stand on light conditions in relation to European yew (Taxus baccata L.)*)

KÝPEŤOVÁ M., JALOVIAK P., BENEDIKTY M., KUCBEL S., VENCURIK J. . . . . 139

Variabilita využitia rastového disponibilného priestoru v smrekovom prírodnom lese NPR Pilsko (*Variability of growth space utilization in spruce natural forest NNR Pilsko*)

PITTNER J., BUGALA M., LUKÁČIK I. . . . . 147

Stav porastov a odporúčané výchovné opatrenia v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Hriňová (*Stand condition and recommended silvicultural interventions in 1<sup>st</sup> buffer zone of Hriňová water reservoir*)

PITTNER J., PAROBEKOVÁ Z. . . . . 155

Štruktúra medzier vo vybraných dubových pralesoch Slovenska ( <i>Structure of canopy gaps in selected oak natural forests of Slovakia</i> ) SANIGA M., KUCBEL S., SEDMÁKOVÁ D. ....	163
Štruktúra bukových porastov s rozdielnym režimom výchovy ( <i>Beech stand structure under different tending regime</i> ) ŠTEFANČÍK I., KLOUČEK T. ....	173
Horizontální struktura a plasticita korun přírodě blízkých bukových porostů ( <i>Horizontal structure and crown plasticity of close-to-nature beech forest</i> ) VACEK Z., KRÁL J., VACEK S., PUTALOVÁ T., BULUŠEK D. ....	181

#### **Sekce 4: Lesní a růstové prostředí / Session 4: Forest and growing environments. .... 189**

Využití měření fluorescence chlorofylu pro hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu stresovaného suchem ( <i>Influence of drought stress on chlorophyll fluorescence in Norway spruce and European beech during the first growing season after planting</i> ) HOUŠKOVÁ K., MAUER O. ....	191
Vlastnosti vody v horských tocích po letním suchu 2015, případová studie ( <i>Mountain stream water properties after summer drought in 2015, case study</i> ) KACÁLEK D., ČERNOHOUS V., ERBANOVA E. ....	201
Opad v různě vychovávaných porostech s douglaskou ( <i>Litter-fall in differently thinned stands with Douglas-fir</i> ) NOVÁK J., DUŠEK D., SLODIČÁK M. ....	207
Comparison of drought effect on young coppiced and standard individuals of sessile oak ( <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl) ( <i>Srovnání vlivu sucha na mladé výmladky a generativní jedince dubu zimního (Quercus petraea (Matt.) Liebl)</i> ) STOJANOVIC M., ČATER M., POKORNÝ R. ....	215
Potenciál k hydraulickému liftu buku pro smrk v extrémně suchém vegetačním období 2015 ( <i>Hydraulic lift potential of beech for spruce in extremely dry 2015 vegetation season</i> ) ŠACH F., ČERNOHOUS V. ....	223
Vliv skupiny buku ve smrkovém porostu na vlastnosti humusu a půdy ( <i>Influence of beech on properties of forest floor, humus and soil under spruce stand</i> ) ŠPULÁK O., KACÁLEK D. ....	231
Vliv rychlého velkoplošného rozpadu lesa v povodí Vydry v NP Šumava na celkový odtok z lesa ( <i>Impact of rapid broadcast disintegration of a forest on total runoff from woods on the Vydra watershed in the Šumava national park</i> ) ŠVIHLA V., ČERNOHOUS V., ŠACH F. ....	239

## Předmluva *Preface*

Lesy jsou odnepaměti zdrojem pro širokou škálu lidských potřeb. Jejich uspokojování dnes označujeme jako plnění funkcí lesa. V nejstarších písemných záznamech můžeme najít „optimistický“ náhled na zásoby dřeva v tom smyslu, že byly považovány za nepřeborné. Nicméně rychlý vývoj středověké společnosti a s tím spojená potřeba dřeva předčily očekávání a donutily naše předchůdce čelit nedostatku tehdy doslova strategické suroviny. Zpočátku se zdálo, že problém vyřeší zahájení těžby ve zbývajících nedotčených lesích. Následující vývoj si vyžádal další krok, odvození a uskutečnění koncepce trvale udržitelného lesnického hospodaření. Poptávka po plnění dřevoprodukční funkce lesa od té doby stále trvá, byť se již dávno nejedná o strategickou surovinu. Zároveň trvají a vznikají další potřeby lidské společnosti vytvářející poptávku po plnění dalších funkcí lesa. Navzdory rozmanitým proměnám požadavků, lesní hospodářství zůstává příkladem trvale udržitelného, ekonomicky soběstačného odvětví poskytujícího nejen dřevo, ale také lesní plody, rekreační hodnoty a především environmentální užítky vyplývající z udržování lesní vegetace v krajině.

Letošní konference „Funkce lesa v měnících se podmínkách prostředí“ navazuje na dlouhou řadu každoročních setkání pracovníků výzkumných ústavů a univerzit věnujících se problematice pěstování lesů. Jednotlivé příspěvky této konference zahrnují problematiku vzniku a podpory obnovy, zalesňování, produkce, genetiky, úpravy porostní struktury, vnímání lesnického hospodaření veřejností, vlastností růsto-

*Forests have been a source satisfying human needs since the oldest times. When satisfying the needs we call it a fulfillment of forest services these days. As for the wood availability, the oldest reports were rather “optimistic” considering the standing volumes as an immense source. Rapid development of medieval society and following demand on the wood consumption exceeded expectations and faced our ancestors with a shortage of this strategic material. First it had seemed that the need could be supplied with remaining pristine forests. Following development, however, forced an implementation of another step, a sustainable forest management. The demand on wood production function has been still going on though the wood has not been the strategic material any more. Along with the wood production, the other services of the forest have been demanded and/or the new ones are arising. Despite changing demands, forestry has been an example of economically sound industry providing also berries, mushrooms, recreational values and especially environmentally important services resulting from forested areas within a landscape.*

*This year’s conference titled “Forest functions in changing environments” continues in long-term chain of events where silviculturists from research institutes and universities meet every year. The particular articles cover topics such as renewal, afforestation, yield, genetics, management of stand structure, public perception of forest management, properties of growing conditions and also impacts of these conditions on forest stands. It is the 17<sup>th</sup>*

vého prostředí a také dopadů stavu prostředí na lesní porosty. Konference je již 17. článkem v řadě setkání. Množství příspěvků bereme jako důkaz vitality našeho společenství zaručující budoucí spolupráci. Využíváme této příležitosti a chceme vzpomenout významného výročí pořádající organizace – Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. V letošním roce uplynulo úctyhodných 95 let od jeho založení. Z pohledu pěstebního výzkumu je pro nás neméně významným výročím 65 let od založení Výzkumné stanice Opočno.

Vítejte v kraji pod Orlickými horami!

Editoři

*meeting on this occasion. We think that the number of articles proves the vigor of our fellowship for future cooperation. Here we use the opportunity to remember 95<sup>th</sup> anniversary of Forestry and Game Management Research Institute and 65<sup>th</sup> anniversary of our silvicultural department, the Opočno Research Station.*

*Welcome to the region of the Orlické hory Mts.!*

*Editors*



**Sekce 1**  
**Obnova lesa a zalesňování**

*Session 1*  
*Forest renewal and afforestation*



## **STRUKTURA A DYNAMIKA PŘIROZENÉ OBNOVY SMÍŠENÉHO LESA V KOTLÍKU**

### **STRUCTURE AND DYNAMICS OF GAP REGENERATION IN MIXED FOREST**

LUMÍR DOBROVOLNÝ, ANTONÍN MARTINÍK

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 61300 Brno,  
dobrov@mendelu.cz

#### *ABSTRACT*

*The process of gap regeneration was observed in mixed forests of Mendel University under close-to-nature management. 3-year development of gap regeneration in relationship to selected factors (species structure of adult stands - beech, mixed and spruce type, gap size, position within gap, light, soil scarification and fencing) were analysed. Regarding to the significant amount of seeds of various tree species collected from the seed traps the regeneration potential was high. In all stands creating of gaps caused immediately strong increase of species diversity (mainly conifers) and density of regeneration as well. In the current phase size of gap or scarification with fencing did not influence regeneration significantly. However, light, species diversity and density of regeneration were modified according to position within gap. The most suitable conditions for regenerated tree species were found on western and eastern edge of gaps. Centre of gap was more problematic because of higher weed competition and higher mortality of regeneration. The group / gap cutting created various ecological conditions could be appropriate regeneration method how to establish new mixed forest by natural way, however, for final conclusions the long-term observations are necessary.*

*Keywords: mixed forest, gap, light, ecology of natural regeneration*

#### *ABSTRAKT*

*V příspěvku je řešen efekt skupinové seče na přirozenou obnovu více dřevin ve smíšeném lese při jemnějším maloplošném způsobu hospodaření na ŠLP Křtiny (HS 45). Analyzuje se 3letý vývoj přirozené obnovy a bylinné vegetace v kotlicích ve vztahu k vybraným faktorům (skladba mateřského porostu - typ bukový, smíšený, smrkový, velikost kotlíku, pozice v kotlíku, světelné poměry, skarifikace půdy a oplocení). Vzhledem k množství zachycených semen všech hlavních dřevin byl potenciál k přirozené obnově ve všech PT vysoký. Vytvořením kotlíků došlo ve všech PT již v roce zásahu k výraznému zvýšení diversity i celkové hustoty obnovy – nejvýrazněji ve smíšeném PT. Velikost kotlíku ani oplocení spolu se skarifikací půdy neměly v dané fázi vliv na hustotu obnovy. Světelné poměry, druhová skladba i hustota obnovy byly modifikovány pozicí v kotlíku. Nejvhodnější podmínky pro obnovu prakticky všech cílových dřevin byly zjištěny na vnějším okraji kotlíku - Z a V část. Střed kotlíku se ukazuje problematický z hlediska konkurence buřeně a vyšší mortality obnovy. Skupinová seč s širokým spektrem ekologických podmínek může být vhodným nástrojem pro vznik nové smíšeného lesa přirozenou cestou, avšak ke konečným závěrům bude zapotřebí delší doba sledování.*

*Klíčová slova: smíšený les, kotlík, světelné poměry, ekologie přirozené obnovy*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Koncepce přírodě blízkého nepasečného hospodaření v lesích se dnes stala obecně uznávaným nástrojem tzv. adaptačního managementu. Přejít na „jemnější“ způsoby hospodaření souvisí mimo jiné s využitím přirozené obnovy jako hlavního způsobu obnovy lesa, pokud možno v maloplošném (mozaikovém) – skupinovém či dokonce jednotlivém uspořádání s využitím výběrných principů (PRO SILVA 2012). Je otázkou, zda jsou takové požadavky reálné ve všech porostních typech, zejm. pak při cíleném vytváření smíšených (jehličnato-listnatých) porostů nižších a středních poloh u dřevin s často diametrálně rozdílnými ekologickými a kompetičními vlastnostmi. Typickým příkladem v daných polohách mohou být buko-modřínové směsi na ŠLP Křtiny s vysokým produkčním (a ekonomickým) potenciálem (KANTOR et al. 2002). Historicky přitom takové porosty vznikaly kombinovanou obnovou v pasečném systému hospodaření, popř. při převodech výmladkových lesů (TRUHLÁŘ 1996).

Pro iniciaci přirozené obnovy více dřevin by z dostupných obnovních sečí měla vyhovovat seč skupinová (kotlíková). Vzniklý obnovní prvek – kotlík vytváří pro následnou porostní generaci širokou škálu ekologických podmínek. V kotlíku se modifikuje podle expozice porostních stěn světelný, teplotní a vlhkostní režim půdní a ovzdušné vrstvy. Úpravou velikosti a tvaru kotlíku lze modifikovat podmínky pro obnovu několika dřevin současně (KORPEL 1991). Cílem příspěvku je tuto hypotézu ověřit, popř. optimalizovat obnovní postup.

## MATERIÁL A METODIKA

Pro experiment byly vybrány 2 dospělé porosty na ŠLP Křtiny – polesí Habrůvka, reprezentující typické stanoviště s typickou dřevinnou skladbou v dané oblasti (Tab. 1). Porost 156A10, resp. jeho 2 vybrané zájmové části reprezentují porostní typy (PT) i) bukový „bk“ s bukem lesním jako hlavní dřevinou (s jednotlivou pří-

Tab. 1: Taxační data vybraných porostů (LHP 2013–2022)

Table 1: *Forest inventory of selected stands (Management plan 2013–2022)*

porost stand	SLT site typology unit	plocha area (ha)	věk age (years)	dřevinná skladba species composition (%)	PT stand type	zásoba growing stock (m <sup>3</sup> /ha)	zakmenění stocking
156A10	4W	13.3	100	bk70, sm14, md6, jd6, bo2, dg1, dbz1	bk, smis	533	10
153A11a	3S	7.4	112	sm61, md25, bk6, bo6, kl1, hb1	sm	563	9

měsí smrku, jedle, modřínu a douglasky) a PT ii) smíšený „smis“ s přibližně rovnocenným zastoupením buku, smrku a jedle (s jednotlivou příměsí modřínu a borovice). Porost 153A11 reprezentuje iii) PT smrkový „sm“ se smrkem jako hlavní dřevinou (s jednotlivou příměsí modřínu a buku).

V zájmových částech obou porostů proběhla v zimě 2013/14 těžba skupinovou sečí ve variantách malý kotlík (plocha 230–530 m<sup>2</sup>, charakterové číslo – výška mateř.

porostu/průměr kotlíku: 0.5–0.7) a velký kotlík (700–1300 m<sup>2</sup>, charakterové číslo: 0.9–1.2). V PT „bk“ a „smis“ byla kvůli heterogenitě mateřského porostu založena každá z variant ve 2 opakováních (2 PT x 2 var. x 2, tj. celkem 8 kotlíků), v PT „sm“ jsou varianty bez opakování (1 PT x 2 var. x 1, tj. celkem 2 kotlíky). U PT „bk“ a „smis“ dále vždy u jednoho z velkých kotlíků proběhla po zásahu skarifikace půdního povrchu ve střídavých pruzích křtinou talířovou půdní frézou (ozn. „s“) a následně (hned po jarním měření) byl daný kotlík oplocen proti zvěři (ozn. „o“). Ochrana proti buření se neprovádí.

Každý kotlík je samostatnou trvalou výzkumnou plochou. Výzkumná šetření probíhají na 4 transektech ve tvaru kříže, jehož střed tvoří střed kotlíku (kmenového prostoru). Od středu jsou orientovány transekty směrem do porostního nitra (do vzdálenosti ca 1/3 výšky mateřského porostu od okraje kotlíku) dle světových stran S, J, V, Z. Každý transekt je bodově rozdělen po 2 m (celkem 355 bodů pro 10 kotlíků). Stav přirozené obnovy (druh, počet, výšková třída a jiné parametry) byl zjišťován na každém bodu na ploškách 1 m<sup>2</sup> v následujících termínech: podzim 2013 (před zásahem = rok -1), jaro 2014 (po zásahu téže rok = rok 0), podzim 2014 (po zásahu téže rok = rok 0), podzim 2015 (1. rok po zásahu = rok: +1). Na každém bodu byla zároveň pořízena hemisférická fotografie systémem WinsCanopy (Sony NEX 10 + objektiv Fish-eye) pro analýzu světelných poměrů v roce -1 a 0. Pro zjištění potenciálu přirozené obnovy byly dále v roce 2013 (před zásahem) v každém PT a pro každou variantu kotlíku instalovány pravidelně po ploše lapače semen o zachytné ploše 0.25 m<sup>2</sup> (var. velký – 9 lapačů, var. malý – 5 lapačů).

Analýza dat a statistická vyhodnocení probíhaly v programu Statistica 12. K testování rozdílů v hustotě zmlazení jednotlivých dřevin byla použita neparametrická Kruskal-Wallisova ANOVA. Hodnotí se v jednotlivých rocích po zásahu samostatně efekt var. kotlíku – „malý“ x „velký“, efekt skarifikace půdy + oplocení – var. „o+s“, efekt skarifikace půdy (tj. jaro v roce 0). Hemisférické fotografie byly analyzovány programem WinsCanopy PRO 2012 – hodnotí se: GFr v % (Gap Fraction – otevřenost zápoje), ISF v % (Indirect Site Factor – podíl difúzní radiace pod porostem), DSF v % (Direct Site Factor – podíl přímé radiace pod porostem).

## **VÝSLEDKY A DISKUSE**

### **Světelné poměry**

Z hlediska světelných poměrů před těžebním zásahem byly v zapojených porostech (rok -1) nejpříznivější poměry v PT smrkovém (Tab. 2), což zřejmě souviselo s dřívějším prořezáváním nahodilou těžbou. Po vzniku kotlíků (rok 0) došlo k navýšení všech hodnot charakteristik světla - u malých kotlíků až 2× u velkých až 4×.

### **Přirozená obnova a bylinné patro**

Potenciál přirozené obnovy lze, dle množství zachycených semen, ve všech PT před těžebním zásahem (rok -1) hodnotit jako relativně vysoký (Tab. 3). Nálet semen jednotlivých dřevin odpovídal skladbě mateřského porostu, modřín přitom vykazoval vysoký potenciál ve všech PT. Nejvíce semen bylo zachyceno ve smrkovém PT. V existující přirozené obnově před těžebním zásahem (rok -1) dominoval u PT „bk“ buk, u PT „smis“ buk a jedle, příp. klen a u PT „sm“ smrk (Tab. 4).

Tab. 2: Charakteristika světelných poměrů – průměr, sm. odch.  
 Table 2: Light characteristics in gaps - average, S.D.

PT Stand Type	varianta kotlíku variant of gap	roky od zásahu years since cutting	GFr (%)	DSF (%)	ISF (%)
bk beech	malý small	-1	6.8 4.0	6.9 4.4	7.6 4.6
		0	12.9 1.8	9.8 5.3	16.7 2.9
	velký large	-1	5.8 1.5	5.8 1.9	6.8 1.7
		0	22.4 5.0	23.9 12.4	29.2 7.5
smis mixed	malý small	-1	5.3 0.4	5.4 1.0	6.4 0.5
		0	13.7 2.5	12.8 4.8	17.2 3.5
	velký large	-1	5.4 0.6	5.6 1.5	6.5 0.7
		0	21.9 4.5	25.1 13.1	28.3 6.9
sm spruce	malý small	-1	10.5 1.4	10.7 2.3	13.4 1.9
		0	17.8 3.2	19.9 5.2	21.9 4.2
	velký large	-1	11.3 1.4	11.3 2.3	14.2 2.0
		0	23.0 3.9	24.7 9.9	29.5 5.8

Vysvětlivky/Captions: -1 = rok před zásahem/year before cutting, 0 = 1. rok po zásahu/1. year after cutting, GFr–Gap Fraction, ISF–Indirect Site Factor, DSF–Direct Site Factor.

Tato situace se změnila hned po těžebním zásahu v téže roce (rok 0), kdy došlo k navýšení zastoupení dalších zejm. jehličnatých a pionýrských dřevin a k výraznému zvýšení celkové hustoty obnovy (2x–5x). Změny v hustotě a diverzitě přitom byly nejvýraznější v PT „smis“. V následujícím roce (rok +1) byla zaznamenána výrazná mortalita těchto „nových“ dřevin, zejm. v PT „bk“ a „smis“, kde opět začal posilovat buk. Pokryvnost bylin se ve všech PT postupně zvyšuje, nejpriznivější situace byla zjištěna v PT „sm“. Varianta kotlíku (malý, velký) neměla v jednotlivých PT vliv na hustotu zmlazených dřevin, kromě signifikantně vyšší hustoty smrku v PT „bk“ – var. „malý“ (Tab. 4). V menších kotlicích zjistili obecně větší hustotu bukového zmlazení BÍLEK et al. (2014) a vyšší hustotu zmlazení jedle ALBANESI et al. (2008). Provedení skarifikace půdy a oplocení „o+s“ (v PT „bk“ a „smis“ - var. „velký“) mělo vliv pouze v PT „bk“, a to při obnově modřínu v roce 0 (pozitivní) a buku v roce +1 (negativní) (Tab. 4). Vliv samotné skarifikace půdy, hodnocený na jaře v roce 0 u jehličnatých semenáčků, nebyl v žádném PT signifikantní (Tab. 5).

Tab. 3: Hustota zdravých semen (před zásahem - rok 2013) – průměr, sm. odch.  
 Table 3: Density of vital seeds in gaps (before cutting – year 2013) – average, S.D.

PT Stand Type	varianta kotlíku variant of gap	BK (No./m <sup>2</sup> )	JD (No./m <sup>2</sup> )	SM (No./m <sup>2</sup> )	DG (No./m <sup>2</sup> )	MD (No./m <sup>2</sup> )
bk beech	malý small	162 22	9 2	29 10	16 6	112 5
	velký large	206 93	13 9	8 7	11 8	28 10
smis mixed	malý small	53 24	70 12	49 17	6 3	120 32
	velký large	146 39	105 29	27 10	10 5	161 39
sm spruce	malý small	0	0	131 24	0	291 36
	velký large	0	0	92 24	0	411 72

Vysvětlivky/Captions: BK–beech, JD–Silver fir, SM–Norway spruce, DG–Douglas fir, MD–European larch.

### Prostorová analýza kotlíku

Z analýzy modifikace světla, obnovy a bylinné vegetace v závislosti na pozici v kotlíku bylo možné vypočítat následující trendy. Ve větších kotlicích byla modifikace světla výraznější (Obr. 1). Mnohem větší uplatnění specifického mikroklima ve větších kotlicích potvrzuje i KORPEL (1991). Ve větším kotlíku se hodnoty GFr a ISF plynule snižovaly od středu směrem pod porost, přičemž u vnějšího i vnitřního okraje byla vždy lépe dotována Z část. Naproti tomu hodnoty přímé radiace DSF značně kolísaly logicky dle pohybu slunce, takže jednoznačně nejvyšší dotace byla potvrzena v S části vnějšího okraje a v S a Z části vnitřního okraje. ROZENBERGAR et al. (2007) vylíšili v bukojedlových pralesích následující ekologické zóny kotlíku – A. střed (↓ DSF ↑ ISF), B. S část (↑ ISF ↑ DSF), C. J část (↓ ISF ↓ DSF), D. Z část (↓ ISF ↑ DSF). ALBANESI et al. (2008) zjistili v jedlových porostech nejvyšší hodnoty FAR v S části kotlíku a dále pak v jeho středu. Reakce dřevin a bylinného patra na pozici v kotlíku byla různá (Obr. 2). Smrk: V PT „bk + smis“ byla zaznamenána nejvyšší hustota v Z (příp. i V) části vnějšího okraje, zde byla také nejnižší mortalita. V PT „sm“ byla nejvyšší hustota zjištěna ve středu a na vnějším okraji (zejm. V část) kotlíku, v S části kotlíku byla obnova sporadická. Mortalita byla celkově nízká – vyšší ve středu a na vnitřním okraji kotlíku. Modřín: Nejvyšší hustota obnovy modřínu byla zjištěna ve středu a dále pak na vnějším okraji kotlíku - V a Z část, nejvyšší mortalita byla zjištěna ve středu kotlíku. Jedle: Nejvyšší hustota zmlazení byla zjištěna na vnitřním okraji kotlíku pod porostem - Z část, kde je také nejnižší mortalita. Mortalita jedle byla obecně nejvyšší ze všech dřevin, nejnižší mortalita byla zaznamenána v Z části vnějšího a vnitřního okraje. ALBANESI et al. (2008) zjistili nejvyšší hustotu jedle na V a J okrajové části kotlíku. ROZENBERGAR et al. (2007) zjistili nejvhodnější podmínky pro zmlazování buku a jedle v J části kotlíku pod porostem (↓ ISF, ↓ DSF). Buk: Vyskytoval se relativně rovnoměrně po celé ploše, ačkoliv vyšší hustota byla zjiš-

Tab. 4: Průměrná hustota a zastoupení jednotlivých dřevin v přirozené obnově a pokryvnost bylinné vegetace.

Table 4: Average density and species composition of regeneration and cover of herbal vegetation.

PT Stand Type	varianta kotlíku variant of gap	roky od zásahu years since cutting	BK (%)	SM (%)	MD (%)	JD (%)	DG (%)	KL (%)	BO,DB, HB JV,JS (%)	VR (JR, OS, BR) (%)	Σ (No./ ha)	stat. rozdíly stat. diffe- rences (p<0.01)	byliny herbs (%)	
bk beech	(A) malý small	-1	93	0	0	0	0	5	2	0	32633	ns	13	
		0	52	19	11	3	2	3	1	10	49023	SM(B)	16	
		+1	80	13	4	1	0	1	0	1	29676	ns	18	
	(B) velký large	-1	91	0	0	3	0	3	0	0	3	7448	ns	8
		0	56	6	10	6	2	0	1	19	47021	MD(C), SM(A)	27	
		+1	70	7	7	12	0	0	0	4	29796	BK(C)	35	
	(C) velký o+s large f+s	-1	95	1	0	0	0	2	0	0	1	17000	ns	6
		0	18	5	52	4	1	0	2	17	57200	MD(B)	22	
		+1	25	4	45	1	1	0	1	24	25600	BK(B)	33	
smis mixed	(D) malý small	-1	43	1	1	21	0	33	0	0	8100	ns	7	
		0	31	15	7	42	2	0	0	3	41077	ns	7	
		+1	57	6	8	30	0	0	0	0	24569	ns	6	
	(E) velký large	-1	68	0	0	29	0	0	3	0	9744	ns	5	
		0	26	2	23	47	0	0	0	2	58974	ns	16	
		+1	34	5	19	41	0	0	1	1	45385	ns	15	
	(F) velký o+s large f+s	-1	64	0	0	29	0	0	5	2	23810	ns	6	
		0	26	1	16	51	0	0	0	5	49286	ns	21	
		+1	26	2	10	50	0	0	3	9	35476	ns	14	
sm spruce	(G) malý small	-1	2	95	0	0	0	2	2	0	23333	ns	0	
		0	0	64	36	0	0	0	0	0	67500	ns	2	
		+1	0	66	34	0	0	0	0	0	64583	ns	1	
	(H) velký large	-1	0	98	0	0	0	0	2	0	14865	ns	5	
		0	0	60	40	0	0	0	0	0	94474	ns	3	
		+1	0	50	49	1	0	0	0	0	89211	ns	6	

Vysvětlivky/Captions: -1–year before cutting (2013), 0–year after cutting (2014), +1–first year after cutting (2015), o+s – oplocení + skarifikace / fence + scarification, ns – not significant, BK–beech, JD–Silver fir, SM–Norway spruce, DG–Douglas fir, MD–European larch, KL–sycamore maple, BO–pine, DB–sessile oak, HB–hornbeam, JV–Norway maple, JS–ash, VR–willow, JR–rowan, OS–aspen, BR–birch.

těna na V části vnějšího okraje. Buk vykazoval nejnižší mortalitu ze všech dřevin. Bylinná vegetace: Největší pokryvnost byla zjištěna ve středu kotlíku, popř. též



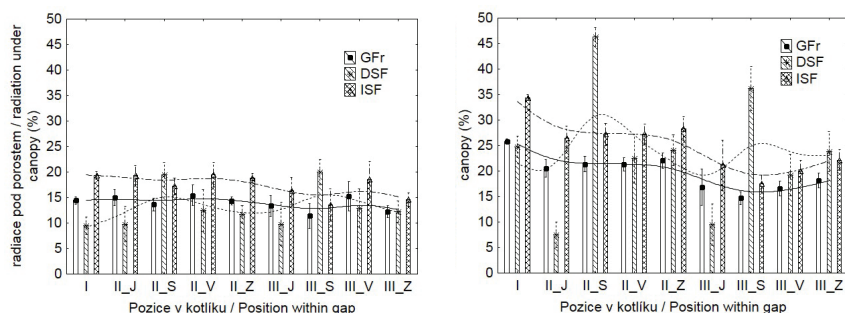
Tab. 5: Hustota jehličnatých dřevin (semenačků) v kotlíku s / bez skarifikace půdy („o+s“) – průměr, sm. odch.

Table 5: Density of conifer seedlings in gap with / without soil scarification (“f+s”) - average, S.D.

PT Stand Type	bk beech		smis mixed		stat. rozdíly stat. differences (p<0.01)
varianta kotlíku variant of gap	(B) velký large	(C) velký o+s large f+s	(E) velký large	(F) velký o+s large f+s	
semenačky – jedle seedlings – Silver fir (No./ha)	4681 7475	5600 9071	46410 71800	105476 104839	
semenačky–ostat. jehličnaté seedlings–other conifers (No./ha)	2979 5483	14800 1854	6900 11040	26190 27933	ns

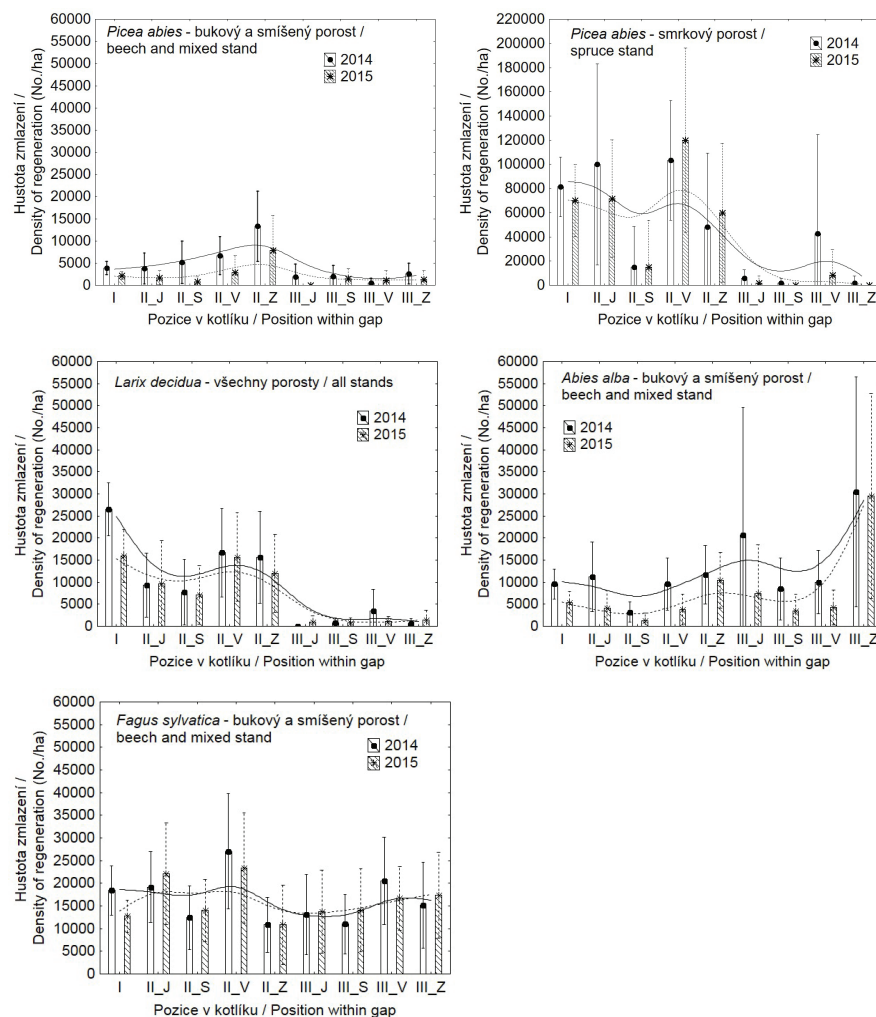
Vysvětlivky/Captions: o+s – oplocení+skarifikace/fence + scarification, ns–not significant.

na vnějším okraji (S, V a Z část) a směrem do porostního nitra výrazně klesala. BÍLEK et al. (2014) také potvrzují konkurenci buřeně ve středové a S části kotlíku. Nejvhodnější podmínky pro obnovu daných dřevin byly zjištěny na vnějším okraji - Z a V část. Výhodnost Z části kotlíku i z hlediska vláhových poměrů uvádějí také ČÍŽEK et al. (1959) a PEŘINA et al. (1964), kteří pro zlepšení poměrů doporučují protažení kotlíku ve směru V – Z, popř. na Z části provést další prosvětlení mateřského porostu.



Obr. 1: Radiační poměry v kotlíku po zásahu–průměr, ± 95 %: vlevo–var. „malý“, vpravo–var. „velký“ (I–střed, II–vnější okraj, III–vnitřní okraj pod porostem, S–severní část, V–východní část, J–jižní část, Z–západní část)

Fig. 1: Light conditions in gaps after cutting–average, ±95%: left–var. „small“, right–var. „large“ (I–middle of gap, II–edge of gap, III–edge of gap under canopy, S–north part, V–east part, J–south part, Z–west part)



Obr. 2: Hustota zmlazení jednotlivých dřevin a pokryvnost bylin v kotlíku v jednotlivých letech po zásahu – průměr,  $\pm 95\%$ : (I–střed, II–vnější okraj, III–vnitřní okraj pod porostem, S–severní část, V–východní část, J–jižní část, Z–západní část)

Fig. 2: Density of regeneration of different tree species and cover of herbs within gap after cutting – average,  $\pm 95\%$ : (I–middle of gap, II–edge of gap, III–edge of gap under canopy, S–north part, V–east part, J–south part, Z–west part)

## ZÁVĚR

Všechny typy porostů, resp. všechny hlavní dřeviny zastoupené v mateřských porostech mají v daných stanovištních podmínkách (HS 45) vysoký potenciál k přirozené obnově. Skupinová seč s širokým spektrem ekologických podmínek může být vhodným nástrojem pro cílené vytváření nových smíšených porostů přirozenou cestou. Vzhledem ke zjištěné poměrně vysoké mortalitě obnovy a vzrůstající pokryvnosti buřeně však bude pro finální závěry zapotřebí delší doba sledování vývoje.

## LITERATURA

- ALBANESI, E., GUGLIOTTA, O.I., MERCURIO, I., MERCURIO, R. 2008. Effects of gap size and within-gap position on seedlings establishment in silver fir stands. *iForest*, 1: s. 55–59.
- 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.
- ČÍŽEK, J., KRATOCHVÍL, F., PEŘINA, V. 1959. Přeměny monokultur. Praha, SZN: 188 s.
- KANTOR, P., KLÍMA, S., KNOTT, R., JELÍNEK, P., MARTINÍK, A. 2002. *Produkční potenciál a stabilita smíšených lesních porostů*. Brno, Paido: 86 s.
- KORPEL, Š. A KOL. 1991. Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda: 465 s.
- PRO SILVA 2012. *Pro Silva Principles*. [online]. Dostupné na: <https://prosilvaeurope.files.wordpress.com/2013/01/ps-principles2012.pdf> [cit. 2016-06-28]: 66 s.
- PEŘINA, V., KADLUS, Z., JIRKOVSKÝ, V. 1964. *Přirozená obnova lesních porostů*. Praha, SZN: 167 s.
- ROZENBERGAR, D., MIKAC, S., IGOR, A., 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: s. 432–443.
- TRUHLÁŘ, J. 1996. *Pěstování lesů v biologickém pojetí: průvodce po Školním lesním podniku „Masarykův les“ Křtiny*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: 128 s.

## PODĚKOVÁNÍ

Vypracováno v rámci projektů IGA 84/2013 a KUS QJ1230330.



**VZTAH VODNÍHO STRESU MĚŘENÉHO TLAKOVOU KOMOROU  
KE SCHOPNOSTI OBNOVY RŮSTU KOŘENŮ SAZENIC SMRKU  
ZTEPILÉHO *PICEA ABIES* (L.) KARST.**

**RELATION OF WATER STRESS MEASURED BY PRESSURE CHAMBER TO  
THE ROOT REGENERATION ABILITY OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES*  
(L.) KARST.) TRANSPLANTS**

JAN LEUGNER, JARMILA MARTINCOVÁ, EVELÍNA ERBANOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550,  
Opočno, leugner@vulhmop.cz

**ABSTRACT**

Norway spruce seedlings were lifted several times in the two nurseries. After their exposure to drying for 0, 2, 4 or 6 hours, water content was gravimetrically detected in the aboveground parts and roots and by means of the pressure chamber was measured plant moisture stress (PMS). After 3 weeks in the growth chamber, root growth potential (RGP) was determined. The roots of exposed plants lost their water 2 to 3 times faster than the aboveground parts. PMS increased from ca 7 bar to more than 25 bar early as after 2 hours of drying. These findings indicate a significant weakening of the physiological state of plants. Strong correlation was observed between the values of PMS and water content in aboveground parts and in the roots. Exposing plants to drying significantly worsened regeneration ability their roots (RGP). Both methods of measurement PMS and RGP are useful for evaluating the current physiological state of planting material.

Keywords: Norway spruce, plant moisture stress, root growth potential, methods of assessing quality

**ABSTRAKT**

Sazenice smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. byly vyzvedávány v několika termínech ve dvou lesních školkách. Po jejich vystavení vysychání po dobu 0, 2, 4 nebo 6 hodin byl gravimetricky zjišťován obsah vody v nadzemních částech a v kořenech a pomocí tlakové komory byl měřen vodní stres rostlin (PMS). Po 3 týdnech v růstové komoře byl zjišťován růstový potenciál kořenů (RGP). Kořeny exponovaných sazenic ztrácely vodu 2x až 3x rychleji než nadzemní části. Vodní stres PMS se zvýšil z ca 7 barů na více než 25 barů již po 2 hodinách vysychání. Tyto hodnoty indikují výrazné zhoršení fyziologického stavu sazenic. Mezi hodnotami PMS a obsahem vody v nadzemních částech i v kořenech byla pozorována silná korelace. Vystavení sazenic vysychání výrazně zhoršilo schopnost regenerace jejich kořenů RGP. Metody měření PMS i RGP jsou vhodné pro hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu.

Klíčová slova: smrk ztepilý, vodní stres, růstový potenciál kořenů, metody hodnocení kvality

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Manipulace s prostokořenným sadebním materiálem v době od vyzvednutí ve školce po výsadbu představuje značné riziko poškození sazenic, především jejich kořenů. Během různých etap manipulace jsou nechráněné kořeny vystaveny po kratší či delší dobu podmínkám způsobujícím vysychání. Protože na rozdíl od nadzemních částí nemají kořeny žádný mechanismus ochrany před ztrátou vody (LANDIS et al. 2010), vysychají několikanásobně rychleji než větve nebo asimilační aparát (MAUER 1994, LEUGNER et al. 2012).

Poškození kořenů vysycháním vede k omezení jejich regenerace a růstu po výsadbě. To se po výsadbě zpravidla projeví sníženou ujmavostí a růstem mladých kultur.

Ochrana sadebního materiálu a především jeho kořenů před vysycháním v průběhu celého procesu manipulace je tedy jedním ze základních předpokladů pro úspěšné zalesňování. Protože stav nasycení vodou je klíčový pro určení reakcí rostliny na prostředí, potřebujeme spolehlivé měření vodního stavu, které může indikovat intenzitu vodního stresu (JOLY 1985).

Cílem následujícího příspěvku je 1) hodnocení vodního potenciálu (vodního stresu) sazenic smrku vyzvedávaných v různých termínech během jarního období, 2) zjišťování vlivu řízeného vysychání na vodní potenciál a 3) hodnocení vztahu vodního potenciálu k následné obnově růstu kořenů.

## MATERIÁL A METODIKA

Pro hodnocení kvality sadebního materiálu byly použity čtyřleté sazenice smrku ztepilého vyzvedávané ve školce Albrechtice ve třech a ve školce Broumov ve dvou termínech. Označení variant a termíny odběru vzorků jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Sadební materiál použitý pro hodnocení fyziologické kvality na jaře 2015  
*Table 1: Planting stock used for the evaluation of the physiological quality in spring 2015*

Školka <i>Nursery</i>	Číslo uznané jednotky	Označení varianty <i>Treatments</i>	Termín odběru <i>Dates of sampling</i>
Albrechtice	CZ-2-2B-SM-3114-4-5-V	A1	5. 3. 2015
		A2	20. 3. 2015
		A3	13. 4. 2015
Broumov	CZ-2-2B-SM-812-23-4-L	B1	25. 3. 2015
		B2	20. 4. 2015

Vzorky sadebního materiálu byly vystaveny záměrnému osychání – volně rozložené na policích v laboratoři s nechráněnými kořeny (teplota vzduchu  $22 \pm 1$  °C, vlhkost vzduchu 40 až 60 %). Jednotlivé varianty představovaly čerstvé (neexponované) rostliny a rostliny vystavené osychání po dobu 2, 4 a 6 hodin.

Základní metodou použitou pro sledování vodního režimu bylo měření vodního potenciálu (vodního stresu) pomocí tlakové komory. Protože hodnoty vodního po-

enciálu jsou záporné a je složitější s nimi pracovat (RITCHIE, LANDIS 2005), může být obtížné se orientovat v situaci, kdy při nedostatku vody vodní potenciál  $\Psi_w$  klesá (stává se více záporným), zatímco jeho absolutní hodnoty se zvyšují. Proto je v běžné praxi vodní potenciál častěji vyjadřován v pozitivních hodnotách a je nazýván vodní stres rostlin PMS (plant moisture stress). Hodnoty vodního potenciálu  $\Psi_w$  a hodnoty PMS jsou přímo konvertibilní pouhou změnou znaménka (RITCHIE, LANDIS 2005). Vodní potenciál nebo vodní stres je uváděn v barech nebo MPa, kdy 1 MPa = 10 barů (LOPUSHINSKI 1990). V našich pokusech je používáno hodnocení vodního stresu PMS vyjadřovaného v barech.

Vodní stres PMS byl hodnocen na dvouletých větvích 20 smrkových sazenic z každé varianty tlakovou komorou (Model 1000 od PMS Instrument Company, Oregon, USA). Z každé sazenice byla odstrižena jedna větev. Po seříznutí ostrou čepelí byla umístěna pomocí pryžového těsnění do tlakové komory přístroje s řeznou plochou vyčnívající přes komorové víko. Redukčním ventilem připojeným na zásobník stlačeného dusíku byl následně pomalu zvyšován tlak v komoře, dokud se na řezu neobjevila první kapička vody. Tlak plynu potřebný pro vytlačení kapky vody byl odečten a zaznamenán jako vodní stres PMS (CLEARY et al. 1999).

Zbylá nadzemní část a kořenový systém byly použity pro gravimetrické stanovení obsahu vody. Byl počítán z rozdílu hmotnosti v čerstvém stavu a po vysušení do konstantní hmotnosti při 105 °C a vyjadřován v % čerstvé hmotnosti. Ztráty vody během vysychání byly vyjadřovány v % obsahu vody neexponovaných sazenic.

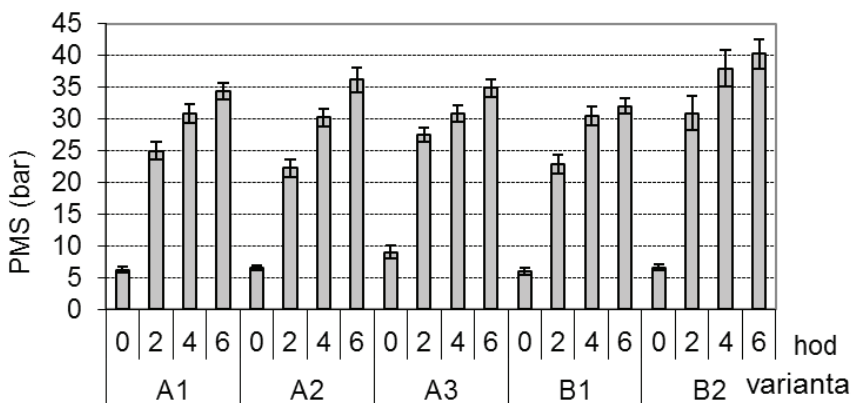
Obnova růstu kořenů byla zjišťována jako růstový potenciál kořenů (RGP) u souborů dalších 20 sazenic z každé varianty. Růstový potenciál kořenů hodnotí schopnost zakládání a prodlužování nových kořenů po přenesení rostlin do optimálních růstových podmínek (RITCHIE, TANAKA 1990). Význam této charakteristiky spočívá zejména v tom, že obnova příjmu vody i růst sazenic po výsadbě značně závisí na rychlosti, jakou sazenice obnoví těsný kontakt mezi kořeny a půdou a pomocí prodlužujících se kořenů budou schopny využívat další půdní prostor.

Hodnocené sazenice byly pěstovány v přepravech se substrátem umístěných do příznivých růstových podmínek v klimatizované místnosti (teplota  $22 \pm 1$  °C, vlhkost vzduchu 65–90 %, světelná perioda upravena přisvětlováním 45W výbojkami na 16 hodin, vlhkost substrátu 60–80 %). Růstový potenciál kořenů byl hodnocen po 3 týdnech standardní metodou používanou v akreditované laboratoři Školkařská kontrola. Po vyzvednutí a promytí byl zjištěn počet nově rostoucích kořenů delších než 5 mm, délka nejdelšího nového kořene a počet nových kořenů kratších než 5 mm. Pro zjednodušení hodnocení nebyly v případě velmi silné obnovy růstu kořenů počítány všechny kořeny. Jednotně byl pro tyto rostliny uveden počet 150 nových krátkých kořenů. Zároveň s hodnocením kořenů bylo sledováno i rašení bočních a terminálních pupenů, kterým podle stupně narašení byly přiřazovány indexy 0 až 6.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Vystavení sadebního materiálu vysychání velmi výrazně ovlivnilo hodnoty vodního stresu PMS měřené tlakovou komorou, a to u všech hodnocených souborů

smrku zteplého (Obr. 1). Již po 2 hodinách vysychání byly hodnoty vodního stresu PMS vyšší než 20 bar, což signalizuje zhoršení fyziologického stavu sazenic (LOPUSHINSKI 1990, RITCHIE, LANDIS 2005).



Obr. 1: Vliv řízeného vysychání na vodní stres PMS smrku zteplého (úsečky představují interval spolehlivosti pro 5% hladinu významnosti, popis variant viz Tab. 1)

Fig. 1: The influence of controlled drying to water stress PMS spruce (bars represent the confidence interval for the 5% significance level, for description of variants see Table 1)

Podobný trend byl pozorován i u obsahu vody v nadzemních částech a v kořenech. Kořeny ztrácely vodu 2 až 3× rychleji než nadzemní části, což odpovídá našim dřívějším poznatkům i údajům z literatury (MAUER 1994, LEUGNER et al. 2012). Během prvních dvou hodin vysychání ztratily kořeny v průměru 16,3 % a nadzemní části 6,3 % z počátečního obsahu vody před vysycháním. Po 6 hodinách expozice činily ztráty vody 25 % z kořenů a 14,2 % z nadzemních částí.

Hodnoty vodního stresu PMS těsně korelovaly s obsahem vody v nadzemních částech i v kořenech smrkových sazenic (Tab. 2).

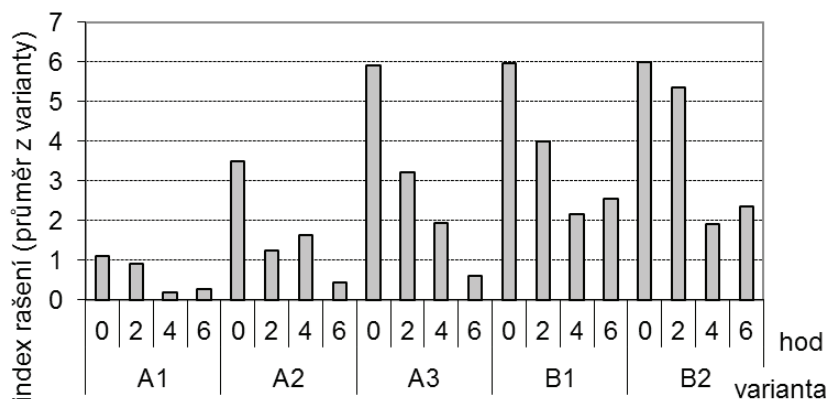
Tab. 2: Regresní a korelační koeficienty vztahu vodního stresu PMS měřeného tlakovou komorou k hodnotám gravimetricky stanoveného obsahu vody v nadzemních částech a v kořenech

Table 2: Regression and correlation coefficients of relation between PMS measured by pressure chamber and gravimetrically determined water content in shoots and roots

Vztah veličin <i>Relation between variables</i>	R <sup>2</sup>	r
PMS / obsah vody v nadzemních částech <i>PMS / water content in shoots</i>	0,645	-0,803
PMS / obsah vody v kořenech <i>PMS / water content in roots</i>	0,801	-0,895



Rašení po 3 týdnech v příznivých podmínkách růstové komory indikovalo výchozí fyziologický stav, ale zároveň i stav dormance použitého sadebního materiálu. Stupeň narašení bočních i terminálních pupenů smrku ztepilého se zvyšoval u později vyzvedávaných sazenic a byl výrazně ovlivněn vystavením rostlin vysychání (Obr. 2).

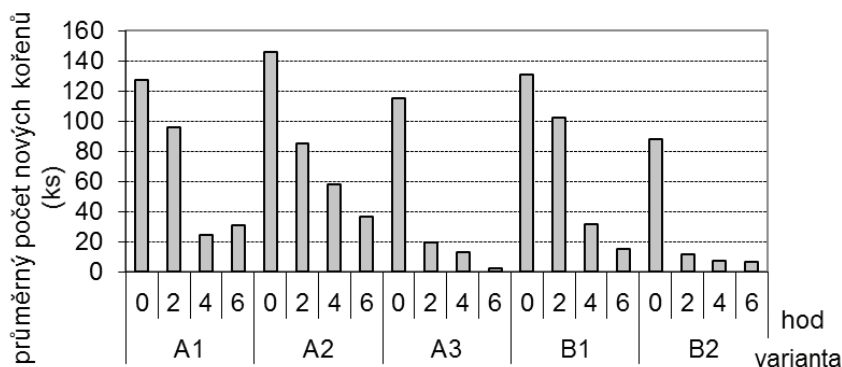


Obr. 2: Vliv termínu vyzvedávání a vystavení sazenic smrku ztepilého vysychání na index rašení terminálních pupenů (průměr z varianty) po třítýdenním testu RGP (popis variant viz tabulka 1)

Fig. 2: Effect of the term of lifting and length of drying Norway spruce plants on the degree of terminal buds sprouting (mean of variant) after a three-week test RGP (for description of variants see Table 1)

Růstový potenciál kořenů (RGP) je účinný integrátor mnoha kritických procesů v rostlině (RITCHIE, LANDIS 2003). Jestliže došlo k jakémukoli narušení fyziologického stavu rostliny, na výsledcích RGP se to projeví. V provedených pokusech vystavení sazenic smrku vysychání výrazně redukovalo schopnost regenerace kořenových systémů. Již dvouhodinová expozice značně snížila tvorbu dlouhých i krátkých kořenů; po 4 a 6 hodinách vysychání byla tvorba nových kořenů v růstové komoře snížena ještě výrazněji (Obr. 3).

V případě ovlivnění tvorby kořenů dvouhodinovým vysycháním byl patrný i vliv termínu vyzvedávání (stav dormance) sazenic. U sazenic z obou školek byly nejméně ovlivněny vždy sazenice z prvního termínu vyzvedávání, v dalších termínech se redukce tvorby nových kořenů dvouhodinovou expozicí zvyšovala. Tyto poznatky odpovídají údajům o sezónní dynamice odolnosti rostlin ke stresům (LAVENDER 1984). Rostliny se silnější regenerací kořenů (s vyšším RGP) mají předpoklad lepší ujmavosti a růstu. Skutečný vývoj po výsadbě však je výrazně ovlivňován podmínkami prostředí, kdy sazenice s horším RGP mohou přežít a růst za vlhkého období, ale i kvalitní sazenice mohou hynout během výrazného přísušku (RITCHIE, LANDIS 2003).



Obr. 3: Vliv termínu vyzvedávání a vystavení sazenic smrku ztepilého vysychání na počet nových kořenů v třítydenním testu RGP (popis variant viz Tab. 1)

Fig. 3: Effect of the term of lifting and length of drying Norway spruce plants on the number of new roots in a three-week test RGP (for description of variants see Table 1)

## ZÁVĚR

Výsledky ukázaly, že metody měření vodního stresu tlakovou komorou (PMS) a růstového potenciálu kořenů (RGP) jsou vhodné pro hodnocení aktuálního fyziologického stavu sadebního materiálu smrku ztepilého vystavených kontrolovanému vysychání. Na základě rychlého měření vodního stresu PMS je možno usuzovat na potenciální schopnost obnovy a růstu kořenů smrku ztepilého ve standardních příznivých podmínkách (třítydenní test růstového potenciálu kořenů RGP). Realizace této potenciální schopnosti na zalesňovaném stanovišti, tj. ujmavost a růst po výsadbě, však bude do značné míry záviset na dostupnosti vody v půdě a na aktuálních podmínkách počasí.

## LITERATURA

- CLEARY, B., ZAERR, J., HAMEL, J. 1999. *Guidelines for measuring plant moisture stress with a pressure chamber*. Corvallis (USA), PMS Instrument Comp.: 26 s.
- JOLY, R.J. 1985. Techniques for determining seedling water status and their effectiveness in assessing stress. In: M.L. Duryea (ed.) *Evaluating seedling quality: Principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Proceedings of the workshop held October 16–18, 1984. Corvallis, Oregon State University: s. 17–28.
- LANDIS, T.D., DUMROESE R.K., HAASE, D.L. 2010. *The container tree nursery manual. Volume 7, Seedling processing, storage, and outplanting*. [online]. Dostupné na: <http://www.rngr.net/publications/ctnm/volume-7> [cit. 2016-07-08]
- LAVENDER, D.P. 1985. Bud dormancy. In: M.L. Duryea (ed.) *Evaluating seedling quality: Principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Proceedings of the workshop held October 16–18, 1984. Corvallis, Oregon State University: s. 7–15.

- LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A. 2012. Vliv vysychání během manipulace a prostředí po výsadbě na růst sazenic smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): s. 1–7.
- LOPUSHINSKI, W. 1990. Seedling moisture status. In: Rose, R., Campbell, S.J., Landis, T.D. (eds.) *Target Seedling Symposium: Proceedings, Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc. August 13–17, 1990*. Rosenberg, Oregon. General Technical Rep. RM-200. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: s. 123–138.
- MAUER, O. 1994. Ztráty suchem po výsadbě v závislosti na kvalitě prostokořenného sadebního materiálu smrku obecného. In: *Nové směry v pěstování a ochraně sadebního materiálu ve školkách*. Sborník referátů z celostátního odborného semináře. Opočno, 26. a 27. října 1994. Opočno, VÚLHM - Výzkumná stanice: s. 11–17.
- RITCHIE, G.A., LANDIS, T.D. 2003. *Seedling quality tests: root growth potential*. Forest Nursery Notes, Winter 2003. R6-CP-TP-01-03. Portland, (Oregon USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: nestr.
- RITCHIE, G.A., LANDIS, T.D. 2005. *Seedling quality tests: plant moisture stress*. Forest Nursery Notes, Summer 2005. Portland, Oregon (USA), USDA Forest Service Cooperative Forestry: s. 6–12.
- RITCHIE, G.A., TANAKA, Y. 1990. Root growth potential and the target seedling. In: Rose, R., Campbell, S.J., Landis, T.D. (eds.). *Target Seedling Symposium: Proceedings, Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc. August 13-17, 1990*. Rosenberg, Oregon. General Technical Rep. RM-200. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: s. 37–51.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011) a na základě výzkumu, který je podporován podnikem Lesy České republiky, s. p. („Nalezení provozní metody na ověřování životaschopnosti sazenic při a po výsadbě – aktuální fyziologický stav“).



## ZKUŠENOSTI SE ZAKLÁDÁNÍM PŘÍPRAVNÝCH POROSTŮ SÍJÍ BŘÍZOU

### EXPERIENCE WITH ESTABLISHMENT OF PREPARATORY STANDS BY BIRCH SEEDING

ANTONÍN MARTINÍK

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, martinik@mendelu.cz

#### ABSTRACT

*The paper deals with the analyses of nine birch seeding experiments, differing in seeding technology and time of seeding, carried out in the rich and water-logged soil of five clearings in two areas of the Czech Republic (i.e. Drahaný Highlands and the foothills of the Sudety Mountains). The emergence rate and survival of birch seedlings on the patches and transects were evaluated during a period of one-to-three years after seeding. The results confirm a positive effect of soil surface scarification on birch regeneration. On the other hand, deeper soil preparation on weed-covered clearings was not successful. From the silviculture point of view, patch soil scarification is a more suitable form of treatment for the establishment of a preparatory stand.*

*Keywords: clearing, preparatory stands, birch, seeding*

#### ABSTRAKT

*V článku jsou analyzovány výsledky výsevu břízy na pěti holinách ve dvou oblastech České republiky s cílem založení přípravných porostů. Celkem 9 experimentů lišících se technologií sje a dobou výsevu bylo založeno po nepůvodních jehličnatých porostech na živných a oglejených stanovištích v podmínkách Drahanské vrchoviny a předhůří Nížkého Jeseníku. Na transektech a ploškách byla hodnocena vzházivost a přežívání semenáčků 1 – 3 roky po založení pokusu. Výsledky potvrdily pozitivní vliv povrchové skarifikace půdy na iniciaci obnovy břízy. Hluboká příprava půdy na zabařených holinách naproti tomu nevedla k úspěšné obnově. Z pěstebního hlediska se jeví nejvhodnější plošková příprava půdy.*

*Klíčová slova: holiny, přípravné porosty, bříza, sje*

#### ÚVOD A PROBLEMATIKA

Chřadnutí a rozpad nepůvodních smrkových porostů stejně jako rozsáhlé kalamitní události vedou v současnosti k široké diskusi na téma využívání přípravných porostů (dřevin) při následné obnově lesa (DOBROVOLNÝ et al. 2011; KULLA, SITKOVÁ 2012; ŠPULÁK et al. 2014). Širší využití těchto dřevin bylo předmětem zájmů jak lesnické praxe, tak výzkumu rovněž v minulosti. Důvodem byly rozsáhlé kalamity způsobné biotickými, abiotickými, ale i antropogenními činiteli (ZAKOPAL 1955; TESAŘ et al. 2011).

K nejčastěji využívaným a zkoumaným pionýrským dřevinám lze řadit břízu bělokorou (*Betula pendula* Roth.), která se na kalamitních holinách a v oblasti chřadnoucích smrčín často vyskytuje zcela spontánně (KULA 2011; HUTH, WAGNER 2006). Přírozenou obnovou vzniklé přípravné porosty s převahou břízy vykazují značnou variabilitu v porostní struktuře, kterou lze na straně jedné využít k diferencovanému pěstebnímu přístupu na straně druhé mezernatost nebo úplný nezdar obnovy vedoucí k potřebě obnovy umělé, příp. k opatřením zlepšujícím podmínky pro přirozenou obnovu břízy (JIRGLE, TICHÝ 1981; VACEK 1991, BRADÁČ, JIRGLE 1987).

V případě břízy se jedná o jednu z mála dřevin, u níž je kromě výsadby využívána také sje. Optimální doba výsevu je doporučována na podzim, v zimě na sněh, případně sje vícefázově (ZAKOPAL 1955, BRADÁČ 1991). Výsevová dávka při celoplošné sji se pohybuje dle kvality osiva v rozmezí 30–40 kg, v případě ploškové sje to je pouze 13–20 kg/ha (POLENO, VACEK 2009). Limitními faktory úspěchu obnovy sjí jsou stav stanoviště (půdní podmínky), buřeň, příp. i zvěř (BRADÁČ 1991).

Cílem předkládané studie je zhodnotit výsledky založení přípravného porostu sjí břízou různými postupy a optimalizovat doporučení při zakládání přípravných březových porostů.

## MATERIÁL A METODIKA

Experimenty byly zakládány ve dvou oblastech ČR, a to PLO 28 – Předhůří Nizkého Jeseníku a PLO 30 – Drahanská vrchovina, na celkem pěti výzkumných plochách v průběhu let 2012–2016 (Tab. 1, 2). K šetření byly využity 4 oddíly osiva břízy, u nichž byla při zahájení experimentu provedena zkouška klíčivosti (ČSN 48 1211, Tab. 2). Podrobněji o rozboru klíčivosti pojednávají studie SEKANI-NA (2015) a SCHRAMM (2016). Testovány byly odlišné způsoby (technologie) založení přípravného porostu, doby výsevu a možnosti dodatečné sje do starších holin s neceloplošnou přípravou půdy.

Na plochách byla hodnocena vzházivost, vliv substrátu na obnovu a přežívání semenáčků břízy – celoplošně, pomocí transektu příp. na ploškách.

Tab. 1: Založené varianty sje břízy

Table 1: Established treatments of birch seeding

Plocha <i>Plot</i>	PLO <sup>1</sup>	SLT <i>Forest site</i>	Skladba mateřského porostu (%) <i>Species composition of mature stands (%)</i>	Varianty <i>Treatments</i>
Tornádo	28	4B	MD/larch 40; SM/spruce 25; HB/hornbeam 20; BO/pine 15	A <sub>1</sub>
				A <sub>2</sub>
Krnov	28	4S	SM/spruce 90; BO/pine 10	B
Rakovec I	30	4O	SM/spruce 90; BO/pine 10	RI <sub>1</sub>
				RI <sub>2</sub>
Rakovec II	30	4O	SM/spruce 90; BO/pine 10	RII <sub>1</sub>
				RII <sub>2</sub>
Ondra	30	3S	SM/spruce 40; BO/pine 30; MD/larch 30	O <sub>1</sub>
				O <sub>2</sub>

Vysvětlivky/Captions: <sup>1</sup>PLO – přírodní lesní oblast/natural forest area

### **Experimentální plocha „Tornádo“ (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>)**

Plocha byla založena na kalamitní holině, která vznikla v květnu 2013. Z celkové plochy kalamitní holiny byla za účelem experimentu vytyčena pokusná plocha o velikosti 0,2 ha (100×20 m). Bezprostředně po odklizení dřevní hmoty byla na ploše aplikována metoda plodonosných větví (Tab. 2). Úspěšnost obnovy byla hodnocena v prvním roce po založení celoplošně okulárním monitoringem, při kterém byl zjištěn úplný nezdar obnovy. Proto bylo na podzim následujícího roku přistoupeno na části plochy k následné obnově metodou ploškové síše (Tab. 2). Plošky (p–celkem 39) o velikosti 0,5×0,5 m a rozestupu 2,0×2,0 m (2.5 tis. plošek na ha) byly připraveny ručně narušením (shrnutím) povrchové vrstvy hrabanky. V následujícím roce 2015 probíhalo na ploškách hodnocení úspěšnosti obnovy. Za účelem sledování možného dodatečného vzházení břízy z původního výsevu byly na části plochy bez plošek, založeny tři transekty (20×1,0 m) v rozestupu 10 m, kde je od roku 2015 hodnocen výskyt přirozeného zmlazení.

### **Experimentální plocha „Krnov“ (B)**

Plocha je situována do podobných stanovištních i porostních podmínek jako předešlá. Holina o celkové ploše kolem 2 ha vznikla při stejné kalamitě jako *Tornádo*, od níž je vzdálená cca 0,5 km (Tab. 1). K dlouhodobému experimentu byla v rámci holiny vytyčena pokusná plocha o velikosti 30×70 m, na níž byla na podzim r. 2013 provedena celoplošná mechanizovaná příprava půdy. Síše byla provedena začátkem prosince téhož roku na části plochy (20×70 m) shodným osivem jako v případě plochy *Tornádo* (Tab. 2). Monitoring obnovy břízy probíhal na dvou 0,5 m širokých a 70 m dlouhých transektech vzdálených od sebe 10 m. Zaznamenáván byl výskyt semenáčků, podklad a výška nadzemní části ve dvou termínech – léto 2014, zima 2014/2015.

### **Experimentální plocha „Rakovce I“ (RI<sub>1</sub>, RI<sub>2</sub>)**

Holina o velikosti asi 0,8 ha vznikla po větrné kalamitě v létě r. 2012 (Tab. 1). Síše byla provedena na pokusné ploše o velikosti 0,48 ha na jaře následujícího roku (asi 20 cm vrstva sněhu), bez předešlé přípravy půdy (Tab. 2). Původní plocha byla z důvodu následné kalamity zmenšena na plochu 25×50 m na níž probíhal monitoring pomocí tří 25 metrových transektů o šířce 50 cm. Na podzim r. 2013 byla na části plochy provedena mechanizovaná příprava půdy (diskové brázdy) a následná obnova sjí (Tab. 2).

### **Experimentální plocha „Rakovce II“ (RII<sub>1</sub>, IRII<sub>2</sub>)**

Holina o velikosti 1,2 ha vznikla při stejné kalamitě jako předešlá, od níž je vzdálená asi 300 m. Shodné jsou rovněž stanovištní podmínky i použitý oddíl osiva (Tab. 1, 2). Síše byla provedena na ploše 0,48 ha bezprostředně po odklizení dřevní hmoty na podzim 2012 (Tab. 2). Monitoring probíhal na pokusné ploše 50×50 m podobně jako na ploše předešlé pomocí tří transektů (50×0,5 m) a dále i trvalých kruhových plošek (pp) o velikosti 1m<sup>2</sup> (Tab. 3). Ty byly na ploše umístěny v rozestupu 5×5 m (celkem 100 plošek). Nezdar obnovy vedl k založení pokusu s následnou obnovou síše do plošek (p) s ručně provedenou přípravou půdy nakopáním. Plošky (celkem 32) byly založeny na podzim roku 2013 o velikosti 0,5×0,5 m v hustotě 2000 ks/ha.

### Experimentální plocha „Ondra“ (O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>)

Jako jediná vznikla tato plocha po úmyslné mýtní těžbě, která se uskutečnila v létě 2012. Z celkové výměry holiny, asi 0,3 ha, byla za účelem sítě vyčleněna část plochy o velikosti 30×30 m. Sítje byla provedena bez předešlé přípravy půdy a na vrstvu sněhu o mocnosti asi 30 cm (Tab. 2). Monitoring úspěšnosti obnovy probíhal na čtyřech 0,25 m širokých a 30 m dlouhých transektech. Nízká úspěšnost obnovy vedla k založení experimentu s následnou obnovou sítje do ručně nakopávaných plošek (Tab. 2). Plošky (p) kterých bylo celkem 31 o rozměrech 0,5×1,0 m byly na ploše umístěny ve sponu odpovídajícímu hustotě 2000 ks/ha.

Tab. 2: Charakteristika založených variant  
Table 2: Characteristic of established treatments

Varianty <i>Treatments</i>	Obnovní metoda <i>Regeneration method</i>	Termín obnovy <i>Date of regeneration</i>	Výsevová dávka <i>Seeding amount</i>	Osivo <i>Seed lots</i>	Kvalita osiva <sup>1</sup> <i>Seed quality<sup>1</sup></i>
A <sub>1</sub>	Plodonosné větve <i>Seed branches</i>	Září 2013 <i>September 2013</i>	2,0 g/m <sup>2</sup>	A	195/m <sup>2</sup>
A <sub>2</sub>	Plošková sítje <i>Patch seeding</i>	Prosinec 2014 <i>December 2014</i>	1,6 g/p	C	268/p
B	Celoplošná sítje s přípravou půdy <i>Whole area seeding after soil scarification</i>	Listopad 2013 <i>November 2013</i>	1,4 g/m <sup>2</sup>	A	25/m <sup>2</sup>
RI <sub>1</sub>	Celoplošná sítje bez přípravy půdy <i>Whole area seeding without soil scarification</i>	Únor 2013 <i>February 2013</i>	1,0 g/m <sup>2</sup>	B	532/m <sup>2</sup>
RI <sub>2</sub>	Pruhová/brázdová sítje <i>Furrow seeding</i>	Listopad 2013 <i>November 2013</i>	0,25 g/bm	D	432/bm
RII <sub>1</sub>	Celoplošná sítje bez přípravy půdy <i>Whole area seeding without soil scarification</i>	Listopad 2012 <i>November 2012</i>	1,0 g/m <sup>2</sup>	B	775/m <sup>2</sup>
RII <sub>2</sub>	Plošková sítje <i>Patch seeding</i>	Listopad 2013 <i>November 2013</i>	0,25 g/p	D	432/p
O <sub>1</sub>	Celoplošná sítje bez přípravy půdy <i>Whole area seeding without soil scarification</i>	Březen 2013 <i>March 2013</i>	1,0 g/m <sup>2</sup>	D	2500/m <sup>2</sup>
O <sub>2</sub>	Plošková sítje <i>Patch seeding</i>	Listopad 2013 <i>November 2013</i>	1,0 g/p	D	1727/p

Vysvětlivky/Captions: <sup>1</sup>Počet klíčivých semen/number of germinable seed, p–ploška/patch; bm – běžný metr brázd/current meter of furrow

### VÝSLEDKY A DISKUSE

Nezdar obnovy břízou metodou plodonosných větví na ploše „Tornado“ s největší pravděpodobností souvisí se silnou vrstvou jehličnaté hrabanky, která se na ploše vyskytovala. Původním porostem zde byl středně starý převážně jehličnatý porost s převahou modřínu (Tab. 1), kde ani po vyklizení dřeva nedošlo k výrazné-



mu narušení silné vrstvy jehličnatého opadu. Jehličnatý (smrkový) opad je obecně považovaný za nevhodné medium pro obnovu břízy (CAMERON 1996; SUCHOCKAS 2002), modřínová příměs může tento proces ještě více zhoršit.

Naproti tomu v případě plochy „*Krnov*“, kde došlo k přípravě půdy lze za hlavní příčinu slabé vzcházejivosti břízy počítat nízkou kvalitu osiva, která byla pravděpodobně způsobena jeho nevhodným skladováním. Hodnota 25 klíčivých semen na m<sup>2</sup> je výrazně pod normou (ČSN 48 1211–2006) a běžnou výsevovou dávkou (POLENO, VACEK 2009), kdy lze očekávat minimálně 700 ks klíčivých semen na metr.

Jako úspěšnou lze považovat sjíjí do plošek s ručně provedenou přípravou půdy, a to i přes vysokou mortalitu v průběhu prvního roku pozorování (Tab. 3). Ta byla způsobena průběhem počasí v r. 2015 (např. LIDICKÝ 2015), kdy docházelo k viditelnému poškození asimilačního aparátu u semenáčku břízy a jejich mortalitě. Ručně provedená příprava půdy byla na ploše snadno aplikovatelná vzhledem k nízkému zabuřnění (vliv silné vrstvy opadu) a přináší tak výrazné materiální i finanční úspory.

Tab. 3: Úspěšnost obnovy pro varianty a termíny pozorování

Table 3: Success of regeneration for treatments and date of observation

Varianty Treatments	Množství semenáčků (ks na m <sup>2</sup> , nebo plošku) v jednotlivých termínech pozorování Number of birch seedlings (ind. on m <sup>2</sup> of transects or patches) in the date of observation					
	Léto/ summer 2013	Zima/winter 2013/2014	Léto/ summer 2014	Zima/winter 2014/2015	Léto/ summer 2015	Zima/winter 2015/2016
A <sub>1</sub>	-	-	0 c	0 c	N	0 t
A <sub>2</sub>	-	-	-	-	16,9 (2) p	7,3 (10) p
B	-	-	0,7 t	0,2 t	N	N
RI <sub>1</sub>	N	5,0 t	N	N	N	N
RI <sub>2</sub>	-	-	0 b	0 b	N	N
RII <sub>1</sub>	1,7 (72) pp	4,8 t 2,8 (69) pp	N 2,8 (67) pp	N 2,6 (65) pp	N	N
RII <sub>2</sub>	-	-	0,5 (29) p	1,5 (20) p	N	0,2 (28)
O <sub>1</sub>	-	1,5 t	N	1,3 t	N	0,9 t
O <sub>2</sub>	-	-	24,3 (3)	17,3 (7)	N	0,2 (27)

Vysvětlivky/Captions: c - celoplošný monitoring/whole area monitoring; t – transekt/transects; p – ploška/patch; pp – trvalá ploška/permanent monitoring patch; - pokus nebyl založen/no established experiment; N – neprobíhal monitoring/no monitoring; (X) počet neobsazených plošek/number of patches without birch seedling;

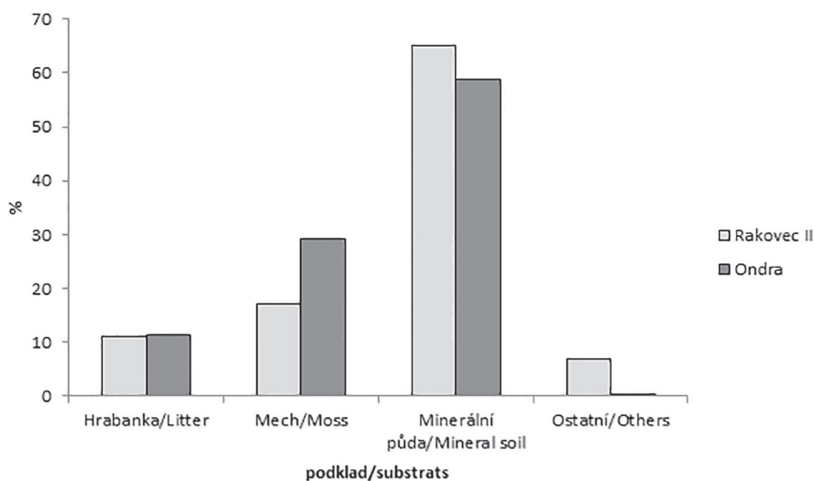
Výsledky výskytu semenáčku břízy na ploše „*Rakovec I*“ a „*II*“ liší se dobou výsevu ukázaly na minimální rozdíly v počtu semenáčků (Tab. 3). Zásadnějším faktorem úspěšné obnovy tak byl spíše průběh počasí v konkrétním roce než doba výsevu; tedy pokud není provedena předčasně (ZAKOPAL 1955; BRADÁČ, JIRGLE 1987). Z dalších faktorů měl na obnovu břízy vliv podkladový substrát (Obr. 1) a pravděpodobně také konkrétní stanoviště a porostní podmínky před vznikem holiny.

I přes několikanásobně vyšší množství klíčivých semen v době výsevu na ploše „Ondra“ (Tab. 2), byla celková hustota semenáčků první rok po výsevu nižší, než na ploše „Rakovec I“ a „II“. Důvodem byl pravděpodobně nižší podíl minerálního substrátu na ploše „Ondra“, kde došlo k úmyslné těžbě na rozdíl od holiny vzniklé větrnou kalamitou.

Na obou předešlých plochách byl dále zaznamenán pokles hustoty břízy v průběhu dlouhodobého sledování. I zde byla příčinou silná kompetice buřeneš, která již v průběhu druhého roku pokrývala více než 90 % povrchu obou ploch. Na poklesu hustoty se mohla podílet rovněž zvěř, na plochách „Rakovec“ bylo zaznamenáno také poškození hlodavci. Zvěř je limitujícím faktorem obnovy břízy především v místech s nízkou hustotou semenáčků a plošně menších obnovovaných částech (BRADÁČ 1991).

Pokles hustoty břízy byl současně na ploše „Ondra“ i „Rakovec“ doprovázen novým výskytem semenáčků v místech, kde se při předešlé inventarizaci bříza nevyskytovala. Příčinu lze hledat jednak ve schopnosti břízy přežít v půdě (GRANSTRÖM 1987), jednak mohlo dojít k přehlédnutí jednoletých semenáčků o velikosti kolem 1 cm při předešlých inventarizacích. Dodatečná přirozená obnova břízy je v konkrétních podmínkách málo pravděpodobná (SEKANINA 2015). Naproti tomu v podmínkách Kysuckých Beskyd uvádí KAMENSKÝ et al. (2014) vysoký potenciál přirozené obnovy dřevin pionýrských, a to i několik let po vzniku holiny.

Přesto, že je k iniciaci obnovy břízy doporučována příprava půdy (CAMERON 1996; SUCHOCKAS 2002) výsledky následné obnovy s přípravou půdy na plochách „Rakovec II“ a „Ondra“ úspěšné nebyly. Na rozdíl od plochy „Tornado“ byly obě výše uvedené plochy druhým rokem silně zabuřené a k přípravě půdy nebylo



Obr. 1: Výskyt semenáčků břízy (% všech jedinců) podle substrátu na ploše „Rakovec II“ a „Ondra“

Fig. 1: Occurrence of birch seedlings according to substrates on “Rakovec II” and “Ondra” plots

možné provést pouze povrchové narušení půdy, ale strhnou travní drn až na hlubší horizonty. BRADÁČ (1991) uvádí špatné vzcházení břízy na hlubších minerálních horizontech s narušenou kapilaritou. Limitujícím faktorem na takto připravených ploškách a brázdách bude také extrémní mikroklima a výkyvy ve vlhkosti, které snižují vzcházení břízy (CAMERON 1996). V případě úspěšného vzcházení dochází následně na těchto plochách k silné kompetici buření a vysoké mortalitě semenáčků (Tab. 3).

## ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Výsledky experimentů ukázaly na značnou variabilitu ve vzcházení a přežívání semenáčků břízy, která byla způsobena porostními poměry, stanovištními a půdními podmínkami, kvalitou osiva a použitou obnovní technologií.

Zatímco sjíje do nepřipravené půdy s vysokým podílem hrabanky nebo silným zabuřeněním vede k nerovnoměrné a slabé obnově, vhodná povrchová příprava půdy vytváří podmínky pro úspěšnou obnovu břízy.

Doporučit lze především včasné provedenou ploškovou (miskovou) přípravu půdy s následnou sjíjí, která vede jednak k úspoře nákladů, jednak vytváří předpoklady k zřehlednění vznikajících mladých březových porostů.

V analyzovaných podmínkách živných, případně vodou ovlivněných stanovišť se naopak neosvědčila dodatečná (plošková nebo brázdová) příprava půdy na silně zabuřeněných holinách.

## LITERATURA

- BRADÁČ, V. 1991. Příčiny neúspěchu výsevů břízy. *Lesnická práce*, 70 (10): s. 299–302.
- BRADÁČ, V., JIRGLE, J. 1987. Práce s břízou a jeřábem v imisních oblastech. *Lesnická práce*, 66 (9): s. 400–403.
- CAMERON, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry*, 69 (4): s. 357–371.
- ČSN 48 1211. 2006. *Lesní semenářství – Sběr, kvalita a zkoušky kvality semenného materiálu lesních dřevin*. Praha, ČNI: 60 s.
- DOBROVOLNÝ, L., HURT, V., MARTINÍK, A. 2011. Založení experimentální plochy s různými způsoby obnovy lesa na ploše po větrné kalamitě. In: Kacálek D. et al. (eds). *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*: 12. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno 28.–29.6.2011. Opočno, VÚLHM: s. 43–54. Proceedings of Central European Silviculture.
- GRANSTRÖM, A. 1987. Seed viability of fourteen species during five years of storage in a forest soil. *Journal of Ecology*, 75: s. 321–331.
- HUTH, F., WAGNER, S. 2006. Gap structure and establishment of Silver birch regeneration (*Betula pendula* Roth.) in Norway spruce stands (*Picea abies* L. Karst.). *Forest Ecology and Management*, 229 (1/3): s. 314–324.
- JIRGLE, J., TICHÝ, J. 1981. Zhodnocení produkce břízy a jeřábu jako náhradních dřevin v krušných horách. *Práce VÚLHM*, 58: s. 123–137.

- KAMENSKÝ, M., JANKOVIČ, J., TUČEKOVÁ, A., STRMEŇ, S. 2014. Treba vysádzať prípravne dreviny na kalamitné holiny v po rozpade smrekových porostov o oblasti Kysúc? In: Bednárová D. et al. (eds). *Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa*. Zborník referátov. Štrbské pleso, 10.–11.9.2014. Zvolen, Národné lesnícke centrum: s. 77–85.
- KULA, E. 2011. *Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 276 s.
- KULLA, L., SITKOVÁ, Z. 2012. (eds.). *Rekonštrukcie nepôvodných smrekových lesov: poznatky, skúsenosti, odporúčania*. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 207 s.
- LIDICKÝ, V. 2015. Letošní letní klimatické extrémy pohledem státních lesů. *Lesnická práce*, 94 (11): s. 12–13.
- SCHRAMM, D. 2016. *Obnovní experiment na kalamitní holině - Rakovec I (ŠLP Křtiny)*. Bakalářská práce. Brno, LDF Mendelu: 70 s.
- SEKANINA, J. 2015. *Založení přípravného porostu na kalamitní holině – plocha Rakovec II (ŠLP Křtiny)*. Bakalářská práce. Brno, LDF Mendelu: 56 s.
- SUCHOCKAS, V. 2002. Seed dispersal and distribution of silver birch (*Betula pendula*) naturally regenerating seedlings on abandoned agricultural land at forest edges. *Baltic Forestry*, 8 (2): s. 71–77.
- ŠPULÁK, O., SOUČEK, J., LEUGNER, J. 2014. Variabilita struktury mladých převážně březových porostů vzniklých sukcesí na holinách kalamitního charakteru. In: Štefančík, I. (eds.): *Pěstovanie lesa v strednej Európe*. Zvolen, Národné lesnícke centrum: s. 68–74. Proceedings of Central European Silviculture.
- POLENO, Z., VACEK, S. 2009. *Pěstování lesů III*. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 951 s.
- TESAŘ, V., BALCAR, V., LOCHMAN, V., NEHYBA, J. 2011. *Přestavba lesa zasaženého imisemi na Trutnovsku*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 176 s.
- VACEK, S. 1991. Porostotvorné schopnosti břízy a jeřábu pod vlivem imisí. *Zprávy lesnického výzkumu*, 36 (3): s. 19–23.
- ZAKOPAL, V. 1955. Zlepšené způsoby zalesňování rozsáhlých kalamitních holin na Křivoklátsku. *Práce výzkumných ústavu lesnických*, 8: s. 7–42.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl řešen v rámci projektu KUS QJ1230330 „Stabilizace lesních ekosystémů vyváženým poměrem přirozené a umělé obnovy lesa“ a díky podpoře účelové činnosti ŠLP „Masarykův les“ Křtiny.

**VPLYV HYDROABSORBENTOV A TERMÍNU VÝSADBY NA VÝVIN  
VÝSADIEB SMREKA OBYČAJNÉHO A BOROVICE LESNEJ NA PLOCHE  
V STRÁŽOVSKÝCH VRCHOCH**

*EFFECTS OF HYDROGELS AND PLANTING TIME ON NORWAY SPRUCE  
AND SCOTS PINE PLANTATIONS DEVELOPMENT ON PLANTING SITE  
IN THE STRÁŽOVSKÉ VRCHY MTS.*

IVAN REPÁČ, MATÚŠ SENDECKÝ, ZUZANA PAROBEKOVÁ

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,  
repac@tuzvo.sk

*ABSTRACT*

Bareroot (BR) and containerized (CR) Norway spruce (NS) and Scots pine (SP) seedlings were planted on windthrow area in autumn and spring time with application of Ectovit and Stockosorb additives. Two years after planting, the best survival of BR NS 2+2 (78%) and the worst of BR SP 1+0 (25%) was observed. The largest occurrence of drying leading shoots was found in BR SP. CR NS planted in autumn survived and grew significantly better than that in spring. Additives had not significant effect on seedling growth. CR seedlings of both species achieved higher height increment than BR ones. Relative large differences in occurrence of ectomycorrhizae and in root weight were not significant. Certain differences in needle nutrient content are probably caused by nursery fertilization, not additives application. The results suggest the differences in survival and growth between species and BR and CR seedlings; the effects of planting time and additives were indifferent in most cases.

