

PĚSTEBNÍ A EKONOMICKÉ ASPEKTY CLONNÉ OBNOVY BOROVICE LESNÍ



doc. Ing. LUKÁŠ BÍLEK, Ph.D.
a kol.

4/2018

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská**

**Pěstební a ekonomické aspekty
clonné obnovy borovice lesní**

Certifikovaná metodika

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

prof. Ing. Karel Pulkrab, CSc.

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D.

Ing. Jan Vítámvás, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Lesnický průvodce 4/2018

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-169-7

ISSN 0862-7657

SILVICULTURAL AND ECONOMIC ASPECTS OF SHELTERWOOD REGENERATION IN SCOTS PINE STANDS

Abstract

The shelterwood stand regeneration is widely used in Scandinavian countries in boreal forests. However, in Central Europe this type of regeneration is used only sparsely. The aim of this study was to describe silviculture aspects of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Czech Republic managed by shelterwood regeneration method. Methodology differs from previous works by its complexity. It offers owners and managers a compact guide for application of this regeneration technique to Scots pine stands. In chapter 3.1, possibilities of silviculture methods how to induce the regeneration under the shelter are described. Better conditions for the seed germination and lowering competition of the herb and shrub layer can be achieved by the soil preparation. Regulation of the canopy density is imperative for the successful growth of the natural regeneration and achieving its optimal qualitative characteristics. Chapter 3.2. describes the impact of shelterwood regeneration on the quality of the Scots pine wood, chapter 3.3 summarizes economical feasibility of such regeneration method in pine stands. Higher yield of shelterwood method can be partly attributed to the additional wood volume growth during the regeneration period and to the re-distribution of the harvest, when part of the stand is felled in higher age and to the better assortment. That has better results as the older trees have larger dimensions and have generally more value. Besides these direct economic impacts, application of described methods leads to the optimal fulfillment of many ecological, environmental and social functions of the forest stands.

Key words: shelterwood regeneration method; light conditions; soil preparation; Scots pine; economical effectivity; wood quality

Oponenti: Ing. Miroslav Sloup, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Plzeň
doc. Ing. Miroslav Mikeska, Ph.D., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Hradec Králové

Adresy autorů:

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.
doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.
prof. Ing. Karel Pulkrab, CSc.
Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.
prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.
Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D.
Ing. Jan Vítámvás, Ph.D.
doc. Ing. Jiří Remeš, Ph.D.
Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.
doc. Ing. Roman Sloup, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129
165 00 Praha 6 – Suchbátka
e-mail: bilek@fld.czu.cz

Procentický podíl autorů:

Lukáš Bílek: 20 %
Aleš Zeidler: 15 %
Karel Pulkrab: 15 %
Iva Ulbrichová: 10 %
Stanislav Vacek: 10 %
Vlastimil Borůvka: 10 %
Jan Vítámvás: 5 %
Ing. Jiří Remeš: 5 %
Zdeněk Vacek: 5 %
Ing. Roman Sloup: 5 %

Foto na obálce:

Ing. Iva Ulbrichová, Ph.D.

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍL METODIKY	9
3	VLASTNÍ POPIS METODIKY	10
3.1	Clonná obnova borovice lesní	10
3.1.1	Hlavní faktory ovlivňující obnovu borovice lesní	10
3.1.2	Růst a kvalita borovice lesní pod clonou mateřského porostu	16
3.2	Dopad clonných obnovních postupů na kvalitu dřeva borovice lesní	23
3.2.1	Kvalitativní parametry dřeva borovice lesní ve vztahu k obnově porostů	23
3.2.2	Vliv clonných obnovních postupů na hustotu dřeva	25
3.2.3	Vliv clonného obnovního způsobu na pevnostní charakteristiky dřeva	28
3.3	Ekonomická efektivnost clonné obnovy borových porostů	30
3.3.1	Komparace efektivnosti holosečného a podrostního hospodářského způsobu borových monokultur	30
3.3.2	Metodika pro zpracování návrhu hospodářských opatření u podrostního hospodářského způsobu	31
3.3.3	Identifikace základních ekonomických parametrů analyzovaných hospodářských způsobů	36
3.3.4	Výsledky analýzy komparace hospodářských způsobů pro borové monokultury	41
4	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	44
5	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	44
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY	45

7	ZÁVĚR	45
8	DEDIKACE	46
9	LITERATURA	46
	9.1 Seznam použité literatury	46
	9.2 Seznam publikací, které předcházely metodice	49
	SUMMARY	51
	OBRAZOVÁ PŘÍLOHA	53

1 ÚVOD

V současné době jsou správci a vlastníci lesů nuceni reagovat na zvyšující se zájem společnosti nejen o životní prostředí, ale i vlastní lesní hospodářství. Zatímco ještě nedávno byla prvořadá dřevoprodukční funkce lesů, v současné době se stále větší nálehavostí vystupují do popředí i ekologické, environmentální a sociální funkce lesa. Tato skutečnost přináší nové podněty v oblasti pěstování lesů i tam, kde se lesopěstební opatření za poslední desetiletí neměnila a stala se prakticky konstantou, od které se nebylo radno odchylovat. Jedním z takových příkladů je i holosečná obnova borových porostů.

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) se přirozeně vyskytuje v rozmanité řadě fyziografických oblastí od horských lesů až po stepní oblasti, ale i ve velice rozmanitých klimatických podmínkách od mediteránního až po kontinentální klima (MATÍAS, JUMP 2012; REICH, OLEKSYN 2008). Borovice je zároveň velice důležitou dřevinou na extrémních stanovištích, kde plní celou řadu zásadních ekologických funkcí (MIKESKA et al. 2008), ale je i významnou hospodářskou dřevinou, a to i mimo její přirozený areál rozšíření. V různých oblastech je vysazována a pěstována pro svoji značnou toleranci vůči stresu suchem i dalšími abiotickými faktory, která je nezbytná pro přežití a růst, a přitom umožňuje hospodářské využití borovice i na málo produktivních stanovištích.

Jako pionýrská dřevina má borovice lesní vysoké nároky na světlo, a proto je její obnova v hospodářských lesích pod clonou mateřského porostu poměrně méně běžná než na holině (BÍLEK et al. 2018). Přesto se tento postup i u této dřeviny uplatňuje stále ve větší míře, a to především jako opatření pro úsporu nákladů na obnovu lesních porostů, ale i jako adaptační opatření na probíhající klimatickou změnu (KNOKE, MOOG, PETER 2002; KARBERG 1992; CHURCHILL et al. 2013; MERLIN et al. 2015).

Z výzkumu proveniencí borovice lesní (CUNNINGHAM, HAVERBEKE 1991; GIERTYCH 1991; SHUTYAEV, GIERTYCH 1997) pak vyplývá, že existují genotypy, které jsou lépe přizpůsobeny environmentálnímu tlaku, zejména suchu a vysokým teplotám v průběhu vegetační sezóny. Na druhou stranu jsme pak svědky zvýšené mortality v mýtných porostech borovice tam, kde patrně došlo k nepříznivé kombinaci proveniencí, extrémního průběhu počasí během posledních let a charakteru stanoviště. Obdobně lze i v rámci původních i kulturních ekotypů borovice lesní očekávat odlišnou míru tolerance k zastínění, přičemž tato schopnost je výsledkem komplexu interakcí mezi rostlinou a podmínkami prostředí, jako je světlo, živiny a dostupnost vody (MESSIER et al. 1999). V tomto ohledu se pak lesnímu hospodáři

nabízí celá řada opatření, kterými lze dostupnost těchto růstových faktorů modifikovat, a dosáhnout tak optimální podmínky pro obnovu borovice.

Zvyšování či alespoň udržení rentability hospodaření je jednou z priorit každého vlastníka lesa, přičemž možnou cestou je i úspora nákladů vložených do obnovy lesních porostů právě prostřednictvím clonných postupů. Je určitým paradoxem, že Möllerův koncept tzv. lesa plně trvale tvořivého (z německého označení Dauerwald) byl prakticky nejprve realizován v podmínkách borového hospodářství, tedy zdánlivě tam, kde se na první pohled možnosti clonné obnovy porostů jeví jako nejvíce omezené. Nicméně lesní závod Bärenthoren se stal jedním z nejznámějších příkladů tohoto způsobu hospodaření a představoval i zajímavou ukázkou cílené práce s přirozenou obnovou borovice lesní.

S rostoucí pravděpodobností výskytu extrémních klimatických jevů se radikálním způsobem zhoršují i podmínky pro obnovu lesních porostů. Z tohoto pohledu se nejzávažněji projevují vysoké jarní a letní teploty doprovázené dlouhými periodami sucha. Ty mají negativní vliv nejen na umělou obnovu lesa, ale zásadním způsobem komplikují i postupy přirozené obnovy. Přestože je borovice lesní považována za dřevinu, která je výše popsaným extrémům relativně dobře přizpůsobena a její obnova na volné ploše nepředstavuje závažnější biologické ani technologické problémy, může její clonná obnova či úprava velikosti holosečných obnovních prvků představovat významné adaptační opatření na negativní dopady výše popsaných nepříznivých klimatických jevů. Vedle přímých dopadů, jako je úprava mikroklimatických podmínek, se pak může jednat i o nepřímé dopady, jako je možnost využití několika semenných let či podpora starších kohort jedinců přirozené obnovy (GALIANO et al. 2013).