Keywords: forest plantation, hydrogel, planting time, containerized seedlings, ectomycorrhiza

*ABSTRAKT*

Voľnokorenné (VK) a krytokorenné (KK) sadenice smreka obyčajného (SM) a borovice lesnej (BO) boli vysadené v jesennom a jarnom termíne (aj s aplikáciou prípravkov Ectovit a Stockosorb) na holinu po vetrovej kalamite. Po dvoch rokoch najlepšie prežival VK SM 2+2 (78%), najhoršie VK BO 1+0 (25%). Pri VK BO bol zistený najrozsiahljší výskyt zaschnutých terminálnych výhonkov. KK SM z jesennej výsadby prežival lepšie a dosiahol významne vyššie hodnoty niektorých rastových ukazovateľov než z jarnej. Prípravky nemali významný vplyv na rast sadeníc. KK sadenice oboch drevín mali vyššie výškové prírastky než VK. Pomerne veľké rozdiely výskytu ektomykoriz a hmotnosti koreňov neboli štatistickými metódami vyhodnotené ako významné. Určité rozdiely v obsahu živín v ihličí sú pravdepodobne dôsledkom hnojenia v škôlke, nie aplikácie prípravkov. Výsledky poukazujú na rozdiely v prežívaní a raste medzi drevinami a KK a VK sadenicami; účinky termínu výsadby a aplikácie prípravkov boli väčšinou indiferentné.

Kľúčové slová: zalesňovanie, hydroabsorbent, termín výsadby, krytokorenný sadbový materiál, ektomykoriza

## Úvod

V lesníckej praxi sa využíva hlavne jarný termín zalesňovania voľnokorenným (VK) sadbovým materiálom. Sadenice je možné vysádzať aj v neskorom letnom a jesennom termíne, ktorý môže mať okrem organizačných aj niektoré biologické výhody (REPÁČ 2015). Vďaka ochrane koreňov pred poškodením a využitiu kvalitného substrátu obaľujúceho korene, lepšie predpoklady menšej závislosti výsledku obnovy od termínu výsadby, vyššej ujatosti a rýchlejšieho odrastania má krytokorenný (KK) než VK materiál (JURÁSEK et al. 2006). Hydroabsorbenty a ektomykorízne (EKM) prípravky so schopnosťou optimalizovať príjem vody a živín môžu byť tiež vhodným prostriedkom na zmiernenie nepriaznivých podmienok prostredia (MAUER 2007, HOLUŠA et al. 2009). Hoci sú spomenuté okolnosti s potenciálom zvýšiť úspech obnovy známe, praktické poznatky a skúsenosti nie sú stále dostatočne experimentálne overené.

Cieľom predkladanej práce je zhodnotenie vplyvu pôsobenia aplikovaných komerčných prípravkov *Stockosorb®* a *Ectovit®* a termínu výsadby na prežívanie, rast, rozvoj mykoríznej symbiózy a obsah živín v ihličí VK a KK sadbového materiálu smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) (SM) a borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) (BO).

## MATERIÁL A METODIKA

Výskumná výsadbová plocha (VVP) bola založená v jeseni 2013 a na jar 2014 na holine po vetrovej kalamite v Strážovských vrchoch. Geologickým podložíom je vápenec, pôdny typ rendzina. VVP sa nachádza v nadmorskej výške 670 m, expozícia SZ, sklon 30 %, skupina lesných typov *Fageto-Aceretum*. Sadenice VK SM 2+2, KK SM 2+0 (Plantek F), VK BO 1+0 a KK BO 2+0 (Plantek F) boli vysádzané jamkovou sadbou v rozstupe 1,40 m (5000 ks ha<sup>-1</sup>). V jarnom termíne boli aplikované prípravky Ectovit a Stockosorb. Usporiadanie experimentu bolo v znáhodnených blokoch v trojnásobnom opakovaní. V kombinácii drevina, typ sadeníc, termín výsadby, aplikovaný prípravok bolo v každom bloku vysadených 50 sadeníc, spolu 2400 sadeníc (50 ks × 2 dreviny × 2 typy × 4 varianty: jeseň, jar, jar+Ectovit, jar+Stockosorb × 3 bloky). Veľkosť jedného bloku bola 0,16 ha, celý VVP 0,48 ha.

Ectovit (Symbiom s.r.o., ČR) obsahuje mycélium EKM húb *Cenococcum geophilum*, *Hebeloma velutipes*, *Laccaria proxima* a *Paxillus involutus* a spóry EKM húb *Sleroderma citrinum* a *Pisolithus arrhizus*, ktoré sú zmiešané s perlitom, rašelinou, práškovým hydrogélom, humátmi, mletými horninami, výťažkami morských organizmov. Zmiešaním sypkej zložky, hubového mycélia a vody bol pripravený gél, do ktorého sa namáčali korene sadeníc bezprostredne pred výsadbou. Stockosorb (Evonik Stockhausen GmbH, Nemecko) je z chemického hľadiska polyakrylamidová zlúčenina vo forme práškového koncentrátu a bol pripravený a aplikovaný rovnako ako Ectovit.

Kultúry boli hodnotené 2 roky po výsadbe. Prežívanie bolo vyjadrené ako percento počtu živých (zdravé + poškodené) jedincov z počtu vysadených, poškodenie ako percento počtu poškodených z počtu prežitých jedincov. Výška kmienka,

výškový prírastok, hrúbka koreňového krčka, objem nadzemnej časti (hrúbka<sup>2</sup> × výška, RUEHLE 1982) boli zisťované na všetkých nepoškodených jedincoch. Z každej kombinácie hodnotených faktorov a bloku boli vyzdvihnuté 4 sadenice pre zistenie počtu krátkych korieňkov, výskytu ektomykoríz a hmotnosti koreňovej sústavy. Pre každú drevinu (samostatne VK a KK) boli údaje analyzované jednofaktorovou anlyzou rozptylu (porovnávané varianty jeseň, jar, jar+Ectovit, jar+Stockosorb). Významnosť rozdielov medzi variantmi bola posúdená Tuckeyovým testom ( $P < 0.05$ ) (PC program SAS). Z viacerých jedincov z každého z troch opakovaní každého variantu boli koncom septembra odobrané ihlice za účelom zistenia obsahu základných živín (laboratórium NLC Zvolen).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Najlepšie výsledky prežívania po druhom roku po výsadbe dosiahol SM VK (70–84 %), najhoršie BO VK (21–30 %) (Tab.1). Tento výsledok potvrdzuje zistenia z našich predchádzajúcich experimentov (REPÁČ, VENCURIK 2015), v ktorých sa tiež najlepšie uplatnili morfológicky vyspelé VK sadenice SM, ale slabšie vyvinuté 1–2 ročné semenáčiky BO neboli dostatočne adaptabilné a vykazovali značné straty. Prežívanie KK SM i BO bolo 60–70 %, s výnimkou jarnej výsadby KK SM bez aplikácie prípravku, kde dosiahlo len 38 %. Keďže po 1. roku ujatosť KK SM z jarnej výsadby v porovnaní s ostatnými variantmi nebola výrazne nižšia (výsledky nie sú prezentované), výrazný pokles prežívania v druhom, pomerne horúcom a suchom roku, je možné čiastočne vysvetliť možným preschnutím rašeliny z pôvodného obalu, čo vedie k zvýšeniu jej pórovitosti a zníženiu hydraulikkej vodivosti. Aplikované prípravky mali pozitívny účinok na prežívanie KK SM.

Z celkového rozsahu poškodenia sadeníc (Tab.1) najväčší podiel predstavovalo poškodenie zverou. Zasnúť terminálny výhon, ktorý mohol byť zapríčinený pôsobením nami sledovaných vplyvov, sa v najväčšom rozsahu vyskytoval pri BO VK z jesennej výsadby. Viac ako polovicu poškodenia najviac poškodených sadeníc (SM KK 30 %) predstavovalo poškodenie v dôsledku nesprávnej aplikácie repelentného prípravku proti zveri.

Významne vyššie hodnoty hrúbky, výšky a objemu kmienka z jesennej než niektorého z variantov jarnej výsadby dosiahli sadenice KK SM (tab.1). Naopak významne viac jemných korieňkov na 1 cm dĺžky hlavného koreňa sme zistili pri VK SM z jarného než jesenného termínu. REPÁČ (2015) uvádza, že výsadba SM v jesennom termíne zabezpečila uspokojivé prežívanie a lepšie rastové parametre sadeníc v porovnaní s jarným termínom. Pomerne veľké absolútne rozdiely priemerných hodnôt rozsahu ektomykoríz a hmotností sušiny koreňového systému neboli významné, z dôvodu veľkej variability jednotlivých hodnôt v rámci hodnotených variantov. KK sadbový materiál oboch drevín dosiahol približne o 30 % vyššie hodnoty výškových prírastkov než VK materiál. Prípravky nemali významný vplyv na rast nadzemnej časti, koreňov a rozsah ektomykoríz.

PEŠKOVÁ, TUMA (2010) pozorovali mierne pozitívny vplyv inokulácie SM sadeníc prípravkom Ectovit na rozvoj mykoríz, avšak mierne negatívny efekt na rast. Naopak, v práci HOLUŠU *et al.* (2009) inokulácia Ectovitom v oblasti s intenzív-

Tab. 1: Hodnoty prežívania, poškodenia a rastových parametrov ( $\pm$  smerodajné odchyľky) sadbového materiálu smreka obyčajného a borovice lesnej 2 roky po výsadbe na plochu v Strážovských vrchoch  
 Table 1: Values of survival, damage and growth parameters ( $\pm$  standard deviations) of Norway spruce and Scots pine planting stock 2 years after planting on site in Strážovské vrchy Mts.

Variant <i>Treatments</i>	Prežívanie (%) <i>Survival (%)</i>	Poškodenie (%) <i>Damage (%)</i>	Hrúbka kmenka (mm) <i>Stem diameter (mm)</i>	Výška kmenka (cm) <i>Stem height (cm)</i>	Výškový prírastok (cm) <i>Height increment (cm)</i>	Objem nadz. časti (cm <sup>3</sup> ) <i>Top part volume (cm<sup>3</sup>)</i>	Počet korenkov (ks.cm <sup>-1</sup> ) <i>Number of root tips (ks.cm<sup>-1</sup>)</i>	Rozsah ektonykoriz (%) <i>Mycorrhization (%)</i>	Hmotnosť sušiny koreňov (g) <i>Roots dry weight (g)</i>
Smrek obyčajný voľnokorenný 2+2/ <i>Bareroot Norway spruce 2+2</i>									
Jeseň/ <i>Autumn</i>	79	8	9,3 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	48,1 $\pm$ 9,0 <sup>a</sup>	5,2 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>	45,0 $\pm$ 24,0 <sup>a</sup>	8,2 $\pm$ 2,5 <sup>b</sup>	92,0 $\pm$ 9,5 <sup>a</sup>	8,2 $\pm$ 2,5 <sup>a</sup>
Jar/ <i>Spring</i>	84	12	9,8 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	46,7 $\pm$ 7,7 <sup>a</sup>	7,8 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	48,8 $\pm$ 28,4 <sup>a</sup>	10,4 $\pm$ 2,7 <sup>a</sup>	95,5 $\pm$ 7,6 <sup>a</sup>	9,0 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>
Jar+Ectovit	79	9	10,0 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	46,8 $\pm$ 7,7 <sup>a</sup>	5,1 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	50,6 $\pm$ 27,0 <sup>a</sup>	9,7 $\pm$ 2,5 <sup>ab</sup>	92,6 $\pm$ 10,5 <sup>a</sup>	9,5 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>
Jar+Stockosorb	70	13	9,7 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	45,7 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	4,6 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	47,0 $\pm$ 25,1 <sup>a</sup>	8,6 $\pm$ 2,2 <sup>ab</sup>	92,0 $\pm$ 10,2 <sup>a</sup>	10,0 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>
Smrek obyčajný krytokorenný 2+0/ <i>Containerized Norway spruce 2+0</i>									
Jeseň/ <i>Autumn</i>	66	13	8,1 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	41,1 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	6,5 $\pm$ 3,7 <sup>a</sup>	29,3 $\pm$ 16,2 <sup>a</sup>	7,5 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>	79,5 $\pm$ 13,8 <sup>a</sup>	4,7 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>
Jar/ <i>Spring</i>	38	7	6,3 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	35,7 $\pm$ 7,8 <sup>ab</sup>	7,9 $\pm$ 5,0 <sup>a</sup>	16,6 $\pm$ 15,3 <sup>ab</sup>	8,8 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup>	90,0 $\pm$ 8,9 <sup>a</sup>	4,6 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>
Jar+Ectovit	61	18	6,0 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	32,5 $\pm$ 5,7 <sup>b</sup>	6,8 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>	12,6 $\pm$ 7,5 <sup>b</sup>	9,2 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	91,7 $\pm$ 6,1 <sup>a</sup>	5,1 $\pm$ 3,9 <sup>a</sup>
Jar+Stockosorb	62	30	6,6 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	34,6 $\pm$ 6,2 <sup>b</sup>	9,0 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	16,4 $\pm$ 9,8 <sup>ab</sup>	7,0 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	90,9 $\pm$ 10,0 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>
Borovica lesná voľnokorenná 1+0/ <i>Bareroot Scots pine 1+0</i>									
Jeseň/ <i>Autumn</i>	23	19	5,4 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	29,5 $\pm$ 5,9 <sup>a</sup>	10,5 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>	9,3 $\pm$ 4,6 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	71,5 $\pm$ 40,6 <sup>a</sup>	1,7 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>
Jar/ <i>Spring</i>	21	11	5,9 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	27,5 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	11,4 $\pm$ 5,6 <sup>a</sup>	12,0 $\pm$ 10,8 <sup>a</sup>	4,9 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>	90,9 $\pm$ 16,0 <sup>a</sup>	2,3 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>
Jar+Ectovit	30	20	5,5 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	27,0 $\pm$ 7,3 <sup>a</sup>	10,1 $\pm$ 4,0 <sup>a</sup>	9,0 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	5,6 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	65,3 $\pm$ 38,3 <sup>a</sup>	1,0 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>
Jar+Stockosorb	23	0	5,1 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	24,0 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	8,5 $\pm$ 5,6 <sup>a</sup>	8,0 $\pm$ 8,1 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	68,9 $\pm$ 44,0 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>
Borovica lesná krytokorenná 2+0/ <i>Containerized Scots pine 2+0</i>									
Jeseň/ <i>Autumn</i>	62	13	9,2 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	42,7 $\pm$ 8,7 <sup>a</sup>	13,3 $\pm$ 4,0 <sup>a</sup>	46,0 $\pm$ 25,4 <sup>a</sup>	4,3 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	77,0 $\pm$ 39,7 <sup>a</sup>	3,8 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>
Jar/ <i>Spring</i>	71	17	8,1 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	45,1 $\pm$ 7,1 <sup>a</sup>	12,0 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	32,0 $\pm$ 18,1 <sup>a</sup>	5,3 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	75,0 $\pm$ 33,0 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>
Jar+Ectovit	64	12	9,4 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	46,9 $\pm$ 7,8 <sup>a</sup>	13,8 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	46,5 $\pm$ 29,0 <sup>a</sup>	4,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	88,0 $\pm$ 21,8 <sup>a</sup>	4,8 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>
Jar+Stockosorb	63	12	9,0 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>	48,3 $\pm$ 8,7 <sup>a</sup>	13,7 $\pm$ 4,4 <sup>a</sup>	42,5 $\pm$ 25,0 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	89,2 $\pm$ 17,3 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>

Vysvetlivky: Rôzne písmená označujú štatisticky významný rozdiel medzi variantmi  $p>0,05$ . *Caption: Different letters mark significant difference between treatments  $p>0,05$*



Tab. 2: Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc  
 Table 2: Chemical analysis of seedlings photosynthetic apparatus

Variant <i>Treatment</i>	Sušina <i>Dry matter</i> (%)	C (%)	N (%)	P (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	K (mg.kg <sup>-1</sup> )
Smrek obyčajný/ <i>Norway spruce</i>							
Voľnokorenný/ <i>Bareroot</i>							
Jeseň/ <i>Autumn</i>	94,73	54,1	1,14	1500	6700	1960	4070
Jar/ <i>Spring</i>	94,58	52,5	1,01	1230	6050	1240	3510
Jar+Ectovit	93,49	56,0	1,41	1540	9670	1440	4760
Jar+Stockosorb	94,38	52,6	1,04	1420	6940	1300	4780
Krytokorenný/ <i>Containerized</i>							
Jeseň/ <i>Autumn</i>	94,48	52,4	1,69	1710	8820	1420	6800
Jar/ <i>Spring</i>	93,93	51,3	1,06	1430	6580	1590	5530
Jar+Ectovit	94,09	52,3	1,09	1600	8990	1280	6180
Jar+Stockosorb	94,54	48,1	1,32	1600	7980	1680	6360
Borovica lesná/ <i>Scots pine</i>							
Voľnokorenný/ <i>Bareroot</i>							
Jeseň/ <i>Autumn</i>	-	-	-	-	-	-	-
Jar/ <i>Spring</i>	93,38	48,7	1,34	1750	1970	1370	3580
Jar+Ectovit	94,81	46,1	1,35	1590	3040	1840	4570
Jar+Stockosorb	93,69	48,8	1,38	1800	2550	1700	4550
Krytokorenný/ <i>Containerized</i>							
Jeseň/ <i>Autumn</i>	94,49	52,2	1,74	1690	5070	2240	6260
Jar/ <i>Spring</i>	95,11	48,8	1,68	1730	5360	1920	5830
Jar+Ectovit	94,1	52,1	1,60	1590	4350	1040	5980
Jar+Stockosorb	93,85	53,1	1,77	1750	4720	1880	6290

ným poškodením smreka podpätkou podporila adaptáciu a vývoj výsadiel. REPÁČ, VENCURIK (2015) zistili pozitívny vplyv Ectovitu len v malom podiele z väčšieho počtu hodnotených plôch. TUČEKOVÁ *et al.* (2008) nepozorovali významné rozdiely v prežívaní a raste sadeníc smreka s aplikáciou a bez aplikácie Stockosorbu. Výrazne pozitívny vplyv hydroabsorbenta Agrisorb po pôsobení simulovanému prísušku opisuje MAUER (2007).

V ihličí KK SM z jesennej výsadby bola vyššia koncentrácia N, Ca a K než z jarnej výsadby. Aplikácia minimálne jedného z prípravkov zvýšila koncentráciu dusíka VK SM, vápnika a draslíka VK SM, KK SM a VK BO (Tab. 2). KK materiál mal o niečo vyššiu koncentráciu živín, zvlášť Ca a K, než VK. Pri porovnaní obsahu živín s odporúčanými hodnotami podľa BERGMANNA (1988) sme zistili najväčší deficit v obsahu dusíka VK SM, KK SM (s výnimkou jesennej výsadby) i VK BO, draslíka VK SM. V ostatných prípadoch bol obsah minerálnych živín na úrovni, alebo v málo prípadoch tesne pod hranicou odporúčaných zásob. Obsah živín v tomto štádiu vývinu kultúry je pravdepodobne v najväčšej miere výsledkom hnojenia materiálu v lesnej škôlke.

## LITERATÚRA

- BERGMANN, W. 1988. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung, visuelle und analytische Diagnose*. 2., erw. u. neugest. Aufl. Jena, Gustav Fischer Verlag: 762 s.
- HOLUŠA, J., PEŠKOVÁ, V., VOSTRÁ, L., PERNEK, M. 2009. Impact of mycorrhizal inoculation on spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests in infested by honey fungus. *Periodicum Biologorum*, 111: s. 413–417.
- JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V. 2006. *Průvodce krytokořenným sadebním materiálem lesních dřevin*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 56 s.
- MAUER, O. 2007. Možnosti ochrany lesních kultur v období přisušku. In: Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.) *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*. Lipt. Ján, 27.–28.03.2007. Zvolen, NLC: s. 145–149.
- PEŠKOVÁ, V., TUMA, M. 2010. Ověření vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: s. 211–220.
- REPÁČ, I. 2015. Príspevok k poznaniu vplyvu termínu výsadby na prežívanie a rast lesných kultúr. In: Štefančík, I., Bednárová D. (eds.) *Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesa*. Lipt. Mikuláš, 05.-06.10.2015. Zvolen, NLC: s. 28–36.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J. 2015. *Intenzifikácia technológií zakladania lesných kultúr so zameraním na aplikáciu stimulačných prípravkov*. Zvolen, Technická univerzita: 132 s.
- RUEHLE, J.L. 1982. Field performance of container-grown loblolly pine seedlings with specific ectomycorrhizae on a reforestation site in South Carolina. *Southern Journal of Applied Forestry*, 6: s. 30–33.
- TUČEKOVÁ, A., HALÁK, A., SLAMKA, M. 2008. Hydrogély v umelej obnove lesa. *Forestry Journal*, 54: s. 347–369.

## POĎAKOVANIE

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej, p. P. Imremu a Bc. M. Filípekovi za technické práce. Práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA MŠRV SR a SAV č. 1/0521/13.

## ÚČINKY SUBSTRÁTU A INOKULÁCIE SYMBIOTICKÝMI HUBAMI NA VÝVIN DVOJROČNÝCH SEMENÁČIKOV SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.)

### EFFECTS OF SUBSTRATE AND INOCULATION BY SYMBIOTIC FUNGI ON THE DEVELOPMENT OF TWO-YEAR-OLD NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) SEEDLINGS

IVAN REPÁČ, MATÚŠ SENDECKÝ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa, T.G.Masaryka 24,  
960 53 Zvolen, SR, repac@tuzvo.sk, msendecky@gmail.com

#### ABSTRACT

Bareroot seedlings of Norway spruce were grown in greenhouse in different substrates (peat, peat+perlite 2:1 and 1:1) inoculated by commercial ectomycorrhizal (ECM) additive Ectovit and mycelial bead inoculum of ECM fungi. Pure beads without fungi and control (no inoculation) were the other treatments. Seedling's growth, ECM formation and nutrient content in needles were evaluated after the second growing season. Neither substrate nor inoculation had significant effect on growth parameters of seedlings. Certain effect of substrate on occurrence of some ECM morphotypes and effect of inoculation also on total ECM mycorrhization and number of root tips was found. Seedlings grown in peat substrate showed higher content of phosphorus and potassium than those in the other substrates.

Keywords: growth substrate, mycorrhization, Norway spruce, bareroot seedlings

#### ABSTRAKT

Voľnokorenné semenáčky smreka obyčajného boli pestované v rôznych substrátoch (rašelina, rašelina+perlit 2:1 a 1:1), ktoré boli inokulované komerčným ektomykorizným (EKM) prípravkom Ectovit a mycéliovým granulovým inokulom EKM húb. Variantmi experimentu boli aj granule bez mycélia a kontrola (neinokulovaný substrát). Po druhom vegetačnom období bol na semenáčkoch hodnotený rast, výskyt ektomykoriz a obsah živín v asimilačných orgánoch. Substrát ani inokulácia nemali štatisticky významný vplyv na rast semenáčikov. Zistený bol mierny účinok inokulácie na tvorbu EKM morfortypov, celkový rozsah ektomykoriz a počet krátkych korieňkov. Semenáčky pestované v rašelíne obsahovali väčšie množstvo fosforu a draslíka než v ostatných dvoch substrátoch.

Kľúčové slová: substrát, mykorizácia, smrek obyčajný, voľnokorenné semenáčky

## Úvod

Obligátne ektotrofné dreviny, medzi ktoré patrí aj naša hospodársky najvýznamnejšia ihličnatá drevina smrek obyčajný, sú v nepriaznivých podmienkach pôdne-

ho prostredia existenčne závislé na symbióze s EKM hubami (REPÁČ et al. 2013). Mykorrhízna symbióza môže za určitých okolností napomáhať procesu rhizogenézy, príjmu vody a živín, chrániť dreviny pred patogénmi a extrémami prostredia (SMITH, READ 2008). Práce mnohých autorov potvrdili pozitívny účinok užitočných mikroorganizmov, zvlášť EKM húb na lesné dreviny (CASTELLANO 1996, HOLUŠA et al. 2009). Na rast semenáčikov, množstvo a zloženie ektomykoríz môže takisto významne vplývať aj typ použitého substrátu (TAMMI et al. 2001, REPÁČ 2007). Z biologického, ekonomického i praktického hľadiska je výhodná aplikácia užitočných mikroorganizmov pri pestovaní sadbového materiálu v lesnej škôlke, kde by mohli nahradiť použitie klasických fungicídov, po výsadbe zabezpečiť lepšiu adaptabilitu a rast lesných kultúr.

Cieľom tejto práce je overenie vplyvu rastového substrátu, komerčného hubového prípravku (Ectovit) a mycéliového granulového inokula vybraných EKM húb na rast koreňovej sústavy a nadzemnej časti, výskyt ektomykoríz a obsah základných živín v asimilačnom aparáte 2-ročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.).

#### MATERIÁL A METODIKA

Experiment bol založený začiatkom apríla 2014 v skleníku umiestnenom v areáli Technickej univerzity vo Zvolene (TU). Semenáčiky boli pestované v troch substrátoch, inokulovaných EKM prípravkom Ectovit a mycéliovým granulovým inokulom (pripravené v laboratóriu Katedry pestovania lesa TU). Variantmi experimentu boli aj granule neobsahujúce mycélium a kontrola (substrát bez aplikácie inokula alebo granúl). Rastovým substrátom bola vrchovisková rašelina (BORA Bobrov, SR) a zmes rašeliny s agropertilom v objemovom pomere 2:1 a 1:1. Rašelina BORA je pre účely pestovania semenáčikov lesných drevín producentom obohatená o vermikulit, zeolit, bentonit, zeolitický vápenec a NPK (14 %, 16 %, 18 %). Experiment bol usporiadaný ako dvojfaktorový v znáhodnených blokoch, obsahoval 12 kombinácií substrátu (3) a inokulácie (4) v troch opakovaníach (blokoch). Pre pestovanie voľnokorenných semenáčikov bolo použitých 36 PVC debničiek s rozmermi 56 × 36 × 20 cm (0,20 m<sup>2</sup>).

Prípravok Ectovit (Symbio-m, ČR) pozostával z dvoch zložiek. Tekutú zložku tvorilo mycélium štyroch druhov EKM húb (*Cenococcum geophilum*, *Hebeloma velutipes*, *Laccaria proxima* a *Paxillus involutus*) a suchú zložku spóry dvoch druhov EKM húb (*Pisolithus arrhizus* a *Scleroderma citrinum*) zmiešané v rašelino-  
vom nosiči spolu s prírodnými zložkami (humáty, mleté horniny, výťažky z morských organizmov) a biologicky rozložiteľnými granulami absorpčného gélu. Prípravok obsahujúci 650 ml mycélia.m<sup>-2</sup> substrátu bol zmiešaný s primeraným množstvom vody a v gélovej (kašovitej) forme premiešaný s vrchnou 10 cm vrstvou substrátu v objemovom pomere 1:7. Mycéliové granulové inokulum bolo pripravené podľa KROPÁČKA a CUDLÍNA (1989) a obsahovalo štyri druhy EKM húb (*Cenococcum geophilum*, *Cortinarius* sp. *Laccaria proxima*, *Tricholoma sejunctum*). Do nádob bolo aplikované celoplošne v tenkej vrstve, asi 3 cm pod povrch substrátu, v množstve 2,5 litra granúl.m<sup>-2</sup> (34,9 g sušiny mycélia.m<sup>-2</sup>).

Bezprostredne po inokulácii substrátov bol vykonaný výsev v dávke  $10,5 \text{ g.m}^{-2}$  a semeno zasýpané tenkou vrstvou zmesi rašeliny a perlitu. Substráty boli po celý čas trvania experimentu pravidelne podľa potreby zavlažované a pleté, semenáčky potrebnú dobu ošetrované preventívnymi fungicídnyimi postrekmi. Semenáčky neboli hnojené, aby boli vytvorené podmienky pre prejav potenciálnych účinkov EKM húb. Dva mesiace po vyklíčení boli semenáčky postupne prispôbované vonkajším podmienkam a ďalej pestované na nekrytej ploche.

Po skončení 2. vegetačného obdobia bolo náhodným výberom vyzdvihnutých z každej kombinácie sledovaných faktorov a opakovania 15 semenáčikov. Na semenáčikoch bola zisťovaná výška stonky, hrúbka koreňového krčka, hmotnosť sušiny nadzemnej a koreňovej časti po sušení 48 hod pri teplote  $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$  v sušiarňi. Z hmotností bola vypočítaná celková hmotnosť semenáčka a pomer hmotností koreňov a nadzemnej časti. Počet krátkych korieňov a výskyt ektomykoríz sme hodnotili vizuálne pomocou binokulárnej lupy pri 10–25 násobnom zväčšení na piatich semenáčikoch, z každého na niekoľkých náhodne vybraných kusoch hlavných koreňov celkovej dĺžky približne asi 20 cm. Rozsah mykoríz sme stanovili ako percentuálny podiel počtu mykoríz z počtu všetkých krátkych korieňov (nemýkorizne + mykorizy). Rozlíšili sme 6 EKM morfortypov podľa makromorfologických znakov (vetvenie, tvar, farba, dĺžka a hrúbka, mycélium). Chemická analýza asimilačných orgánov bola robená v laboratóriu Národného lesníckeho centra vo Zvolene.

Biometrické charakteristiky a rozsah mykoríz boli analyzované dvojfaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi sa použil Tukeyov test ( $p \leq 0,05$ ). Výpočty boli urobené na PC v štatistickom programe SAS.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rastový substrát ani inokulácia nemali významný vplyv na rast dvojročných semenáčikov smreka (Tab. 1). Hoci nie významne, o niečo nižšie hodnoty biometrických ukazovateľov, s výnimkou pomeru hmotností, boli zistené pre kontrolné neinokulované semenáčky v porovnaní s inokulovanými. TAMMI et al. (2001) uvádzajú, že medzi najvýznamnejšie okolnosti pôsobiace na rast, ale aj na tvorbu ektomykoríz semenáčikov patrí práve rastový substrát, s jeho fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Významný vplyv substrátu na rast smrekových semenáčikov zistili REPÁČ (2007) a REPÁČ et al. (2014), pravdepodobne v dôsledku testovania a porovnávaní substrátov s väčšími rozdielmi vo fyzikálnych a chemických vlastnostiach než v tomto experimente. V práci REPÁČA et al. (2014) aplikácia Ectovitu významne stimulovala rast krytokorenných semenáčikov smreka v čistej, na živiny chudobnej rašeline, na rozdiel od obohatených rašelinových substrátov. Podľa ROMERA (1986) je optimálny pomer koreňovej a nadzemnej časti u ihličnatých drevín v rozpätí 0,40–0,60, čo nasvedčuje na vyváženosť vývinu v tejto práci hodnotených semenáčikov.

Štatisticky významný rozdiel medzi jednotlivými variantmi, aj napriek výrazným rozdielom hodnôt zastúpenia EKM morfortypov, bol pozorovaný len v dvoch pri-

Tab. 1: Rastové ukazovatele (priemerné hodnoty  $\pm$  smerodajné odchýlky) dvojiročných voľnokorených semenáčikov smreka obyčajného

Table 1: Growth characteristics (mean values  $\pm$  standard deviations) of two-years-old bareroot Norway spruce seedlings

Variant <i>Treatment</i>	Výška stonky <i>Stem height (cm)</i>	Hrúbka koreňového krčka <i>Root collar diameter (mm)</i>	Hmotnosť sušiny nadzemnej časti <i>Shoot dry weight (mg)</i>	Hmotnosť sušiny koreňov <i>Root dry weight (mg)</i>	Hmotnosť sušiny spolu <i>Total dry weight (mg)</i>	Pomer hmotnosti KS/NČ <i>Ratio of root and shoot dry weight</i>	Počet krátkych koreňov <i>Number of root tips</i>
<b>Substrát/Substrate</b>							
Rašelina/Peat	11,01 $\pm$ 2,37	1,15 $\pm$ 0,31	222 $\pm$ 103	100 $\pm$ 49	322 $\pm$ 146	0,46 $\pm$ 0,14	126 $\pm$ 40
R + P 2:1	10,17 $\pm$ 2,14	1,13 $\pm$ 0,30	215 $\pm$ 101	104 $\pm$ 50	319 $\pm$ 144	0,49 $\pm$ 0,14	147 $\pm$ 50
R + P 1:1	10,49 $\pm$ 2,11	1,10 $\pm$ 0,30	211 $\pm$ 94	92 $\pm$ 44	303 $\pm$ 131	0,45 $\pm$ 0,15	143 $\pm$ 42
<b>Inokulácia/Inoculation</b>							
Ectovit	10,71 $\pm$ 2,25	1,19 $\pm$ 0,33	228 $\pm$ 110	114 $\pm$ 52	342 $\pm$ 155	0,52 $\pm$ 0,16	145 $\pm$ 48
Inokulum/Inoculum	10,34 $\pm$ 2,06	1,10 $\pm$ 0,29	207 $\pm$ 92	97 $\pm$ 47	304 $\pm$ 133	0,47 $\pm$ 0,14	140 $\pm$ 33
Granule/Beads	11,06 $\pm$ 2,44	1,14 $\pm$ 0,30	230 $\pm$ 107	92 $\pm$ 49	322 $\pm$ 149	0,41 $\pm$ 0,13	146 $\pm$ 53
Kontrola/Control	10,13 $\pm$ 2,06	1,09 $\pm$ 0,29	198 $\pm$ 83	92 $\pm$ 41	290 $\pm$ 119	0,48 $\pm$ 0,14	122 $\pm$ 39

R – peat, P – perlite

Tab. 2: Percento ektomykorizných morfortypov a celkový rozsah ektomykoriz (priemerné hodnoty) dvojiročných voľnokorených semenáčikov smreka obyčajného

Table 2: Percent of ectomycorrhizal morphotypes and total ectomycorrhizal colonization (mean values) of two-year-old bareroot Norway spruce seedlings

Variant <i>Treatment</i>	Ektomykorizné morfortypy/ <i>Ectomycorrhizal morphotypes</i>						Celkový rozsah ektomykoriz % <i>Total ecto-mycorrhizal colonization %</i>
	Žltohnedé <i>Yellow-brown</i>	Súdkovité <i>Barrel-shaped</i>	Kyjačkovité <i>Clubbed-shaped</i>	Oranžovo-hnedé <i>Orange-brown</i>	Hnedé <i>Brown</i>	Tmavohnedé <i>Dark brown</i>	
<b>Substrát/Substrate</b>							
Rašelina/Peat	8,7	1,2	1,7	5,9	50,8	15,2a	83,5
R + P 2:1	44,9	0,6	0,5	2,6	28,7	6,9b	84,2
R + P 1:1	52,7	0,7	0,0	5,9	26,5	1,6c	87,4
<b>Inokulácia/Inoculation</b>							
Ectovit	22,6	2,4a	0,1	11,5	37,4	10,3	84,3ab
Inokulum/Inoculum	37,3	0,2b	0,1	1,0	38,6	10,1	87,3ab
Granule/Beads	53,0	0,8b	2,4	6,6	23,0	4,6	90,4a
Kontrola/Control	28,8	0,0b	0,4	0,0	42,3	6,7	78,2b

Medzi priemernými hodnotami označenými rôznym písmenom je významný rozdiel ( $P \leq 0,05$ ) podľa Tukeya. *Means sharing the different letter are significantly different ( $P \leq 0,05$ ) by Tukey.*

padoch (Tab. 2). V prvom pre percentuálne zastúpenie tmavohnedého morfortypu medzi substrátmi, v druhom pre väčšie zastúpenie súdkovitých mykoriz pri

Tab. 3: Chemická analýza asimilačného aparátu dvojročných voľnokorenných semenáčikov smreka obyčajného

Table 3: Chemical analysis of assimilatory apparatus of two-year-old bareroot Norway spruce seedlings

Substrát <i>Substrate</i>	Variant <i>Treatment</i>	C (%)	N (%)	P (mg/kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg/kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg/kg <sup>-1</sup> )	K (mg/kg <sup>-1</sup> )
Rašelina <i>Peat</i>	Ectovit	48,5	1,49	2470	9450	2180	8350
	Inokulum/ <i>Inoculum</i>	49,2	1,42	2630	9790	2090	7980
	Granule/ <i>Beads</i>	49,8	1,69	2510	8930	2050	8190
	Kontrola/ <i>Control</i>	51,0	1,44	2200	10000	2110	7830
R + P 2:1	Ectovit	51,6	1,21	1430	8220	1960	6700
	Inokulum/ <i>Inoculum</i>	50,4	1,36	1440	8450	2000	6680
	Granule/ <i>Beads</i>	51,4	1,38	1320	8590	1950	5960
	Kontrola/ <i>Control</i>	50,1	1,31	1460	8560	2220	6350
R + P 1:1	Ectovit	49,3	1,48	1340	8590	1990	6490
	Inokulum/ <i>Inoculum</i>	50,1	1,41	1310	9480	2310	6060
	Granule/ <i>Beads</i>	48,7	1,39	1310	9220	2150	6050
	Kontrola/ <i>Control</i>	49,7	1,38	1110	8860	2230	5350

R – peat, P – perlite

aplikácii Ectovitu oproti ostatným variantom. Celkový rozsah EKM sa vo variantoch inokulácie pohyboval od 78 % do 90 % (Tab. 2). Významný rozdiel sa vyskytol medzi variantmi čisté granule a kontrola. Medzi substrátmi sa v tomto ukazovateli nevyskytli významné rozdiely. REPÁČ (2007) zistil významne vyšší rozsah ektomykoriz semenáčikov smreka rastúcich na kompostových než na rašelinových substrátoch. V našich predchádzajúcich spomínaných experimentoch (REPÁČ 2007, REPÁČ et al. 2014) však hubová inokulácia nestimulovala tvorbu ektomykoriz, v dôsledku výskytu a silnému účinku prirodzene sa vyskytujúcich EKM húb, voči ktorým sa aplikované huby nedokázali presadiť, čo je možné konštatovať aj pre tento experiment.

Analýza asimilačného aparátu semenáčikov ukázala zvýšenú koncentráciu P a K v čistej rašeline v porovnaní so zmesami rašeliny a perlitu (Tab. 3), pravdepodobne v dôsledku obsahu týchto prvkov v rašeline, na rozdiel od perlitu. Medzi jednotlivými variantmi inokulácie sa nevyskytli výraznejšie rozdiely a hodnoty prvkov sa pohybovali podľa BERGMANNA (1988) na úrovni normálnych zásob. Z pohľadu potenciálnej možnosti zvýšenia príjmu živín hubami neboli teda Ectovit a granulové hubové inokulum v tomto experimente účinné.

## LITERATÚRA

- BERGMANN, W. 1988. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose*. Jena, Fischer Verlag: 762 s.
- CASTELLANO, M.A. 1996. Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: Mukerji, K.G. (ed.) *Concepts in mycorrhizal research*. Dordrecht, Kluwer: s. 223–301.
- HOLUŠA, J., PEŠKOVÁ, V., VOSTRÁ, L., PERNEK, M. 2009. Impact of mycorrhizal in-

- oculation on spruce seedling: comparisons of a 5-year experiment in forests infested by honey fungus. *Periodicum Biologorum*, 111: s. 413–417.
- KROPÁČEK, K., CUDLÍN, P. 1989. Preparation of granulated mycorrhizal inoculum and its use in forest nurseries. In: Vančura, V., Kunc, F. (eds.) *Interrelationships between microorganisms and plants in soil*. Praha, Academia: s. 177–181.
- REPÁČ, I. 2007. Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. *Forestry*, 80: s. 517–530.
- REPÁČ, I., VENCURIK J., BALANDA, M. 2013. *Využitie mikrobiálnych prípravkov pri pestovaní sadbového materiálu lesných drevín*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 114 s.
- REPÁČ, I., BALANDA, M., VENCURIK, J., KMEŤ, J., KRAJMEROVÁ, D., PAULE, L. 2014. Effects of substrate and ectomycorrhizal inoculation on the development of two-years-old container-grown Norway spruce (*Picea abies* Karst.) seedlings. *iForest*, 8: s. 487–496.
- ROMERO, A.E., RYDER, J., FISHER, J.T., MEXAL, J.G. 1986. Root system modification of container stock for arid land plantings. *Forest Ecology and Management*, 16: s. 281–290.
- SMITH, S.E., READ, D.J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis* (Third edition). London, Academic Press: 787 s.
- TAMMI, H., TIMONEN, S., SEN, R. 2001. Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus and nursery *Sphagnum* peat microcosms. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: s. 746–756.

#### POĎAKOVANIE

Autori ďakujú p. J. Povaľačovej a p. J Hroncovi za technické práce. Práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA MŠRV SR a SAV č. 1/0521/13.



## **JAKÉ DŘEVINY JSOU VHODNÉ PRO ZALESŇOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD V OBLASTI DOUPOVSKÝCH HOR?**

### **WHICH TREE SPECIES ARE SUITABLE FOR AFFORESTATION OF FORMER AGRICULTURAL LAND IN DOUPOVSKÉ HORY MTS.?**

JIŘÍ SEDLÁČEK\*, ZDENĚK VACEK, LUKÁŠ BÍLEK, DANIEL ZAHRADNÍK

\*Vojenské lesy a statky ČR, s.p., Divize Karlovy Vary, LS Klášterec nad Ohří  
Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 165 21 Praha 6  
– Suchbátka, Czech Republic, bilek@fd.czu.cz

#### **ABSTRACT**

This work describes forest stands on former agricultural land in the conditions of Doupovské hory Mts., VLS ČR, s.p. The main objective of this research was to compare production and health characteristics of following tree species: *Picea abies* (L.) Karst., *Larix decidua* Mill., *Acer pseudoplatanus* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. and *Populus nigra* L. Stand structural characteristics were measured on 5 circular plots (500 m<sup>2</sup>) for each tree species. Comparing all types of damage, the difference between alder (0.084) and maple (0.091) was not statistically significant, while larch (0.356) and poplar (0.513) both were significantly different from the first two mentioned tree species. The highest damage was confirmed in the case of spruce (0.736), which differed from all other species. On the other hand, spruce had the highest standing volume (416.8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 29.7 SD), followed by poplar (350.0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 91.7 SD). The lowest standing volume was stated in the case of maple (182.9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 73.3 SD), followed by larch (238.3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 57.7 SD).

Keywords: former agricultural land, afforestation, production, forest damage, stability

#### **ABSTRAKT**

Tato práce hodnotí lesní porosty založené na bývalé zemědělské půdě v podmínkách Doupovských hor, VLS ČR, s.p., přičemž hlavním předmětem výzkumu bylo posouzení produkčních a zdravotních charakteristik smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.), modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.), javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.), olše lepkavé (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a topolu černého (*Populus nigra* L.). Pro popis porostních charakteristik byla zvolena metoda kruhových ploch (pro každou dřevinu 5 ploch o ploše 500 m<sup>2</sup>). Při celkovém hodnocení všech typů poškození dle dřevin, rozdíl mezi olší (0,084) a klenem (0,091) nebyl statisticky významný, od těchto dřevin se ale s vyšším výskytem poškození signifikantně odlišoval modřín (0,356) a topol (0,513) a následně s nejvyšším podílem smrk (0,736), který se jeví z hlediska poškození jako nejméně vhodnější pro pěstování na těchto stanovištích. Nejvyšší průměrná zásoba byla zjištěna u smrku (416,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 29,7 SD) a následně u topolu (350,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 91,7 SD). Nejnižší průměrná zásoba byla zjištěna u javoru kleny (182,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 73,3 SD) a následně u modřínu (238,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 57,7 SD).

Klíčová slova: bývalá zemědělská půda, zalesňování, produkce, poškození lesa, stabilita

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Zalesňování zemědělských půd je významným fenoménem poválečného vývoje českého lesnictví zejména v příhraničních oblastech, kde po odsunu německého obyvatelstva vznikly rozlehlé plochy zemědělské půdy bez perspektivy jejího dalšího intenzivního využívání. Nejedná se však o fenomén výlučně druhé poloviny 20. století, neboť zalesňování nevyužívané krajiny ve větší či menší míře probíhalo již minimálně 200 let (VACEK et al. 2009). Další vlna zalesňování a expanze lesa pak nastává od 90. let dvacátého století až po současnost. Dobře je to patrné například na vývoji výměry lesů v ČR, kdy od roku 2010 do roku 2014 jejich plocha narostla přesně o 9000 ha, tedy v průměru o 2250 ha ročně (MZE 2015).

Z pěstebního hlediska se jedná zejména o porosty, které v první generaci lesa mají celou řadu specifických znaků počínaje půdními podmínkami a zpravidla rychlým růstem a konče jejich nižší stabilitou a vysokou mírou poškození biotickými činiteli, a to zejména houbovými patogeny (MAUER 2006; MAREŠ 2006).

Mimoto zásadním faktorem, který rozhoduje o budoucích produkčních a ekologických funkcích nově založených porostů, je volba vhodné dřeviny. Cílem studie je posoudit produkční potenciál a kvalitu porostů středního věku pěti různých dřevin v severní části Doupovských hor, VLS ČR, s.p., Divize Karlovy Vary, LS Klášterec nad Ohří.

## MATERIÁL A METODIKA

Zkusné plochy byly vybrány v porostech založených na bývalé zemědělské půdě majících podobný věk a stanovištní podmínky. Jedná se o porosty smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) KARST.), modřínu opadavého (*Larix decidua* MILL.), javoru kleonu (*Acer pseudoplatanus* L.), olše lepkavé (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a topolu černého (*Populus nigra* L.). Přehled vybraných porostních a stanovištních charakteristik je uveden v Tab. 1.

V každém porostu bylo náhodně založeno pět kruhových zkusných ploch o poloměru  $r = 12,62$  m (500 m<sup>2</sup>). U všech zaujatých stromů byla změřena průměrkou výčetní tloušťka s přesností na cm, celková výška a výška nasazení koruny s přesností na 0,1 m (výškoměr Vertex IV).

Pro hodnocení poškození stromů byla použita metodika Ústavu pro výzkum lesních ekosystémů, s. r. o. (IFER), která byla modifikována pro místní podmínky (ČERNÝ et al. 2009). Poškození stromů bylo hodnoceno v následujících kategoriích:

### 1) Poškození zvěří – poškození způsobené loupáním a ohryzem

Loupání a ohryz kmene se zahrnují do jedné kategorie:

0 – Kmen stromu nebyl poškozen

1 – Kmen stromu byl poškozen

### 2) Poškození mechanické

Hodnotí se poškození kmene a kořenových náběhů mechanického původu (odřnění kůry a lýka způsobené těžbou a přibližováním dříví atd.):

0 – Kmen stromu nebyl poškozen

1 – Kmen stromu byl poškozen

Tab. 1: Porostní a stanovištní charakteristiky  
Table 1: Stand and site characteristics

Dřevina <i>Tree species</i>	Porost <i>Forest stand</i>	Lesní typ <i>Forest site</i>	Ø tloušťka (cm) <i>Ø diameter (cm)</i>	Ø výška (m) <i>Ø height (m)</i>	Nadmořská výška (m) <i>Altitude (m)</i>	Hospodářský soubor <i>Management set of stands</i>	Rok založení <i>Year of establishment</i>	Věk v roce 2015 <i>Age in 2015</i>	Expozice <i>Aspect</i>
Smrk <i>Spruce</i>	102B060	6F	24	21	790	541	1962	53	J S
Modřín <i>Larch</i>	96A05a	5B	26	22	720	541	1966	49	JZ SW
Javor <i>Maple</i>	94A060	6F	25	22	720	546	1958	57	J S
Olše <i>Alder</i>	94A050	6O	20	18	720	567	1963	52	Z W
Topol <i>Poplar</i>	95A050	5D	40	28	660	541	1968	47	J S

Vysvětlivky: 6F1 – svahová smrková bučina, 5B – bohatá jedlová bučina, 6O – svěží smrková jedlina, 5D – obohacená jedlová bučina

Captions: 6F1 – *Piceeto-Fagetum lapidosum mesotrophicum*, 5B – *Abieto-Fagetum eutrophicum*, 6O – *Piceeto-Abietum variohumidum mesotrophicum*, 5D – *Abieto-Fagetum acerorum deluvium*

### 3) Poškození kmene hnilobou

Podle vnějších znaků se usoudí na přítomnost hniloby kmene stromu. U smrku je to např. ztloustnutí báze kmene a výrony pryskyřice. U dalších dřevin je to zejména přítomnost plodnic dřevokazných hub na kmeni nebo na kořenech:

0 – Kmen stromu nebyl poškozen

1 – Kmen stromu byl poškozen

### 4) Výskyt zlomů kmene

Sleduje se zlomení kmene (koruny) způsobené abiotickými faktory:

0 – Strom nebyl poškozen

1 – Vrškový zlom – ke zlomení došlo v horní třetině koruny

2 – Korunový zlom – ke zlomení došlo ve zbývajících dvou třetinách koruny

3 – Kmenový zlom – ke zlomení došlo pod živou korunou

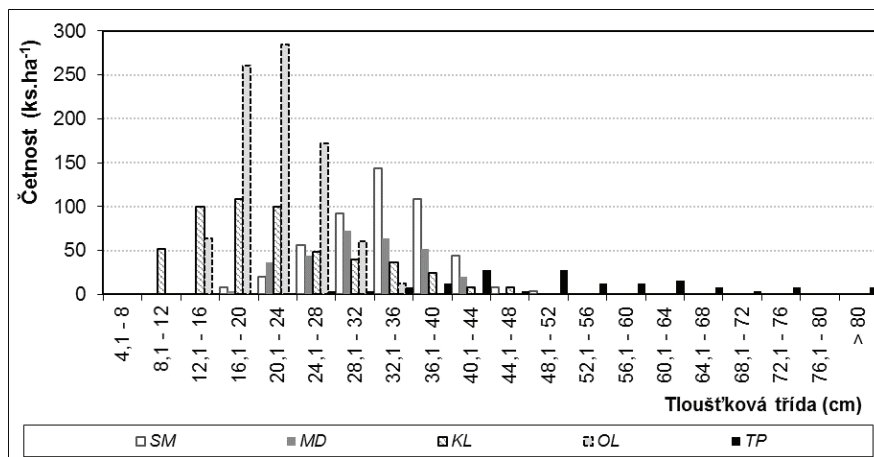
4 – Vývrát – strom byl vyvrácen

Typy poškození podle dřevin byly statisticky vyhodnoceny metodou mnohonásobného porovnání parametrů  $p$  binomických rozdělení (ANDĚL 1998). Výsledky jsou prezentovány formou homogenních skupin.

Statistické analýzy produkčních parametrů byly zpracovány v softwaru Statistica 12 (STATSOFT 2013). Rozdíly v průměrné zásobě a průměrné kruhové základně mezi dřevinami byly testovány pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Následně signifikantně odlišné rozdíly byly testovány pomocí post-hoc Fisherova LSD testu.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Nejvyšší průměrná tloušťka porostu byla naměřena u topolu (52,8 cm ± 7,6 SD) a následně u smrku (34,3 cm ± 1,8 SD), oproti tomu nejnižší tloušťka byla u olše (22,5 cm ± 1,9 SD) a následně u kleny (22,63 ± 4,4 SD). Podobně, nejvyšší průměrná výška byla zjištěna u topolu (30,0 m ± 1,5 SD), naopak klen dosahoval téměř jeho poloviční výšky (16,4 ± 2,0 SD). Z hlediska počtů stromů, nejvíce jedinců bylo naměřeno u olše, tj. od 620–1080 stromů.ha<sup>-1</sup>, na druhou stranu 7krát nižší počty byly zjištěny u topolu (140–180 stromů.ha<sup>-1</sup>). Při porovnání objemu středního kmene, topol dosahuje nejvyšší objemu na ploše 1 v průměru 3,31 m<sup>3</sup> (nevyšší objem až 5,84 m<sup>3</sup>), naopak klen na ploše 5 v průměru pouze 0,13 m<sup>3</sup> (nejnižší 0,04 m<sup>3</sup>), což je v podstatě 25krát méně. Tloušťková struktura všech porovnávaných dřevin je uvedena na Obr. 1.



Obr. 1: Tloušťková struktura všech porovnávaných dřevin

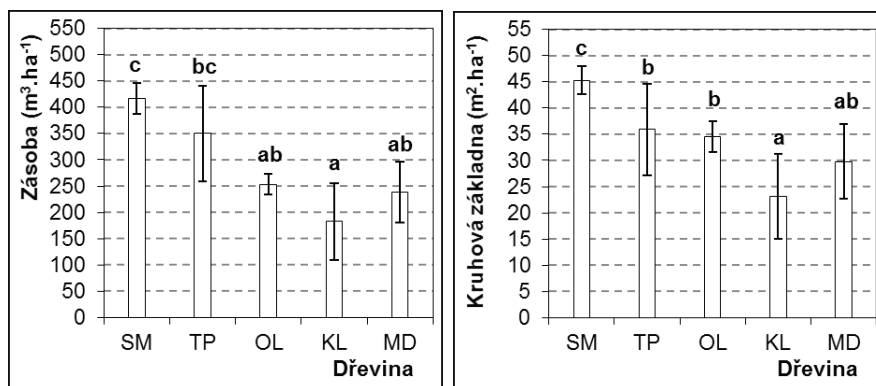
Fig. 1: Diameter structure of all tree species in the study

Vysvětlivky: SM – smrk, MD – modřín, KL – javor klen, OL – olše, TP – topol

Captions: SM – spruce, MD – larch, KL – sycamore maple, OL – alder, TP – poplar

Porovnání zásoby a výčetní kruhové základny jednotlivých dřevin je uvedeno na Obr. 2. Rozdíl mezi průměrnou zásobou jednotlivých dřevin je statisticky významný ( $F_{(4,20)}=11,92$ ,  $P < 0,001$ ). Nejvyšší průměrná zásoba byla zjištěna u smrku (416,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 29,7 SD), resp. na ploše 2 (464,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) a následně u topolu (350,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 91,7 SD), resp. na ploše 1 (463,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>). Nejnižší průměrná zásoba byla zjištěna u javoru kleny (182,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 73,3 SD), zejména na ploše 5 (91,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) a následně u modřínu (238,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ± 57,7 SD), obzvláště na ploše 1 (154,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>). U průměrné zásoby byly zjištěny čtyři homogenní skupiny ( $P < 0,05$ ) u měřených dřevin. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn u smrku oproti olši, kleny a modřínu (nejvyšší zásoba) a u kleny oproti topolu a smrku (nejnižší zásoba). Signifikantně nejvyšší kruhová základna ( $P < 0,05$ ) byla zjištěna u smrku oproti všem dřevinám, rozdíly mezi topolem, olší a modřínem nebyly zjištěny, a signifikantně nejnižší kruhová základna byla u kleny při porovnání s olší, topolem a smrskem.

Ačkoliv námi sledované plochy na Doupově se vyskytují na živinově bohatších stanovištích, jsou zásoby jednotlivých druhů dřevin na těchto plochách v převážně mírně nižší, než jsou průměrné hodnoty z dalších lokalit ČR (VACEK 2009; BALÁŠ 2007). To je způsobeno zejména značným tlakem spárkaté zvěře v této oblasti nejen v současné době, ale pravděpodobně i v době založení a odrůstání sledovaných porostů (SEDLÁČEK 2016).



Obr. 2: Průměrná zásoba (vlevo) a výčetní kruhová základna (vpravo) pro jednotlivé dřeviny; významné rozdíly ( $P < 0.05$ ) mezi výškami jsou označeny různými písmeny; chybové úsečky představují směrodatnou odchylku (SD)

Fig. 2: Average volume (left) and basal area (right) for particular tree species; statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) are indicated by different letters; error bars indicate standard deviation (SD)

Vysvětlivky: SM – smrk, MD – modřín, KL – javor klen, OL – olše, TP – topol

Captions: SM – spruce, MD – larch, KL – sycamore maple, OL – alder, TP – poplar

Rozdíly v míře poškození pro jednotlivé dřeviny jsou znázorněny v Tab. 2. Nejvyšší podíl poškození zvěří byl u smrku (0,529), ostatní dřeviny nebyly zvěří poškozeny. Rozdíly mezi všemi těmito typy jsou statisticky významné (na hladině významnosti 0,05), což je znázorněno svíslými čarami v pravé části okna v tabulce. Hnilobou byl nejvíce poškozen smrk (0,587) a následně s výrazným odstupem modřín (0,041) a klen (0,031), naopak bez hniloby je topol (0,000) a olše (0,005). Rozdíly u smrku byl oproti ostatním dřevinám statisticky významné. Mechanicky byl poškozen nejvíce opět smrk (0,132) a klen (0,076), ostatní dřeviny pouze minimálně ( $<0.027$ ). Z hlediska vrškového zlomu byl nejvíce poškozen modřín (0,342), smrk (0,314) a topol (0,308), které se statisticky významně neodlišovaly mezi sebou, ale významný rozdíl byl zjištěn od olše a kleny ( $<0,080$ ). Topol se také od ostatních dřevin signifikantně odlišoval nejvyšším podílem vývrátů (0,154).

Tab. 2: Mnohonásobné porovnání typu poškození podle dřevin a poškození souhrnně; statisticky významné rozdíly ( $P < 0.05$ ) mezi dřevinami jsou znázorněny svislými čarami

Table 2: Multiple comparison of particular tree damage and total tree damage; statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) are indicated by vertical bars

Poškození zvěří <i>Game damage</i>	Poškození mechanické <i>Mechanical damage</i>	Hniloba <i>Rot</i>	Zlom vrškový <i>Top crown break</i>
TP 0	TP 0	TP 0	KL 0,031
OL 0	OL 0,005	OL 0,005	OL 0,066
KL 0	MD 0,027	KL 0,031	TP 0,308
MD 0	KL 0,076	MD 0,041	SM 0,314
SM 0,529	SM 0,132	SM 0,587	MD 0,342
Zlom korunový <i>Crown break</i>	Vývrat <i>Root stock</i>	Zlom celkem <i>Break total</i>	Poškození celkem <i>Damage total</i>
KL 0	SM 0	KL 0	OL 0,085
MD 0	OL 0	OL 0,080	KL 0,091
SM 0,008	KL 0	SM 0,322	MD 0,356
OL 0,014	MD 0	MD 0,342	TP 0,513
TP 0,051	TP 0,154	TP 0,513	SM 0,736

Vysvětlivky: SM – smrk, MD – modřín, KL – javor klen, OL – olše, TP - topol

Captions: SM – spruce, MD – larch, KL – sycamore maple, OL – alder, TP - poplar

Při celkovém hodnocení všech typů poškození dle dřevin, rozdíl mezi olší (0,084) a klenem (0,091) nebyl statisticky významný, od těchto dřevin se ale s vyšším výskytem poškození signifikantně odlišoval modřín (0,356) a topol (0,513) a následně s nejvyšším podílem smrk (0,736), který se jeví z hlediska poškození jako nejméně vhodný pro pěstování na těchto stanovištích.

## ZÁVĚR

Z celkového porovnání míry poškození vychází nejhůře smrk ztepilý, což koreponduje s četnými výsledky šetření z obdobných podmínek (MAREŠ, 2006; BALÁŠ 2007). Poměrně překvapivý je vysoký podíl výskytu hnilob u modřínu opadavého. Olše a javor jsou dřeviny ve studovaných porostech s nejmenší produkcí, avšak jejich zdravotní stav vychází se vzájemného porovnání mezi dřevinami nejlépe a lze předpokládat i jejich příznivý vliv na lesní stanoviště.

## LITERATURA

- ANĎEL, J. 1998. *Statistické metody*. Praha, Matfyzpress: 274 s.
- BALÁŠ, M. 2007. *Struktura a vývoj lesních porostů založených na bývalých zemědělských půdách v Orlických horách*. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální: 143 s.
- ČERNÝ, M., CIENCIALA, E., RUSS, R. 2009. *Metodika terénního šetření v systému inventarizace krajiny CzechTerra*. [online]. IFER - Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o., [cit. 2016-29-04]. Dostupné na: [http://www.czechterra.cz/documents/CzechTerra\\_MetodikaInventarizace\\_2010.pdf](http://www.czechterra.cz/documents/CzechTerra_MetodikaInventarizace_2010.pdf)
- MAREŠ, R. 2006. Kořenové hniloby ve smrkových porostech založených na země-

- dělské půdě. In: Neuhöferová, P. (ed.). *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor*. Sborník referátů, Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: s. 133–138.
- MAUER, O. 2006. Zalesňování zemědělských půd v nadmořských výškách 400 až 700 metrů na vodou neovlivněných stanovištích. In: Neuhöferová, P. (ed.). *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor*. Sborník referátů, Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006. Praha, ČZU; Jíloviště-Strnady, VÚLHM: s. 201–207.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2015. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014*. [online]. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 196 s. [cit. 2016-29-04]. Dostupné na: [http://www.lesycr.cz/media/tiskove-zpravy/Documents/Zprava\\_o\\_stavu\\_lesa\\_a\\_lesního\\_hospodarství\\_CR\\_v\\_roce\\_2014.pdf](http://www.lesycr.cz/media/tiskove-zpravy/Documents/Zprava_o_stavu_lesa_a_lesního_hospodarství_CR_v_roce_2014.pdf).
- SEDLÁČEK, J. 2016. *Struktura a vývoj lesních porostů založených na bývalých zemědělských půdách v Doupovských horách*. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská: 74 s.
- VACEK, S., SIMON, J. ET AL. 2009. *Zakládání a stabilizace lesních porostů založených na bývalých zemědělských a degradovaných půdách*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 792 s.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B02/16), Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.





## **DYNAMIKA VÝVOJA KULTÚR JEDLE A DOUGLASKY NA DO HUSÁRIK**

### **DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF FIR AND DOUGLAS-FIR CULTURES ON HUSÁRIK EXPERIMENTAL SITE**

ANNA TUČEKOVÁ

Forest National Centre – Forest Research Institute Zvolen, T. G. Masaryka 22, Zvolen,  
tucekova@nlcsk.org

#### **ABSTRACT**

*The paper presents the next knowledge of artificial regeneration by both sowing (conventional and microseeding in the growing cells) and planting (using bare-root and containerized seedlings) of the fir and Douglas-fir during 4 growing seasons in Husárik experimental site. For both tree species, significantly better was germination of seeds in the growing cells compared with conventional sowing. Parameters of both the Douglas fir plantings from sowing and planting are similar/comparable (50–67 cm). Bare-root planting of fir preserved its tendency to slow height growth (3–17 cm per year), while individuals from sowing (both conventional and microseedings) and containerized plantings grown faster with roughly comparable average height (16–21 cm respectively).*

*Key words: artificial regeneration, planting, sowing, fir, Douglas-fir*

#### **ABSTRAKT**

*Príspevok uvádza ďalšie poznatky z umelej obnovy sejbou (klasická a mikrovýsevy vo vegetačných bunkách) a sadbou (voľnokorenné a krytokorenné sadenice) jedle a douglasky v priebehu 4-roch vegetačných období na demonštračnom objekte (DO) Husárik. U oboch drevín významne lepšie vyklíčili semená vo „vegetačných bunkách“ ako na klasických ploškách. Douglaska má po 4. roku skoro porovnateľné parametre výšok zo sejby aj sadby (od 50 do 67 cm). Voľnokorenná jedľa si trend pomaly prirastajúcej výšky zachováva (ročne 3–17 cm), pričom jedince zo sejby (mikrovýsevy aj výsevy na voľné plošky) a krytokorenné výsadby majú približne porovnateľnú priemernú výšku (od 16 do 21 cm).*

*Kľúčové slová: umelá obnova, sadba, sejba, jedľa, douglaska*

#### **ÚVOD A PROBLEMATIKA**

Požiadavka na spoločné plnenie ekologických, sociálnych a ekonomických funkcií vyžaduje odklon od pestovania ihličnatých monokultúr. Zachovávanie smrekových monokultúr na stanovištiach s prirodzeným výskytom zmiešaných a listnatých porastov je neúnosné a už dnes je potrebné pretvárať lesné ekosystémy tak, aby mali čo najviac adaptačných schopností na globálne zmeny ekologických podmienok (SOUČEK, TESAŘ 2008). Na Slovensku sú nepôvodné smrečiny v posledných desaťročiach sústavne postihované kalamitami, spôsobujúcimi rozsiahle ekologické aj ekonomické škody.

V súčasnosti vo viacerých oblastiach aktuálne odumieranie nepôvodných smrečín je novým impulzom na prehodnotenie prístupu k umelej obnove lesov. REMEŠ (2010) uvádza, že pri premenách prevažne smrekových rovnovekých porastov v procese ich prestavby na porasty štruktúralne diferencované nie je reálna zásadnejšia zmena druhovej skladby bez umelej obnovy. Prebudovy nepôvodných smrečín na porasty s bohatšou štruktúrou sú bez zmeny druhového zloženia ne realizovateľné. Všetky navrhované opatrenia k realizácii zakladania zmiešaných porastov sú však sprevádzané obavami z ich nereálnosti za súčasného stavu poškodzovania kultúr a nárastov najmä zverou. Jeho výrazné zníženie je základnou podmienkou úspešného zakladania zmiešaných porastov, najmä s jedľou a bukom. Aj v oblasti Kysuckých lesov sa odporúča zmena druhového zloženia najmä v prospech buka, jedle a cenných listnáčov. Napriek tomu, že jedľa biela so svojimi veľkými nárokmi na vyrovnanú vlhkosť pôdy aj vzduchu je v umelej obnove vhodnejšia do podsadiet, používa sa aj pri výsadbe holín v rámci rekonštrukcií porastov.

Vzhľadom na svoju rastovú dynamiku je aj douglaska vhodnou drevinou pre zakladanie zmiešaných porastov (OLIVER, LARSON 1996). Pokiaľ ide o melioračnú funkciu douglasky, je u nej uvádzaný nižší potenciál acidifikácie pôdneho prostredia ako u smreka (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008) a vyšší ako u listnáčov. Vďaka vysokej produkcii a širokej ekologickej valencii je považovaná v lesnom hospodárstve strednej Európy za najperspektívnejšiu introdukovanú drevinu (KENK, EHRING 1995, BERAN, ŠINDELÁŘ 1996). V európskom priestore je navyše považovaná za produkčne vhodnú náhradu ekonomicky významných drevín ako je napr. smrek ale aj ako alternatíva využiteľná pre zaistenie stability porastov v podmienkach klimatickej zmeny. Pri zavádzaní douglasky do rekonštruovaných smrekových porastov je nutné využiť jej umelú obnovu, pretože v oblasti Kysúc sa staršie porasty nevyškytujú, preto ani často nemáme k dispozícii domáce zdroje osiva.

Cieľom príspevku je prezentácia štvorročného vývoja jedle a douglasky v rámci rôznych technológií umelej obnovy na demonštračnom objekte rekonštrukcií smrečín na Kysuciach vybudovaného v rámci projektu „*Demonštračný objekt premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy*“.

## **MATERIÁL A METODIKA**

Jeden z 10-tich založených experimentov na DO Husárik je experiment „C“ - porovnanie rôznych alternatív umelej obnovy pričom pokusné plochy sú usporiadané formou znáhodnených blokov s opakovaním, čo umožňuje štatistické vyhodnocovanie rozdielov medzi overovanými variantmi (TUČEKOVÁ 2012).

Cieľom experimentu C, na ktorý v príspevku upriamujem pozornosť je ukázať voľbu drevín, výber typu sadbového materiálu a porovnať technologické postupy sadby a sejby jednotlivých drevín vysadených na holine po rozpade monokultúry smreka. Plocha bola založená na kalamitnej holine, nadmorská výška 750–800 m, S expozícia, sklon 20 %. Umelá obnova sa uskutočnila drevinami smrek, jedľa, smrekovec, douglaska, buk, dub, javor, jaseň, štyrmi spôsobmi:

sejba – klasická (plôšky 30 × 30 cm) 3 – 5 semien na plôšku  
 sejba – mikrovýsevy (vegetačné bunky – VB) 3 – 5 semien vo VB  
 sadba – krytokorenné sadenice  
 sadba – voľnokorenné sadenice

V príspevku TUČEKOVÁ (2015) bol vyhodnotený a prezentovaný vývoj smreka, buka, smrekovca a duba počas 4 vegetačných období, ktorý v tejto práci dopĺňam výsledkami 4-ročného vývoja jedle a douglasky (javor a jaseň sú v štádiu spracovávaní). Sejba aj sadba (jamková) drevín Jedľa biela (*Abies alba* Mill.), Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziensis* [Mirb.] Franco) je v pravidelných sponoch (1,5 × 1,5 m), založená v jarnom a jesennom termíne r. 2011. Základné informácie o semennom a sadbovom materiáli sú uvedené v Tab. 1. Pri výbere sadbového materiálu sa dodržali genetické, morfológické aj fyziologické hľadiská kvality sadenic a pri transporte, manipulácii a samotnej výsadbe technologická disciplína.

Tab. 1: Základná charakteristika semena, krytokorenného (KK) a voľnokorenného (VK) sadbového materiálu lesných drevín vysadených v experimente C

Table 1: Basic characteristics of seeds, containerized (KK) and bare-root (VK) plantings of forest tree species planted in the experiment C

Drevina <i>Tree</i>	Typ <i>Typ</i>	Evidenčný kód <i>Registration code</i>	Semenárska oblasť <i>Seed region</i>	Vek <i>Age</i>	Obal <i>Cover</i>
Jedľa biela <i>Abies alba</i>	Semeno <i>Seed</i>	03424TS-009		-	
	KK	03424TS-009	2 – Stredoslovenská	K2	kazety Marbet
	VK	03424TS-009	2 – Stredoslovenská	2+3	
Douglaska tisolistá <i>Pseudotsuga menziensis</i>	Semeno <i>Seed</i>	11413BS-001	1	-	
	KK	11413BS-001	1	K2	Lännen Plantek
	VK	11514NO-002	1	2+1	

KK-krytokorenné, VK-voľnokorenné, KK- containerized planting, VK- bare-root planting

Testovacie a demonštračné výsadby voľnokorenných a krytokorenných sadenic obidvoch drevín vrátane sejby sú na ploche cca 0,7 ha (3072 ks). Po každom ukončenom vegetačnom období sa uskutočnili merania rastových parametrov nadzemnej časti prežívajúcich jedincov, údaje sa štatisticky vyhodnotili a rozdiely otestovali (ANOVA T-test). Zároveň sa hodnotil adaptačný proces, zdravotný stav a poškodenie všetkých jedincov.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky vyklíčenia jedle a douglasky zo sejby vo vegetačných bunkách (mikrosejba) a na plôškach (klasická sejba) po 1. a 4. vegetačnom období sú v Tab. 2. Pri obidvoch drevinách významne lepšie vyklíčili semená pod krytom t.j. vo vegetačných bunkách ako na klasických plôškach. Pri klasickej sejbe sme zaznamenali veľmi nízke vyklíčenie najmä douglasky (11 %), pričom semená jedle vyklíčili na voľnej ploche – holine cca na 23 %. Autori HOUŠKOVÁ et al. (2014) uvádzajú, že práve douglaskové semeno má nízku energiu klíčivosti, čo môže byť aj z dôvodu

Tab. 2: Percentá vyklíčených semenáčikov, ujatosti a prežívania krytokorenných a voľnokorenných sadeníc jedle a douglasky v experimente C

Table 2: Percentage of germinated seedlings survival and surviving of containerized and bare-root plantings of fir and Douglas fir in the experiment C

Drevina /Tree	Vyklíčenie semenáčikov, ujatosť sadeníc – 1. rok, prežívanie – 4. rok (%) Germinating seedlings, survival plantings – 1 <sup>th</sup> year, surviving – 4 <sup>th</sup> year (%)							
	Sejba/Sowing		Sadba/Planting					
Variant Variant	Mikrosejba (VB) Micro sowing (GC)	Klasické plôšky Classic tabs	Krytokorenné Containerized	Voľnokorenné Bare-root				
Rok/Year	1. rok	4. rok	1. rok	4. rok	1. rok	4. rok	1. rok	4. rok
jedľa	52	40	23	11	72	48	95	94
douglaska	45	44	11	10	57	47	92	77

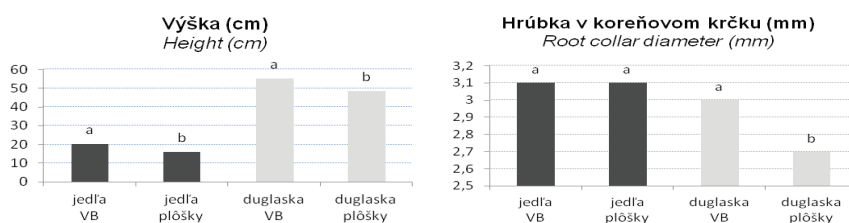
nedostatočne dlhej studenej stratifikácie semena vzhľadom k teplotným podmienkam výsevu. Autori EDWARDS, EL-KASSABY (1995) doporučujú pred jarným výsevom troj až päťtýždňovú studenú stratifikáciu pri 3–5 °C. Pretože my sme stratifikáciu semena použili kratšiu ako 3 týždne, aj to mohlo byť príčinou slabého klíčenia douglaskového semena. Následné straty jedincov zo sejby najmä klasickej boli zaznamenané najmä počas nepriaznivých teplotných a vlhových pomerov v letných vegetačných obdobiach. Potvrďuje to aj stav meteorologických parametrov v priebehu sledovaného obdobia r. 2011–2015 SITKOVÁ 2015 (IN TUČEKOVÁ et al. 2015). Z jedľových semenáčikov vyhynulo na holine v tomto období viac ako 50 %. Po 4. roku preživalo vo vegetačných bunkách v priemere 40 % jedľových a 44 % douglaskových semenáčikov na plôškach len cca 10 %. Na základe výsledkov sejbu na voľných otvorených holinách na plôšky pri pomaly rastúcej jedli nedoporučujeme. Rovnako pri nedodržaní potrebných odporúčaní pri sejbe douglasky sa nedosiahli očakávané priaznivé výsledky.

Po porovnaní ujatosti oboch spôsobov umelej obnovy (sejba, sadba) môžeme konštatovať, že sa významne líši (Tab. 2). Sejby vo vegetačných bunkách dosiahli v priemere 52 (jedľa) a 45 % (douglaska) vyklíčených semenáčikov, na plôškach len 23 (jedľa) a 11 % (douglaska), pričom kvalitné výsadby voľnokorenej jedle dosiahli 95 %-nú a krytokorenej 72 %-nú ujatosť. Nižšie percento ujatia pri krytokorenných spôsobil zimný náter terminálov novým testovaným koncentrovanejším ochranným prípravkom Repelak proti poškodeniam zverou. Tento náter po otestovaní nedoporučujeme používať na terminál 1–2 ročných ihličnanov (TUČEKOVÁ 2015).

Rovnako ako pri jedľových výsadbách aj pri douglaske najvyššiu ujatosť dosiahli voľnokorenné douglasky (92 %). Ujatosť krytokorenných douglasiek bola ovplyvnená najmä nedostatkom vlhky po jarnej výsadbe a následnom presychaní obalového rašelinového substrátu. Viac ako 80 % krytokorenných výsadiel jedle malo po jesennej výsadbe zasúšený terminál (po nátere) ale aj z dôvodu poškodenia neskorým jarným mrazom.

Po 4. vegetačnom období sa straty na voľnokorenných výsadbách zvýšili najmä na douglaske o 15 %, na jedli len o 2 %. O mnoho vyššie straty (10–24 %) najmä z dôvodu už spomínaných niekoľkoročných nepriaznivých vlhových pomerov

sme zaznamenali po štyroch rokoch na krytokorenných výsadbách obidvoch dre-  
vín (Tab. 2). Pri týchto drevinách sa nepreukázala na DO Husárik prednosť kryto-  
korenného sadbového materiálu pred voľnokorenným, čo je v našich výskumných  
pozorovaniach skôr výnimkou. Lepšiu ujímavosť krytokorenných smrekových  
sadeníc v porovnaní s voľnokorennými 4 roky po výsadbe popisuje aj SKOUPÝ  
(1979). Preukázalo sa, že pri výbere sadbového materiálu, výsadbe ale aj násled-  
nej starostlivosti a ochrane je aj pri krytokorenných výsadbách nutné dodržiavať  
technologickú disciplínu. Aj autori BARTOŠ, KACÁLEK (2011) zistili pri hodnote-  
ní zdravotného stavu douglasky vysadenej na bývalej lúke, že výška strát závisí  
na vhodnosti stanovišta a charaktere počasia po výsadbe. Za možné riziko pri jej  
pestovaní na bývalej poľnohospodárskej pôde uvádzajú aj kombináciu fyziologic-  
kého vysychania v zimnom období a hubového napadnutia sypavkou. Zdravotný  
stav prežívajúcich douglasiek v našom experimente je priaznivý, len s ojedinělými  
príznakmi žltnutia asimilačných orgánov po mrazoch. Zdravotný stav jedľových  
výsadiet po 4. roku je dobrý, bez znakov ďalšieho poškodenia.



Obr. 1, 2: Priemerné rastové parametre (výška a hrúbka v koreňovom krčku so šta-  
tistickou významnosťou) jedle a douglasky zo sejby (mikrosejby vo ve-  
getačných bunkách a klasická sejba na plôšky) po 4. vegetačnom období  
– rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na  $p < 0,05$  ( $n=50$ )

Fig. 1, 2: The average growth parameters (height, root collar diameter with sta-  
tistical significance) fir and Douglas fir from sowing (mikroseeding in  
the growing cells and conventional sowing) after the four growing season  
– values signed with the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) ( $n=50$ )

Na Obr. 1 a 2 sú prezentované rastové parametre (výška, hrúbka v koreňovom krč-  
ku a ich štatistická významnosť) jedincov zo sejby po 4. roku. Najvyššie parametre  
dosiahli douglasky vo vegetačných bunkách (výška 55 cm, hrúbka 3 mm), najnižšie  
jedľa na voľných plôškach (výška 16 cm, hrúbka 3 mm). Semenáčiky vo vegetač-  
ných bunkách preukazujú pravidelné prírastky a lepšie rastové parametre nadzem-  
nej časti ako na voľných klasických plôškach pri obidvoch drevinách (Obr. 1, 2).

Hodnotenie rastových parametrov nadzemnej časti jedincov zo sadby voľnoko-  
reenného a krytokorenného typu sadeníc preukázalo štatisticky významné rozdiely  
vo výškových a hrúbkových prírastkoch) už po 1. roku (Tab. 3).

Krytokorenné sadenice jedle dosahovali štatisticky významne menšie výškové aj  
hrúbkové prírastky oproti voľnokorenným. Potvrdil sa fakt, že 2-ročné krytoko-  
reenné jedľové semenáčiky v prvých rokoch prirastajú pomalšie ako 5-ročné voľ-  
nokorenné sadenice (pozri Tab. 1 – sadbový materiál pri výsadbe). Naproti tomu

Tab. 3: Priemerné rastové parametre (výška, hrúbka v koreňovom krčku v čase výsadby), výškový a hrúbkový prírastok (so štatistickou významnosťou) výsadiel jedle a douglasky v 1. až 4. vegetačnom období

Table 3: Average growth parameters (height, thickness of root collar at the time of planting), height and diameter increment (with statistical significance) of plantings of fir and Douglas fir in the first to fourth growing seasons

Variant <i>Variant</i>	Výška (výškový prírastok – VP) stonky (cm) <i>Height (height increment – VP) stem (cm)</i>				Hrúbka koreň. krčka (hrúbkový prírastok-HP) (mm) <i>Root collar diameter (thickness increment-HP) (mm)</i>					
	V čase * výsadby	VP 1. r.	VP 2. r.	VP 3. r.	VP 4. r.	V čase * výsadby	HP 1. r.	HP 2. r.	HP 3. r.	HP 4. r.
jedľa										
KK *	11,9	2,7 <sup>b</sup>	1,4 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>	-	2,1	0,7 <sup>b</sup>	0,4 <sup>b</sup>	1,5 <sup>a</sup>	-
VK	31,0	3,1 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>	17,1	7,5	1,9 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	4,7
douglaska										
KK *	13,4	6,1 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	16,3 <sup>a</sup>	25,8	2,0	0,7 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	1,5 <sup>b</sup>	-
VK	19,6	4,5 <sup>b</sup>	12,7 <sup>a</sup>	15,5 <sup>b</sup>	-	3,4	1,4 <sup>a</sup>	1,9 <sup>b</sup>	3,7 <sup>a</sup>	4,1

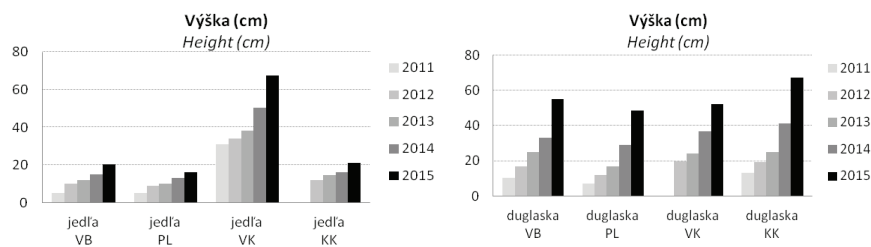
rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na  $p < 0,05$  ( $n=50$ )  
*values signed with the same letter are not significantly different ( $p = 0.05$ ) ( $n=50$ )*  
 \*at time of planting, \*KK, VK - dtto in Table 2

2-ročné krytokorenné douglasky dosahovali najmä ročné výškové prírastky významne vyššie ako 3-ročné voľnokorenné. V 2. roku (2013) po výsadbe sa však u oboch drevín preukázal negatívny efekt nedostatku zrážok počas vegetačnej periódy na výškovom prírastku. BARTOŠ, KACÁLEK (2011) uvádzajú že na priaznivom stanovišti dosahuje douglaska v treťom roku po výsadbe priemernú výšku cca 1,5 m. Na suchšom stanovišti rastie však pomalšie. Na našej výskumnej ploche nedosahovali douglasky po 4. roku výšku 70 cm. Kvalitný sadbový materiál sa ukazuje ako jeden z kľúčových faktorov pri ujatí a adaptačnom procese (REPÁČ et al. 2011, TUČEKOVÁ 2015, JURÁSEK et al. 2010, MAUER, MAUEROVÁ 2010).

Vývoj rastových parametrov nadzemnej časti počas 4. vegetačných období jedincov zo sejby a sadby je na Obr. 3. a 4. Po 4. roku zaznamenávame pri douglaske skoro porovnateľné parametre výšok zo sejby aj sadby, napriek tomu, že jedince zo sadby boli v čase výsadby o 2–3 roky staršie. Voľnokorenná jedľa si trend pomaly prirastajúcej výšky zachováva, pričom jedince zo sejby (mikrovýsevy aj výsevy na plôšky) a krytokorenné výsadby majú približne porovnateľnú priemernú výšku.

## ZÁVER

Na VDO Kysuce, DO Husárik chceme názorne demonštrovať čo pre obnovu kalamitných plôch jednotlivé postupy a riešenia znamenajú. Výstupom z experimentu C by mala byť overená technológia používania progresívnych postupov umelej obnovy na veľkoplošných holinách po rozpade monokultúr smreka.



Obr. 3, 4: Vývoj výšky jedle a douglasky zo sejby (VB-vegetačné bunky, PL-plôšky) a zo sadby (VK-voľnokorenné, KK-krytokorenné) počas 4. vegetačných období

Fig. 3, 4: Development of the height of fir and Douglas fir from sowing (VB-growing cells, PL-pad) and the seed (VK-bare-root planting, KK-containerized planting) during the four growing seasons

Ujatosť oboch spôsobov umelej obnovy (sejba, sadba) sa pri jedli a douglaske významne líši. Sejby vo vegetačných bunkách dosiahli v priemere 50 %-nú na klasických plôškach len cca 15 %-nú, pričom kvalitné výsadby voľnokorenej jedle dosiahli 95 %-nú a krytokorenej 72 %-nú ujatosť. Po 4. vegetačnom období sa straty na voľnokorenných výsadbách zvýšili najmä na douglaske o 15 %, na jedli len o 2 %. Na krytokorenných výsadbách oboch drevín z dôvodu niekoľkoročných nepriaznivých vlhových pomerov sme zaznamenali omnoho vyššie straty (10–24 %). Na základe týchto pozorovaní sejbu na voľných otvorených holiňách na plôšky pri pomaly rastúcej jedli nedoporučujeme. Rovnako pri nedodržaní potrebných odporúčaní pri sejbe douglasky sa nedosiahli pozitívne výsledky.

Najvyššie rastové parametre po 4. roku dosiahli douglasky vo vegetačných bunkách (výška 55 cm, hrúbka 3 mm), najnižšie jedľa na voľných plôškach (výška 16 cm, hrúbka 3 mm). Pri jedincoch zo sadby voľnokorenného a krytokorenného typu sadeníc sa preukázali štatisticky významné rozdiely vo výškových a hrúbkových prírastkoch už po 1. roku. Po 4. roku zaznamenávame pri douglaske skoro porovnateľné parametre výšok zo sejby aj sadby (od 50 do 67 cm). Voľnokorenná jedľa si trend pomaly prirastajúcej výšky zachováva (ročne 3-17 cm), pričom jedince zo sejby (mikrovýsevy aj výsevy na voľné plôšky) a krytokorenné výsadby majú približne porovnateľnú priemernú výšku (od 16 do 21 cm).

## LITERATÚRA

- BARTOŠ, J., KACÁLEK, D. 2011. Douglaska tisolistá – drevina vhodná k zalesňovaniu bývalých zemiedľských pôd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): s. 6–13.
- BERAN, F., ŠINDELÁŘ, J. 1996. Perspektivy vybraných cizokrajných drevín v lesním hospodárství ČR. *Lesnictví-Forestry*, 42 (8): s. 337-355.
- EDWARDS, D.G.W., EL KASSABY, Y.A. 1995. Douglas-fir genotypic response to seed stratification. *Seed Science & Technologies*, 23: s. 771–778.
- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J. 2010. *Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu*. Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce 5/2010. Strnady, VÚLHM: 35 s.
- LEADEM, C. 1996. *A guide to the biology and use of forest tree seeds*. Victoria,

- Province of British Columbia, Ministry of Forest Research Program: 21 s.
- HOUŠKOVÁ, K., MARTINÍK, A., PALÁTOVÁ, E., CAFOUREK, J., HOUŠKA, J. 2014. Lze zlepšit vzházivost osiva douglasky tisolisté? *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (4): s. 256–263.
- KENG, G., EHRING, A. 1995. Tanne-Fichte-Buche oder Duglasie? *Allgemeine Forstzeitschrift*, 50 (11): s. 567–569.
- MAUER, O., MAUEROVÁ, P. 2010. Vliv kvality užitého sadebního materiálu na následnou kvalitu a stabilitu založených porostů. In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy*. Zborník referátov. Zvolen, NLC: s. 117–122.
- OLIVER, CH.D., LARSON, B.C. 1996. *Forest stand dynamics*. New York, Wiley: 520 s.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: s. 29–36.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M. 2011. Účinky substrátu, mykORIZÁCIE a hnojenia na rastové a fyziologické parametre jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.). In: Kacálek D. et al. (eds). *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnicích se podmínkách prostředí*. Strnady, VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno: s. 81–90. Proceedings of Central European Silviculture.
- SKOUPÝ, J. 1979. Růst kultur založených sazenicemi obalenými a prostokořennými. In: *Sborník referátů z vědecké konference biologické sekce – subsekce zakládání lesů a štěchtění lesních dřevin lesnické fakulty, konané u příležitosti 60. výročí Vysoké školy zemědělské v Brně*. Brno, VŠZ: s. 112–118.
- SOUČEK, J., TESAŘ, V. 2008. Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. *Lesnický průvodce* 4/2008. Strnady, VÚLHM: 37 s.
- TUČEKOVÁ, A. 2012. Demonstračný objekt rekonštrukcie smrečín na Kysuciach. In: Bednárová, D. (ed.). *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2012*. Zborník referátov zo seminára konaného 18.10.2012 vo Zvolene. Zvolen, NLC: s. 101–110.
- TUČEKOVÁ, A. 2015. Rekonštrukcie smrečín na Kysuciach s použitím umelej obnovy sejbou a sadbou. In: *Zborník príspevkov z 3. medzinárodnej konferencie „Aktuálne problémy v zakladaní a pestovaní lesov 2015“*. Liptovský Mikuláš, 5.–6.10.2015. Zvolen, NLC-LVÚ: s. 17–28.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol vďaka Agentúre na podporu výskumu a vývoja projektu APVV-0889-11 a projektu DORS za podpory OP VV financovaného z EF RR.



## **REGENERAČNÉ PROCESY VYSOKOHORSKÝCH SMREKOVÝCH LESOV V NPR POĽANA**

### **REGENERATION PROCESSES IN SUBALPINE SPRUCE FORESTS IN NNR POĽANA**

JAROSLAV VENCURIK, PETER JALOVIAR, STANISLAV KUCBEL, MARIANA KÝPEŤOVÁ

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

#### **ABSTRACT**

*The study analyses natural regeneration in subalpine spruce forest in NNR Poľana (Forest Unit Kyslinky, compartment 526 and 527). In the series of 20 circular research plots ( $r = 17.9$  m), we measured the data for the calculation of basic dendrometric characteristics of the investigated stands. Tree species, seedbed, height and damage of natural regeneration individuals were registered in 13 selected plots in altitudinal zones 1300 m a.s.l. (7 research plots) and 1400 m a.s.l. (6 research plots). We found significant differences in total density, tree species composition and height of natural regeneration individuals in separate altitudinal zones. Deadwood represented the most suitable environment for spruce regeneration.*

*Keywords: subalpine forest, natural regeneration, altitudinal zone, spruce, rowan*

#### **ABSTRAKT**

*Táto štúdia analyzuje prirodzenú obnovu vo vysokohorskom smrekovom lese v NPR Poľana (LC Kyslinky, dielce 526 a 527). Na sérii 20 kruhových výskumných plôch ( $r = 17,9$  m) boli merané údaje pre výpočet základných dendrometrických charakteristik porastov. Druh dreviny, podklad, výška a poškodenie jedincov prirodzenej obnovy boli evidované na 13 vybraných kruhových plochách vo výškových zónach 1300 m n. m. (7 výskumných plôch) a 1400 m n. m. (6 výskumných plôch). Výskumom boli zistené výrazné rozdiely v celkovej početnosti, druhovom zložení a vyspelosti jedincov prirodzenej obnovy v jednotlivých výškových zónach. Odumreté drevo vytváralo vhodné prostredie pre obnovu smreka.*

*Kľúčové slová: vysokohorský les, prirodzená obnova, nadmorská výška, smrek, jařabina*

#### **ÚVOD A PROBLEMATIKA**

Prírodné smrekové lesy v 7. lesnom vegetačnom stupni patria v porovnaní s lesmi nižších polôh k najlepšie zachovalým lesným ekosystémom. V minulosti sa vysokohorským lesným ekosystémom venovala len malá pozornosť. Výrazné disturbančné procesy enormných rozmerov spôsobujúce intenzívny rozpad týchto lesov upriamili lesnícku pozornosť na problematiku vysokohorských lesov pre-

dovšetkým na proces ich obnovy, a teda zachovania a pestovného usmerňovania s prioritou trvalej udržateľnosti, stability a funkčnosti vysokohorských lesov (KUCBEL 2003). Prírodný les je v tomto smere vhodným modelom práve pre existujúci dlhodobý proces prirodzenej obnovy. Takýmto objektom je aj vrcholová oblasť Poľany, ktorá sa považuje za najjužnejší výskyt vysokohorského smrekového lesa.

Prírodná obnova vysokohorských smrečín je komplikovaný proces, determinovaný najmä klimatickými podmienkami. OTT (1989) považuje fázu obnovy vo vysokohorských lesoch za najproblematickejšiu životnú etapu lesných ekosystémov, ale iba neustále prebiehajúce regeneračné procesy bez dlhších období stagnácie sú schopné zaistiť trvalú prítomnosť vysokohorského lesa (KUCBEL 2003). Vývoj a rast jedincov prirodzenej obnovy je ovplyvnený drsnými klimatickými podmienkami, ktoré sa rapídne menia od priaznivých na nepriaznivé už v rámci jednotlivých mikrorastanovišť (KRÄUCHI et al. 2000). Významné postavenie majú regeneračné procesy prebiehajúce na rozkladajúcich sa pňoch alebo kmeňoch (OTT et al. 1995).

Cieľom tejto práce je analýza regeneračných procesov vysokohorského smrekového lesa v NPR Zadná Poľana. Významnou súčasťou analýzy je stanovenie počtosti a druhovej štruktúry prirodzenej obnovy, miery jej poškodenia ako aj podielu prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve.

## MATERIÁL A METODIKA

Výskumnými objektmi v tejto práci boli vysokohorské smrekové lesy v NPR Zadná Poľana (LC Kyslinky, dieľce 526 a 527) v Slovenskej republike. Skúmané porasty s výmerou 25,31 ha (dielec 526), resp. 24,73 ha (dielec 527) sa nachádzajú v nadmorskej výške 1180 až 1450 m n. m., expozícia severozápadná, sklon 60 %. Geologické podložie je tvorené predovšetkým andezitom, s pomestným výskytom brál. Prevládajúcim pôdnym typom je andosol. Priemerná ročná teplota sa pohybuje od 4,0 do 4,5°C a priemerný ročný zrážkový úhrn od 900 do 1000 mm. Podľa ZLATNÍKOVEJ (1976) typologickej školy sa jedná o skupiny lesných typov *Acereto-Piceetum*, *Sorbeto-Piceetum* a *Fraxineto-Aceretum*. Lesné spoločenstvá sú tvorené smrekom (*Picea abies* [L.] Karst.), bukom (*Fagus sylvatica* L.), javorom horským (*Acer pseudoplatanus* L.) a jarabinou vtáčou (*Sorbus aucuparia* L.). Vek porastov sa pohybuje približne na úrovni 200 rokov (veľmi hrubá kmeňovina). Skúmané dieľce sú zaradené do kategórie ochranných lesov.

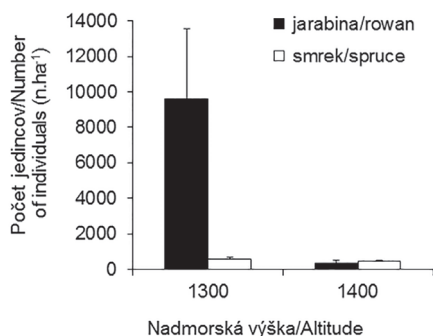
Na ploche skúmaných porastov bolo v roku 2013 založených v pravidelnej štvorcovej sieti (100×100 m) 20 trvalých kruhových plôch s polomerom 17,9 m (0,1 ha). Na týchto plochách boli pomocou technológie Field-Map zamerané pozície všetkých stromov s hrúbkou > 8 cm; merala sa tiež ich hrúbka  $d_{1,3}$  a evidoval sa druh dreviny. Tieto údaje slúžili na výpočet základných dendrometrických charakteristík porastov. Na kruhových plochách sa zisťovali tiež počty jedincov prirodzenej obnovy v členení podľa druhu dreviny, merala sa ich výška a evidovalo sa poškodenie. Zisťoval sa tiež typ podkladu, na ktorom rástli jedince obnovy (minerálna pôda, moderové drevo). V tejto štúdii sú analyzované len výskumné plochy v dvoch výškových zónach 1300 m n. m. (7 výskumných plôch) a 1400 m n. m. (6 výskumných plôch).

Všetky štatistické analýzy boli vykonané pomocou programu Statistica 6.0. Pre posúdenie významnosti rozdielov miery poškodenia medzi drevinami, resp. výškovými zónami navzájom bol použitý Mann-Whitney U test (ZAR 1999).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vo výškovej zóne 1300 m n. m. bol zistený celkový počet živých stromov s hrúbkou  $d_{1,3} > 8$  cm  $213 \pm 17$  ks.ha<sup>-1</sup>, kruhová základňa  $43,9 \pm 5,3$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> a zásoba  $329,1 \pm 45,6$  m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>; vo výškovej zóne 1400 m n. m.  $247 \pm 30$  ks.ha<sup>-1</sup>,  $42,9 \pm 3,5$  m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> a  $283,7 \pm 26,8$  m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. S rastúcou nadmorskou výškou bol zaznamenaný trend zvyšovania počtu stromov na jednotku plochy. Tieto rozdiely však mali pri vysokej variabilite sledovaného znaku iba náhodný charakter. Nadmorská výška okolo 1400 m n. m. je v prirodzených smrečinách na Slovensku považovaná za istú hranicu, ktorá pomerne výrazne ovplyvňuje ich štruktúru. Napríklad v prírodných smrekových porastoch Babej Hory zistili VORČÁK et al. (2006) pokles heterogenity štruktúry po nadmorskú výšku 1450 m n. m. a jej následný nárast po prekročení tejto hranice. Prírodné lesy NPR Poľana vykazujú v porovnaní s horskými lesmi iných orografických celkov Slovenska vyššiu homogenitu porastov (HOLEKSA et al. 2007). Okrem toho, že nadmorská výška tu dosahuje iba 1458 m n. m. majú na ich štruktúru hlavný vplyv najmä pôdne a geologické pomery neovulkanickej oblasti.

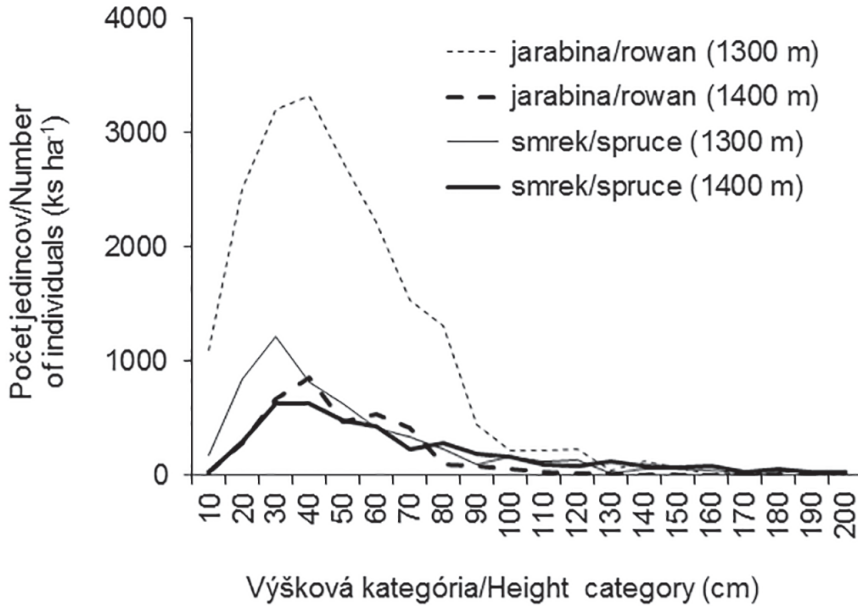
Dominantnou drevinou v skúmaných porastoch bol smrek. Jarabina sa vyskytovala len sporadicky, pričom na výstavbe porastov sa podieľala iba minimálnou mierou (údaje nie sú prezentované v tejto štúdii).



Obr. 1: Početnosti jedincov prirodzenej obnovy (priemer $\pm$ S.E.) podľa výškových pásiem

Fig. 1: Abundance of natural regeneration individuals (mean $\pm$ S.E.) in relation to altitudinal zones

Priemerný počet jedincov prirodzenej obnovy vo výškovej zóne 1300 m n. m. ( $10203 \pm 4026$  ks. ha<sup>-1</sup>) bol významne vyšší v porovnaní so zónou 1400 m n. m. ( $818 \pm 136$  ks. ha<sup>-1</sup>; Obr. 1). Najviac zastúpené boli jedince vo výškových kategóriách do 1 m. Ich podiel z celkovej obnovy predstavoval v oboch výškových zónach tak pri smreku ako aj pri jarabine viac ako 80 %. (Obr. 2). Pomerne nízka početnosť jedincov prirodzenej obnovy smreka vo výškovej zóne 1400 m n. m. bola kompenzovaná ich výškovou vyspelosťou. Podľa HOLEKSU et al. (2007) existuje v týchto podmienkach významný pozitívny vzťah medzi rastúcou nadmorskou výškou a hustotou odrastenejšej prirodzenej obnovy s výškou nad 30 cm. Z toho vyplýva, že aj napriek nízkemu počtu jedincov obnovy v tejto zóne je zabezpečená kontinuita dorastania smreka do vyšších vrstiev porastu. Na výskumných plochách neboli jedince prirodzenej obnovy rozmiestnené rovnomerne, ale



Obr. 2: Rozdelenie počtostí prirodzenej obnovy vo výškových kategóriách (10 cm) podľa drevín a výškových zón

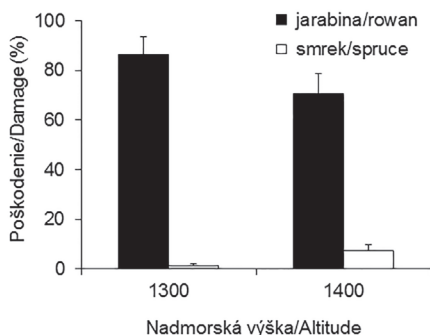
Fig. 2: Frequency polygon of natural regeneration in height categories (10 cm) according to tree species and altitudinal zones

prejavoval sa tu sklon k vytváraní priestorovo heterogénnych štruktúr typických pre subalpínske smrekové lesy. Napriek tomu sa však v neskoršom veku porasty vyznačovali typickou homogénnou štruktúrou.

Prirodzená obnova bola tvorená smrekom, jarabinou a bukom. V nadmorskej výške 1400 m n. m. bolo zistené väčšie zastúpenie smreka (55,0 %) v porovnaní s jarabinou (45,0 %). V zóne 1300 m n. m. už nad smrekom (5,8 %) výrazne prevažovala jarabina (94,2 %), v dôsledku vyššieho podielu plodiacich stromov tejto dreviny na výskumných plochách (Obr. 1). Buky sa vyskytovali len zriedkavo. Jarabina je typickou prípravnou drevinou horských lesov a jej zastúpenie v prirodzenej obnove býva vo väčšine prírodných lesov v 7. lesnom vegetačnom stupni vysoké (KORPEL 1995). Avšak vzhľadom na pomerne krátku životnosť dorastá jarabina do hornej vrstvy horských smrekových porastov len zriedka. Jej vysoké zastúpenie vo výškovej zóne 1300 m n. m. tak neznamená priamu konkurenciu pre smrek. Buk je na rozdiel od jarabiny klimaxovou drevinou a v porastoch smreka môže dosiahnuť aj úrovňové postavenie. V súčasnosti sa však nachádza len minimálnom množstve vo výškovej zóne 1300 m n. m., aj to len v postavení dolnej vrstvy porastov.

Smrek sa v oboch výškových zónach obnovoval predovšetkým na moderovom dreve (61,8 % pre zónu 1300 m n. m., resp. 54,3 % pre zónu 1400 m n. m.), jarabina preferovala hlavne minerálnu pôdu (81,8 %, resp. 76,3 %). Prítomnosť väčšieho množstva odumretého dreva vytvárala vhodné kľúčne lôžko pre obnovu smreka.

Skúmaním obnovy smrekových prírodných lesov bolo zistené zvyšovanie podielu zmladenia na moderovom dreve so stúpajúcou nadmorskou výškou (KORPEL 1995), čo sa však v našej štúdií nepotvrdilo. Mŕtve drevo vo vyšších polohách poskytuje vhodné podmienky pre nástup prirodzenej obnovy smreka. Predovšetkým sa jedná o vyššiu teplotu v porovnaní s minerálnou pôdou, ochranu pred vegetáciou, dostatočné zásobenie koreňov kyslíkom, rýchlejšie topenie snehu, predĺženie vegetačného obdobia a veľmi skoré vytváranie mykoríznej symbiózy, keďže smrek patrí medzi obligátne ektotrofné dreviny (EICHRODT 1969; BAIER et al. 2007; REPÁČ 2011).



Obr. 3: Podiely poškodených jedincov (primer±S.E.) podľa drevín a výškových zón

Fig. 3: Percentages of damaged individuals of tree species (mean±S.E.) according to tree species and altitudinal zones

Jarabina a smrek sa výrazne odlišovali aj v miere poškodenia zverou (Obr. 3). Smrek bol v oboch zónach poškodzovaný len sporadicky. Plošná variabilita jeho poškodenia bola veľmi nízka. Jarabina vykazovala naopak vysokú mieru poškodenia v oboch výškových zónach (86,4 %, resp. 70,6 %). Poškodzované boli jedince jarabiny bez ohľadu na ich výškovú vyspelosť. Rozdiely v podiele poškodenia medzi výškovými zónami v rámci jednej dreviny však neboli významné. Naopak, ako významné boli potvrdené rozdiely medzi uvedenými drevinami navzájom v každej výškovej zóne (MW-U test:  $p=0,017$  pre zónu 1300 m n. m. a  $p=0,027$  pre zónu 1400 m n. m.). Rozsah poškodenia lesných porastov zverou je okrem druhu, hustoty a populačnej štruktúry zverou závislý podľa AMMERA et al. (2010) hlavne od zastúpenia drevín atraktívnych pre zver, regeneračnej schopnosti a štruktúry porastov. V prípadoch silného ataku zveri často dochádza k ochudobňovaniu, prípadne až k zániku prirodzených drevinových zmesí. Vzhľadom na nízke % poškodenia smreka, ako základnej dreviny skúmaných porastov, je riziko výraznejšieho narušenia ich drevinového zloženia pomerne malé.

## ZÁVER

Na základe výskumu prirodzenej obnovy vo vysokohorskom smrekovom lese v NPR Poľana sme dospeli k nasledovným záverom:

- Celková početnosť jedincov prirodzenej obnovy vo výškovej zóne 1300 m n. m. bola významne vyššia v porovnaní so zónou 1400 m n. m.
- S rastúcou nadmorskou výškou stúpal podiel jarabiny v prirodzenej obnove.
- Aj napriek nízkemu počtu jedincov obnovy smreka vo výškovej zóne 1400 m n. m. je zabezpečená kontinuita jeho dorastania do vyšších vrstiev porastu.

- Prítomnosť odumretého dreva vytvárala vhodné podmienky pre obnovu smreka.
- Bola potvrdená významne vyššia miera poškodenia jedincov prirodzenej obnovy jarabiny v porovnaní so smrekom.

#### LITERATÚRA

- AMMER, C., VOR, T., KNOKE, T., WAGNER, S. 2010. *Der Wald-Wild-Konflikt. Analyse und Lösungsansätze vor dem Hintergrund rechtlicher, ökologischer und ökonomischer Zusammenhänge*. Göttingen, Universitätsverlag: 184 s.
- BAIER, R., MEYER, J., GÖTTLEIN, A. 2007. Regeneration niches of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) saplings in small canopy gaps in mixed mountain forests of the Bavarian Limestone Alps. *European Journal of Forest Research*, 126 (1): s.11–22.
- EICHRODT, R. 1969. *Über die Bedeutung von Moderholz für die natürliche Verjüngung im subalpinen Fichtenwald*. Diss. Zürich, ETH: 122 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. *European Journal of Forest Research*, 126 (2): s. 303–313.
- KORPEL, Š. 1995: *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York, Fischer Verlag: 310 s.
- KRÄUCHI, N., BRANG, P., SCHÖNENBERGER, W. 2000. Forests of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, 132 (1): s. 73–82.
- KUCBEL, S. 2003. Charakteristika modelovej štruktúry vysokohorského smrekového lesa v oblasti Prašivej v Nízkych Tatrách. *Acta Facultatis Forestalis*, 45: s. 173–186.
- OTT, E. 1989. Verjüngungsprobleme in hochstaudenreichen Gebirgswäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 140: s. 23–42.
- OTT, E., HLADÍK, M., KORPEL, Š., SANIGA, M. 1995. *Pestovanie horských lesov Švajčiarska a Slovenska*. Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR: 127 s.
- REPÁČ, I. 2011. Ectomycorrhizal inoculum and inoculation techniques. In: Rai, M., Varma, A. (eds.) *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae*. Soil Biology 25. Berlin, Heidelberg, Springer: s. 43–63.
- ZAR, J.H. 1999: *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall: 663 s.
- ZLATNÍK, A. 1976. *Lesnická fytoecenie*. Praha, SZN: 495 s.

#### POĎAKOVANIE

Práca vznikla s finančnou podporou grantov VEGA 1/0057/14 „Dynamika a disturbančný režim horských smrečín v orografickom celku Nízke Tatry“ a VEGA 1/0040/15 „Disturbančné procesy a dynamika štruktúry pralesov v orografickom celku Oravské Beskydy a Kremnické vrchy“.

## STANOVENÍ KRITÉRIA PRO ODLIŠENÍ TETRAPLOIDNÍCH DRUHŮ BŘÍZ OD DIPLOIDNÍCH A PŘEDPOVĚĎ JEJICH VÝSKYTU V RÁMCI ČR

### DEVELOPING A CRITERION FOR DISTINGUISHING TETRAPLOID BIRCH SPECIES FROM DIPLOID AND MODELLING THEIR POTENTIAL DISTRIBUTION IN THE CZECH REPUBLIC

ROSTISLAV LINDA<sup>1,2</sup>, LUKÁŠ GÁBOR<sup>1</sup>, IVAN KUNEŠ<sup>2</sup>, MARTIN BALÁŠ<sup>2</sup>,  
NAĀ RAŠÁKOVÁ<sup>2</sup>, JOSEF GALLO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakulta životního prostředí, Aplikovaná ekologie, <sup>2</sup>Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra pěstování lesů. Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýčká 1176, 165 00 Praha–Suchdol, rostislav.linda@live.com

#### ABSTRACT

The aim of this work is to suggest a determination criterion for distinguishing between diploid and tetraploid taxa of the genus *Betula* L. and to predict potential distribution of tetraploid birch taxa in the Czech Republic. For ploidy prediction (based on macroscopic traits on leaves of individuals), 97 individuals from 11 localities within Šumava region were sampled and their real genome size was determined by flow cytometry method. Four leaves from every sampled individual were measured and on every leaf, 16 quantitative parameters were analysed. For real ploidy prediction, classification function was calculated and its reliability was verified on samples from other three regions within the Czech Republic. Overall reliability of classification function was 89 %. Potential distribution of tetraploid taxa in the Czech Rep. was obtained by species distribution model. Results of mentioned model confirmed probable distribution of 4n species in areas with lower mean annual temperature (mountain areas).

Keywords: species distribution models, *Betula*, ploidy, classification function

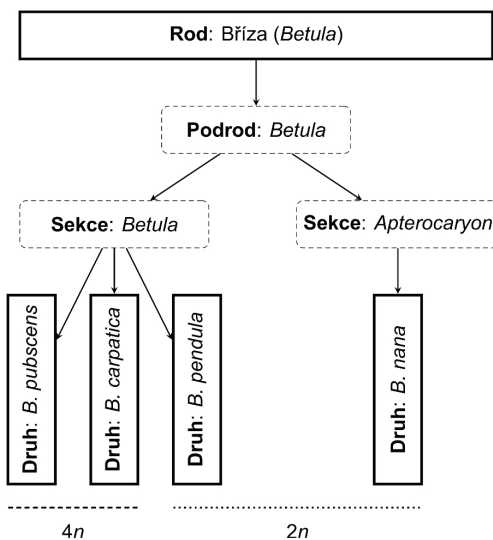
#### ABSTRAKT

Cílem práce je stanovení kritéria pro rozlišení diploidních a tetraploidních druhů bříz a předpověď výskytu tetraploidních taxonů rodu bříza v rámci ČR. Pro účely rozlišení ploidie (velikosti genomu) na základě makroskopických parametrů byly sebrány vzorky celkem 97 jedinců z 11 oblastí v rámci Šumavy. Na těchto vzorcích (4 listy z každého jedince) bylo měřeno 16 kvantitativních listových parametrů a zjištěna skutečná velikost genomu každého jedince metodou průtokové cytometrie. Pro rozlišení di- a tetraploidních jedinců byla vypočítána klasifikační funkce, jejíž spolehlivost byla ověřena na dalších třech lokalitách v rámci ČR a celkově dosahovala 89 %. Potenciální rozšíření tetraploidních taxonů v rámci ČR bylo zjištěno pomocí modelu druhové distribuce, jehož výsledky potvrzují výskyt těchto taxonů ve vyšších polohách ČR a závislost jejich výskytu zejména na průměrných ročních teplotách.

Klíčová slova: modelování druhové distribuce, bříza, ploidie, klasifikační funkce

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Autoři taxonomického přehledu bříz (ASHBURNER, MCALLISTER 2013) popisují 64 taxonů rodu bříza (*Betula* L.). Břízy tvoří diploidní ( $2n$ ), tetraploidní ( $4n$ ), pentaploidní ( $5n$ ), hexaploidní ( $6n$ ) a oktaploidní taxony ( $8n$ ) (JÄRVINEN et al. 2004), přičemž na území ČR se přirozeně vyskytují pouze  $2n$  a  $4n$  jedinci (se dvěma a čtyřmi sadami chromozomů). Taxonomické zařazení viz Obr. 1.



Obr. 1: Taxonomické rozdělení vybraných taxonů v rámci rodu bříza dle ASHBURNERA, MCALLISTERA (2013) – částečně upraveno R. Lindou (navrhované zařazení *B. carpatica*).

Fig. 1: Classification of selected taxa within the *Betula* L. genus according to ASHBURNER, MCALLISTER (2013) – edited by R. Linda (suggested position of *B. carpatica*)

V lesnické praxi je rozlišení ploidie bříz účelné zejména pro odlišení *B. pendula* od skupiny tetraploidních bříz – *B. pubescens* a *B. carpatica*, kdy tetraploidní břízy jsou schopné dlouhodobě přežít i na silně disturbovaných lokalitách (BALCAR 2001). Dobrou vitalitu tetraploidních bříz potvrzují i výsledky z výzkumné plochy Jizerka (VÚLHM, VS Opočno), viz Obr. 2.



Obr. 2: Porovnání vitality diploidních a tetraploidních bříz na výzkumné ploše Jizerka (VÚLHM, VS Opočno). Diploidní jedinci vlevo, tetraploidní vpravo. Stáří porostu je cca 19 let. Výzkumná plocha se nachází v imisemi zasažené lokalitě v nadmořské výšce cca 980 m n. m. [Foto: R. Linda, I. Kuneš]

Fig. 2: Vitality of diploid and tetraploid taxa of the genus *Betula* L. on research plot Jizerka (Jizera Mountains). Diploid taxa on the left, tetraploid on the right. The stand age is about 19 years. Locality is situated in air-polluted site ca. 980 m AMSL.



Použití bříz v porostech náhradních dřevin je známo již z 50. let 20. století z oblasti Křivoklátska. ZAKOPAL (1958, 1960) zde popisuje příznivý vliv bříz na odlesněnou půdu, a to zejména pronikáním kořenů bříz do relativně velkých hloubek či omezením erozního poškození půdního profilu. Rozlišením mezi diploidními a tetraploidními druhy bříz se již v minulosti zabývali např. ATKINSON, CODLING (1986) nebo GILL, DAVY (1983). Pro použití v lesnické praxi je vhodné, aby toto rozlišení bylo nenáročné na technické vybavení.

Cílem této práce je stanovení (upřesnění) klasifikačního kritéria pro rozdělení jedinců bříz dle ploidie pomocí měření makroskopických parametrů na listech jedinců. Kromě samotného odlišení tetraploidních jedinců od diploidních pomocí klasifikační funkce je otázkou taktéž jejich potenciální rozšíření.

### MATERIÁL A METODIKA

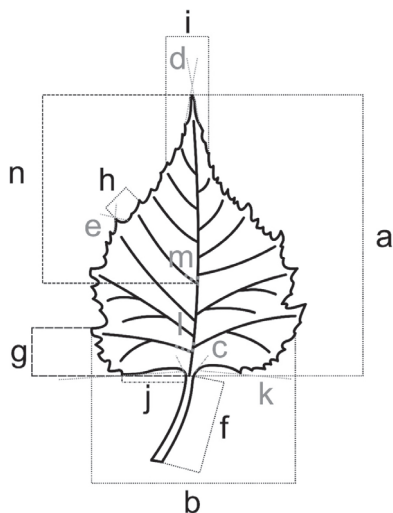
Pro účely stanovení klasifikačního kritéria mezi diploidními a tetraploidními jedinci byla použita data z 97 jedinců vzorkovaných na 11 lokalitách v rámci Šumavy. Celkem byly analyzovány 4 listy z každého jedince, přičemž na každém z listů bylo měřeno 16 kvantitativních parametrů. Jako kritérium pro rozlišení mezi diploidními a tetraploidními jedinci bříz byla zvolena klasifikační funkce, jejíž vstupní parametry jsou zmiňované makroskopické listové parametry.

Tab. 1: Měřené listové parametry, indexy ze třetího sloupce odpovídají označením z Obr. 3.  
Table 1: Selected parameters for morphometrics. Indexes in third column match labels used in Fig. 3.

Parametr	Jednotky	Označení (Obr. 3)
Délka čepele	mm	<i>a</i>
Šířka čepele	mm	<i>b</i>
Úhel báze listu – nasazení listu	°	<i>c</i>
Úhel špičky listu	°	<i>d</i>
Úhel zoubku 3. žilky	°	<i>e</i>
Délka řapíku	mm	<i>f</i>
Vzdálenost nejširšího místa čepele od báze	mm	<i>g</i>
Počet postranních žilek*	–	<i>x</i>
Vzdálenost mezi zuby 3. a 4. žilky	mm	<i>h</i>
Počet zubů mezi zakončením 3. a 4. žilky*	–	<i>y</i>
Šířka čepele v horní 1/4 listu	mm	<i>i</i>
Vzdálenost 1. zoubku od báze	mm	<i>j</i>
Úhel báze čepele	°	<i>k</i>
Úhel 1. žilky	°	<i>l</i>
Úhel 4. žilky	°	<i>m</i>
Vzdálenost 4. žilky od špičky čepele	mm	<i>n</i>

\* Takto označené parametry nejsou na Obr. 3 vyznačeny

\* These parameters are not marked in Fig. 3



Obr. 3: Měřené listové parametry navržené na základě publikací ATKINSON, CODLING (1986), GARDINER, JEFFERS (1962), GARDINER (1972) a GILL, DAVY (1983). U parametrů c a k byly měřeny opačné hodnoty úhlů [Zdroj: EŠNEROVÁ et al. (2012), upravil R. Linda].

Fig. 3: Selected parameters for leaf measurements – based on ATKINSON, CODLING (1986), GARDINER, JEFFERS (1962), GARDINER (1972) and GILL, DAVY (1983). For parameters c and k, complementary angles were measured [Source: EŠNEROVÁ et al. (2012), edited by R. Linda].

Skutečná ploidie každého jedince byla zjištěna pomocí metody průtokové cytometrie (SUDA, PYŠEK 2010). Klasifikační funkce byla navržena pomocí metody „SDA“ (ZUBER, STRIMMER 2009). Výpočet byl proveden v software R (R CORE TEAM 2015), pomocí doplňkového balíku „sda“ (AHDESMÄKI et al. 2015). Výběr vhodných parametrů pro klasifikační funkci proběhl na základě CAT-scores (Correlation-Adjusted T-scores). Tyto hodnoty označují potenciál každého parametru pro odlišení zvolených skupin (ZUBER, STRIMMER 2009). Spolehlivost klasifikační funkce je dále porovnána s funkcemi navrženými jinými autory (ATKINSON, CODLING 1986; EŠNEROVÁ et al. 2012).

Potenciální výskyt tetraploidních bříz na území ČR byl zjištěn s použitím druhového distribučního modelování (MEYNARD, KAPLAN 2012). V této studii byla použita bioklimatická data, viz Tab. 2 (<www.worldclim.org>; HIJMANS et al. 2005), a prezenční data 4n bříz (GPS souřadnice).

Tab. 2: Použité klimatické proměnné pro MaxEnt model

Table 2: Climatic variables used in MaxEnt model

Kód	Název klimatické proměnné
BIO1	Průměrná roční teplota
BIO5	Maximální teplota nejteplejšího měsíce
BIO6	Minimální teplota nejchladnějšího měsíce
BIO10	Průměrná teplota nejteplejšího čtvrtletí
BIO11	Průměrná teplota nejchladnějšího čtvrtletí
BIO12	Roční úhrn srážek

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro stanovení konkrétního rozlišovacího kritéria mezi diploidními a tetraploidními mi druhy bříz byla navržena klasifikační funkce ve tvaru

$$(1) \quad -9,627 - 0,449 \cdot i + 0,219 \cdot l + 1,729 \cdot h_1,$$

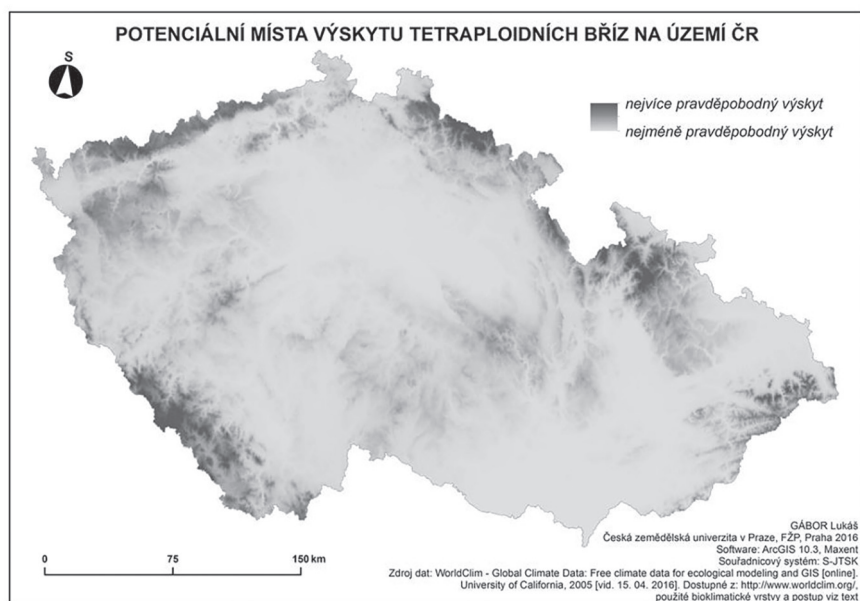
kde  $i$  = šířka čepele v horní ¼ její délky,  $l$  = úhel 1. žilky a  $h_1$  = počet zubů mezi zakončením 3. a 4. žilky. Jedince zařadíme jako diploidního, pokud je výsledek výrazu  $> 0$  a naopak.

Úspěšnost zařazení dosahovala na jedincích z oblasti Šumavy cca 96 %. Spolehlivost funkce byla dále ověřena na vzorcích z Jeseníků, Adršpachu a Jizerských hor, více viz Tab. 3. Funkce navržená v této práci vykazovala nejvyšší průměrnou úspěšnost rozlišení (ze všech zájmových oblastí), a to 89 %. Pouze v průměru o 1 procentní bod horší se ukázala funkce ATKINSONA, CODLINGA (1986). Funkce EŠNEROVÉ et al. (2012) vykazovala 79% úspěšnost, autoři této studie však uvádějí její 100% úspěšnost na vzorcích z oblasti Krkonoš.

Tab. 3: Spolehlivost porovnávaných klasifikačních funkcí

Table 3: Reliability of compared classification functions

Oblast	Úspěšnost klasifikační funkce			Počet vzorků
	<i>Tato práce</i>	<i>ATKINSON, CODLING (1986)</i>	<i>EŠNEROVÁ et al. (2012)</i>	
Šumava	96 %	94 %	79 %	379
Jeseníky	87 %	92 %	80 %	131
Adršpach	82 %	76 %	74 %	158
Jizerské hory	84 %	85 %	81 %	268
<b>CELKEM</b>	<b>89 %</b>	<b>88 %</b>	<b>79 %</b>	<b>936</b>



Obr. 4: Potenciální místa výskytu tetraploidních bříz na území ČR

Fig. 4: Potential occurrences of tetraploid birches in the Czech Republic

Možné rozšíření tetraploidních jedinců na území ČR (viz Obr. 4) bylo zjištěno modelováním potenciální druhové distribuce, k němuž bylo použito 366 prezenčních záznamů o poloze tetraploidních jedinců a 6 bioklimatických vrstev.

Jako klíčové se pro výskyt tetraploidních bříz ukázaly parametry *průměrná teplota nejchladnějšího čtvrtletí* (67,4 % variability) a *průměrná roční teplota* (30,2 % variability).

## ZÁVĚR

Výsledky této studie i prací v minulosti publikovaných jinými autory ukazují na relativně dobrou rozlišitelnost diploidních a tetraploidních jedinců na základě měření makroskopických listových parametrů. Kritérium navržené v této studii vykazovalo průměrnou spolehlivost 89 % na testovaných lokalitách. Klasifikační funkce se jeví jako vhodný nástroj pro rozlišení ploidie, a to zejména díky časové a technologické nenáročnosti.

Potenciální rozšíření tetraploidních bříz na území ČR bylo zjištěno modelováním druhové distribuce v softwaru MaxEnt. Výsledky potvrzují vysoký potenciál rozšíření v oblastech s nižší průměrnou roční teplotou, tzn. ve vyšších oblastech ČR. Praktické využití modelování potenciální druhové distribuce může být v tomto případě například ve stanovení dalších lokalit pro terénní sběr vzorků, obecně jej lze využít pro řešení nejrůznějších problémů v oblasti druhových rozšíření.

## LITERATURA

- AHDESMÄKI, M., ZUBER, V., GIBB, S., STRIMMER, K. 2015. sda: Shrinkage Discriminant Analysis and CAT Score Variable Selection. R package version 1.3.7. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=sda>
- ASHBURNER, K., MCALLISTER, H.A. 2013. *The Genus Betula: A taxonomic revision of Birches*. Richmond, Surrey, Kew Publishing: 431 s.
- ATKINSON, M.D., CODLING, A.N. 1986. A reliable method for distinguishing between *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Watsonia*, 16: s. 75–87.
- BALCAR, V. 2001. Some experience with European birch (*Betula pendula*) and Carpathian birch (*Betula carpatica*) planted on the ridge part of Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science*, 47 (Special Issue): s. 150–155.
- EŠNEROVÁ, J., KARLÍK, P., ZAHRADNÍK, D., KOŇASOVÁ, T., STEJSKAL, J., BALÁŠ, M., VÍTÁMVÁS, J., RAŠÁKOVÁ, N., STACHO, J., KUTHAN, J., LUKÁŠOVÁ, M., KUNEŠ, I. 2012. Morfologická variabilita rodu bříza (*Betula* L.) v Krkonoších se zaměřením na tetraploidní zástupce. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (2): s. 112–125.
- GARDINER, A.S. 1972. A review of the sub-species *carpatica* and *tortuosa* within the species *betula pubescens* Ehrh. *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh*, 41 (4): s. 451–459.
- GARDINER, A.S., JEFFERS, J.N.R. 1962. Analysis of the collective species *Betula alba* L. on the basis of leaf measurements. *Silvae Genetica*, 11 (5/6): s. 125–176.
- GILL, J.A., DAVY, A.J. 1983. Variation and polyploidy within lowland populations of the *Betula pendula*/*B. pubescens* complex. *New Phytologist*, 94: s. 433–451.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Internatio-*

- nal Journal of Climatology*, 25 (15): s. 1965–1978.
- JÄRVINEN, P., PALMÉ, A., MORALES, L.O., LÄNNENPÄÄ, M., KEINANEN, M., SOPANEN, T., LASCOUX, M. 2004. Phylogenetic relationships of *Betula* species (Betulaceae) based on nuclear ADH and chloroplast matK sequences. *American Journal of Botany*, 91 (11): s. 1834–1845.
- KULA, E. 2011. *Bříza a její význam pro trvalý rozvoj lesa v imisních oblastech*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 276 s.
- LINDA, R., EŠNEROVÁ, J., RAŠÁKOVÁ, N., BALÁŠ, M., KUNEŠ, I. 2015. Morfologická a genetická variabilita vybraných diploidních a tetraploidních zástupců rodu bříza (*Betula* spp.). In: K. Houšková, J. Černý (eds.). *Proceedings of Central European Silviculture*. Brno, Mendelova Univerzita v Brně: s. 171–181.
- MEYNARD, C.N., KAPLAN, D.M. 2012. The effect of a gradual response to the environment on species distribution modeling performance. *Ecography*, 35 (6): s. 499–509.
- PHILLIPS, S.J., DUDIK, M., SCHAPIRE, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. New York, ACM Press.
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P., SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190 (3/4): s. 231–259.
- R CORE TEAM 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.Rproject.org/>.
- SUDA, J., PYŠEK, P. 2010. Flow cytometry in botanical research: introduction. *Preslia*, 82 (1): s. 1–2.
- ZAKOPAL, V. 1958. Přínos břízy pro zalesnění našich kalamitních holin. *Lesnická práce*, 31 (11): s. 487–491.
- ZAKOPAL, V. 1960. Kdy, jak a v jakém rozsahu kultivovat břízu na holiny. *Lesnická práce*, 39 (7): s. 292–296.
- ZUBER, V., STRIMMER, K. 2009. Gene ranking and biomarker discovery under correlation. *Bioinformatics*, 25 (20): s. 2700–2707.

## PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří katedře botaniky PřF UK za provedení cytometrických analýz vzorků a RNDr. Ivaně Bufkové, Ph.D. (NP Šumava) za pomoc s vytipováním vhodných lokalit a agendou ohledně udělení výjimky pro vstup do I. zón NP. Tato práce vznikla za podpory grantových projektů „Vztah populací břízy karpatské a typu stanoviště ve vrcholových horských polohách“ – CIGA ČZU(20104308), „Technologie produkce listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách a užití tohoto typu sadebního materiálu při obnově lesa“ – NAZV (QJ 1220331) a „Analýza genetických vztahů populací horských bříz“ – IGA FLD (201130).



**Sekce 2**  
**Produkce lesa**

*Session 2*  
*Forest yield*





## **RŮSTOVÁ ODEZVA A POŠKOZENÍ SMRKU ZTEPILÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) PO PROBÍRCE HARVESTOROVOU TECHNOLOGIÍ**

### **THE GROWTH RESPONSE AND THE DAMAGE OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) TREES AFTER THINNING VIA FOREST HARVESTER TECHNOLOGY.**

VÁCLAV HURT<sup>1</sup>, JINDŘICH NERUDA<sup>2</sup>, RADOMÍR ULRICH<sup>2</sup>, JIŘÍ ROZSYPÁLEK<sup>3</sup>, PETR MARTINEK<sup>3</sup>, LUKÁŠ ČERNÝ<sup>2</sup>

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, <sup>1</sup>Ústav zakládání a pěstění lesů, <sup>2</sup>Ústav lesnické a dřevařské techniky, <sup>3</sup>Ústav ochrany lesů a myslivosti, Zemědělská 3, 61300 Brno (Černá Pole), vaclav.hurt@mendelu.cz

#### **ABSTRACT**

*This article discusses about the influence of the logging lines width on diameter increment of Norway spruce (*Picea abies* L.). The aim of this research is to verify the optimum width logging lines. For this purpose is the stand divided by the logging lines of different widths. The main entering factors of evaluation, are the damage of trees in stand after improvement felling with CLT technology and height of brushwood on logging lines and a distance of evaluated trees from the tracks of these machines. Silvicultural measures were carried out by a three different methods on selected areas in 2014. The damage the trees decreased with increasing width of the line. The increment of the trees on the edge of lines 4 and 5.5 m was smaller than in the line of 3 m. The differences between the increment on the edge of stand and inside of stand were surprisingly very variable. Therefore the dynamic growth response of trees will be monitor in long-term.*

*Keywords: forest stand damage, logging lines, increment, CTL – technology, harvester and forwarder, thinning*

#### **ABSTRAKT**

*Tento příspěvek hodnotí vliv šíře linky a použití harvestorového uzlu na tloušťkový přírůst a poškození smrku (*Picea abies* L.). Cílem bylo zjistit optimální šíři linky. Pro tento účel byl porost rozdělen linkami o šířce 3, 4 a 5,5 m. Hlavními faktory hodnocení bylo poškození stojících stromů harvestorovým uzlem, výška klestu na vyvážecí lince a vzdálenost stromů od stop těchto strojů. V roce 2014 byly uskutečněny 3 typy zásahu. Poškození stromů klesalo s narůstající šířkou linky. Přírůst stromů na okraji linky 4 a 5,5 m byl menší než u linky 3 m. Rozdíly přírůstu na okraji a uvnitř porostu byly překvapivě velmi proměnlivé. Proto bude nutno sledovat dynamickou odezvu růstu stromů v dlouhodobém horizontu.*

*Klíčová slova: poškození porostu, šířka linky, přírůst, harvestorová těžba, výchovná těžba*

## Úvod

Dnešní harvestorové technologie nabízí vyšší produktivitu práce a bezpečnost pracovníků. Dle KLVAČE (2011) se jedná o běžný trend ve společnosti, kdy se přechází od motomanuálních technologií k plně mechanizovaným. Tento trend se však neobejde bez přímého poškození porostů. Kořenový systém a nadzemní část porostu je poškozována v různém rozsahu nejen na linkách, ale v celém porostu (ULRICH et al. 2003). Dle ULRICHA et al. (1999) je spojena velikost poškození stromů v porostu s šířkou vyvážecí linky. Můžeme proto očekávat i odlišnou růstovou reakci stromů v porostech s různou šířkou vyvážecích linek po uskutečnění výchovného zásahu.

Příspěvek hodnotí rozsah poškození a růstovou reakci smrku ztepilého při různých šířkách linky v probírkovém porostu, v němž byla uplatněna ochrana kořenového systému uložením vrstvy klestu během těžby harvestorovou technologií. Výstupem příspěvku by měly být informace o optimální šíři vyvážecích linek. Předpokládá se také zodpovězení otázek vztahujících se k výši produkce, péstebním rizikům a škodám. Získané výstupy a jejich aplikace v praxi, by měly přispět ke zvýšení kvality a stability lesních porostů.

## MATERIÁL A METODIKA

S ohledem na výše uvedené cíle a otázky byla vybrána a založena výzkumná plocha. Zájmová plocha je situována na majetku spravovaném Vojenskými lesy a statky ČR, s. p., Divize Plumlov, Lesní správa Rychtářov.

### Popis přírodních podmínek

Výzkumná plocha se nachází v přírodní lesní oblasti Dražanská vrchovina (30). Jedná se o porostní skupinu 194 C 7 o velikosti 7,75 ha. Porost se nachází v nadmořské výšce 500–520 m n. m., na J a JZ expozici se sklonem do 5 °. Dle dat ČHMÚ spadá zájmové území do oblasti s průměrným ročním úhrnem srážek 550–600 mm, průměrnou teplotou vzduchu 6–7°C a průměrným ročním úhrnem globálního záření 3800–3900 MJ.m<sup>-2</sup>. Typologicky se jedná o stanoviště SLT 4S. Podloží je tvořeno jílovitými břidlicemi, prachovci a slepenci. Na ploše se nachází kambizem oligotrofní a mezotrofní (Česká geologická služba). V době šetření byl věk porostu 24 let (stádium tyčkoviny). Smrk byl zastoupen 85 %, modřín 10 %. Vtroušené postavení měl buk, bříza borovice. Absolutní výšková bonita SM byla 30 m, MD 30 m a BK 26 m.

Porost nebyl do roku 2014, kdy byl harvestorem proveden zásah, pro harvestorové technologie zpřístupněn. Poslední celoplošný negativní výchovný zásah, odstranění škod ohryzem a loupáním a redukcí počtu jedinců, zde byl proveden v roce 2007.

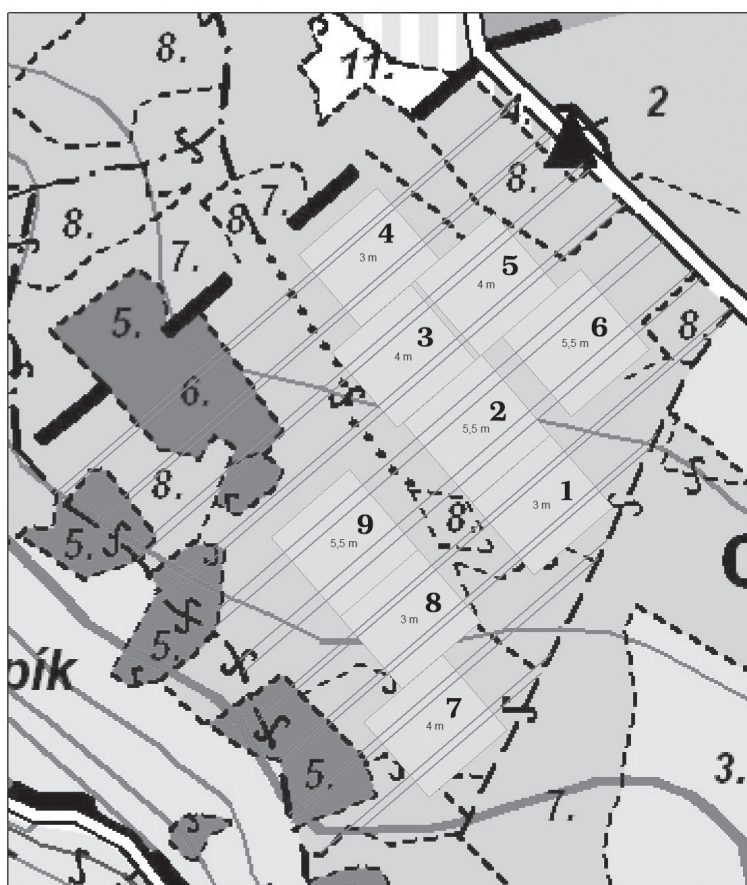
### Postup rozpracování porostu

V roce 2014 byl porost rozčleněn vyvážecími linkami o šířkách 3, 4 a 5,5 m ve 20 m rozestupech a 2 opakováních s rovnoběžnou orientací (směrem S-V) a kolmým napojením na odvozní cestu (Obr. 1). Na linkách byla stabilizována výzkumná plocha o velikosti 50 × 50 m a v ní očíslován každý strom (celkem 9

ploch). Vytyčení linek probíhalo přístrojem TOPCON HiPer Pro. Šířka pracovního pole byla 20 m v celém sledovaném porostu.

Vlastní pracovní postup operátora harvestoru spočíval ve vykácení linky a v souběžné těžbě vyznačených stromů sortimentní metodou. Při pohybu stroje porostem byla snaha operátora o odvětvování stromů na lince a o rozvrstvení klestu pod koly v rovnoměrné výšce. Vzniklý koberec z klestu měl za úkol vytvořit ochranu kořenového systému smrku. Harvestorový uzel byl tvořen stroji určenými do probírek. Těžba probíhala ve vegetačním období.

### Rychtářov 194 c



Obr. 1: Situace umístění výzkumných ploch vlivu šíře linky na VLS ČR, s. p., Divize Plumlov, Lesní správa Rychtářov v roce 2013

Fig. 1: Situation of research variants of influence of logging lines on the VLS ČR, s. p., Plumlov Division, Forest district Rychtářov in 2013

Šíře linek/ Width line (m)	Varianta zásahu – číslo plochy/ Variant of thinning – Number of plot		
	Metoda cílových stromů/The method of target trees (SÚc)	Provozní probírka/ Common thinning from above (P)	Silný úrovňový zásah/ Strong thinning from above (SÚ)
3	1	8	4
4	3	(5)	7
5,5	6	2	9

Tab. 1: Uspořádání výzkumných variant dle čísla plochy  
Table 1: Structure of research variants and numbers of research plots

### Pěstební zásah

Na podzim v roce 2014 byl pro každou plochu zvolen odlišný přístup (Tab. 1). Na každé ploše (á 0,25 ha v rámci opakování) byl uskutečněn rozdílný způsob výběru s odlišnou intenzitou (celoplošný úrovňový zásah (SÚ) zaměřený na průměrnou kvalitu, běžný provozní zásah LS Rychtářov (P) a silný úrovňový zásah metodou cílových stromů (SÚ-c)).

### Vlastní dendrometrické šetření

Na každé ploše proběhlo měření základních dendrometrických dat. Celkem bylo v roce 2013 změřeno 5 tisíc výčetních tloušťek. Výška stromu byla zjištěna na základě výškového grafikonu. Hmotnost jednoho stromu byla zjištěna dle objemových rovnic (PETRÁŠ, PAJTIK 1991). Po provedení výchovného zásahu byly dále zjišťovány podrobnější dendrometrické charakteristiky koruny, kmene, tloušťkový přírůst, poškození stromů a další kvalitativní popř. kvantitativní charakteristiky.

### Hodnocení poškození stromů v porostu

V porostu bylo zpracováno hodnocení dle VAVŘÍČKA et al. (2014). Odchytky od metodiky spočívaly ve stanovení počtu zkusných ploch. V případě sběru dat byly na každé lince stabilizovány 2 zkusné plochy (zdvojnásobení počtu oproti výše jmenované metodice).

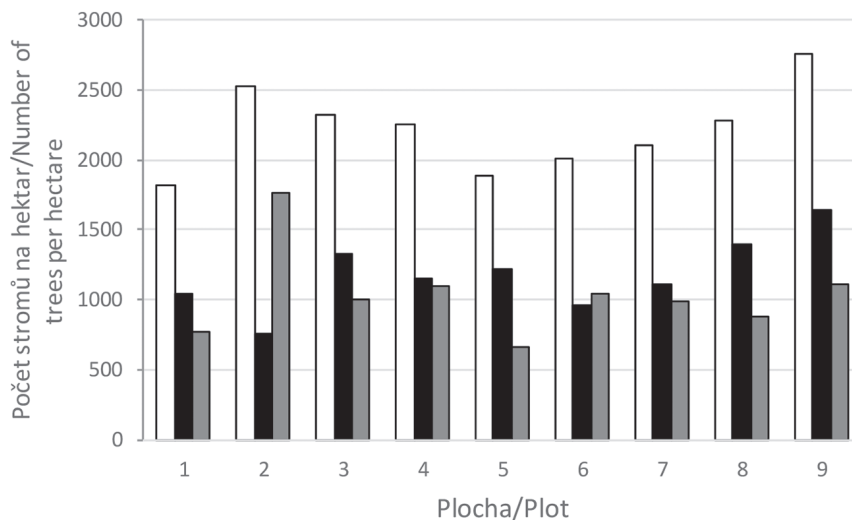
### Hodnocení vlivu poškození stromů na přírůst

Po pěstebním zásahu byly instalovány kontaktní páskové manuální dendrometry (DB 20) pro sledování přírůstu. Vzorníky byly vybírány frekvenčním výběrem (10 jedinců na okraji linky a 10 jedinců uvnitř výzkumných ploch). Přírůst byl monitorován na 3, 4 a 5,5 m linkách. Na každou šířku linky připadalo 20 páskových dendrometrů (60 kusů). U vzorníků byl v době instalace zjišťován obvod ve výšce 1,3 m, výška klestu a vzdálenost od linky. Mechanické dendrometry byly umístěny na kmenech ve výčetní výšce. Vzdálenost stromů od linky byla měřena v kolmém směru od paty stromu ke středu znatelné stopy po stroji. Výška klestu potom byla zprůměrovaná z pěti měřených rozměrů s rozstupem 50 cm. Dendrometry byly z důvodu pozdního usazení ponechány polovinu roku bez měření. V roce 2015 z nich byly odečítány hodnoty tloušťkových přírůstů.

## VÝSLEDKY

Výsledky výšky a výčetní tloušťky prezentované v tomto článku jsou výstupy před provedenou těžbou v roce 2014 a charakterizují výzkumnou plochu. Dynamická a dlouhodobá reakce stromového inventáře na provedenou šíři linky a variantu pěstebního zásahu je studována na základě tloušťkového přírůstu.

Počet jedinců na jednotlivých plochách se před zásahem byl 1768–2760 ks.ha<sup>-1</sup> (Obr. 2) což odpovídá modelům výchovy pro opožděné zásahy ve smrkových porostech středních poloh. Dle PLÍVY A ŽLÁBKÁ (1989) by se hustota porostu při této porostní výšce měla pohybovat okolo 2200 ks.ha<sup>-1</sup>. Po zásahu počet stromů činil nejméně 1124 a maximálně 2400 ks.ha<sup>-1</sup>.



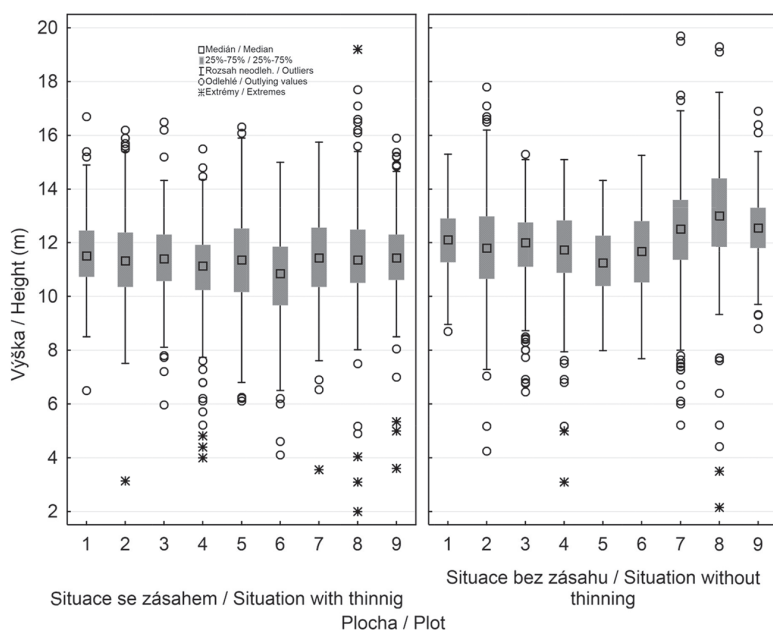
Obr. 2: Počet stromů na hektar (bíla - před zásahem, černá - těžba, šedá - po těžbě)

Fig. 2: Number of trees per hectare (white - before thinning, black - thinned, grey - after thinning)

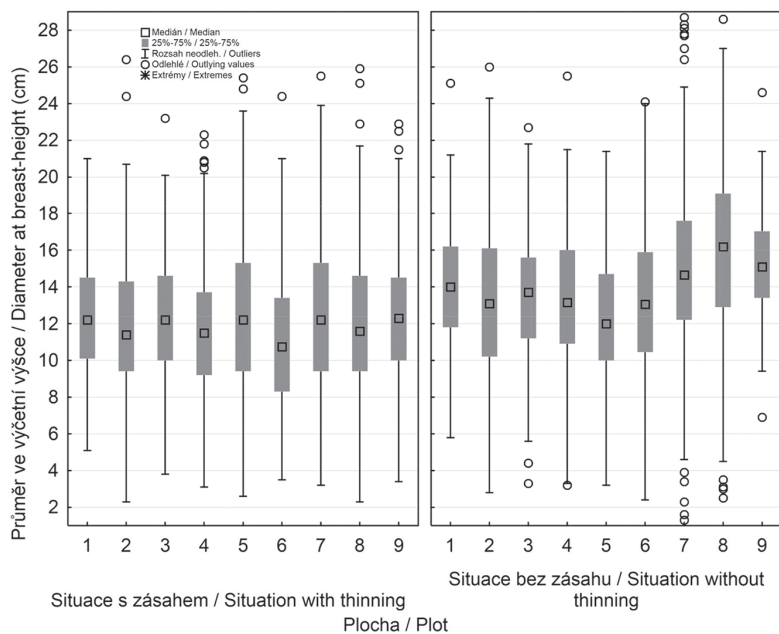
Celková variabilita hodnot (výška, výčetní tloušťka, objemu stromu, kruhová plocha stromu, zásoba a kruhová výčetní základna) byla velmi malá, proto byly plochy považovány za srovnatelné (Obr. 3 a 4). Stejně závěry lze konstatovat i pro plochy 2, 3 a 4, kde probíhal experiment týkající se poškození kmene těžbou a přiblížování.

Výčetní tloušťka (Obr. 4) má obdobné nízké hodnoty charakteristiky variability jako výška (Obr. 3). Obr. 5 dokládá, že celkové poškození stromů v porostu ubývá se zvyšující se šíří vyvážecí linky. Porovnáním linky o šířce 3 a 4 m pozorujeme podobné hodnoty. Na lince o šířce 5,5 m dochází k poškození výjimečně. Celková četnost poškození stromů po harvestorové technologii je velmi nízká.

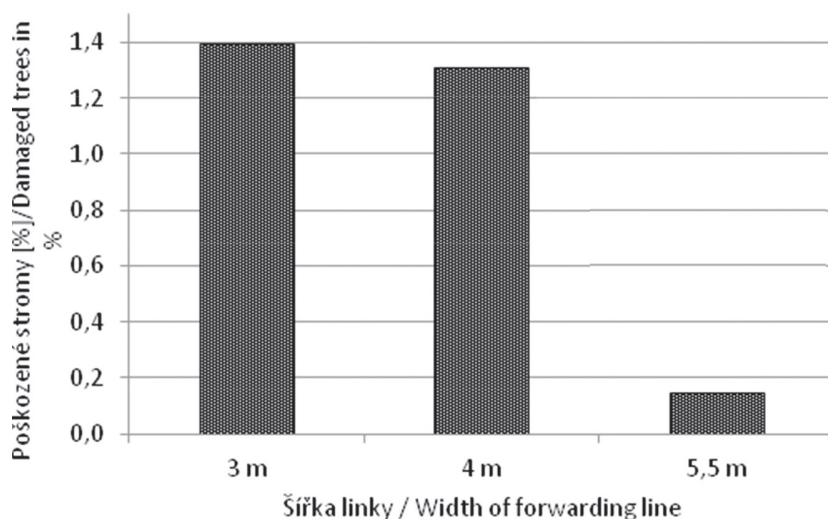
Na Obr. 6 je zřejmý vliv pěstebního zásahu a vliv rozdílných šířek linky na tloušťkový přírůst stromů na okraji linky a stromů uvnitř porostu. Na linkách o šířce 5,5 m je přírůst překvapivě nejnižší jak u stromů na okraji, tak uvnitř porostu. Přírůst stromů na okraji porostu u linek 4 a 5,5 m má velmi podobné hodnoty v roz-



Obr. 3: Výška stromů (m) na výzkumných plochách  
 Fig. 3: Tree height (m) on research plots, grey - after thinning

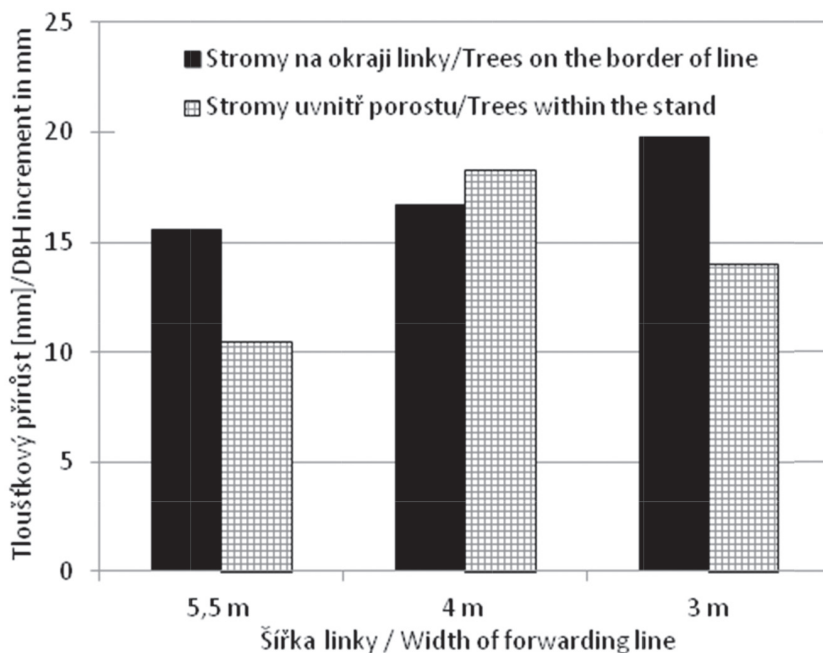


Obr. 4: Tloušťka stromů ve výčetní výšce (cm) na výzkumných plochách  
 Fig. 4: Diameter at breast height (cm) on research plots



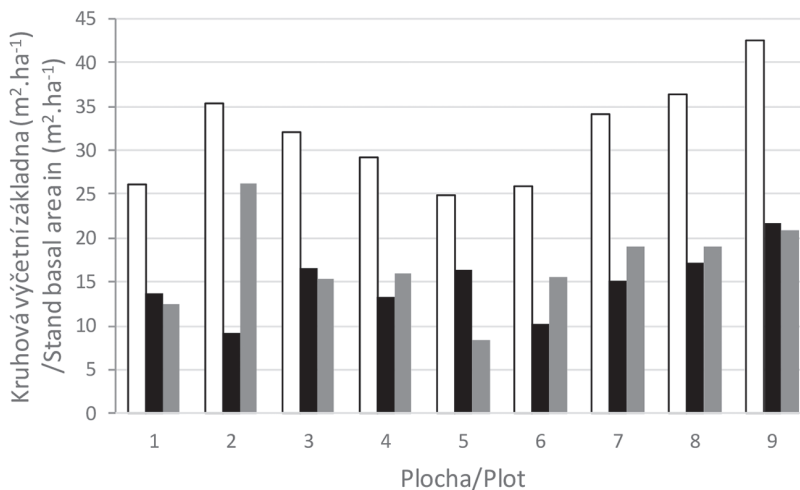
Obr. 5: Poškození stromů v závislosti na různých šířkách linky po probírce do 40 let věku porostu

Fig. 5: Damage of trees in depend on the differ widths of forwarding lines after thinning to 40 years old of forest stand



Obr. 6: Vliv šíře linek a polohy stromu na tloušťkový přírůstu stromů

Fig. 6: The influence of width of the forwarding lines and the position of tree on his DBH increment



Obr. 7: Kruhová výčetní základna (bílá – před zásahem, černá – těžba, šedá – po těžbě)  
 Fig. 7: Stand basal area (white - before thinning, black - thinned, grey - after thinning)

pětí 15–16 mm, zatímco tloušťkový přírůst okrajových stromů u linky 3 m je nejvyšší a dosahuje až 20 mm. Vysoký rozdíl přírůstu u stromů uvnitř v porostu a stromů na okrajích linky je zřejmý na lince o 5,5 a 3 m. Naopak nejnižší na lince o 4 m, kde dokonce mají stromy uvnitř porostu vyšší tloušťkový přírůst proti stromům na okraji. Předložené výsledky je nutno s ohledem na 1 rok pozorování považovat za předběžné. Dalším monitorovaným parametrem (intenzita zásahu) je kruhová výčetní základna (Obr. 7). Z porostu bylo odtěženo 40–50 % zásoby.

## DISKUSE

Poškození stromů v porostu po pěstebně-těžebním zásahu má nízkou četnost na všech plochách (Obr. 5). Výsledky potvrzují, že míra poškození stromů po nasazení harvesterové technologie je v rozsahu 3–5 % a nižší (ULRICH et al. 1999). Další technologie soustředování (JMP-kůň-UKT), má 8% míru poškození a JMP-kůň-LKT 22–23%. Další autoři (HEIJ A LEEK 1981) uvádí při soustředování poškození 25 % stojících stromů (metoda stromová) a 22 % (metoda kmenová). Lze konstatovat, že rozhodující vliv na poškození stromů má metoda soustředování, kterou předurčuje zvolený typ stroje (NERUDA et al. 2013).

Četnost poškození stromů při šířce linky 3 m se blíží hodnotám stanoveným při šířce linky 4 m (Obr. 5), zde se očekávaly větší rozdíly. Tento výsledek lze přisuzovat pracovní šířce stroje a profesionálním schopnostem operátorů strojů, jež nemohou být exaktně doloženy. Do souboru hodnocených dat však nevstupuje poškození kořenového systému, hodnoceno je pouze poškození nadzemní části.

## ZÁVĚR

Studie reakce stromů na tloušťkový přírůst po výchovném zásahu harvesterovou technologií při různých šířkách linky neodpovídá s okamžitou platností na otáz-



ku, jaká linka je pro provozní užití nejvhodnější. Konkrétně se jedná o šířky linek 3 a 4 m, kde se předvíдалa vyšší četnost poškození, než na širší lince, jak popisuje NERUDA et al. (2013). U linky široké 5,5 m se potvrzuje, že s vyšší šířkou linky se snižuje poškození stromů po probírce harvestorovou technologií, avšak předpokládá se zde značný vliv okrajového efektu. Nejzávažnější mechanická poškození vznikají na kořenech a kořenových náběžích do vzdálenosti 60 cm od paty stromu (ULRICH et al. 1999). Tomuto riziku by však měla předcházet ochrana kořenového systému klestovým kobercem. K rozhodujícím výsledkům by se mělo dojít dlouhodobým monitorováním dynamiky růstu stromů na okraji linky a stromů uvnitř porostu. Do této problematiky vstupuje velké množství faktorů, které je třeba eliminovat v následujících letech měření a navázat na již získané poznatky.

#### LITERATURA

- HEIJ, W., LEEK, N.A. 1981. Impacts of wood harvesting technology on soil and vegetation. In: *Proceedings of 17th IUFRO World Congress in Kyoto Japan*. IUFRO: s. 21–23.
- KLVAČ, R. 2011. *Hodnocení vlivu technologií těžby a zpracování dřevní suroviny na životní prostředí pomocí LCA a energetického auditu: certifikovaná metodika*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 28 s.
- NERUDA, J., ULRICH, R., KUPČÁK V., SLODIČÁK, M., ZEMÁNEK, T. 2013. *Harvestorové technologie lesní těžby*. Brno, Tribun: 165 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*, 37 (1): s. 49–56.
- PLÍVA, K., ŽLÁBEK, I. 1989. *Provozní systémy v lesním plánování*. Praha, MLVD ČR, SZN: 208 s.
- ULRICH, R. ET AL. 1999. *Zjišťování škod ve smrkových probírkových porostech po harvestorech a vyvážecích traktorech: výzkumná zpráva*. Brno, MZLU: 23 s.
- ULRICH, R., SCHLAGHAMERSKÝ, A., ŠTOREK, V. 2003. *Použití harvestorové technologie v probírkách*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 149 s.
- VAVŘÍČEK, D., ULRICH, R., KUČERA, A. 2014. *Ochrana půdy v těžebně-dopravní činnosti*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 99 s.

#### PODĚKOVÁNÍ

Autoři publikace děkují oponentům za cenné připomínky a grantovým agenturám IGA MENDELU v Brně a TAČR za finanční podporu v projektech “Rozvoj technologií těžby a dopravy dříví” (71/2013) a „Vývoj a výroba variabilního vyvážecího traktoru se zaměřením na ekologickou čistotu prací a efektivní zpracování biomasy v lesním hospodářství“ (TA04020087).



## **RUBNÁ ZRELOSŤ STROMOV V PRÍRODE BLÍZKYCH SMREKOVO-BUKOVO-JEDĽOVÝCH LESOCH**

### **FELLING MATURITY OF TREES IN THE CLOSE TO NATURE SPRUCE-BEECH-FIR FORESTS**

RUDOLF PETRÁŠ<sup>1</sup>, MICHAL BOŠEĽA<sup>2</sup>, TOMÁŠ KLOUČEK<sup>2</sup>, JULIAN MECKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen,  
<sup>2</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6, petras@nlcsk.org

#### **ABSTRACT**

The felling maturity of trees was evaluated according to their value production. The average wood value (€ m<sup>-3</sup>) for spruce, fir and beech trees was estimated in dependence on their diameter, quality and stem damage and in the case of beech also on tree age. Assortments were estimated using tree-level assortment models. The assortment prices were obtained from price list depending on quality and diameter classes used by the State enterprise Forests of the Slovak Republic, the Košice forest enterprise in the first quarter of the year 2016. Felling-mature trees were those that had the highest average timber value. Most of the average- and above-average-quality beech trees had the highest average value production approximately of 70–80 € m<sup>-3</sup> at the breast-height diameter of 45–55 cm. Spruce and fir trees achieved the maximum of 80–95 € m<sup>-3</sup> at the diameters of above 60–90 cm. Wood value production generally decreased with quality decrease and with increase of stem damage. For beech it decreased with both increase in diameter and age of trees.

Keywords: trees value production, assortments structure, target diameter

#### **ABSTRAKT**

Rubná zrelosť stromov sa stanovila podľa ich hodnotovej produkcie. Pre smrekové, jedľové a bukové stromy sa odvodiť priemerné hodnoty dreva (€·m<sup>-3</sup>) v závislosti od ich hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa a v prípade buka aj od veku stromu. Štruktúra sortimentov sa vypočítala podľa modelov stromových sortimentačných tabuliek. Ceny sortimentov sa prebrali z ponukového cenníka akostných a hrúbkových tried pre 1. štvrtrok 2016 Lesov SR š.p., odštepny závod Košice. Rubne zrelé stromy sú tie, ktoré majú najvyššiu priemernú hodnotu dreva. Väčšina bukov priemernej a nadpriemernej kvality dosahuje najvyššiu priemernú hodnotovú produkciu približne 70–80 €·m<sup>-3</sup> pri hrúbke 45–55 cm. Smrek a jedľa dosahujú 80–95 €·m<sup>-3</sup> pri hrúbkach nad 60–90 cm. Hodnotová produkcia stromov sa všeobecne znižuje s horšou kvalitou a poškodením kmeňov, ale pri buku aj s vyššou hrúbkou a vekom stromov.

Kľúčové slová: hodnotová produkcia stromov, štruktúra sortimentov, cieľové hrúbky

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Rubnú zrelosť lesných porastov určuje čas, v ktorom sa optimálne naplnia požiadavky na ich cieľovú produkciu. Z dlhodobého hľadiska ju určuje vek porastov, keď ich priemerná ročná produkcia dosahuje najvyššie hodnoty, teda keď kulminuje celkový priemerný prírastok porastov (HALAJ et al. 1990). Cieľová produkcia porastov začína od najvyššej objemovej produkcie cez vysokú produkciu najžiadanejších sortimentov až po najvyššiu hodnotovú produkciu vyjadrenú v peňažných jednotkách. HALAJ et al. (1990) odvodil pre rovnové porasty smreka, jedle, borovice, duba a buka veku rubnej zrelosti na podklade kulminácie hodnotového celkového priemerného prírastku. Podkladom mu boli modely rastových tabuliek (HALAJ et al. 1981; HALAJ, PETRÁŠ 1998) a sortimentačných rastových tabuliek (PETRÁŠ et al. 1996). Neskôr ich upravili PETRÁŠ, MECKO (2013) podľa modálneho zakmenenia reálnych porastov. Podobným spôsobom sa odvodili aj veku rubnej zrelosti pre porasty topoľových klonov Robusta a I-214 (PETRÁŠ et al. 2008a, b, 2015).

Rubná zrelosť porastov určená jeho vekom má zmysel len v rovnorodých a rovnovekých porastoch. V zmiešaných porastoch, kde je vekové rozpätie medzi jednotlivými drevinami a stromami väčšie a hlavne vo výberkových lesoch je neúčelné stanoviť jeden vek rubnej zrelosti pre celý porast alebo aj samostatne pre každú drevinu. Rubná zrelosť by sa tu mala viazať na jednotlivé stromy, ktoré optimálne naplnili naše požiadavky na cieľovú produkciu. Podobne ako pre celé porasty aj pri stromoch by v cieľovej produkcii nemalo chýbať množstvo, kvalita a hodnota vyprodukovaného dreva. Kritéria rubnej zrelosti stromov by mali byť čo najjednoduchšie a mali by v sebe integrovať viacero faktorov. GREGUŠ (1976) preskúmal rubnú zrelosť jednotlivých stromov v 92 ročnom smrekovom poraste a konštatuje, že je v širokom rozsahu 85–150 rokov. V priemere je vyššia ako rubná zrelosť celého smrekového porastu. V zmiešaných, prírode blízkych lesoch, ktoré sú viac-menej nerovnové a vo výberkových lesoch nie je možné rubnú zrelosť viazať na priemerný vek porastov alebo fyzický vek stromov. V odbornej literatúre sa pre tento účel ustálil pojem cieľová hrúbka stromu alebo dimenzia rubného typu (DOLEŽAL et al. 1969, PRIESOL, POLÁK 1991, POLENO 1999, SANIGA, VENCURIK 2007). Jej aplikácia má veľkú praktickú prednosť, pretože v porovnaní k ostatným stromovým veličinám sa určuje ľahko a jednoznačne. Z ďalších stromových veličín, ktoré by mohli potenciálne ovplyvňovať rubnú zrelosť stromov sa uvádza ich kvalita, štruktúra sortimentov (ŽÍHLAVNÍK 2005), ich hodnota v peňažných jednotkách na 1 m<sup>3</sup> vyprodukovaného dreva alebo zdravotný stav (REININGER 1992, 1997). POLENO et al. (2009) uplatnil časové kritérium pre stanovenie cieľových hrúbok stromov na základe ich skutočnej hrúbky a ročného hrúbkového prírastku. Zároveň však uvádza aj pochybnosti k jeho praktickej realizácii. Konštatuje, že kulminácia priemerného hodnotového prírastku stromov sa oproti hrúbkovému prírastku posúva do vyššieho veku a to najmä pri najkvalitnejších stromoch. Z tohto dôvodu by sa mal okrem cieľových hrúbok pri výbere stromov uplatňovať aj kvalitatívny výber. Po zhrnutí viacerých publikovaných výsledkov môžeme konštatovať, že väčšine chýba podrobná analýza a objektívna kvantifikácia vplyvu nielen kvantitatívnych a kvalitatívnych veličín, ale najmä hodnoty na rubnú zrelosť stromov.

Cieľom predkladanej práce je odvodiť hodnotovú produkciu stromov a na jej základe posúdiť vplyv stromových veličín na stanovenie ich rubnej zrelosti.

### MATERIÁL A METODIKA

Podkladom pre výpočet hodnotovej produkcie stromov sa stali modely stromových sortimentačných tabuliek PETRÁŠ, NOCIAR (1990, 1991a,b) a ceny sortimentov surového dreva. Modely sortimentačných tabuliek boli skonštruované z empirického materiálu, ktorý sa získal pri skutočnej manipulácii zrúbaných stromov v hlavných rastových oblastiach skúmaných drevín Slovenska. Modely udávajú percentuálne podiely sortimentov  $S\%$  z objemu hrubiny stromov bez kôry v závislosti od jeho hrúbky  $d$ , kvality kmeňa  $kv$ , poškodenia kmeňa  $p$  a pri buku aj v závislosti od veku stromu  $t$  podľa vzťahu:

$$S\% = f(d, kv, p, t) \quad (1)$$

Sortimenty predstavujú akostné a hrúbkové triedy výrezov. Akostné triedy výrezov sú charakterizované účelom ich použitia takto:

<b>Trieda</b>	<b>Účel použitia</b>
I	krájané dyhy, špeciálne športové a technické potreby,
II	lúpané dyhy, zápalky, športové potreby,
III(A, B)	piliarske výrezy (lepšia akosť IIIA, horšia akosť IIIB), stavebné drevo a podvaly,
V	vláknina, chemické a mechanické spracovanie na výrobu buničiny a aglomerovaných dosák,
VI	palivo.