2 CÍL METODIKY

Tato metodika si klade za cíl shrnutí poznatků týkajících se clonné obnovy v podmínkách borového hospodářství a odvození optimálních postupů pro její dosažení. Vzhledem k rozmanitosti stanovištních podmínek v České republice není možné uvažovat o jednom univerzálně funkčním pěstebním modelu, proto se autoři vydali cestou vymezení podmínek pro dosažení clonné obnovy, včetně popisu rizikových faktorů a popisu pozitivních dopadů takovýchto postupů. K těm patří jak dopady ekologické, tak i ekonomické a konečně i dopady na technické vlastnosti dřeva borovice lesní.

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1 Clonná obnova borovice lesní

3.1.1 Hlavní faktory ovlivňující obnovu borovice lesní

Obnova borovice pod clonou mateřského porostu je poměrně hojně uplatňována v severských zemích v podmínkách boreálních lesů, nicméně ve střední Evropě se jedná o obnovní způsob využívaný spíše okrajově. Vedle několika málo lokalit, kde se tento postup aktivně uplatňuje, porosty s tímto typem obnovy doposud vznikaly spíše náhodně (např. prolámaním a prosvětlením dospělého porostu v důsledku sněhové nebo větrné kalamity).

Této skutečnosti odpovídá i relativně malé množství odborné literatury z našich podmínek, nicméně lze pro přirozená borová stanoviště vysledovat určité trendy či závislosti a na základě jejich znalostí je možné s úspěchem docílit přirozenou obnovu pod porostem.

Vliv lesního hospodáře při samotné iniciaci přirozené obnovy spočívá především v úpravě podmínek půdního povrchu (zlepšení podmínek pro klíčení semen a snížení konkurence bylinného a keřového patra), a dále pak v úpravě porostní hustoty, a tím i světelných podmínek, které ovlivňují nejen kvantitu, ale i růst a kvalitu přirozené obnovy (obr. 1).

V přirozených borech dle souborů lesních typů (SLT) jsou dominantní následující druhy bylinného a mechového patra:

SLT 0C: E_1 : Nižší až střední pokryvnost (20–50 %) s převahou travin: *Calamagrostis arundinacea*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Festuca ovina*, *Calamagrostis villosa*, E_0 : *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polypodium formosum*.

SLT 0G: Vysoká pokryvnost (80–95 %) s převahou travin: E_1 : *Calamagrostis villosa*, *Calamagrostis canescens*, *Molinia* sp. div., *Avenella flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Carex brizoides*, *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium uliginosum*, E_0 : *Pleurozium schreberi*, *Leucobryum glaucum*, *Dicranum scoparium*, *Sphagnum* sp. div.

SLT 0K: Nižší až střední pokryvnost (30–50 %) s převahou borůvky a travin: E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium vitis-idaea*, E_0 : *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*.

SLT 0M: Nízká až střední pokryvnost (10–50 %) s převahou borůvky: E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, E_0 : *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Cetraria islandica*, *Cladonia* sp.

SLT 0N: vysoká pokryvnost (80–95 %) se značným zastoupením keříčků, travin i mechorostů (překryvy): E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Avenella flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Pteridium aquilinum*, E_0 : *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*, (*Sphagnum* sp. div.).

SLT 0O: Střední až vysoká pokryvnost (60–95 %), vzájemná kombinace středně bohatých a chudých druhů: E_1 : *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Oxalis acetosella*, *Molinia arundinacea*, méně: *Carex brizoides*, *Rubus idaeus*, *Rubus fruticosus*, *Luzula pilosa*; E_0 : *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*.

SLT 0P: Střední až vysoká pokryvnost (60–90 %), překryv keříčků, travin, kapradin a mechů: E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Molinia arundinacea*, *Calamagrostis villosa*, *Pteridium aquilinum*, E_0 : *Sphagnum palustre*, *Sphagnum acutifolium*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Polytrichum commune*, *Avenella flexuosa*.

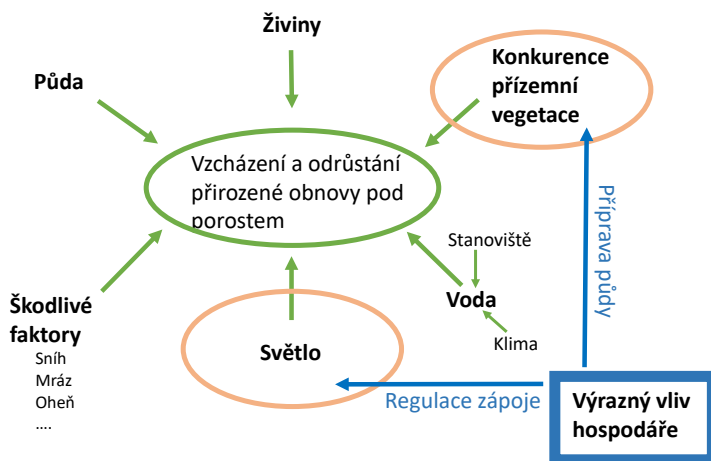
SLT 0Q: Střední až vysoká pokryvnost (60–85 %), překryv keříčků, travin, kapradin a mechů: E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Molinia arundinacea*, *Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa*, *Pteridium aquilinum*, E_0 : *Sphagnum palustre*, *Sphagnum acutifolium*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Polytrichum commune*.

SLT 0R: Střední až vysoká pokryvnost (50–90 %), překryv rašelinných druhů: E_1 : *Eriophorum vaginatum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium oxycoccus*, *Molinia caerulea*, *Ledum palustre*, *Carex nigra*, E_0 : *Sphagnum* sp. a další druhy indikující zamokření a rašelinění.

SLT 0T: Střední až vysoká pokryvnost (60–90 %), převaha keříčků a mechů: E_1 : *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*, *Molinia* sp. div., *Le-*

dum palustre, (ojeď.: *Vaccinium uliginosum*, *Eriophorum* sp., *Trientalis europaea*, *Calamagrostis villosa*), E_0 : *Sphagnum* sp. div., *Dicranum polysetum*, *Leucobryum glaucum*, *Polytrichum commune*.

SLT 0X: Nízká až střední pokryvnost (20–60 %) s převahou bohatších druhů: E_1 : *Armeria elongata* ssp. *serpentina*, *Asplenium cuneifolium*, *Asplenium viride*, *Calamagrostis arundinacea*, *Brachpodium pinnatum*, *Campanula persicifolia*, *Dianthus carthusianorum* agg., *Festuca ovina*, *Galium verum*, *Minuartia verna* agg., *Pimpinella saxifraga*, *Polypodium vulgare* agg., E_0 : *Cladonia rangiferina*, *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*.



Obr. 1: Zjednodušené vyjádření hlavních faktorů ovlivňujících přirozenou obnovu borovice lesní pod clonou mateřského porostu a možnost jejich ovlivnění lesním hospodářem.

Z výše uvedeného vyplývá, že na nejchudších a nejsušších stanovištích převažují mechy, a to zejména *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Leucobryum glaucum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*, které jsou pro obnovu borovice relativně příznivé. Vyšší podíl mechů je i na vodou ovlivněných stanovištích, kde jsou časté např. *Sphagnum* sp. div., *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi* a *Polytrichum commune*, které již mírně omezují přirozenou obnovu borovice lesní.

Se stoupající trofností a vlhkostí půd pak přibývá pokryvnosti bylinného patra, a to jak keřů (zejména *Vaccinium myrtillus*, která na bohatších a dostatečně vlhkých stanovištích dosahuje výšky až 60 cm) a travin, především pak kompetičně velmi zdatných: *Calamagrostis villosa*, *Calamagrostis arundinacea*, *Molinia arundinacea*, *Molinia caerulea* a některých kapradin (především *Pteridium aquilinum*), které na lokalitách bez přípravy půdy omezují, až znemožňují přirozenou obnovu borovice lesní.

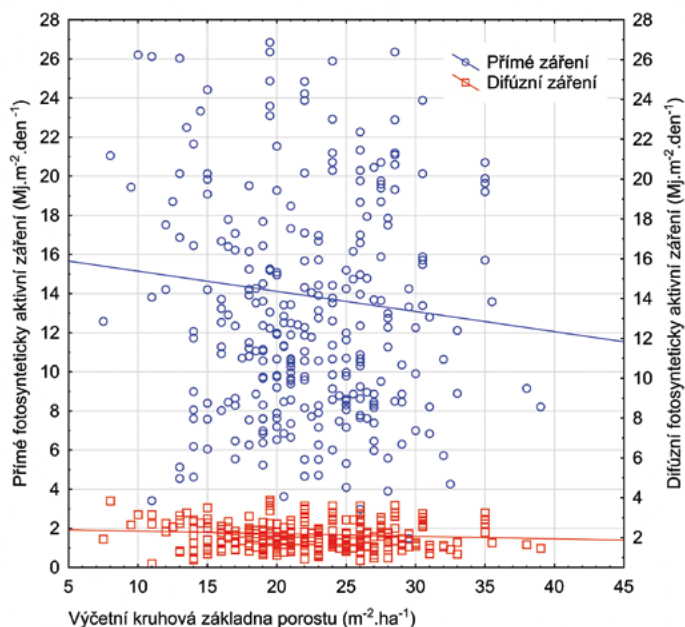
Celá řada autorů potvrzuje, že u keřů typických pro borová stanoviště je pro obnovu zásadní právě jejich hustota a výška (KUULUVAINEN, PUKKALA 1989; HILLE, OUDEN 2004; SCOTT et al. 2000; MIRSCHELL et al. 2011). Výška keřů do 15 cm může mít na obnovu i příznivý vliv (zejména řídký porost brusinky), naopak vysoká pokryvnost borůvky s výškou kolem 50 cm už přirozenou obnovu borovice prakticky znemožňuje. Přípravu půdy pro clonnou obnovu porostů borovice lesní lze pak z typologického hlediska podle zabuření rozčlenit na pět základních skupin:

- 1 porosty bez přípravy půdy: SLT 0M – chudý bor – LT 0M0 – iniciální, 0M5 – lišejníkový a 0M6 – na dunách; 0R – rašelinný bor a 0X dealpínský bor (převážně se jedná o lokality ponechané samovolnému vývoji), podsoubor lesních typů (PSLT) 0Ny – bukosmrkový kamenitý bor s balvami (technologicky je to nerealizovatelné)
- 2 porosty s mělkou přípravou půdy s narušením surového humusu: SLT 0M – chudý bor mimo lesní typy (LT) uvedených ve skupině 1; SLT 0Y – skeletový roklinový bor; 0C – hadcový bor
- 3 středně hluboká příprava půdy: SLT 0K – kyselý bor (dubo-bukový), 0N – bukosmrkový kamenitý bor mimo PSLT 0Ny, uvedeného ve skupině 1
- 4 středně hluboká až hluboká příprava půdy diferencované dle půdního profilu: SLT 0O – svěží bor (jedlo-dubový – březo-dubový); 0P – kyselý jedlo-dubový bor; 0Q – chudý jedlo-dubový bor; 0T – chudý březový bor
- 5 hluboká příprava půdy: SLT 0G – podmačený smrkový bor

Mikrostanovištní a mikroklimatické podmínky přirozené obnovy jsou vedle přízemní vegetace zásadním způsobem ovlivněny parametry mateřského porostu, a to zejména jeho horizontální a vertikální strukturou. Jde přitom především o ovlivnění světelného režimu, vodního režimu a konkurenčních podmínek. Hustota mateřského porostu má totiž významný vliv na světelné podmínky pod porostem (ULBRICHOVÁ et al. 2018), kdy je nejčastěji potvrzována přímá úměra mezi počty přirozené obnovy a difúzním zářením. Na obr. 2 je znázorněn vztah výčetní kru-

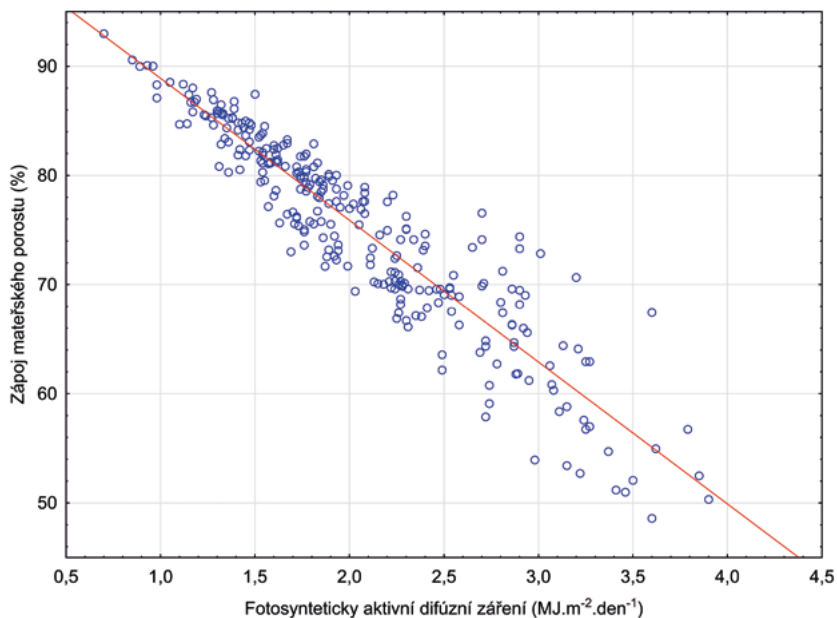
hové základny porostu a fotosynteticky aktivního záření pod porostem (přímého a difúzního). Na obr. 3 je pak vztah mezi difúzním zářením a zápojem porostu.

Je však nutné počítat s tím, že obnova pod porostem může být poměrně nerovnoměrně rozdělena (NILSSON et al. 2002), kdy hraje roli nejen konkurence mateřských stromů o vláhu a živiny, ale i světelná mozaika. Přímé sluneční záření nad porostem v naší zeměpisné šířce přitom odpovídá přibližně $50 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$, difúzní pak $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$. Pro získání vyšších počtů přirozené obnovy je potřeba alespoň 2,2 až $3,0 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$ difúzního záření, což odpovídá zápoji okolo 70 % (obr. 2 a 3). Na přirozených borových stanovištích se nicméně ukazuje, že obnova v první fázi vývoje je zástin schopná dobu nepřesahující 10–20 let tolerovat (COBAN et al. 2016; BÍLEK et al. 2018), nicméně je to vždy na úkor pěstební kvality a stability jedince (zvyšující stíhlostní kvocient). Zároveň se výrazně zvyšuje pravděpodobnost poškození obnovy při těžbě stromů horní etáže.



Obr. 2: Závislost fotosynteticky aktivního přímého a difúzního záření na výčetní kruhové základně porostu.

Snížení zápoje porostu však nelze chápat jako izolované opatření. Jeho pozitivní dopad se v mnohých případech může projevit jen v kombinaci s cílenou přípravou půdy, kdy je na nezbytnou dobu potlačen vliv přízemní vegetace, jak bylo uvedeno v první části této kapitoly.



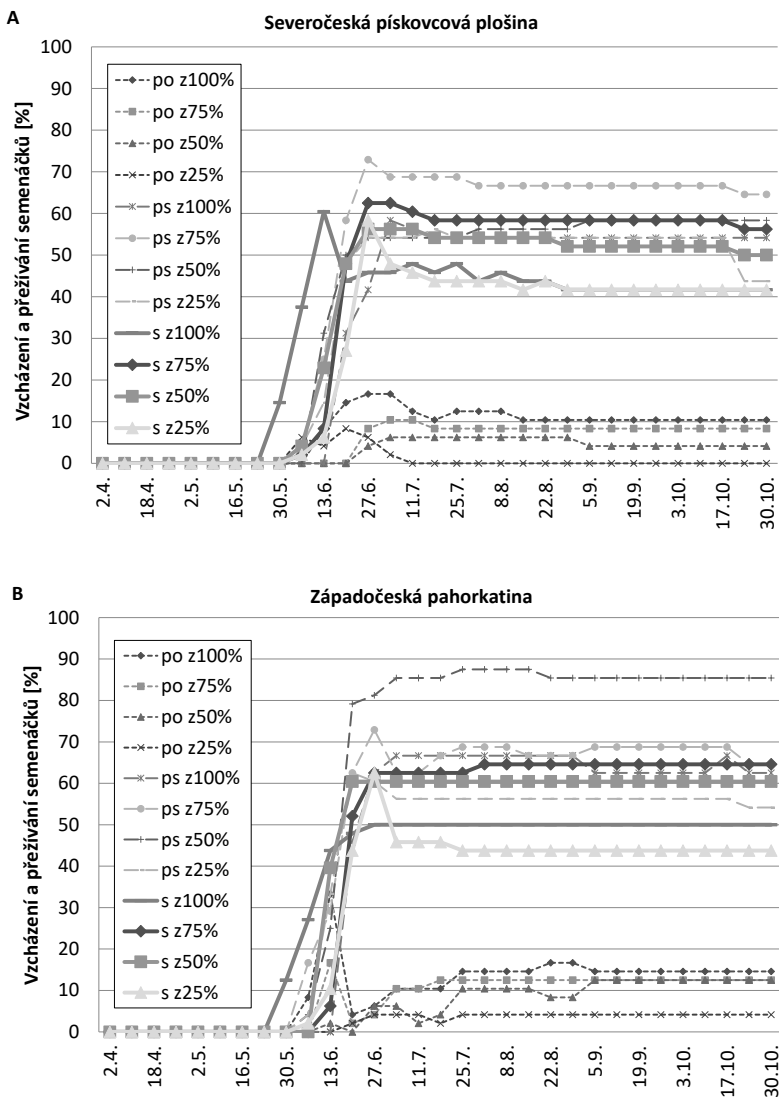
Obr. 3: Závislost fotosynteticky aktivního difúzního záření na zápoji porostu.