Trieda IV nie je v modeloch sortimentačných tabuliek definovaná, pretože sa značne prekrýva s triedami III a V. Triedy I – IIIB sa v modeli stromových sortimentačných tabuliek členia aj do hrúbkových tried 1 – 6+. Kvalita kmeňa sa hodnotí podľa ich spodnej tretiny takto:

<b>Trieda</b>	<b>Charakteristika kmeňa</b>
A	kmeň rovný, 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, je určený pre kvalitnejšie piliarske výrezy,
C	kmeň s veľkými technickými chybami, väčšia krivosť, točivosť do 4 %, zdravé hrče bez obmedzenia, nezdravé pri ihličnatých drevinách do 6 cm, pri listnatých do 8 cm, je určený pre menej kvalitné piliarske výrezy alebo celulózu,
D	kmeň horšej kvality ako v triede C, má rozsiahlu hnilobu a je predurčený na palivo.

Pri poškodení kmeňov sa hodnotí len ich prítomnosť alebo neprítomnosť. Percentuálne podiely sortimentov sa vypočítali podľa vzťahu (1) osobitne pre každú drevinu, kvalitu kmeňov A, B, C, pri buku aj D, pre nepoškodené a poškodené kme-

ne a pri buku aj pre vek stromov 100 a 140 rokov, kvôli výskytu nepravého jadra (RAČKO, ČUNDERLÍK 2011). Uplatnili sa pritom matematické modely stromových sortimentačných tabuliek (PETRÁŠ 1992).

Hodnotová produkcia sa vyjadřila v tvare priemernej hodnoty dreva každého stromu  $h[\text{€} \cdot \text{m}^{-3}]$  ako súčin podielu jeho sortimentov (akostných a hrúbkových tried)  $S\%$  a ich cien  $c_s$ :

$$h[\text{€} \cdot \text{m}^{-3}] = \frac{S\%}{100} \cdot c_s \quad (2)$$

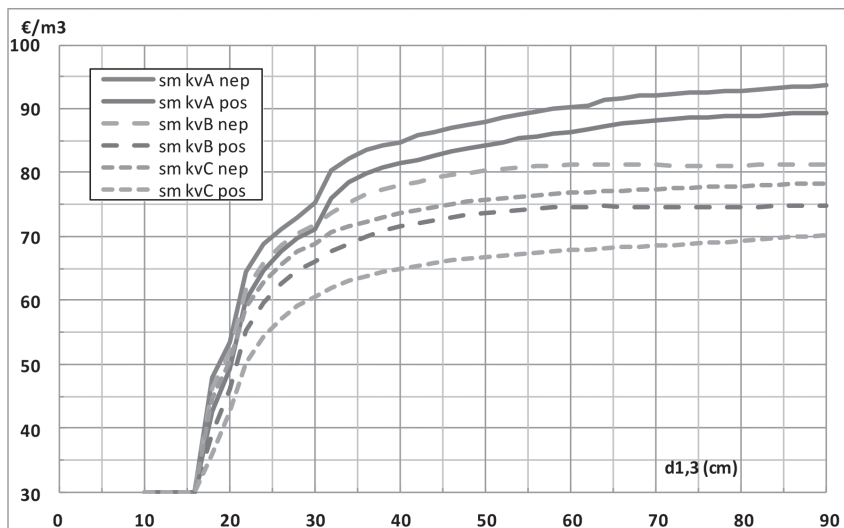
Ceny sortimentov sú podľa ponukového cenníka akostných a hrúbkových tried pre 1. štvrtrok 2016, ktoré zverejnili Lesy SR š.p., odštepny závod Košice.

### **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

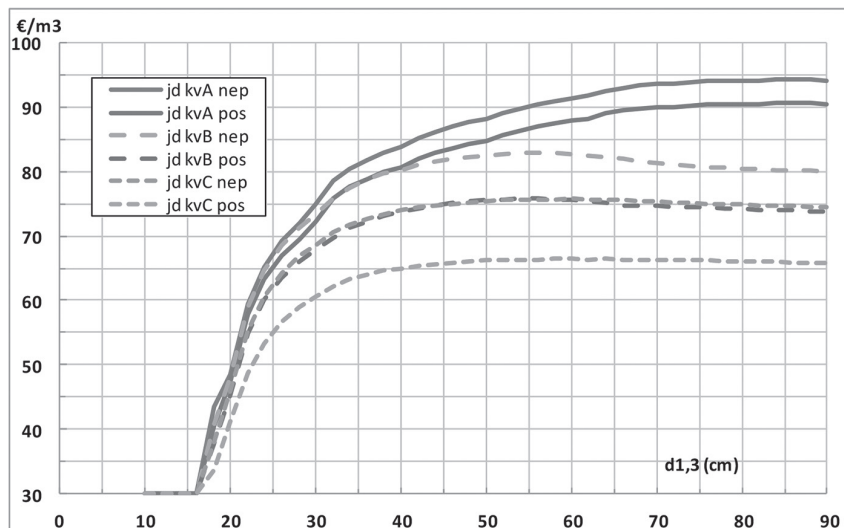
Priemerné hodnoty dreva významne ovplyvňuje nielen štruktúra sortimentov, ale aj ich cena. Najvyššie hodnoty dosahujú pri všetkých drevinách najkvalitnejšie kmene triedy A. Pri dvojici ihličnatých drevín (Obr. 1 a 2) trvale stúpajú a pri hrúbke stromov 90 cm dosahujú približne 95 €·m<sup>-3</sup>. Hodnota poškodených kmeňov je približne o 5 €·m<sup>-3</sup> nižšia. Pri kmeňoch priemernej kvality B hodnoty smrekového dreva kulminujú pri hrúbkach stromov 60–70 cm a jedľového pri hrúbkach 50–60 cm. Nepoškodené kmene smreka tu majú hodnotu približne 81 €·m<sup>-3</sup> a poškodené 75 €·m<sup>-3</sup>. Jedľové kmene majú hodnoty približne len o 1–2 €·m<sup>-3</sup> vyššie. Smrekové nepoškodené a poškodené kmene najhoršej kvality C majú najvyššie hodnoty dreva 78–70 €·m<sup>-3</sup> až pri hrúbke stromov 90 cm. Jedľa kulminuje pri hrúbke stromov 50–70 cm s hodnotami 76 a 67 €·m<sup>-3</sup> pri nepoškodených a poškodených kmeňoch.

Priemerné hodnoty bukového dreva (Obr. 3 a 4) sú výrazne iné ako pri smreku a jedli a to najmä vo vzťahu k hrúbkam stromov a poškodeniu kmeňov. V širokom priemere kulminujú pri hrúbkach stromov približne 45–60 cm a s vyššími hrúbkami stromov sa kvalitnejším kmeňom triedy A, B hodnoty dreva výraznejšie znižujú. Napr. pri nepoškodených kmeňoch triedy A z 82 €·m<sup>-3</sup> na 72 €·m<sup>-3</sup>. Tento trend je zreteľný aj pri poškodení kmeňov, ktoré je pri buku oveľa významnejší faktor ako pri smreku alebo jedli. Pri buku je potrebné ešte zdôrazniť, že najvyšší - skokový nárast hodnoty dreva je pri hrúbkach stromov 42–43 cm. Súvisí to s tým, že najkvalitnejšie výrezy triedy I majú stanovenú minimálnu hrúbku 40 cm na tenšom konci. V súvislosti s výskytom nepravého jadra sa pri buku nemôže zanedbať vplyv veku stromov, kvôli výskytu nepravého jadra (RAČKO, ČUNDERLÍK 2011). Z tohto dôvodu sa vypočítali priemerné hodnoty dreva pre 100 a 140 ročné stromy. Tie kulminujú v oboch prípadoch približne pri rovnakej hrúbke stromov, avšak vo veku 140 rokov sú približne o 2–4 €·m<sup>-3</sup> nižšie.

Z odvodenej priemernej hodnotovej produkcie dreva vyplývajú jednoznačné závery, že rubnú zrelosť stromov ovplyvňuje nielen ich hrúbka, ale aj kvalita a poškodenie kmeňov a v prípade buka aj vek stromu. Vplyv jednotlivých stromových charakteristík je pri ihličnatých drevinách veľmi podobný, ale je významnejší pri buku. Pokiaľ bukové stromy dosahujú najvyššiu priemernú hodnotovú produk-

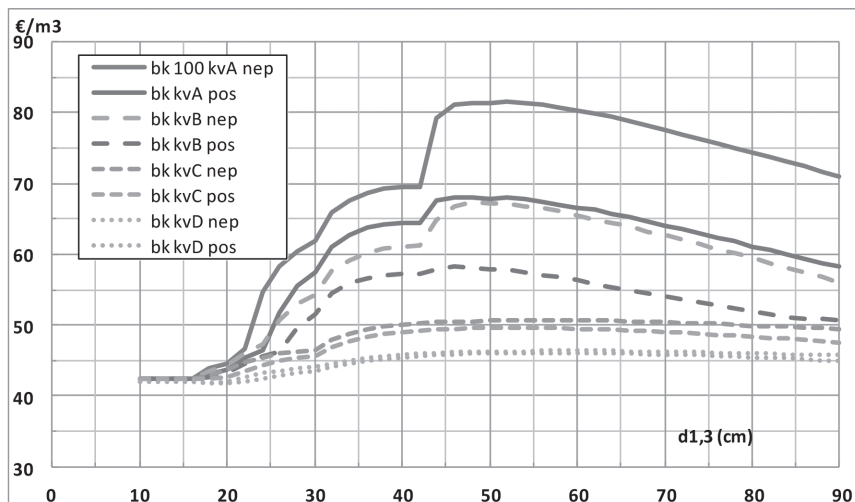


Obr. 1: Priemerná hodnota smreka ( $\text{€}\cdot\text{m}^3$ ) v závislosti od hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa  
 Fig. 1: Spruce average value ( $\text{€}\cdot\text{m}^3$ ) in dependence on diameter, quality and stem damage



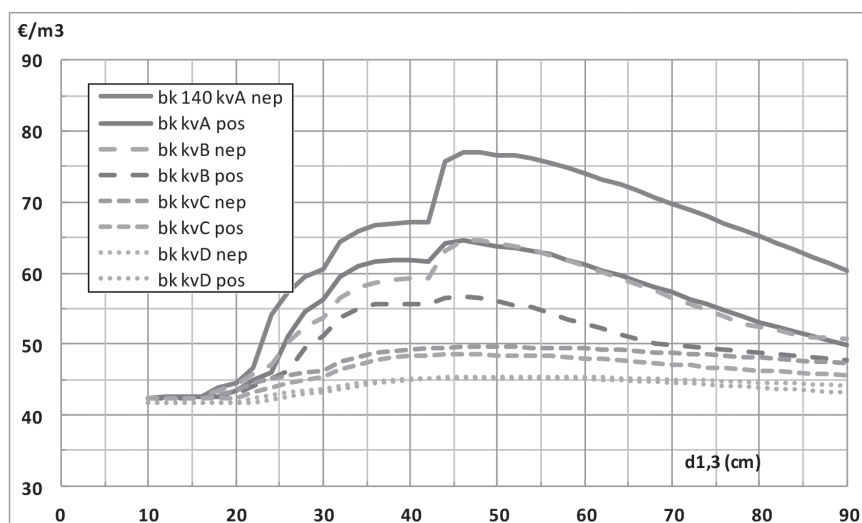
Obr. 2: Priemerná hodnota jedle ( $\text{€}\cdot\text{m}^3$ ) v závislosti od hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa  
 Fig. 2: Fir average value ( $\text{€}\cdot\text{m}^3$ ) in dependence on diameter, quality and stem damage

ciu približne 70–80  $\text{€}\cdot\text{m}^3$  pri hrúbke 45–55 cm, tak smrek a jedľa ju majú 80–95  $\text{€}\cdot\text{m}^3$  pri hrúbkach nad 60–90 cm. Majú ju teda všeobecne vyššiu a pri vyšších hrúbkach stromov. Pri porovnávaní s cieľovými hrúbkami publikovanými inými autormi je potrebné brať do úvahy aj metodiky ich odvodnenia. SANIGA, VENCURIK (2007) odvodili cieľové hrúbky z optimálnych kriviek hrúbkových početností a pre 3 skupiny porastov udávajú hrúbky 50, 70 a 74 cm bez ohľadu na drevinu.



Obr. 3: Priemerná hodnota buka vo veku 100 rokov ( $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v závislosti od hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa

Fig. 3: Beech average value ( $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in dependence on diameter, quality and stem damage at the age of 100 years



Obr. 4: Priemerná hodnota buka vo veku 140 rokov ( $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v závislosti od hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa

Fig. 4: Beech average value ( $\text{€}\cdot\text{m}^{-3}$ ) in dependence on diameter, quality and stem damage at the age of 140 years

ŽÍHLAVNÍK (2005) uvádza len dimenzie rubného typu s produkciou piliarskej guľatiny smreka, jedle a borovice 56–64 cm a buka 52–60 cm. Pre produkciu cenných sortimentov je cieľová hrúbka stromov pre všetky skúmané dreviny rovnaká 70–90 cm. Podobne aj REININGER (1992, 1997) udáva pre nepoškodené kmene pi-



liarskej kvality cieľovú hrúbku 50 cm. Pri poškodení kmeňov hnilobou alebo pri horšej kvalite sa cieľová hrúbka značne zníži. Pri najkvalitnejších kmeňoch triedy A počíta s cieľovou hrúbkou približne 60 cm. Uvádzané hrúbky sú bez ohľadu na drevinu.

## ZÁVER

Pre stanovenie rubnej zrelosti stromov sa použila ich hodnotová produkcia. Pre skúmané dreviny sa odvodili priemerné hodnoty dreva ( $\text{€}\cdot\text{m}^3$ ) jednotlivých stromov v závislosti od ich hrúbky, kvality a poškodenia kmeňa a v prípade buka aj od veku stromu. Štruktúra sortimentov sa vypočítala podľa modelov stromových sortimentačných tabuliek. Ceny sortimentov sú lokálne podľa ponukového cenníka akostných a hrúbkových tried pre 1. štvrťrok 2016 Lesov SR š.p., odštepny závod Košice. Rubne zrelé stromy sú tie, ktoré majú najvyššiu priemernú hodnotu dreva. Väčšina bukov priemernej a nadpriemernej kvality dosahuje najvyššiu priemernú hodnotovú produkciu približne 70–80  $\text{€}\cdot\text{m}^3$  pri hrúbke 45–55 cm. Smrek a jedľa dosahujú 80–95  $\text{€}\cdot\text{m}^3$  pri hrúbkach nad 60–90 cm. Hodnotová produkcia stromov sa všeobecne znižuje s horšou kvalitou a poškodením kmeňov, ale pri buku aj s vyššou hrúbkou a vekom stromov.

## LITERATÚRA

- DOLEŽAL, B., KORF, V., PRIESOL, A. 1969. *Hospodárska úprava lesů*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 403 s.
- GREGUŠ, C. 1976. *Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa*. Bratislava, Príroda: 304 s.
- HALAJ, J., PÁNEK, F., PETRÁŠ, R. 1981. Matematický model druhého vydania rastových tabuliek pre smrek, jedľu, dub a buk. *Lesníctví*, 27 (10): s. 867-878.
- HALAJ, J., BORTEL, J., GRÉK, J., MECKO, J., MIDRIAK, R., PETRÁŠ, R., SOBOCKÝ, E., TUTKA, J., VALTYŇNI, J. 1990. *Rubná zrelosť drevín*. LVÚ Zvolen, Lesnícke štúdie, 48: 117 s.
- HALAJ, J., PETRÁŠ, R. 1998. *Rastové tabuľky hlavných drevín*. Bratislava, Slovak Academic Press: 325 s.
- PETRÁŠ, R., NOCIAR, V. 1990. Nové sortimentačné tabuľky hlavných listnatých drevín. *Lesnícky časopis*, 36 (6): s. 535–552.
- PETRÁŠ, R., NOCIAR, V. 1991a. Nové sortimentačné tabuľky hlavných ihličnatých drevín. *Lesnícky časopis*, 37 (5): s. 377–392.
- PETRÁŠ, R., NOCIAR, V. 1991b. *Sortimentačné tabuľky hlavných drevín*. Bratislava, Veda: 304 s.
- PETRÁŠ, R. 1992. Mathematisches Modell der Sortimentstafeln für Hauptbaumarten. *Lesnícky časopis*, 38 (4): s. 323–332.
- PETRÁŠ, R., HALAJ, J., MECKO, J. 1996. *Sortimentačné rastové tabuľky drevín*. Bratislava, Slovak Academic Press: 252 s..
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., NOCIAR, V. 2008a. Models of assortment yield tables for poplar clones. *Journal of Forest Science*, 54 (5): s. 227–233.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., NOCIAR, V. 2008b. Value production of poplar clones. *Journal of Forest Science*, 54 (6): s. 237–244.

- PETRÁŠ, R., MECKO, J. 2013. Rubná zrelosť porastov smreka, jedle a buka. In: Baláš, M., Podrázský, V., Kučeravá, B. (eds.). *Pěstování lesů ve střední Evropě : 14. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy 2.–3.7.2013. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze: s. 184–191. Proceedings of Central European Silviculture.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., PETRÁŠOVÁ, V. 2015. Criteria for felling maturity of poplar clones grown for energy use. *Acta regionalia et environmentalica*, 12 (2): s. 43–45.
- POLENO, Z. 1999. *Výběr jednotlivých stromů k obnovní těžbě v pasečném lese*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 127 s.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ŠTEFANČÍK, I., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., KUPKA, I., MALÍK, V., TURČÁNI, M., DVOŘÁK, J., ZATLOUKAL, V., BÍLEK, L., BALÁŠ, M., SIMON, J. 2009. *Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 951 s.
- PRIESOL, A., POLÁK, L. 1991. *Hospodárska úprava lesov*. Bratislava, Príroda: 448 s.
- RAČKO, V., ČUNDERLÍK, I. 2011. Vplyv veku stromu na frekvenciu výskytu a veľkosť nepravého jadra buka. *Acta facultatis xylologiae Zvolen*, 53 (2): s. 5–14.
- REININGER, H. 1992. *Zielstärken-Nutzung oder die Plenterung des Altersklassenwaldes*. 5. Aufl. Wien, Österreichischer Agrarverlag: 163 s.
- REININGER, H. 1997. *Hospodaření v lesích kláštera Schlägl*. Těžba cílových tloušťek anebo výběr v lese věkových tříd. Praha, Agrospoj: 120 s.
- SANIGA, M., VENCURIK, J. 2007. *Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 83 s.
- ŽÍHLAVNÍK, A. 2005. *Hospodárska úprava lesov*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 389 s.

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0439-12, č. APVV-0255-10 a úlohy výskumu a vývoja MPRV SR „Výskum, inovácie a podpora konkurencieschopnosti lesnícko-drevárskeho komplexu“.

## MOŽNÁ SUBSTITUCE SMRKU DOUGLASKOU V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

### POTENTIAL SUBSTITUTION OF NORWAY SPRUCE BY THE DOUGLAS-FIR IN THE CZECH REPUBLIC

VILÉM PODRÁZSKÝ

Katedra pěstování lesů FLD ČZU v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, podrazsky@fld.czu.cz

#### ABSTRACT

There is supposed a relative strong decrease of the coniferous timber supply due to changes of tree species composition in the Czech forests and due to the environmental changes. The Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) is the most affected species. The annual timber supply decrease of this species is supposed in an extent of 0.9 mil. m<sup>3</sup> in the next two decades (2013–2032) and more than 1 mil. m<sup>3</sup> decrease is supposed for all conifers. Plantation of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) can substitute N. spruce on part of its today sites and so eliminate partially the timber supply decline in the future. The cultivation of Douglas-fir could lead to increase of the plantation area from 5,800 ha (today) to the extent of 149,616–163,713 ha respecting legislative restrictions and recommendations of general management plans. This can represent increased timber increment of 300,000–650,000 m<sup>3</sup> per year and substantially mitigate the coniferous timber supply decline in the next decades.

Keywords: Douglas-fir, Norway spruce, production potential, environmental effects, timber supply

#### ABSTRAKT

Díky změnám ve druhovém složení českých lesů a díky změnám životního prostředí je předpokládán relativně značný pokles nabídky jehličnatého dříví. Zřejmě nejvíce ovlivněnou dřevinou bude smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.). Roční pokles nabídky jeho sortimentů lze předpokládat v příštích dvou dekádách (2013–2032) v rozsahu 0,9 mil. m<sup>3</sup>, a u všech jehličnatých dřevin až v rozsahu převyšujícím 1 mil. m<sup>3</sup>. Rozsáhlejší využití douglasky (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) může nahradit smrk na části jeho dnešních stanovišť a problém alespoň částečně eliminovat. Při respektování doporučení lesních hospodářských plánů a environmentalistických omezení lze počítat rozšíření ploch a douglaskou z dnešních 5 800 ha až na 149 616–163 713 ha. To může představovat nárůst produkce douglaskových sortimentů až na 300 000–650 000 m<sup>3</sup> ročně, a výrazně tak zmírnit očekávaný pokles nabídky jehličnatých sortimentů.

Klíčová slova: Douglaska, smrk, produkce, environmentální dopady, dřevní surovina

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Douglaska (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) představuje ve světovém měřítku dřevinu s nejvyšším produkčním potenciálem v podmínkách mírného pásma. Je pěstována především v západoevropských zemích, jako je Francie, Německo, a dále v Itálii (ŠINDELÁŘ, BERAN 2004). V České republice je v současné době pěstována na zhruba 6 000 ha, roční přírůst plochy lze odhadovat na stovku ha. Také zde je dřevinou s využitím dřeva potenciálně srovnatelným s ostatními jehličnany (smrk, borovice, modřín), mnohdy dokonce se dřevem s příznivějšími technickými vlastnostmi (KUBEČEK et al. 2014, VAŠÍČEK 2014). Výsledky studia douglaskového dříví uvádí například GÖHRE (1958) nebo HAPLA (2000), vliv pěstování na kvalitu dřeva pak HAPLA (1999) nebo HAPLA, KNIGGE (1985). V domácích podmínkách potvrdili například REMEŠ, ZEIDLER (2014) produkční nadřazenost douglasky stejně jako kvalitu jejího dřeva.

Pro úspěšnou introdukci douglasky, jako každé jiné dřeviny, je nezbytné vybrat vhodné provenience. Pro Západní Evropu se jedná o douglasky z regionu pobřežní pacifické zóny Severní Ameriky, pro středoevropské podmínky jsou vhodnější i více vnitrozemské provenience (BERAN 1995, KŠÍR et al. 2015). V jiných evropských zemích jsou vhodné oblasti původu lokalizovány i v ještě více vnitrozemských podmínkách s kontinentálními prvky klimatu (PETKOVA et al. 2014, POPOV 2014). V řadě našich oblastí jsou již k dispozici „místní“, lokálními podmínkami prověřené populace, neboť douglaska je u nás v porostech šířena již více než sto let, tyto populace pak jsou rovněž disponibilní pro přirozenou i umělou obnovu douglaskových porostů.

Tato vysoce produktivní dřevina může být navíc považována na řadě stanovišť jako stabilizační a dokonce meliorační s příznivými účinky (relativně vzhledem k domácím jehličnanům) na stav humusových forem, lesních půd i biodiverzitu přízemní vegetace (AUGUSTO et al. 2003, KUBEČEK et al. 2014, MENŠÍK et al. 2009, KANTOR 2008, KANTOR, MAREŠ 2009, PODRÁZSKÝ et al. 2014A, VIEWEGH et al. 2014).

Na druhé straně je smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.) dřevinou, která vykazuje řadu problémů se stabilitou i zdravotním stavem díky nevhodnému pěstování a péči (ochraně) v minulosti i extrémům klimatu a počasí. Dochází k rozpadu a odumírání jeho porostů, zejména v nižších nadmořských výškách a v některých regionech. Jeho náhrada jinými dřevinami je vysoce aktuální na řadě stanovišť. Změny druhové skladby, neustálý tlak na přírodě bližší stav lesů a zdravotní problémy smrku vedou dlouhodobě k poklesu rozlohy smrkových porostů a v blízké budoucnosti i k poklesu nabídky smrkového dříví v rozsahu zhruba 0,9 mil. m<sup>3</sup> ročně v nejbližších dvou dekádách (MZe 2013, PODRÁZSKÝ et al. 2014B, SYNEK et al. 2014). Cílem předkládaného příspěvku pak je zhodnotit možnost částečného nahrazení výpadku produkce smrku douglaskou.

## MATERIÁL A METODIKA

Předpokládané změny v nabídce sortimentů dříví jednotlivých dřevin a jejich skupin byly převzaty z práce SYNEK et al. (2014). Potenciální etát smrku pro období

2013–2032 byl odvozen ze současné databáze souhrnných hospodářských plánů v souladu s metodikou stanovení těžebních možností (VAŠÍČEK et al. 2006).

Rozsah plochy vhodné pro pěstování douglasky byl odvozen z publikace PULKRAB et al. (2014). Kalkulace byla založena na typologickém systému České republiky a doporučeních pro druhovou skladbu, se zohledněním omezení environmentálních charakteru (chráněná území apod.).

Srovnání produkce smrku a douglasky bylo založeno především na původních studiích, stejně tak i na převzatých údajích (KUBEČEK et al. 2014), shrnujících rozdíly v produkci obou dřevin ve srovnatelných podmínkách.

## **VÝSLEDKY A DISKUSE**

SYNEK et al. (2014) vyhodnotili těžební možnosti s ohledem na jednotlivé dřeviny na národní úrovni na základě dlouhodobých řad dat. Podle nich lze předpokládat značný pokles těžebních možností právě u smrku. Konkrétně v první jimi sledované dekádě (2013–2022) lze ještě počítat s nezměněným těžebním potenciálem, srovnatelným s rokem 2012. Dále je však možno uvažovat (2023–2032) s ročním poklesem až 1,6 mil. m<sup>3</sup>. Pokud by se tento potenciální pokles rozložil na obě desetiletí, je možno uvažovat průměrný pokles v rozsahu 0,9 m<sup>3</sup> ročně ve srovnání s rokem 2012. Vyrovnané těžební možnosti však mohou být výrazně narušeny výskytem kalamit a dalších nahodilých těžeb v důsledku odumírání smrkových porostů, což může situaci ještě výrazně zhoršit (MZE 2013, ŠRÁMEK et al. 2015). Náhrada smrku jinými dřevinami na rozsáhlých plochách je tedy nezbytností pro udržení stability a vitality českých lesů.

V současnosti je naproti tomu douglaska pěstována na cca 5800 ha (VAŠÍČEK 2014) s výrazně vyšším potenciálem (KUBEČEK et al. 2014, PULKRAB et al. 2014). Pokud by byl plně využit současný legislativní potenciál douglasky, tj. doporučení hospodářských plánů a využití jejich možností, vhodná stanoviště a omezení vyplývající z environmentalistického přístupu, je možno její pěstování předpokládat na 149616–163713 ha v rámci České republiky (PULKRAB et al. 2014). Tato plocha může být samozřejmě obnovena pouze postupně, takže rovněž substituce smrku douglaskou (a jinými dřevinami) bude postupná a poměrně pomalá, rovněž trvající řadu desetiletí. Na druhé straně je možno očekávat rychlý růst douglaskových porostů a poměrně rychlou náhradu chybějící produkce. V každém případě je možno využít potenciál této dřeviny nejen výše zmíněným způsobem, ale i na podstatně širším souboru stanovišť. Lze rovněž měnit současná lesnická paradigma, přístupy a omezení daná státní správou spolu s globálními změnami v sektoru i v biosféře (O'HARA 2015).

Substituce smrkových porostů jinými dřevinami na jejich současné rozloze 1,3 mil. ha je ze značné části nezbytná. Je v každém případě předpokládán pokles jejich podílu ze současných 50,7 % na 36,5 % (MZE 2013), v souladu s dlouhodobou strategií LH ČR. To je jistě zásadní zásah do dynamiky sektoru. Pro něj bude zajištění jehličnatých sortimentů zásadní výzvou v příštích desetiletích díky orientaci českého dřevozpracujícího průmyslu, přitom využití douglasky může znamenat zásadní přínos. Může zmírnit nejenom problémy s dodávkami jehlična-

tých sortimentů, ale i změny v lesních ekosystémech, považované za nepříznivé. Může částečně eliminovat změny v půdním prostředí a v biodiverzitě, vyvolané velkoplošným zaváděním smrku v minulých staletích (AUGUSTO et al. 2003, MÁLIŠ et al. 2010, OULEHLE, HRUŠKA 2005).

Analýza růstového potenciálu jednotlivých stromů v lesních porostech prokázala mnohem větší objemy jednotlivých stromů douglasky ve srovnání s jinými dřevinami, především se smrkem (KANTOR 2008, KANTOR, MAREŠ 2009). Kvantifikace přírůstu celých porostů (KUBEČEK et al. 2014) doložila v případě douglasky vyšší průměrný přírůst o 2–4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ročně ve srovnání se smrkem na sledovaných stanovištích, spíše průměrných a horších se zřetelem na stanovištní požadavky douglasky. Pokud uvážíme minimální přípustnou rozlohu ploch pro pěstování douglasky, lze předpokládat s velkou pravděpodobností při náhradě smrku touto dřevinou navýšení roční přírůstu o 300 000 až 650 000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Přitom postupné zvyšování přírůstu, byť zprvu formou předmýtních těžeb, bude probíhat ve stejném čase, možná poněkud pomaleji, než pokles nabídky smrkových sortimentů, tedy ovšem jestli se k podobnému rozsahu náhrady smrku douglaskou náš lesnický provoz odhodlá. Tato prozatím teoretická substituce tak může představovat velmi výrazné zmírnění dopadů na dřevařský průmysl v příštích decenních, a to s využitím jak dovezeného, tak i „domácího“ materiálu (MARTINÍK et al. 2014). Lesnický provoz by se tímto aspektem sektorové strategie měl rozhodně výrazněji zabývat.

## ZÁVĚR

Douglaska představuje více než vhodnou náhradu za smrk ztepilý na podstatné části jeho současné plochy pěstování, kde ani tato dřevina není stanovištně původní a vykazuje řadu problémů. Vhodné území představuje zhruba 10 % plochy pěstování smrkových porostů, kde byl smrk rozšířen lesnickou kulturou. Minimální akceptovatelné území pro pěstování douglasky představuje rozlohu 149 616 – 163 713 ha, což může být využito v několika desetiletích. To může vést ke zvýšenému přírůstu zhruba 300 000 až 650 000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ročně, což může velmi výrazně přispět k vyrovnání výpadku smrkových sortimentů. Navíc lze počítat s příznivějším vlivem této dřeviny na stav lesních půd a společenstva přízemní vegetace. Rozhodně je mimořádně naléhavé se této problematice urychleně věnovat.

## LITERATURA

- AUGUSTO, L., DUPOUEY, J.-L., RANGER, J. 2003. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*, 60: s. 823–831.
- BERAN, F. 1995. Dosavadní výsledky provenienčního výzkumu douglasky tisolisté v ČR. *Zprávy lesnického výzkumu*, 40 (3/4): s. 7–13.
- GÖHRE, K. 1958. *Die Douglasie und ihr Holz*. Berlin, Akademie Verlag: 596 s.
- HAPLA, F. 1999. *Verkernung und weitere verwendungsrelevante Eigenschaften von Douglasien-Schwachholz aus unterschiedlich behandelten Jungbeständen: Folgerungen für die Sortierung und die industrielle Verwendung von Douglasien-Schwachholz*. Frankfurt am Main, Sauerländer: 205 s.

- HAPLA, F. 2000. Douglasie – eine Bauholzart mit Zukunft. *Forst und Holz*, 55 (22): s. 728–732.
- HAPLA, F., KNIGGE, W. 1985. *Untersuchung ueber die Auswirkungen von Durchforstungsmassnahmen auf die Holzeigenschaften der Douglasie*. Frankfurt am Main, Sauerländer: 142 s.
- KŠÍR, J., BERAN, F., PODRÁZSKÝ, V., NOVOTNÝ, P., DOSTÁL, J., KUBEČEK, J. 2015. Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na lokalitě Hůrky v Jižních Čechách ve věku 44 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): s. 104–114.
- KANTOR, P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54 (7): s. 321–332.
- KANTOR, P., MAREŠ, R. 2009. Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forestry School in Písek. *Journal of Forest Science*, 55 (7): s. 312–322.
- KUBEČEK, J., ŠTEFANČÍK, I., PODRÁZSKÝ, V., LONGAUER, R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 60 (2): s. 120–129.
- MÁLIŠ, F., VLADOVIČ, J., ČABOUN, V., VODÁLOVÁ, A. 2010. The influence of *Picea abies* in forest plant communities of the Veporské vrchy Mts. *Journal of Forest Science*, 56: s. 58–67.
- MARTINÍK, A., HOUŠKOVÁ, K., PALÁTOVÁ, E. 2014. Germination and emergence response of specific Douglas fir seed lot to different temperatures and pre-chilling duration. *Journal of Forest Science*, 60 (7): s. 281–287.
- MENŠÍK, L., KULHAVÝ, J., KANTOR, P., REMEŠ, M. 2009. Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in training forest district Hůrky and the Křtiny Forest Training Enterprise. *Journal of Forest Science*, 55: s. 345–356.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR 2013: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2013*. Praha, MZe: 132 s.
- O'HARA, K.L. 2015. What is close-to-nature silviculture in a changing world? *Forestry*, 89: s. 1–6.
- OULEHLE, F., HRUŠKA, J. 2005. Tree species (*Picea abies* and *Fagus sylvatica*) effects on soil water acidification and aluminium chemistry at sites subjected to long-term acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99: s. 1822–1829.
- PETKOVA, K., GEORGIEVA, M., UZUNOV, M. 2014. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at the age of 24 years. *Journal of Forest Science*, 60 (7): s. 288–296.
- PODRÁZSKÝ, V., MARTINÍK, A., MATĚJKA, K., VIEWEGH, J. 2014A. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*, 60 (7): s. 263–271.
- PODRÁZSKÝ, V., ZAHRADNÍK, D., REMEŠ, J. 2014B. Potential consequences of tree species and age structure changes of forests in the Czech Republic – review of forest inventory data. *Wood Research*, 59 (3): s. 483–490.
- POPOV, E.B. 2014. Results of 20 years old Douglas-fir provenance experiment es-

- established on the northern slopes of Rila Mountain in Bulgaria. *Journal of Forest Science*, 60 (9): s. 394–399.
- PULKRAB, K., SLOUP, M., ZEMAN, M. 2014. Economic impact of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) production in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 60 (7): s. 297–306.
- REMEŠ, J., ZEIDLER, A. 2014. Production potential and wood quality of Douglas fir from selected sites in the Czech Republic. *Wood Research*, 59 (3): s. 509–520.
- SYNEK, M., VAŠIČEK, J., ZEMAN, M. 2014. Outlook of logging perspectives in the Czech Republic for the period 2013–2032. *Journal of Forest Science*, 60: s. 372–381.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F. 2004. *K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté*. Lesnický průvodce 3/2004. Strnady, VÚLHM: 34 s.
- ŠRÁMEK, V., NOVOTNÝ, R., FADRHOŇSOVÁ, V. 2015. Chřadnutí smrkových porostů a stav lesních půd v oblasti severní Moravy a Slezska (PLO 29 A 39). *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (2): s. 147–153.
- VAŠIČEK, J. 2014. Data o douglasce tisolisté v ČR. *Lesnická práce*, 93 (7): s. 17.
- VAŠIČEK, J., HÁNA, J., KRAUS, M., PACOUREK, P. 2006. Těžební možnosti na území lesů ČR. *Lesnická práce*, 85: s. 240–242.
- VIEWEGH, J., PODRÁZSKÝ, V., MATĚJKA, K. 2014. Charakterystyka roslinnosci runa ksztaltujacej sie pod drzewostanami daglezjowymi (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) w lasach gospodarczych Republiki Czeskiej. *Sylwan*, 158 (4): s. 277–284.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1520299 Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR. Vznikl překladem a úpravou vědeckého článku pro zahraniční časopis a bude v upravené formě publikován i v Lesnické práci.



## JAK VNÍMÁ VEŘEJNOST NÍZKÝ A STŘEDNÍ LES?

### HOW DOES THE PUBLIC PERCEIVE COPPICE AND COPPICE-WITH-STANDARDS?

MICHAL KNEIFL<sup>1</sup>; JAN KADAVÝ<sup>1</sup>; ROBERT KNOTT<sup>2</sup>; PETER BROS<sup>1</sup>

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, <sup>1</sup>Ústav hospodářské úpravy lesů a aplikované geoinformatiky; <sup>2</sup>Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 613 00 Brno, kneifl@mendelu.cz

#### ABSTRACT

The paper presents the results of public opinion research of forest management forms of coppice and coppice-with-standards that are re-introduced at the Training Forest Enterprise „Masarykův les“ Křtiny (Czech Republic). Coppice-with-standards (coppice respectively) evokes an impression of a better forest management way in 47 % (29 %) of respondents. It was assigned with a higher esthetical value by 28 % (15 %) of the respondents. In the future, it would be demanded on greater areas of the forest by 42 % (34 %) of the respondents. Respondents marked their impression evoked by coppice-with-standards (high forest respectively) with an average mark 3.0 (4.0). Respondents marked their impression evoked by coppice (high forest respectively) with an average mark 3.0 (1.0). Public views on these management forms were not affected by gender, age and educational attainment of respondents.

Keywords: coppice, coppice-with-standards, public opinion survey

#### ABSTRAKT

V příspěvku jsou prezentovány výsledky výzkumu veřejného mínění na hospodářské tvary lesa středního a nízkého, které jsou znovu zaváděny na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny (Česká republika). Střední les (resp. nízký les) je vnímán jako lepší způsob lesnického hospodaření u 47 % (29 %), vyšší estetickou hodnotu mu přiznalo 28 % (15 %) a častěji a na větších plochách by se s ním do budoucna chtělo setkávat 42 % (34 %) respondentů. Dojem ze středního lesa (resp. vysokého lesa) byl na lokalitě Hády hodnocen průměrnou známkou 3.0 (4.0). Dojem z nízkého lesa (resp. vysokého lesa) byl na lokalitě Lesná hodnocen průměrnou známkou 3.0 (1.0). Názory veřejnosti na tyto způsoby hospodaření nebyly ovlivněny pohlavím, věkem a ani dosaženým vzděláním respondentů.

*Klíčová slova:* les nízký, les střední, výzkum veřejného mínění, dotazník

#### ÚVOD A PROBLEMATIKA

V řadě zemí Evropy včetně České republiky byla při lesnickém hospodaření v minulosti využívána oproti současné době mnohem častěji vegetativní obnova lesa. Bylo to především při hospodaření v tzv. nízkém a středním lese. Výsledkem his-

torického vývoje lesnického hospodaření v podmínkách České republiky, stejně jako ve většině zemí střední Evropy došlo postupně k dominanci využívání vysokého lesa s převládající generativní obnovou.

Les plní pro společnost kromě produkční funkce i celou řadu různých mimoprodukčních či veřejně prospěšných funkcí (ŠIŠÁK 1999). Ve vztahu k vnímání a postoji vůči lesům v okolí měst je významným faktorem citový vztah lidí k lesům (COLES, BUSSEY 2000). V poslední době byly analyzovány názory veřejnosti na les a lesní hospodářství v řadě průzkumů nejen v rámci Evropy (RAMETSTEINER, KRAXNER 2003, RAMETSTEINER et al. 2009), ale i v České republice (KOLEKTIV, 2001, VÍTKOVÁ 2006, DRÁBKOVÁ 2013, SADECKÝ et al. 2014). Velmi často jsou tyto analýzy vnímání lesa společností spojeny se zkoumáním zdravotně hygienické funkce lesa (PEJCHA 2014, SADECKÝ 2015).

V řadě lokalit je snahou lesníků hospodařit v současné době alternativně i s využitím dřívě běžných a později opuštěných tradičních způsobů, tj. např. s použitím nízkého nebo středního lesa. Příspěvek si klade za cíl zjistit, zda opětovně zaváděné tradiční typy lesa: a) vzbuzují u veřejnosti dojem lepšího lesnického hospodaření, b) mají vyšší estetickou hodnotu (ve srovnání se standardním vysokým lesem) a c) zda by se s nimi veřejnost chtěla častěji a na větších plochách do budoucna setkávat. Rovněž tak bylo cílem zjistit dojem respondentů z těchto tradičních typů lesa a dojem ze standardního (vysokého) lesa.

## **MATERIÁL A METODIKA**

Výzkum veřejného mínění na opětovně zaváděné hospodářské tvary (les střední a nízký) byl realizován na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny (Česká republika) formou dotazníkových akcí. Na přelomu let 2014/2015 se uskutečnil sběr dotazníků na lokalitě Hády, kde probíhá převod na les střední (49.2249483N, 16.6823317E). V letních měsících roku 2015 probíhalo zjišťování názorů veřejnosti na lokalitě Lesná, která je zaměřena na převod na les nízký (49.2433644N, 16.6243425E). Obě lokality se nacházejí v příměstské oblasti města Brna (cca 0.5 km od hranice města), vzdušnou čarou jsou od sebe vzdáleny cca 4.7 km. Hodnocený vzorek obsahoval 60 respondentů z lokality Hády a 100 respondentů z lokality Lesná, kteří odpovídali na následující otázky (odpověď ano / ne):

1 – Vzbuzuje tradiční způsob hospodaření dojem lepšího lesnického hospodaření? (ve srovnání s lesem vysokým)

2 – Má tradiční způsob hospodaření vyšší estetickou hodnotu? (ve srovnání s lesem vysokým)

3 – Chcete se s tradičními způsoby hospodaření do budoucna setkávat častěji a na větších plochách?

Další otázky respondenti hodnotili známkováním (1-výborný až 5-nedostatečný):

4 – Jaký je váš dojem z lesa středního (lokalita Hády), resp. nízkého (lokalita Lesná)?

5 – Jaký je váš dojem z lesa vysokého?

Při pokládání otázek byly respondentům tazatelem vysvětleny základní charakteristiky hospodaření a struktury vztahující se k jednotlivým typům lesa (les střední, nízký, vysoký) včetně ukázek těchto typů lesa.

Odpovědi respondentů byly hodnoceny vzhledem k následujícím znakům: pohlaví, věk a vzdělání. S ohledem na zpracování dat byl znak „věk“ rozdělen do dvou úrovní (do 40 let a nad 40 let) a znak „vzdělání“ rovněž do dvou kategorií (základní + středoškolské = Z+S a vyšší odborné + vysokoškolské = VO+V).

Výpočet četností a testování závislosti hodnocených znaků (pohlaví, věk a vzdělání) bylo provedeno hodnocením kontingenčních tabulek na základě chí-kvadrát testu nezávislosti. Porovnávání dvou nezávislých skupin (známkování dojmu) bylo provedeno s využitím Kolmogorov-Smirnov 2-výběrového testu. Výpočty a testování hypotéz bylo realizováno v programu STATISTICA 12 (Statsoft.cz).

## **VÝSLEDKY**

Střední les vzbuzuje u 47 % respondentů dojem lepšího lesnického hospodaření oproti lesu vysokému, vyšší estetickou hodnotu mu přisoudilo 28 % a 42 % respondentů by se s tímto typem lesa chtělo setkávat do budoucna častěji a na větších plochách (Tab. 1). Odpovědi respondentů na ani jednu ze sledovaných otázek (č. 1–č. 3) není možné vysvětlit podle sledovaných znaků pohlaví, věk a vzdělání. Sledované znaky neměly na odpovědi respondentů statisticky významný vliv. Respondenti jednotně hodnotili svůj dojem ze středního lesa známkou 3,0 rovněž bez ohledu na pohlaví, věk a úroveň vzdělání (Tab. 2). Dojem z vysokého lesa respondenti téměř jednotně hodnotili známkou 4,0 bez ohledu na pohlaví, věk a úroveň vzdělání. Výjimkou byla pouze skupina s vyšším vzděláním (VO + V), která svůj dojem z vysokého lesa hodnotila známkou 3,5 (Tab. 2).

Nízký les vzbuzuje dojem lepšího lesnického hospodaření oproti lesu vysokému 29 % respondentů, vyšší estetickou hodnotu mu přisoudilo 15 % dotazovaných a 34 % z nich by se s tímto typem lesa chtělo setkávat do budoucna častěji a na větších plochách (Tab. 3). Odpovědi respondentů na ani jednu ze sledovaných otázek (č. 1 – č. 3) není možné vysvětlit podle sledovaných znaků pohlaví, věk a vzdělání. Sledované znaky neměly na odpovědi respondentů statisticky významný vliv. Respondenti jednotně hodnotili svůj dojem z nízkého lesa známkou 3,0 bez ohledu na pohlaví, věk a úroveň vzdělání (Tab. 4). Dojem z vysokého lesa respondenti jednotně hodnotili známkou 1,0 bez ohledu na pohlaví, věk a úroveň vzdělání (Tab. 4).

## **DISKUSE A ZÁVĚR**

V současné době nebyly nalezeny žádné studie vztahující se ke vnímání struktury výmladkových lesů veřejností (NIELSEN, MØLLER 2008). Proto jsme se na toto téma zaměřili provedením dotazníkového šetření nedaleko města Brna (Česká republika) na lokalitě s ukázkami struktury středního a nízkého lesa ve srovnání s vysokým lesem. Z výsledků provedeného průzkumu vyplynula řada zajímavých výsledků. Ze statistického testování výsledků vyplynulo, že respondenti odpovídali na všechny otázky homogenně bez ohledu na pohlaví, věk a vzdělání.

Tab. 1: Četnosti odpovědí na otázky (č. 1–č. 3) podle jednotlivých úrovní sledovaných značek pro střední les (v % z celkového počtu respondentů, n = 60)

*Table 1: Frequencies of answers to questions (No. 1 – No. 3) for coppice-with-standards (% of the total number of respondents, n = 60)*

Otázka č. 1: Vzbuzuje střední les dojem lepšího lesnického hospodaření? <i>Question 1: Does coppice-with-standards evoke the impression of a more appropriate forest management?</i>				Otázka č. 2: Má střední les vyšší estetickou hodnotu? <i>Question 2: Does coppice-with-standards have a higher esthetical value?</i>				Otázka č. 3: Chcete se se středním lesem do budoucna setkávat častěji a na větších plochách? <i>Question 3: Would you appreciate to encounter coppice-with-standards more frequently and on bigger areas in the future?</i>			
Celkem		Celkem		Celkem		Celkem		Celkem		Celkem	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
46,7	53,3	28,3	71,7	41,7	58,3						
Pohlaví				Pohlaví				Pohlaví			
žena		muž		žena		muž		žena		muž	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
16,7	26,7	30,0	26,7	10,0	33,3	18,3	38,3	18,3	25,0	23,3	33,3
Věk				Věk				Věk			
< 40		≥ 40		< 40		≥ 40		< 40		≥ 40	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
30,0	30,0	16,7	23,3	13,3	46,7	15,0	25,0	25,0	35,0	16,7	23,3
Vzdělání				Vzdělání				Vzdělání			
Z + S		VO + V		Z + S		VO + V		Z + S		VO + V	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
30,00	30,00	16,7	23,3	13,3	43,3	15,0	28,3	23,3	33,3	18,3	25,0

Vysvětlivky – *Captions*: Celkem – *Total*, ano – *yes*, ne – *no*, Pohlaví – *Gender*: žena – *woman*, muž – *man*, Věk – *Age class*, Vzdelání – *Degree of education*: Z – *základní – basic*, S – *středoškolské – high school*, VO – *vyšší odborné – extended high school*, V – *vysokoškolské – university*.

Na první dvě otázky ohledně lepšího dojmu a lepšího estetického působení dvou hodnocených typů lesa (středního a nízkého) ve srovnání s lesem vysokým odpovědělo téměř dvojnásobně více respondentů ve prospěch středního lesa oproti lesu nízkému. Ve srovnání s lesem vysokým vzbuzuje střední les dojem lepšího lesnického hospodaření u 47 % respondentů a 28 % veřejnosti si myslí, že má lepší estetickou hodnotu než les vysoký. Les nízký pak evokuje lepší způsob hospodaření pouze u 29 % dotázaných a vyšší estetickou hodnotu vzbuzuje jen u 15 % z nich.

Tento výsledek je zajímavý ve srovnání se zjištěním veřejného průzkumu o městských lesích v České republice (VÍTKOVÁ 2006). Podle tohoto šetření preferuje

Tab. 2: Vyhodnocení známkování dojmu ze středního a vysokého lesa  
 Table 2: Marking the impression of coppice-with-standards and high forest

Otázka č. 4: Jaký je váš dojem z lesa středního? <i>Question 4: What is your impression of a coppice-with-standards?</i>					Otázka č. 5: Jaký je váš dojem z lesa vysokého? <i>Question 5: What is your impression of a high forest?</i>		
Znak	Úroveň	medián	25%	75%	medián	25%	75%
Pohlaví	žena	3,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0
	muž	3,0	2,0	3,0	4,0	3,0	4,0
Věk	< 40	3,0	2,0	3,5	4,0	3,0	4,0
	≥ 41	3,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0
Vzdělání	Z + S	3,0	3,0	4,0	4,0	3,0	5,0
	VO + V	3,0	2,0	4,0	3,5	3,0	5,0

Vysvětlivky – Captions: Znak – Factor, Úroveň – Level, medián – median, Pohlaví – Gender: žena – woman, muž – man, Věk – Age class, Vzdělání – Degree of education: Z – základní – basic, S – středoškolské – high school, VO – vyšší odborné – extended high school, V – vysokoškolské – university.

veřejnost z více než 60 % světlejší smíšené lesy a zároveň upřednostňuje „forests with different sceneries“ (více než 70 %). Přestože střední les by měl mít oproti vysokému lesu otevřenější strukturu, mohla být tato zjištěná disproporce způsobena umístěním konkrétních ukázek typů lesa při vyplňování dotazníků.

Ve prospěch lesa nízkého (srovnání oproti lesu vysokému) odpovědělo na první dvě otázky méně respondentů než u lesa středního pravděpodobně z důvodu stavu konkrétní ukázky nízkého lesa, který by v době konání ankety po provedené obnovní těžbě a působil jako otevřená plocha. Naproti tomu dospělý sousední smíšený vysoký les s přítomností jehličnanů měl uzavřený zápoj.

Poměrně zajímavým zjištěním je, že s tradičními způsoby hospodaření (s nízkým nebo středním lesem) by se do budoucna chtěla častěji a na větších plochách setkávat nezanedbatelná část respondentů (42 %, resp. 34 %). Pozitivní ohlasy na tyto typy lesa bývají přitom běžnější v zemích, kde se takto běžně hospodáří i v současné době (COLES, BUSSEY 2000).

Výše komentované výsledky se promítly i do známkového hodnocení v rámci otázek č. 4 a 5 při vyjádření dojmu respondentů na dotazované typy lesa. Zatímco nízký i střední les byly hodnoceny průměrnou známkou 3, rozdílné hodnoty byly zjištěny u hodnocení lesa vysokého na obou lokalitách. Na lokalitě Hády byl les vysoký hodnocen průměrně známkou 4, což mohlo být způsobeno konkrétní ukázkou, kdy v dospělém porostu listnatého (i když smíšeného) vysokého lesa byla přítomna podúrovňová složka a les byl poměrně hustý. Naproti tomu vysoký les rostoucí vedle lesa nízkého byl smíšený. Tato kombinace se projevila v hodnocení lesa vysokého známkou 1.

Součástí lesnické politiky mnoha zemí je podpořit účast veřejnosti na managementu lesa (VAN HERZELE et al. 2005). Z tohoto pohledu může být námi provedený prů-

Tab. 3: Četnosti odpovědí na otázky (č. 1 – č. 3) podle jednotlivých úrovní sledovaných znaků pro nízký les (v % z celkového počtu respondentů, n = 100)

Table 3: Frequencies of answers to questions (No. 1 – No. 3) for coppice (% of the total number of respondents, n = 100)

Otázka č. 1: Vzbuzuje nízký les dojem lepšího lesnického hospodaření? <i>Question 1: Does coppice evoke the impression of a more appropriate forest management?</i>				Otázka č. 2: Má nízký les vyšší estetickou hodnotu? <i>Question 2: Does coppice have a higher esthetical value?</i>				Otázka č. 3: Chcete se se nízkým lesem do budoucna setkávat častěji a na větších plochách? <i>Question 3: Would you appreciate to encounter coppice more frequently and on bigger areas in the future?</i>			
Celkem		Celkem		Celkem		Celkem		Celkem		Celkem	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
29,0	71,0	15,0	85,0	34,0	66,0						
Pohlaví				Pohlaví				Pohlaví			
žena		muž		žena		muž		žena		muž	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
14,0	33,0	15,0	38,0	9,0	38,0	6,0	47,0	18,0	35,0	16,0	31,0
Věk				Věk				Věk			
< 40		≥ 40		< 40		≥ 40		< 40		≥ 40	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
16,0	30,0	13,0	41,0	5,0	41,0	10,0	44,0	20,0	26,0	14,0	40,0
Vzdělání				Vzdělání				Vzdělání			
Z + S		VO + V		Z + S		VO + V		Z + S		VO + V	
ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
19,0	48,0	10,0	23,0	9,0	58,0	6,0	27,0	19,0	48,0	15,0	18,0

Vysvětlivky – Captions: Celkem – Total, ano – yes, ne – no, Pohlaví – Gender: žena – woman, muž – man, Věk – Age class, Vzdelání – Degree of education: Z – základní – basic, S – středoškolské – high school, VO – vyšší odborné – extended high school, V – vysokoškolské – university.

zkum dobrým východiskem pro rozvíjení aktivit (KADAVÝ et al. 2011, KADAVÝ et al. 2015) započatých na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny ve smyslu častějšího využívání tradičních způsobů obhospodařování lesů, jakými jsou nízký nebo střední les v blízkosti měst (urban forests). Je dále třeba zdůraznit, že pro příznivější přijetí méně známých hospodářských tvarů a způsobů je výhodné především laickou veřejnost připravit formou nejrůznějších forem osvěty, počínaje lesní pedagogikou a konče vysvětlujícími informačními tabulemi v lese. Lze tak předejít nedorozuměním, která mohou zmařit i dobře míněný hospodářský záměr.

Tab. 4: Vyhodnocení známkování dojmu z nízkého a vysokého lesa  
 Table 4: Marking the impression of coppice and high forest

Otázka č. 4: Jaký je váš dojem z lesa nízkého? Question 4: What is your impression of a coppice?					Otázka č. 5: Jaký je váš dojem z lesa vysokého? Question 5: What is your impression of a high forest?		
Znak	Úroveň	medián	25%	75%	medián	25%	75%
Pohlaví	žena	3,0	2,0	4,0	1,0	1,0	2,0
	muž	3,0	3,0	5,0	1,0	1,0	2,0
Věk	< 40	3,0	2,0	4,0	1,0	1,0	2,0
	≥ 41	3,0	3,0	5,0	1,0	1,0	2,0
Vzdělání	Z + S	3,0	3,0	4,0	1,0	1,0	2,0
	VO + V	3,0	2,0	4,0	1,0	1,0	1,0

Vysvětlivky – Captions: Znak – Factor, Úroveň – Level, medián – median, Pohlaví – Gender: žena – woman, muž – man, Věk – Age class, Vzdělání – Degree of education: Z – základní – basic, S – středoškolské – high school, VO – vyšší odborné – extended high school, V – vysokoškolské – university.

#### LITERATURA

- COLES, R.W., BUSSEY, S.C. 2000. Urban woodland landscapes in the UK-progressing in the social agenda. *Landscape and Urban Planning*, 52: s. 181–188.
- DRÁBKOVÁ, A. 2013. *Analysis of public opinion of forest and forestry in selected areas.* (Analýza názorů veřejnosti na les a lesní hospodářství na vybraných územích.) Disertační práce. ČZU v Praze: Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství.
- KADAVÝ, J., KNEIFL, M., KNOTT, R. 2011. Establishment and selected characteristics of the Hády coppice and coppice-with-standards research plot (TARMAG I). *Journal of Forest Science*, 57 (10): s. 451–458.
- 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.
- KOLEKTIV 2001. *Názory občanů na hospodaření s lesy v ČR – Zpráva z výzkumu veřejného mínění pro Lesy ČR*, s. p. Praha, Tailor Nelson Sofres Faktum, s. r. o.: s. 3–20.
- NIELSEN, A.B., MØLLER, F. 2008. Is coppice a potential for urban forestry? The social perspective. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7 (2): s. 129–138, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2008.02.005>.
- PEJCHA, J. 2014. *Analýza udržitelného rozvoje společenské poptávky po zdravotně-hygienických funkcích lesa v České republice*, Disertační práce. ČZU v Praze: Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství.
- RAMETSTEINER, E., EICHLER, L., BERG, J. 2009. *Shaping forest communication in the European Union: public perceptions of forests and forestry.* [online] Rotterdam, ECORYS: 125 s. [cit. 2016-04-06]. Dostupné na: [http://ec.europa.eu/agriculture/fore/public/public-perception/report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/fore/public/public-perception/report_en.pdf).

- RAMETSTEINER, E., KRAXNER, F. 2003. *Europeans and their forests*. (What do Europeans think about their forests and sustainable forest management?) [online] [cit. 2016-04-06]. Dostupné na: [http://www.foresteurope.org/documentos/LU\\_Europeans\\_Forest.pdf](http://www.foresteurope.org/documentos/LU_Europeans_Forest.pdf).
- SADECKÝ, D. 2015. *Analýza zdravotně-hygienických funkcí lesa v Chráněné krajinné oblasti Žďárské vrchy*. Disertační práce. ČZU v Praze: Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra ekonomiky a řízení lesního hospodářství.
- SADECKÝ, D., PEJCHA, J., ŠIŠÁK, L. 2014. Analýza názorů veřejnosti na les a lesní hospodářství v Chráněné krajinné oblasti Žďárské vrchy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (1): s. 11–17.
- ŠIŠÁK, L. 1999: Význam lesa pro veřejnost a úloha lesníka. *Lesnická práce*, 78 (9): s. 390–392.
- VAN HERZELE, A., COLLINS, K., TYRVÄINEN, L. 2005. Involving people in urban forestry - a discussion of participatory practices throughout europe. In: *Urban forests and trees: A reference book*. Berlin, Springer: s. 207–228, doi:10.1007/3-540-27684-X\_9.
- VÍTKOVÁ, H. 2006. How do Czechs see urban forests? *Journal of Forest Science*, 52 (12): s. 565–579.

#### PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci projektu „Výmladkové lesy jako produkční a biologická alternativa budoucnosti“ (reg. číslo CZ.1.07/2.3.00/20.0267) a v rámci projektu „Nízký les jako biologická a produkční alternativa budoucnosti v České republice“ (reg. číslo LD15117, COST CZ).



## **V LIV SUCHA A HORKÝCH VLN NA SEZÓN NÍ DYNAMIKU OBVODOVÝCH ZMĚN DOSPĚLÉHO SMRKOVÉHO POROSTU V ROCE 2015**

### *THE EFFECTS OF DROUGHT PERIODS AND HEAT WAVES ON THE PERIMETER CHANGES OF ADULT SPRUCE STAND IN 2015*

ONDŘEJ NEZVAL, FILIP HOLATA, JAN SVĚTLÍK

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav zakládání a pěstění lesů, Zemědělská 3, 61300 Brno, e-mail: onezval@seznam.cz, holatafilip@gmail.com

#### *ABSTRACT*

*The paper analyzes the impact of extreme weather conditions on the perimeter changes of adult spruce stand during the growing season in 2015. Perimeter changes were measured by mechanical and automatic dendrometers. Measured trees were selected according to the type of release within the stand and trees with different diameter and social status of the tree. Extremely hot and dry growing season negatively affected the growth of adult spruce stand. Measurements of dendrometers showed mostly stagnant or negative values. As well as the tree inside the stand grew more slowly but the trends on the perimeter changes were the same as individual growing on the edge of the plot. Although there were no visual symptoms of decline stand but in the case of higher frequencies hot and dry periods in growing season we can expect them. For these reasons, dendrometers serve as the first indicator of reduced vitality of trees.*

*Keywords: drought, dendrometer, microclimate, Norway spruce, stem circumference changes*

#### *ABSTRAKT*

*Příspěvek analyzuje vliv extrémních klimatických podmínek na sezónní dynamiku obvodových změn dospělého smrkového porostu. Pomocí přírůstoměrů byly měřeny obvodové změny kmenů stromů stejné dimenze s různým typem uvolnění a obvodové změny kmeny stromů ve třech tloušťkových rozpětích za extrémních podmínek. Mimořádně teplá a suchá vegetační sezóna se negativně promítla do růstu dospělého smrkového porostu. Přírůstoměry zaznamenaly převážně stagnující nebo záporné hodnoty. Strom uvnitř porostu rostl pomaleji, nicméně trendy v tloušťce přírůstu byly totožné s jedincem rostoucím na okraji kotlíku i částečně uvolněným. Přestože nebyly zjištěny žádné vizuální symptomy chřadnutí porostu, v případě vyšší četnosti horkých a suchých period se mohou negativní jevy v porostu kumulovat. Z těchto důvodů mohou přírůstoměry sloužit jako první indikátory snížené vitality stromů.*

*Klíčová slova: sucho, dendrometr, mikroklima, smrk ztepilý, obvodová změna kmene*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

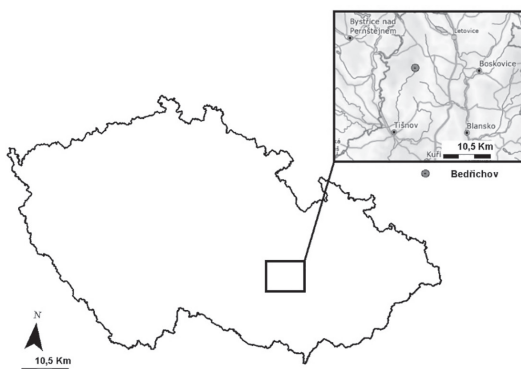
Globální změna je v současnosti jedna z nejvíce diskutovaných otázek životního prostředí. Celosvětovým ekologickým problémem je navyšování tzv. skleníkového jevu, jenž je způsoben vyšší koncentrací skleníkových plynů antropogenního původu. Spalování fosilních paliv, intenzifikace zemědělské produkce a změny využívání krajiny způsobují nárůst koncentrace těchto plynů (URBAN a POKORNÝ 2002).

Rok 2015 byl nejteplejším rokem za 136 let kontinuálního měření (WMO 2015). V budoucnosti lze očekávat nárůst klimatických extrémů (dlouhé suché periody, přivalové deště nebo horké vlny), které mohou mít výrazné ekologické a ekonomické dopady na lesní ekosystémy (ROUALT et al. 2006, HANEWINKEL et al. 2013). Horká vlna je definována jako vícedenní období letních veder na větším území, během něhož dosahují max. denní teploty výrazně nadnormálních hodnot (SOBÍŠEK et al. 1993). Mnoho studií naznačuje, že v nižších polohách dojde k snížení produkce a zvýšení mortality smrku (přibližně do 800 m n. m.) z důvodu nedostatku vláhy.

Mariabrunská plocha č. 170 je jedna ze zachovaných nejstarších výzkumných ploch ve střední Evropě. Od roku 1891 probíhal výzkum výzkumného ústavu Mariabrunnu u Vídně na sazenicích smrku a v současnosti na stejných dřevinách probíhá přeměna monokulturního lesa kombinací seče kotlíkové a výběrné. Plocha je vybavena meteorologickým měřením a přírůstoměry z důvodu zachycení změn stanoviště během přeměny porostu a ke sledování reakcí porostů na měnící se klimatické podmínky.

## MATERIÁL A METODIKA

Výzkumná plocha se nachází 31 km severozápadně od města Brna u obce Bedřichov. Z geografického hlediska se jedná o Hornosvrateckou vrchovinu (DEMEK a MACKOVČIN 2006) v nadmořské výšce 650–660 m (Obr. 1). Plocha je vymezena 16° 28' v. d. a 49° 28' s. š. Jedná se o smrkovou monokulturu s věkem asi 120 let se třemi kotlíky (jedle, buk) o rozměrech 30 × 40 m. Půdním typem je pseudoglej.



Lokalita náleží do přírodní lesní oblasti 16-Českomoravská vrchovina. Z klimatického hlediska lze oblast zařadit do mírně teplé (MT4), (QUITT 1971). Průměrná lednová teplota vzduchu je -2 až -3 °C. Průměrná červencová teplota vzduchu je 16 až 17 °C. Úhrn srážek za vegetační období se uvádí 350–450 mm (TOLASZ et al. 2007).

Obr. 1: Zeměpisná poloha výzkumné lokality Bedřichov

Fig. 1: Location of research site Bedřichov



Obr. 2: Automatický přírůstoměr DRL 26  
Fig. 2: Stem increment sensor DRL 26



Obr. 3: Mechanický přírůstoměr DB 20  
(zdroj: EMS Brno)

Fig. 3: Stem increment sensor DB 20 for manual reading



Obr. 4: Podkorunový srážkoměr  
Fig. 4: Throughfall rain gauge.

Klimatické charakteristiky a dynamika obvodových změn kmenů byly měřeny v dospělém smrkovém porostu během vegetační sezóny (duben až září 2015) pomocí automatických přírůstoměrů DRL 26 (EMS Brno) umístěných na třech dospělých jedincích s kontinuálním záznamem (Obr. 2). Současně bylo nainstalováno 40 mechanických přírůstoměrů (Obr. 3) s periodou odečtu 14 dní. Rozmístění bylo navrženo tak, aby bylo možné zachytit rozdíly mezi přírůstem dospělých smrků po intenzivním uvolnění (okraj kotlíku), částečném uvolnění (uvnitř porostu) a v plném zápoji. Rovněž byly stromy rozděleny podle výčetních tlouštěk do tří skupin: stromy nadprůměrné ( $\varnothing$  DBH 144,7 cm), průměrné ( $\varnothing$  DBH 113,7 cm) a podprůměrné ( $\varnothing$  DBH 76,7 cm). Podkorunové srážky byly měřeny srážkoměrem vlastní výroby (Obr. 4). Data byla zpracována v programech MS Excel a Statistica 12.

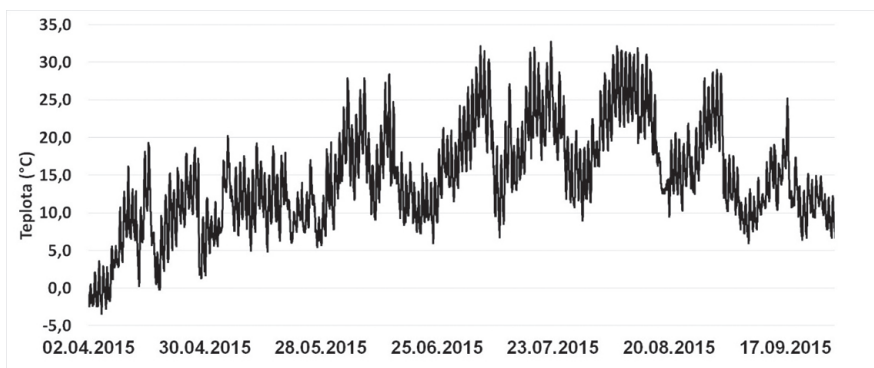
Vliv sucha a horkých vln na sezónní dynamiku obvodových změn kmenů dospělého smrkového porostu v roce 2015 byl řešen ze dvou pohledů:

- 1) obvodové změny stromů stejné dimenze s různým typem uvolnění za extrémních podmínek,
- 2) obvodové změny stromů ve třech tloušťkových rozpětích za extrémních podmínek.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Teplotní režim v dospělém smrkovém porostu během růstové sezóny 2015 je uveden na Obr. 5. Zatímco na počátku dubna se ještě vyskytovaly četné mrazy, v druhé dubnové dekádě se již výrazně oteplilo. Poslední mráz se vyskytl dne 7. 4. Velké vegetační období (průměrná denní teplota vzduchu  $\geq 5$  °C) začalo 9. 4., hlavní vegetační období ( $t_{\geq 10}$  °C) nastalo o 11 dní později a vegetační léto, které je vymezeno průměrnou denní teplotou vzduchu  $\geq 15$  °C začalo 29. 5. Zatímco květen byl teplotně stabilní, v červnu byly teplotní výkyvy četnější. Chladné počasí panovalo mezi 15. až 25. 6.

V červenci a srpnu se vyskytly čtyři rekordně dlouhé horké vlny: 2.–7. 7., 17.–24. 7., 3.–16. 8. a poslední 27. 8.–1. 9. Absolutně nejvyšší teplota vzduchu 32,7 °C byla změřena během druhé horké vlny dne 22. 7. v 12:50 SELČ. Horké vlny skončily

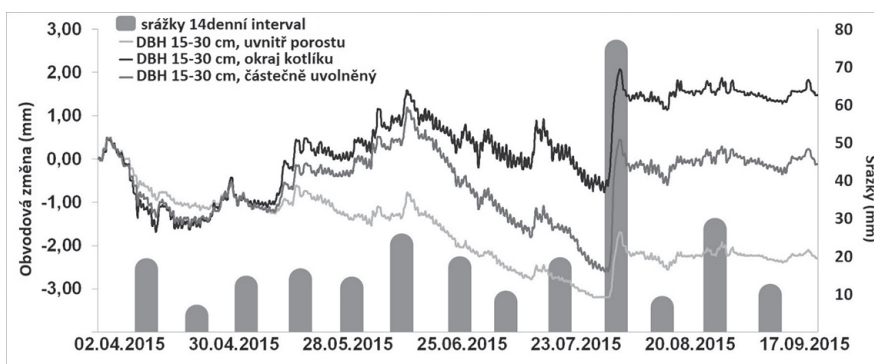


Obr. 5: Průměrná denní teplota vzduchu v dospělém smrkovém porostu v roce 2015 (duben –září)

Fig. 5: The average daily air temperature in the adult spruce stand in 2015 (April to September)

až po přechodu studené fronty dne 2. 9. Nejteplejším měsícem během vegetační sezóny byl srpen (průměrná měsíční teplota vzduchu 20,8 °C), nejhladnější byl duben (průměrná měsíční teplota vzduchu 6,4 °C). Podle Climate Prediction Center (NOAA 2016) byl rok 2015 nejteplejší v celé 136leté řadě měření. V rámci globálního měřítka bylo příčinou extrémního charakteru počasí také mimořádně silné El Niño.

Sumy srážek v 14denním intervalu a obvodové změny z automatických přírůstků měřů jsou uvedeny na Obr. 6. Zejména na jaře a v létě byly registrovány pouze minimální úhrny srážek, například mezi 13. až 27. 4. napršelo pouze 4,3 mm. Od jara do poloviny srpna byly 14denní úhrny srážek pod 30 mm, v důsledku čehož se nadále prohluboval deficit srážek. Celková suma srážek za vegetační období byla 241,5 mm (tj. asi 60 % běžného měsíčního úhrnu dle TOLASZ et al. 2007). Právě jarní období je kritické z hlediska deficitu srážek, jelikož v tomto čase obvodové změny smrku bývají nejintenzivnější (MÄKINEN et al. 2003, LEHTONEN et al. 2007).



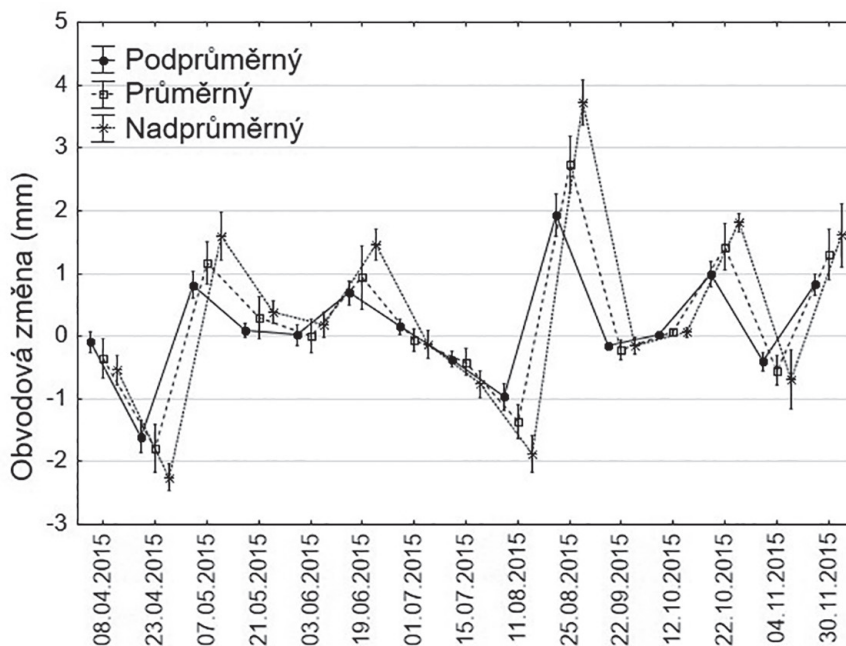
Obr. 6: Obvodová změna a suma srážek v dospělém smrkovém porostu v roce 2015 (duben –září)

Fig. 6: Stem circumference changes and the amount of precipitation in the adult spruce stand in 2015 (April to September)

V kombinaci sucha a horka byly obvodové změny stromů se stejnou dimenzí během vegetační sezóny záporné (zejména období 20. 6.–17. 8.). Tento trend může indikovat stres a snížení vitality porostu. Mezi obecné faktory, které ovlivňují obvodové změny, patří teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a srážky (JEŽÍK et al. 2014). Po přechodu studené fronty ve dnech 17. a 18. 8. byl na výzkumné ploše naměřen extrémní úhrnu srážek 74,2 mm. Reakce porostu na vydatné srážky byla rapidní, změny v obvodu se projeví prakticky okamžitě v řádech hodin.

Podle výsledků z automatických dendrometrů lze konstatovat, že obvodové změny uvnitř porostu byly výrazně menší, než na okraji kotlíku nebo v částečně uvolněném prostředí (Obr. 6). Toto zjištění potvrzuje např. ZAJÍČKOVÁ et al. (2011), která uvádí snížení růstu obvodu kmenů při umělém vyvolání sucha na pozemcích manipulovaných s vodním režimem. Také uvádí menší obvodové změny uvnitř porostu, než na okraji lesního porostu s rozdílem v řádech jednotek milimetrů.

Dynamika obvodových změn zaznamenaná pomocí mechanických přírůstoměrů byla obdobná jako u automatického měření (Obr. 7) Během chladnějších period tloušťkový přírůst stagnoval nebo mírně rostl. Jedinci s nadprůměrnou výčetní tloušťkou reagovali podstatně intenzivněji, než jedinci s průměrnou nebo podprůměrnou výčetní tloušťkou.



Obr. 7: Obvodová změna dle různé výčetní tloušťky stromů v roce 2015 (průměr $\pm$ 0.95 int. spolehl.)

Fig. 7: Stem circumference changes according to the different DBH of trees in 2015 (mean  $\pm$  0.95 confidence interval)

Z výše uvedeného vyplývá, že obzvláště automatické dendrometry mohou sloužit jako užitečné indikátory sucha a ukazatele snížení tempa růstu (ZWEIFEL et al. 2006). Navíc mohou sloužit pro objasnění vztahů mezi rozdíly obvodových změn a fyziologickými procesy ve stromech (OFFENTHALLER et al. 2001).

## ZÁVĚR

Vegetační sezóna 2015 byla z pohledu teplotních a srážkových charakteristik mimořádná. Vegetační sezóna začala velmi brzy s vysokými teplotami. Již na začátku sezóny byl výrazný srážkový deficit vzhledem k zimě s vysokými teplotami a absencí sněhu. Všechny tyto vlivy se promítly do růstu dospělého smrkového porostu na lokalitě Bedřichov. Z výsledků tedy vyplývá:

1. Mechanické i automatické přírůstoměry zaznamenaly převážně stagující nebo záporné obvodové změny.
2. Automatické přírůstoměry s kontinuálním záznamem lépe postihnou náhlé obvodové změny (viz mimořádné srážky 17. a 18. 8), než mechanické přírůstoměry s delší prodlevou odečtu dat.
3. Strom uvnitř porostu rostl pomaleji, nicméně změny (trendy) v tloušťce přírůstu byly totožné s jedincem rostoucím na okraji kotlíku i částečně uvolněným.

I přes výrazné záporné obvodové změny nebyly zjištěny žádné vizuální symptomy chřadnutí porostu, jako jsou např. žloutnutí jehličí nebo prosychání korun. V případě vyšší četnosti horkých a suchých period se mohou negativní jevy v porostu kumulovat a nemusí být vizuálně patrné. Z těchto důvodů mohou přírůstoměry předem upozornit na zhoršující se vitalitu stromů ještě před vlastními viditelnými příznaky chřadnutí porostu. V důsledku globální změny klimatu se očekávají dlouhé periody sucha v mnoha částech Evropy. Pochopení vztahů mezi půdní vodou a dynamikou vody ve stromech je nezbytné pro budoucí hospodaření v lesích (KLEIN et al. 2012).

## LITERATURA

- DEMEK, J., MACKOVČIN, P. et al. 2006. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Vydaní II. Brno, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR: 582 s.
- HANEWINKEL, M., CULLMANN, D., SCHELHAAS, M., NABUURS, G.-J., ZIMMERMANN, N. E. 2013. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3: s. 203–207.
- HLÁSNÝ, T. 2012. Jak může ovlivnit změna klimatu smrkové porosty v ČR. *Lesnická práce* 91 (1): s. 29–31.
- JEŽÍK, M., BLAŽENEC, M., LETTS, M. G., DITMAROVÁ, E., SITKOVÁ, Z., STŘELCOVÁ, K. 2014. Assessing seasonal drought stress response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) by monitoring stem circumference and sap flow. *Ecohydrology*, 8 (3): s. 378–386.
- LETHONEN, A., CIENCIALA, E., TATARINOV, F., MÄKIPÄÄ, R. 2007. Uncertainty

- estimation of biomass expansion factors for Norway spruce in the Czech Republic. *Annals of Forest Science*, 64 (2): s. 133–140.
- MÄKINEN, H., NÖJD, P., SARANPÄÄ, P. 2003. Seasonal changes in stem radius and production of new tracheids in Norway spruce. *Tree Physiology*, 23: s. 959–968.
- NOAA 2015 [online]. National Centers for Environmental Information, state of the climate: Global analysis for annual 2015 [cit. 2016-06-15]. Dostupné na: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201513>.
- OFFENTHALER, I., HIETZ, P., RICHTER, H. 2001. Wood diameter indicates diurnal and long-term patterns of xylem water potential in Norway spruce. *Trees*, 15: s. 215–221.
- QUITT, E. 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Praha, Academia: 73 s.
- ROUAULT, G., CANDAU, J.-N., LIEUTIER, F., NAGELEISEN, L.-M., MARTIN, J.-C., WARZÉE, N. 2006. Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe. *Annals of Forest Science*, 63 (6): s. 613–624.
- SOBÍŠEK, B. ET AL. 1993. *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Praha, MŽP ČR: 594 s.
- TOLASZ, R. ET AL. 2007. *Atlas podnebí České republiky*. Praha, ČHMÚ: 256 s.
- URBAN, O., POKORNÝ, R. 2002. Výzkum globální změny klimatu a lesních porostů ČR. *Lesnická práce*, 81 (1): s. 15–17.
- WMO 2015 [online]. Geneva, World meteorological Organization [cit. 2015-10-23]. Dostupné na: <https://www.wmo.int/media/content/2015-heads-towards-likely-hottest-year-record>.
- ZAJÍČKOVÁ, L., NÁDRASKÁ, M., MATOUŠEK, P. 2011. The effect of drought on stem volume changes of Norway spruce. *Scientia Agricolurae Bohemica*, 42 (3): s. 119–126.
- ZWEIFEL, R., ZIMMERMANN, L., ZEUGIN, F., NEWBERY, D. M. 2006. Intra-annual radial growth and water relations of trees: implications towards a growth mechanism. *Journal of Experimental Botany*, 57: s. 1445–1459.





**Sekce 3**  
**Struktura porostů**

*Session 3*  
*Stand structure*



**BEECH AND SILVER FIR RESPONSE VARIES BETWEEN MANAGED AND OLD GROWTH FORESTS**

**ODLIŠNÁ REAKCE BUKU A JEDLE V HOSPODÁŘSKÉM LESE  
A PRALESE**

MATJAZ ČATER<sup>1,2\*</sup>, RADEK POKORNÝ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Slovenian Forestry Institute, Vecna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenia, e-mail: matjaz.cater@gozdis.si

<sup>2</sup>Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University, Brno, Czech Republic

**ABSTRACT**

*Physiological and morphological response to light intensity in beech and silver fir was measured during three consecutive growing periods (2012, 2013 and 2014) in Šumava Mts. and in Beskydy Mts. Responses were compared between old growth and managed forests in comparable light categories. Assimilation efficiency for beech increased with light intensity, while for silver fir it decreased. The yield response in light category of forest edge (old growth reserve) was shifted towards maximal yield, while in managed forests the edge response was closer to shelter light category. Beech and fir on old growth sites are better adapted to lower light intensities than on managed sites. Responses in Šumava Mts. indicated more shade tolerance than these in Beskydy Mts.*

*Keywords: beech, silver fir, regeneration, light response, old growth reserve, managed forests*

**ABSTRAKT**

*Fyziologická a morfologická reakce na intenzitu dopadajícího světla buku a jedle byla měřena v průběhu následujících růstových sezón let 2012, 2013 a 2014 na Šumavě a v Beskydech. Tyto reakce byly porovnávány mezi pralesem a hospodářským lesem ve srovnatelných světelných kategoriích. Efektivita asimilace buku vzrůstala se stoupající intenzitou světla, zatímco u jedle klesala. Výtěžek fotosyntézy ve světelných podmínkách okraje porostu pralesa (rezervace) se posunula směrem k maximálnímu výtěžku, zatímco v hospodářském lese byla reakce na okraji porostu blíže zastíněné kategorii světla. Buk i jedle v pralese jsou lépe adaptovány na nižší intenzity světla než v hospodářském lese. Reakce stromů na Šumavě indikovaly větší toleranci ke stínu než v Beskydech.*

*Klíčová slova: buk, jedle bělokora, obnova, reakce na světlo, prales, hospodářský les*

**INTRODUCTION**

Beech and fir-beech forests represent the dominant community of the potential natural vegetation from the lower to montane zones of Central European tempera-

te forests (BOHN et al. 2002/2003, ŠAMONIL and VRŠKA, 2007). Their alternation in dominance is documented to have occurred already in the period of 6900–6000 BP (VAN DER KNAPP et al. 2004).

Most research in Central and Eastern Europe has been focused in the zone with number of nature reserves and relatively small human influence (PRUŠA 1985, MAYER et al. 1987, LEIBUNDGUT 1993, KORPEL 1995). The withdrawal of silver fir was already observed in the 1930s and 1950s and attributed mostly to climatic extremes coupled with bark beetle epidemics (ŠAFAR 1951). Polluted air later contributed to silver fir decline (ELLING et al. 2009), while its regeneration was exposed to overbrowsing in parts of the region (MLINŠEK 1969). Current breast height diameter (dbh) structure and regeneration characteristics indicate further regression of fir in the coming decades (BONČINA et al., 2009, VRŠKA 2001). Climate change is believed to have had an adverse impact on the growth performance of autochthonous fir populations in Europe in recent decades and the invasion of beech (PODLASKI 2004) in the central European region, interpreting the change as a cyclical development. VRŠKA et al. (2009) interprets changes in forest vegetation composition in the Western Carpathians as a trend caused by anthropogenic impacts, while MAYCOCK et al. (2000) also relates reasons with individual non-cyclical ecological factors.

To evaluate responses of both predominant species in Czech fir and beech forests, physiological and morphological response of young beech and fir were compared in two forest reserves and two nearby-located managed forests. Responses were compared between two different forest areas (1), between managed forests and old growth forest reserve (2) and between different light categories (3).