3.1.2 Růst a kvalita borovice lesní pod clonou mateřského porostu

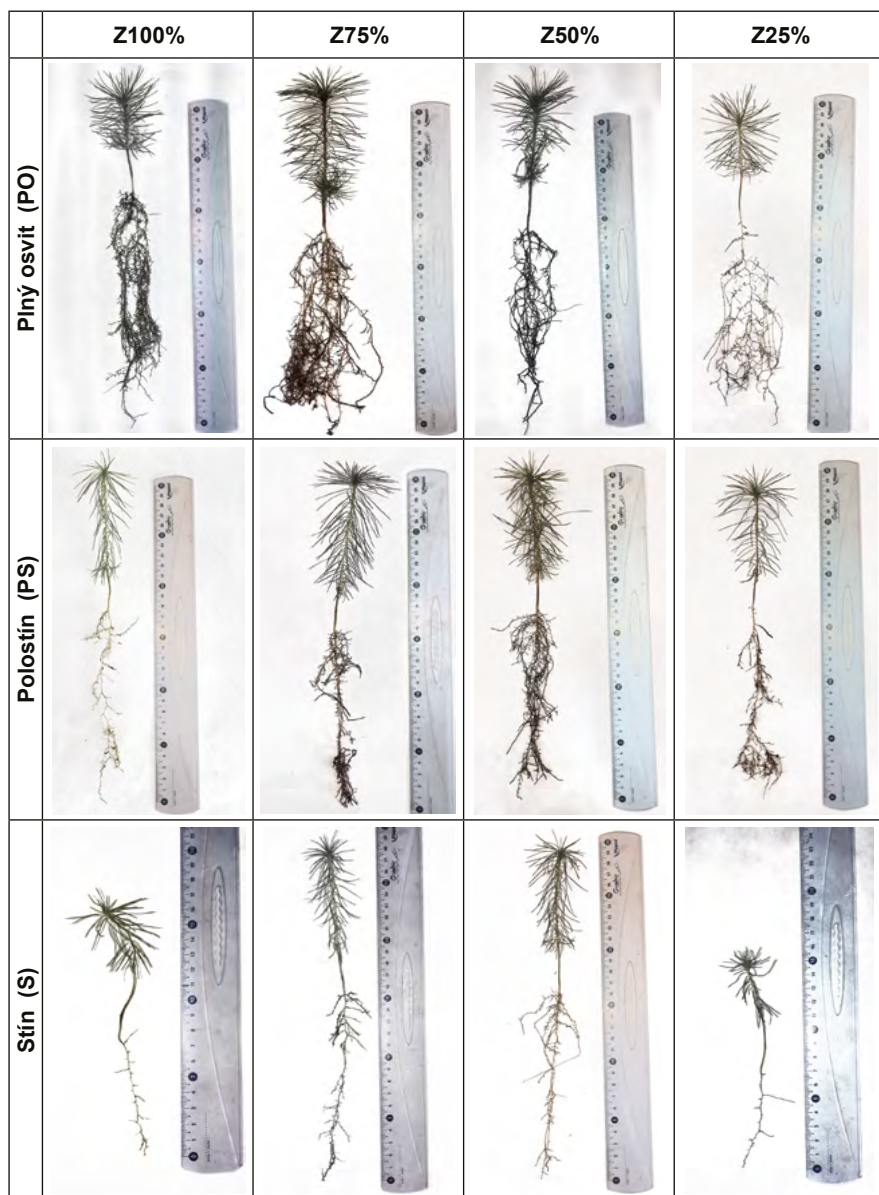
Z experimentálních i terénních šetření vyplývá jednoznačný pozitivní vliv zástinu mateřského porostu na vzcházení semenáčků borovice lesní. Na obr. 4A,B jsou uvedeny příklady průběhu vzcházení a přežívání semenáčků v kontrolovaných podmínkách zálivky a oslunění ze dvou oblastí: A – Severočeská pískovcová plošina, B – Západočeská pahorkatina, kdy na konci první vegetační sezóny ve variantách s plným osluněním počty semenáčků nepřesahovaly 10 %, resp. 15 % z iniciálního počtu vysetých semen. Naopak ve variantách charakterizovaných jako polostín (50–60 % slunečního záření na volné ploše) a stín (20–30 % slunečního záření na volné ploše) se tyto hodnoty pohybovaly v rozmezí 40–70 %, resp. 40–90 %. Trend vývoje počtu semenáčků byl pak obdobný i pro další oblasti výskytu borovice v České republice. Výrazně nižší vzcházivost na variantě bez zástinu je přitom způsobena zejména nepříznivými vláhovými poměry, a to především v případě zálivky pod 240 mm ve vegetačním období. Při dlouhotrvajících vyšších teplotách a bezoblačnosti klesala vlhkost substrátu v těchto podmínkách i pod 5 %.

Při srovnání dat z klimatické stanice Kralovice charakterizující srážkové poměry Západočeské pahorkatiny se taková hodnota zálivky (240 mm) rovná 66 % dlouhodobého srážkového úhrnu (1961–1990) ve vegetačním období (IV–X), v případě klimatické stanice charakterizující jižní část Severočeské pískovcové plošiny je to pak 56 %, v případě klimatické stanice Hradec Králové se jedná o 50 % z dlouhodobého srážkového úhrnu ve vegetačním období. Takové extrémně nízké srážkové poměry nastávají poměrně zřídka, nicméně nepříznivou úlohu hrají i extrémně vysoké teploty v jarním a letním období, nižší úhrny srážek mimo vegetační období a celkově nepříznivá distribuce srážek, které jsou v posledních letech soustředovány spíše do jednorázových srážkových epizod s následně větším podílem povrchového odtoku a nedostatečnou vláhovou saturací půdy. A konečně se nepříznivé klimatické podmínky mohou projevit i na semenných letech borovice a celkově nižší úrodě životaschopných semen.

Vedle počtu vyklíčených jedinců jsou však v jednotlivých variantách světelných podmínek patrné rozdíly v celkové velikosti a absolutní hmotnosti rostlin, kdy se zřetelně projevuje zejména vyšší vyspělost kořenového systému jednoletých semenáčků z variant plného osvitů (obr. 5). Výška rostlin po první vegetační sezóně je naopak nižší než ve variantě polostinné a stinné, nicméně v dalších letech rostliny právě díky mohutnějšímu kořenovému systému tuto ztrátu zpravidla rychle dohání.



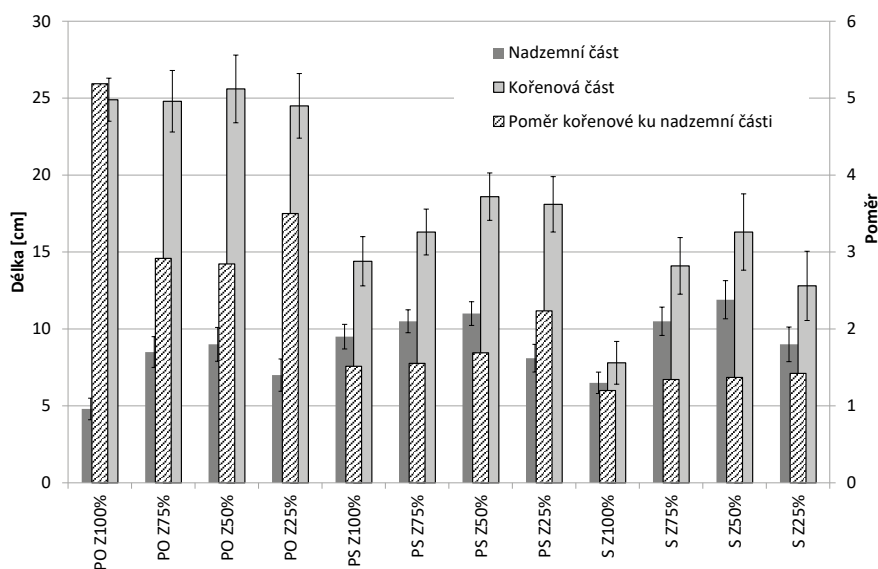
Obr. 4A, B: Průběh vzcházení a přežívání semenáčků borovice lesní během vegetační sezóny 2017 v závislosti na oslunění a závlaze; provenience A – Severočeská pískovcová plošina, B – Západočeská pahorkatina (PO – plný osvit, PS – polostín, S – stín, Z25% – závlivka 25% (120 mm), Z50% – závlivka 50% (240 mm), Z75% – závlivka 75% (360 mm), Z100% – závlivka 100% (480 mm); simulované srážkové úhrny jsou uváděny pro vegetační období (IV – X).