## MATERIAL AND METHODS

Research was conducted in two natural reserves - two virgin forest stands: Salajka within Beskydy Mts. and Boubin at the most western part within Šumava forest complex (Fig. 1, Table 1).



Fig. 1: Šumava-Boubin and Beskydy-Salajka natural forest reserves with accompanying managed forests

Parallel to old growth sites, measurements were also performed in two nearby managed forests, close to both forest reserves with comparable site conditions. The measurements were performed from the June to July during three consecutive growing periods (2012, 2013, and 2014). Average data for all three years are presented.

Table 1: Research plot characteristics

Site	Soil	Average annual precipitation (mm)	Average annual air T (°C)	Slope (%)	Elevation (m a.s.l.)/ exposition	Phytocenological classification
Boubín	Loamy sand podzols	1300	5.0	0–10	930–1110/ S-SE	Calamagrostis-villosae Fagetum
Salajka	Skeletal and haplic cambisols	1144	5.4	0–10	715–815/S	Dentario-glandulosae Fagetum

- At each managed and old growth forest six to seven gaps were randomly chosen where light conditions were determined with hemispherical photos, as described in ČATER et al. (2014).
- On each plot, at least 24 young beech and silver fir trees from 80–250 cm high in every light category were measured under stand conditions (ISF<20), edge (20<ISF<25) and in open area (ISF>25). Maximal quantum yield ( $\Phi$ ), as the amount of fixed CO<sub>2</sub> per amount of absorbed light quanta (LAMBERS et al. 1998) was defined for each tree and light intensity within same consecutive growing seasons. Measurements were performed under controlled environmental conditions with IR gas analyser LI-6400 (see ČATER et al. 2014).
- As young trees show slight deviation in growth from the vertical axis, which is not necessarily a function of plagiotropy, a threshold value of  $l/h \geq 1.1$  (110 %) was chosen to separate plagiotropic from orthotropic growth. For fir maximal distance from the stem to the furthest branch tip (d) was measured and compared with tree height (h) in all light conditions (ISF%); a threshold  $2d/h \geq 1.15$  (115 %) was used accordingly.
- Plagiotropic behavior was assessed by comparison of data into an exponential-decay-3 parameter curve (1),

$$Y = A+B*\exp(-C*x) \quad (1)$$

where x was the light intensity ISF (%) and the Y the plagiotropic measure, separate for the beech and silver fir. The limiting value of light (x) was defined as the 3 parameter curve crossed Y - axis at 110 % for beech and 115 % for silver fir. Measurements of the ratio were performed during two consequential vegetation periods (2013, 2014).

Analysis of variance (ANOVA) and post hoc LSD analysis were used after testing data to meet conditions of normality. Probability values of  $P < 0.05$  (\*),  $P < 0.01$  (\*\*) and  $P < 0.001$  (\*\*\*) were considered significant.

## RESULTS

### Photosynthetic yield ( $\Phi$ )

Yield indicated no differences between years within defined light categories, but was significantly different between light categories and reached in both old growth reserves and also in managed forests maximal values for beech in categories with highest light intensity and for the fir under maximal shelter, respectively (Table 2).

- In both forest complexes the highest efficiency for beech was confirmed in the category of highest light intensity, while in silver fir in the category of complete canopy shelter and smallest in the open light conditions. The absolute yield in beech was higher than the one observed for the fir. Significant difference was confirmed between Boubin and Salajka managed forests for both species.
- The yield response in light category of forest edge (old growth reserve) was shifted towards maximal yield, while in managed forests the edge response was closer to shelter light category (fig 2 and 3).

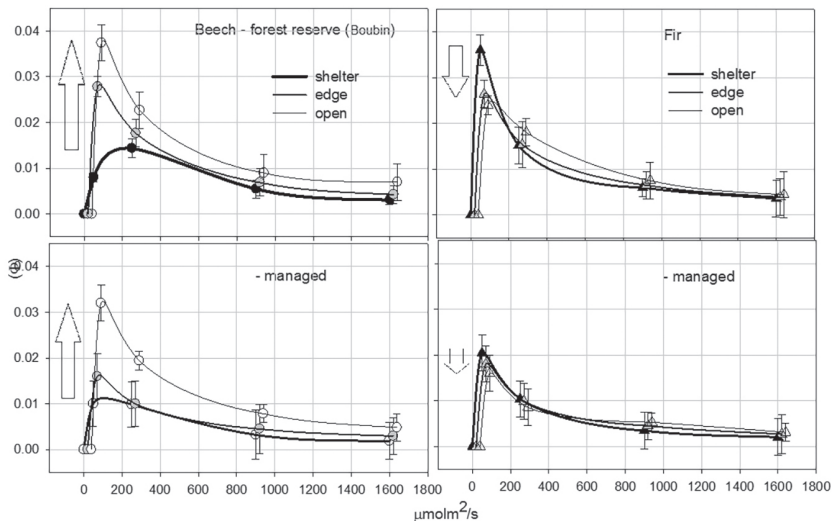


Fig. 2: Yield ( $\Phi$ ) for beech (left) and silver fir (right) in three different light categories for the Western site's response (Boubin): under canopy shelter, at the forest edge and in the open in the old growth (upper series) and in managed forest (lower series). Presented are merged data for 2012, 2013, and 2014.

Differences in yield between both species and different light categories for old growth and managed forests were highly significant between all categories. Exceptions were edge-shelter in old growth for fir in both complexes and in managed forests for fir between all categories and forest complexes. Responses between species with same light categories showed clear distinction in open light and shelter light conditions for both managed and old growth forests, while no distinction was confirmed in the light category of the forest edge, responding to values between 20–25 % ISF. (Table 2).

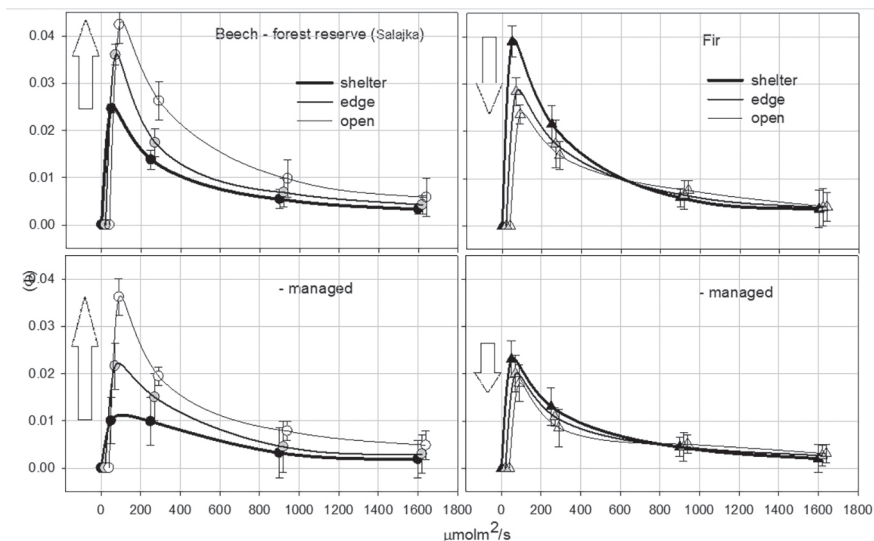


Fig. 3: Yield ( $\Phi$ ) for beech (left) and silver fir (right) in three different light categories for the Eastern site's response (Salajka): under canopy shelter, at the forest edge and in the open in the old growth (upper series) and in managed forest (lower series). Presented are merged data for 2012, 2013, and 2014.

Table 2: Differences in yield between beech and fir within same light categories by analysis of variance. Probability values of  $p < 0.05$  (\*),  $p < 0.01$  (\*\*) and  $p < 0.001$  (\*\*\*) are considered significant.

Light category	Old growth		Managed forest	
	Boubin	Salajka	Boubin	Salajka
Open	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***
Edge	NS	NS	NS	NS
Shelter	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***	$p \leq 0.0000$ ***

### Plagiotropic response

Evident difference was confirmed between managed forest and old growth (forest reserve) for both species; both indicated bigger shade tolerance in the old growth, according to the deflection points: for fir 19.6 ISF in Boubin and above 21.4 in Salajka, for beech in Boubin around 23 and below 24 in Salajka, respectively. In the managed forests, deflection point appeared at higher light intensities, with more shade tolerant fir than beech (Fig 4). Response from the Šumava Mts. indicated more shade tolerance than responses from the Beskydy Mts. (Fig 4).

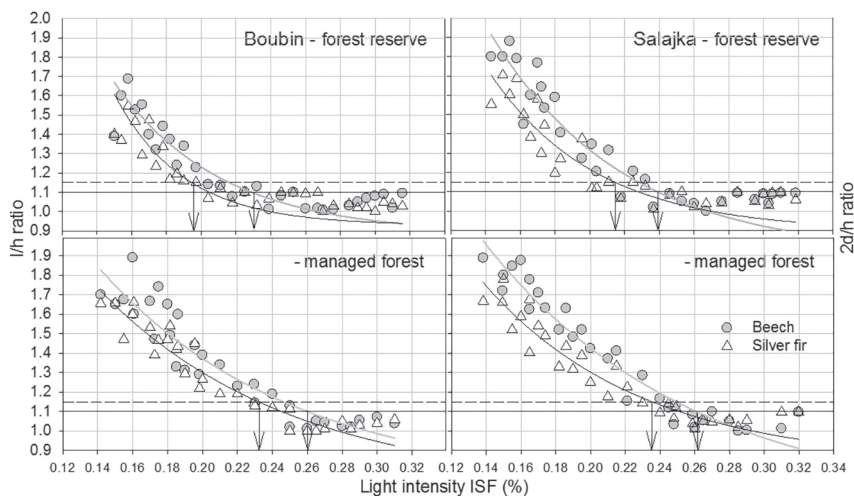


Fig. 4: Plagiotropic response for both species in forest reserves (upper) and in the managed forest (lower graphs) located in the western (left) and in the eastern part of the country (right) in 2013 and 2014. The x-axis represents light intensity, indirect site factor (ISF %); on y-axis the measure of plagiotropic response for beech ( $l/h$ ) and silver fir ( $2d/h$ ) is presented. Threshold for beech is set at  $l/h \geq 1.1$  presented with solid line and for fir at  $2d/h \geq 1.15$  with dashed line. Arrows mark the deflection points (x-axis).

## DISCUSSION

Study confirmed different response to light of both young beech and fir between managed forest sites and old growth, in all categories. Observed yield increases with increasing light intensity in beech and oppositely, decreases with increasing light intensity in fir.

Beech on old growth sites is better adapted to lower light intensities than on managed sites. In spite of non-significant differences for fir, distribution of threshold values was the same, indicating the highest shade adaptation in old growth and lowest on plots of managed forest.

Regeneration under tree canopy creates suitable ecological conditions for mixed stands; the long-term application of shelterwood system limits the regeneration of species with higher demands on light (ŠIMERDA and SOUČEK 2011). The behaviour of beech and fir is influenced by the general shade tolerance mechanisms and response ability to outcompete their neighbours in conditions of favourable light. Both may be influenced by careful overstorey selection or a fine adjustment of light permeability and improving conditions for growth and development in re-introduction practices. The quantum yield ( $\Phi$ ) was different between different light categories and between beech and fir, indicating supreme advantage of beech adaptation in conditions of increased light intensity, while fir indicated better light utilization in shade. The lower efficiency of fir in exploiting high-intensity solar radiation (compared to beech) may therefore be a competitive disadvantage in



large canopy gaps, which could limit species recruitment to the forest understorey or small gaps, especially in admixture with beech. Study from North-western part of Carpathians (Beskydy Mts.) demonstrates a discontinued representation of fir in the vertical stand structure and its long-term withdrawal and replacement by beech (ŠAMONIL and VRŠKA 2007). The described changes are interpreted as a trend exceeding one cycle of the forest development (ŠAMONIL and VRŠKA 2007). Fir, currently limited by the expansion of beech and absence of the ungulate predators nears the minimum level of its existence in the localities with its increasing share in the lowest vegetation layers giving some hope of its survival in the stand, perhaps even of the species' rehabilitation over a longer period (VRŠKA 2009).

We believe, our results have relevance to silvicultural measures (thinning, stand density) and regeneration processes, since the measurements showed a different reaction of trees under the same light conditions on comparable sites. To establish conditions where fir would be able to compete with beech, emphasis should be given to forest edge and shelter condition, the limiting zone, where both species seem to have more equal demands and dispositions over light availability.

#### LITERATURE

- BONČINA, A., FICKO, A., KLOPČIČ, M., MATIJAŠIĆ, D., POLJANEC, A. 2009. Gospodarjenje z jelko v Sloveniji. [Management of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Slovenia]. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*, 90: s. 43–56.
- ČATER, M., LEVANIČ, T. 2013. Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different silvicultural systems of the high Dinaric karst. *Forest Ecology and Management*, 289: s. 278–288.
- ČATER, M., DIACI, J., ROŽENBERGAR, D. 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325: s. 128–135.
- ELLING, W., DITTMAR, C., PFAFFELMOSER, K., RÖTZER, T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*, 257: s. 1175–1187.
- KORPEL, Š. 1995. *Die Urwalder der Westkarpaten*. Stuttgart, Fischer Verlag: 310 s.
- LAMBERS, H., CHAPIN, F.S., PONS, T.L. 1998. *Plant physiological ecology*. New York, Springer: 540 s.
- LEIBUNDGUT, H. 1993. *Europäische Urwälder*. Bern, Haupt: 260 s.
- MAYCOCK, P.E., GUZIK, J., JANKOVIC, J., SHEVERA, M., CARLETON, T.J. 2000. Composition, structure and ecological aspects of Mesic Old Growth Carpathian Deciduous Forests of Slovakia, Southern Poland and the Western Ukraine. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 45: s. 281–321.
- MAYER, H., ZUKTIGL, K., SCHREMPF, W., SCHLAGER, G., 1987. *Urwaldreste, Naturwaldreservate und schützenswerte Naturwälder in Österreich*. Wien, Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur: 971 s.
- MLINŠEK, D. 1969. Waldschadenuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen - Buchen - Wald. *Forstwissenschaftli-*

- ches *Centralblatt*, 88: s. 193–199.
- PODLASKI, R. 2004. A development cycle of the forest with fir (*Abies alba* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in its species composition in the Swietokrzyski National Park. *Journal of Forest Science*, 50: s. 55–66.
- PRUŠA, E. 1985. *Die böhmischen und mährischen Urwälder*. Praha, Academia: 577 s.
- ŠAFAR, J. 1951. Ugibanje i obnavljanje jele u prebornim šumama Gorskog Kotara. *Šumarski List*, 75: s. 299–303.
- ŠAMONIL, P., VRŠKA, T. 2007. Trends and cyclical changes in natural Fir-beech forests at the north-western edge of the Carpathians. *Folia Geobotanica*, 42: s. 337–361.
- ŠIMERDA, L., SOUČEK, J. 2011. Long-term silvicultural experiment with transformation of the mixed stand structure. *Journal of Forest Science*, 57: s. 259–265.
- VAN DER KNAAP, W.O., VAN LEEUWEN, J.F.N., AMMANN, B. 2004. The first rise and fall of *Fagus sylvatica* and interactions with *Abies alba* at Faulenseemoos (Swiss Plateau) 6900–6000 cal yr BP. *Acta Palaeobotanica*, 44 (2): s. 249–266.
- VRŠKA, T., HORT, L., ODEHNALOVA, P., HORAL, D., ADAM, D. 2001. The Boubín virgin forest after 24 years (1972–1996) – development of tree layer. *Journal of Forest Science*, 47: s. 439–459.
- VRŠKA, T., ADAM, D., HORT, L., KOLAR, T., JANIK, 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? *Forest Ecology and Management*, 258: s. 347–356.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The work was supported by the grant No. LD14063 of the Ministry of Education Youth and Sports of the CR and the program research group Forest Biology, Ecology and Technology P4-0107 at the Slovenian Forestry Institute, Slovenia.

## **PRVNÍ VÝSLEDKY Z EXPERIMENTÁLNÍ VÝCHOVY DOUGLASKY TISOLISTÉ**

### *FIRST RESULTS FROM THINNING EXPERIMENT IN DOUGLAS-FIR STAND*

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 paper refers to first results from experimental thinning in young Douglas-fir stands three years after experimental treatment. The paper is focused on diameter and basal area increment. First experimental thinning was conducted in two plots at the age of 24 years, two plots were remained as control ones. Douglas-fir reacts apparently and immediately on thinning by more intensive increment of diameter of mean stem and basal area. Height-diameter relationship showed similar pattern in each plots in 2015. It promised better development of static stability of trees in the thinned treatment in the future.*

*Keywords: Douglas-fir, thinning*

#### *ABSTRAKT*

*V příspěvku jsou předloženy první výsledky experimentální výchovy mladého douglaskového porostu tři roky po experimentálním zásahu. Příspěvek je zaměřen na vyhodnocení tloušťkového přírůstu a přírůstu na výčetní kruhové základně. První experimentální výchovný zásah byl proveden na dvou plochách ve věku 24 let, dvě plochy byly ponechány jako kontrolní. Douglaska reagovala na výchovné zásahy zřetelnou akcelerací tloušťkového přírůstu i přírůstu na výčetní kruhové základně. Průběh výškových křivek byl v roce 2015 obdobný na kontrolních i zásahových plochách. To vytváří předpoklad budoucí lepší statické stability vychovávaných porostů.*

*Klíčová slova: Douglaska tisolistá, porostní výchova*

## **Úvod**

Cílem introdukce lesních dřevin je zvýšení produkčního potenciálu lesů, zlepšení stability porostů a bezpečnosti produkce (KUBEČEK et al. 2014). Douglaska tisolistá je nejrozšířenější introdukovanou dřevinou v lesích střední a západní Evropy (ŠINDELÁŘ, BERAN 2004) a svou objemovou produkcí předčí i naši hospodářsky nejdůležitější dřevinu smrk (REMIŠ, SOJÁK 1986, KANTOR et al. 2001, KANTOR 2008, KANTOR, MAREŠ 2009, TAUCHMAN et al. 2010). Ačkoli je považována za relativně odolnou vůči abiotickým i biotickým škodlivým činitelům, byly zaznamenány četné případy biotického poškození. Z vážnějších ohrožení lze jmenovat napadení sypankou (PEŠKOVÁ 2003, MAGUIRE et al. 2011) a václavkou (ENTRY et al. 1991). Na bývalých

zemědělských půdách může být ve vyšší míře ohrožena hnilobou kořenového systému (MAUER, HOUŠKOVÁ 2014). Douglaska pravděpodobně nemá výrazně negativní vliv na půdu (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008, PODRÁZSKÝ et al. 2010, KUPKA et al. 2013).

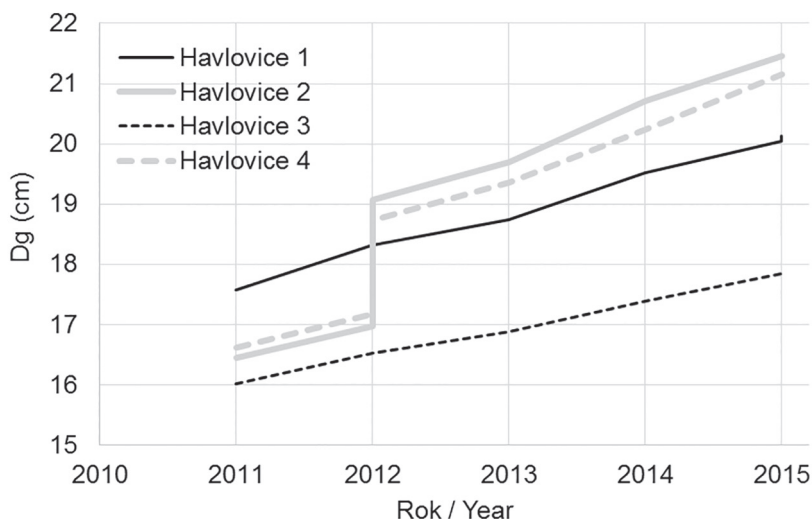
Potenciál douglasky není doposud v lesním hospodářství ČR dostatečně využíván a její podíl na druhové skladbě našich lesů je minimální (do 0,2 %). Důvodem jsou zřejmě také malé zkušenosti s jejím pěstováním a nečetné experimentální poznatky o výchově mladých douglaskových porostů v podmínkách ČR (BARTOŠ, KACÁLEK 2011).

Cílem příspěvku je vyhodnotit růstovou reakci douglasky tisolisté na výchovné zásahy ve věku 24 let a přispět k doplnění poznatků potřebných pro stanovení optimální strategie porostní výchovy této introdukované dřeviny.

## MATERIÁL A METODIKA

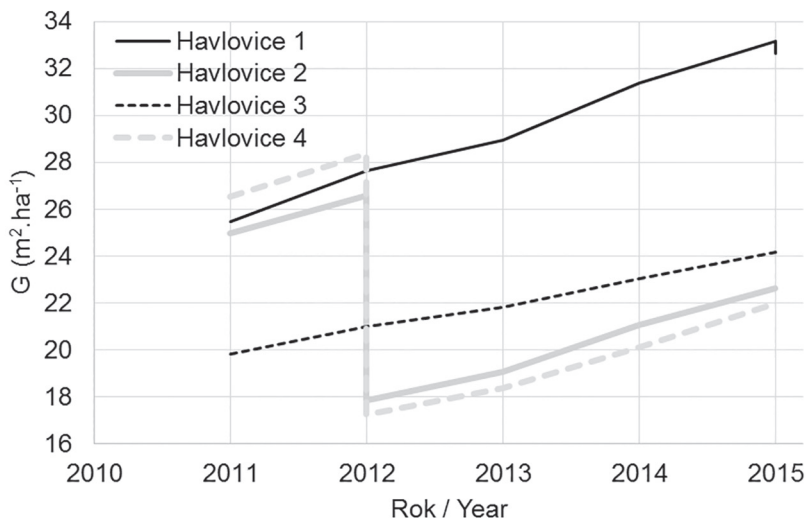
Experiment Havlovice (LS Dvůr Králové – revír Červený Kostelec, SLT 4S) byl založen v 24letém porostu původem z umělé obnovy o počáteční hustotě 3500 ks.ha<sup>-1</sup>. V porostu dominuje douglaska, další dřeviny (modřín, smrk) jsou jednotlivě přimíseny a jejich zastoupení je zanedbatelné. Před založením experimentu již byly v porostu provedeny provozní výchovné zásahy, o jejichž charakteru nemáme exaktní údaje, ale s největší pravděpodobností šlo o slabé podúrovňové zásahy.

V roce 2011 byly založeny čtyři experimentální plochy o rozměrech 20×20 m (0,04 ha) v kompletně znáhodněném designu. Dvě plochy slouží jako kontrolní bez výchovy (Havlovice 1 a 3), na dvou byl v roce 2012 proveden experimentální výchovný zásah. Negativním podúrovňovým zásahem byl hektarový počet stromů snížen z původních 1300 na 625 (Havlovice 2 – odstraněno 47 % N a 33 % G) a z 1550 na 650 (Havlovice 4 – odstraněno 49 % N a 39 % G). V zásahových po-



Obr. 1: Vývoj tloušťky středního kmene

Fig. 1: Diameter development of mean stem



Obr. 2: Vývoj výčetní kruhové základny  
 Fig. 2: Basal area development

rostech byl vytvořen dostatečný prostor pro vývoj ponechaných nejkvalitnějších jedinců v úrovni a nadúrovni. Příměs smrku a modřínu byla při zásahu rovněž odstraněna, neboť šlo o neživotaschopnou podúroveň (Obr. 1, 2).

Výčetní tloušťka byla měřena každoročně mimo růstovou sezónu na všech jedincích pomocí průměrky s přesností 1 mm. Výška byla měřena každoročně na vybraném souboru ca 30 stromů reprezentujících celé tloušťkové spektrum pomocí výškoměru s přesností ca 10 cm.

Roční průměrný tloušťkový přírůst a přírůst na výčetní kruhové základně ( $iD$  a  $iG$ ) byl vypočítán jako rozdíl mezi hodnotou na konci sledování (rok 2015) a hodnotu po provedení experimentálního zásahu (rok 2012) vydělený počtem let periody (3). Relativní roční tloušťkový přírůst ( $riD$ ) a relativní roční přírůst výčetní kruhové základny ( $riG$ ) byl vypočítán jako rozdíl logaritmu hodnoty na konci sledování a logaritmu hodnoty po provedení experimentálního zásahu vydělený počtem let periody. K porovnání absolutních i relativních přírůstů byl použit oboustranný t-test pro shodné rozptyly.

## VÝSLEDKY

Výchovné zásahy vedly ke zřetelné akceleraci tloušťkového přírůstu (Tab. 1). Průměrný roční přírůst ( $iD$ ) kontrolní varianty činil 0,5 cm, přírůst zásahové varianty byl 0,8 cm ( $t = -3$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,095$ ). Relativní roční tloušťkový přírůst ( $riD$ ) byl opět nižší na kontrole v porovnání se zásahovou variantou ( $t = -3,48$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,074$ ).

Vyšší průměrný roční přírůst na kruhové základně ( $iG$ ) byl opět zaznamenán na zásahové variantě – 1,6  $m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ , na kontrole činil 1,4  $m^2 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  ( $t = -0,67$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,57$ ). Relativní roční přírůst kruhové základny ( $riG$ ) byl jednoznač-

ně vyšší na zásahových plochách v porovnání s kontrolními plochami ( $t = -7,03$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,020$ ).

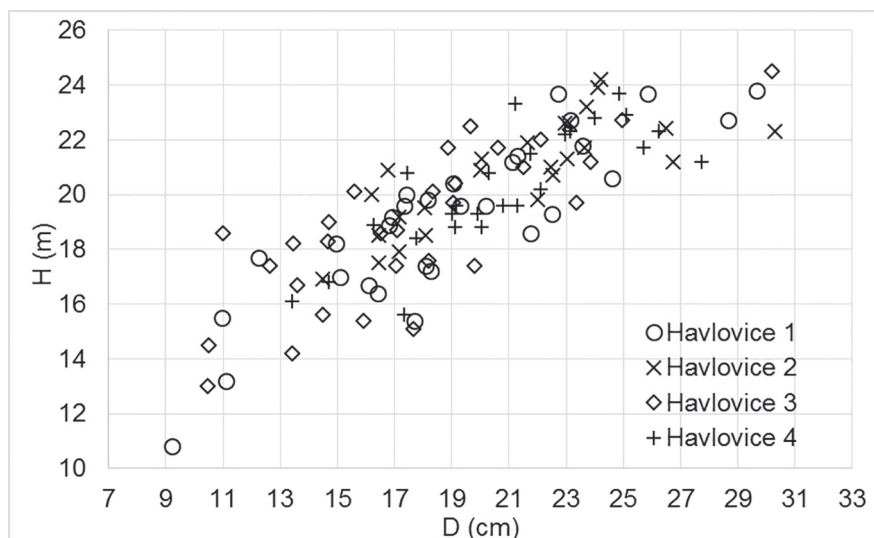
Z výškového grafikonu zkonstruovaného pro měření v roce 2015 je patrný více-méně podobný průběh výškových křivek na všech experimentálních plochách (Obr. 3).

Tab. 1: Vývoj tloušťkového přírůstu a přírůstu výčetní kruhové základny (pouze douglaska)  
 Table 1: Development of diameter increment and basal area increment (Douglas-fir only)

Plocha / Plot	Varianta / Treatment	iD <sup>1)</sup>	iG <sup>2)</sup>	riD <sup>3)</sup>	riG <sup>4)</sup>
		(cm.rok <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )		
Havlovice 1	Kontrola <sup>5)</sup>	0,6	1,7	0,032	0,055
Havlovice 2	Zásah <sup>6)</sup>	0,8	1,6	0,039	0,079
Havlovice 3	Kontrola <sup>5)</sup>	0,4	1,1	0,026	0,047
Havlovice 4	Zásah <sup>6)</sup>	0,8	1,6	0,041	0,081

Vysvětlivky: 1–roční tloušťkový přírůst, 2–roční přírůst výčetní kruhové základny, 3–relativní tloušťkový přírůst, 4–relativní přírůst výčetní kruhové základny

Captions: 1-diameter increment per year, 2-basal area increment per hectare per year, 3-relative diameter increment per year, 4-relative basal area increment per year, 5-control, 6-thinned



Obr. 3: Výškový grafikon (rok 2015)

Fig. 3: Diameter-height relationship (year 2015)

## DISKUSE

Aplikaci podúrovňových zásahů ve stejnověkových porostech douglasky doporučuje EMINGHAM et al. (2007), zejména s ohledem na skutečnost, že dominantní a kodo-dominantní jedinci představují největší procentuální podíl na růstu a zásobě poros-

tu. Tito jedinci se podílí na značné části objemového přírůstu také v nevychovávaných porostech (O'HARA 1988). Určité riziko může představovat silný výchovný zásah v porostech napadených sypavkou, kde dochází k redukci růstu porostní zásoby (MAINWARING et al. 2005). Výchovné zásahy mohou také sehrát pozitivní roli při budování vícevrstevných porostů. COLE A NEWTON (2013) považují výchovu douglasky v hlavní porostní úrovni za nezbytné opatření pro růst a zdárný vývoj podsadeb. Pozitivní vliv výchovy na množství a přežívání semenáčků zaznamenali BAILEY a TAPPEINER (1998) nebo PUETTMANN et al (2013). V námi sledovaných experimentech však vzhledem k věku a hustotě hlavního porostu nebyla pozorována žádná současná přirozená obnova.

Námi zaznamenaná pozitivní reakce tloušťkového přírůstu douglasky na výchovné zásahy je v souladu se zjištěními dalších autorů. Zvýšený tloušťkový přírůst a náznaky stabilizace uvolněných douglasek již po první růstové periodě uvádí např. HEIN et al. (2008) nebo KLÄDKE et al. (2012). OMULE (1985) na základě experimentů s porostní výchovou mladých douglaskových porostů v Britské Kolumbii uvádí, že výchovné zásahy sice vedly ke zvýšení tloušťkového přírůstu, ale bez znatelného ovlivnění přírůstu výškového. Naopak STEELE (1955) po 42 letech sledování experimentu v jihozápadním Washingtonu uvádí, že výchova započatá v devítiletém douglaskovém porostu vedla k výrazně vyššímu výškovému přírůstu ve srovnání s kontrolou.

## ZÁVĚR

Na základě prvních průběžných výsledků experimentu s výchovou douglasky lze konstatovat že:

- Výchovnými zásahy v 24letém porostu douglasky byl podpořen absolutní i relativní tloušťkový přírůst.
- Výchovné zásahy se pozitivně projeví především na relativním přírůstu výčetní kruhové základny.
- Kontrolní i zásahová varianta jsou tři roky po experimentálním zásahu co do průběhu výškové křivky srovnatelné.
- Pozitivní ovlivnění tloušťkového přírůstu vytváří předpoklad příznivějšího vývoje stíhlostního kvocientu a tím i budoucí vyšší statické stability vychovávaných porostů.

## LITERATURA

- BAILEY, J. D., TAPPEINER, J. C. 1998. Effects of thinning on structural development in 40- to 100-year-old Douglas-fir stands in western Oregon. *Forest Ecology and Management*, 208: s. 1–13.
- BARTOŠ, J., KACÁLEK, D. 2011. Douglaska tisolistá – dřevina vhodná k zalesňování bývalých zemědělských půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): s. 6–13.
- COLE, E. C., NEWTON, M. 2013. *Westside thinning and underplanting study in 50- to 55-year-old Douglas-fir and Douglas-fir/hemlock stands*. USDA Forest Service – General Technical Report PNW-GTR: 114 s.

- EMINGHAM, W., FLETCHER, R., FITZGERALD, S.A., BENNETT, M. 2007. Comparing tree and stand volume growth response to low and crown thinning in young natural Douglas-fir stands. *Western Journal of Applied Forestry*, 19 (1): s. 25–33.
- ENTRY, J.A., CROMACK, K., KELSEY, R.G., MARTIN, N.E. 1991. Response of Douglas-fir to infection by *Armillaria ostoyae* after thinning or thinning plus fertilization. *Phytopathology*, 81 (6): s. 682–689.
- HEIN, S., WEISKITTEL, A., KOHNLE, U. 2008. Effect of wide spacing on tree growth, branch and sapwood properties of young Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./Franco) in south-western Germany. *European Journal of Forest Research*, 127 (6): s. 481–493.
- KANTOR, P., KNOTT, R., MARTINÍK, A. 2001. Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in mixed stand. *Ekológia*, 20: s. 5–14.
- KANTOR, P. 2008. Production potential of Douglas fir at mesotrophic sites of Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*, 54 (7): s. 321–332.
- KANTOR, P., MAREŠ, R. 2009. Production potential of Douglas fir in acid sites of Hůrky Training Forest District, Secondary Forest School in Písek. *Journal of Forest Science*, 55 (7): s. 312–322.
- KLÄDKE, J., KOHNLE, U., KUBLIN, E., EHRING, A., PRETZSCH, H. 2012. Growth and value production of Douglas-fir under varying stand densities. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 163 (3): s. 96–104.
- KUBEČEK, J., ŠTEFANČÍK, I., PODRÁZSKÝ, V., LONGAUER, R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb. /Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnický časopis - Forestry Journal*, 60: s. 116–124.
- KUPKA, I., PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J. 2013. Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes – a case study. *Journal of Forest Science*, 59 (9): s. 345–351.
- MAGUIRE, D. A., MAINWARING, D. B., KANASKIE, A. 2011. Ten-year growth and mortality in young Douglas-fir stands experiencing a range in Swiss needle cast severity. *Canadian Journal of Forest Research*, 41: s. 2064–2076.
- MAINWARING, D. B., MAGUIRE, D. A., KANASKIE, A., BRANDT, J. 2005. Growth responses to commercial thinning in Douglas-fir stands with varying severity of Swiss needle cast in Oregon, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (10): s. 2394–2402.
- MAUER, O., HOUŠKOVÁ, K. 2014. Stav a vývin kořenového systému douglasky tisolisté na zemědělských půdách. In: Slodičák et al. (ed.). *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: s. 168–191.
- O'HARA, K. L. 1988. Stand structure and growing space efficiency following thinning in an even-aged Douglas-fir stand. *Canadian Journal of Forest Research*, 18 (7): s. 859–866.
- OMULE, S. Y. A. 1985. *Response of coastal Douglas-fir to precommercial thinning on a medium site in British Columbia*. Victoria, B.C., Ministry of Forests: 56 s. Research Note no. 100.
- PEŠKOVÁ, V. 2003. Nebezpečné sypavky na douglasce v České republice. *Lesnická*



- práce, 82: s. 244–245.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53 (1): s. 29–36.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., TAUCHMAN, P., HART, V. 2010. Douglaska tisolistá a její funkční účinky na zalesněných zemědělských půdách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (1): s. 12–18.
- PUETTMANN, K. J., DODSON, E.K., ARES, A., BERGER, C.A. 2013. *Short-term responses of overstorey and understorey vegetation to thinning treatments: A tale of two studies*. USDA Forest Service – General Technical Report PNW-GTR: s. 44–58.
- REMIŠ, J., SOJÁK, D. 1986. *Priemyselné plantáže ihličnatých a tvrdých listnatých drevín na Slovensku*. Bratislava, Príroda: 245 s. Lesnícke štúdie č. 41.
- STEELE, R. W. 1955. Thinning nine-year-old Douglas fir by spacing and dominance methods. *Northwest Science*, 29 (2): s. 84–89.
- ŠINDELÁŘ, J., BERAN, F. 2004. *K některým aktuálním problémům pěstování douglasky tisolisté*. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 34 s.
- TAUCHMAN, P., HART, V., REMEŠ, J. 2010. Srovnání produkce porostu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*/MIRBEL/FRANCO) s porostem smrku ztepilého (*Picea abies* L. KARST) a stanovištně původním smíšeným porostem středního věku na území ŠLP v Kostelci nad Černými Lesy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (3): s. 187–194.

## PODĚKOVÁNÍ

Príspevek bol vypracovaný v rámci řešení projektu NAZV QJ1520299 – Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR.



## VPLYV ŠTRUKTÚRY MATERSKÉHO PORASTU NA SVETELNÉ POMERY VO VÄZBE NA VÝVOJ TISA OBYČAJNÉHO (*TAXUS BACCATA* L.)

### INFLUENCE OF STRUCTURE OF MATURE STAND ON LIGHT CONDITIONS IN RELATION TO EUROPEAN YEW (*TAXUS BACCATA* L.)

MARIANA KÝPĚTOVÁ, PETER JALOVÍAR, MAREK BENEDIKTY, STANISLAV KUCBEL,  
JAROSLAV VENCURIK

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96023 Zvolen,  
jaloviar@tuzvo.sk

#### ABSTRACT

European yew (*Taxus baccata* L.) is a rare glacial relict that belongs to the protected trees of Slovakia. In the present times, the occurrence of European yew is very sporadic and mainly focused on the 4th and 5th forest vegetation zone. European yew is considered to be a tree species with close ecological and sociological relationship on autochthonous ecosystems. *Taxus baccata* L. responds positively through its growth processes and vitality of individuals on changes of light conditions caused by forest management. The objective of this paper is to characterize structure and light conditions of the stand with the occurrence of *Taxus baccata* L. and then analyze the condition for growth and development of yew individuals in managed forest stands. We found that the relationship between basal area and parameters of relative radiation is decreasing exponential. Basal area of *Taxus* and percentage of *Taxus* on total basal area increases with decreasing basal area of other tree species.

Keywords: *Taxus baccata* L., light conditions, forest management

#### ABSTRAKT

Tis obyčajný je vzácny glaciálny relik, ktorý na Slovensku patrí medzi chránené dreviny. Výskyt tisu je v súčasnom období veľmi zriedkavý a je orientovaný predovšetkým na 4. a 5. lesný vegetačný stupeň. Tis obyčajný je považovaný za drevinu s veľmi úzkou ekologickou a sociologickou väzbou na dreviny pôvodných ekosystémov. Tis dokáže pozitívne reagovať prostredníctvom rastových procesov a vitality jedincov na zmeny svetelných pomerov spôsobené v obhospodarovaných porastoch. Cieľom príspevku je charakterizovať štruktúru a svetelné pomery porastu s výskytom tisa obyčajného a následne analyzovať podmienky pre rast a vývoj jedincov tisa v obhospodarovaných porastoch. Zistili sme, že vzťah kruhovej základne a parametrov osvetlenia má klesajúci exponenciálny charakter. Kruhová základňa tisa a jeho podiel na celkovej kruhovej základni porastu v priebehu realizácie obnovných rubov rastie s klesajúcou celkovou kruhovou základňou.

Klíčovú slova: *Taxus baccata* L., svetelné pomery, obhospodarovanie porastov

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Tis obyčajný je na Slovensku vďaka ojedinelému výskytu zákonom chránená drevina. Ako tieňomilná drevina má vynikajúcu schopnosť obnoviť sa a prežívať v tieni, avšak úplné zatienenie a priame slnečné žiarenie najviac redukuje prežitie semenáčikov a sadeníc tisa (ISZKUŁO, BORATYŃSKI 2006; PAGAN 1999; KORPEL 1995; THOMAS, POLWART 2003). Napriek tomu, že patrí k mimoriadne tienným drevinám mnohí autori uvádzajú pozitívnu rastovú reakciu a vitalitu tisa obyčajného v obhospodarovanom poraste, v ktorom dochádza k zlepšeniu svetelných podmienok (RUPRECHT et al. 2010; SVENNING, MAGÅRD 1999; DHAR et al. 2007; KORPEL 1995). Vplyvom priaznivých svetelných podmienok dochádza k akcelerácii prírastku biomasy, hrúbkového prírastku, zvýšeniu plodnosti dreviny a následne zachovaniu existencie dreviny. Vhodnými pestovno-ťažbovými opatreniami v porastoch s výskytom tisa môže obhospodarovateľ zabezpečiť priaznivý vývoj a podporiť vznik novej generácie tejto vzácnej dreviny a tým zachovať populáciu tisa na území Slovenska do budúcnosti.

Cieľom príspevku je kvantifikácia vzťahu denzity zmiešaného materského porastu na parametre osvetlenia v porastovom vnútri a charakteristika zmien v štruktúre kruhovej základni materského porastu pri rôznom stupni rozpracovania clonným rubom.

## MATERIÁL A METODIKA

Trvalá výskumná plocha, na ktorej sme analyzovali rastové podmienky porastu s prímiesou tisa obyčajného sa nachádza v Starohorských vrchoch, v dieľci 1150a. Dielec má výmeru 10,79 ha a nachádza sa v nadmorskej výške v rozmedzí od 570–735 m n. m., na juhovýchodnej expozícii, so sklonom 35 %. Pôdy tvoria prevažne rendziny a rendzinové kambizeme s vystupujúcou materskou horninou.

Porast patrí do kategórie hospodárskych lesov s prevažujúcou produkčnou a protieróznou funkciou. Horná etáž má priemerne 105 rokov a tvorí ju zmes listnatých a ihličnatých drevín (buk lesný, javor horský, smrek obyčajný, jaseň úzkolistý, borovica lesná, jedľa biela). Dolná etáž je tvorená prirodzenou obnovou drevín hornej etáže a má približne 10 rokov. Výnimočné postavenie má tis obyčajný, ktorý výškovo nekonkuruje hornej etáži, ale tvorí výškovo vyrovnanú vrstvou (priemerná výška dospelých tisov je 8–15 m) s nepravidelnou hustotou. Experimentálne merania boli vykonané na trvalej výskumnej ploche (TVP) s rozmerom 50×50 m, v ktorej centre sa nachádzala oplotená časť v tvare štvorca s výmerou približne 5 árov. Poloha všetkých jedincov na TVP s hrúbkou nad 7 cm bola zameraná technológiou FieldMap. Okrem polohy sa na jednotlivých stromoch vykonali merania hrúbky kmeňa ( $d_{1,3}$ ), výšky stromu, výšky nasadenia koruny a priemetu korunových projekcií.

V oplotenej aj neoplotenej časti sme zastabilizovali spolu 15 bodov, na ktorých sme vyhotovili hemisférické snímky. Polohu bodov TVP sme opäť zaznamenali technológiou FieldMap a pomocou tejto technológie sme okolo každého bodu vytýčili kruhovú plochu materského porastu s polomerom 12,63 m (500 m<sup>2</sup>), ktorá slúžila pre výpočet porastových charakteristík a vyjadrenie ich vzťahu k svetelným pomero.

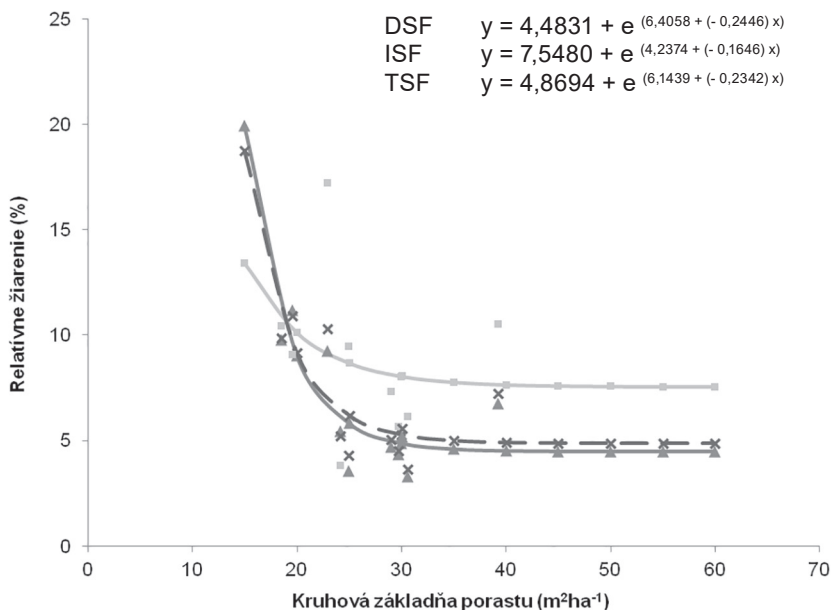
Hemisférické snímkovanie sme vykonali s vybavením Mid-OMount 10MP od firmy Regent Instrument Inc. (Québec, Canada) vo výške 1,3 m na každom bode a snímky boli analyzované v programe WinScanopy. Z výstupných údajov sme pre ďalšie analýzy v tejto práci použili parametre relatívneho žiarenia, ktoré sa štandardne označujú ako „site factors“. Ich hodnoty predstavujú percentuálne vyjadrenie podielu difúzneho (indirect site factor – ISF), priameho (direct site factor – DSF) a globálneho (total site factor – TSF) žiarenia v bode merania zo žiarenia na voľnej, t. j. vegetáciou neclonenej ploche.

Pre charakteristiku jednotlivých veličín nameraných údajov sme použili základnú popisnú štatistiku. Vzťah kruhovej základne a svetelných pomerov sme hodnotili prostredníctvom nelineárnej regresie. Pre vyjadrenie vplyvu kruhovej základne porastu na vývoj tisa obyčajného sme použili lineárnu regresiu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pre pestovateľskú prax je tempo znižovania hustoty korunovej vrstvy materského porastu často charakterizované prostredníctvom zakmenenia alebo kruhovej základne materského porastu (NYLAND 2002; BURSCHEL, HUSS 2003). Vzťah kruhovej základne a žiarenia resp. jeho zložiek je exponenciálne klesajúci. K podobnému záveru dospel pri svojich pozorovaniach COMEAU (2000). Podľa jeho zistenia je vzťah kruhovej základne porastu *Populus tremula* (L.) a transmitancie (svetelnej priepustnosti) korunovej vrstvy taktiež exponenciálne klesajúci. Transmitancia je definovaná prostredníctvom podielu hustoty toku fotosyntetizujúcich fotónov (PPFD) dosiahnutého na meranom bode k množstvu PPFD meraného na otvorenom priestranstve v rovnakom čase. COMEAU (2000) zároveň upozorňuje, že odvodzovanie parametrov osvetlenia od porastových veličín, ako sú kruhová základňa, zápoj, zásoba porastu, zakmenenie alebo počet kmeňov nie je príliš reprezentatívne a treba vždy zohľadniť aj podmienky, pri ktorých bola závislosť odvodená. HALE et al. (2009) pri analýze závislosti svetla od kruhovej základne v porastoch *Picea sitchensis* (Bong.) a *Pinus sylvestris* (L.) takisto dospeli ku klesajúcemu priebehu exponenciálnej krivky. Je zrejmé, že priepustnosť korún rastie so znižujúcim sa počtom stromov v poraste. Korelácia kruhovej základne a difúzneho žiarenia je podľa COMEAU (2000) tesnejšia ako pri priamom žiarení ( $r = 0,876$ ). V našom prípade (Obr.1) dosahuje korelácia kruhovej základne a difúzneho žiarenia hodnotu  $r = 0,290$  a naopak oveľa tesnejší vzťah je pozorovaný pri žiarení priamom ( $r = 0,806$ ) a celkovom ( $r = 0,766$ ).

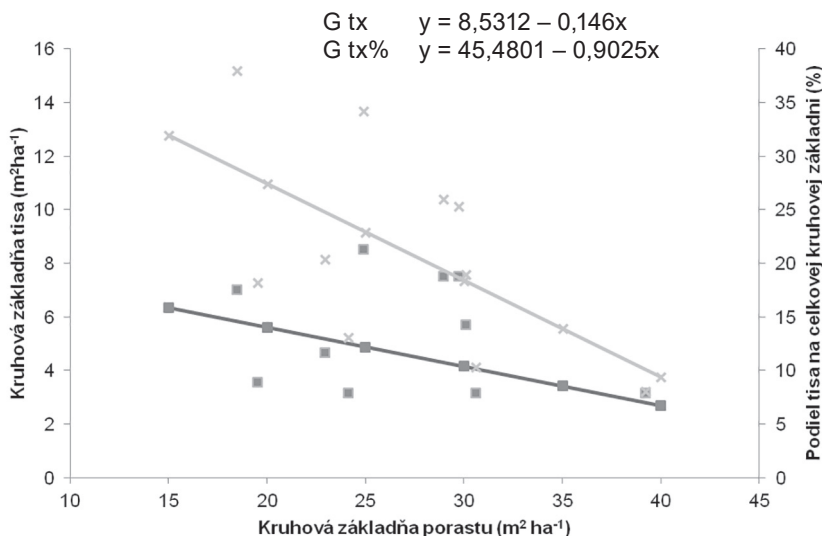
Kruhová základňa tisa vykazuje vo vzťahu ku kruhovej základni ostatných drevín tvoriacich porast klesajúci trend (Obr. 2). Tis tvorí nízke kruhové základne na tých plochách, kde je vysoká kruhová základňa ostatných drevín. Predpokladáme, že príčina opísaného vzťahu je v prvom rade tá, že tis sa ako pomaly rastúca drevina dostáva v priebehu vývoja porastu veľmi rýchlo do postavenia dolnej alebo strednej vrstvy porastu. Tým je vystavený vysokému konkurenčnému tlaku a napriek svojej odolnosti voči zatičeniu, ktorá je najvyššia spomedzi našich drevín je dodatočne obmedzená jeho produkcia a zvýšená mortalita. Čím je horná etáž porastu hustejšia, tým je konkurenčný tlak na tis vyšší a tým menší radiálny prírastok a následne aj nižšiu kruhovú základňu je schopný v danom čase vytvoriť. Zároveň



Obr. 1: Vzťah kruhovej základne materského porastu a relatívneho žiarenia. (Plná čiara a trojuholníkové značky predstavujú hodnoty DSF, plná čiara a štvorcové značky predstavujú hodnoty ISF a čiarkovaná čiara a krížikové značky sú pre TSF)

Fig. 1: Relationship of basal area (dependent variable) and relative radiation (independent variable). Solid line and triangles – DSF; Solid line and squares – ISF; Dashed line and crosses – TSF.

môžeme konštatovať, že vplyvom zníženia kruhovej základne ostatných drevín porastu sa zvyšuje podiel tisa v poraste. Príčina zvyšujúceho sa podielu tisa na našich plochách nie je iba v zrýchlení radiálneho prírastku tisa, ale významný vplyv má obhospodarovanie s ohľadom na legislatívnu ochranu druhu. Pri postupujúcom odoberaní porastovej zásoby v priebehu clonného rubu je obhospodarovateľ povinný postupovať tak, aby tis ako zákonom chránená rastlina zostal zachovaný. Postupom času teda dochádza k úbytku zásoby všetkých drevín a počtárskemu navýšeniu podielu tisa v zásobe materského porastu. V aktuálnom štádiu obnovného rozpracovania porastu je tis zvýhodnený oproti ostatným drevinám. Otázkou zostáva, ako bude prebiehať vývoj dospelých tisov po dorube materského porastu, kedy bude tis istú dobu existovať v podmienkach voľnej plochy resp. v nadúrovňovom postavení. Schopnosť jednotlivých tisov prežiť striedanie generácií zmiešaného listnatého lesa, resp. lokálne uvoľnenia je dlhodobjšie známe (KORPEL 1996, SCHEEDER 1994). Miera mortality dospelých jedincov v rámci obnovných postupov však nie je výskumne podchytená. Z hľadiska adaptácie tisa na podmienky plochy po skončení obnovy je použitý clonný rub s dlhou obnovnou dobou vhodným postupom.



Obr. 2: Vzťah kruhovej základne tisa ( $G_{tx}$ ) k celkovej kruhovej základni porastu. Ľavá zvislá os predstavuje kruhovú základňu tisa v  $m^2 ha^{-1}$ , pravá zvislá os predstavuje podiel kruhovej základne tisa z celkovej kruhovej základne v %

Fig. 2: Relationship between basal area of *Taxus baccata* L. and total basal area of stand. Left axis: ( $G_{tx}$ ) basal area of *Taxus baccata* L. ( $m^2 ha^{-1}$ ) – solid line and square; Right axis: ( $G_{tx\%}$ ) percentage of basal area of *Taxus baccata* L. (%) - solid line and ×.

Viacerí autori sa v súčasnosti sú skeptickí k pasívnej ochrane tisa spočívajúcej v prekategORIZOVANÍ porastov s tisom na chránené územia a následnom bezzásahovom režime v nich. Východisko vidia v aktívnej ochrane (DHAR et al. 2008; SVENNING, MAGÅRD 1999; ISZKUŁO 2011). Obhospodarovanie porastov s výskytom tisa môže viesť k zlepšeniu ekologických podmienok pre dospelý tis a dokonca zvýšiť aj produkciu semien (DHAR et al. 2008). V porastoch s prevahou buka je dôležité odstraňovať predovšetkým úrovňové jedince väčších dimenzií, ktoré sú priamymi konkurentami tisa a ostatných drevín (SVENNING, MAGÅRD 1999). Zmeny denzity bukových porastov sú dôsledkom mnohých lesníckych opatrení, ktorých motiváciou je buď zvýšený prírastok hlavného porastu prostredníctvom podpory kvalitných stromov (SANIGA, BRUCHÁNIK 2009), alebo usmernenie regeneračných procesov. THOMAS, GARCIA-MARTÍ (2015) uvádzajú, že pre zachovanie tisa a zlepšenie jeho rastových možností v podmienkach horúcej a suchej mediteránnej klímy je dôležité v prvom rade zlepšiť ekologické podmienky porastu s výskytom tisa udržaním viacetážového porastu, ktorý poskytne svojou hustotou ochranu pre udržanie vhodnej mikroklimy. V podmienkach stredoeurópskych zmiešaných lesov kolínneho stupňa je okrem vylúčenia vplyvu bylinožravce zveri potrebná regulácia svetelnej mikroklimy pre zabezpečenie primeraného hrúbkového prírastku dospelých jedincov tisa a odrastanie jeho prirodzenej obnovy. V bukových porastoch je možné využiť obhospodarovanie porastu aj podľa prin-

cípu prirodzenej dynamiky, ktorý spočíva v ponechaní rovnakej možnosti všetkým zmladzujúcim sa drevinám dostať sa do úrovňového postavenia a presadiť sa v ďalšom vývoji. Úloha obhospodarovateľa by mala v tomto prípade spočívať aj v podpore a ochrane druhu vytváraním malých oplôtkov v porastoch a v ochrane nárastov pred zverou repelentmi, prípadne umelá obnova (ŠTEFANČÍK et al. 2007).

Okrem dospelých jedincov tisa sú priaznivé svetelné pomery potrebné prioritne kvôli prirodzenej obnove tisa. Podľa SANIGU, JALOVIARA (2005) je rast prirodzenej obnovy tisa výrazne priaznivejší pri redukcii zásoby porastu aspoň o 20 %. Rovnako aj NIEMCZYK et al. (2015) vo svojej štúdií uvádzajú, že adekvátny výškový prírastok a aj celkový vývoj prirodzenej obnovy je dosahovaný pri relatívnom osvetlení dosiahnutom v uvoľnenom korunovom zápoji aspoň na hodnotu 30%. Okrem zabezpečenia priaznivých svetelných podmienok pre tis je potrebné mať na zreteli aj ochranu pred poškodením zverou, pre ktorú je tis mimoriadne atraktívny.

## ZÁVER

Podpora tisa v rámci pestovateľských opatrení a jeho uplatnenie v štruktúrach obhospodarovaných listnatých porastov predstavuje významný príspevok k zachovaniu tejto vzácnej a zákonom chránenej dreviny. Aktívny manažment porastov počas ich obnovy a výchovy ukazuje, že ochrana tisa môže byť účinná aj mimo celoplošne chránených, bezzásahových území s najvyšším stupňom ochrany prírody. Zvýhodňovanie tisa v rámci obnovných rubov vedie na rozdiel od pasívnej ochrany k zvyšovaniu jeho zastúpenia a ekologického významu v pôvodnom prostredí jeho výskytu. Úspešné prežitie striedania generácií v hospodárskom lese je tak pri dlhovekosti tisa základným predpokladom pre jeho ďalšiu existenciu.

## LITERATÚRA

- BURSCHEL, P., HUSS, J. 2003. *Grundriss des Waldbaus: ein Leitfaden für Studium und Praxis*. 3., unveränd. Aufl. Stuttgart, Ulmer: 487 s.
- COMEAU, P. 2000. Measuring light in the forest. *Landscape Ecology*, 42: s. 1–6.
- DHAR, A., RUPRECHT, H., KLUMPP, R., VACIK, H. 2007. Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *Journal of Forestry Research*, 18(3): s. 181–186.
- DHAR, A., RUPRECHT, H., VACIK, H. 2008. Population viability risk management (PVRM) for in situ management of endangered tree species - a case study on a *Taxus baccata* L. population. *Forest Ecology and Management*, 255 (7): s. 2835–2845.
- HALE, S.E., EDWARDS, C., MASON, W.L., PRICE, M. 2009. Relationships between canopy transmittance and stand parameters in Sitka spruce and Scots pine stands in Britain. *Forestry*, 82 (5): s. 503–513.
- ISZKUŁO, G. 2011. Influence of biotic and abiotic factors on natural regeneration of European yew (*Taxus baccata* L.). A review. *Spanish Journal of Rural Development*, 2(2): s. 1–6.
- ISZKUŁO, G., BORATYŃSKI, A. 2006. Analysis of the relationship between photo-



- synthetic photon flux density and natural *Taxus baccata* seedlings occurrence. *Acta Oecologica*, 29 (1): s. 78–84.
- KORPEL, Š. 1995. Význam tisu v lesných ekosystémoch Slovenska a možnosti zlepšenia jeho stavu. Banská Bystrica, SAŽP: 68 s.
- KORPEL, Š. 1996. Das geschützte Eibenvorkommen Pavelcovo, seine zustandanalyse, die naturschützerische und forstliche Bedeutung. *Der Eibenfreund*, 3: s. 21–32.
- NIEMCZYK, M., ŻOŁCIAK, A., PIOTR, W. 2015. The influence of stand canopy openness on the growth of common yew (*Taxus baccata* L.). *Forest Research Papers*, 76 (1): s. 42–48.
- NYLAND, R.D. 2002. *Silviculture: concepts and applications*. Long Grove, Illinois, Waveland Press: 682 s.
- PAGAN, J. 1999. *Lesnícka dendrológia*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 378 s.
- RUPPRECHT, 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 (2): s. 189–198.
- SANIGA, M., BRUCHÁNIK, R. 2009. *Príroda blízke obhospodarovanie lesa*. Zvolen, Národné lesnícke centrum: 104 s.
- SANIGA, M., JALOVÍAR, 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.
- SCHEEDER, T. 1994. *Die Eibe (Taxus baccata L.): Hoffnung für ein fast verschwundenes Waldvolk*. Eching, IHW-Verl.: 124 s.
- 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 (2): s. 173–182.
- ŠTEFANČÍK, I., KAMENSKÝ, M., BRUCHÁNIK, R. 2007. *Výchova a obnova lesných porastov v rozdielnych ekologických podmienkach*. Zvolen, Národné lesnícke centrum.
- THOMAS, P.A., GARCIA-MARTÍ, X. 2015. Response of European yews to climate change: a review. *Forest systems* 24 (3): s. 1–11.
- THOMAS, P.A., POLWART, A. 2003. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology*, 91 (3): s. 489–524.

## POĎAKOVANIE

Práca vznikla s podporou z grantových prostriedkov APVV-14-0014.



**VARIABILITA VYUŽITIA RASTOVÉHO DISPONIBILNÉHO PRIESTORU  
V SMREKOVOM PRÍRODNOM LESE  
NPR PILSKO**

**VARIABILITY OF GROWTH SPACE UTILIZATION IN SPRUCE NATURAL  
FOREST NNR PILSKO**

JÁN PITTNER, MICHAL BUGALA, IVAN LUKÁČIK

*Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: pittner@tuzvo.sk*

*ABSTRACT*

*This paper deals with selected production characteristics (crown volume, maximum height, and canopy closure) of spruce natural forest NNR Pilsko. Data used for determination of production characteristics were collected on transects (10 × 60 m) of three permanent research plots in years 1977, 1997, 2007. Permanent research plots were established in three developmental stages of natural forests and three altitudinal zones. Relation between crown and stem volume and utilization of available growth space were analyzed. The results confirmed that the competition of trees in crown space is significantly higher in growth-up and optimal stage and therefore the assimilatory area of tree crowns has a lesser influence on production characteristics of stem. The analysis of maximum height values of the stand confirmed its high dependence on altitude. The results showed that for each 100 m increment of altitude, maximum spruce height decreased by 7.6 m.*

*Keywords: Norway spruce, development stage, altitude, crown volume*

*ABSTRAKT*

*Práca pojednáva o vybraných produkčných charakteristikách (objem koruny, horná výška, clonná plocha) smrekového prírodného lesa NPR Pilsko. Údaje použité na výpočet produkčných charakteristík sa získali z troch trvalých výskumných plôch (10 × 60 m), ktoré boli založené v troch vývojových štádiách prírodného lesa a v troch výškových zónach. Merania boli uskutočnené v rokoch 1977, 1997 a 2007. Analyzovali sa variabilita využitia disponibilného priestoru a vzťah medzi objemom koruny a kmeňa. Potvrdilo sa, že kompetícia stromov v korunovom priestore je vyššia v štádiu dorastania a optima a preto má asimilačný aparát korún menší vplyv na produkčné charakteristiky kmeňov. Regresná analýza hodnôt hornej výšky porastu potvrdila jej vysokú závislosť na nadmorskej výške. Na 100 výškových metrov klesla o priemere o 7,6 m.*

*Kľúčové slová: smrek obyčajný, vývojové štádium, nadmorská výška, objem koruny*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Striedanie vývojových fáz a štádií v rámci vývojového cyklu pralesa znamená rôznu dynamiku využívania jeho produkčného a rastového priestoru korunami stromov jednotlivých drevín, ktorá je determinovaná ich fyzickým vekom, ekologickou toleranciou a kompetičnými schopnosťami (ZRAK, SANIGA 2010). GRATZER et al. (2004) zdôrazňuje, že tento proces vedie ku zmene priestorovej štruktúry v čase a má veľký význam pri chápaní dynamiky prírodného lesa. Je dôležité poznať produkčné využitie rastového priestoru korunami stromov ako ukazovateľa nárastu biomasy, pretože kapacita korún má veľký význam pre objem kmeňov a následne produkčné charakteristiky biomasy. Využitím disponibilného rastového priestoru korunami stromov a vzťahom medzi objemom korún a objemom kmeňov sa v hospodárskych lesoch zaoberali UTSCHIG (2002) a SANIGA, VENCÚRIK (2007). V prírodných lesoch Slovenska to boli napr. SANIGA, BALANDA (2008), BAKOŠOVÁ, SANIGA (2009), KLIMAŠ et al. (2010). Uvedení autori zistili rôzne tesnosti korelácie medzi objemom korún a objemom kmeňa v závislosti od drevinovej skladby, nadmorskej výšky a stupňa ochrany porastov. Vysokú tesnosť zistili vo výberkových hospodárskych lesoch (SANIGA, VENCÚRIK 2007), kde lesný hospodár pomocou výberkového rubu ovplyvňuje veľkosť korún. Naopak najnižšiu tesnosť zistili SANIGA, ZRAK (2010) v jelšovom prírodnom lese NPR Jurský Šúr, ktorým odôvodňujú najmä zhoršeným zdravotným stavom jelší (preriedené koruny) a vysokým výkonom transpirácie (vodná pumpa).

Cieľom príspevku je na základe údajov z meraní uskutočnených v rokoch 1977 až 2007 analyzovať produkčné využitie rastového priestoru smrekového pralesa NPR Pilsko a kauzálny vzťah medzi korunami stromov a ich vplyvom na rast objemu kmeňov.

## MATERIÁL A METODIKA

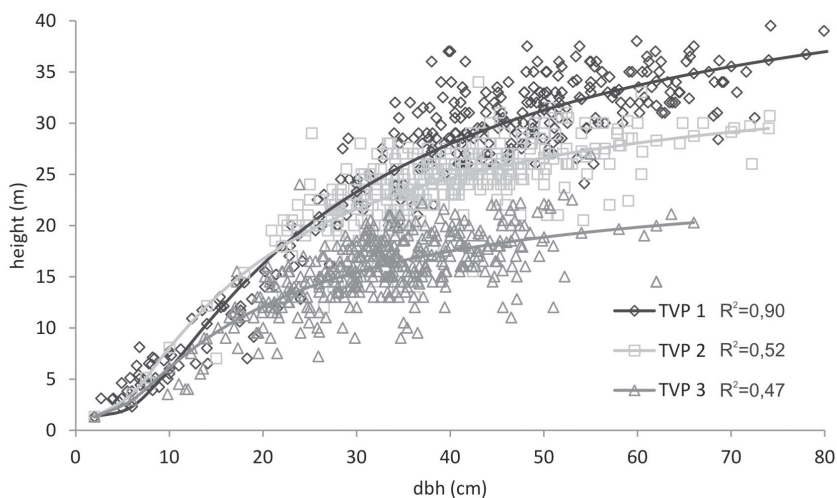
Národná prírodná rezervácia (NPR) Pilsko s výmerou 809,32 ha bola vyhlásená za účelom ochrany pôvodných horských smrečín v roku 1967. Rozprestiera sa vo výškovom pásme od 1100 do 1557 m n. m., na prevažne západne a juhozápadne orientovaných svahoch, so sklonom 15–25°. Priemerná ročná teplota na území rezervácie je 2,5–3,5 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 1200 mm–1400 mm. Geologické podložie tvoria najmä ilovce, 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.).

Na analýzu využitia rastového disponibilného priestoru pralesa korunami stromov ako aj na analýzu zistenia závislosti medzi objemami korún stromov a objemom ich kmeňov boli použité údaje z merania transektov (10 × 60 m) na 3 TVP. Pre zistenie týchto produkčných charakteristík boli použité 3 merania a to v rokoch 1977, 1997, 2007). Na transektoch boli namerané nasledovné dendrometrické veličiny: hrúbky stromov  $d_{1,3}$  (cm); výšky stromov  $h$  (m); výšky nasa-

denia korún  $h_z$  (m); pozícia stromov v ortogonálnom systéme  $(x, y)$ ; šírky korún  $b$  vo vektoroch  $x_1$  až  $x_4$ , v dvoch na seba kolmých smeroch, pričom  $x_1$  smeruje hore po svahu. Produkčné využitie disponibilného rastového priestoru pralesa korunami stromov bolo vypočítané na základe pomeru objemu korún stromov nachádzajúcich sa na tranzekte ku objemu kvádra ohraničeného rozmermi tranzektu  $10 \times 60$  m a jeho hornou výškou  $h_{10\%}$ . Vzťah medzi hornou výškou porastu a nadmorskou výškou bol vyhodnotený metódami regresnej a korelačnej analýzy (ZAR 1999). Pre stanovenie objemu koruny bol použitý vzorec pre ihličnaté dreviny JURČA (1968). Stupeň clonenia bol získaný vydelením sumy všetkých plôch korún stromov na tranzekte celkovou plochou tranzektu. Objemy kmeňa boli vypočítané podľa PETRÁŠA, PAJTIKA (1991). Výškové krivky pre jednotlivé TVP boli zhotovené použitím všetkých meraných jedincov zo všetkých rokov merania.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Analýza vzťahu medzi hrúbkou a výškou poukázala na významné rozdiely medzi jednotlivými vývojovými štádiami (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 pravde-

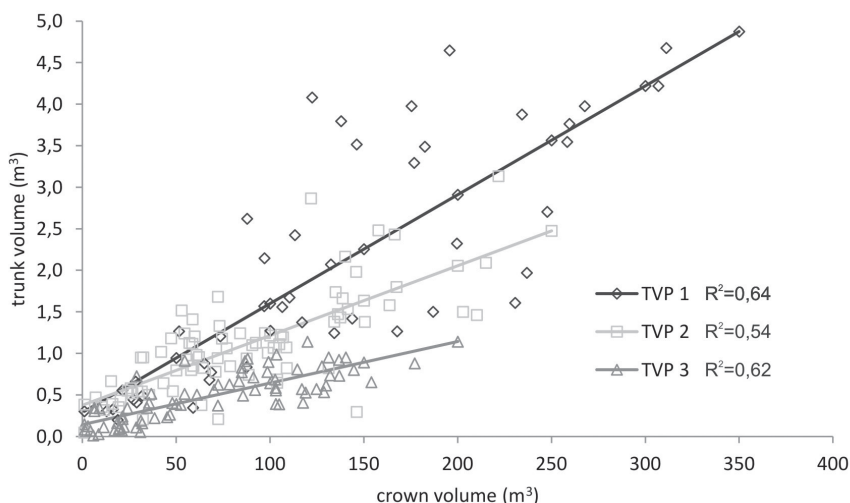


Obr. 1: Výšková krivka na jednotlivých TVP vyrovnaná Prodanovou funkciou  
 Fig. 1: Stand height curves of individual permanent research plots calculated according to Prodan function

podobne spôsobené rôznou nadmorskou výškou skúmaných TVP, ktoré boli zakladané v rozstupe 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 rozdiel 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. (2006) tak isto zistili, že horná výška porastov smreka v NPR Poľana je silne negatívne korelovaná

s nadmorskou výškou a 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. Pokiaľ hodnotíme závislosť medzi hrúbkou a výškou vyjadrenou tesnosťou korelácie, môžeme konštatovať, že najvyššiu závislosť sme zistili na TVP 1 s koeficientom determinácie  $R^2 = 0,90$ , takže až 90 % variability výšky môžeme vysvetliť variabilitou hrúbky a iba 10 % vonkajšími nami neuvažovanými faktormi. So stúpaním nadmorskej výšky a so zhoršovaním sa podmienok sa tento pomer mení, kde až 53 % variability výšok ovplyvňujú nami neuvažované faktory (TVP 3).

Na základe poznatkov SANIGU A VENCÚRIKA (2008) je známe, že v prípade drevín ako jedľa biela a smrek obyčajný s autonómnym postavením vo výberkovom lese je závislosť medzi objemom korún, tzv. kapacitou asimilačného aparátu a objemom ich kmeňov veľmi tesná ( $R = 0,85-0,96$ ). Nami zistené hodnoty korelačného koeficientu sa pohybovali v rozpätí 0,73–0,80 v závislosti od vývojového štádia (Obr. 2). Najnižšiu tesnosť sme zistili v štádiu optima (TVP 2), ale aj tu koeficient



Obr. 2: Závislosť objemu kmeňa od objemu koruny na jednotlivých TVP vyrovnaná lineárnou funkciou

Fig. 2: Relationship between crown volume and stem volume according to permanent research plot and balanced with linear function

determinácie preukázal, že 54 % rastu objemu kmeňa bola podmienená objemom koruny. K podobnému výsledku u smreka ( $R^2 = 0,56$ ) dospeli aj SANIGA, BALANĎA (2008) v NPR Hrončokovský grúň. ZRAK, SANIGA (2010) v závislosti od vývojového štádia uvádzajú hodnoty v rozpätí 0,45–0,68, pričom najvyššiu tesnosť, rovnako ako v našom prípade, zistili v štádiu rozpadu. Uvedené hodnoty tesnosti korelácie potvrdili, že v tomto štádiu pralesa sú koruny stromov v autonómnejšom

postavení, čo vytvára predpoklad ich väčšej účasti na prírastkových procesoch kmeňa. Uvedené závislosti potvrdzujú aj údaje v tabuľke 1, ktorá charakterizuje percentuálne využitie disponibilného rastového priestoru korunami stromov. Vo všetkých rokoch merania sme zistili jeho najnižšie hodnoty práve v tomto vývojom štádiu (TVP 1).

Tab. 1: Využitie disponibilného priestoru korunami stromov podľa TVP a rokov merania  
Table 1: Crown utilization of available growth space according to permanent research plot and years of measurement

rok <sup>1</sup> merania	TVP 1			TVP 2			TVP 3		
	Ck (m <sup>3</sup> )	VDP (%)	SC (%)	Ck (m <sup>3</sup> )	VDP (%)	SC (%)	Ck (m <sup>3</sup> )	VDP (%)	SC (%)
1977	2 076,6	9,5	71,3	2 750,7	15,4	118,8	2 188,6	17,2	104,5
1997	1 620,2	7,4	38,2	1 973,4	11,0	60,5	1 590,3	12,5	67,5
2007	1 422,3	6,5	42,1	1 252,1	7,0	38,7	1 305,4	10,3	57,6

Ck – objem korún, *crown volume*; VDP – využitie disponibilného priestoru, *utilization of available space*; SC – stupeň clonenia, *canopy closure*; <sup>1</sup>year of measurement

Pokiaľ hodnotíme objem korún za všetky roky merania (Tab. 1), môžeme konštatovať, že na všetkých plochách došlo k ich výraznému poklesu. Je to spôsobené hlavne zhoršeným zdravotným stavom a rozpadom smrečín v posledných desaťročiach (JALOVÍAR et al. 2009, KUCBEL et al. 2014). Najvyššie hodnoty tohto ukazovateľa sme zistili v štádiu optima (TVP 2). Výnimkou je posledné meranie, kde sme najvyššiu hodnotu zistili na TVP 1. Je to pravdepodobne zapríčinené ontogenetickým vývojom na týchto plochách, kde TVP 2 za 30 rokov prešlo zo štádia optima do štádia rozpadu, čoho dôkazom je najvýraznejší pokles v objeme korún, ako aj stupeň clonenia (Tab. 1). Naopak na prechod TVP 1 zo štádia rozpadu do počiatkovej fázy štádia dorastania poukazuje aj mierny nárast stupeň clonenia na tejto ploche.

## ZÁVER

Závislosť objemu kmeňa od objemu korún vykazuje vysokú tesnosť korelácie, čo je dôsledkom vysokého vplyvu asimilačného aparátu na objem kmeňa. Naše výsledky potvrdili, že na tesnosť korelácie vplyvajú vývojové štádiá prírodného lesa, ktoré sú charakteristické svojimi štruktúrami. V štádiu rozpadu, kde koruny stromov odchádzajúcej generácie pralesa majú samostatné postavenie, alebo len s miernym vplyvom susedných jedincov, sa podstatne zvýšil vplyv asimilačného aparátu korún stromov na objemovom raste ich kmeňov. V prípade analýzy hornej výšky porastu sa prejavil významný vplyv nadmorskej výšky na jej hodnoty. Horná výška klesala v priemere o 7,6 m na 100 výškových metrov. Skúmané porasty predstavujú modelovú štruktúru porastu vytvorenú len vzájomnými vzťahmi drevnín a ich prostredia bez ovplyvnenia človekom. Získané poznatky sú prínosom nielen pre pochopenie zákonitostí vývoja prírodných lesov, ale aj z praktického hľadiska pri realizácii pestovateľských postupov v hospodárskych lesoch.

## LITERATÚRA

- BAKOŠOVÁ, L., SANIGA, M. 2009. Vybrané charakteristiky rastového priestoru bukových pralesov Slovenska. In: Štefančík, I., Kamenský, M. (eds.) *Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov*. Zvolen, Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav: s. 291–298.
- GRATZER, G., CANHAM, C., DIECKMANN, U., FISCHER, A., IWASA, Y., LAW, R., LEXER, M. J., SANDMANN, H., SPIES, T. A., SPLECHTNA, B. E., SZWAGRZYK, J. 2004. Spatio-temporal development of forests - current trends in field methods and models. *Oikos*, 107: s. 3–15.
- 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 Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. *European Journal of Forest Research*, 126: s. 303–313.
- JALOVIAK, P., KUCBEL, S., VENCURIK, J. 2009. Selected morphological parameters of root systems of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) natural regeneration on the coarse woody debris in NNR Babia hora. *Beskydy*, č. 1: s. 21–28.
- JURČA, J. 1968. *Pěstební analytika*. Praha, SPN: 302 s.
- KLIMAŠ, V., KUCBEL, S., JALOVIAK, P. 2010. Variabilita využitia disponibilného priestoru v dubovom prírodnom lese NPR Kašivárová. In: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P. (eds.) *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: s. 65–70.
- KORPEL, Š. 1989. *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda: 332 s.
- KUCBEL, S., VENCURIK, J., JALOVIAK, P., BAJDICH, J. 2014. Návrh modelu diferencovanej štruktúry vysokohorského lesa pre centrálnu časť Nízkych Tatier. In: Štefančík, I. (ed.) *Silviculture in Central Europe*. Zvolen, Národné lesnícke centrum: s. 60–67.
- MERGANIČ, J., VORČÁK, J., MERGANIČOVÁ, K., ĎURSKÝ, J., MIKOVÁ, A., ŠKVARENINA, J., TUČEK, J., MINĎAŠ, J. 2003. *Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy*. Tvrdošín, EFRA: 200 s.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevn. *Lesnícky časopis*, 37 (1): s. 49–56
- SANIGA, M., BALANDA, M. 2008. Dynamics of tree species composition and characteristics of available space utilization in the natural forest of the National Nature Reserve Hroncovský Grún. *Journal of Forest Science*, 54 (11): s. 497–508.
- SANIGA, M., VENCURIK, J. 2007. *Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les*. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 82 s. Vedecké štúdie 1/2007.
- SANIGA, M., ZRAK, J. 2010. Produkčné a rastové charakteristiky disponibilného priestoru jelšového prírodného lesa v NPR Jurský šúr. In: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P. (eds.) *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. Brno, Mendelova univerzita v Brně: s. 121–126.
- UTSCHIG, H. 2002. Analyze der Standraumökonomie von Einzelbaumen auf langfristige beobachteten Versuchsflächen – Methoden, Programmentwicklung und erste Ergebnisse. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 121: s. 335–348.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. New Jersey, Prentice Hall: 663 s.



ZRAK, J., SANIGA, M. 2010. Produkčné a rastové charakteristiky drevín v rastovom priestore pralesa NPR Skalná Alpa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 52 (1): s. 55–64.

#### **POĎAKOVANIE**

Práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA 1/0040/15.



**STAV PORASTOV A ODPORÚČANÉ VÝCHOVNÉ OPATRENIA  
V I. OCHRANNOM PÁSME  
VODÁRENSKEJ NÁDRŽE HRIŇOVÁ**

*STAND CONDITION AND RECOMMENDED SILVICULTURAL  
INTERVENTIONS IN 1<sup>ST</sup> BUFFER ZONE  
OF HRIŇOVÁ WATER RESERVOIR*

JÁN PITTNER, ZUZANA PAROBEKOVÁ

*Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,  
pittner@tuzvo.sk*

*ABSTRACT*

*The objective of this paper is to analyze a current condition of stands which are situated in 1<sup>st</sup> buffer zone of Hriňová water reservoir (WR) and to evaluate the impact of silvicultural interventions on stand structure. Measurements were done in 19 permanent research plots (PRP) established on the right bank of the Hriňová WR. Abovementioned PRP's were divided into five groups with different types of silvicultural interventions. The results show, that the investigated stands were not tended at all in the past. The missing management was proved by high density of trees (3154–700 pc.ha<sup>-1</sup>), and an important share of dead individuals (16,4–26,1 %). Analysis of static stability indicators showed, that the stands are not stable. To achieve and sustain protective function of aforementioned stands, it is necessary to begin to apply a silvicultural management, according to principles - in time, moderate and more frequently, as soon as possible.*

*Keywords: water protective function, stand structure, silvicultural management, Norway spruce*

*ABSTRAKT*

*Cieľom tejto práce bolo analyzovať súčasnú štruktúru porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Hriňová a vyhodnotiť vplyv navrhovaných výchovných opatrení na jej zmenu. Vlastné merania sa uskutočnili na 19 trvalých výskumných plochách založených v pravobrežnej časti VN Hriňová, ktoré boli rozdelené do piatich súborov, na ktorých boli navrhnuté rozdielne druhy výchovy. Analýzou výsledkov sme zistili, že v skúmaných porastoch sa v minulosti vôbec nevykonávala výchova. Potvrzuje to zistená vysoká početnosť stromov vo všetkých súboroch (3154–5700 ks.ha<sup>-1</sup>), ako aj vysoký podiel odumretých jedincov (16,4–26,1 %). Zanedbanie výchovy sa nepriaznivo preukázalo aj na ukazovateľoch statickej stability. Podľa hodnôt korunovosti a štihlостného koeficienta môžeme považovať analyzované porasty za labilné. V záujme zvýšenia stability a zabezpečenia funkčnej účinnosti týchto porastov je potrebné čo najskôr realizovať navrhované pestovné zásahy, v zmysle včas, mierne a častejšie, inak hrozí ich rozpad a strata funkčnosti.*

*Kľúčové slová: vodoochranná funkcia, štruktúra porastu, výchova porastu, smrek obyčajný*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Je všeobecne známe, že stúpa spotreba pitnej a úžitkovej vody, ako aj to, že narastajú problémy s jej zabezpečením. Vo svete je voda čoraz cennejšia a stáva sa pre krajinu významnou strategickou surovinou. Táto voda je získavaná z podzemných zdrojov (pramene pitnej vody), alebo sa rieši výstavbou vodárenských nádrží na akumuláciu povrchovej vody (GUBKA 2011). S rozvojom výstavby vodárenských nádrží sa čoraz viac dostávala do popredia aj otázka cieleného obhospodarovania okolitých ekosystémov, respektíve otázka vytvorenia alebo udržania ich určitej funkčnej účinnosti (BUGALA 2011). ŠACH et al. (2014) uvádzajú, že pre zabezpečenie trvalej udržateľnosti a kvality vodohospodárskych funkcií je potrebné rozčlenenie lesných porastov na funkčné skupiny s funkciou vodoochrannou, protieróznou, desukčnou, infiltračnou a zrážkotvornou. Na každú funkčnú skupinu sú kladené iné požiadavky, ktoré sa musia odzrkadľovať v ich odlišnom drevinovom zložení, štruktúre, ako aj v špecifických postupoch pri ich obhospodovaní, ktoré má zabezpečiť ich optimálne vodohospodárske pôsobenie (ŠACH et al. 2007). Netreba zdôrazňovať dôležitosť ich ochrany, pretože svojim pôsobením priamo vplývajú na zabezpečenie výdatnosti, akosti a zdravotnej nezávadnosti povrchového vodného zdroja (KANTOR 2004, JAKUBIS, JAKUBISOVÁ 2011).

Cieľom tohto článku je analýza súčasného stavu porastov v ochrannom pásme I. stupňa vodárenskej nádrže Hriňová a posúdenie vplyvu navrhnutých pestovných opatrení na jeho zlepšenie. Nakoľko opakované merania po vykonaní zásahov neboli ešte uskutočnené, vplyv navrhovaných pestovných opatrení posudzujeme len cez zmenu biometrických charakteristík spôsobenú odstránením vyznačených jedincov.

## MATERIÁL A METODIKA

Predmetom sledovania je 19 trvalých výskumných plôch (TVP) v I. ochrannom pásme (OP) vodárenskej nádrže Hriňová, ktoré boli založené a merané v roku 2012. Hranicu ochranného pásma okolo nádrže tvorí vrstevnica 600 m n.m. Plocha I. OP je 1,02 km<sup>2</sup>.

Charakteristika porastu: Porasty vznikli umelou a čiastočne prirodzenou obnovou smreka v r. 1966–67. Zastúpenie: smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.) 100 %, ojedinele vŕba rakyta (*Salix caprea* L.), topoľ osika (*Populus tremula* L.), jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), jedľa biela (*Abies alba* Mill.), duglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), borovica lesná (*Pinus silvestris* L.). Expozícia J, JZ, sklon 30 %, zakmenenie 1, bonita 40, vek 45 rokov.