Obr. 5: Vzhled jednoletých semenáčků v různých podmínkách zastínění a závlahy (PO – plný osvit, PS – polostín, S – stín, Z25% – zálivka 25%, Z50% – zálivka 50%, Z75% – zálivka 75%, Z100% – zálivka 100%).

Zřetelně se pak projevuje trend klesajícího poměru délky kořenového systému k nadzemní části semenáčků od variant plného osvitu k většímu zastínění, obdobně je tomu i u poměru hmotností sušiny (obr. 6a, 6b). To je potřeba zohlednit zejména s ohledem na nebezpečí přísušku a zvýšené mortality semenáčků v prvních vegetačních obdobích. Tomu je možné zamezit jedině včasným a dostatečným prosvětlením zápoje mateřského porostu.

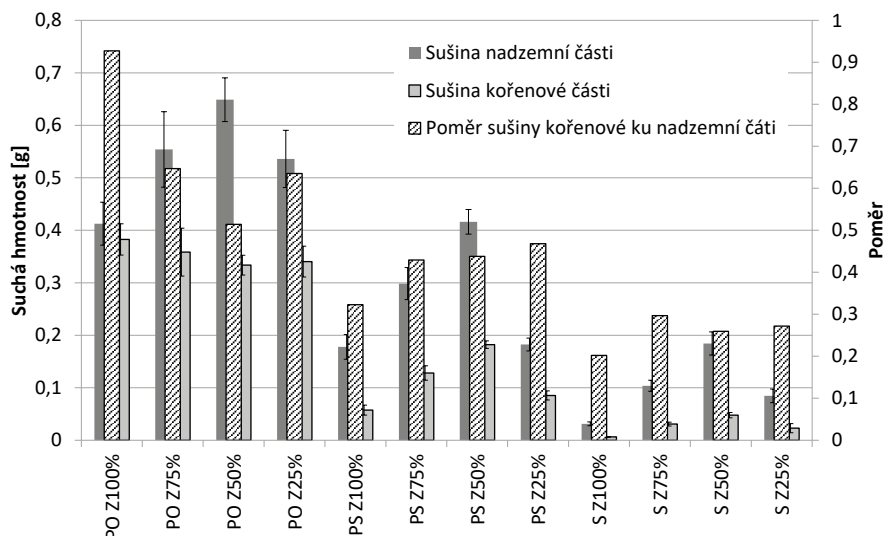
Z dosavadních šetření maloplošných obnovních postupů borových porostů v ČR vyplývá, že se počty jedinců přirozené obnovy borovice lesní pohybují v průměru v širokém rozpětí 5 000 až 20 000 jedinců na 1 ha. Pro zvážení, zda jsou tyto hodnoty v konkrétním případě dostatečné či nedostatečné, je potřeba zohlednit následující dvě okolnosti. První je průměrná výšková vyspělost obnovy, přičemž hustoty blížící se horní hranici jsou charakteristické pro obnovu do 0,5 m výšky, 5 000 jedinců obnovy je pak žádoucí dosahovat při průměrné výšce okolo 3,0 m. Zjednodušeně lze říci, že za vyhovující lze v první fázi po proclonění porostu a případné přípravě půdy považovat počet 1–2 vitálních borovic na 1 m² s dostatečným



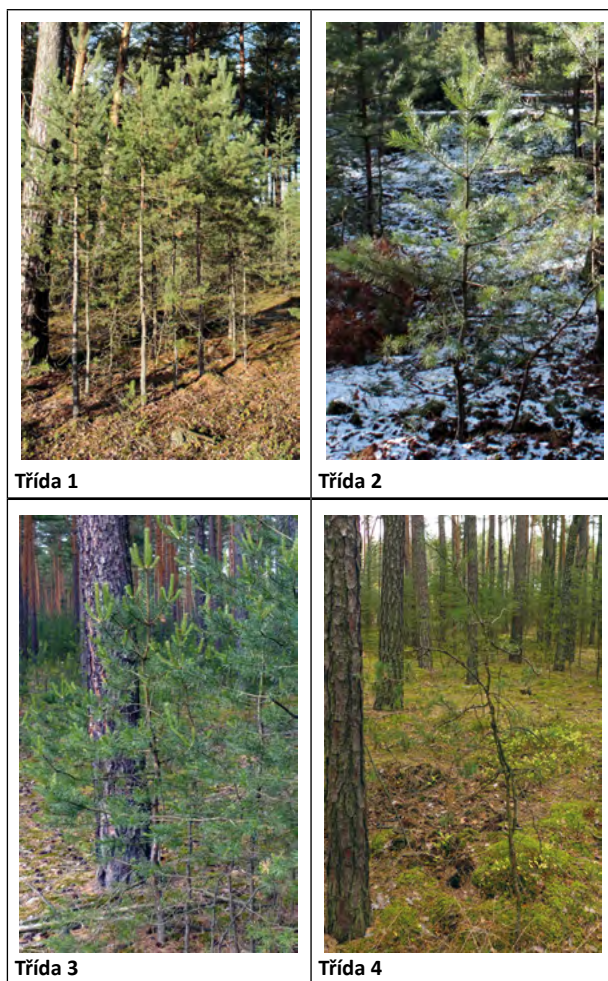
Obr. 6a: Velikosti kořenového systému (hloubka), nadzemní části (výška) a poměr velikostí kořenového systému k nadzemní části jednoletých semenáčků borovice lesní (PO – plný osvit, PS – polostín, S – stín; Z25% – zálivka 25%, Z50% – zálivka 50%, Z75% – zálivka 75%, Z100% – zálivka 100%).

výškovým přírůstem, který zaručuje, že obnova nebude potlačena přízemní vegetací. Druhým faktorem je pak kvalita přirozené obnovy, kdy je nutné posoudit počet jedinců, kteří budou představovat kostru budoucího porostu (SLOUP, LEHNEROVÁ 2016; ULBRICHOVÁ et al. 2018). Na obr. 7 je uvedeno možné dělení jedinců obnovy podle tříd pěstební kvality.

Při uplatnění maloplošných postupů je nutné počítat s tím, že bude potřeba výrazně modifikovat i současné obecně platné modely výchovy pro borové porosty. Ty vycházejí z předpokladu, že je vychovávaný porost relativně výškově vyrovnaný a případní předrostlíci a obrostlíci jsou přednostně a závčas odstraňováni. V případě maloplošné clonné obnovy dochází typicky k vytváření malých skupinek jedinců, kdy nejvyšší jedinci uvnitř skupinky mají zpravidla nejvyšší kvalitu. To vyplývá z jejich dominantního postavení zajišťujícího dostatečný světelný požitek, zároveň konkurence uvnitř skupiny zabraňuje přílišnému rozrůstání do šířky a tvorbě silných větví. U těchto jedinců je dosahován i ostřejší úhel větvení a vyšší výškový přírůst. U jedinců do 2 m by měl relativní výškový přírůst dosahovat podle stanovi-



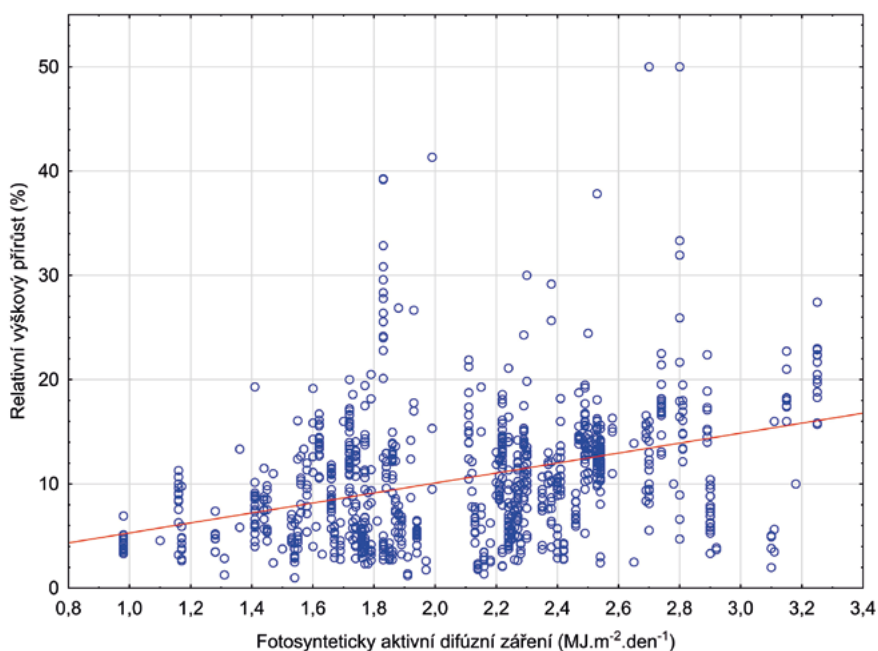
Obr. 6b: Hmotnosti sušiny kořenového systému, nadzemní části, celé rostliny a poměr hmotností sušiny nadzemní ke kořenové části jednoletých semenáčků borovice lesní (PO – plný osvit, PS – polostín, S – stín; Z25% – zálivka 25%, Z50% – zálivka 50%, Z75% – zálivka 75%, Z100% – zálivka 100%).



Obr. 7: Třídy pěstební kvality jedinců obnovy borovice lesní: **Třída 1:** kvalitní jedinec s průběžným kmenem a bez známek poškození; **Třída 2:** jedinec s mírnou vadou kmene, jako je zejména mírná jednoduchá křivost či poškození oděrem nebo vytloukáním do 1/3 obvodu kmene; **Třída 3:** jedinec s výraznou jednoduchou či složitou křivostí kmene, se závažným poškozením vytloukáním či oděrem převyšujícím 1/3 obvodu kmene, či jedinec s poškozeným terminálem, avšak s náhradním výhonem svírajícím ostrý úhel k ose kmene, či jedinec nahnutý; **Třída 4:** výrazně deformovaný jedinec bez pěstební hodnoty.

štních podmínek a průběhu klimatu v dané vegetační sezóně minimálně 10–20 %. Takové relativní výškové přírůsty jsou zpravidla dosahovány při intenzitách slunečního difúzního záření přesahující hranici 2,0 až 2,2 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$, které odpovídají hodnotám zápoje maximálně 75 % (obr. 8). Stanovení úhlu větvení indukujícího optimální světelné podmínky je ještě složitější, mělo by se proto opírat o relativní srovnání jedinců v porostu. Nicméně z rozsáhlého šetření v podmínkách ČR vyplývá, že hodnota mediánu úhlu větvení druhého nejmladšího přeslenu (od vodorovné roviny) nejkvalitnějších jedinců se rovnala 15°, u jedinců průměrné kvality pak byla rovna 10° a u jedinců podprůměrné kvality 5°. Úhly větvení nad 20° jsou pak zpravidla dosahovány při intenzitách přímého slunečního záření nad 15 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}$, což odpovídá hodnotám výčetní kruhové základny pod 15 $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$.

Základní dendrometrické a růstové charakteristiky (výška, tloušťka kořenového krčku, případně výčetní tloušťka, šířka koruny, tloušťkový a výškový přírůst) ve-



Obr. 8: Závislost fotosynteticky aktivního difúzního záření a relativního výškového přírůstu přirozené obnovy.

dle světelných podmínek jsou významně ovlivněny rovněž kompetičním tlakem, který lze vyjádřit vzdáleností nejbližšího dospělého či obdobně vyspělého jedince a celkovým počtem, nebo celkovou biomasou okolních konkurenčních jedinců. V konkurenčních vztazích hraje pak roli nejen zápoj mateřského porostu a zás-
tin v rámci obnovní skupiny, ale i podpovrchová kořenová kompetice. Z těchto důvodů je relativní výškový přírůst ve srovnání s obnovou na volné ploše i při optimálních světelných podmínkách přibližně o 30 % nižší. To je v případě clonné obnovy kompenzováno jednak přímo jemnějším větvením a lepšími charakteristikami dřeva (jak je pojednáno v kapitole 3.2), ale i nepřímo, kdy dochází k regulaci vývoje spodní etáže prostřednictvím mateřského porostu. V tomto ohledu je zpravidla naléhavost a intenzita samotných výchovných zásahů nižší, a snižují se tak i celkové náklady zejména na prořezávkové a první probírkové zásahy.

3.2 Dopad clonných obnovních postupů na kvalitu dřeva borovice lesní

3.2.1 Kvalitativní parametry dřeva borovice lesní ve vztahu k obnově porostů

Na clonný obnovní postup bylo do současné doby nahlíženo jako na způsob ovlivnění lesního prostředí pro dosažení optimálních podmínek pro vzházení a růst přirozené obnovy, případně i jako na prostředek zvyšování hodnotové produkce porostů při dlouhé době obnovní a uplatnění individuálního výběru. Doposud ale nebyl hodnocen vliv tohoto způsobu obnovy na samotnou kvalitu dřeva borovice tak, aby bylo zjevné opodstatnění tohoto obnovního postupu i z hlediska následného využití dřeva ve zpracovatelském průmyslu.

V našich experimentech jsme se zabývali dopadem clonných obnovních postupů na vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva borovice lesní, které jsou chápány zpracovatelským odvětvím jako kvalitativní parametry, jež rozhodují o zpracování a následném využití dřeva. Na základě našich analýz můžeme prohlásit, že tento způsob hospodaření má pozitivní vliv na kvalitu dřeva. Vzhledem ke skutečnosti, že studie proběhla na vybraných modelových lokalitách v České republice, lze chápat tyto závěry za obecně platné pro borovici z našeho území.

Podstatou dopadu clonného obnovního postupu na vlastnosti dřeva je omezení rychlosti růstu stromů v raném věku. Tento fakt způsobuje tvorbu výrazně užších letokruhů ve srovnání s holosečným způsobem (obr. 9A a 9B). Šířka letokruhů, respektive s tím související zastoupení letního dřeva v letokruhu, je v případě jehličnanů klíčová, kdy mezi šířkou letokruhů a hustotou dřeva existuje těsná pozitivní závislost. Hustota dřeva pak významným způsobem ovlivňuje pevnostní charakteristiky dřeva.



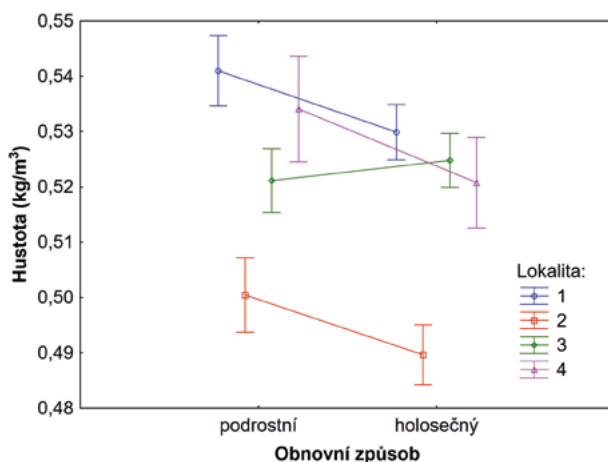
Obr. 9: Příčný řez kmenem borovice obnovené podrobným způsobem (A), obnovené holosečným způsobem (B).

3.2.2 Vliv clonných obnovních postupů na hustotu dřeva

Množství hmoty soustředěné v objemové jednotce je hlavním ukazatelem při přejímkách dříví i v dalších oblastech zpracovatelského průmyslu. To se považuje za jeden ze základních ukazatelů kvality dřeva, a to především díky skutečnosti, že ovlivňuje další charakteristiky dřeva, především jeho pevnost a pružnost.

Na většině hodnocených lokalit, charakteristických převažujícím borovým hospodářstvím (Západočeská pahorkatina, Severočeská pískovcová plošina a Český ráj, Jihočeské pánve, Polabí), byla dosažena vyšší hodnota hustoty dřeva stromů z porostů obnovených clonným způsobem (obr. 10). Rozdíly v hodnotě hustoty dřeva mezi uplatněnými obnovními způsoby nejsou diametrálně odlišné, a nelze tedy hovořit o postupech poskytujících dřevo dvou různých kvalit, nicméně tyto odlišnosti demonstrují možnosti ovlivnění kvality dřeva.

Značnou pozornost, pokud je tedy předmětem zájmu hospodáře kvalita dřeva, je nezbytné věnovat načasování těžebního zásahu. Po uvolnění dochází ke zvýšení šířky letokruhů, tak jak znázorňuje obr. 11, která se následně odrazí v poklesu hustoty dřeva. V porostech, kde došlo k rychlejšímu uvolnění, není rozdíl v hustotě dřeva ve srovnání s holosečným způsobem zpravidla tak zjevný, nebo se úplně ztrácí. Z po-

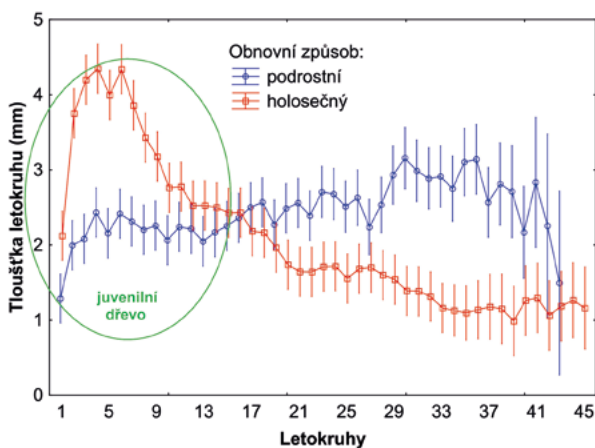


Obr. 10: Vliv aplikovaného obnovního postupu na hustotu dřeva u borovice lesní.

hledu kvality dřeva je tedy vhodné prodloužit dobu zastínění spodní etáže, a to za účelem dosažení úzkých letokruhů a pozitivního dopadu na hustotu dřeva, včetně minimalizace podílu zastoupení nežádoucí středové zóny z juvenilního dřeva. Z pohledu lesopěstebního se tedy jedná o postupy s delší dobou obnovy, směřující k maloplošným obnovním způsobům. Pozornost je třeba věnovat i následným výchovným zásahům a udržet optimální šířku letokruhů, neboť nadměrně silnými zásahy lze pozitivní efekt z raného věku znehodnotit.