Trvalé výskumné plochy boli založené a stabilizované v pravobrežnej časti VN Hriňová a majú konštantnú výmeru 100 m<sup>2</sup> (10 × 10 m). Vzdialenosť jednotlivých plôch medzi sebou je 50–100 m. Na všetkých TVP sa evidovali viaceré kvantitatívne a kvalitatívne znaky a to: drevina; hrúbka stromu  $d_{1,3}$  (cm); výška stromu  $h$  (m); výška nasadenia koruny  $h_{nas}$  (m); biosociologické postavenie stromu podľa POLANSKÉHO (1955) in SANIGA (2010) na 4 triedy, sucháre sa evidovali v samostatnej stromovej triede 5., kvalita kmeňa na 4 stupne, kvalita koruny na 5 stupňov; funkčná účinnosť na 3 stupne (GUBKA 2011). Pri klasifikácii znamená stupeň 1 vždy najlepšiu hodnotu.

Po evidencii biometrických znakov boli sledované TVP rozdelené na päť súborov a bol na nich vyznačený navrhovaný výchovný zásah. Súbor A – podúrovňová prebierka, súbor B – úrovňová prebierka, súbor C – prebudova na výberkový les, súbor D – účelový výber a súbor E bol ponechaný ako kontrolná plocha.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Drevinové zloženie porastu je z hľadiska jeho vodohospodárskej a vodoochrannej funkcie veľmi dôležité. Vplýva na tvorbu nadložného humusu, prekorenenie pôdneho profilu a tým na hydrofyzikálne vlastnosti pôd (VACIK, LEXER 2001). Viacero autorov (GUBKA 1995, 2011, ŠACH et al. 2007, SLODIČÁK et al. 2010) odporúča, aby porasty v I. OP boli tvorené najmä ihličnatými drevinami, najlepšie smrekom. Vo výnimočných prípadoch pripúšťa VALTÝNI (1986) primiešanie listnatých drevín do 20–30 %. Z tohto hľadiska je zastúpenie drevín na skúmaných TVP priaznivé (Tab. 1), pretože podiel listnatých drevín na žiadnej ploche nepresahuje 21 % (TVP E) a po zrealizovaní plánovaných zásahov sa ich podiel zníži na nulu s výnimkou kontrolnej plochy, ktorá zostáva bez zásahu.

Tab. 1: Porastové charakteristiky na skúmaných TVP pred a po vykonaní plánovaného zásahu

Table 1: Stand characteristics according to investigated permanent research plots before and after silvicultural management

	TVP A		TVP B		TVP C		TVP D		TVP E
	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	kontrola
% sm <sup>1</sup>	58,5	74,6	91,2	99,2	91,3	98,1	99,0	100,0	73,9
% list <sup>2</sup>	18,0	0,0	7,5	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	20,7
% such <sup>3</sup>	16,4	0,0	23,7	0,0	22,0	0,0	17,3	0,0	26,1
d <sub>1,3</sub> (cm)	11,1	19,7	10,6	12,9	11,7	12,2	14,2	16,2	10,4
h (m)	11,6	19,1	12,1	14,5	12,9	13,9	16,1	17,7	12,2
korunov. <sup>4</sup>	47,3	54,1	47,7	48,4	49,6	49,9	48,2	50,0	47,5
štíh. koef. <sup>5</sup>	117,8	100,4	119,0	116,6	119,3	119,2	122,3	118,4	122,6
kval. kor. <sup>6</sup>	3,9	3,2	3,6	3,4	3,6	3,6	3,9	3,8	3,9
kval. kmeň <sup>7</sup>	3,6	3,0	3,3	3,2	3,2	3,2	2,8	2,8	3,3
funk. úč. <sup>8</sup>	1,6	1,0	1,6	1,1	1,6	1,2	1,5	1,2	1,8

1)share of spruce, 2)share of deciduous trees, 3)share of dead trees, 4)crown proportion, 5)slenderness ratio, 6)crown quality, 7)stem quality, 8)functionality

Z hľadiska početnosti jedincov, môžeme konštatovať, že v skúmaných porastoch bola úplne zanedbaná pestovná starostlivosť. Svedčia o tom vysoké početnosti jedincov na hektár (Tab. 2), ale aj vysoký podiel suchých jedincov (16,4–26,1 %) (Obr. 1, Tab. 1) spôsobený procesmi autoregulácie. Rastové tabuľky (KOLEKTÍV 1992) udávajú pre smrek vo veku 45 rokov a bonitu 40 modelovú početnosť 1299 ks.ha<sup>-1</sup>, čo je 2,4 až 4,4-krát menej ako sú nami zistené hodnoty. Preto sú navrhnuté zásahy plánované aj za účelom zníženia hustoty porastu. Pri realizovaní zásahov, by sa malo dbať na to, aby sa zápoj porastu na dlhšiu dobu neznížil pod hodnotu 0,8, ktorá predstavuje optimum z hľadiska stability, ako aj vodohospo-

Tab. 2: Početnosť (N), kruhová základňa (G) a zásoba porastu (V) na jednotlivých TVP pred a po vykonaní plánovaného zásahu

Table 2: Stem number (N), basal area (G) and growing stock (V) according to permanent research plots before and after silvicultural management

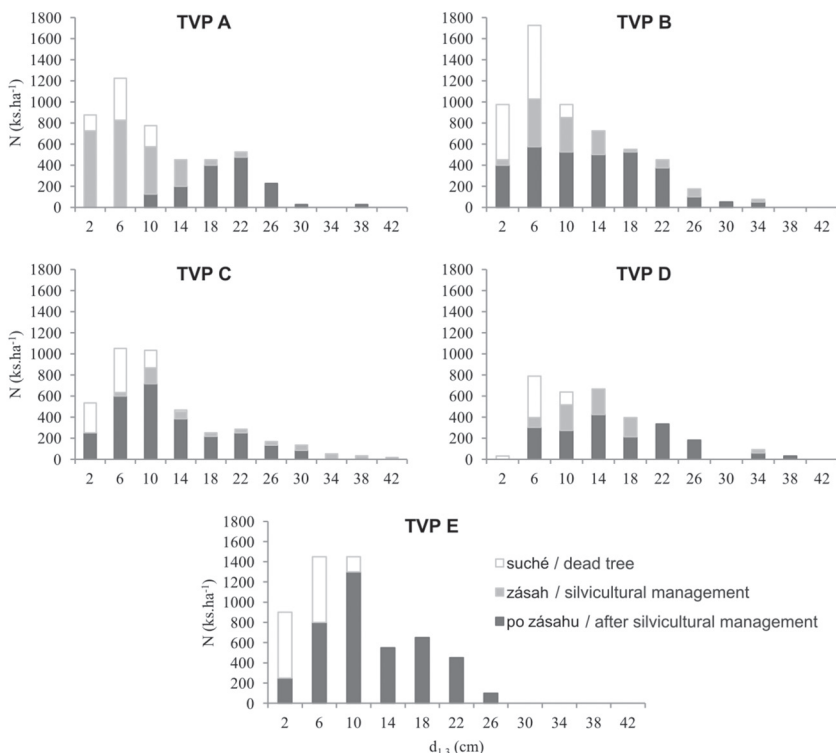
	N	TVP A <sup>2</sup>		TVP B		TVP C		TVP D		TVP E kontrola <sup>5</sup>
		stromová trieda <sup>1</sup>	pred <sup>3</sup>	po <sup>4</sup>	pred	po	pred	po	pred	
1	(N.ha <sup>-1</sup> )	125	125	225	175	267	150	303	273	750
	%	2,7	8,5	3,9	5,6	6,6	5,7	9,6	15,0	13,5
2	(N.ha <sup>-1</sup> )	1075	925	1700	1375	950	750	1122	849	1050
	%	23,5	62,7	29,8	44,4	23,7	28,5	35,6	46,7	18,9
3	(N.ha <sup>-1</sup> )	1200	425	1100	675	1317	1150	910	455	1600
	%	26,2	28,8	19,3	21,8	32,8	43,7	28,8	25,0	28,8
4	(N.ha <sup>-1</sup> )	1425	0	1325	875	600	583	273	243	700
	%	31,1	0,0	23,2	28,2	14,9	22,2	8,7	13,3	12,6
5	(N.ha <sup>-1</sup> )	750	0	1350	0	884	0	546	0	1450
	%	16,4	0,0	23,7	0,0	22,0	0,0	17,3	0,0	26,1
N spolu <sup>6</sup>	(N.ha <sup>-1</sup> )	4575	1475	5700	3100	4017	2634	3154	1820	5550
	%	100,0	32,2	100,0	54,4	100,0	65,6	100,0	57,7	100,0
G spolu	(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	64,3	48,1	74,4	54,8	64,1	41,1	62,2	45,5	63,5
	%	100,0	74,9	100,0	73,6	100,0	64,1	100,0	73,1	100,0
V spolu	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	577,4	475,0	722,1	555,5	626,4	402,8	633,8	477,0	573,5
	%	100,0	82,3	100,0	76,9	100,0	64,3	100,0	75,3	100,0

<sup>1</sup>)tree class, <sup>2</sup>)permanent research plot, <sup>3</sup>)before, <sup>4</sup>)after silvicultural management, <sup>5</sup>)control plot, <sup>6</sup>)total

dárskej účinnosti porastov (CLINTON 2011). Ďalším cieľom zásahov je zdravotný výber s dodržaním porastovej hygieny. ŠACH et al. (2007) odporúčajú, aby všetky sucháre a zbytky po ťažbe boli z porastov odstránené, alebo zaistené tak, aby bol vylúčený ich odnos do vodárenskej nádrže. Preto sa v rámci plánovaných zásahov vybrali všetky suché, uschýnajúce a silne poškodené jedince (Obr. 1, Tab. 1).

Zanedbaná výchova porastov sa prejavila aj na priemerných biometrických veličinách skúmaných porastov (Tab. 1). Rastové tabuľky udávajú pre vek 45 rokov a bonitu 40 priemernú hrúbku 22,4 cm, resp. výšku 24,1 m. My sme zistili priemerné hodnoty hrúbky v rozmedzí 10,4–14,2 cm a výšky 11,6–16,1 m, čo sú polovičné hodnoty rastových tabuliek. Plánované zásahy najviac ovplyvnia priemerné hodnoty na TVP A, ktorá bude vychovávaná podúrovňovou prebierkou. Je to spôsobené tým, že podúrovňovým zásahom sa odstraňujú jedince menších dimenzií (4. a 5. stromová trieda) (Obr. 1, Tab. 2).

Pokiaľ hodnotíme kvalitu kmeňa a koruny na skúmaných TVP (Tab. 1), môžeme konštatovať, že je nízka. Podobne je to aj pri hodnotení znakov statickej stability jedincov. Hodnoty korunovosti sa pohybujú v rozmedzí 47,3–49,6 % a štíhlostného koeficientu v rozmedzí 117,8–122,6 (Tab. 1). Na základe týchto hodnôt môžeme podľa stupnice navrhutej VOLOŠČUKOM (2001) skúmaný porast označiť



Obr. 1: Rozdelenie hrúbkových početností na jednotlivých TVP pred a po vykonaní plánovaného zásahu

Fig. 1: Diameter distributions of permanent research plots before and after silvicultural management

ako staticky málo stabilný až labilný. Nízka kvalita a statická stabilita skúmaných porastov je zapríčinená hlavne zanedbaním pestovnej starostlivosti. To malo za následok vznik prehusteného zápoja v ktorom koruny nemali dostatok priestoru na svoj vývoj a jedince sa v boji o svetlo výrazne preštíhľovali. Kvalitu a stabilitu porastu výrazne neovplyvnili ani nami navrhované zásahy (Tab. 1). Je to spôsobené hlavne tým, že ak by sa silnejším zásahom pri odstránení nekvalitných a nestabilných jedincov trvalejšie rozpojil zápoj, mohlo by dôjsť k rozvráteniu porastu (kolektívna stabilita). Preto odporúčame používať miernu intenzitu a kratší interval zásahov. Na zanedbanú výchovu v I. ochrannom pásme vodárenských nádrží upozorňovalo už viacero autorov (GUBKA 1995, 2011, ŠPIŠÁK, PITTNER 2011).

## ZÁVER

Funkčnú účinnosť lesných ekosystémov najlepšie plnia spoločenstvá, ktoré si dlhodobo zachovávajú vyváženú porastovú štruktúru tak, aby dochádzalo k čo najmenším zmenám (KUCBEL et al. 2014). Neznamená to však, že porasty sa nemajú vychovávať. Porastotvornou drevinou v I. ochrannom pásme vodárenských

nádrží by mal byť hlavne smrek. Tento má tendenciu tvoriť vertikálne nivelizovanú výstavbu, ktorá sa z poznatkov o smrekových prírodných lesoch v štádiu optima, považuje za najlabilnejšiu (JALOVIAR et al. 2009, SANIGA et al. 2011). Preto sa tieto porasty musia pestovne usmerňovať. V záujme zvýšenia stability a zabezpečenia funkčnej účinnosti skúmaných porastov je potrebné čo najskôr realizovať navrhované pestovné zásahy, inak hrozí ich rozpad a strata funkčnosti.

## LITERATÚRA

- BUGALA, M. 2011. Fenologické pozorovania smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Hriňová. In: Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.) *Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*. TU Zvolen: s. 15–22.
- CLINTON, B.D. 2011. Stream water responses to timber harvest: Riparian buffer width effectiveness. *Forest Ecology and Management*, 261: s. 979–988.
- GUBKA, K. 1995. Stav porastov a odporúčané výchovné opatrenia v I. PHO Vodárenskej nádrže Hriňová. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 37: s. 75–83.
- GUBKA, K. 2011. Súčasný stav mladého smrekového porastu v I. ochrannom pásme Vodárenskej nádrže Málinec. In: Kacálek, D., Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M. (eds.) *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*: 12. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno 28.–29.6.2011. Opočno, VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno: s. 173–184. Proceedings of Central European Silviculture.
- JAKUBIS, M., JAKUBISOVÁ, M. 2011. Výskum prirodzenej ustálenosti prítokov Vodárenskej nádrže Hriňová. In: Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.) *Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*. TU Zvolen: s. 35–44.
- JALOVIAR, P., KUCBEL, S., VENCURIK, J. 2009. Selected morphological parameters of root systems of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) natural regeneration on the coarse woody debris in NNR Babia hora. *Beskydy* 2 (1): s. 21–28.
- KANTOR, P. 2004. Water-management role of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. and European beech *Fagus sylvatica* L. in mountain locations. *Dendrobiology* 51 (Suppl.): s. 27–34.
- KOLEKTÍV 1992: *Rastové tabuľky drevín*. I., II. časť. Zvolen, Lesoprojekt Zvolen: 33 s.
- KUCBEL, S., VENCURIK, J., JALOVIAR, P., BAJDICH, J. 2014. Návrh modelu diferencovanej štruktúry vysokohorského lesa pre centrálnu časť Nízkyh Tatier. In: Štefančík, I. (ed.) *Silviculture in Central Europe*. Zvolen, NLC Zvolen: s. 60–67. Proceedings of Central European Silviculture.
- SANIGA, M. 2010. *Pestovanie lesa*. TU Zvolen: 326 s.
- SANIGA, M., JALOVIAR, P., KUCBEL, S., VENCURIK, J., BALANDA, M. 2011. Vývoj porastov výberkovej štruktúry a rovnovekých porastov vo fáze obnovy po kalamite v TANAPe. In: Tužinský, L., Gregor, J. (eds.) *Veterná kalamita a smrekové ekosystémy*. TU Zvolen: s. 217–228.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., NAVRÁTIL, P. 2010. *Výchova porostů v ochranných pásmech vodných zdrojů*. Recenzovaná metodika. Lesnícký průvodce 1/2010. Strnady, VÚHLM: 31 s.
- ŠACH, F., KANTOR, P., ČERNOHOUS, V. 2007. *Metodické postupy obhospodarování*



- lesů s vodohospodářskými funkcemi. Recenzované metodiky pro praxi. Lesnický průvodce 1/2007. Strnady, VÚLHM: 25 s.
- ŠACH, F., ŠVIHLA, V., ČERNOHOUS, V., KANTOR, P. 2014. Management of mountain forests in the hydrology of a landscape, the Czech Republic – review. *Journal of Forest Science* 60 (1): s. 42–50.
- ŠPIŠÁK, J., PITTNER, J. 2011. Analýza štruktúry lesných porastov v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec. In: Kacálek, D., Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M. (eds.). *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí* : 12. mezinárodní symposium věnované diskuzi otázek pěstování lesů. Opočno 28.–29.6.2011. Opočno, VÚLHM, Výzkumná stanice Opočno: s. 161–172.  
*Proceedings of Central European Silviculture.*
- VACIK, H., LEXER, M.J. 2001. Application of a spatial decision support system in managing the protection forests of Vienna for sustained yield of water resources. *Forest Ecology and Management*, 143: s. 65–76.
- VALTÝNI, J. 1986. *Vodohospodársky a vodochranný význam lesa*. Lesnícke štúdie 38, 68 s.
- VOLOŠČUK, I. 2001. *Teoretické a praktické problémy ekologickej stability lesných ekosystémov*. Zvolen, Technická univerzita Zvolen: 90 s. Vedecké štúdie. A, 1/2001.

## POĎAKOVANIE

Práca vznikla s finančnou podporou grantu VEGA 1/0040/15.



## ŠTRUKTÚRA MEDZIER VO VYBRANÝCH DUBOVÝCH PRALESOCH SLOVENSKA

### STRUCTURE OF CANOPY GAPS IN SELECTED OAK NATURAL FORESTS OF SLOVAKIA

MILAN SANIGA, STANISLAV KUCBEL, DENISA SEDMÁKOVÁ

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika, saniga@tuzvo.sk

#### ABSTRACT

The study analyses the disturbance regime of oak natural forest based on spatial structure of canopy gaps in National Nature Reserve (NNR) that consists of two reserves with different soil type and aspect. In permanent research plot (PRP) Lesná, the proportion of canopy gaps reaches 24.8% and the proportion of expanded gaps 53.4%, in PRP Kašivárová the respective proportions are 20.8% and 45.5%. The share of gaps smaller than 250 m<sup>2</sup> is nearly the same in both PRPs. The category 250–500 m<sup>2</sup> in PRP Lesná has 31.7% higher proportion than in PRP Kašivárová. In PRP Lesná canopy gaps originated from the mortality of 1–11 stems. The size and structure of canopy gaps in PRP Kašivárová were affected by mortality of 1–21 stems of sessile oak. The mortality of 1–4 stems created 67.4% of canopy gaps. Similar situation was confirmed also in PRP Lesná. Analysis of gap origin confirmed that most of them were not formed within one year in present shape and size. Progressive mortality of trees in separate canopy gaps is a typical feature in both reserves.

Keywords: natural forest, sessile oak, disturbance regime, gap

#### ABSTRAKT

Príspevok analyzuje priebeh disturbančného režimu dubového pralesa na základe plošnej štruktúry porastových medzier v NPR Kašivárová, ktorá sa skladá z dvoch rezervácií s odlišným typom pôdy a expozíciou. Otvorené medzery zaberajú na TVP Lesná plochu 24,8% a rozšírené 53,4% výmery pralesa, na TVP Kašivárová 20,8% a 45,5%. Podiel medzier do 250 m<sup>2</sup> na oboch TVP je takmer rovnaký. V kategórii 250–500 m<sup>2</sup> má TVP Lesná o 31,7% väčší podiel ako TVP Kašivárová. Na TVP Lesná sa vyskytujú medzery, ktorých súčasný profil a veľkosť spôsobilo odumretie 1 – 11 stromov. Veľkosť a štruktúru jednotlivých porastových otvorov v rámci TVP Kašivárová ovplyvnilo odumretie 1–21 kusov duba zimného. Odumretím 1–4 stromov vzniklo 67,4% medzier. Podobný stav bol zistený aj v NPR Lesná. Analýza vzniku medzier potvrdila, že väčšina z nich nevznikla v jednom roku v súčasnom tvare a veľkosti. Odumieranie stromov v jednotlivých medzerách po etapách je typickým javom na oboch rezerváciách.

Kľúčové slová: prales, dub zimný, disturbančný režim, medzera

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesné ekosystémy, ktoré sú uchránené pred priamym ľudským vplyvom sa vyvíjajú smerom k stabilnému klimaxovému lesu (CLEMENTS 1936). Podľa LEIBUNDGUTA (1959) je výskum dynamiky prírodných lesov zameraný predovšetkým na lepšie pochopenie ich štruktúry a procesov, ktoré v nich prebiehajú. Toto smerovanie má opodstatnenie v otázke prírode blízkeho spôsobu hospodárenia, ktoré vychádza z poznania a využívania prírodných procesov pre dosiahnutie pestovateľských cieľov (OTTO 1995, SCHÜTZ 1999, 2004 *ex* BRANG 2005) a vytvorenia trvalo zdravého, stabilného, dobre produkujúceho lesa s vysokou mimoprodukčnou funkciou (KORPEL, SANIGA 1995). V relatívne stabilnom klimaxovom ekosystéme sa sukcesia považuje za prirodzenú súčasť vývojového cyklu (WATT 1947). Vo väzbe na progresívnu dynamiku sukcesie bol zavedený pojem klimaxová mikrosukcesia (FORCIER 1975). Základ teórie tejto mikrosukcesie je postavený na stálej koexistencii druhov vyskytujúcich sa vo včasnom a neskorom klimaxovom štádiu cez dlhodobé cyklické procesy zmien v porastových medzerách (FORCIER 1975, GRUBB 1977). Štruktúra prírodného lesa jej dynamika zmeny je determinovaná vznikom medzier (BARNES *et al.* 1988, VAN DER MAAREL 1988, KIMMINS 1997 *ex* YAMAMOTO 2000). Medzera sa chápe ako priestor vzniknutý odumretím jedného alebo viacerých stromov hornej vrstvy porastu vplyvom prirodzenej disturbancie, ktorý je neskôr obsadzovaný korunami susedných stromov (WATT 1947, WHITMORE 1978). RUNKLE (1981) definoval dva typy medzier: tzv. otvorenú medzeru ako plochu priamo pod korunovým otvorom vzniknutým odumretím stromov a tzv. rozšírenú medzeru ako plochu otvorenej medzery plus plochu ku kmeňom stromov ohraničujúcich medzeru. V prípade otázky časového zapájania medzery s okolitou vegetáciou, veľa medzier sa zaplní jedincami novej generácie stromov vo vnútri medzery. Autor považuje za uzavretú medzeru pokiaľ je v nej zmladenie natoľko vyspelé, že zabraňuje pozorovaniu otvoru v korunovej klenbe, v poraste s výškou stromov 30–35 m odhaduje výšku obnovy novej generácie stromov na 10–20 m. Ekologické a fyzikálne podmienky vo vnútri medzery sú v porovnaní s podmienkami pod klenbou lesa značne odlišné (DENSLOW 1987). Rozdiely vo veľkosti medzier ovplyvňujú dynamiku regeneračných procesov hlavne cez zmeny svetelných podmienok (BROKAW 1985, CANHAM *et al.* 1990, ABE *et al.* 1995). So zväčšujúcou sa plochou medzery vzrastá pravdepodobnosť obnovy svetlomilných drevín. Percentuálny podiel plochy medzier v teperatných lesoch z celkovej plochy prírodného lesa tvorí 5–31%, priemerná veľkosť medzery sa pohybuje v rozpätí 30 – 140 m<sup>2</sup> (BROKAW 1985, YAMAMOTO 1992).

V rozdelení medzier podľa veľkosti dominuje väčší počet malých medzier. Veľkosť medzier sa mení v závislosti od vývojového štádia pralesa (SPIES *et al.* 1990, YAMAMOTO, NISHIMURA 1999). Všeobecné poznatky potvrdili, že medzery menšieho rozsahu sú viac prítomné v skorších (mladších) vývojových štádiách pralesa.

Obnova slnných drevín je skôr viazaná na medzery plošne väčšieho rozsahu, zatiaľ čo v menších medzerách dominujú k zatienu tolerantné druhy. Spôsob prirodzenej regenerácie drevín v medzerách je podmienený drevinovou skladbou

obnovujúceho sa pralesa (BROKAW 1985, SWAINE, WHITMORE 1988, WHITMORE 1989). Klasická teória sukcesie podľa MUELLER-DOMBOISA a ELLENBERGA (1974) predpokladá, že dreviny netolerujúce zatienie by sa mali časom vytratiť z lesa a ten by mal byť nakoniec tvorený len druhmi tolerujúcimi zatienie, teória medzerovej dynamiky pripúšťa aj druhú možnosť, a to prirodzenú regeneráciu slnných drevín v porastových medzerách. Konceptia vývojových štádií prírodných lesov sa uplatňuje v strednej Európe, predovšetkým v Nemecku, Českej republike, na Slovensku a Poľsku (KORPEE 1989, LEIBUNDGUT 1959).

Cieľom príspevku je analýza disturbančného režimu pralesa na základe plošnej štruktúry porastových medzier v dubovom pralesi NPR Kašivárová.

#### MATERIÁL A METODIKA

NPR Kašivárová podľa v súčasnosti platného PSL má rozlohu 48,36 ha. Pralesovitý charakter rezervácie je zastúpený plochou 24,21 ha. Menšia časť pralesovitej rezervácie označovaná ako Lesná má výmeru 5,59 ha. Väčšia časť Kašivárová sa skladá z dielca 254 v západnej časti Štiavnických vrchov na území odštepného lesného závodu Žarnovica. NPR Lesná má západnú expozíciu a sklon 10–15 %, s množstvom pôdneho skeletu v intervale 10–20 %. NPR Kašivárová má juhozápadnú expozíciu so sklonom 30–40 % s nadmorskou výškou 480–600 m a množstvom pôdneho skeletu v hraniciach 35–85 % s priemerom 62 %. Priemerná ročná teplota je 7,0–7,7 °C. Vegetačné obdobie trvá 155 až 160 dní. Ročné úhrny zrážok sú 780 až 830 mm. Pôdy NPR Kašivárová sa vyznačujú nižšou zásobou živín ako v NPR Lesná. V zastúpení drevín dominuje dub zimný 90 %, prímes v druhej vrstve tvoria buk lesný, jedľa biela, lipa malolistá, čerešňa vtáčia a hrab obyčajný. V skúmanom objekte boli založené dve trvalé výskumné plochy (TVP). Prvá v národnej prírodnej rezervácii Lesná o rozmeroch 100 × 200 m s výmerou 2 ha. Druhá v časti Kašivárová o výmere 3 ha s veľkosťou 150 × 200 m. TVP boli rozdelené na rastrové plochy (RP) o rozmeroch 50 × 50 m. RP sa zahustili sieťou čiastkových plôch (ČP) o veľkosti 12,5 × 12,5 m. Celkový počet ČP v rámci jednej RP bol 16.

Porastová medzera bola definovaná podľa RUNKLA (1982), ktorý rozlišuje tzv. otvorenú (*canopy gap*) a rozšírenú medzeru (*expanded gap*). Otvorená medzera predstavuje plochu priamo pod korunovým otvorom, rozšírená medzera zahŕňa spolu plochu otvorenej medzery rozšírenej o priestor ku kmeňom stromov obklopujúcich medzeru. Pri výskume sme uvažovali len s porastovými medzerami, ktoré dosiahli veľkosť viac ako 5 m<sup>2</sup>, pričom vznikli odumretím minimálne jedného stromu nachádzajúceho sa v hornej vrstve porastu (jedince s hrúbkou vo výške 1,3 m viac ako 23 cm). Evidoval sa počet stromov, ktorých odumretím (vypadnutím) vznikla medzera (*gapmakers*) a stupeň ich rozkladu (podľa ALBRECHTA 1990). Za zapojenú bola považovaná medzera, v ktorej následná generácia lesa presiahla postavenie dolnej vrstvy, to znamená 1/3 hornej výšky okolitého porastu. Meranie sa uskutočnilo systémom FieldMap.

## VÝSLEDKY

Sumárne výsledky výmer jednotlivých kategórií porastových medzier ako aj zapojeného porastu oboch častí rezervácie charakterizuje tabuľka 1. Údaje potvrdzujú, že otvorené medzery na TVP Lesná zaberajú plochu 24,8 % a rozšírené 53,4 % výmery. Menej ako polovicu plochy tvorí zapojený prales (46,6 %) v zmysle definovaných kritérií prezentovaných v metodologickej časti. Na TVP Kašivárová bol podiel otvorených medzier 20,8 % a podiel rozšírených medzier 45,5 %. Viac ako polovicu TVP tvorí zapojený prales (54,5 %).

Tab. 1: Zastúpenie jednotlivých druhov medzier a zapojeného pralesa na TVP Lesná a TVP Kašivárová

Table 1: Proportion of particular types of gaps and closed canopy in PRP Lesná and PRP Kašivárová

TVP PRP	otvorená medzera <i>canopy gap</i>	rozšírená medzera <i>expanded gap</i>	zapojený prales <i>closed canopy</i>
Lesná	24,8 %	53,4 %	46,6 %
Kašivárová	20,8 %	45,5 %	54,5 %

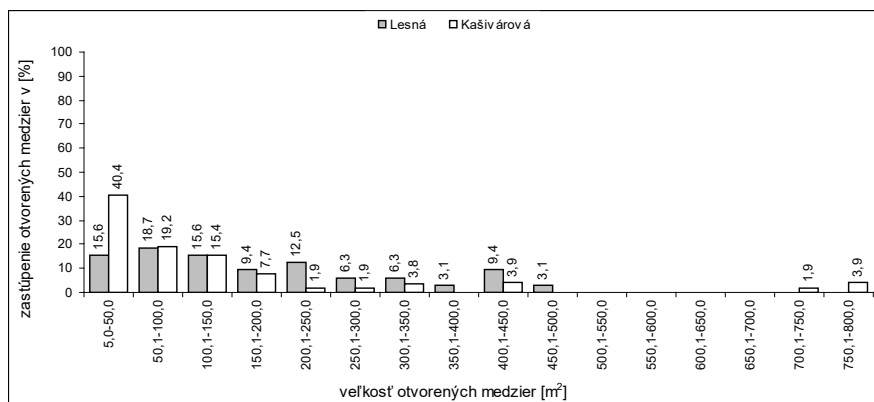
Na TVP Lesná bolo zistených 32 medzier (priemer 16 ks.ha<sup>-1</sup>), aj keď výmera niektorých z nich sčasti zasahuje za jej hranice. Profil a štruktúra porastových medzier vznikla odumretím 135 stromov. Na TVP Kašivárová bolo vytvorených 52 medzier (priemer 17 ks.ha<sup>-1</sup>), ktorých veľkosť priamo ovplyvnilo odumretie 236 jedincov duba zimného.

TVP Lesná má 71,8 % podiel počtu medzier nachádzajúcich sa v triedach do 250 m<sup>2</sup> (Obr. 1). Maximálne množstvo medzier je v rozpätí plošných kategórií 50–100 m<sup>2</sup> (18,7 %). V kategóriách medzier od 250 do 500 m<sup>2</sup> sa nachádza 28,2 %. Výrazný exces predstavuje kategória 400–450 m<sup>2</sup> (9,4 %). Početnosť v jednotlivých medzerách mala lognormálne rozdelenie s priemerom a variabilitou  $\mu = 4,79$  a  $\sigma = 1,08$  ( $\chi^2 = 1,47$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,225$ ).

Na TVP Kašivárová je až 84,6 % počtu otvorov menších ako 250 m<sup>2</sup> (Obr.1). Najpočetnejšou triedou s podielom 40,4 % je veľkostná trieda do 50 m<sup>2</sup>. Plochy medzier, ktorých veľkosť sa pohybuje v rozpätí od 250 do 500 m<sup>2</sup> majú 9,6 % podiel z celkového počtu otvorov. Otvorené medzery nad 500 m<sup>2</sup> majú na TVP podiel 5,8 %. Zastúpenie medzier malo lognormálne rozdelenie s parametrami  $\mu = 4,23$  a  $\sigma = 1,51$  ( $\chi^2 = 1,00$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,607$ ).

Ak porovnáme rozdiely v percentuálnom zastúpení počtu porastových otvorov do veľkosti 250 m<sup>2</sup> na oboch TVP môžeme povedať, že na TVP Kašivárová je ich podiel vyšší o 12,8 %. Podiel medzier v rozpätí 250–500 m<sup>2</sup> je na TVP Lesná vyšší o 18,6 %. Účasť porastových otvorov nad 500 m<sup>2</sup> bola zistená len na TVP Kašivárová.

V rámci TVP Lesná 43,1 % výmery otvorov sa nachádza v kategóriách menších ako 250 m<sup>2</sup> (Obr. 2). Najväčší podiel na výmere (15,7 %) majú medzery v kategórií do 250 m<sup>2</sup>. Porastové medzery veľkosti 250–500 m<sup>2</sup> zaberajú plošný podiel 56,9 %, pričom najviac zastúpenou kategóriou je 400–450 m<sup>2</sup> v hodnote 21,7 %.

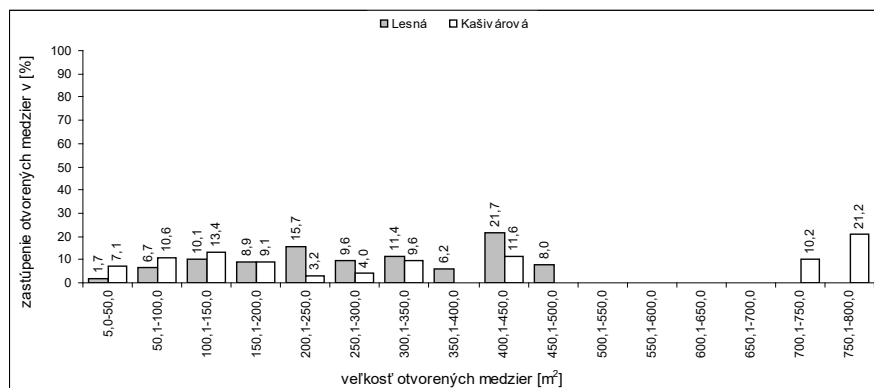


Obr. 1: Frekvencia výskytu medzier vo vzťahu k ich veľkosti na TVP Lesná a TVP Kašivárová (% z počtu medzier)

Fig. 1: Frequency of canopy gaps according to their size in PRP Lesná and PRP Kašivárová (% of gap number, x-axis – canopy gap size, y-axis – canopy gap frequency)

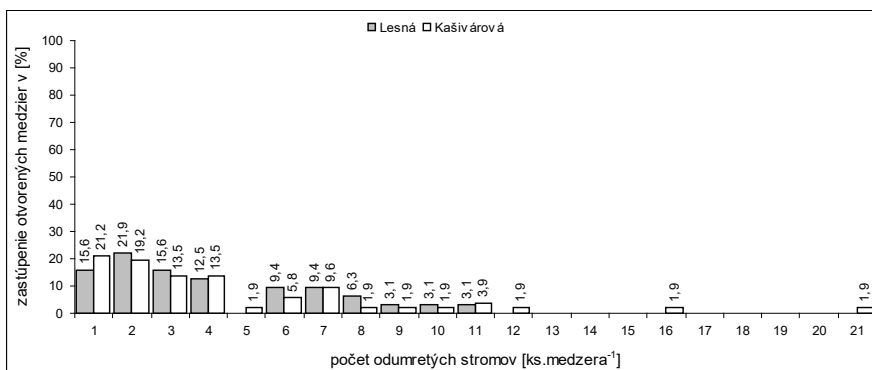
Sumárny podiel výmer porastových medzier na TVP Kašivárová v kategóriách do 250 m<sup>2</sup> je 43,4 % (Obr. 2). Najväčší plošný podiel zaberá kategória 100–150 m<sup>2</sup>, podieľa sa na výmere otvorov 13,4 %. Veľkosť porastových otvorov v triede 250–500 m<sup>2</sup> má 25,2 % zastúpenie. Trieda 400–450 m<sup>2</sup> má pomerne vysokú hodnotu plošného podielu 11,6 %. Porastové medzery s plochou nad 500 m<sup>2</sup> majú plošný podiel až 31,4 %.

Podiel výmery medzier do 250 m<sup>2</sup> je takmer rovnaký na oboch TVP. Iný stav je v kategórii 250–500 m<sup>2</sup>, v ktorej má TVP Lesná o 31,7 % väčší podiel ako TVP Kašivárová.



Obr. 2: Frekvencia výskytu medzier vo vzťahu k ich veľkosti na TVP Lesná a TVP Kašivárová (% z výmery medzier)

Fig. 2: Frequency of canopy gaps according to their size in PRP Lesná and PRP Kašivárová (% of gap area, x-axis – canopy gap size, y-axis – canopy gap frequency)



Obr. 3: Frekvencia výskytu medzier vo vzťahu k počtu odumretých stromov v medzere na TVP Lesná a TVP Kašivárová

Fig. 3: Frequency of canopy gaps according to number of gapmakers in PRP Lesná and PRP Kašivárová (x-axis – number of gapmakers, y-axis – canopy gap frequency)

Zaujímavá je štruktúra porastových medzier vo vzťahu k odumretým stromom, ktoré ju vytvorili (Obr. 3). Na TVP Lesná sa vyskytujú medzery, ktorých súčasný profil a veľkosť spôsobilo odumretie 1–11 stromov. Najčastejšia príčina vzniku medzier je vo fyzickom dožití 1–4 dubov, ktorých podiel na tvorbe otvorov sa pohybuje od 12,5 % (otvor vznikol odumretím 4 jedincov) do 21,9 % (medzeru vytvorili 2 jedince). Celkový relatívny podiel medzier, ktoré vznikli vypadnutím 1–4 stromov je 65,6 %. Podstatne nižší podiel (25,1 %) majú medzery vytvorené odumretím 5–8 jedincov. Fyzické dožitie väčších skupín 9–11 stromov je charakteristické v 9,3 % porastových medzier.

Veľkosť a štruktúru jednotlivých porastových otvorov v rámci TVP Kašivárová ovplyvnilo odumretie 1–21 kusov duba zimného. Vypadnutím 1–4 stromov vzniklo až 67,4 % medzier. Ak hodnotíme medzery vzniknuté odumretím 5–8 dubov môžeme konštatovať ich 19,2 % zastúpenie na TVP. Odumretím 9–12 jedincov vzniklo 9,6 % porastových otvorov. Ojedinelá je existencia veľkých medzier. Sú tvorené 16 a 21 mŕtvymi stromami a predstavujú len 3,8 % počtu všetkých medzier.

Pri genéze vzniku medzier, podľa stupňov rozkladu mŕtvych stromov môžeme konštatovať, že väčšina z nich nevznikla v jednom roku v súčasnom tvare a veľkosti. Na TVP Lesná 31,2 % medzier vzniklo jednorazovým odumretím stromov a v Kašivárovej 28,8 %. To znamená, že odumreté stromy, ktoré prispeli k vytvoreniu väčšiny porastových otvorov neodumreli v jednej medzere v tom istom roku, resp. v krátkom časovom odstupe, ale s dlhším časovým intervalom. Odumieranie stromov v jednotlivých medzerách po etapách je typickým javom na oboch TVP. Výnimkou sú samozrejme otvory vytvorené iba jedným vypadnutým stromom, alebo skupinou stromov v tom istom čase. Z týchto poznatkov vyplýva, že pri väčšine medzier došlo k postupnému rozšíreniu otvorov a nie k ich jednorazovému vzniku. Na TVP Lesná prevláda skupinové odumieranie stromov po etapách v počte 2–9 ks na medzere.



## DISKUSIA A ZÁVER

Výskumy porastových medzier lesných komplexov temperátnej zóny slnných dreví (duba) Európy sú v súčasnej dobe sporadické. Výsledky z výskumu prírodného lesa Runcu-Grosi, kde v jadre rezervácie (32,3 ha) dominuje dub zimný v Rumunsku potvrdzujú štruktúru medzier z NPR Kašivárová (PETRITAN et al. 2013). Autori TOMAŠTÍK, SANIGA (2011) hodnotili tento ukazovateľ textúry v NPR Bujanovská dubina. Rozbor výsledkov potvrdil výrazné rozdiely medzi porovnávanými pralesmi. Otvorené medzery tvoria plochu 7,75 % (Bujanovská dubina), kým v NPR Lesná 24,8 % a NPR Kašivárová 20,8 %. NPR Bujanovská dubina má plošný podiel rozšírených medzier pomerne malý 15,32 %; v NPR Kašivárová táto kategória tvorí plochu 45,5 % a NPR Lesná bola zistená hodnota 53,4 %. Otvorené aj rozšírené medzery v Bujanovskej dubine tvoria najnižší podiel z porovnávaných rezervácií. Príčinou je skutočnosť, že v porastových komplexoch NPR Bujanovská dubina po zastavení ťažby v 19. storočí a ich následnom ponechaní na sukcesný vývoj, je prevažná časť pralesa v štádiu optima s malým plošným prechodom do počiatočnej fázy štádia rozpadu, čo potvrdzuje názor že sa jedná o sekundárny prales.

Z hľadiska kreovania veľkosti otvorených medzier v NPR Bujanovská dubina bol tento znak v rozpätí hodnôt od 19 m<sup>2</sup> do 599 m<sup>2</sup> (TOMAŠTÍK, SANIGA 2011), v NPR Lesná dosahoval podobných hodnôt od 13 m<sup>2</sup> do 460 m<sup>2</sup>. Podobné údaje sa získali v NPR Kašivárová, kde sa veľkosť porastových otvorených medzier pohybovala od 7 m<sup>2</sup> do 700 m<sup>2</sup>. Medzery do 100 m<sup>2</sup> tvorili v Bujanovskej dubine 59 %, v Lesnej 34 % a v Kašivárovej 60 % z počtu medzier. Medzery od 100 do 500 m<sup>2</sup> v Bujanovskej dubine tvorili 38 %, v Lesnej 66 %, v Kašivárovej 35 %. Medzery nad 500 m<sup>2</sup> v Bujanovskej dubine boli zastúpené len 4 % ich počtu, v Kašivárovej to bolo 6 %. V Lesnej sa táto kategória otvorov nevyskytovala. Uvedené výsledky potvrdzujú, že proces tvorby porastových medzier je v skúmaných pralesoch s dominanciou duba zimného približne rovnaký. Z hľadiska účasti odumretých stromov na tvorbe medzier bolo zistené, že otvorené medzery v Bujanovskej dubine vznikli najčastejšie odumretím 1–3 stromov, čo predstavuje podiel 47,06 % (TOMAŠTÍK, SANIGA 2011). V časti Lesnej takto vzniklo 53 % medzier a v časti Kašivárová 54 % medzier. Tento ukazovateľ potvrdzuje rovnaký priebeh mechanizmu odumierania jedincov duba zimného ako nositeľov vytvárania porastových medzier v dubových resp. dubovo-bukových pralesoch a úzko korešponduje so štruktúrou veľkosti porastových medzier. Súčasný vek dubov v hornej vrstve Bujanovskej dubiny možno odhadovať podľa prvých lesných hospodárskych plánov na 150 až 170 rokov. Porovnávaná rezervácia Kašivárová vykazuje vek duba v hornej vrstve v rozpätí 256–277 rokov. Táto skutočnosť svedčí v prípade NPR Kašivárová a Lesná o pôvodnom pralesi, ktorý prebieha v nenarušenom rytme základného vývojového cyklu. Naproti tomu v NPR Bujanov je prevažná časť lesného ekosystému v kategórii sekundárneho pralesa vo vývojovom štádiu optima.

## LITERATÚRA

- ABE, S., MASAKI, T., NAKASHIZUKA, T. 1995. Factors influencing sapling composition in canopy gaps of a temperate deciduous forest. *Vegetatio*, 120: s. 21–32.
- BARNES, B.B., ZAK, D.R., DENTON, S.R., SPURR, S.H. 1998. *Forest ecology*. New York, Wiley: 774 s.
- BRANG, P. 2005. Virgin forests as a knowledge source of central European silviculture: reality or myth? *Forest Snow and Landscape Research*, 79 (1/2): s. 19–22.
- BROKAW, N.V.L. 1985. Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests. In: Pickett, S.T.A., White, P.S. *The Ecology of Natural Disturbances and Patch Dynamics*. New York, Academic press: s. 53–69.
- CANHAM, C.D., DENSLow, T.S., PLATT, W.J., RUNKLE, J.R., SPIES, T.A., WHITE, P.S. 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: s. 620–631.
- CLEMENTS, F.E. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, 24: s. 252–284.
- DENSLow, J.S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: s. 431–451.
- FORCIER, L.K. 1975. Reproductive strategies and the co-occurrence of climax tree species. *Science*, 189: s. 808–810.
- GRUBB, P.J. 1977. The maintenance of species richness in plant communities. The importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*, 52 (1): s. 107–145.
- KORPEL, Š. 1989: *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda SAV: 332 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. 1995. *Príroda blízke pestovanie lesa*. Zvolen, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR: 158 s.
- LEIBUNDGUT, H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 110: s. 111–124.
- MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York, Wiley: 547 s.
- PETRITAN, A.M. ET AL. (2013): Gap disturbance patterns in an old-growth sessile oak (*Quercus petraea* L.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest remnant in the Carpathian Mountains, Romania. *Forest Ecology and Management*, 308: s. 67–75.
- RUNKLE, J.R. 1981. Gap regeneration in some old-growth forests of the Eastern United States. *Ecology*, 62: s. 1041–1051.
- SPIES, T.A., FRANKLIN, J.F., KLOPSCH, M. 1990. Canopy gaps in Douglas-fir forests of the Cascade Mountains. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: s. 649–658.
- SWAINE, M.D., WHITMORE, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75: s. 81–86.
- TOMAŠČIK, J., SANIGA, M., 2011: Štruktúra a veľkosť porastových medzier v NPR Bujanovská dubina. *Acta facultatis forestalis Zvolen*, 53 (2): s. 19–28.
- WATT, A.S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology*, 35: s.1–22.
- WHITMORE, T.C. 1978. Gaps in the forest canopy. In: Tomlinson, P.B., Zimmer-

- mann, M.H. (eds.) *Tropical trees as living systems*. New York, Cambridge University Press: s. 639–655.
- WHITMORE, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70: s. 536–538.
- YAMAMOTO, S. 1992. The gap theory in forest dynamics. *The Botanical Magazine Tokyo* 105: s. 375–383.
- YAMAMOTO, S. 1998. Gap-disturbance regimes in different forest types of Japan. *Journal of Sustainable Forestry* 6: s. 223–235.
- YAMAMOTO, S. 2000. Forest gap dynamics and tree regeneration. *Journal of Forest Research* 5: s. 223–229.

### **POĎAKOVANIE**

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



## ŠTRUKTÚRA BUKOVÝCH PORASTOV S ROZDIELNYM REŽIMOM VÝCHOVY

### BEECH STAND STRUCTURE UNDER DIFFERENT TENDING REGIME

IGOR ŠTEFANČÍK<sup>1</sup>, TOMÁŠ KLOUČEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Národné lesnícke centrum, T. G. Masaryka 22, SK-960 92 Zvolen, Slovenská republika

<sup>2</sup>Česká zemědělská univerzita, FLD, Kamýcká 1176, CZ-165 21 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika,  
igor.stefancik@nlcsk.org

#### ABSTRACT

*The paper deals with a comparison of structure of beech stands under the long-term tending by different methods and/or without tending. Vertical structure of stand profile was expressed by proportion of crown level of the stand (including dominant and co-dominant trees) and suppressed level of the stand (suppressed and dying trees). We found and compared stands in the initial stage of the experiment, as well as in the last measurement. The values of selected structural indices characterized their diameter, height, vertical, spatial and total diversity by means of growth simulator SIBYLA were also calculated. The best results were found for the free crown thinning, opposite to plots managed by heavy thinning from below.*

*Keywords: Fagus sylvatica, thinning, structural indices*

#### ABSTRAKT

*Príspevok sa zaoberá porovnaním štruktúry bukových porastov, ktoré sa dlhodobo vychovávali rozdielnymi metódami, resp. ostali bez výchovy. Vertikálnu porastovú štruktúru sme vyjadrili ako podiel úrovne porastu (nadúrovňové a úrovňové jedince) a podúrovne porastu (podúrovňové a odumierajúce jedince). Zistili a porovnali sme stav pri založení experimentu a pri poslednom meraní. Zároveň sme zisťovali aj hodnoty vybraných štruktúrnych indexov charakterizujúcich hrúbkovú, výškovú, vertikálnu, priestorovú a celkovú diverzitu, ktoré sa vypočítali prostredníctvom rastového simulátora SIBYLA. Najpriaznivejšie výsledky sa zistili pri úrovňovej voľnej prebierke, najhoršie na plochách so silnou podúrovňovou prebierkou.*

*Kľúčové slová: buk, prebierky, štruktúrne indexy*

#### ÚVOD A PROBLEMATIKA

Štruktúra porastu reprezentuje súhrn všetkých kvantitatívnych znakov, ktoré charakterizujú jeho vnútorné zloženie (ŠEBÍK, POLÁK 1990). V pestovaní lesov sa najčastejšie rozlišuje štruktúra drevinová, výšková, hrúbková a priestorová. Všeobecne sa pokladá za významný ukazovateľ vývoja porastov, lebo na základe určitej charakteristickej štruktúry možno rozlíšiť konkrétne rastové stupne (v lese vekových tried), resp. štádiá (fázy) v prírodných lesoch a pralesoch. Štruktúre po-

Tab. 1. Základné charakteristiky o trvalých výskumných plochách (TVP) v bučinách  
 Table 1. Site characteristics on permanent research (PRP) plots established in beech stands

Charakteristika <sup>1</sup>	TVP Koňuš	TVP Jahná	TVP Kaša	TVP Žalobín	TVP Zlatá ltká	TVP Lukov	TVP Cigánka
Založenie [VP] [rok] <sup>2</sup>	1961	1958	1960	1961	1959	1962	1966
Vek porastu [roky] <sup>3</sup>	30	36	37	39	40	45	60
Geomorfologický celok <sup>4</sup>	Vihorlatské vrchy	Štiavnické vrchy	Slanské vrchy	Ondavská vrchovina	Volovské vrchy	Čergov	Stolické vrchy
Expozícia <sup>5</sup>	SZZ	Z	V	SSV	SSV	SV	SZ
Nadmorská výška [m] <sup>6</sup>	510	610	520	250	700	550	560
Sklon [stupne] <sup>7</sup>	16	15	15	18	19	26	20
Geologický podklad <sup>8</sup>	andezit, pyroplastika	andezit	andezit	flyšový pieskovec	prekremenené chlortieko-sericitické tyľity	flyšový pieskovec	ortorula
Pôdny typ <sup>9</sup>	kambizem typická, nasýtená	kambizem typická	kambizem pseudoglejová, nasýtená	ahľová bridllica kambizem pseudo-glejová, nasýtená	kambizem typická, nasýtená	kambizem typická, nasýtená	(dvojsludná biotická) kambizem typická, nasýtená
Lesný vegetačný stupeň <sup>10</sup>	3. dubovo-bukový	3. dubovo-bukový	3. dubovo-bukový	3. dubovo-bukový	4. bukový	4. bukový	4. bukový
Ekologický rad <sup>11</sup>	B	B	B	B	A	B	B
Hospodársky súbor <sup>12</sup>	35 živné bučiny s dubom	35 živné bučiny s dubom	35 živné bučiny s dubom	35 živné bučiny s dubom	43 kyslé bučiny (s jedlou a smrekom)	45 živné bučiny (s jedlou a smrekom)	43 kyslé bučiny (s jedlou a smrekom)
Hospodársky súbor lesných typov <sup>13</sup>	310 svieže dubové bučiny	311 živné dubové bučiny	311 živné dubové bučiny	310 svieže dubové bučiny	405 kyslé bučiny	411 živné bučiny	405 kyslé bučiny
Skupina lesných typov <sup>14</sup>	Fagetum pauper (Fp) n.st.	Querceto-Fagetum (QF)	Fagetum pauper (Fp) n.st.	Fagetum pauper (Fp) n.st.	Fageto-abietinum (Fa)	Fagetum typicum (Ft)	Fagetum pauper (Fp) v.st.
Lesný typ <sup>15</sup>	3312 ostricová bučina n.st.	3305 ostricovo-marínková živná dubová bučina	3314 marínková bučina n.st.	3312 ostricová bučina n.st.	4121 metlicová jedľová bučina	4312 marínková typická bučina	4301 chpaňová bučina v.st.
Priemerná ročná teplota [°C] <sup>16</sup>	6,5	6,2	6,0	7,9	6,7	5,5	5,5
Priemerný ročný úhrn zrážok [mm.rok <sup>-1</sup> ] <sup>17</sup>	900	800	790	660	780	690	918

<sup>1</sup>Characteristic, <sup>2</sup>Establishment of PRP, <sup>3</sup>Stand age [years], <sup>4</sup>Geomorphologic unit, <sup>5</sup>Aspect, <sup>6</sup>Altitude [m], <sup>7</sup>Slope inclination [degree], <sup>8</sup>Parent rock, <sup>9</sup>Soil type, <sup>10</sup>Forest altitudinal zone, <sup>11</sup>Ecological rank, <sup>12</sup>Management complex, <sup>13</sup>Management complex of forest types, <sup>14</sup>Forest type group, <sup>15</sup>Forest type, <sup>16</sup>Average annual temperature [°C], <sup>17</sup>Average annual precipitation total [mm.year<sup>-1</sup>]

rastu sa venuje značná pozornosť aj z hľadiska biodiverzity (v zmiešaných porastoch), ale najmä z pohľadu stability (statickej i ekologickej). V literatúre sa najčastejšie uvádza, že z hľadiska bezpečnosti produkcie, resp. ochrany pred abiotickými škodlivými činiteľmi (vietor) je najúčinnějšía hrúbkovo a výškovo diferencovaná štruktúra porastu. V súvislosti s prebiehajúcou klimatickou zmenou sa tiež často konštatuje, že diferencovaná štruktúra je vhodným mitigačným opatrením (MRKVA 2009).

Štruktúra (osobitne výšková a hrúbková) lesných porastov závisí od viacerých faktorov ako sú druh dreviny (slnné, polotienne a tienne), kvalita stanovišťa (živné, kyslé), pôvod jedinca (semenný, výmladkový), postavenie jedinca v poraste (nadúrovňový, podúrovňový), klimatických podmienok a tiež poškodenia biotickými a abiotickými činiteľmi (ŠEBÍK, POLÁK 1990). Okrem toho je štruktúra porastu ovplyvnená aj zásahmi (výchovou), ktoré majú rozdielny dopad podľa druhu a intenzity. V dôsledku toho je aj štruktúra človekom manažovaných porastov zvyčajne odlišná od prírodných lesov, aj keď v ostatnom období prevláda snaha o priblíženie štruktúry uvedenému etalónu.

Cieľom príspevku bolo zistiť a porovnať vybrané charakteristiky štruktúry porastov, ktoré boli dlhodobo (vyše 50 rokov) vychovávané rozdielnymi prebierkovými metódami.

## MATERIÁL A METODIKA

Podkladovým materiálom boli údaje zo 7 sérií trvalých výskumných plôch (TVP), resp. 24 čiastkových plôch založených v rokoch 1958–1966 prof. Ing. Ladislavom Štefančíkom, DrSc., v prirodzene obnovených rovnorodých bukových porastoch Slovenska, ktoré boli v dobe ich založenia v rastovej fáze žrdkovín až žrdovín. Základnú stanovištnú charakteristiku TVP uvádza Tab. 1.

Do založenia TVP sa na plochách nevykonali žiadne zásahy alebo iba ojedinele slabý pomiestny zásah výlučne do podúrovne formou tzv. túlavej ťažby (ŠTEFANČÍK 1974). Každá TVP sa skladá najčastejšie z troch čiastkových plôch, ktoré sú usporiadané vedľa seba (po vrstevnici) a oddeľuje ich od seba vždy minimálne 15 m široký izolačný pás stromov. Výmera každej čiastkovej plochy je 0,25 ha (50 × 50 m) s výnimkou TVP Žalobín, kde majú plochy výmeru 0,20 ha (40 × 50 m). Cez stred každej čiastkovej plochy sú v šírke 10 m stabilizované tzv. prierezové pásy.

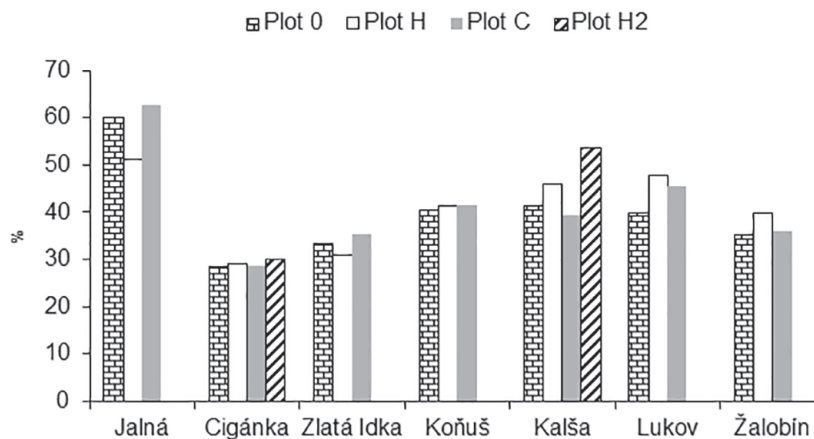
Na všetkých čiastkových plochách sa číslovaním registrujú všetky žijúce stromy s hrúbkou  $d_{1,3} \geq 3,6$  cm, resp. ktoré v priebehu meraní dosiahli uvedenú tzv. registračnú hranicu. V rámci každej TVP je vždy jedna čiastková plocha kontrolná (označená ako 0), na ktorej sa nevykonávajú žiadne zásahy. Na ploche (označenej ako C) sa realizuje silná podúrovňová prebierka (C – stupeň podľa Nemeckých výskumných ústavov lesníckych z roku 1902). Na ploche označenej ako H a H2 sa uskutočňujú zásahy metódou úrovňovej voľnej prebierky v zmysle ŠTEFANČÍKA (1974) s 5-ročným, resp. 10-ročným prebierkovým intervalom.

Výškovú štruktúru porastu sme vyhodnotili zaradením každého jedinca do stromovej (vzrastovej) triedy a vyjadrili sme ju ako relatívny podiel úrovne porastu

(1. a 2. vzrastová trieda), resp. podúroveň porastu (3. až 5. vzrastová trieda). Štruktúralne indexy (Füldnerov, Api, S, V, B) charakterizujúce hrúbkovú, výškovú, vertikálnu, priestorovú a celkovú diverzitu sa vypočítali rastovým simulátorom SIBYLA (FABRIKA 2005) pre jednotlivé varianty TVP, reprezentujúce rozdielny režim výchovy.

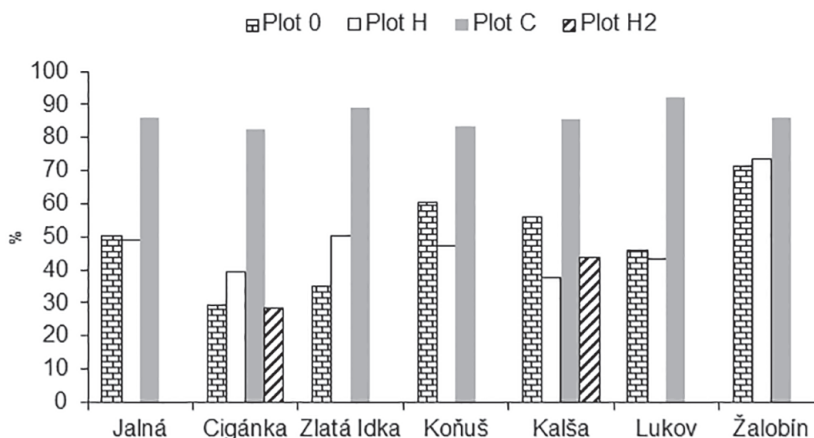
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vertikálnu štruktúru sme vyjadrili podielom úrovne porastu (nadúrovňových a úrovňových jedincov) z celkového počtu stromov na každej čiastkovej TVP, to na začiatku výskumu (Obr. 1) a po poslednom hodnotení (Obr. 2), t.z. po cca 50 rokoch. Pri založení TVP, t.z. vo veku 30–45 rokov (s výnimkou TVP Cigánka) boli



Obr. 1: Podiel jedincov porastovej úrovne na začiatku výskumu

Fig. 1: Proportion of trees at crown level of the stand in the initial stage of the research



Obr. 2: Podiel jedincov porastovej úrovne pri poslednom meraní

Fig. 2: Proportion of trees at crown level of the stand in the last measurement



Tab. 2: Hodnoty štruktúrnych indexov na vybraných TVP  
 Table 2: The values of structural indices on selected PRP

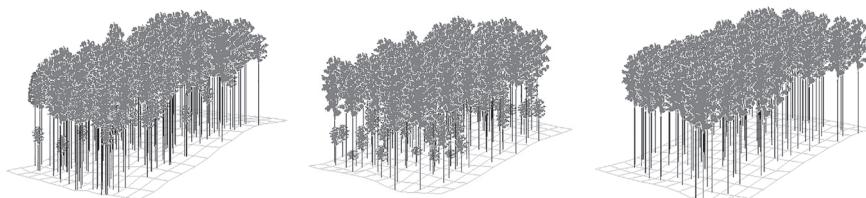
TVP Plot	TM <sub>d</sub>	TM <sub>h</sub>	Api	S	V	B
Jalná 0	0,392	0,222	<b>0,249</b>	0,773	0,987	5,625
Jalná H	<b>0,621</b>	<b>0,524</b>	0,164	<b>0,869</b>	0,967	<b>6,179</b>
Jalná C	0,206	0,059	0,103	0,403	0,982	3,458
Cigánka 0	0,398	0,302	0,447	0,877	0,917	<b>5,585</b>
Cigánka H	<b>0,578</b>	<b>0,514</b>	<b>0,791</b>	<b>0,900</b>	0,978	5,121
Cigánka H2	<b>0,516</b>	<b>0,439</b>	0,758	0,883	0,871	5,137
Cigánka C	0,173	0,037	0	0,167	0,887	1,727
Zlatá Idka 0	0,430	0,361	0,443	0,891	0,989	6,531
Zlatá Idka H	<b>0,593</b>	<b>0,471</b>	<b>0,687</b>	<b>0,927</b>	0,999	<b>6,636</b>
Zlatá Idka C	0,197	0,057	0,659	0,544	0,796	3,157
Koňuš 0	0,296	0,154	<b>0,397</b>	0,554	0,951	4,081
Koňuš H	<b>0,581</b>	<b>0,477</b>	0,261	<b>0,829</b>	0,955	<b>5,703</b>
Koňuš C	0,178	0,045	0	0,188	0,792	2,021
Kalša 0	0,363	0,208	0,386	0,773	0,959	4,899
Kalša H	<b>0,635</b>	<b>0,554</b>	0,244	0,888	0,951	<b>6,127</b>
Kalša H2	<b>0,548</b>	<b>0,455</b>	<b>0,388</b>	<b>0,902</b>	0,873	5,126
Kalša C	0,186	0,039	0,029	0,178	0,916	2,748
Lukov 0	0,394	0,273	0,496	<b>0,804</b>	0,961	<b>5,427</b>
Lukov H	<b>0,508</b>	<b>0,384</b>	<b>0,518</b>	0,763	0,927	4,383
Lukov C	0,193	0,042	0,089	0,197	0,927	2,424
<b>Žalobín 0</b>	0,294	0,125	<b>0,169</b>	0,447	0,932	3,950
<b>Žalobín H</b>	<b>0,366</b>	<b>0,261</b>	0,161	<b>0,847</b>	0,773	<b>5,313</b>
<b>Žalobín C</b>	0,202	0,081	0,144	0,299	0,872	2,235

Vysvetlivky: C – plocha so silnou podúrovňovou prebierkou (podľa Nemeckých výskumných ústavov lesníckych z roku 1902); H – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou (v zmysle Štefančíka 1974), s 5-ročným prebierkovým intervalom; H2 – plocha s úrovňovou voľnou prebierkou, s 10-ročným prebierkovým intervalom; 0 - kontrolná plocha (bez zásahu);  
 Captions: C – plot with heavy thinning from below (according to German forestry institutes from 1902); H – plot with the free crown thinning (according to Štefančík (1974) thinning interval of 5 years; H2 - plot with the free crown thinning (according to Štefančík (1974) thinning interval of 10 years; 0 – control plots (without interventions);

TM<sub>d</sub> – index hrúbkovej diferenciácie podľa Fuldnera (1995); TM<sub>h</sub> - index výškovej diferenciácie podľa Fuldnera (1995); Api - index vertikálnej štruktúry - Arten Profil podľa Pretzsch (1992); S - diverzita vertikálnej štruktúry podľa Jaehneho a Dohrenbuscha (1997); V - diverzita priestorového rozmiestnenia podľa Jaehneho a Dohrenbuscha (1977); B - celková diverzita podľa Jaehneho a Dohrenbuscha (1997)

TM<sub>d</sub> – diameter differentiation index according to Fuldner (1995); TM<sub>h</sub> – height differentiation index according to Fuldner (1995); Api - Arten Profil index according to Pretzsch (1992); S – diversity of vertical structure according to Jaehne and Dohrenbusch (1997); V – diversity of spatial arrangement according to Jaehne and Dohrenbusch (1997); B - total diversity according to Jaehne and Dohrenbusch (1997)

rozdiely medzi jednotlivými plochami minimálne, nakoľko dovtedy sa na týchto plochách prakticky nezasahovalo. Takže aj porasty boli výškovo a hrúbkovo homogénne, čo bola v minulosti jedna zo základných požiadaviek výskumu pri porovnávaní rôznych prebierkových metód, najmä z produkčného hľadiska (ŠMELKO, SABOL 1979). Po dlhodobej výchove sa v závislosti od rozdielného režimu výchovy prejavili vo výškovej štruktúre TVP rozdiely (Obr. 3). Je logické, že najvyšší podiel stromov bol v úrovni porastu na plochách so silnou podúrovňovou prebierkou, kde sa prvými 2–3 zásahmi odstránila prakticky celá podúroveň. Iný charakter mal vývoj vertikálnej štruktúry na TVP s úrovňovou voľnou prebierkou a kontrolnými TVP bez zásahu. Zaujímavé je, že rozdiely medzi nimi neboli značné, resp. na troch TVP boli minimálne. To len potvrdzuje, že úrovňová voľná prebierka je veľmi priaznivá aj z ekologického hľadiska, lebo dlhodobo vytvára diferencovanú porastovú štruktúru podobnú prírodným lesom (ŠTEFANČÍK 2007, 2015).



Obr. 3: Výšková štruktúra na kontrolnej ploche (vľavo), ploche s úrovňovou voľnou prebierkou (v strede) a silnou podúrovňovou prebierkou (vpravo) po 53 rokoch na TVP Jalná

Fig. 3: Height structure on control plot (left), plot with the free crown thinning (middle) and heavy thinning from below (right) in the PRP Jalná after 53 years

Hodnoty vybraných štruktúrnych indexov (Tab. 2) boli najvyššie (zvýraznené tučným písmom) pre hrúbkovú ( $TM_d$ ) a výškovú ( $TM_h$ ) diferenciáciu na plochách H, t. z. vychovávaných úrovňovou voľnou prebierkou. Hodnoty v rozpätí 0,5–0,7 predstavujú silnú diferenciáciu, hodnoty 0,3–0,5 znamenajú strednú diferenciáciu a hodnoty menšie ako 0,3 charakterizujú slabú diferenciáciu. Pri indexe vertikálnej štruktúry ( $Api$ ) platí, že čím vyššia je jeho hodnota, tým je vertikálna štruktúra viac rozrôznená. Z výsledkov vyplýva, že na väčšine TVP mali najlepšiu vertikálnu štruktúru porasty vychovávané úrovňovou voľnou prebierkou (plochy H alebo H2). Rovnaké konštatovanie platí aj pre diverzitu vertikálnej štruktúry (S), resp. celkovú diverzitu (B). ŠMELKO (1982) uvádza, že na lepších bonitách sa rozdiely vo výškach úrovňových a nadúrovňových stromov neprejavujú štatisticky významne ani vo vyššom veku (80 rokov). Naproti tomu potvrdil, že výrazná diferenciácia vo výškovom raste úrovňových a podúrovňových stromov buka nastáva vo veku nad 60 rokov.

## ZÁVER

Sledované charakteristiky štruktúry porastov boli najpriaznivejšie pri výchove úrovňovou voľnou prebierkou a najhoršie pri silnej podúrovňovej prebierke, ktorá „nivelizuje“ najmä výškovú štruktúru. Naopak, výškovo, hrúbkovo a priestorovo

štruktúrovaný porast má priaznivé vlastnosti, ktorému sa najviac približovali porasty vychované úrovňovou voľnou prebierkou.

#### LITERATÚRA

- FABRIKA, M. 2005. Návrh algoritmov pre prebierkový model rastového simulátora SIBYLA. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 51 (2): s. 145–170.
- FÜLDNER, K. 1995. Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv*, 66: s. 235–240.
- JAEHNE, S., DOHRENBUSCH, A. 1997. A method to evaluate forest stand diversity. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 116 (1) : s. 333–345.
- MRKVA, R. 2009. Jak se bránit dopadům klimatické změny. *Lesnická práce*, 88 (6): s. 368–369.
- PRETZSCH, H. 1992. *Konzeption und Konstruktion von Wuchsmodellen für Rein- und Mischbestände*. München, Frank: 358 s. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 115.
- ŠEBÍK, L., POLÁK, L. 1990. *Náuka o produkcii dreva*. Bratislava, Príroda: 322 s.
- ŠMELKO, Š. 1982. *Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a porastov*. Bratislava, Veda: 184 s.
- ŠMELKO, Š., SABOL, F. 1979. Zhodnotenie metód na overovanie homogenity pokusných plôch v biometrickom výskume. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 21: s. 183–199.
- ŠTEFANČÍK, I. 2007. Prebierky v bukových porastoch ako nástroj prírode blízkeho pestovania lesov. In: Prknová, H. (ed.) *Význam prírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce*. Kostelec nad Černými lesy, 17.–18. října 2007. Praha, ČZU: s.126–133.
- ŠTEFANČÍK, I. 2015. *Rast, štruktúra a produkcia bukových porastov s rozdielnym režimom výchovy*. Zvolen, NLC: 148 s.
- ŠTEFANČÍK, L. 1962. O súčasnom stave predrubných bukových porastov na Slovensku a možnosti zvýšenia ich produkcie prebierkami. *Lesnícky časopis*, 8 (2): s. 137–146.
- ŠTEFANČÍK, L. 1974. *Prebierky bukových žrdovín*. Bratislava, Príroda: 141 s. Lesnícke štúdie 18/1974.

#### POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja Slovenskej republiky na základe zmluvy č. APVV-0262-11“ a č. APVV-0608-10 a úlohy výskumu a vývoja MPRV SR „Výskum, inovácie a podpora konkurencieschopnosti lesnícko-drevárskeho komplexu“.



## **HORIZONTALNÍ STRUKTURA A PLASTICITA KORUN PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH BUKOVÝCH POROSTŮ**

### **HORIZONTAL STRUCTURE AND CROWN PLASTICITY OF CLOSE-TO- NATURE BEECH FOREST**

ZDENĚK VACEK, JAN KRÁL, STANISLAV VACEK, TEREZA PUTALOVÁ,  
DANIEL BULUŠEK

Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchbátka, vacekz@fld.czu.cz

#### **ABSTRACT**

*The research describes spatial pattern of autochthonous European beech stands on 6 permanent research plots in the wide altitudinal gradient in protected areas. The horizontal structure was classified from productive herb-rich beech sites, through acidophilic mountain beech sites, to beech fragments near the timberline. The spatial pattern of tree layer was regular in the lowest parts of the altitudinal gradient, random in the middle parts and aggregated in the beech forests in extreme summit site, similarly like the aggregation of natural regeneration. Parent stand had mostly significant negative effect on the natural regeneration at smaller spacing (0–4 m). Crown centroids were more regularly distributed than tree stems due to the great crown plasticity of beech. Mean distance of crown centroids from the stem base were 1.4 m with the prevailing direction 58.4 % down the slope. Projected canopy was 8.8 % higher than canopy simulated by circular crowns.*

*Keywords: Fagus sylvatica L., spatial pattern, protected areas, natural regeneration*

#### **ABSTRAKT**

*Studie popisuje prostorové rozmístění autochtonních bukových porostů na 6 trvalých výzkumných plochách v širokém výškovém gradientu v chráněných územích. Horizontální struktura byla klasifikována od produktivních květnatých bučin, přes acidofilní horské bučiny, až po bukové fragmenty v blízkosti horní hranice lesa. Prostorová struktura stromového patra byla v nejnižších částech výškového gradientu pravidelná, náhodná ve střední části a agregovaná v bukových lesích na extrémních vrcholových stanovištích, podobně jako shlukovitost přirozené obnovy. Mateřský porost měl převážně signifikantní negativní vliv na přirozenou obnovu při menších vzdálenostech (0–4 m). Kvůli vysoké plasticitě korun buku byly středy korun rozmístěny pravidelněji než kmene. Průměrná vzdálenost středů korun od paty kmene byla 1,4 m s převládajícím směrem 58,4 % dolů po svahu. Naměřený zápoj byl o 8,8 % vyšší než zápoj simulovaný kruhovými projekcemi.*

*Klíčová slova: Fagus sylvatica L., prostorové rozmístění, chráněná území, přirozená obnova*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

Horizontální struktura porostu, významně ovlivňuje konkurenční vztahy mezi jedinci a zároveň výrazně ovlivňuje jejich růst, mortalitu či přirozenou obnovu. Architektura korun je přitom významně ovlivněna zejména přítomností světla v porostu (ROZENBERGAR, DIACI 2014). Z těchto důvodů má posouzení prostorové struktury zásadní význam pro posouzení vhodnosti přírodních stanovišť a pro tvorbu víceúčelového obhospodařování lesů (POMMERENING 2002). Zejména pak v chráněných územích má prostorová struktura porostů velký význam pro stanovení míry přirozenosti lesních porostů jako kritéria pro tvorbu polyfunkčního managementu (SCHMIDT 1997).

Přírodě blízké porosty buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) mají zpravidla shlukovitě výchozí uspořádání (NAGEL et al. 2006), které se postupně mění na náhodné a v příznivých podmínkách se posouvá k pravidelnému rozmístění (VACEK et al. 2015), což je důsledkem postupného růstu a rozšiřování korun. Bukové koruny mají vysokou schopnost reagovat na změny světelných podmínek prostředí (SCHRÖTER et al. 2012) a jsou schopné změnit svou architekturu s cílem zvýšit zachycení světla a snížit výdaje na respiraci, za využití maximálního možného růstového prostoru (ROZENBERGAR, DIACI 2014). Fenotypová plasticita buku je přitom způsobena nejen biotickými interakcemi mezi sousedními stromy, ale také genotypem a abiotickými podmínkami (SCHRÖTER et al. 2012). Na druhou stranu často při vyšším zastínění dochází k rozvoji plagiotropního růstu, různých kmenových narušení a asymetrie korun, které snižují statickou stabilitu stromu (YOUNG, PERKOCHA 1994).

Cílem příspěvku bylo na 6 trvalých výzkumných plochách (TVP) zhodnotit plasticitu korun, prostorovou strukturu stromového patra a přirozené obnovy autochtonních bučin dlouhodobě ponechaných samovolnému vývoji, včetně vlivu stanoviště.

## MATERIÁL A METODIKA

### Charakteristika zájmového území

Komplex studovaných TVP v chráněných územích se nachází v oblasti NP Krkonoše (2 TVP), CHKO Český kras (1), Broumovsko (2) a Orlické hory (1). Tyto TVP reprezentují bukové porosty v různých stanovištních a porostních podmínkách od květnatých bučin přes acidofilní bučiny až po bukové fragmenty při horní hranici lesa (Tab. 1). TVP byly vybrány tak, aby zahrnovaly co nejvyšší výškové rozpětí a reprezentovaly 2×3 varianty prostorového rozmístění (pravidelné, náhodné a agregované). Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od 530 do 1260 mm a průměrná roční teplota od 8,7 do 2,6 °C.

### Sběr dat

Sběr dat proběhl na 6 TVP o velikosti 50×50 m (0,25 ha). Pro stanovení struktury stromového patra, přirozené obnovy a korunových projekcí bylo použito technologie FieldMap (IFER). Z hlediska stromové patry byli měřeni všichni jedinci, jejichž výčetní tloušťka (DBH) byla  $\geq 4$  cm. Pro studium přirozené obnovy

Tab. 1: Přehled základních charakteristik trvale výzkumných ploch  
 Table 1: Overview of basic characteristics of permanent research plots

ID	Název TVP	Nad. výška	Expozice	Sklon	Lesní typ	Věk	Tloušťka	Výška	Zásoba
<i>ID</i>	<i>Name of PRP</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Exposition</i>	<i>Slope (°)</i>	<i>Forest type</i>	<i>Age</i>	<i>Diameter (cm)</i>	<i>Height (m)</i>	<i>Volume (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</i>
1_CK	Doutnáč 1	410	NE	6	2A	101	35,5	27,9	525
2_B	Broum. stěny 7	645	E	33	5A	154	31,3	16,5	561
3_B	Kozínek 3	415	SE	27	3D	157	44,4	26,0	601
4_OH	Sedloň. vrch 2	1 015	W	19	7K	157	27,4	12,5	303
5_K	U Hadí cesty 32	760	NE	35	5B	156	31,7	18,8	375
6_K	Nad Benzínou 60	1 310	SW	24	9K	136	16,7	8,5	212

byl vytyčen charakteristický transekt o rozměrech 50×10 m (500 m<sup>2</sup>). Do měření přirozené obnovy byli zahrnuti všichni jedinci s výškou ≥ 10 cm do DBH < 4 cm. U stromů byla měřena DBH, výška, nasazení koruny a šířka koruny minimálně ve 4 směrech na sebe kolmých.

### Analýza dat

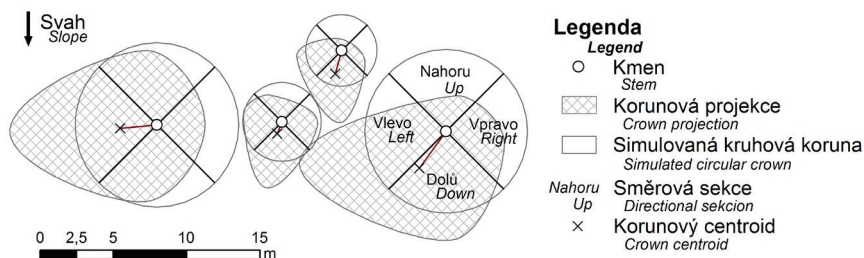
U jedinců stromového patra, obnovy a středů korun byla zhodnocena horizontální struktura na základě: Hopkins-Skellamova indexu, Pielou-Mountfordova indexu, Clark-Evansova indexu (Tab. 2) a párové korelační funkce a Ripleyovy *L*-funkce, vzniklé transformací Ripleyovy *K*-funkce (cf. STOYAN, STOYAN 1992; VACEK et al. 2015). Na grafických výstupech (Obr. 2) černá linie zachycuje *L*-funkci pro reálné vzdálenosti jedinců na TVP, silná šedá čára střední průběh pro náhodné rozdělení v prostoru a dvě slabší středové křivky prezentují 95 % interval spolehlivosti. Když je černá linie rozdělení stromů pod tímto intervalem, tak indikuje tendenci k pravidelnému rozmístění a naopak ke shlukovitosti.

Tab. 2: Kritéria indexů popisující horizontální strukturu  
 Table 2: Overview of indices describing the horizontal structure

<b>Index</b> <i>Index</i>	<b>Střední hodnota</b> <i>Mean value</i>	<b>Shlukovitost</b> <i>Aggregation</i>	<b>Pravidelnost</b> <i>Regularity</i>
Hopkins-Skellam	A = 0,5	A > 0,5	A < 0,5
Pielou-Mountford	α = 1	α > 1	α < 1
Clark-Evans	R = 1	R < 1	R > 1

Pro výpočet prostorového rozmístění jedinců na TVP byl použit program PointPro (© Zahradník) a R+ (© R Foundation). Test významnosti odchylek oproti hodnotám očekávaným pro náhodné uspořádání bodů byl proveden pomocí Monte Carlo simulací pro 999 náhodně vygenerovaných bodových struktur.

Plocha korunových projekcí, stupeň zápoje, směr vychýlení korun a vzdálenost vychýlení středu koruny od paty kmene bylo zpracováno v programu ArcGIS (© Esri; Obr. 1). Následně byla porovnána plocha korunových projekcí se simulovanými kruhovými korunami s poloměry, které byly vypočteny z naměřených korun (SCHRÖTER et al. 2012).



Obr. 1: Znárodnění měřených korunových projekcí, simulované kruhové koruny, vzdálenost mezi kmeny a středy korun s převládající směrem vychýlení

Fig. 1: Illustration of measured crown projections, simulated circular crowns, distance between stem base and centroids with distribution of prevailing crown direction

Statistické analýzy plasticity korun byly zpracovány v softwaru Statistica (© StatSoft). Rozdíly mezi plochami a zápojem byly testovány pomocí analýzy rozptylu (ANOVA). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO (© Microcomputer Power) pro zhodnocení vztahu mezi růstovými parametry, horizontální strukturou, plasticitou korun a stanovištěm. Data byla zlogaritmována, vycentrována a standardizována v průběhu analýzy.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

### Stromové patro

Jedinci stromového patra nejnižše položené květnaté bučiny na TVP 1\_CK a 3\_B byly podle  $A$  a  $R$  indexů rozmístěni pravidelně a podle  $\alpha$  indexu náhodně (Tab. 3). Pravidelné uspořádání jedinců při rozestupu od 3 m podle jejich vzdálenosti vyplývá též z  $L$ -funkce (Obr. 2). Stromové patro acidofilních bučin na TVP 2\_B a 5\_K bylo shodně podle všech zjišťovaných strukturálních indexů a  $L$ -funkce rozmístěno náhodně. Při podrobnější analýze vyplývá, že horní etáž tvoří pravidelné rozmístění s inklinací k náhodnosti, oproti tomu horizontální struktura dolní etáže stromů je agregovaná, obdobně jako v přírodě blízkých lesích ve Francii (WIJDEVEN 2003). Jedinci stromového patra na nejvýše položené TVP 4\_OH a zejména 6\_K v horní hranici lesa byly rozmístěny podle zjišťovaných indexů a  $L$ -funkce vlivem extrémních stanovištních podmínek shlukovitě (cf. VACEK et al. 2015).