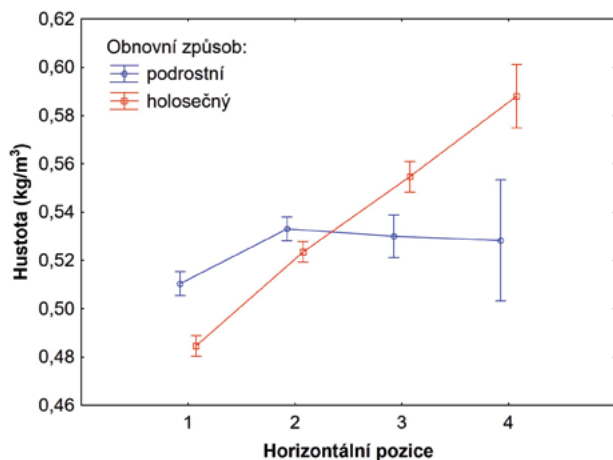
Mnohem zásadnější dopad z hlediska zpracování a využití dřeva je způsob rozložení hustoty dřeva v kmeni v příčném směru, tj. ve směru od středu kmene ke kůře. Je naprosto evidentní, že v případě podrovního obnovního způsobu je rozložení vlastností dřeva mnohem rovnoměrnější, tj. v podstatě stejné, bez ohledu na horizontální pozici v kmeni (obr. 12). To je podstatná informace směrem ke zpracovatelskému průmyslu, kdy středová zóna je často chápána jako méně hodnotná ve srovnání se zbývajícím částí kmene. V případě podrovního obnovního způsobu však pozice v kmeni z hlediska zpracování nehraje roli. Naopak u stromů pocházejících z porostů obhospodařovaných holosečným způsobem je zjevný rostoucí trend od středu kmene k jeho obvodu a rozdíly v hustotě dřeva mezi jednotlivými částmi kmene jsou značné.

Vlastnosti dřeva v kmeni stromů se neliší jen v příčném směru, ale i po výšce kmene. Vertikální trend v případě hustoty dřeva vykazuje klesající hodnoty s rostoucí

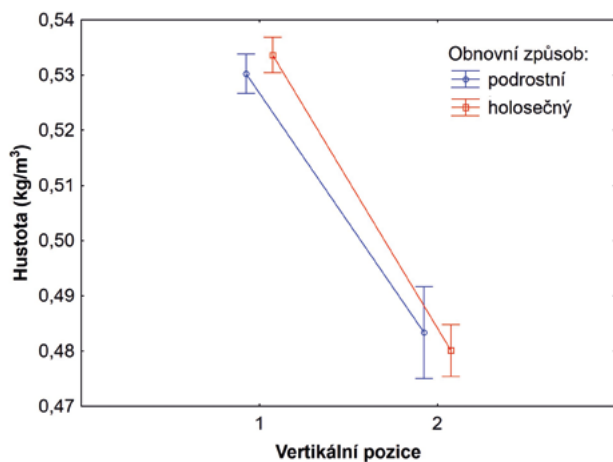


Obr. 11: Šířka letokruhů borovice v závislosti na obnovním způsobu.

výškou stromu (obr. 13). Vzhledem k průměrům kmenů bylo možné hodnotit jen dvě pozice: bazální a v jedné třetině výšky kmene. Nejvyšší dříví se tedy nalézá



Obr. 12: Rozložení hustoty v kmeni v příčném směru v závislosti na obnovním způsobu.

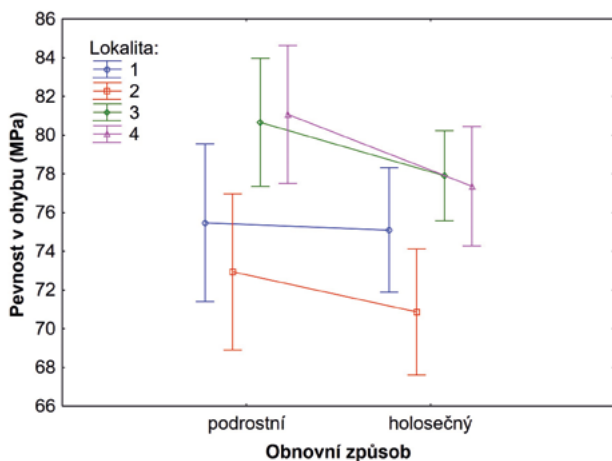


Obr. 13: Rozložení hustoty v kmeni ve vertikálním směru v závislosti na obnovním způsobu.

v bazální části kmene. Způsob rozložení hustoty po výšce kmene je obdobný pro oba způsoby obnovy a je nezbytné s ním počítat při zpracování a využití dřeva.

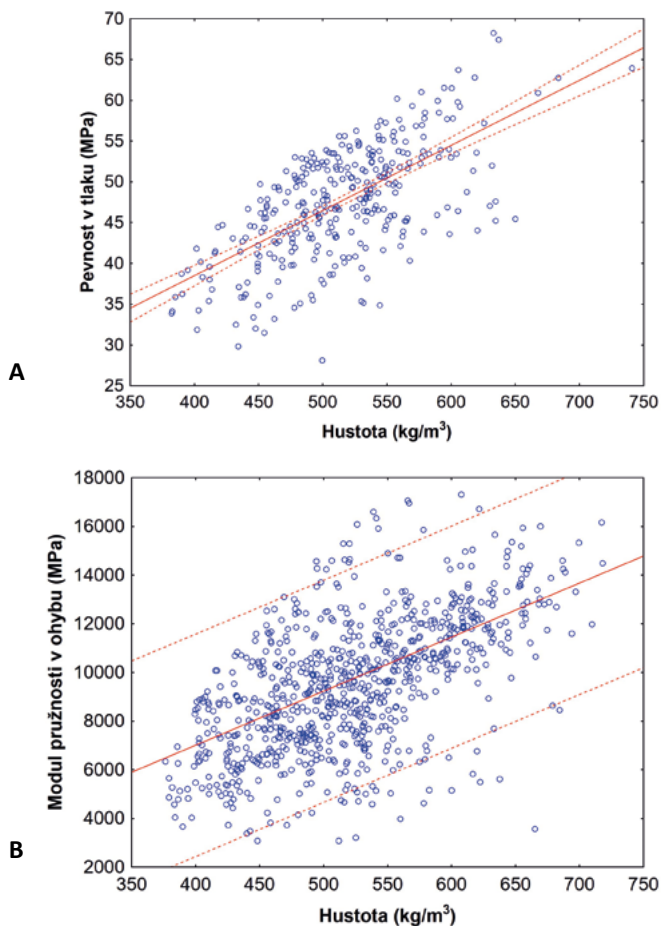
3.2.3 Vliv clonného obnovního způsobu na pevnostní charakteristiky dřeva

Z hlediska využití dřeva ve stavebnictví, pro konstrukční účely a na produkty vyšší přidané hodnoty, jsou důležité pevnostní a pružnostní charakteristiky dřeva. V našich analýzách jsme se věnovali zhodnocení vlivu obnovních způsobů na modul pružnosti v ohybu, pevnost v ohybu, pevnost v tlaku a rázovou houževnatost v ohybu dřeva borovice lesní. Opět je zjevný dopad obnovních způsobů na mechanické vlastnosti dřeva ve prospěch clonných postupů. Obr. 14 znázorňuje rozdíl v pevnosti ohybu v závislosti od obnovního postupu. Tento rozdíl je patrný i u dalších hodnocených charakteristik. Obdobně jako v případě hustoty, přestože se nejedná o diametrální rozdíl, rozdíly v ovlivnění pevnostních charakteristik dřeva jsou zjevné.



Obr. 14: Vliv aplikovaného obnovního způsobu na ohyb dřeva u borovice lesní.

Dopad pěstebních opatření na pevnost a pružnost dřeva borovice lesní, stejně tak i na jejich rozložení v příčném a vertikálním směru v kmeni, kopíruje průběh hustoty. To vychází ze skutečnosti, že většina mechanických vlastností velice těsně koreluje s hustotou dřeva. Znalost hustoty dřeva tak představuje pro lesní hospodáře velice dobrý prvotní ukazatel pevnostních charakteristik bez nutnosti provádění specializovaných analýz. Bez ohledu na hodnocenou vlastnost (obr. 15) v této závislosti nebyl prokázán podstatný rozdíl mezi obnovními způsoby.



Obr. 15: Závislost pevnosti v tlaku na hustotě u podrovního způsobu (A) a modulu pružnosti na hustotě u holosečného způsobu (B).