### Plasticita korun

Středy korun buku byly ve všech případech pravidelněji rozmístěny než paty kmenů (Tab. 3), což je způsobené vysokou plasticitou bukových korun, jenž umožňuje efektivnější využití růstového prostoru (SCHRÖTER et al. 2012). Například na TVP 4\_OH stromové patro bylo rozmístěno agregovaně, přičemž koruny byly rozmís-

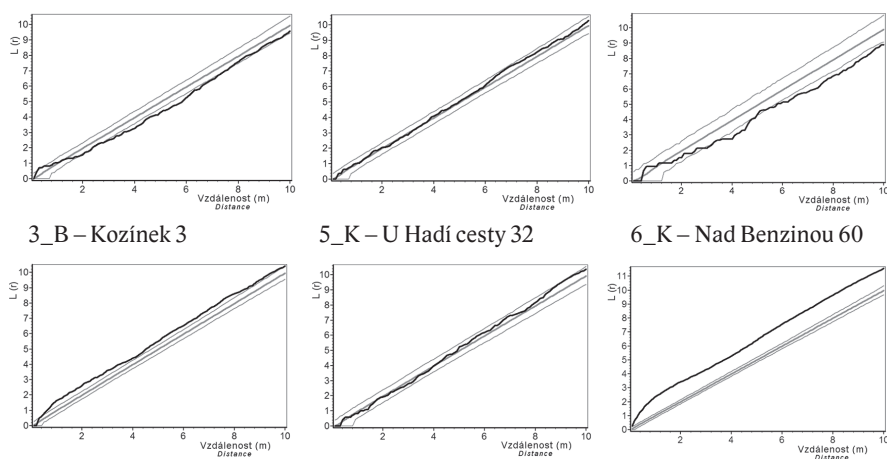


Tab. 3: Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra a středů korun na TVP  
 Table 3: Indices describing the horizontal structure of tree layer and crown centroids on PRP

	1_CK	2_B	3_B	4_OH	5_K	6_K	1_CK	2_B	3_B	4_OH	5_K	6_K
Index	Stromové patro <i>Tree layer</i>						Koruny <i>Crowns</i>					
A (PM)	0,36 <sup>R</sup>	0,56	0,33 <sup>R</sup>	0,60	0,56	0,89 <sup>A</sup>	0,36 <sup>R</sup>	0,47	0,32 <sup>R</sup>	0,53	0,43	0,68 <sup>A</sup>
$\alpha$ (HS)	0,77	1,33	0,81	1,48 <sup>A</sup>	1,37	4,99 <sup>A</sup>	0,72 <sup>R</sup>	1,12	0,73 <sup>R</sup>	1,22	0,99	2,74 <sup>A</sup>
R (CE)	1,16 <sup>R</sup>	0,95	1,34 <sup>R</sup>	0,91 <sup>A</sup>	1,03	0,53 <sup>A</sup>	1,31 <sup>R</sup>	1,09	1,49 <sup>R</sup>	1,07	1,22 <sup>R</sup>	0,81 <sup>A</sup>

<sup>A</sup>shlukovitost, <sup>R</sup>pravidelnost - statisticky významné hodnoty ( $\alpha=0,05$ )

<sup>A</sup>aggregation, <sup>R</sup>regularity - statistically significant value ( $\alpha=0,05$ )



Obr. 2: Horizontální struktura stromového patra na TVP vyjádřená L-funkcí  
 Fig. 2: Horizontal structure of tree layer on PRP expressed by L-function

těny náhodně. U náhodného rozmístění stromů na TVP 5\_K došlo k přesunu dle R indexu k pravidelnosti u korun.

Průměrná vzdálenost středů korun od paty kmene byla  $1,4 \text{ m} \pm 0,4 \text{ SD}$ . K největšímu vychýlení korun  $2,3 \text{ m} \pm 1,0 \text{ SD}$  došlo na nejvýše položené TVP 6\_K, naopak k nejnižšímu vychýlení  $1,2 \text{ m} \pm 0,9 \text{ SD}$  na TVP 1\_CK. Z hlediska převládajícího směru korun, sklon měl signifikantní vliv na morfologii korun ( $F_{(3,20)} = 89,9$ ,  $P < 0,001$ ). V průměru  $58,4 \% \pm 9,1 \text{ SD}$  jedinců bylo vychýleno korunou směrem dolů po svahu, zejména na TVP 5\_K s největším sklonem (74,5 %). Naměřený zápoj byl v průměru o  $8,8 \% \pm 7,4 \text{ SD}$  vyšší než zápoj simulovaný kruhovými projekcemi, největší rozdíl byl opět u TVP K\_6 (23,8 %). Při porovnání s bukovými pralesy v Německu, tento rozdíl dosahoval 10,7 % (SCHRÖTER et al. 2012).

### Přirozená obnova

Podle zjišťovaných indexů, tak i L-funkce přirozená obnova byla na všech TVP výrazně agregovaná (Tab. 4), zejména na TVP 2\_B a 5\_K, podobně jako v jiných studiích v Krkonoších (VACEK et al. 2015) nebo v zahraničí (NAGEL et al. 2006).

Výsledky párové korelační analýzy ve většině případů ukázaly negativní efekt mateřských stromů na rozmístění přirozené obnovy v malých vzdálenostech (0–4 m od kmene), opačný případ byl u TVP 6\_K, kde stromové patro mělo pozitivní vliv na obnovu kvůli hřížení větví. Při větších rozestupech bylo rozmístění převážně náhodné.

Tab. 4: Indexy popisující horizontální strukturu přirozené obnovy na TVP

Table 4: Indices describing the horizontal structure of natural regeneration on PRP

Index	1_CK	2_B	3_B	4_OH	5_K	6_K
A (PM)	0,61 <sup>A</sup>	0,77 <sup>A</sup>	0,61 <sup>A</sup>	0,85 <sup>A</sup>	0,78 <sup>A</sup>	0,82 <sup>A</sup>
$\alpha$ (HS)	1,56 <sup>A</sup>	8,64 <sup>A</sup>	1,56 <sup>A</sup>	5,11 <sup>A</sup>	6,43 <sup>A</sup>	4,15 <sup>A</sup>
R (CE)	0,92 <sup>A</sup>	0,67 <sup>A</sup>	0,94 <sup>A</sup>	0,66 <sup>A</sup>	0,69 <sup>A</sup>	0,83 <sup>A</sup>

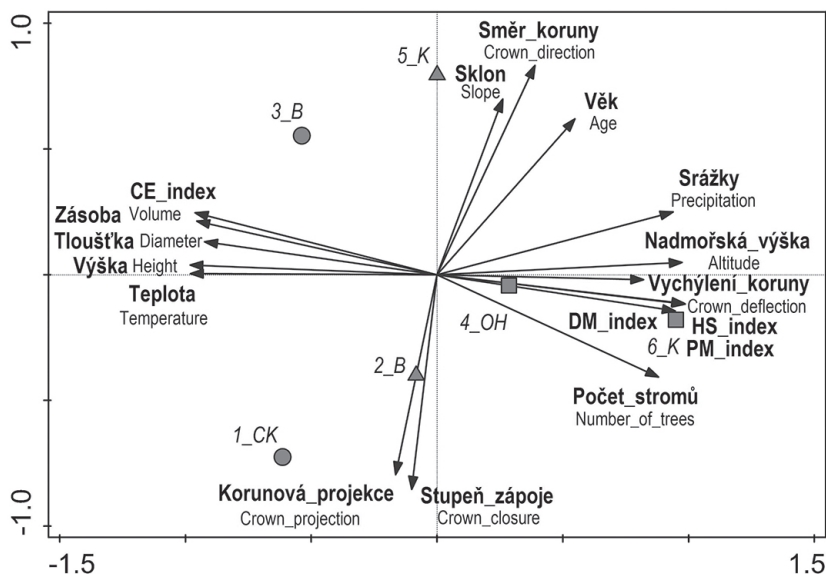
viz Pozn. u Tab. 3

### Vztah mezi růstovými parametry, horizontální strukturou, plasticitou korun a stanovištěm

Výsledky PCA analýzy jsou prezentovány ve formě ordinačního diagramu na Obr. 3. První ordinační osa vysvětluje 66,4 % a všechny čtyři osy 98,1 % variability dat. První osa x představuje průměrnou teplotu a průměrnou výšku porostu společně s nadmořskou výškou a vzdáleností vychýlení středu korun od paty kmene. Druhá osa y reprezentuje zápoj porostu se sklonem terénu. Zásoba porostu byla pozitivně korelována s výškou a tloušťkou porostu a teplotou, zatímco tyto parametry byly negativně korelovány s nadmořskou výškou a úhrnem srážek. Ukazatelé horizontální struktury byly pozitivně korelovány s počtem stromů, nadmořskou výškou a vzdáleností vychýlení středů korun od paty kmene, resp. negativně s CE indexem. Se zvyšujícím se sklonem svahu se zvětšovalo procentuální zastoupení korun vychýlených směrem po svahu, zatímco tyto parametry byly negativně korelovány se zápojem porostu. Pravá část diagramu, kde se nachází TVP 4\_OH a 6\_K, je typická agregovaným prostorovým rozmístěním, nízkou zásobou a vysokým počtem stromů; naopak horizontální struktura na TVP 3\_B a 1\_CK s nejnížší nadmořskou výškou byla pravidelná.

### ZÁVĚR

Výzkum prokázal statisticky významný vliv klimatických a edafických poměrů na prostorové rozmístění buku lesního. S rostoucí nadmořskou výškou, resp. extrémními podmínkami prostředí, dochází k výrazné tendenci ke shlukovitosti horní etáže. Stejně tak i přirozená obnova měla agregované prostorové rozmístění, které se v optimálních růstových podmínkách mění přes náhodné až po pravidelné rozmístění. Vzhledem k vysoké schopnosti plasticity a adaptace bukových korun na mezery v zápoji, středy korun byly více rovnoměrně rozmístěny než kmeny stromů. Zvyšující se sklon svahu měl pozitivní vliv na převládající směr vychýlení korun po svahu, přičemž velikost vychýlení středu korun od paty kmene záviselo na nadmořské výšce.



Obr. 3: Ordinační diagram PCA analýzy vztahů mezi růstovými charakteristikami porostu, stanovištěm, charakteristikami korun a horizontální strukturou; označení charakterizují TVP a typ prostorového rozmístění: ● pravidelné, ▲ náhodné, □ agregované

Fig. 3: Ordination diagram of PCA analysis of relationships among growth characteristics of stand, habitat, crown characteristics and horizontal structure; marks characterize PRP and type of spatial pattern: ● regular, ▲ random, □ aggregated

## LITERATURA

- NAGEL, T. A., SVOBODA, M., DIACI, J. 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an oldgrowth *Fagus–Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest Ecology and Management*, 226: s. 268–278.
- POMMERENING, A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75: s. 305–324.
- ROZENBERGAR, D., DIACI, J. 2014. Architecture of *Fagus sylvatica* regeneration improves over time in mixed old-growth and managed forests. *Forest Ecology and Management*, 318: s. 334–340.
- SCHMIDT, P. 1997. Naturnahe Waldbewirtschaftung. Ein gemeinsames Anliegen von Naturschutz und Forstwirtschaft? *Naturschutz und Landschaftplanung*, 29 (3): s. 75–82.
- SCHRÖTER, M., HÄRDTLE, W., OHEIMB, G. VON 2012. Crown plasticity and neighborhood interactions of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in an old-growth forest. *European Journal of Forest Research*, 131: s. 787–798.
- STOYAN, D., STOYAN, H. 1992. *Fraktale Formen und Punktfelder: Methoden der Geometrie-Statistik*. Berlin, Akademie Verlag: 394 s.
- VACEK, Z., VACEK, S., BÍLEK, L., REMEŠ, J., ŠTEFANČÍK, I. 2015. Changes in horizontal structure of natural beech forests on an altitudinal gradient in the Sude-

tes. *Dendrobiology*, 73: s. 33–45.

WIJDEVEN, S. M. J. 2003. *Stand dynamics in Fontainebleau. Dynamics in beech forest structure and composition over 17 years in La Tillaie forest reserve, Fontainebleau, France*. Wageningen, Alterra, Green World Research: 56 s.

YOUNG, T. P., PERKOCHA, V. 1994. Treefalls, crown asymmetry, and buttresses. *Journal of Ecology*, 82: s. 319–324.

### **PODĚKOVÁNÍ**

Příspěvek vznikl díky podpoře Interní grantové agentury (IGA č. B02/16) Fakulty lesnické a dřevařské, České zemědělské univerzity v Praze.

**Sekce 4**  
**Lesní a růstové prostředí**

*Session 4*  
*Forest and growing environments*



**VLIV STRESU SUCHEM NA FLUORESCENCI CHLOROFYLU SMRKU  
ZTEPILÉHO A BUKU LESNÍHO V PRŮBĚHU PRVNÍHO VEGETAČNÍHO  
OBDOBÍ PO VÝSADBĚ**

**INFLUENCE OF DROUGHT STRESS ON CHLOROPHYLL FLUORESCENCE IN  
NORWAY SPRUCE AND EUROPEAN BEECH DURING THE FIRST GROWING  
SEASON AFTER PLANTING**

KATEŘINA HOUŠKOVÁ, OLDŘICH MAUER

Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně,  
Zemědělská 3, Brno 613 00, katerina.houskova@mendelu.cz

**ABSTRACT**

*An influence of chlorophyll fluorescence in planting stock stressed by drought was tested. Bare-rooted and containerised planting stock of Norway spruce and European beech were analysed. Planting stock was expose drought for 0–28 hours before planting. In the time of planting, c. 5 weeks after planting and at the end of the growing season, chlorophyll fluorescence was measured ( $F_v/F_m$ ). Results say that chlorophyll fluorescence of plants stressed by drought is the same as in no stressed plants.  $F_v/F_m$  reaches c. 0,8 in spruce and 0,7 in beech, so chlorophyll fluorescence measurement is not utilizable for immoderate water loss detection during planting stock handling before planting. Drought stress before planting didn't become evident even later during the first growing season that was characterised by low total precipitation and higher air temperature.*

*Keywords: European beech, Norway spruce, chlorophyll fluorescence, drought*

**ABSTRAKT**

*Byla zjišťována odezva fluorescence chlorofylu sadebního materiálu na stres suchem. Testován byl krytokořený a prostokořený sadební materiál smrku ztepilého a buku lesního. Sadební materiál byl před sadbou vystaven vysychání po dobu 0–28 hodin. Byla měřena fluorescence chlorofylu ( $F_v/F_m$ ) rostlin v době výsadby, cca 5 týdnů po výsadbě a na konci vegetačního období. Z výsledků vyplývá, že fluorescence chlorofylu rostlin stresovaných suchem před výsadbou je v době výsadby stejná jako u rostlin nestresovaných, u smrku dosahuje hodnot  $F_v/F_m$  cca 0,8, u buku cca 0,7. Měření fluorescence chlorofylu tedy nelze využít pro detekci neúměrné ztráty vody při manipulaci se sadebním materiálem před výsadbou. Stres suchem před výsadbou se neprojevil ve změnách fluorescence chlorofylu ani později v průběhu prvního vegetačního období, které se vyznačovalo velmi nízkým úhrnem srážek a vyššími teplotami vzduchu.*

*Klíčová slova: buk lesní, smrk ztepilý, fluorescence chlorofylu, sucho*

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

V průběhu manipulace se sadebním materiálem od jeho vyzvednutí v lesní školce může dojít a také mnohdy dochází k neúměrné ztrátě vody v rostlinách, a to zpravidla vystavením sadebního materiálu nevhodným klimatickým podmínkám (teplu, suchu, proudění vzduchu) bez ochrany před vysycháním po dlouhou dobu. Jelikož je sadební materiál v období výsadby zpravidla v dormanci, nemusí být přílišná ztráta vody v rostlinách přímo viditelná. Lze ji sice dle MARTINCOVÉ, NÁROVCOVÉ (2000) detekovat pomocí několika metod hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu (metodou gravimetrickou, měřením elektrické vodivosti nebo odporu, měřením vodivosti výluhů, sací síly kořenového systému atd.). Tyto metody jsou však subjektivní, ovlivňované celou řadou faktorů nebo jsou použitelné pouze v laboratoři. Je však třeba najít metodu použitelnou přímo v terénu pro jednoznačné rozlišení rostlin schopných po výsadbě dobře odrůstat od rostlin neúměrně stresovaných, často odumírajících. Jedinou současnou, exaktní, prakticky použitelnou metodou je metoda měření vodního potenciálu rostlinných pletiv zjišťovaného v tlakové komoře. Nicméně s ohledem na relativně vysokou cenu tlakové komory a příslušenství není tato metoda v běžné lesnické praxi využívána.

Perspektivní by však v tomto směru mohlo být měření fluorescence chlorofylu. Princip této metody popsali již KAUTSKY, HIRSCH (1934). Světelná energie, která je přijímána rostlinami, je z části využita pro proces fotosyntézy, část je vyzářena v podobě tepla a zbytek energie (3–5 %) pak připadá na zpětné vyzáření fotonů s vlnovou délkou větší než 650 nm, tj. fluorescenční zhášení neboli fluorescence chlorofylu. Zmíněné tři procesy si vzájemně konkurují; pokles jednoho z těchto procesů se projevuje nárůstem jiného (GOVINDJEE 1995). Za stresu nebo za střední až vysoké radiace však převládne nefotochemické zhášení (ŠPULÁK, MARTINCOVÁ 2006). Aby odstranila nadbytečnou energii, pletiva zvýší tvorbu tepla, což v počátečních až středních stádiích stresu vede k poklesu fluorescenčního vyzáření. Měření fluorescence chlorofylu označují odborníci (FORCE et al. 2003, ŠPULÁK, MARTINCOVÁ 2006, ŽIVČÁK et al. 2008, VANĚK et al. 2014) za metodu vhodnou pro detekci změn ve fotosyntetickém aparátu vlivem stresových faktorů včetně sucha. Nejčastěji sledovaným parametrem je poměr  $F_v/F_m$  – maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu vzorku adaptovaného na tmu.  $F_m$  je maximální fluorescence po silné saturačním ozáření,  $F_o$  je minimální fluorescence po adaptaci asimilačního orgánu na tmu. Jejich rozdíl je fluorescence variabilní –  $F_v$ . Tento parametr využili pro hodnocení fyziologického stavu bukových sazenic stresovaných a nestresovaných nedostatkem vody například MACKOVÁ, KMEŤ (2013). Na druhou stranu existují práce (SLUGEŇOVÁ et al. 2011, ZLATEV, YORDANOV 2004), kde nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly ve fluorescenci chlorofylu hodnocené poměrem  $F_v/F_m$  suchem stresovaných a nestresovaných rostlin.

Cílem práce proto bylo zjistit, zda sadební materiál reaguje na stres suchem před výsadbou změnami ve fluorescenci chlorofylu, resp. v poměru  $F_v/F_m$ , příp. za jak dlouho po výsadbě/stresu se ztráta a nedostatek vody na rostlinách v tomto parametru projeví.



## MATERIÁL A METODIKA

Pokusná výsadba byla založena na konci dubna r. 2015 v pozdním jarním termínu (25.–26. 4). Byl použitý prostokořenný (PK SAMA) – smrk ztepilý (2+2) a buk lesní (1-1) a krytokořenný sadební materiál (KK SAMA) – smrk ztepilý (fv1+vl) a buk lesní (fv1). Kořenové baly smrku byly zřetelně proschlé, kdežto u buku byly silně nasycené vodou.

Sadební materiál byl exponován pro vysýchání jako volně položený na povrchu půdy v místě výsadby v časovém harmonogramu uvedeném v Tab. 1 a poté vysázen.

Tab. 1: Doba vysýchání rostlin, časový harmonogram

Table 1: Time of plants desiccation, time schedule

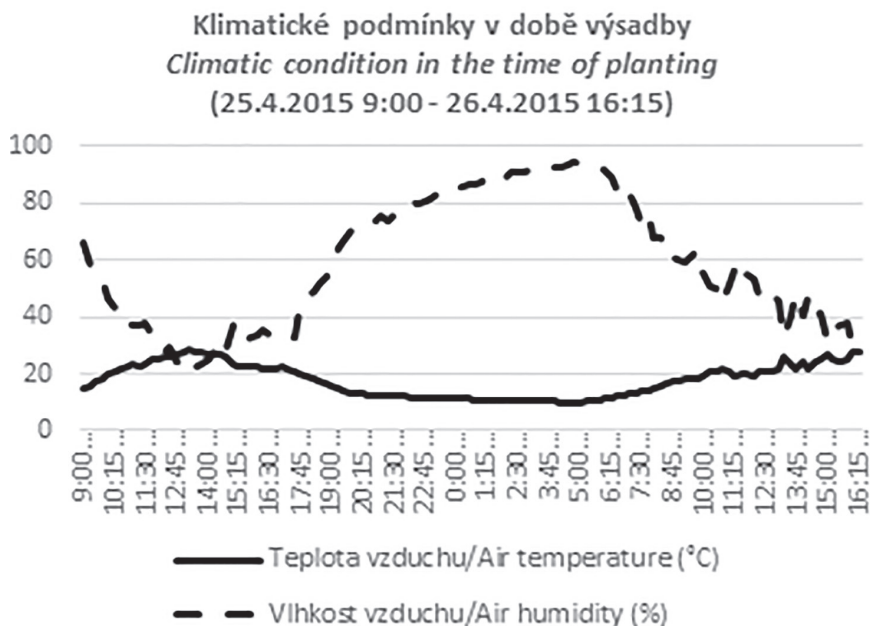
PK SAMA <i>Bare-rooted planting stock</i>				KK SAMA <i>Containerized planting stock</i>			
Smrk ztepilý <i>Norway spruce</i>		Buk lesní <i>European beech</i>		Smrk ztepilý <i>Norway spruce</i>		Buk lesní <i>European beech</i>	
Čas výsadby <i>Time of planting</i>	Doba vysýchání (hod) <i>Time of desiccation (hours)</i>	Čas výsadby <i>Time of planting</i>	Doba vysýchání (hod) <i>Time of desiccation (hours)</i>	Čas výsadby <i>Time of planting</i>	Doba vysýchání (hod) <i>Time of desiccation (hours)</i>	Čas výsadby <i>Time of planting</i>	Doba vysýchání (hod) <i>Time of desiccation (hours)</i>
9.00	0,00	9.30	0,00	11.30	0,00	11.00	0,00
9.45	0,75	10.45	1,25	12.15	0,75	14.30	3,50
10.10	1,17	12.00	2,50	14.00	2,50	11.00*	24,00
10.30	1,50	13.00	3,50	15.00	3,50	12.30*	25,50
11.30	2,50	13.40	4,17	16.00	4,50	14.15*	27,25
12.15	3,25	14.05	4,58	11.30*	24,00	15.15*	28,25
12.45	3,75					16.15*	29,25
14.15	5,25						
15.00	6,00						

\*sadba druhý den/*planting second day after*

Každá varianta obsahovala 20 ks rostlin. Doba vysýchání rostlin byla volena subjektivně tak, aby bylo zachyceno pozvolné osychání rostlin. V průběhu výsadby byla sledována čidlem Minikin Thi teplota a vlhkost vzduchu. Při výsadbě, cca 5 týdnů po ní (4. 6. 2015) a na konci vegetačního období (20. 8. 2015) byla měřena fluorescence chlorofylu všech vysázených rostlin (na počátku vegetačního období pouze u smrku, buk byl bez asimilačního aparátu). Byl měřen poměr  $F_v/F_m$  – maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu vzorku adaptovaného na tmou fluorpenem FP 100 (hodnota označená QY). Adaptace na tmou byla zajištěna speciálními klipy, do jejichž kruhového terčíku byly umístěny minimálně 3 jehlice smrku nebo list buku vždy z přírůstků roku 2014 (předchozí rok) a po cca 30 minutách zatemnění odečtena hodnota QY. Pro porovnání souborů dat byla použita Kruskal-Wallis ANOVA s hladinou významnosti  $\alpha$  0,05 v programu Statistica 12.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Nevhodné klimatické podmínky (vysoká teplota a nízká vlhkost vzduchu) pro manipulaci se sadebním materiálem v době výsadby charakterizuje Obr. 1.

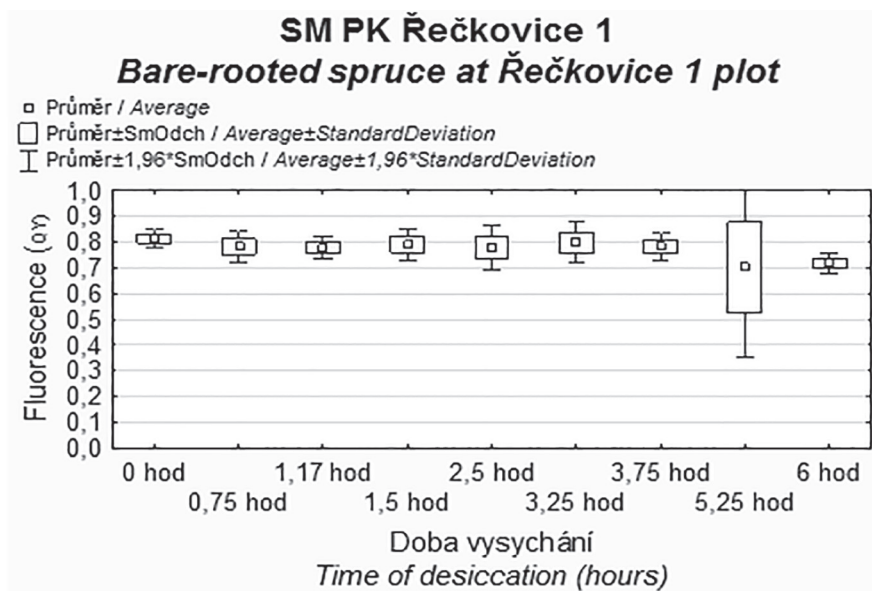


Obr. 1: Základní klimatické charakteristiky v době výsadby  
Fig. 1: Basic climatic characteristics in the time of planting

Bezprostředně po výsadbě nebyly mezi sazenicemi smrku různých variant délky vysychání statisticky významné rozdíly ve fluorescenci chlorofylu ( $p > 0,05$ ). Parametr QY průměrně dosahoval hodnot 0,7–0,8, přičemž u nestresovaných rostlin by se dle VAŇKA et al. (2014) měla hodnota  $F_v/F_m$  pohybovat v rozmezí 0,75–0,85; u stresovaných rostlin by se měla razantně snižovat. Stresované rostliny však u pokusné výsadby dosahovaly srovnatelných hodnot fluorescence chlorofylu jako rostliny nestresované a bylo zřejmé, že fluorescence dormantních sazenic smrku vyjádřená parametrem QY, resp.  $F_v/F_m$  neodráží akutní stres suchem tak dobře, jako je třeba pro rozlišení rostlin po nevhodné manipulaci těsně před výsadbou.

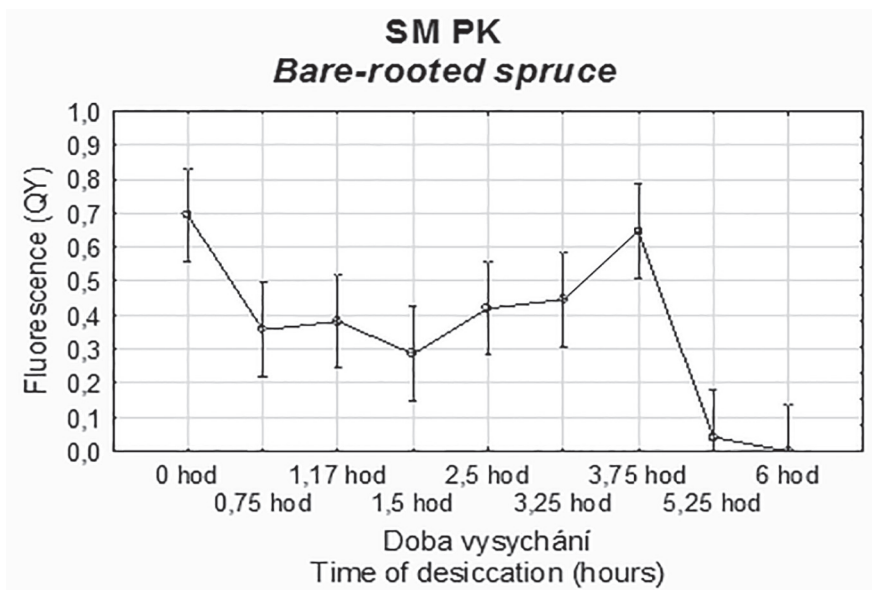
Fluorescence chlorofylu byla měřena znovu 5 týdnů po výsadbě. U KK SAMA smrku nebyly statisticky významné rozdíly ve fluorescenci chlorofylu mezi variantami ( $p > 0,05$ ), QY dosahovalo hodnot cca 0,7. Obdobných výsledků bylo dosaženo u PK SAMA smrku (Obr. 2). U buku nebylo možné fluorescenci vyhodnotit, neboť v té době ještě velká část buků stále nerašila.

Z porovnání fluorescence chlorofylu (QY) rostlin na konci vegetačního období lze říci, že nejperspektivnější variantou PK SAMA smrku z hlediska úspěšnosti výsadby jsou nestresované rostliny (Obr. 3). Varianty s rostlinami stresovanými méně než 4 hodiny mají výrazně nižší průměrnou fluorescenci chlorofylu (QY = 0,3–0,6), rostliny stresované déle než 4 hodiny dosahovaly minimálních hodnot QY (<0,1).



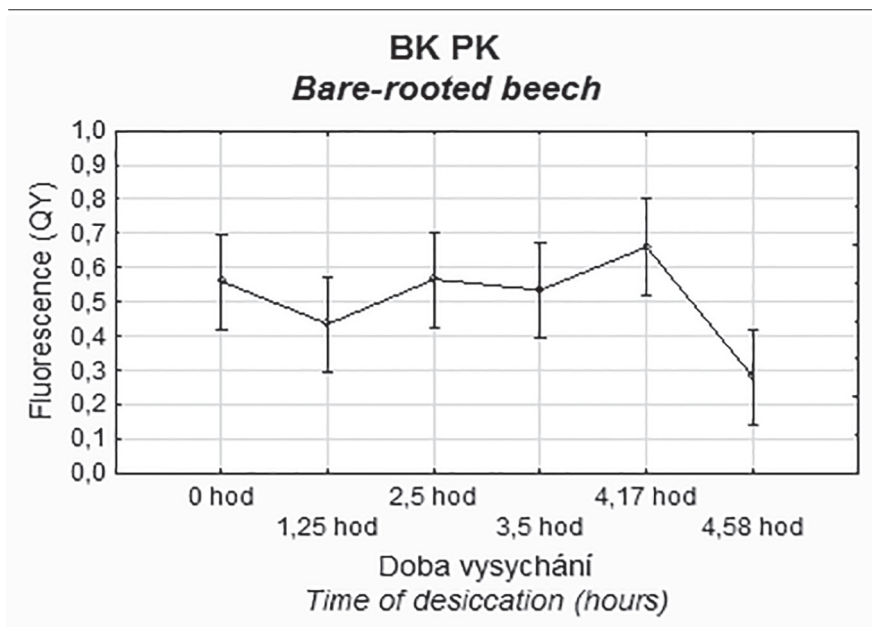
Obr. 2: Fluorescence chlorofylu PK SAMA smrku 5 týdnů po výsadbě/exponování u jednotlivých variant doby vysychání před sadbou

Fig. 2: The chlorophyll fluorescence of bare-rooted spruce plants c. 5 weeks after planting at particular treatments of the time of the desiccation



Obr. 3: Fluorescence chlorofylu smrku na konci vegetačního období u jednotlivých variant doby vysychání PK SAMA před sadbou

Fig. 3: The chlorophyll fluorescence of bare-rooted spruce plants at the end of the growing season at particular treatments of the time of the desiccation



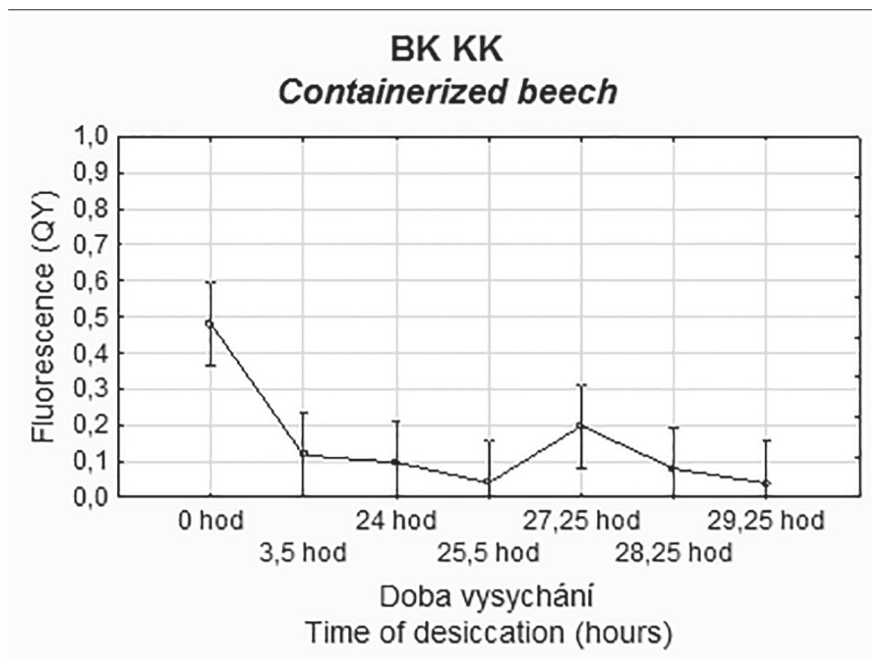
Obr. 4: Fluorescence buku na konci vegetačního období u jednotlivých variant doby vysychání PK SAMA před sadbou

Fig. 4: The chlorophyll fluorescence of bare-rooted beech plants at the end of the growing season at particular treatments of the time of the desiccation

Na konci vegetačního období bylo možno změřit fluorescenci chlorofylu buků (Obr. 4). Nejnižších hodnot fluorescence (QY) dosahují buky s nejdelší expozicí před výsadbou (4,58 hod). Je však překvapivé, že buky po 4 hodinové expozici dosahovaly srovnatelných hodnot fluorescence chlorofylu jako rostliny neexponované. Vysychání prostokořenných buků i smrků před výsadbou delší než 4 hodiny (v klimatických podmínkách daného dne výsadby) způsobilo rapidní pokles průměrné fluorescence chlorofylu.

Fluorescence chlorofylu KK SAMA smrku byla na konci vegetačního období mezi jednotlivými variantami expozice srovnatelná. QY dosahovalo průměrných hodnot mezi 0,2 a 0,5. Nižší hodnoty fluorescence připisujeme kombinaci stresu suchem v průběhu vegetačního období a nízké vlhkosti kořenových balů použitého SAMA. Mnohem větší vliv než vysychání sadebního materiálu před výsadbou měl zřejmě v tomto případě stres suchem vyvolaný nedostatkem vody v kořenovém balu použitého sadebního materiálu a extrémním průběhem počasí ve sledovaném vegetačním období (nízký úhrn srážek).

KK SAMA buku dosahuje zřetelně nejvyšších hodnot fluorescence ve variantě bez exponování rostlin suchem před výsadbou (Obr. 5). Buky v ostatních variantách dosahují průměrně minimálních hodnot fluorescence chlorofylu, ale je zde většinou několik rostlin vitálních, které dosahují hodnot QY > 0,7.



Obr. 5: Fluorescence chlorofylu buku na konci vegetačního období u jednotlivých variant doby vysychání KK SAMA před sadbou

Fig. 5: The chlorophyll fluorescence of containerized beech plants at the end of the growing season at particular treatments of the time of the desiccation

Stres suchem se před výsadbou neodrazil ve fluorescenci sazenic smrku ani v době výsadby ani cca 5 týdnů po ní. U rostlin byly naměřené podobné hodnoty QY ( $F_v/F_m$ ) odpovídající víceméně vitálním, nestresovaným rostlinám. Odolnost krytokořenných sazenic smrku vůči stresu vysycháním beze změn ve fluorescenci chlorofylu potvrzují i HELENIUS et al. (2005). Jejich výsledky však poukazují na nutnost výsadby dormantních sazenic a vhodnost dlouhodobého skladování sadebního materiálu v mrazicích boxech, které zajistí udržení sadebního materiálu v dormantním stavu do pozdních jarních termínů výsadeb. Na konci vegetačního období však byla u většiny variant pokusné výsadby zjištěna snížená průměrná hodnota QY, přičemž nejhůře na tom byly rostliny, které byly vystaveny vysychání déle než cca 4 hodiny, dosahujících minimálních hodnot v tomto parametru. Nižší vitalitu rostlin lze přičíst extrémním klimatickým podmínkám v průběhu vegetačního období v důsledku nízkých úhrnů srážek. Naopak nejvyšších hodnot parametru QY bylo potom zpravidla dosaženo v nestresovaných variantách. Nelze však z výsledků jednoznačně vyčíst, zda-li je fluorescence chlorofylu vyšší a vitalita lepší u krytokořenného sadebního materiálu oproti prostokořennému, u smrku oproti buku.

Hodnoceny byly, nicméně, vždy rostliny viditelně chřadnoucí a mrtvé, přičemž většina z nich měla hodnotu QY do 0,1. Bez jejich zařazení do porovnání by mezi variantami nebyly žádné rozdíly. U smrku, který přežil počáteční i silný stres (ex-

pozice 3–4 hod), byly naměřeny vysoké hodnoty QY (průměr cca 0,8), tedy při vyloučení všech viditelně odumírajících či mrtvých jedinců s hodnotou fluorescence QY < 0,1. Pouze výjimečně byla v jakékoliv variantě naměřena hodnota 0,1–0,6. Také u buků dosahují téměř všechny rostliny, které přežily v dlouho stresovaných variantách, poměrně vysokých hodnot QY (nad 0,7), ostatní jsou viditelně odumírající či mrtvé (<0,1) a pouze zřídka se setkáme s rostlinou chřadnoucí s hodnotou QY 0,1–0,7. Hodnocení fluorescence chlorofylu tedy koresponduje s hodnocením vitality rostlin, což však s ohledem na omezený rozsah příspěvku nemůže být dokladováno výsledky. Suchem silně stresované rostliny před výsadbou, pokud přežily, dosahují vždy vysokých hodnot QY a poškození suchem není na tomto parametru fluorescence chlorofylu patrné. Tyto výsledky odpovídají závěrům SLUGEŇOVÉ et al. 2011 aj. Nižší hodnoty fluorescence tedy odpovídají ztrátám po výsadbě či v průběhu vegetačního období a poukazují na nutnost vylepšení ploch (průměr QY do cca 0,6) či jejich znovuzalesnění (průměr QY do cca 0,2). To ale neznamená, že žádné změny v procesu fotosyntézy nebo i ve fluorescence chlorofylu při vysychání rostlin nenastávají. ZLATEV, YORDANOV (2004) vysvětlují, že stres suchem vyvolává zvýšení minimální fluorescence ( $F_o$ ) doprovázené snížením fluorescence maximální ( $F_m$ ). Zvýšení  $F_o$  je dle nich charakteristické inaktivací fotosystému II, kdežto pokles variabilní fluorescence ( $F_v$ ) může indikovat pokles nefotochemického zhášení v nebo blízko reakčních center, přičemž poměr  $F_v/F_m$  se přitom prakticky nemění.

## ZÁVĚR

Z dosažených výsledků vyplývají tyto závěry:

Vysychání sadebního materiálu smrku se v době výsadby ani 5 týdnů po ní neodrazilo ve změně fluorescence chlorofylu. Nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v parametru QY, resp.  $F_v/F_m$  mezi rostlinami suchem stresovanými a nestresovanými.

Ztráta vody před výsadbou neovlivňuje fluorescence chlorofylu ( $F_v/F_m$ ) sadebního materiálu prostokořenného i krytokořenného smrku i buku, který se ujmul a odrůstá, ani na konci prvního vegetačního období po výsadbě.

Akutní neúměrný stres suchem je provázen rychlým snížením fluorescence chlorofylu ( $F_v/F_m$ ) až v době, kdy rostlina viditelně odumírá.

Přestože se vysychání sadebního materiálu neodráželo ve změnách fluorescence chlorofylu tak, aby bylo možné identifikovat suchem stresované rostliny před výsadbou, výsledky a z nich plynoucí zejména ztráty po výsadbě jednoznačně poukazují na nezbytnost pečlivé manipulace se sadebním materiálem před výsadbou v klimaticky vhodných podmínkách, důležitost výsadby dormantního sadebního materiálu, a to zejména s ohledem na probíhající a očekávané klimatické změny.

## LITERATURA

- FORCE, L., CRITCHLEY, CH., RENSEN J.J.S. 2003. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. *Photosynthesis research*, 78: s. 17–33.  
GOVINDJEE 1995. Sixty-three years since Kautsky - chlorophyll-a fluorescence.

- Australian Journal of Plant Physiology*, 22 (2): s. 131–160.
- HELENIUS, P., LUORANEN, J., RIKALA, R. 2005. Physiological and morphological responses of dormant and growing Norway spruce container seedlings to drought after planting. *Annals of Forest Science*, 62 (3): s. 201–207.
- KAUTSKY, H., HIRSCH, A. 1934. Chlorophyllfluoreszenz und Kohlensäureassimilation. Das Fluoreszenzverhalten grüner Pflanzen. *Biochemische Zeitschrift*, 274: s. 423–434.
- MACKOVÁ, M., KMEJ, J. 2013. Parametre fluorescence chlorofylu a sadenic buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) v podmienkach sucha pri aplikovaní hydrogélu Stockosorb Micro. *Acta facultatis forestalis Zvolen*, 55 (1): s. 73–80.
- MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J. 2000. Informace o používaných metodách hodnocení kvality sadebního materiálu, instruktáž správného zadávání zakázek pro hodnocení kvality. In: Jurásek, A. (ed.) *Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin*. Opočno, 7.–8.3.2000. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno: s. 65–74.
- SLUGEŇOVÁ, K., DITMAROVÁ, L., KURJAK, D., VÁLKA, J. 2011. Drought and aluminium as stress factors in Norway spruce (*Picea abies* [L.]Karst) seedlings. *Journal of Forest Science*, 57 (12): s. 547–554.
- ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J. 2006. Hodnocení změn fluorescence chlorofylu smrku ztepilého na začátku jarní růstové aktivity. In: Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M.(ed.) *Stabilization of forest function in biotopes disturbed by anthropogenic activity*. Opočno, 5.–6.9.2006. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno: s. 425–434.
- VANĚK, P., MAUER, O., CAFOUREK, J. 2014. *Metodika hodnocení poškození asimilačních orgánů jehličnatých dřevin mrazem a možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu douglasky tisolisté proti pozdním mrazům*. Certifikovaná metodika. Brno, Mendelova univerzita v Brně: 31 s.
- ZLATEV, Z.S., YORDANOV, I.T. 2004. Effect of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30 (3/4): s. 3–18.
- ŽIVČÁK, M., BRESTIČ, M., OLŠOVSKÁ, K., SLAMKA, P. 2008. Performance index as a sensitive indicator of water stress in *Triticum aestivum* L. *Plant, soil and environment*, 54 (4): s. 133–139.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum v rámci projektu QJ1520080.





## VLASTNOSTI VODY V HORSKÝCH TOCÍCH PO LETNÍM SUCHU 2015, PŘÍPADOVÁ STUDIE

### MOUNTAIN STREAM WATER PROPERTIES AFTER SUMMER DROUGHT IN 2015, CASE STUDY

DUŠAN KACÁLEK, VLADIMÍR ČERNOHOUS, EVELÍNA ERBANOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady, Výzkumná stanice Opočno,  
Na Olivě 550, Opočno, kacalek@vulhmop.cz

#### ABSTRACT

Mountain stream water properties were analyzed in order to evaluate growing conditions of forests that are affected by long-term deposition of nitrogen. Totally thirteen streams and two springs were sampled following the third, precipitation-poor summer in 2015. Concentrations of all nitrogen ions ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  and  $\text{NH}_4$ ) did not exceed any limits for drinking water. The only spring with the most acidic water showed over-limit concentration of aluminum. Long-term nitrogen deposition did not saturate the forest ecosystems excessively to release increased concentrations of nitrogen ions into surface waters.

Keywords: stream water, nitrogen, chemical properties

#### ABSTRAKT

Hodnocení vlastností vody povrchových horských toků bylo prováděno v souvislosti s hodnocením podmínek prostředí v lesích dlouhodobě ovlivněných antropogenními depozicemi dusíku. Vzorkováno bylo třináct vodních toků a dva prameny v období po třetím, srážkově chudém čtvrtletí 2015. Koncentrace forem dusíku ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ) ve všech vzorcích nepřekročily limity stanovené pro pitnou vodu. V jednom prameni s nejkyselější vodou byla detekována nadlimitní koncentrace hlíníku. I přes dlouhodobou zátěž zájmové oblasti depozicemi dusíku nejsou lesní ekosystémy tak satureovány, aby docházelo k výraznějšímu exportu dusíkových iontů do povrchových toků.

Klíčová slova: potoční voda, dusík, chemické vlastnosti

#### ÚVOD A PROBLEMATIKA

Od devadesátých let 20. století dochází k trvalému snižování atmosférické depozice látek antropogenního původu. V České republice mezi nejvíce zasažené oblasti patří území kolem průmyslových komplexů, sídelní aglomerace a vrcholové části hor. I přes nepopíratelné snížení depozice síry (ZAPLETAL 2014), zůstává v horských oblastech značným problémem depozice dusíku (LOCHMAN et al.

2008, ŠRÁMEK et al. 2013). Také např. HOŠEK et al. (2007) a VACEK et al. (2013) poukazují na přetrvávající depozice dusíku v Krkonoších a NOVOTNÝ et al. (2008) uvádějí nepříznivou situaci ve Slezských Beskydech. Také Orlické hory patří stále k oblastem s nejvyšší celkovou mokrou depozicí dusíku (součet mokrých depozic  $N/NH_4^+$  a  $N/NO_3^-$ ) na našem území (*Grafická ročenka* 2013, HUŇOVÁ et al. 2016). Přestože se akutní dopady imisní zátěže na lesní ekosystémy Orlických hor téměř neobjevují, zvýšené depozice dusíku představují nadále rizika pokračující acidifikace lesních půd a nadměrného vstupu dusíku do lesního ekosystému. Např. VEJPUSTKOVÁ et al. (2004) již dříve poukázali na náznak negativní korelace růstu smrku a depozic dusíku. Na zvýšení depozice dusíku se podílejí lesní porosty vyčesáváním usazených srážek, což může představovat např. 123 %  $NH_4^+$  a 81 %  $NO_3^-$  depozice vertikálními srážkami (TESAŘ et al. 2004). Dlouhodobá zátěž dusíkem může být příčinou destabilizace ekosystému provázené zvýšeným výstupem dusíku ve formě dusičnanů do podzemní (ZÁHORA et al. 2011) či povrchové (SCHELKER et al. 2015) vody. Cílem studie bylo zjistit, zda se ve vodě povrchových toků v režimu blízkém základnímu odtoku vyskytují výrazně zvýšené koncentrace dusitanů, dusičnanů a amonných iontů.

## MATERIÁL A METODIKA

Vzorky povrchových tekoucích vod v zájmovém území Orlických hor byly odebrány 1. 10. 2015. Odběrům předcházelo dlouhé období s malými srážkami a vysokými teplotami. Toto dokumentujeme na příkladu povodí U Dvou louček, které je dlouhodobě sledováno a závěrečný profil povodí (č. 8 UDL) je součástí vzorkované série. Během celého 3. čtvrtletí předcházejícího odběru vody (92 dní) zde bylo zaznamenáno 61 dní zcela bez srážek, 10 dní se srážkami 0,2–1 mm, 12 dní se srážkami 1,1–4,7 mm, 4 dny se srážkami 5,9–9,6 mm, 3 dny se srážkami 10–11 mm, jedna epizoda s 30 mm (24 dní před odběrem) a druhá epizoda s 55 mm (42 dní před odběrem). Poslední srážka (2 mm) byla zaznamenána 12 dní před odběrem. To znamená, že vodní toky byly v době odběru v režimu blízkému úrovni základního odtoku. Celkově bylo vzorkováno 13 profilů horských vodních toků, jeden pramen (č. 7) ve vrcholové části hor a druhý pramen (č. 11) nedaleko Orlického Záhoří (Tab. 1). Vzorky v plastových lahvích byly po transportu na VS Opočno zmrazeny a poté odvezeny k analýzám do laboratoře VÚLHM, v. v. i. ve Straněch. Hodnoceny byly následující charakteristiky: pH, koncentrace fosforečnanů ( $PO_4^{3-}$ ), koncentrace amonných ( $NH_4^+$ ), dusitanových ( $NO_2^-$ ) a dusičnanových ( $NO_3^-$ ) iontů a koncentrace vybraných prvků (K, Ca, Mg, Al). Všechny koncentrace jsou v řádu miligramů látky v litru vody.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Koncentrace dusitanů, dusičnanů a amonných iontů v hodnocených vzorcích vody (Tab. 2) byly na tak nízké úrovni, že nepřekročily limity stanovené pro pitnou vodu.

Tab. 1: Místa odběru vzorků vody v zájmovém území Orlických hor  
 Table 1: Sampling sites in the study area, the Orlické hory Mts.

Označení vzorku	Popis lokality	Nadmořská výška
1. OL	Olešenka nad Olešnicí	650 m
2. PVR	Olešenka pod Vrchmezím	880 m
3. ÚB	údolí Bělé, Bělá rozcestí	1 010 m
4. LÚ	Luisino údolí, přítok Zdobnice	900 m
5. LC	Locenská chata, přítok Zdobnice	970 m
6. OREL	potok z Orla, u Locenské cesty	1 010 m
7. 5-TI CESTÍ	studánka u Pěticestí ca 160 m směrem na Mezivrší	990 m
8. UDL	U Dvou louček	880 m
9. NSKL	Na Sklárně, potok	820 m
10. ZVK	Zvonkové údolí, potok	650 m
11. SKAUT	pramen v táboře u Orlického Záhoří	670 m
12. ORLICE	Profil řeky Orlice na hranici s Polskem u Bedřichovky	690 m
13. TRČ	Trčkov, potok	765 m
14. TRČ 2	Trčkov 2, prameniště pod silnicí	880 m
15. PMD	Pod Malou Deštnou (zatáčka u přehrážky)	840 m

Tab. 2: Koncentrace iontů ve vzorcích vody  
 Table 2: Concentrations of ions in stream water samples

Vzorek/Sample	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Al	Ca	K	Mg	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
		mg.l <sup>-1</sup>							
11. SKAUT	4,34	0,02	<0,040	0,59	1,49	0,71	0,66	0,018	0,47
14. TRČ 2	5,25	0,01	<0,040	0,01	2,00	0,37	0,60	0,018	0,16
6. OREL	5,57	0,01	<0,040	0,01	3,44	1,60	0,71	0,018	1,18
7. 5-TI CESTÍ	5,98	0,01	<0,040	0,01	1,67	0,96	0,43	0,018	0,07
8. UDL	6,57	0,02	<0,040	0,01	3,03	0,93	0,61	0,018	0,50
5. LC	6,60	0,01	<0,040	0,01	1,76	0,96	0,58	0,018	0,30
3. ÚB	6,69	0,01	<0,040	0,01	3,99	0,74	1,97	0,018	0,34
4. LÚ	6,77	0,01	<0,040	0,01	3,53	0,78	1,14	0,018	0,55
9. NSKL	6,99	0,01	<0,040	0,01	5,54	1,03	1,38	0,018	0,71
15. PMD	7,01	0,08	<0,040	0,01	4,40	1,40	0,84	0,018	1,01
1. OL	7,06	0,01	<0,040	0,01	8,04	0,88	3,13	0,018	0,85
12. ORLICE	7,54	0,04	<0,040	0,01	10,30	0,92	1,38	0,018	0,27
2. PVR	7,86	0,01	<0,040	0,01	13,65	1,02	5,06	0,018	1,78
10. ZVK	7,86	0,01	<0,040	0,01	14,60	0,86	1,42	0,018	1,14
13. TRČ	8,35	0,01	<0,040	0,01	11,97	1,11	2,14	0,018	0,55

Poznámka: Hodnoty jsou řazeny podle vzrůstajícího pH  
 Note: Given values are sorted according to rising pH

LOCHMAN et al. (2008) doložili, že jednoznačné trendy poklesu depozice imisních látek nesouhlasí se změnou koncentrací těchto látek ve vodě. Doložili vzrůst koncentrace nitrátů na třech povodích s dospělými smrkovými porosty, ačkoliv na stejných povodích docházelo k poklesu depozice dusíku. Množství nitrátů vyplavených z půdy je ovlivněno mírou nitrifikace amonných iontů; deponované amonné ionty jsou v půdě více zadržovány (NOVÁK 1999). Proces nitrifikace navíc přispívá k prohloubení acidity půdy (SINGER, MUNNS 1996). Koncentrace nitrátů v tekoucí povrchové vodě také závisí na období vegetace a vegetačního klidu. Nízká úroveň koncentrací sloučenin dusíku v povrchových vodách je připisována zvýšené schopnosti imobilizovat dusík lesními ekosystémy po jejich zotavení z období zvýšených imisí (KOLÁŘ et al. 2015). Titíž autoři uvádí, že vysoké ztráty nitrátů do povrchových vod byly v souvislosti s imisemi podmíněny sníženým přírůstem lesa, což dokládají také GODEK et al. (2015). Je zřejmé, že poškození funkce kořenů imisemi vedlo ke snížené schopnosti přijímat nitráty. Stejně tak je jejich přijímání omezeno v době vegetačního klidu (ALEXANDER et al. 2007, ZÁHORA et al. 2011, BETTEZ et al. 2015). Dočasné zvýšení maximálních koncentrací nitrátů v odtékající vodě konstatovali BEUDERT et al. (2015) v jehličnatém lese zasaženém velkoplošně gradací *Ips typographus*; koncentrace stoupaly s kumulativním nárůstem plochy s mrtvými smrkami. Tito autoři nicméně dokládají, že se ani zvýšené maximální koncentrace nitrátů nepřiblížily limitu Světové zdravotnické organizace (WHO – 50 mg.l<sup>-1</sup>) pro pitnou vodu. V naší studii se koncentrace dusičnanů na zájmovém území pohybovaly od 0,07 do 1,8 mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace dusitanů byly ve všech případech na hranici detekce 0,018 mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace amonných iontů činila 0,012–0,080 mg.l<sup>-1</sup>. Tedy ani zde nebylo překročeno maximum (0,50 mg.l<sup>-1</sup>) stanovené pro pitnou vodu Vyhláškou č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů. PITTER (1999) hodnotí povrchové vody s obsahem dusičnanů do 1 mg.l<sup>-1</sup> jako čisté. Poměrně rozsáhlá škála hodnot pH vody od 4,3 v prameni nedaleko Orlického Záhoří po 8,65 v potoce v Trčkově dobře koresponduje s koncentracemi vápníku. V čistých přírodních vodách se pH pohybuje v rozmezí od 4,5 až 9,5 (PITTER 1999). Pramen v Záhoří patří k nejkyselějším z námi sledovaných míst. V tomto vzorku jsme našli nejvyšší koncentraci hliníku, která zde měla hodnotu 0,6 mg.l<sup>-1</sup>; koncentrace u ostatních vzorků nepřesáhla mez detekce 0,01 mg.l<sup>-1</sup>. Migrace hliníku v půdě se zvyšuje vlivem kyselých srážek, což je také jedna z příčin vzrůstu koncentrace Al v povrchových vodách. Zvýšené množství Al může být způsobeno i přítomností huminových látek (organické kyseliny) ve vodách, či vyluhování Al kyselými vodami z okolí nalezišť sulfidických rud nebo některých břidlic (PITTER 1999).

## ZÁVĚRY

I přes dlouhodobou zátěž antropogenními depozicemi nejsou lesní ekosystémy zájmové oblasti natolik saturovány dusíkem, aby docházelo k většímu exportu jeho iontů povrchovými toky. Vzhledem k jednorázovému odběru 1. 10. 2015 zatím nelze usuzovat na vlastnosti povrchových vod v průběhu roku. Přesto jsme konstatovali mimořádnou úroveň čistoty vod z pohledu analyzovaných charakteristik. K doplnění bude třeba odběrů vody během srážkově bohatšího období.

## LITERATURA

- ALEXANDER, R.B., BOYER, E.W., SMITH, R.A., SCHWARZ, G.E., MOORE, R.B. 2007. The role of headwater streams in downstream water quality. *Journal of the American Water Resources Association*, 43 (1): s. 41–59.
- BETTEZ, N.D., DUNCAN, J.M., GROFFMAN, P.M., BAND, L.E., O'NEIL-DUNNE, J., KAUSHAL, S.S., BELT, K.B., LAW, N. 2015. Climate variation overwhelms efforts to reduce nitrogen delivery to coastal waters. *Ecosystems*, 18: s. 1319–1331.
- BEUDERT, B., BÄSSLER, C., THORN, S., NOSS, R., SCHRÖDER, B., DIEFFENBACH-FRIES, H., FOULLOIS, N., MÜLLER, J. 2015. Bark beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality. *Conservation Letters*, 8 (4): s. 272–281.
- GODEK, M., SOBIK, M., BŁAŚ, M., POLKOWSKA, Ż., OWCZAREK, P., BOKWA, A. 2015. Tree rings as an indicator of atmospheric pollutant deposition to subalpine spruce forests in the Sudetes (Southern Poland). *Atmospheric Research*, 151: s. 259–268.
- Grafická ročenka. 2013. [online]. Praha, ČHMÚ. [cit. 2016-04-27]. Dostupné na: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IX\\_depozice\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IX_depozice_CZ.html)
- HOŠEK, J., SCHWARZ, O., SVOBODA, T. 2007. Výsledky desetiletého měření atmosférické depozice v Krkonoších. *Opera Corcontica*, 44 (1): s. 179–191.
- HŮNOVÁ, I., KURFÜRST, P., VLČEK, O., STRÁNÍK, V., STOKLASOVÁ, P., SCHOVÁNKOVÁ, J., SRBOVÁ, D. 2016. Towards a better spatial quantification of nitrogen deposition: A case study for Czech forests. *Environmental Pollution*, in press. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.01.061.
- KOLÁŘ, T., ČERMÁK, P., OULEHLE, F., TRNKA, M., ŠTĚPÁNEK, P., CUDLÍN, P., HRUŠKA, J., BÜNTGEN, U., RYBNÍČEK, M. 2015. Pollution control enhanced spruce growth in the “Black Triangle” near the Czech–Polish border. *Science of the Total Environment*, 538: s. 703–711.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., FADRHOŇSOVÁ, V. 2008. Chemistry of water in forests in relation to changes of air pollution load. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, Vol. 24: s. 131–151.
- NOVÁK, F. 1999. Transformace dusíku v půdě přirozeného horského smrkového lesa na Trojmezí hoře (Šumava). *Silva Gabreta*, 3: s. 183–194.
- NOVOTNÝ, R., LACHMANOVÁ, Z., ŠRÁMEK, V., VORTELOVÁ, L. 2008. Air pollution load and stand nutrition in the Forest District Jablunkov, part Nýdek. *Journal of Forest Science*, 54, (2): s. 49–54.
- PITTER, P. 1999. *Hydrochemie*. Praha, Vydavatelství VŠCHT: 568 s.
- SCHELKER, J., SPONSELLER, R., RING, E., HÖGBOM, L., LÖFGREN, S., LAUDON, H. 2015. Nitrogen export from a boreal stream network following forest harvesting: seasonal nitrate removal and conservative export of organic forms. *Biogeosciences Discuss.*, 12: s. 12061–12089.
- SINGER, J.S., MUNNS, D.N. 1996. *Soils, an introduction*. New Jersey, Prentice Hall: 480 s.
- ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, B., NOVOTNÝ, R. 2013. Vývoj zdravotního stavu a minerální výživy smrkových mlazin v Jizerských horách v období snižování imisní zátěže

- že. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (1): s. 66–77.
- TESAŘ, M., ŠÍR, M., FOTTOVÁ, D. 2004. Usazené srážky na Šumavě. In: *Aktuality šumavského výzkumu II*. Srní, 4.–7. října 2004. Vimperk, Správa NP Šumava: s. 79–83.
- VACEK, S., BÍLEK, L., SCHWARZ, O., HEJCMANOVÁ, P., MIKESKA, M. 2013. Effect of air pollution on the health status of spruce stands. *Mountain Research and Development*, 33 (1): s. 40–50.
- VEJPUŠKOVÁ, M., ZAHRADNÍK, D., ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V. 2004. Growth trends of spruce in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*, 50 (2): s. 67–77.
- Vyhláška č. 252/2004 Sb. ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody (změna: 187/2005 Sb., změna: 293/2006 Sb., změna: 83/2014 Sb.).*
- ZÁHORA, J., NOHEL, P., KINTL, A. 2011. Vyplavování minerálního dusíku z orných, lučních a lesních půd v OPVZ II. st. Březová nad Svitavou. In: *Voda Zlín 2011*. 1. vyd. Zlín, Moravská vodárenská, a. s.: s. 49–54.
- ZAPLETAL, M. 2014. *Historický vývoj atmosférické depozice síry a dusíku v České republice*. Opava, Slezská univerzita v Opavě, Filozoficko-přírodovědecká fakulta: 135 s.

## PODĚKOVÁNÍ

Studie vychází z řešení projektu NAZV QJ1520291 Pěstební opatření na podporu odolnosti lesních porostů vůči vlivům zvýšených depozic dusíku.

## **OPAD V RŮZNĚ VYCHOVÁVANÝCH POROSTECH S DOUGLASKOU**

### *LITTER-FALL IN DIFERENTLY THINNED STANDS WITH DOUGLAS-FIR*

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*

*Douglas-fir (DF) is increasingly used introduced tree species in the Czech Republic due to its good production. Effect of DF on soil conditions by litter-fall is also important. Paper brings first results from 4-year observation of quantity and quality of litter-fall on two thinning experiments established in young stands with DF. Results showed that mean annual litter-fall achieved about 3 t.ha<sup>-1</sup> in 20-year-old stands dominated by DG. Annually 30–40 kg N, 1–2 kg P, 3–4 kg K, 13–17 kg Ca a 1–2 kg Mg is returned by litter-fall under one hectare of stands with DF. Thinning led to lower annual litter-fall in following years in more homogeneous stand with higher share (more than 80%) of DF. This effect was not confirmed in less homogeneous stand with lower share (50–70%) of DF.*

*Keywords: forest litter, thinning, nutrients, Douglas-fir*

#### *ABSTRAKT*

*Douglaska tisolistá je v ČR stále více využívána introdukovaná dřevina zejména díky své dobré produkci. Důležitý je také její vliv na půdní prostředí prostřednictvím opadu. Příspěvek přináší první výsledky ze čtyřletého sledování kvantity a kvality opadu na dvou experimentech s výchovou založených v mladých porostech s douglaskou. Z výsledků vyplývá, že ve dvacetiletých porostech s dominancí douglasky se roční opad pohybuje kolem 3 t.ha<sup>-1</sup>. Formou opadu se tak každoročně navrácí pod porosty s douglaskou 30–40 kg N, 1–2 kg P, 3–4 kg K, 13–17 kg Ca a 1–2 kg Mg na hektar. Výchovné zásahy vedly ke snížení množství opadu v následujících letech po zásahu v homogennějším porostu s dominancí (více než 80 %) douglasky. V méně homogenním porostu s nižším zastoupením (50 až 70 %) douglasky nebyl tento efekt potvrzen.*

*Klíčová slova: lesní opad, výchova lesa, živiny, douglaska tisolistá*

## **Úvod**

Lesní ekosystémy jsou vystaveny působení klimatických změn a různému stupni antropogenní zátěže. V důsledku toho jsou lesní hospodáři často nuceni hledat nové postupy pěstování lesa včetně změn druhové skladby. V mnoha případech lze v tomto procesu využít osvědčených introdukovaných dřevin, jako je například douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Kromě vynika-

jící produkce (KANTOR et al. 2001, PODRÁZSKÝ et al. 2013) je znám i její efekt na stav lesních půd (zejména humusových vrstev), který je výrazně příznivější ve srovnání se smrkem (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005, 2008, PODRÁZSKÝ, KUPKA 2011, ULBRICHOVÁ et al. 2014). V současné době jsou již dostupné některé informace o akumulaci a dekompozici opadu douglasky v ČR (PODRÁZSKÝ et al. 2009, MENŠÍK et al. 2009), chybí však údaje (zejména víceleté) o kvantitě a kvalitě každoročně opadávané biomasy a o vlivu pěstebních opatření na charakteristiky opadu.

Zvýšený zájem o douglasku v ČR se v posledních letech projevil v četnosti projektových aktivit (KUBEČEK et al. 2014, SLODIČÁK et al. 2014), spojených se zakládáním dlouhodobých pěstebních pokusů v porostech s douglaskou. Cílem této práce bylo vyhodnotit první výsledky víceletého sledování opadu v mladých porostech s douglaskou na dvou experimentech s výchovou založených ve východních Čechách v roce 2011.

## MATERIÁL A METODIKA

Experimenty Polánky 1 a 2 s výchovou douglasky (DG) byly založeny v předjaří roku 2011 (před růstovou sezonou 2011) v 17letých mlazinách vzniklých z přirozené obnovy na stanovišti SLT 2K. Lokalita se nachází ve východních Čechách nedaleko obce Polánky nad Dědinou (50°12'21"N, 16°01'43"E) na majetku Kristiny Colloredo-Mansfeldové. Jedná se o dvě dvojice ploch (každá o výměře 0,04 ha) z nichž jedna je ponechána jako kontrolní (bez úmyslných zásahů) a na druhé byl proveden silný podúrovňový zásah. Každoročně po růstové sezoně jsou měřeny výčetní tloušťky všech stromů na trvale označených měřistiších s přesností 0,1 cm a výšky (ca 30 stromů na každé dílčí ploše) s přesností ca 0,5 m.

Na experimentu Polánky 1 dosahovala hustota porostu při založení na kontrole (Pol 1K) 4000 stromů (80 % DG, 20 % SM převážně v podúrovni) a na zásahové ploše (Pol 1Z) 4625 stromů (90 % DG, 10 % SM převážně v podúrovni) na hektar. Výčetní základna byla na obou plochách podobná (24,6 a 22,2 m<sup>2</sup>. ha<sup>-1</sup>). Experimentální zásah byl velmi silný. Odstraněno bylo 68 % stromů a 59 % kruhové základny hlavně negativním výběrem v podúrovni. Na konci sledování v roce 2015 (věk 22 let) byla hustota porostů na plochách Pol 1K a Pol 1Z celkem 3750 (82 % DG) a 1450 (88 % DG) stromů na hektar. Výčetní základna činila 34,7 a 17,4 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Experiment Polánky 2 se od předchozí série liší především vyšším podílem borovice a také smrku a menší dostupnosti vláhy. Vzhledem k horším růstovým podmínkám a vyšší příměsi borovice tvoří zde douglaska ca 1/2 výčetní základny celého porostu. Hustota celého porostu dosahovala při založení na kontrole (Pol 2K) 7700 stromů (z toho DG 75 %) a na zásahové ploše (Pol 2Z) 8175 stromů (z toho DG 50 %). Celková výčetní základna byla na obou plochách téměř totožná (18,3 a 19,4 m<sup>2</sup>). Experimentální zásah byl i na této sérii velmi silný. Odstraněno bylo 50 % stromů u obou hlavních dřevin (DG a BO) a 54 a 50 % kruhové základny hlavně negativním výběrem v podúrovni. Na konci sledování v roce 2015 (věk 22 let) byla hustota porostů na plochách Pol 2K a Pol 2Z celkem 6700 (72 % DG) a 3975 (50 % DG) stromů na hektar. Výčetní základna činila 28,2 a 22,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

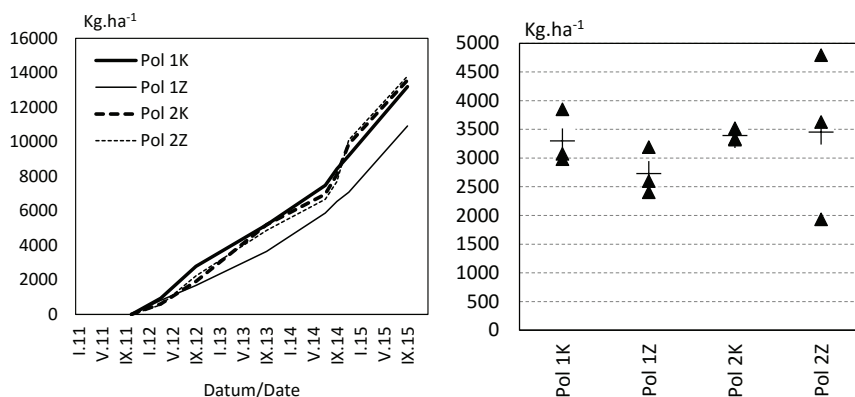


Sledování opadových poměrů bylo zahájeno v říjnu 2011 instalací opadoměrů s jednotlivou zachytnou plochou 0,25 m<sup>2</sup> v počtu 3 kusů na variantu. Vzorok opadu byly odebírány 2×ročně a laboratorně byly stanovovány kvantitativní (sušina při 80 °C) a kvalitativní charakteristiky (obsah dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku). Obsah dusíku byl stanovován ze směšného vzorku pro každý rok sledování po mineralizaci kyselinou sírovou a peroxidem vodíku. Koncentrace N byla analyzována metodou Kjehldahla a koncentrace P spektrofotometricky. Atomický absorpční spektrofotometr byl použit k zjištění koncentrace K. Koncentrace Ca a Mg byly zjišťovány atomickou absorpcí (AAS) po přidání lanthanu (popis metod viz např. Novák et al. 2014).

Data byla zpracována v softwaru Unistat pomocí základních popisných charakteristik a k vyjádření vlivu výchovy byl použit párový t-test.

## VÝSLEDKY

Za čtyřleté období sledování (říjen 2011 až září 2015) opadlo ve sledovaných porostech 11 až 14 tun sušiny na hektar (Obr. 1 vlevo). Na experimentu Polánky 1 bylo za tuto dobu v porostu bez zásahu (Pol 1K) zaznamenáno celkem 13,2 t.ha<sup>-1</sup> opadu, zatímco v porostu s výchovou (Pol 1Z) bylo opadu méně o 17 % (10,9 t.ha<sup>-1</sup>), přičemž rozdíl mezi kontrolním porostem a porostem se zásahem byl signifikantní (p-value 0,032). Naopak na experimentu Polánky 2 byly rozdíly v množství opadu za čtyřleté období v obou srovnávaných porostech minimální a nesignifikantní (p-value 0,834). Na kontrolní ploše Pol 2K bylo zjištěno 13,6 t.ha<sup>-1</sup>, na ploše s výchovou to bylo o 2 % více (13,8 t.ha<sup>-1</sup>).



Obr. 1: Kumulativní množství sušiny opadu (vlevo) a průměrné roční množství opadu (vpravo) v porostech experimentů Polánky 1 a 2 v období říjen 2011 až září 2015 (kontrolní porosty bez zásahu – Pol 1K a Pol 2K, porosty s výchovným zásahem – Pol 1Z a Pol 2Z, černé trojúhelníky označují údaje z jednotlivých opadoměrů, křížek označuje aritmetický průměr hodnot).

Fig. 1: Cumulative amount of litter-fall dry mass (left) and mean annual litter-fall (right) in experimental stands Polánky 1 and 2 in the period from October 2011 to September 2015 (control unthinned stands – Pol 1K and Pol 2K, thinned stands – Pol 1Z and Pol 2Z, black triangles mean values from individual litter-fall collectors, crosses mean arithmetical mean of values).

Průměrný roční opad činil ve sledovaných porostech s douglaskou 2,7 až 3,5 t.ha<sup>-1</sup> (Obr. 1 vpravo). V kontrolním porostu experimentu Polánky I (Pol 1K) bylo zjištěno 3,3 t.ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>. V porostu s výchovou (Pol 1Z) byl průměrný roční opad nižší o 0,6 t (2,7 t.ha<sup>-1</sup>. rok<sup>-1</sup>). Na experimentu Polánky 2 byly rozdíly mezi sledovanými porosty v průměrném množství ročního opadu minimální (3,4 t.ha<sup>-1</sup> na ploše Pol 2K a 3,5 t.ha<sup>-1</sup> na ploše Pol 2Z). Porosty se však lišily v rozptylu hodnot zjištěných v jednotlivých opadoměrech (Obr. 1 vpravo). Rozdíl mezi maximem a minimem průměrného ročního opadu na kontrolní ploše Pol 2K byl pouze 0,2 t.ha<sup>-1</sup>, zatímco na ploše s výchovou Pol 2Z činil tento rozdíl 1,7 t.ha<sup>-1</sup>.

Tab. 1: Koncentrace a množství živin v opadu v porostech experimentů Polánky 1 a 2 v období říjen 2011 až září 2015.

Table 1: Concentration and amount of nutrients in litter-fall in experimental stands Polánky 1 and 2 in the period from October 2011 to September 2015.

	Plocha <sup>1</sup>	Živiny <sup>2</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg
Průměrná koncentrace živin v opadu <sup>3</sup> (%)	Pol 1K	1,25	0,07	0,11	0,43	0,05
	Pol 1Z	1,12	0,06	0,13	0,49	0,06
	Pol 2K	0,79	0,03	0,09	0,48	0,05
	Pol 2Z	0,90	0,04	0,08	0,40	0,04
Množství živin v opadu za 4leté období 2011–2015 <sup>4</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Pol 1K	166,5	9,6	16,0	58,1	7,8
	Pol 1Z	124,3	6,4	16,1	56,3	7,3
	Pol 2K	103,9	3,8	14,6	66,5	6,3
	Pol 2Z	126,9	5,5	11,2	53,6	5,6
Průměrné množství živin v ročním opadu <sup>5</sup> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Pol 1K	41,6	2,4	4,0	14,5	2,0
	Pol 1Z	31,1	1,6	4,0	14,1	1,8
	Pol 2K	26,0	1,0	3,6	16,6	1,6
	Pol 2Z	31,7	1,4	2,8	13,4	1,4

<sup>1</sup>Plot (see Fig. 1), <sup>2</sup>Nutrients, <sup>3</sup>Mean concentration of nutrients in litter-fall, <sup>4</sup>Amount of nutrients for 4-year period (2011 - 2015), <sup>5</sup>Amount of nutrients in mean annual litter-fall

Průměrná koncentrace živin v sušině opadu se pohybovala u dusíku v rozmezí 0,79–1,25 %, u fosforu 0,03–0,07 %, u draslíku 0,08–0,13 %, u vápníku 0,40–0,49 % a u hořčíku 0,04–0,06 % (Tab. 1), přičemž byl zřejmý trend vyšších hodnot na experimentu Polánky 1 ve srovnání s experimentem Polánky 2.

Na experimentu Polánky 1 (kde bylo zjištěno signifikantně nižší množství opadu v porostu s výchovou ve srovnání s kontrolou) se tak za celé sledované čtyřleté období dostalo formou opadu méně sledovaných živin (na hektar o 42 kg N, 3 kg P, 2 kg Ca a 0,5 kg Mg). Výjimka byla zaznamenána u draslíku, kterého bylo za toto období v opadu zaznamenáno na obou plochách prakticky stejné množství 16 kg.ha<sup>-1</sup> (Tab. 1).

Na experimentu Polánky II (kde se množství opadu lišilo pouze o 2 % ve prospěch ploch s výchovou) opadlo na hektar za období sledování více živin na kontrole u K

(o 3 kg), Ca (o 13 kg) a Mg (o 0,7 kg). Naopak menší množství na hektar kontrolního porostu bylo zaznamenáno u N (o 23 kg) a P (o 2 kg).

V podmínkách sledovaných experimentů se ročně navrácí formou opadu na hektar 26 až 42 kg N, 1 až 2 kg P, 3 až 4 kg K, 13 až 17 kg Ca a 1 až 2 kg Mg (Tab. 1). Na experimentu Polánky 1 se zásah projevil ve snížení množství N v ročním opadu na hektar o ca 11 kg. Rozdíly v množství P, K, Ca a Mg v opadu mezi kontrolním a vychovávaným porostem nepřesáhly  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Na experimentu Polánky 2, přestože bylo průměrné množství ročního opadu vyšší o 2 % na ploše s výchovou, bylo v opadu zaznamenáno větší množství N (o 6 kg) a Ca (o 3 kg) na hektar ročně v porostu kontrolním. Rozdíly v množství P, K a Mg v opadu mezi kontrolním a vychovávaným porostem nepřesáhly  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

## DISKUSE A ZÁVĚR

O množství opadu douglasky jsou k dispozici údaje z porostů 40letých a starších (WILL 1959, MCSHANE et al. 1983, FRIED et al. 1990, LONGDOZ et al. 2000, BERG et al. 2001), kdy se množství sušiny ročně pohybovalo od 1,4 do 3,5  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . V mladších porostech odpovídajících věkem našim experimentům (tj. okolo 20 let) bylo zjištěno 1,4 až 2,5  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (TURNER, LONG 1975, BINKLEY et al. 1984). Naše výsledky ukazují vyšší roční opad (ca 3  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ). Důvodem je rozdílná hustota a výčetní základna sledovaných porostů. Roční opad 1,4  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  byl zaznamenán v 23letém porostu s hustotou 650 stromů na hektar a výčetní základnou 9,7  $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (TURNER, LONG 1975), zatímco k našim hodnotám bližší roční opad 2,5  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  byl zjištěn v 22letém porostu s hustotou 2756 stromů na hektar a výčetní základnou 42  $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  (BINKLEY et al. 1984).

Při výzkumu opadu v lesních porostech je důležitá délka období sledování, protože je známa meziroční variabilita v množství opadované biomasy. V souladu s našimi výsledky to pro douglaskové porosty potvrzují i WILL (1959) a TROFYMOW et al. (1991). Důvodem kolísání hodnot ročního opadu je především průběh klimatických charakteristik.

Výchova ovlivňuje množství opadu zejména cíleným snižováním hustoty porostů. Efekt snížení množství opadu (o 17 %) po zásahu byl prokázán na experimentu Polánky 1. Na druhém experimentu, kdy byl výchovný zásah také poměrně silný se tento efekt neprojevil. Důvodem může být větší nehomogenita porostu a malý počet opadoměrů. Po výchovných zásazích mají ponechané stromy prostor ke zvýšenému tloušťkovému přírůstu a také k rozvoji korun, který vede k postupnému zvyšování opadu. Efekt snížení opadu po zásahu trvá tedy jen po určité období. V porostech douglasky to potvrzují TROFYMOW et al. (1991), kdy odstranění dvou třetin výčetní základny ve věku 25 let vedlo ke snížení ročního opadu v následujících 15 letech.

Pokud jde o množství živin v ročním opadu, námi zjištěné hodnoty na hektar 30–40 kg N, 1–2 kg P, 3–4 kg K, 13–17 kg Ca a 1–2 kg Mg se pohybují v rozmezích zjištěných v douglaskových porostech jinými autory (WILL 1959, TURNER 1981, FRIED et al. 1990, TROFYMOW et al. 1991). S nižším množstvím opadu se také zpravidla pod sledované porosty dostalo méně živin. Toto zcela neplatilo u našich sle-

dování, kdy podíl některých živin nekorespondoval s množstvím ročního opadu (u K na experimentu Polánky 1 a u K, Ca a Mg na experimentu Polánky 2). K podobným výsledkům dospěl také TURNER (1981) u N a Mg avšak v porostech starších (42 let věku). Tato problematika zřejmě vyžaduje další podrobnější šetření. Vzhledem ke zjištěné meziroční a také stanovištní variabilitě faktorů ovlivňujících opad v lesních porostech se tak opět potvrzuje nutnost dlouhodobých sledování.

Na základě vyhodnocení prvních výsledků čtyřletého sledování opadu v mladých porostech s douglaskou lze konstatovat:

- Ve dvacetiletých porostech s dominancí douglasky se roční opad pohybuje kolem 3 t.ha<sup>-1</sup>.
- Formou opadu se každoročně navrácí pod porosty s douglaskou 30–40 kg N, 1–2 kg P, 3–4 kg K, 13–17 kg Ca a 1–2 kg Mg na hektar.
- Výchovné zásahy vedly ke snížení množství opadu v následujících letech po zásahu v homogennějším porostu experimentu Polánky 1 s dominancí (více než 80 %) douglasky. V méně homogenním porostu experimentu Polánky 2 s nižším zastoupením (50–70 %) douglasky nebylo možné tento efekt potvrdit (malý počet opadoměrů vzhledem k nehomogenitě porostu).

Z analýzy vyplývá nutnost dalšího sledování experimentů vzhledem k meziroční variabilitě hodnot opadu a také variabilitě směsi s douglaskou. Za delší časové období lze také provést sledování efektu klimatických charakteristik na množství opadované biomasy. Výzkum se také zaměří na šetření humusových a půdních poměrů pod sledovanými porosty.

#### LITERATURA

- BERG, B., McCLAUGHERTY, C., DE SANTO, A.V., JOHNSON, D. 2001. Humus buildup in boreal forests: effects of litter fall and its N concentration. *Canadian Journal of Forest Research*, 31: s. 988–998.
- BINKLEY, D., LOUSIER, J.D., CROMACK, K. 1984. Ecosystem effects of Sitka alder in a Douglas-fir plantation. *Forest Science*, 30: s. 26–35.
- FRIED, J.S., BOYLE, J.R., TAPPEINER, J.C., CROMACK, K. 1990. Effects of bigleaf maple on soils in Douglas-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: s. 259–266.
- KANTOR, P., KNOTT, R., MARTINÍK, A. 2001. Production capacity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) in a mixed stand. *Ekológia (Bratislava)*, 20 (Suppl. 1): s. 5–14.
- KUBEČEK, J., ŠTEFANČÍK, I., PODRÁZSKÝ, V., LONGAUER, R. 2014. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb./ Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. *Lesnícky Časopis = Forestry Journal*, 60: s. 116–124.
- LONGDOZ, B., YERNAUX, M., AUBINET, M. 2000. Soil CO<sub>2</sub> efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. *Global Change Biology*, 6: s. 907–917.
- MCSHANE, M.C., CARLILE, D.W., HINDS, W.T. 1983. The effect of collector size

- on forests litter-fall collection and analysis. *Canadian Journal of Forest Research*, 13: s. 1037–1042.
- MENŠÍK, L., KULHAVÝ, J., KANTOR, P., REMEŠ, M. 2009. Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in training forest district Hůrky and the Křtiny Forest Training Enterprise. *Journal of Forest Science*, 55: s. 345–356.
- NOVÁK, J., DUŠEK, D., SLODIČÁK, M. 2014. Quantity and quality of litterfall in young oak stands. *Journal of Forest Science*, 60 (6): s. 219–225.
- PODRÁZSKÝ, V., ČERMÁK, R., ZAHRADNÍK, D., KOUBA, J. 2013. Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science*, 59: s. 398–404.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2005. Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50: s. 46–48.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2008. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53: s. 27–34.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., HART, V., MOSER, W.K. 2009. Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. *Journal of Forest Science*, 55: s. 299–305.
- PODRÁZSKÝ, V., KUPKA, I. 2011. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* / Mirb/ Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): s. 1–5.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., MAUER, O., PODRÁZSKÝ, V. a kol. 2014. *Pěstební postupy při zavádění douglasky do porostních směsí v podmínkách ČR*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 272 s. ISBN 978-80-7458-65-9
- TROFYMOW, J.A., BARCLAY, H.J., MCCULLOUGH, K.M. 1991. Annual rates and elemental concentrations of litter fall in thinned and fertilized Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, 21: s. 1601–1615.
- TURNER, J. 1981. Nutrient cycling in an age sequence of Western Washington Douglas-fir stands. *Annals of Botany*, 48: s. 159–169.
- TURNER, J., LONG, J.N. 1975. Accumulation of organic matter in a series of Douglas-fir stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 5: s. 681–690.
- ULBRICHOVÁ, I., KUPKA, I., PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J., FULÍN, M. 2014. Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (1): s. 72–78.
- WILL, G.M. 1959. Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 2: s. 719–734.

## PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV QJ1520299 „Uplatnění douglasky tisolisté v lesním hospodářství ČR“ a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR - Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011).



## COMPARISON OF DROUGHT EFFECT ON YOUNG COPPICED AND STANDARD INDIVIDUALS OF SESSILE OAK

### SROVNÁNÍ VLIVU SUCHA NA MLADÉ VÝMLADKY A GENERATIVNÍ JEDINCE DUBU ZIMNÍHO *QUERCUS PETRAEA* (MATT) LIEBL

MARKO STOJANOVIĆ<sup>1,2</sup>, MATJAZ ČATER<sup>1,3</sup>, RADEK POKORNY<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Silviculture, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic, marko.stojanovic@mendelu.cz

<sup>2</sup>Global Change Research Centre, Academy of Science of the Czech Republic, Bělidla 4a, 603 00 Brno, Czech Republic, pokorny.r@czechglobe.cz

<sup>3</sup>Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenia, matjaz.cater@gozdis.si

#### ABSTRACT

Assimilation and photosynthetic efficiency (quantum yield) of young oaks were compared in coppice and standard sessile oak stands of comparable age (100–120 years) under different light intensity categories. Measurements of assimilation response were performed during three consecutive growing seasons (2012, 2013 and 2014). In every category 8 young oaks of generative origin and same number of coppice sprouts of different stool were measured. The quantum yield in optimal conditions in standards was highest in the category A of closed canopy, while in coppices in category C. During severe drought in 2013 the drop in efficiency of standards was evident in all categories, while in coppices no differences in efficiency were confirmed between optimal and drought stress, proving the advantage of young coppices over standards.

Keywords: coppice, standards, photosynthetic response, quantum yield, light conditions, drought response

#### ABSTRAKT

Asimilace a fotosyntetická efektivita (kvantový výtěžek) byla porovnána mezi mladými duby generativního a vegetativního původu v různých kategoriích intenzit dopadajícího světla (A–C) v nízkém a vysokém lese srovnatelného stáří (100–120 let). Měření asimilačních parametrů probíhalo ve třech po sobě následujících růstových sezónách (2012–2014). V každé světelné kategorii bylo měřeno osm dubů jak generativního tak vegetativního (výmladků různých pařezů) původu. Kvantový výtěžek fotosyntézy byl za optimálních podmínek nejvyšší u generativně obnovených jedinců v kategorii A (zapojený porost), zatímco u vegetativně obnovených jedinců v kategorii C (nejnižší stupeň zápoje). V průběhu suchého r. 2013 poklesla evidentně efektivita generativně zmlazených jedinců ve všech světelných kategoriích, zatímco u vegetativně obnovených jedinců nebyly nalezeny rozdíly v efektivitě fotosyntézy mezi optimálními podmínkami a stresem sucha, což prokazuje výhodu výmladků nad generativními jedinci.

Klíčová slova: nízký les, generativní jedinci, fotosyntetická reakce, kvantový výtěžek, světelné podmínky, reakce na sucho

## INTRODUCTION

Coppice systems, as one of the oldest known management systems (HONNAY et al. 2004) are known for its vegetative reproduction (PETERKEN 1993). Interest in the reintroduction of coppicing to protect endangered species (FULLER 2013, VILD et al. 2013) and obtain a sustainable source of energy (MCKENNEY et al. 2011) has been steadily increasing in many European regions, including England, Switzerland, Germany, France and also Czech Republic (EEA 2006, MÜLLEROVÁ et al. 2015). Historical data reveal that a major part of the area of the present Czech Republic was in the past covered with coppices and coppices-with-standards. With the onset of changing socio-economic conditions in the early 19<sup>th</sup> century, coppice forests were gradually converted into high forests, where today, partially or completely converted stands can be found on these sites (MÜLLEROVÁ 2014).

Understanding the benefits and hazards of exploiting vegetative regeneration is the first step in assessing, whether promoting this means of reproduction could be exploited for conservation by increasing forest persistence in unfavourable future climate conditions (SjÖLUND and JUMP 2013). In areas that are more likely to be affected by drought, keeping an overstorey of high forest and promoting a coppice understorey would provide sufficient canopy cover and consequently soil cover. Vegetative sprouts are believed to have competitive advantages over seedlings originating from seed mainly because of their access to an established root system and better water and nutrient availability (LORET et al. 2004, ZHU et al. 2012).

The following research aimed to compare performance of young sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) seedling from coppices and high origin stands under comparable light conditions - closure of mature canopy (1) in favourable and drought conditions (2). Our aim was to compare same light categories and highlight those, where performance of young seedlings would show most differences.

## MATERIAL AND METHODS

The study was performed in two comparable coppice and high sessile oak stands of the same age (100–120 years). The study sites are located in a mixed Carpineto-Quercetum forest located close to Brno in South Moravia, Czech Republic (49°14'N, 16°36'E), 360 m above sea level with loess soils of 30–40 cm. High forest has been managed by the shelterwood system, while the coppice forest was established after the clear-cut in 1920. Annual temperature reaches 7.5 °C, mean annual precipitation is 550–650 mm – 360 mm during the growing season. The climate is moist with mild winters and well distributed precipitation over all seasons (CHMI, 2014) with sessile oak (*Quercus petraea*) as a predominant tree species. In every forest complex, four research plots were established differing from complete closure to open sky conditions with hemispherical photo analysis (ČATER et al. 2014) in the four categories: A – under canopy conditions (ISF<20%), B – at the forest edge, (20%<ISF<25%), C – in the open with some single trees (25%<ISF<30%) and in the open D -without canopy shelter (ISF>30%). The assimilation response of seedlings in every group has been measured in dependence of different light intensity during consecutive growing periods (2012, 2013 and 2014). Parameters such as ( $A_{max}$ ) and photosynthetic efficiency ( $\Phi$ ) have been compared in favorable and dry (2013) conditions with Li-6400 portable infra-red gas exchange device.



Light saturation curves were established to compare the ecophysiological response of net assimilation ( $A_{max}$ ) in both standard and coppice oak stands to different under all comparable light condition (ČATER et al. 2014). At least eight coppice sprouts, each from the different stool and eight standard seedlings were measured in each light microsite, making a total sample of  $32 \times 2$  trees for each measurement during optimal conditions in growing season. All measurements were performed on dominant young oaks of vegetative and generative origin. Height of vegetative sprouts ranged from 75–150cm and in generative seedlings from 100–180cm. The number of seedling in different light intensity categories changed for standards decreased, while in coppices it increased. With increasing light intensity in both adult standards and coppices numbers of individuals decreased (Fig. 1).

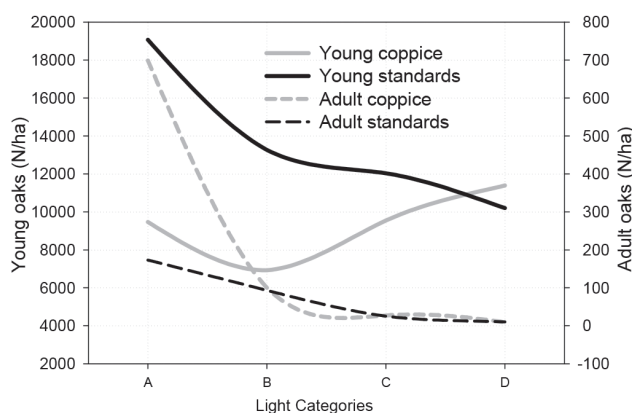


Figure 1: Number of individuals in every light category. Black lines represent the standards and grey the coppices; straight line represents young trees, while dotted the adult individuals.

Quantum yield, defined as the amount of fixed  $CO_2$  per amount of absorbed light quanta (LAMBERS et al. 1998) were defined for each light category in every forest complex.

Analyses of variance (ANOVA) and post hoc LSD analysis were used for determination of differences. Probability values of  $p < 0.05$  (\*),  $p < 0.01$  (\*\*) and  $p < 0.001$  (\*\*\*) were considered significant. Data analysis and the correlation between measured variables was analysed with the Statistica data analysis software system (2011), obtaining the significance of correlation coefficient ( $p$ ) and the determination coefficient of the linear regression ( $r^2$ ).

## RESULTS

Responses between same light categories and type of management system (coppice, standards) between observed years in favourable conditions did not indicate significant differences in response of the seedlings.

Maximal photosynthetic response ( $A_{max}$ ) and photosynthetic yield ( $\Phi$ )

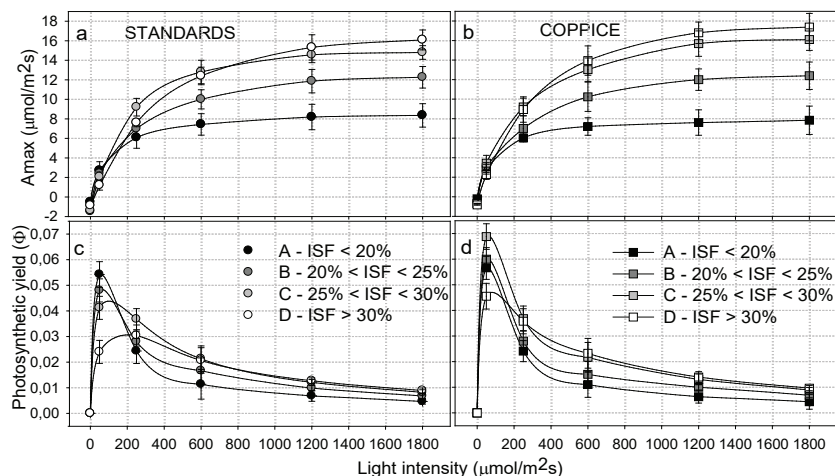


Fig. 2: Maximal assimilation response (a,b) and photosynthetic yield (c,d) in standard (a,c) and coppice stands (b,d), in all four light categories (A, B, C, D). Bars are standard errors

In optimal conditions no significant differences were confirmed in response between coppice and standard seedlings for the groups A and B, respectively. Group C in the coppiced stands reached the level of maximal assimilation, which was similar to the response of the group D in the standards. Complete openness in coppices (D) reached highest response in all groups, which was also 9% higher than response in the same light category of standards. Photosynthetic yield ( $\Phi$ ) was in all groups of different light intensity (A, B, C, D) far higher in coppices than in standards (Fig. 2).

In standards were the highest values recorded in group with lowest light intensity (A), followed by the groups B, C and D (complete canopy openness) (Fig. 1, left) while in coppices were the highest values measured in the group C with almost complete canopy openness, followed by the group B and A (complete canopy cover) and lowest in the category D, without mature canopy shelter (Fig. 1, right).

Drought conditions were considered after five weeks without precipitation in the growing period of 2013 on both locations. Same type of measurement indicated differences between measured groups (Fig. 2).

Table 1: Significant differences between light intensity groups in coppices and standards in optimal conditions

STANDARDS	COPPICES			
	A	B	C	D
A	/	NS	p=0.000***	p=0.000***
B	NS	/	NS	p=0.001**
C	p=0.000***	NS	/	p=0.000***
D	p=0.000***	p=0.000***	p=0.000***	/

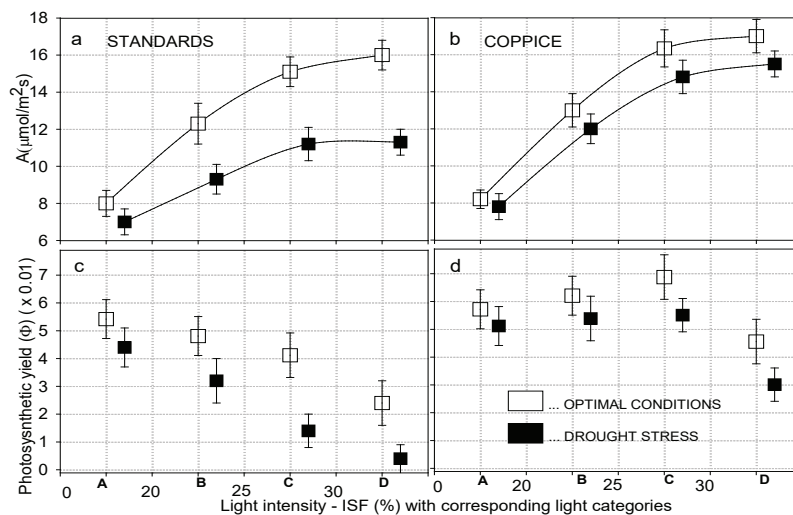


Fig. 3: Maximal assimilation response (a, b) and photosynthetic yield (c,d) in standard (a,d) and coppice stand conditions (b,d) in all light categories during optimal (empty characters) and drought conditions (black characters). Bars are standard errors.

During drought maximal assimilation dropped in all light categories progressively from the complete closure towards open area light conditions. Only the differences in response in the first category (A) were not significant, while in coppices all categories indicated lower values during drought conditions, but (like in category A, standards) without significance (Fig. 2, upper part).

Photosynthetic yield between optimal and drought conditions of the same light categories in standards were all highly significant with exception of category A where no significant differences were confirmed ( $p=0.0584$ ). In coppices the differences between optimal and drought conditions increased by their absolute value from complete closure (A) towards category with smallest canopy cover (C), which also indicated the highest absolute yield also in stressed conditions. Differences in photosynthetic yield were significant only in complete openness (D), while in other categories differences were without statistical significance (Fig. 2, lower part).

Table 3: Significant differences between light intensity groups in coppices and standards: optimal vs. drought conditions

	A	B	C	D
STANDARDS	NS	$p=0.001^{**}$	$p=0.000^{***}$	$p=0.000^{***}$
COPPICES	NS	NS	NS	$p=0.000^{***}$

## DISCUSSION

The performance of young coppice oaks compared to standards were compared in perspective of forthcoming dryer climate in different light categories. As drought events from the 1990's in central Europe evidently increase (TRNKA et al. 2011), the onset of droughts in Czech Republic clearly addressed importance in the rise of temperatures than decrease in precipitation (BRÁZDIL et al. 2012).

In our study during optimal conditions, the maximal assimilation of young standard sessile oaks increased progressively with increasing light; values were always higher in corresponding categories of coppices, indicating their advantage over standards.

To our surprise the maximal photosynthetic yield in coppices showed just the opposite pattern according to the light categories than standards; both started with comparable responses in the dark, in the category with most of the canopy coverage (A) and gradually decreased with increasing light (B, C and D categories) in standards, while in coppices it increased with light and reached its maximum in the category of 25-30% ISF (C), showing completely different adaptation with increasing light. It is our belief that coppices adapt to available resources in root systems, as also the number of seedlings in coppices followed the same pattern (Fig.3).

There is no doubt that coppices have expressed potential against standard seedlings, especially in drought stress, proved by our experiment. However, it is not certain if the pronounced advantage persists also during further, older development phases, or is it accumulated and evident only during the first competition phase and then gradually wears out. Several studies conducted on traditional coppice systems provide an insight into the changes in structure and function of over-mature coppice (DI FILIPPO et al. 2010).

As the coppices have been applied on the sites with harsh site conditions, especially where drought represented the limiting survival aspect, several researchers (PELIŠEK 1957, ADAMSON et al. 1992, RANGER and NYS 1996) linked coppicing with the risks of the soil environment degradation, reduction in soil fertility and production potential with increased use of nutrients, loss of fertility and loss of organic matter. The rate of potential degradation depends on the mineral strength of the site and duration of coppicing, with long-term reduction of soil fertility and thus the production and stability of the forest ecosystem being the consequence (KUPEC et al. 2015).

While tree species' characteristics and forest structure will affect particular forest responds to management, economic factors such as the demand for coppice products, viability of grazing and availability of skilled labour as well as preservation of forest sites and availability of nutrients will have a major influence on whether re-introducing traditional management will be sustainable in the long term.

Performance of different light categories of standards and coppices sessile oaks were observed. To our surprise, the performance of coppices overpassed the maximal assimilation in all observed light categories during both optimal and drou-

ght conditions, where maximal assimilation yield has been observed in the category of minimal shelter for coppices and for standards in category of maximal shelter. Such advantage might decrease in time; it would be interesting to compare responses in time and and define, when do response abilities of both systems become equal.

## REFERENCES

- ADAMSON, K., HORNUNG, M., KENNEDY, M.H., NORRIS, D.A., PATERSON, I.S., STEVENS, P.A. 1992. Soil solution chemistry and throughfall under adjacent stands of Japanese larch and Sitka spruce at three contrasting locations in Britain. *Forestry*, 1: s. 51–68.
- BRÁZDIL, R., ZAHRADNÍČEK, P., PIŠOFT, P., ŠTĚPÁNEK, P., BĚLÍNOVÁ, M., DOBROVOLNÝ, P. 2012. Temperature and precipitation fluctuations in the Czech Republic during the period of instrumental measurements. *Theoretical and Applied Climatology*, 110 (1/2): s. 17–34.
- CHMI 2014. Czech Hydrometeorological Institute. URL: <http://www.chmi.cz>
- ČATER, M., DIACI, J., ROŽENBERGAR, D. 2014. Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325: s. 128–135.
- DI FILIPPO, A., ALESSANDRINI, A., BIONDI, F., BLASI, S., PORTOGHESI, L., PIOVESAN, G. 2010. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy. *Annals of Forest Science*, 67: s. 706.
- EEA 2006. *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?* [online]. Copenhagen, European Environment agency [cit. 2016-06-29]. Dostupné na: [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_7](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_7)
- HONNAY, O., VERHEYEN, K., BOSSUYT, B., HERMY, M. 2004. *Forest biodiversity: lessons from history for conservation*. Wallingford, CABI Publishing: 320 s.
- KUPEC, P., KUČERA, A., KADAVÝ, J., KNEIFL, M. 2015. Contribution to a discussion on the influence of coppicing on soil environment. *Journal of Forest Science*, 61: s. 216–224.
- LLORET, F., PENUELAS, J., OGAYA, R. 2004. Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime. *Journal of Vegetation Science*, 15: s. 237–244.
- MCKENNEY, D.W., YEMSHANOV, D., FRALEIGH, S., ALLEN, D., PRETO, F. 2011. An economic assessment of the use of short-rotation coppice woody biomass to heat greenhouses in southern Canada. *Biomass and Bioenergy*, 35 (1): s. 374–384.
- MÜLLEROVÁ, J., HÉDL, R., SZABÓ, P. 2015. Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. *Forest Ecology and Management*, 343: s. 88–100.
- MÜLLEROVÁ, J., SZABÓ, P., HÉDL, R. 2014. The rise and fall of traditional forest management in southern Moravia: a history of the past 700 years. *Forest Ecology and Management*, 331: s. 104–115.
- PETERKEN, G.F. 1993. *Woodland conservation and management*. Second ed. London, Chapman & Hall: 374 s.

- RANGER, J., NYS, C. 1996. Biomass and nutrient content of extensively and intensively managed coppice stands. *Forestry*, 2: s. 91–110.
- SJÖLUND M.J., JUMP, A.S. 2013. The benefits and hazards of exploiting vegetative regeneration for forest conservation management in a warming world. *Forestry*, 86: s. 503–513.
- TRNKA, M., BRÁZDIL, R., DUBROVSKÝ, M., SEMERÁDOVÁ, D., ŠTĚPÁNEK, P., DOBROVOLNÝ, P., MOŽNÝ, M., EITZINGER, J., MÁLEK, J., FORMAYER, H., BALEK, J., ŽALUD, Z. 2011. A 200-year climate record in Central Europe: implications for agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, 31 (4): s. 631-641.
- ZHU, W.Z., XIANG, J.S., WANG, S.G., LI, M.H. 2012. Resprouting ability and mobile carbohydrate reserves in an oak shrubland decline with increasing elevation on the eastern edge of the Qinghai–Tibet Plateau. *Forest Ecology and Management*, 278: s. 118–126.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

Presented research was financially supported by project „Coppice - COPFUR” No. LD15117 and Mendel University in Brno, Internal Grant Agency of the Faculty of Forestry and Wood Technology of the Czech Republic [Grant No. 55/2014].

## **POTENCIÁL K HYDRAULICKÉMU LIFTU BUKU PRO SMRK V EXTRÉMĚ SUCHÉM VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2015**

### *HYDRAULIC LIFT POTENTIAL OF BEECH FOR SPRUCE IN EXTREMELY DRY 2015 VEGETATION SEASON*

FRANTIŠEK ŠACH, VLADIMÍR ČERNOHOUS

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

#### *ABSTRACT*

*Scientific knowledge from the long-term Deštenská stráň (DS) experimental area shows, during dry periods, different intake of water by spruce and beech trees and potential water redistribution in beech stand soil from deeper layers into upper layer of soil profile, so called hydraulic lift. On the basis of results from DS, the estimating method of hydraulic lift potential of beech in favour of spruce was devised. The estimate was carried out by proportional superposition of beech into a spruce stand. Thirty percent admixture of beech into the spruce stand increased model volume moisture of the upper soil layer (0–10 cm) in dry periods above value beyond range of decrease availability of soil water for plants (4–11%). Consequently, we were able to recommend model tree species composition of mountain woods in relation to hydraulic lift of beech: 70% spruce and 30% beech. In the extremely 2015 dry summer, greater portion of 40 to 50% of beech in spruce stand should be taken in consideration.*

*Keywords: young stands, spruce, beech, dry periods, volume soil moisture, hydraulic lift, Orlické hory Mts., Czechia*

#### *ABSTRAKT*

*Poznátky z dlouhodobé experimentální plochy Deštenská stráň (DS) ukazují v průběhu suchých period rozdílný příjem vody z půdních horizontů smrčiny a bučiny a možný přesun vody v půdě bučiny z hlubších vrstev do svrchní vrstvy půdního profilu, tzv. hydraulický lift. Na základě výsledků z DS byla navržena metoda odhadu potenciálu hydraulického liftu buku ve prospěch smrku prostou superpozicí buku do smrkového porostu. Příměs 30 % buku ve smrkovém porostu modelově zvýšila objemovou vlhkost nejsvrchnější půdní vrstvy (0–10 cm) v suchých periodách nad hodnotu mimo oblast snížené dostupnosti půdní vody pro rostliny (4–11 %), s výjimkou extrémně suchého léta 2015. Modelově mohlo být doporučeno druhové složení porostů horských lesů ve vazbě na hydraulický lift buku: smrk 70, buk 30, pro léto 2015 by podíl buku měl teoreticky dosahovat hodnoty 40 až 50 %.*

*Klíčová slova: mladé porosty, smrčina, bučina, suché periody, objemová vlhkost půdy, hydraulický lift, Orlické hory, Česko*

#### **ÚVOD A PROBLEMATIKA**

Příspěvek navazuje na článek *Hydraulický lift buku pro smrk: potenciálně významný ekosystémový proces pro pěstování smrkových porostů v souvislosti s klimatic-*

kou změnou oteplování (ŠACH, ČERNOŠOŠ 2015). Soustředí se na mladý smrkový a bukový porost na experimentální ploše Deštenská stráň v Orlických horách. Cílem je navázat na již hodnocená předchozí léta, indukovat potenciál hydraulického liftu buku pro smrk v extrémně suchém vegetačním období 2015 a přitom jej srovnat s potenciálem předchozího relativně vlhkého vegetačního období roku 2014.

Z hlediska klimatické změny oteplování může mít obecně mimořádný význam redistribuce vody v půdním profilu kořenovým systémem některých dřevin („hydraulic lift“), z níž mohou současně profitovat některé dřeviny jiné, včetně přizemní vegetace (souhrnně SCHOLZ et al. 2008). V zahraničí studovala problematiku hydraulického liftu („hydraulic lift“) především v suchých oblastech řada autorů, podrobněji viz ŠACH, ČERNOŠOŠ (2015).

Hydraulickým liftem konkrétně buku pro smrk lze rozumět převážně noční nasátí vody kořeny buku z hlubších vlhčích půdních horizontů, její přemístění v kořenovém systému vzhůru a následnou exsudaci do svrchních sušších vrstev půdy. Děje se tak za účelem udržení funkčnosti laterálních kořenů buku pro příjem živin ze svrchní vrstvy půdy. Tím současně dochází k poskytnutí vody potřebné pro sousedící smrk. Proces hydraulického liftu buku pro smrk zmínili pro ČR v rámci tématu biohydrologie LICHNER et al. (2008), avšak bez dalšího rozvedení. Smíšení smrku s bukem by mohlo přinést zmírnění pro smrk nebezpečných přísušků v případech klimatických výkyvů (TUŽINSKÝ 2009), zejména pak v nižších, 5. až 3. lesním vegetačním stupni (lvs).

Tento předpoklad vychází i z konstatování starých lesnických praktiků, že buk přímo živí smrk, jak uvádí ANDERLE (1949) v kritickém rozboru porostní směsi smrku s bukem pro horské a podhorské polohy. Konstatování také podporují výsledky ze stacionáru Deštné, kde stok po kmeni v bukovém porostu představoval přísun vody k povrchu lesní půdy ca 19 % srážkového úhrnu ve vegetačním období a byl obohacen o depozici prvků z korunové vrstvy (LOCHMAN, KANTOR 1985).

Pro suchá období byla vyslovena hypotéza, že hydraulický lift buku, sloužící k tvorbě půdního roztoku a tudíž k příjmu živin (výživa) a zejména k příjmu vody na chlazení (transpirace), by mohl prospívat smrku, jehož kořenový systém a zejména jemné kořeny jsou převážně v povrchové vrstvě půdy (horizonty LFH, Ah). Hypotézu podporují i výzkumy PALÁTOVÉ (2003), a to z pohledu vzájemného prostorového uspořádání kořenových systémů buku a smrku. Autorka přináší významný poznatek o prostorovém uspořádání kořenů ve smíšeném porostu smrku, buku a jeřábu na horském svahu Beskyd, kde se v laterálním směru mohou v humusových nebo humusem obohacených horizontech prolínat kořeny jeřábu a smrku, nebo i buku a smrku, ale ne jeřábu a buku. Ve vertikálním směru jeřáb obsazuje prostor pod kořenovým systémem smrku a buk pod kořenovým systémem jeřábu. Obdobné výsledky prezentovala také SCHMID (2002).

Prosperita, růst, zdravotní stav a produkce závisí na vstupu a pohybu vody do ekosystému smíšeného lesa. Vstup a pohyb vody v ekosystému smíšeného lesa lze ovlivnit pěstební péčí (výchova a proces obnovy). Vodní bilance smíšených porostů smrku a buku není dostatečně prozkoumána. Názory na vzájemné negativní ovlivnění či prospívání nejsou jednotné (HIETZ et al. 2000; SCHUME et al. 2004).



## MATERIÁL A METODIKA

Problematika je řešena především na bilančním stacionáru Deštné na Deštenské stráni (DS), kde lze využít od vegetačního období 1999 trvajících sledování v roce 2015 již 17leté řady kontinuálně měřených bilančních prvků v experimentálním mladém (33 let) smrkovém a bukovém porostu. Základní popis stacionáru Deštné je uveden v pracích KANTORA (např. KANTOR et al. 2009, aktuálně ŠACH, ČERNOHOUS 2016). Změny obsahu vody v půdě jsou podle jednotlivých horizontů určovány celkem 21 snímači objemové vlhkosti s automatickým sběrem dat. Snímače jsou umístěny v kořenové sféře v hloubkách 5 cm, 20 cm a 50 cm na třech vybraných místech v každém porostu a ve světlině jako volné ploše. Výběr míst sledoval variabilitu porostního prostředí. Na automatické meteostanici byly kontinuálně sledovány klimatické faktory, zejména srážky, teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu.

Dlouhé suché periody byly vybrány na bázi řady bezesrážkových dnů volné plochy. Jejich délka přesahovala zpravidla 10 dnů. Výběr byl podpořen zohledněním dynamiky objemové vlhkosti jemnozeme ve sledovaných vrstvách půdního profilu. Sucho tak bylo charakterizováno absencí srážek překračujících skropnou kapacitu korunové vrstvy lesního porostu (ca 2 mm), ale zejména dlouhodobým poklesem obsahu vody (vlhkosti půdy) v půdních horizontech. Principiálně obdobný přístup, ale založený na měření příjmu vody proudící z půdy xylémem kořenů, využili ve smíšeném jehličnatém porostu smrku a douglasky NADEZHINA et al. (2014).

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Suchost půdy a tudíž možnost hydraulického liftu naznačovaly ve vegetačním období jednak celkové srážky, jednak průměrné teploty vzduchu. Srážky ve vegetačních obdobích 2012–2015, která představovala období těsně předchozí (2012–2013) a aktuálně zájmová (2014–2015), se vyvíjely od nižších k vyšším: od 490 mm ve vegetačním období 2012, 520 mm ve vegetačním období 2013 až k 680 mm ve vegetačním období 2014, aby pak za vegetační období 2015 klesly až na hodnotu 391 mm. Průměrná teplota vzduchu za vegetační období 2015 dosáhla ze zmiňovaných zájmových období nejvyšší hodnoty a to 12,0 °C, když byla ve srovnání s 10,8 °C ve srážkově nejvydatnějším vegetačním obdobím 2014 o 1,2 °C vyšší.

### **Analýza suchých period na stacionáru Deštné v zájmových letech 2014–2015 z pohledu redistribuce vláhy v půdním profilu**

Analýzované suché periody (Tab. 1) podchycují různé fenologické fáze a počasí vegetačních období. Zatímco v létě 2014 byly tyto periody čtyři s celkovou dobou 62 dnů, v létě 2015 bylo suchých period šest o celkové době 1,6 krát delší tj. 101 dnů.

Z hodnocení čtyř vybraných suchých period ve vegetačním období 2014 a šesti ve vegetačním období 2015 vyplynulo, že klesající objemová vlhkost půdy, zachycená celkem na 10 grafech (u autorů), byla v hloubce 50 cm vždy nižší pod mladým porostem buku než pod mladým porostem smrku. V hloubce 20 cm a 5 cm tomu bylo zpravidla naopak, tzn. nižší objemová vlhkost pod smrkem než pod bukem. To potvrzují i průměrné hodnoty v grafu na Obr. 1. Smrk i buk přitom v těchto

Tab. 1: Suché periody na výzkumné ploše Deštenská stráň ve vegetačních obdobích 2014 a 2015

Table 1: Dry periods on the Deštenská stráň experimental area during 2014 and 2015 growing seasons

<sup>1</sup> Poř. číslo	Suchá perioda <sup>2</sup>	<sup>3</sup> Délka periody (dny)	<sup>4</sup> Teplota vzduchu prům. (°C)	<sup>5</sup> Teplota vzduchu max.(°C)	<sup>6</sup> Teplota vzduchu min.(°C)	<sup>7</sup> Epizodní srážky do 2 mm
1	30. 5. - 20. 6. 2014	22	12,0	25,5	6,5	7,2
2	11. 7. - 23. 7. 2014	13	17,5	27,5	8,7	2,0
3	3. 8. - 11. 8. 2014	9	16,4	24,8	11,7	9,6
4	27. 9. - 14. 10. 2014	18	10,6	16,6	5,9	2,2
	Suché periody ve vegetač. obd. 2014	62	14,1	23,6	8,2	21,0
5	10. 5. - 19. 5. 2015	10	9,3	17,8	2,6	9,2
6	2. 6. - 13. 6. 2015	12	14,8	28,0	4,8	4,2
7	28. 6. - 8. 7. 2015	11	18,2	29,1	9,5	0,4
8	26. 7. - 18. 8. 2015	24	18,7	31,6	7,6	21,2
9	20. 8. - 2. 9. 2015	14	17,3	27,9	9,6	2,0
10	14. 9. - 14. 10. 2015	30	8,3	23,5	-4,1	10,4
	Suché periody ve vegetač. obd. 2015	101	14,4	26,3	5,0	47,4

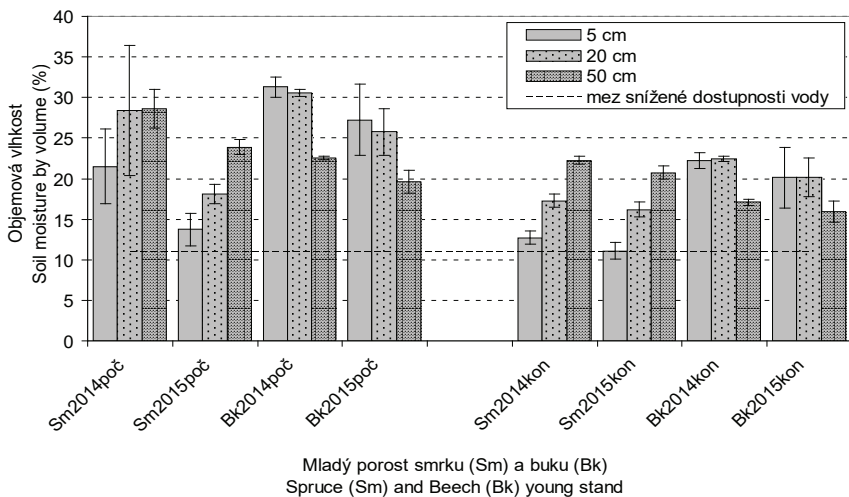
<sup>1</sup>serial number; <sup>2</sup>dry period (date); <sup>3</sup>length of period (days); <sup>4</sup>average air temperature (°C); <sup>5</sup>maximum air temperature (°C); <sup>6</sup>minimum air temperature (°C); <sup>7</sup>rainfall event with depth lesser than 2 mm

povrchových vrstvách obvykle vykazovaly zaznamenaný denní chod objemové vlhkosti. Průběh objemových půdních vlhkostí naznačoval noční pohyb vody vzhůru kapilárním vztláním (ve shodě se ŠVIHLA et al. 2005), popř. redistribuci vody prostřednictvím kořenů buku (SCHOLZ et al. 2008).

Protože hydraulický lift může nastávat hlavně při sušším stavu půdního profilu, zaznamenali jsme objemové vlhkosti ze zájmových hloubek ve sledovaných suchých periodách (10 epizod). Průměrné vlhkosti na jejich začátku i konci jsou pro mladý smrkový a bukový porost ukázány na Obr. 1. K hraniční hodnotě dostupnosti vláhy 11 % (KUTÍLEK 1978) se v létě 2014 ani v létě 2015 nepřiblížila v bukovém porostu žádná půdní vrstva (Tab. 2). Ve smrkovém porostu se v relativně vlhkém létě 2014 k této hranici blížily nebo pod ní klesly 2 suché periody (Tab. 1, poř. č. 2 a 3) v hloubce 5 cm (vrstva 0–10 cm), kde se nachází více než 80 % biomasy jemných kořenů smrku (SCHMID 2002). Naproti tomu v suchém létě 2015 se ve smrkovém porostu k hranici snížené dostupnosti vody pro rostliny těsně blížilo nebo pod ní kleslo 5 ze 6 suchých period (Tab. 1, poř. č. 6 až 10) a to opět v hloubce 5 cm (vrstva 0–10 cm), viz Tab. 2.

### **Odhad potenciálu hydraulického liftu buku ve prospěch smrku**

Pro periody se sníženou dostupností půdní vody pro rostliny, definovanou objemovou vlhkostí půdních vrstev v rozmezí 4–11 % pro písčitohlinitou zeminu (KUTÍLEK 1978), jsme navrhli metodu odhadu potenciálu hydraulického liftu buku ve



Obr. 1: Průměrná objemová vlhkost půdy ve třech hloubkách půdního profilu na počátku (poč) a na konci (kon) suchých period na experimentální ploše Deštenská stráň ve vlhkém létě 2014 a v suchém létě 2015

Fig. 1: Average volume soil moisture in three depths of soil profile (5, 20, 50 cm) at the start (poč) and at the end (kon) of dry periods on the Deštenská stráň experimental area in 2014 wet summer and in 2015 dry summer (dashed line – point of decreased soil water availability for vegetation)

Tab. 2: Odhad potenciálu hydraulického liftu buku ve prospěch smrku pro periody se sníženou dostupností půdní vody pro rostliny (objemová vlhkost půdních vrstev W v rozmezí 4–11 %) na experimentální ploše Deštenská stráň

Table 2: Estimation of potential of beech hydraulic lift in favour of a spruce for periods with decreased soil water availability for plants (volume moisture of soil layers W in a range of 4–11%) on the Deštenská stráň experimental area

Lesní porost <sup>1</sup>	Pořadové číslo suché periody/rok (viz tab. 1) <sup>2</sup>						
	Hloubka W (cm) <sup>3</sup>	2/2014	3/2014	6/2015	7/2015	8/2015	9/2015
Mladá bučina <sup>4</sup>	Objemová vlhkost půdy W (%) <sup>5</sup>						
W5	20,1	21,9	26,9	24,8	12,7	12,4	13,4
W20	22,0	23,2	25,4	23,7	15,1	15,5	15,6
W50	16,2	17,0	18,1	17,0	12,9	13,2	14,5
Mladá smrčina <sup>6</sup>							
W5	<b>11,6</b>	<b>10,8</b>	<b>11,5</b>	<b>11,1</b>	<b>9,2</b>	<b>9,0</b>	<b>10,7</b>
W20	15,9	15,5	16,9	15,7	14,0	14,1	16,8
W50	21,3	21,5	21,6	20,7	18,7	19,4	20,5
Modelová mladá buková smrčina <sup>7</sup>							
sm 70, bk 30							
W5	<b>14,2</b>	<b>14,1</b>	<b>16,1</b>	<b>15,2</b>	10,3	10,0	<b>11,5</b>
W20	17,7	17,8	19,5	18,1	14,3	14,5	16,4
W50	19,8	20,2	20,6	19,6	17,0	17,5	18,7

<sup>1</sup>forest stand; <sup>2</sup>serial number of a dry period/year (see tab. 1); <sup>3</sup>soil depth for W; <sup>4</sup>young beech stand; <sup>5</sup>volume soil moisture; <sup>6</sup>young spruce stand; <sup>7</sup>model young beech spruce stand: proportion 70% of spruce, 30% of beech

prospěch smrku. Do výběru suchých period se tak dostaly výše zmíněné periody pořadové číslo 2 a 3/2014 a 6 až 10/2015 (Tab. 1).

Odhad jsme provedli prostou superpozicí buku do smrku váženým aritmetickým průměrem (Tab. 2). Vzhledem k poznatkům výzkumu ohledně dřevoprodukční a vodohospodářské funkce (služby) lesního hospodářství (ARMBRUSTER et al. 2004; ŠACH et al. 2014) bylo zastoupení buku pro horské lesy (6. a 7. lvs) navrženo nižší než zastoupení smrku. Pro účely hydraulického liftu buku ve prospěch smrku bylo odvozeno jednotlivé přimíšení buku 30 %. Lze konstatovat, že 30% přimíšení buku ve smrkovém porostu modelově zvýšilo objemovou vlhkost půdních vrstev v konci šesti suchých period nad hodnotu mimo oblast snížené dostupnosti půdní vody pro rostliny. Modelově tak mohlo být doporučeno druhové složení porostů horských lesů ve vazbě na hydraulický lift buku: smrk 70, buk 30. Pro modelové zvýšení objemové vlhkosti nad hodnotu mimo oblast snížené dostupnosti půdní vody pro rostliny v konci periody č. 8 by bylo zapotřebí druhové složení smrk 60, buk 40 a pro konec periody č. 9 dokonce smrk 50, buk 50. Tyto dva poslední výsledky prokazují, jak silné bylo ohrožení suchem v červenci a zejména v srpnu 2015.

## ZÁVĚR

Výsledky z DS na konci suchých period ukazují v mladém smrkovém porostu zvyšování objemové vlhkosti od nejsušší svrchní půdní vrstvy k nejlhčí vrstvě v hloubce 50 cm. V mladém bukovém porostu na DS je tomu právě naopak. Vlahové podmínky buku by tak v sušších periodách mohly být pro smrk příznivé. Otázkou zůstává poměr zastoupení obou dřevin (ARMBRUSTER et al. 2004). SCHUME et al. (2004) uvádějí, že zastoupení buku 50 % a více rezultuje ve stanovištní hydrologii v hydrologický režim bukového porostu.

Na základě výsledků z DS jsme navrhli metodu odhadu potenciálu hydraulického liftu buku ve prospěch smrku superpozicí buku do smrkového porostu. Pro účely hydraulického liftu buku ve prospěch smrku bylo odvozeno jednotlivé přimíšení buku 30 %. Příměs 30 % buku ve smrkovém porostu modelově zvýšila objemovou vlhkost nejsvrchnější půdní vrstvy (0–10 cm) v konci vyskytujících se suchých period nad hodnotu mimo oblast snížené dostupnosti půdní vody pro rostliny (4–11 %). Modelově tak mohlo být doporučeno druhové složení porostů horských lesů ve vazbě na hydraulický lift buku: smrk 70, buk 30. V extrémně suchém létě 2015 by bylo pro červenec a srpen zapotřebí, aby modelová příměs buku dosahovala teoreticky hodnoty 40 až 50 %.

## LITERATURA

- ANDERLE, K. 1949. *Jak obrodit naše lesy*. Praha, Brázda: 96 s.
- ARMBRUSTER, M., SEEGERT, J., FEGERT, K.H. 2004. Effects of changes in tree species composition on water flow dynamics – model applications and their limitations. *Plant and Soil*, 264: s. 13–24.
- HIEZ, P., OFFENTHALER, I., SCHUME, H., RICHTER, H. 2000. Transpiration and canopy conductance in a spruce stand and spruce-beech stand. In: Hasenauer, H. (ed.): *Forest ecosystem restoration: ecological and economical impacts*

- of restoration processes in secondary coniferous forests.* Proceedings of the international conference held in Vienna, Austria 10.–12. April 2000. Wien, Institute of Forest Growth Research, University of Agricultural Sciences: s. 126–132.
- KANTOR, P., ŠACH, F., KARL, Z., ČERNOŠOU, V. 2009. Development of vaporization process from young stands of Norway spruce and European beech after snow breakage. *Soil and Water Research*, 4 (Special issue 2): s. 28–38.
- KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodářská pedologie*. Praha, SNTL-ALFA: 296 s.
- LICHNER, L., KODEŠOVÁ, R., TESAŘ, M. 2008. Introduction to special issue on bihydrology. *Soil and Water Research*, 3 (Special issue 1): s. 2–4.
- LOCHMAN, V., KANTOR, P. 1985. Působení smrkových a bukových porostů v Orlických horách na chemismus vody při odtoku do vodních zdrojů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 30 (4): s. 5–9.
- NADEZHINA, N., URBAN, J., ČERMÁK, J., NADEZHIN, V., KANTOR, P. 2014. Comparative study of long-term water uptake of Norway spruce and Douglas-fir in Moravian upland. *Journal of Hydrology Hydromechanics*, 62 (1): s. 1–6.
- PALÁTOVÁ, E. 2003. *Kořenový systém jeřábu ptačího (Sorbus aucuparia L.)*. Habilitační práce. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická universita: 96 s.
- SCHMID, IRIS 2002. The influence of soil type and interspecific competition on the fine root system of Norway spruce and European beech. *Basic and Applied Ecology*, 3 (4): s. 339–346.
- SCHOLZ, F.G., BUCCI, S.J., GOLDSTEIN, G., MOREIRA, M.Z., MEINZER, F.C., DOMEC, J.C., VILLALOBOS-VEGA, R., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. 2008. Biophysical and life-history determinants of hydraulic lift in Neotropical savanna trees. *Functional Ecology*, 22: s. 773–786.
- SCHUME, H., JOST, G., HAGER, H. 2004. Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce. *Journal of Hydrology*, 289: s. 258–274.
- ŠACH, F., ŠVIHLA, V., ČERNOŠOU, V., KANTOR, P. 2014. Management of mountain forests in the hydrology of a landscape, the Czech Republic – review. *Journal of Forest Science*, 60 (1): s. 42–50.
- ŠACH, F., ČERNOŠOU, V. 2015. Hydraulický lift buku pro smrk: potenciálně významný ekosystémový proces pro pěstování smrkových porostů v souvislosti s klimatickou změnou oteplování. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60 (1): s. 53–63.
- ŠACH, F., ČERNOŠOU, V. 2016. Lesní odtokové plochy a malá povodí s experimenty těžby dřeva ve vazbě na jejich vodnost. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (1): s. 54–65.
- ŠVIHLA, V., ŠACH, F., ČERNOŠOU, V. 2005. Příspěvek k řešení problému vztlínání podzemní vody na povodí U Dvou louček v Orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50 (1): s. 53–57.
- TUŽIŇSKÝ, L. 2009. Soil water regime analysis in spruce ecosystem in relation to its disponibility towards drought. *Beskydy*, 2 (1): s. 77–84.

### **PODĚKOVÁNÍ**

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011).

## **Vliv skupiny buku ve smrkovém porostu na vlastnosti humusu a půdy**

### **INFLUENCE OF BEECH ON PROPERTIES OF FOREST FLOOR, HUMUS AND SOIL UNDER SPRUCE STAND**

ONDŘEJ ŠPULÁK, DUŠAN KACÁLEK

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

#### **ABSTRACT**

*Tree species litter-fall quality is a driving factor in development of forest-floor humus. There is still a need to compare Norway spruce and European beech humus and soil properties since the spruce is the most important commercial tree species while the beech is considered a suitable soil-improving and stand-stabilizing tree species on almost all forested sites in the Czech Republic. The impact of 170-year-old beech patch on adjacent 110-year-old spruce stand was studied in the Jizera Mts., north Bohemia. Beech increased forest-floor humus pH, content of base cations (K, Ca, and Mg) and base saturation (V). Topsoil (horizon Ah) was lower in N and P and higher in Mg under beech compared to spruce with minimum addition of the beech litter-fall.*

*Keywords: forest-floor humus, soil, chemistry, soil improvement effect, beech, spruce*

#### **ABSTRAKT**

*Kvalita opadu lesních dřevin má určující význam pro vytváření humusových forem. V podmínkách České republiky má značný význam hodnocení vlastností nadložního humusu pod smrkem ztepilým a bukem lesním, protože smrk je naší hlavní hospodářskou dřevinou a buk je doporučován jako meliorační a zpevňující příměs na prosté většině stanovišť. Šetření vlivu starší skupiny buku (věk cca 170 let) na humus a půdu pod sousedící smrkovou kmenovinou (věk cca 110 let) na SLT 6K probíhalo v Jizerských horách. Přítomnost buku vedla k průkaznému zvýšení pH v horizontech humusu pod přilehlým smrkem, zvýšeno bylo také zastoupení bází (K, Ca, Mg) a nasycení půdního sorpčního komplexu bázemi (V). V horizontu Ah pod bukem a v okolním porostu smrku bylo zjištěno nižší zastoupení N a P a vyšší zastoupení Mg v porovnání se smrkem s minimální přítomností bukového opadu.*

*Klíčová slova: nadložní humus, půda, chemismus, meliorační účinek, buk, smrk*

#### **ÚVOD A PROBLEMATIKA**

Rostliny jsou důležitým činitelem při tvorbě půdy, mají významnou schopnost ovlivňovat a využívat fyzikální a chemické procesy v půdě a tak se podílet na je-

jím vývoji (OTTO 1994, SINGER, MUNNS 1996). Hlavní podíl na ovlivňování půdního profilu mají stromovité dřeviny. Z hlediska vzájemného ovlivnění půdního prostředí dřevinou je důležitý opad. Kvalita opadu lesních dřevin má určující význam pro celou řadu půdních procesů vedoucích k vytváření humusových forem. Určována je především obsahem živin, který determinuje i jejich potenciální vhodnost jako půdotvorného substrátu a substrátu pro vznik nadložního i vlastního půdního humusu. Dekompozice a humifikace opadu jednotlivých druhů dřevin se liší (LAGANIERE et al. 2010, MARCOS et al. 2010), odlišný může být průběh těchto procesů na různých stanovištích (MEIER et al. 2005) nebo v případech smíšených porostů (ALBERS et al. 2004). V našich podmínkách má stále značný význam hodnocení vlastností nadložního humusu pod smrkem ztepilým a bukem lesním, protože smrk je naší hlavní hospodářskou dřevinou a buk je široce doporučovanou meliorační a zpevňující dřevinou (Vyhláška č. 83/1996 Sb.). Bylo publikováno několik studií porovnávajících vývoj půdních vlastností nesmíšených porostů těchto dřevin (např. PODRÁZSKÝ 1996, OULEHLE et al. 2007, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008, 2010, KACÁLEK et al. 2011). Důležitou otázkou zůstává, jak mohou skupiny dřevin přimíšené v porostech hlavní hospodářské dřeviny ovlivňovat vlastnosti humusu a půdy ve svém okolí. Cílem příspěvku je vyhodnotit gradient vybraných vlastností svrchních horizontů půdy směrem ze skupiny buku do porostu smrku na stanovišti kyselé smrkové bučiny v Jizerských horách.

#### **MATERIÁL A METODIKA**

Šetření vlivu starší skupiny buku (věk cca 170 let) na půdu v sousedící smrkové kmenovině (věk cca 110 let) na SLT 6K probíhalo v roce 2010 na lokalitě Bílé bukoví v Jizerských horách. Vzorke svrchních horizontů půdy byly odebrány v JV orientovaném transektu (ve směru převládajícího větru), který započal pod korunami skupinky buků (označení B00), v přiléhajícím porostu smrku byly vzorky odebrány ve vzdálenostech 10 m (B10) a 20 m (B20) od okraje korun skupiny buků. Odběr byl proveden pomocí pedologických rámečků (25 × 25 cm) v pěti opakováních na polohu v transektu (variantu). Horizonty L, F+H a H byly odebrány objemově, z horizontu Ah byl odebrán pouze vzorek na chemickou analýzu.

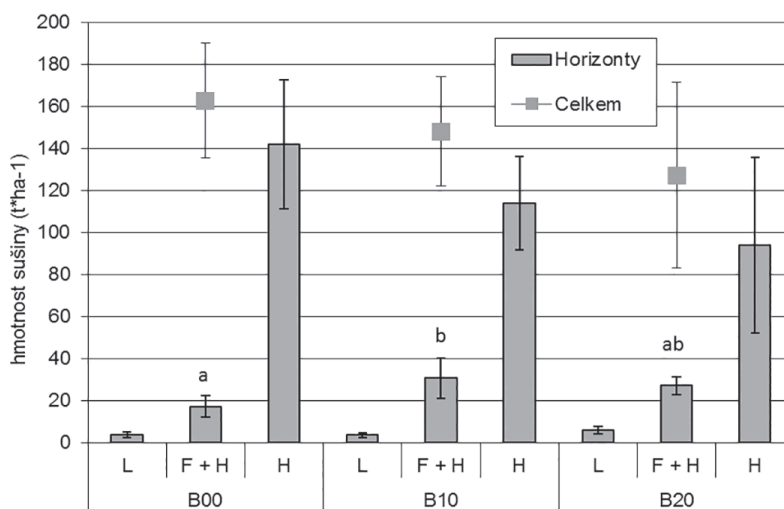
U horizontů L, F+H a H byla zjišťována hmotnost sušiny. Vzorke horizontu L byly následně analyzovány na obsah základních živin podle metodiky analýz rostlinného materiálu (ZBÍRAL 2001). U horizontů F+H, H a Ah byl analyzován oxidovatelný uhlík (Springer-Klee), dusík (Kjeldahl), pH, vlastnosti půdního sorpčního komplexu (S, T, V), a obsah přístupných živin podle metodiky Mehlich III.

Analýza dat byla zpracována pomocí statistického prostředí R (R Core Team 2015). Jednotlivé charakteristiky půdy v rámci horizontů analyzovaných poloh byly statisticky porovnávány pomocí analýzy variance s následným Tukey testem. Pokud nebyla splněna normalita a homoskedasticita dat, byla transformována pomocí Box-Coxovy transformace (FOX, WEISBERG 2011). V případě přetrvávající nenormality byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test. Rozdíly byly považovány za průkazné, jestliže  $p \leq 0,05$ .



## VÝSLEDKY A DISKUZE

Z analýzy sušiny vyplývá očekávatelný pokles podílu bukového a nárůst smrkového opadu v sušině horizontu L se vzrůstající vzdáleností od bukové skupiny. Celková hmotnost sušiny horizontu L byla bez průkazných rozdílů mezi polohami (Obr. 1). V porovnání se středem BK skupiny (B00) bylo v poloze B10 zjištěno průkazně více sušiny horizontu F+H. Rozdíly v sušině horizontu H byly neprůkazné, celková sušina humusových horizontů se vzdáleností od bukové skupiny klesala bez průkazných rozdílů mezi polohami. Hmotnost sušiny horizontů souvisí jak s množstvím opadu v dané poloze porostu, tak s rychlostí a průběhem rozkladných procesů, které se mohou s ohledem na poměr opadu sledovaných dřevin v jednotlivých polohách porostu lišit. Byla pozorována také vyšší rychlost dekompozice u stinných listů v porovnání se slunnými (SARIYILDIZ, ANDERSON 2003). Nicméně BERGER A BERGER (2012) zjistili, že případná vyšší akumulace nadložního humusu pod smrkem není způsobena horší rozložitelností smrkových jehlic, ale spíše horšími podmínkami prostředí. Studované polohy v transektu na Bílém bukoví jsou vystaveny stejným klimatickým podmínkám, což potvrzují i neprůkazné rozdíly v hmotnosti sušiny mezi polohami B00, B10 a B20.



Obr. 1: Sušina jednotlivých humusových horizontů a celkem; průměr a směrodatné odchylky. Odlišná písmena značí příslušnost k statisticky heterogenním skupinám poloh u horizontu F+H (ANOVA, Tukey test). B00 – pod korunou buků, B10 – 10 m od okraje korun buků, B20 – 20 m od okraje korun buků.

Fig. 1: Dry matter of particular forest floor horizons and totally; mean and standard deviations. Different letters depict statistically heterogeneous groups of locations in horizon L+F (ANOVA, Tukey test). B00 – location beneath beech crowns, B10 – under spruce 10m from the beech crown's margin, B20 – 20m from the beech crown's margin.

U horizontu L byl potvrzen průkazný nárůst procentického zastoupení P s rostoucí vzdáleností od skupiny buku, pokles zastoupení Ca byl pouze naznačen (Tab. 1). V poloze B10 bylo zjištěno průkazně vyšší zastoupení K oproti B20 a Mg oproti oběma porovnávaným polohám.

Tab. 1: Obsah celkových makroelementů (%) v horizontu L. Odlišná písmena značí příslušnost k statisticky heterogenním skupinám poloh v rámci daného parametru (ANOVA, Tukey test). Vysvětlivky viz Obr. 1.

Table 1: Content of macroelements (%) in the L horizon. Different letters depict statistically heterogeneous groups of the parameter between locations (ANOVA, Tukey test). See notes to Fig. 1.

	poloha	Zastoupení (%)		
		B00	B10	B20
N	průměr	1.12	1.09	1.22
	Sd	0.08	0.03	0.09
P	průměr	0.040 a	0.049 ab	0.057 b
	Sd	0.006	0.005	0.006
K	průměr	0.10 ab	0.11 b	0.09 a
	Sd	0.01	0.02	0.01
Ca	průměr	0.7	0.55	0.49
	Sd	0.23	0.14	0.16
Mg	průměr	0.055 a	0.077 b	0.052 a
	Sd	0.006	0.004	0.006

U horizontu F+H byl zjištěn průkazný pokles hodnot pH a zastoupení K směrem od skupiny BK (Tab. 2). U dat horizontu H bylo potvrzeno vyšší zastoupení přístupného P a nižší pH polohy B20. Zastoupení přístupného Ca a Mg průkazně klesalo s narůstající vzdáleností od skupiny BK, také nasycení bázemi (V) bylo nejnižší v poloze B20. Výrazný pokles obsahu K, Ca a Mg v rhizosféře pod smrkem konstatovali např. COLLIGNON et al. (2011). Vyšší pH nadložního humusu pod bukem ve srovnání se smrkem konstatovali také VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998), AUGUSTO et al. (2002). U horizontu Ah bylo potvrzeno vyšší zastoupení N a P v poloze B20 oproti půdě ve skupině BK (B00), zastoupení Mg bylo průkazně vyšší v poloze B10 v porovnání s B20 (Tab. 2). V minerální půdě VESTERDAL a RAULUND-RASMUSSEN (1998) nenalezli rozdíl mezi smrkem a bukem, nicméně HAGEN-THORN et al. (2004) zdokumentovali o 0,4 pH (H<sub>2</sub>O) vyšší hodnoty ve svrchní minerální půdě 0–10 cm a o 0,6 pH (H<sub>2</sub>O) vyšší hodnoty v hlubší 20–30 cm vrstvě pod bukem ve srovnání se smrkem. Nižší pH pod smrkem je zřejmým důsledkem vyšší depozice kationů H<sup>+</sup> (protony) a vyššími výstupy organických kyselin a bazických kationtů z půdy pod smrkem než pod bukem (ROTHER et al. 2002).

## ZÁVĚR

Při hodnocení vlivu starší skupiny buku na vlastnosti svrchních horizontů v přílehlém smrkovém porostu byly zjištěny průkazné trendy v půdní aciditě i zastoupení vybraných živin. Přítomnost buku vedla k průkaznému zvýšení pH v hori-

Tab. 2: Půdní charakteristiky horizontů F+H, H a Ah v jednotlivých polohách porostu. Průměr a směrodatná odchylka. Odlišná písmena značí příslušnost k statisticky heterogenním skupinám polohy v rámci daného parametru (ANOVA a Tukey test, u pH/H<sub>2</sub>O horizontu H Kruskal-Wallisův test). Vysvětlivky viz Obr. 1.

Table 2: Soil properties of the F+H, H and Ah horizons in individual locations of the stand; mean and standard deviation. Different letters depict statistically heterogeneous groups of the parameter between locations (ANOVA and Tukey test, in pH/H<sub>2</sub>O of the H horizon Kruskal-Wallis test). See notes to Fig. 1.

	horizont poloha	F + H			H			Ah		
		B00	B10	B20	B00	B10	B20	B00	B10	B20
pH/H <sub>2</sub> O	průměr	4.1 b	3.9 ab	3.6 a	4.3 b	4.3 b	3.6 a	3.7	3.6	3.4
	Sd	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
pH/KCl	průměr	3.3 b	3.1 ab	3.0 a	3.4 b	3.4 b	3.0 a	3.3	3.3	3.1
	Sd	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
S (mval.100g <sup>-1</sup> )	průměr	19.5	18.8	17.6	13.9	13.8	8.8	6.7	8.4	6.4
	Sd	4.5	2.4	4.5	4.1	3.4	1.6	1.2	0.5	1.7
T (mval.100g <sup>-1</sup> )	průměr	53.1	51.6	57.9	89.7	78.0	80.4	35.9	40.5	39.4
	Sd	14.5	10.1	9.0	4.8	10.5	16.5	1.8	6.0	5.1
V (%)	průměr	37.4	37.3	31.3	15.6 ab	17.7 b	11.0 a	16.2	21.2	16.3
	Sd	6.3	6.9	10.6	5.0	3.8	1.3	5.7	3.9	4.0
C (%)	průměr	19.8	18.4	19.2	25.0	24.8	26.0	14.3	14.0	16.6
	Sd	4.1	4.1	2.8	1.7	4.0	5.1	4.0	1.4	3.3
N (%)	průměr	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	1.7	0.8 a	1.0 ab	1.2 b
	Sd	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
P (mg/kg)	průměr	46.4	45.2	50.0	18.0 b	16.4 a	27.6 b	4.4 a	3.2 a	10.8 b
	Sd	6.8	9.2	7.2	2.4	2.6	3.3	0.9	1.9	5.7
K (mg/kg)	průměr	590.0 b	460.0 ab	383.6 a	342.0	299.2	338.8	142.0	181.8	186.6
	Sd	165.1	91.0	51.9	24.3	32.3	14.4	20.5	12.6	50.0
Ca (mg/kg)	průměr	1775.2	1574.8	1516.4	1083.0 b	935.2 ab	804.0 a	309.8	325.5	311.4
	Sd	132.3	187.5	145.9	98.2	80.0	120.2	41.7	38.3	36.5
Mg (mg/kg)	průměr	204.8	217.0	178.4	204.4 b	204.8 b	136.4 a	70.8 ab	84.0 b	62.6 a
	Sd	33.3	28.7	12.5	51.0	35.8	10.5	11.4	12.6	7.4
C/N	průměr	11.0	11.2	12.3	13.9	14.0	15.7	16.9	14.1	13.6
	Sd	1.8	3.6	1.9	1.7	1.9	3.5	3.1	3.4	3.8

zontech humusu pod přilehlým smrkem, zvýšeno bylo také zastoupení bázi (K, Ca, Mg) a nasycení půdního sorpčního komplexu bázemi (V). V horizontu Ah pod bukem a v okolním porostu smrku bylo zjištěno nižší zastoupení N a P a vyšší zastoupení Mg v porovnání s polohou v části smrkového porostu, v které již přítomnost bukového opadu byla minimální.

## LITERATURA

- ALBERS, D., MIGGE, S., SCHAEFER, M., SCHEU, S. 2004. Decomposition of beech leaves (*Fagus sylvatica*) and spruce needles (*Picea abies*) in pure and mixed stands of beech and spruce. *Soil Biology & Biochemistry*, 36: s. 155–164.
- BERGER, T. W., BERGER, P. 2012. Greater accumulation of litter in spruce (*Picea*

- abies*) compared to beech (*Fagus sylvatica*) stands is not a consequence of the inherent recalcitrance of needles. *Plant and Soil*, 358: s. 349–369.
- COLLIGNON, CH., CALVARUSO, CH., TURPAULT, M.-P. 2011. Temporal dynamics of exchangeable K, Ca and Mg in acidic bulk soil and rhizosphere under Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) stands. *Plant and Soil*, 349: s. 355–366.
- FOX, J., WEISBERG, S. 2011. *An R companion to applied regression*. Los Angeles, Sage: 472 s.
- KACÁLEK, D., ČERNOHOUS, V., NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., DUŠEK, D. 2011. Vlastnosti nadložního humusu a půdy pod bukovým a smrkovým porostem – srovnávací studie. In: Kacálek, D. et al. (ed.). *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*. Opočno 28.–29.6. 2011. Strnady, VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno: s. 209–218. Proceedings of Central European Silviculture.
- LAGANIERE, J., PARE, D., BRADLEY, R.L. 2010. How does a tree species influence litter decomposition? Separating the relative contribution of litter quality, litter mixing, and forest floor conditions. *Canadian Journal of Forest Research*, 40: s. 465–475.
- MARCOS, E., CALVO, L., MARCOS, J.A., TABOADA, A., TÁRREGA, R. 2010. Tree effects on the chemical topsoil features of oak, beech and pine forests. *European Journal of Forest Research*, 129: s. 25–30.
- MEIER, I.C., LEUSCHNER, CH., HERTEL, D. 2005: Nutrient return with leaf litter fall in *Fagus sylvatica* forests across a soil fertility gradient. *Plant Ecology*, 177: s. 99–112.
- OULEHLE, F., HOFMEISTER, J., HRUSKA, J. 2007: Modeling of the long-term effect of tree species (Norway spruce and European beech) on soil acidification in the Ore Mountains. *Ecological Modelling*, 204: s. 359–371.
- PODRÁZSKÝ, V. 1996. Vývoj půdního chemismu v bukových, smíšených a smrkových porostech Krkonoš. *Lesnictví-Forestry*, 42 (2): s. 92–99.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. 2008. Rychlost obnovy lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53 (2): s. 89–93.
- 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.
- ROTHER, A., HUBER, CH., KREUTZER, K., WEIS, W. 2002. Deposition and soil leaching in stands of Norway spruce and European beech: Results from the Höglwald research in comparison with other European case studies. *Plant and Soil*, 240: s. 33–45.
- SARIYILDIZ, T., ANDERSON, J. M. 2003. Decomposition of sun and shade leaves from three deciduous tree species, as affected by their chemical composition. *Biology and Fertility of Soils*, 37: s. 137–146.
- SINGER, J. S., MUNNS, D.N. 1996. *Soils*. An introduction. New Jersey, Prentice Hall: 480 s.
- ZBÍRAL, J. et al. 2001. *Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR*. Brno, ÚKZÚZ: 205 s.

### **PODĚKOVÁNÍ**

Příspěvek vznikl díky podpoře projektu QJ1530298: Optimalizace využití melioračních a zpevňujících dřevin v lesních porostech a poskytnuté institucionální podpoře na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011).



## **VLIV RYCHLÉHO VELKOPLOŠNÉHO ROZPADU LESA V POVODÍ VYDRY V NP ŠUMAVA NA CELKOVÝ ODTOK Z LESA**

### **IMPACT OF RAPID BROADCAST DISINTEGRATION OF A FOREST ON TOTAL RUNOFF FROM WOODS ON THE VYDRA WATERSHED IN THE ŠUMAVA NATIONAL PARK**

VLADIMÍR ŠVIHLA<sup>1)</sup>, VLADIMÍR ČERNOHOUS<sup>2)</sup>, FRANTIŠEK ŠACH<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fügnerova 809, 266 01 Beroun 2

<sup>2)</sup>Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Strnady, Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, sach@vulhmop.cz

#### **ABSTRACT**

Hydrologic functions (services) of forest are in prominence of interest in advanced countries of the world. Forestry and Game Management Research Institute's research station in Opočno and the Frýdek-Místek workstation pay attention to the actual question for a long time. The research conducted over the word clearly proved that forests decrease peak flows of floods, increase spring outflows and produce extra clear water in comparison with either agricultural crops or destroyed woods. The mixture of mature forest stands, of stands recovered with young thickets and of weeded clear cuts (cutovers) with remains of standing dead trees increase growing season runoffs in the Vydra River in the Šumava Mts. by 5.9 % and runoff from weeded clear cuts (cutovers) with remains of standing dead trees by 9.2 %, comparing to runoff from the mature forest stands. Increased runoff from clear cuts (overcuts) implies dewatering of mountains. The mountain drying decreases its water component if it is compared with mature forest water component. It is always important in order that the whole component was taken into consideration, i.e. liquid and gaseous part.

Keywords: disaster forest disintegration, water component, total runoff; landscape vaporization, Vydra watershed, Šumava Mts.

#### **ABSTRAKT**

Hydrické funkce (služby) lesa jsou v popředí zájmu vyspělých zemí světa. Těto aktuální otázce se u nás věnuje dlouhodobě Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti ve Výzkumné stanici Opočno a na pracovišti Frýdek-Místek. Bylo jasně prokázáno výzkumem v celém světě, že lesy snižují kulminace velkých vod, zvyšují pramenné vývěry a produkují mimořádně čistou vodu ve srovnání s kulturami zemědělskými nebo zničenými lesy. Směs vzrostlého lesa, obnovených porostů s mlazinami a zabuřených holin se zbytky stojících suchých stromů zvyšuje odtoky ve vegetační době na Vydře v pohoří Šumava o 5,9 %, odtok z holin je potom vyšší o 9,2 % než odtok ze vzrostlého lesa. Zvýšený odtok z holin znamená vysušování hornatin, protože snižuje vodní komponentu ve srovnání se vzrostlými lesy. Důležité je při podobných výzkumech brát v úvahu celou vodní komponentu, tedy její tekutou i plynnou část.

Klíčová slova: kalamitní rozpad lesa, vodní komponenta, celkový odtok, územní výpar, povodí Vydry, pohoří Šumava

## ÚVOD A PROBLEMATIKA

### Význam lesa obecně

Les je podle zákona o ochraně přírody významným krajinným prvkem, podle lesního zákona nenahraditelným přírodním zdrojem. Les má funkce produkční a mimoprodukční. Mimoprodukční funkce lesa jsou funkce ochranné, ekologické a kulturní. Z ochranných funkcí lesa má dominantní postavení funkce hydrická, která zahrnuje snižování kulminace velkých vod lesem, zvyšování pramenných vývěřů a produkci mimořádně kvalitních vod. Základním faktorem regulujícím hydrické funkce lesa je lesní půda, významný zprostředkovatel vsakování a průsaku, rezervoár podzemní vody a regulátor jejího oběhu.

### *Vliv rychlého velkoplošného rozpadu lesa na celkový odtok – dosavadní výsledky*

Lesní hospodářství se dlouhodobě zajímá o vliv velkoplošných holých sečí nebo kalamitních rozpadů lesa na vodní hospodářství. Z Českých zemí lze uvést klasické dílo VÁLKA (1962) z Výzkumného ústavu vodohospodářského nazvaného Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kychové a Zděchovky v Beskydech a více než padesátileté práce Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Beskydech a Orlických horách autorů Zelený, Jařabáč, Chlebek, Bíba, Vícha a Kantor, Šach, Černošous. Ze zahraničních výzkumných prací jsou světoznámé klasické výsledky výzkumu v Coweetě v USA (DILS 1957), Austrálii (FLAWELL 1982) a mezinárodní výsledky HEWLETOVY (1970). V poslední době jsou to aktuální práce SCHWARZEHO a BEUDERTA (2009) z Bavorského lesa. V neposlední řadě zmiňme dokument Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatickou krajinu, zpracovaný v belgickém Leuvenu třiceti odborníky z celého světa v roce 2015 (POKORNÝ 2016). Všechny citované dokumenty potvrzují uvedené výsledky výzkumu hydrologie lesa, totiž že les snižuje kulminace velkých vod, sytí prameny a produkuje kvalitní vody.

Závěr vědeckých pracovníků z celého světa:

- lesy podporují vznik srážek, a to v horských polohách nad spodní hranicí frontální oblačnosti, pokud ovšem charakter a stav jejich korunového patra tomu odpovídá (FOJT, KREČMER et al. 1975, KANTOR 1985),
- stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy,
- lesy generují toky vzduchu a vlhkosti,
- stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod,
- lesy zmírňují dopady záplav.

## MATERIÁL A METODIKA

V zájmovém povodí Vydry po profilu Modrava (Modravský potok: 90,4 km<sup>2</sup>) na Šumavě se nově provedl rozbor stavu porostních poměrů z dat Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) a Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) v Českých Budějovicích (2015). Vývoj odtoků zde byl srovnáván ve vztahu ke kalamitnímu velkoplošnému rozpadu vyspělých porostů hraničního hřebene s Bavorským národním parkem a Modravských plání ve vegetačním pásmu smrčín pramenné části povodí řeky Vydry. V uvedeném území se již 30 let úmyslné mýtní těžby neprováděly. Lesní pozemky v povodí Vydry byly po kůrovcových ka-



lamitách:

- a) zalesňovány bez vyklizení vytěženého dřeva,
- b) zalesňovány po odvozu vytěženého dřeva,
- c) ponechány bez zalesnění spolu se stojícími suchými stromy,
- d) ponechány bez zalesnění spolu s pokácenými stromy odkorněnými na místě,
- e) ponechány po vývratech při bouři Kyrill bez asanace a tudíž napospas kůrovcové kalamitě.

Konečný stav v roce 2015 podle údajů pobočky Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) v Českých Budějovicích a Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR (SVOL) vykazoval v povodí Vydry:

- 29 % vzrostlých lesních porostů jako zbytek po kalamitách,
- 23 % obnovených porostů s mlazinami,
- 48 % zabuřenělých ploch se zbytky stojících suchých stromů.

Pro základní informaci o objektech výzkumu bylo vhodné doplnit stanovištní a porostní poměry a vývoj hospodářského zaměření (kategorizaci) objektů výzkumu především u tak rozsáhlé oblasti jakou je povodí Vydry stupeň Modrava.

Na základě místní znalosti byly u Vydry a jejich pramenných potoků po stupeň Modrava doplněny tyto informace (VOVESNÝ 2016 – osobní písemné sdělení):

**Stanoviště** (nadmořská výška od 980 do 1370 m)

Klimatické smrčiny . . . . . 1/3

Rašelinná a podmáčené smrčiny . . 1/3 Modravské slatě

(z toho vrchovištní kleč ca 500 ha)

Suťové terény . . . . . 1/3 Hřebeny hor

**Aktuální porostní poměry** – zcela dominuje smrk s výjimkou vrchovištní kleče.

Podle nařízení vlády č. 40/1978 Sb. je Šumava vyhlášena chráněnou oblastí přirozené akumulace vod.

Nařízením vlády č. 163/1991 Sb. byl zřízen Národní park Šumava (NPŠ). Předmětná oblast zkoumání je nejen jeho součástí, ale jádrovým územím. Teprve v historii NPŠ byla plocha postižena velkoplošným rozpadem nejvyššího stromového patra na více než 2/3 zájmové oblasti.

Oblast výzkumu je více jak z 60% lesy ochrannými (§7 zákona o lesích č.289/95 Sb.) a podle § 36, odst. 2 lesního zákona je zde uložena povinnost přednostního zajištění ochranné funkce.

Sledovány byly změny odtoků z ploch v povodí Vydry na Šumavě po těžbách, dílčí obnově a vzniku kůrovcových holin. Tyto plochy byly použity k vytvoření poměru ploch původního vzrostlého lesa vcelku k plochám se zabuřenělými holinami se zbytky stojících suchých stromů, s obnovenými porosty v růstové fázi mlazin, a se zbytky vzrostlého lesa. Jde tedy o poměr odtoku ze vzrostlého lesa k odtoku z komplexu holin, obnovených mlazin a zbylé části vzrostlého lesa. Zde je třeba zdůraznit, že dosud prováděné analýzy nepřihlížely k této skutečnosti, že odtok z povodí na velkých holinách po kůrovcových kalamitách je komplexem působení tří složek – holin, mlazin a zbylého netěženého lesa.

Pro nový postup respektující skladbu výše uvedený složek byl sestaven model DSC (double sum curve), který vychází z korelační analýzy sumy odtoků a sumy srážek. Podrobně a matematicky je tento metodický postup představen v práci ŠVIHLA et al. (2016).

## VÝSLEDKY

VÚLHM, v. v. i., Výzkumná stanice v Opočně zpracoval dopady velkoplošného rozpadu lesa po kůrovcové kalamitě v povodí řeky Vydry v NP Šumava (plocha povodí P = 90 km<sup>2</sup> po Modravu, nadmořská výška 950–1330 m n. m., výška ročních srážek HS = 1470 mm) – ŠVIHLA et al. (2016).

Tab. 1: Přehled výsledků analýzy  
Table 1: Review of analysis outcomes

Metoda/Method	Lokalita/Locality	Vydra Šumava
<sup>1</sup> Významnost rozdílů porovnávaných souborů Q, H		
F-test		N
t-test		N
X-test		N
<sup>2</sup> Model DSC:		
r součtových čar		r(l)=0,999-VV
$\sum Q=f[\sum H(o)]$		r(l,vn,h)=0,999-VV
<sup>3</sup> t-testy rozdílů lesa dle DSC a mýtín dle experimentů (t-test neparametrický)		
		VV
<sup>4</sup> zvýšení-snížení Q dle modelu DSC po těžbách		
		<sup>8</sup> Souvislé zobrazení Q(l,vn,h)/Q(l)=1,059
<sup>5</sup> Metoda separace Q zvýšení Q		
		Q(vn,h)/Q(l)=1,078
		Q(h)/Q(l)=1,092
<sup>6</sup> Výměra plochy (km <sup>2</sup> )		87,519
<sup>7</sup> Rozsah těžeb v % plochy		71,0*

<sup>1</sup>Difference significance of compared files; <sup>2</sup>Model of DSC; "r" of sum curves; <sup>3</sup>t-tests of differences of forest by DSC and cutovers by experiments (t-test nonparametric); <sup>4</sup>increase – decrease of Q by DSC model after timber harvesting; <sup>5</sup>Method of Q separation, increase of Q; <sup>6</sup>Size of compared areas; <sup>7</sup>Logging magnitude in percentage of area; <sup>8</sup>Continuous represent;

\*rozsah evidovaných kalamit dle / range of registered disasters by UHÚL České Budějovice

Legenda / Legend:

Q – odtok / runoff

H(o) – ovzdušné srážky / atmospheric precipitation

N – statisticky nevýznamný rozdíl / nonsignificant difference

r – korelační koeficient + / *correlation coefficient*

V, VV – významný, resp. vysoce významný rozdíl / *significant and high significant difference, respectively*

l – les / *forest*

vn – výsadba s nárstem odrůstající do mlaziny / *plantation with advanced growth growing up into young growth*

h – holina / *clearcut, cutover*

Q(l,vn,h) – odtok ze vzrostlého lesa, výsadby s nárstem (mlaziny) a holiny dohromady / *runoff from full-grown forest, plantation with advanced growth (young growth) and clearcut in total*

Q(vn,h) – odtok z výsadby s nárstem (mlaziny) a holiny dohromady / *runoff from plantation with advanced growth (young growth) and clearcut in total*

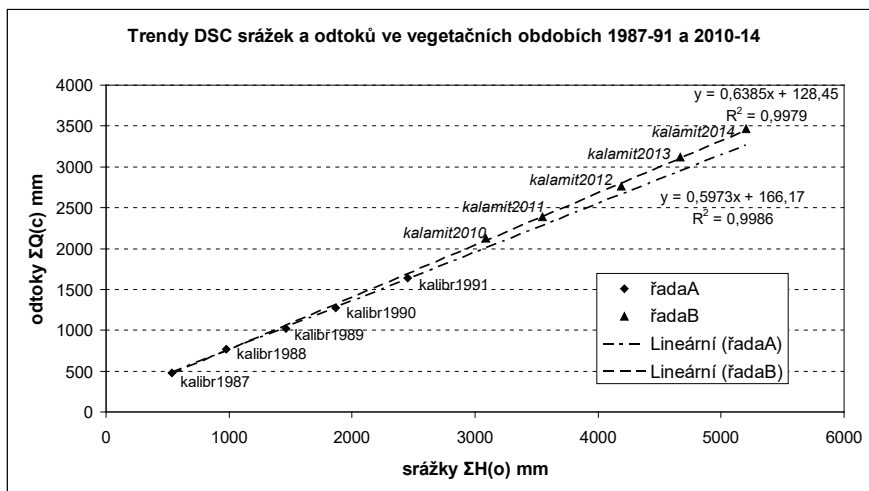
Q(h) – odtok z holiny / *runoff from clearcut*

Q(l) – odtok z dospělého porostu / *runoff from mature forest stand*

Pozn: % snížení nebo zvýšení odtoku se dostane odečtením 1 a násobením 100 uvedených čísel.

Note: percentage of runoff decrease or increase is gained by subtraction of „1“ and by multiplication by „100“ of used numbers.

Výsledky představuje Tab. 1. Obr. 1 ukazuje, že trend DSC napozorované pro období kalamity (čárkovaná + trojúhelníky) se dostává významně výše ( $p = 0,05$ ) než trend DSC modelově vypočtené pro kalamitní období z DSC kalibrační (čerchovaná + kosočtverce).



Obr. 1. Trendy srážek a odtoků ve vegetačních obdobích na povodí Vydry v závěrečném profilu Modrava: Trend DSC napozorované pro období kalamity (čárkovaná čára + trojúhelníky) a trend DSC modelově vypočtené pro kalamitní období z DSC kalibrační (čerchovaná čára + kosočtverce)

Fig. 1. Trends of rainfalls and runoffs in growing seasons on the Vydra catchment, in the Modrava closing profile. The DSC trend observed for disaster period (dashed line plus triangles) and DSC trend reckoned by model for disaster period from calibration DSC (dot-and-dash line plus diamonds)

Po zničení lesů při kůrovcové kalamitě (Obr. 2) na 45 % plochy povodí stoupl průměrný odtok ve vegetačním období v řece Vydře po Modravu o 5,9 %, t. j. odtok ze směsi holin se zbytky souší, mlazin z obnovy a zbytků vzrostlého lesa. Z čistých holin po kůrovci stoupl odtok o 9 %. Práce byly obhájena na Sympoziu *Lesnická hydrologie* v září 2015 v Beskydech a stala se základem publikace ve vědeckém periodiku (ŠVIHLA et al. 2016).



Obr. 2: Povodí Vydry se závěrečným profilem Modrava na Šumavě. Směs holin se zbytky suchých stromů a výsadeb s nárosty odrůstajících do mlazin

*Fig. 2: Vydra catchment with closing profile Modrava in the Šumava Mts. Complex of clear cuts with remaining dead trees and young plantation with advanced growth growing up to young thickets*

Analýza byla založena na modelu porovnání srážkoodtokového procesu ve vegetační době vzrostlého lesa s lesem zničeným kůrovcem a s lesní půdou porostlou (zabuřenělou) sitinami, ostřicí, borůvkami a brusinkami. Čísla získaná modelem ukazují počáteční stav srážkoodtokového procesu po kůrovcové kalamitě 2010-2014, který se bude zhoršovat po rozpadu struktury lesní půdy.

Příčinou zvýšení objemu celkového odtoku ve vegetační době je nárůst infiltrace srážkové vody do půdy bez lesa, způsobený eliminací intercepce ovzdušných srážek v korunách lesních stromů a jejich následného výparu. Je všeobecně známo, že z lesa odtéká menší objem vody z ovzdušných srážek než ze sousedních zemědělských kultur. Navýšení celkového odtoku v povodí Vydry během 15–20 let po destrukci struktury lesní půdy dosáhne úrovně zhruba 7,6 % ovzdušných srážek v době vegetace.

### DISKUSE A ZÁVĚR

Les hospodaří s určitým objemem vodní komponenty v kapalném a plynném stavu. Zvýšený odtok po zániku lesa signalizuje počátek snížené zásoby vody ve vodní komponentě. Za 4 měsíce vegetačního období je to 2 160 000 m<sup>3</sup> vody, což představuje 6 % vegetačního objemu odtoku řeky Vydry v Modravě. Původně v létě teklo ve Vydře 2,3 l.sec.<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>, t.j. před kůrovcovou kalamitou o 207 l.sec.<sup>-1</sup>.P<sup>-1</sup> vody méně. Je tedy zřejmě kalamitou postižené území sušší v letním období a ztráta lesů znamená snižování vodní komponenty Šumavy. Šumava se po ztrátě živého lesa odvodňuje a tudíž vysychá.

Hydrologické funkce lesa jsou podporovány a rozvíjeny akademií věd (USA NATIONAL RESEARCH COUNCIL 2008) a uznávány ve 30 zemích světa, viz *Prohlášení o funkci lesa v klimatu a vodním režimu* prezentovaném na *Konferenci o klimatu v Paříži 2015* (in POKORNÝ 2016), které je dílem 30 vědeckých pracovníků z několika kontinentů. U nás toto uznání, podpora a rozvíjení hydrologických funkcí (služeb) lesa na Šumavě zatím nefunguje.

### LITERATURA

- DILS, R.E. 1957. *The Coweeta Hydrology Laboratory*. Asheville (North Carolina), Southeast Forest Experiment Station.
- FLAWELL, D.J. 1982. The rational method applied to small rural catchment in the southwest of Western Australia. In: *Hydrology and water resources symposium*, Melbourne, 11–13 May 1982. Barton, A.C.T., The Institution of Engineers: s. 49–53. – National conference publication, no. 82/3.
- FOJT, V., KREČMER, V. 1975. Tvorba horizontálních srážek z mlhy a jejich množství ve smrkových porostech středohorské oblasti. *Vodohospodářský časopis*, 23 (6): s. 581–606.
- HEWLETT, J.D. 1970. Review of the catchment experiment to determine water yield. In: *Proceedings of International Symposium on Forest Influences on Watershed Management*, Rome. FAO: s. 145–155.
- KANTOR, P. 1985. Příspěvek k problematice horizontálních srážek v horských lesích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 30 (4): s. 42–45.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2008. *Hydrologic effects of a changing forest landscape*. Washington, D.C., National Academies Press: 168 s.
- POKORNÝ, J. 2016. Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatickou krajinu. *Vodní hospodářství*, 66 (2): s. 22–25.
- SCHWARZE, R., BEUDERT, B. 2009. Analyse der Hochwassergenese und des Wasserhaushalts eines bewaldeten Einzugsgebietes unter dem Einfluss eines massiven Borkenkäferbefalls. [cit. 2016-06-28]. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, [online], 53 (4): 236–249. Dostupné na: <http://www.hywa-online.de/analyse-der-hochwassergenese-und-des-wasserhaushalts-eines-bewaldeten-einzugsgebietes-unter-dem-einfluss-eines-massiven-borkenkaeferbefalls/>
- ŠVIHLA, V., ČERNOHOUS, V., ŠACH, F. 2016. Vliv holých sečí či rychlého velkoplošného rozpadu lesa na celkový odtok za vegetační období. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (2): s. 138–147.
- VÁLEK, Z. 1962. *Lesy, pole a pastviny v hydrologii pramenných oblastí Kýchové a Zděchovky*. Práce a studie výzkumného ústavu vodohospodářského, sešit č. 106. Praha-Podbaba, VÚV: 115 s.

#### **PODĚKOVÁNÍ:**

Výzkum byl financován z poskytnuté institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace MZe ČR – Rozhodnutí č. RO0116 (č. j. 10462/2016-MZE-17011). Autoři dále děkují SVOL a UHÚL České Budějovice za poskytnutí údajů.