3.3 Ekonomická efektivnost clonné obnovy borových porostů

3.3.1 Komparace efektivnosti holosečného a podroostního hospodářského způsobu borových monokultur

Exaktní ekonomické hodnocení a zejména vzájemné srovnání jednotlivých způsobů hospodaření je relativně složité, protože je nutné brát v úvahu i některé parametry, které jsou velmi obtížně zjistitelné a v čase značně proměnlivé. Především jde o změnu hodnoty dřevní produkce v průběhu dlouhé obnovní doby, do které se promítají nejen změny kvantitativní, např. objemový přírůst, které jsou nejsnáze zjistitelné, ale i změny kvalitativní (zhodnocení kvality dřeva hnilobami), přesuny do jiných sortimentních tříd v důsledku zvětšování tloušťky (potenciální výrazné posuny ve zhodnocení dřeva), změny v cenách těchto sortimentů způsobené oscilacemi trhu, ale i regionální či národní deformace trhu. Kromě toho je také nutné počítat s faktorem času, druhovým složením porostů a s proměnlivostí stanoviště (bonita, lesní typ či hospodářský soubor). K tomu je navíc nutné připojit zhodnocení i nově vznikajícího porostu (PULKRAB et al. 2014).

Podle HANEWINKELA (2002) a KNOKEHO (2009) existují v zásadě dvě metody ekonomického hodnocení a porovnávání odlišných hospodářských způsobů:

1. empirické studie konkrétních hospodářských jednotek (úroveň celých podniků a úroveň jednotlivých porostů),
2. modelové hodnocení jednotlivých pěstebních systémů na základě známých souborů parametrů a předpokladů.

Z poznatků z literatury je zřejmé, že je velmi problematické nalézt takové dva lesní podniky, které jsou si ve všech uvedených parametrech tak podobné, že by rozdíly v ekonomických ukazatelích mohly být prokazatelně způsobené jenom odlišným způsobem hospodaření (požadavek *ceteris paribus approach* – JOHANSSON, LÖFGREN 1985). Z těchto důvodů se mnohem častěji aplikuje druhá metoda modelového hodnocení (HANEWINKEL 2002), a proto bylo po analýze podmínek k této variantě přistoupeno i v případě této metodiky.

Bylo využito metodiky hodnocení efektivnosti hospodářsky vyrovnaných lesních celků. Aplikace tohoto přístupu je v lesnické ekonomice známá pod termínem škola čistého výnosu z lesa. Hospodářsky vyrovnaný lesní celek je takový lesní objekt

(majetek), jehož obhospodařování je možno považovat v dostatečné míře za každoročně vyrovnané, tzn., že jeho obhospodařováním na základě LHP a v souladu se zákonnými ustanoveními o lese vznikají každoročně obdobné výnosy – tržby – při běžné úrovni zpeněžení dříví a obdobné výdaje – náklady s průměrnou mírou zisku při běžném způsobu a technologiích hospodaření. Hospodářsky samostatné – za běžných ekonomických poměrů – mohou být tak pouze velké lesní celky a lesní podniky, které mají dostatečně diverzifikovanou věkovou a prostorovou strukturu lesních porostů, s nimiž lze dosáhnout každoročně či alespoň v krátkých několikaletých periodách obdobného hospodářského výsledku, tedy jejich náklady a výnosy jsou relativně vyrovnané. Jedině tyto celky, které se blíží tzv. modelu „normálního lesa“, vykazují trvalou výnosovost a ekonomickou stabilitu. V případě rozvinutých přírodě blízkých způsobů pěstování lesů je kritérium vyrovnanosti splněno, pokud struktura porostů dosáhla stadia plynulé autoregulace a bylo dosaženo vyrovnanosti těžeb a přírůstu porostů. V těchto případech není výměra lesa rozhodující a vyrovnanost výnosů a nákladů může být dosažena i při relativně velmi malé výměře (PULKRAB et al. 2014).

3.3.2 Metodika pro zpracování návrhu hospodářských opatření u podrostowního hospodářského způsobu

V rámci řešené problematiky obnovních a hospodářských způsobů byla zpracována i analýza holosečného a podrostowního hospodářského způsobu borových monokultur. Je nutno zdůraznit, že:

- byl analyzován potenciální efekt,
- byl analyzován efekt monokultur v rámci borových cílových hospodářství.

Návrh hospodářských opatření podrostowního hospodářského způsobu vychází z prací PULKRAB et al. 2001 a 2010. Návrhy jsou patrné z tab. 1–3. U podrostowního hospodářského způsobu návrh hospodářských opatření vychází z následujícího postupu:

1. Základní rozdělení hospodářských opatření je provedeno na základě bonitních stupňů, a to tak, že:
 - pro růstově nadprůměrné porosty bonitních stupňů 1.–3. byly použity růstové a taxační tabulky (RTT; ÚHÚL 1996) pro 2. bonitní stupeň (tab. 1),
 - pro porosty středních bonitních stupňů 4.–6. byly použity RTT pro 5. bonitní stupeň (tab. 2),

- pro méně vzrůstné porosty 7.–9. bonitního stupně byly použity RTT pro 8. bonitní stupeň (tab. 3).
2. Údaje z RTT pro daný věk s tabulkovým zakmeněním 100 jsou redukovány na průměrné zakmenění uváděné pro zralé porosty, tj. 85 % (MZE 2017).
 3. Ve všech třech případech bylo použito obmýti 110 let s tím, že:
 - u podroostního hospodářství se předpokládá obnovní doba 30 let (těžební zásahy od 95–125 let),
 - u holosečného hospodářství jsou porosty vytěženy jednorázově ve věku 110 let.
 4. U podroostního hospodářství se předpokládá provedení 4 zásahů:
 - první zásah v 95 letech – seč přípravná spojená se sečí semennou – celkem 20 % hmoty,
 - druhý a třetí zásah vždy po 10 letech – seče uvolňovací – vždy 40 % stávající zásoby,
 - čtvrtý zásah – opět po deseti letech – seč domýtná.
 5. Metodika podroostního hospodaření vychází z předpokladu, že zásahem bude vždy odebrána méně kvalitní složka porostu, a naopak uvolněním podpoření jedinci nadprůměrní, na kterých dojde i k zvýšenému přírůstu. Pro další výpočet je tento zvýšený přírůst převzat z vypočtené průměrné hmotnatosti RTT pro věk o 5 let starších.

Ve všech případech jsou při věku 95 let údaje převzaty přímo z RTT, následně redukovány na průměrné zakmenění 0,85.

Z vypočtené výše zásoby je vypočtena výše těžby dle daného procenta. Pro zůstávající zásobu (po těžbě) je použita vypočtená průměrná hmotnatost, výšky a tloušťky z RTT pro věk o pět let vyšší, zásoba je dána odpočtem mezi předchozí a hmotou vytěženou. Z vypočtené průměrné hmotnatosti a zásoby je odvozen i počet stávajících jedinců, a to umožňuje dopočítat požadované údaje (počet stromů, výšky, tloušťky i průměrnou hmotnatost) u hmoty vytěžené. Po deseti letech jsou použity údaje z RTT s úpravou stávajícího počtu jedinců, a tím i stávající zásoby. Výpočet dalšího postupu je shodný s předchozím.

Tab. 1: Schéma vývoje zásoby a těžebních zásahů podrostowního hospodářského způsobu pro borovici; bonitní stupeň 2, doba obmětní 110 let, doba obnovy 30 let (95–125).

Věk	Střední výška (m)	Střední tloušťka (cm)	Počet stromů	Zásoba hrubí (m ³)	Prům. hmotn. (m ³)	Zakme- nění	Zpeně- žení (Kč.m ⁻³)	Výnosy (Kč.ha ⁻¹)	Poznámka
95	28,3	33,7	491	544	490	1,11	100		převzato z RTT
			417	462	416		85		
	26	29	121	92	83	0,76	1504	124 531	seč (20 % zásoby) přípr.+semenná
	29,3	35,2	296	370	333	1,25			převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 100 let)
105	31	38,1	296	456	410	1,54			převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 110 let)
	28,5	37	135	182	164	1,35	1565	256 347	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	31,7	39,5	161	274	247	1,7			převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 115 let)
115	32,9	42,3	161	322	290	2			převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 125 let)
	31,5	41	72	129	116	1,79	1582	183 670	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	33,4	43,6	89	193	174	2,16			převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 130 let)
125	34,5	47	89	232	209	2,61	1597	333 454	domýcení
95–125	29	39	417	635	257	1,52		898 002	celková těžba podrostowní
110	31,1	38,6	315	500	450	1,59	1570	706 500	těžba pasečná (hlavní porost)

Výšvětlivky: RTT – růstové a taxační tabulky, b.k. – bez kůry.

Tab. 2: Schéma vývoje zásoby a těžebních zásahů podrostního hospodářského způsobu pro borovici; bonitní stupeň 5, doba obmětní 110 let, doba obnovní 30 let (95–125).

Věk	Střední výška (m)	Střední tloušťka (cm)	Počet stromů	Zásoba hroubí (m ³)	Zásoba b.k. (m ³)	Prům. hmotn. (m ³)	Zakme- nění	Zpeně- žení (Kč.m ⁻³)	Výnosy (Kč.ha ⁻¹)	Poznámka
95	22,4	28,2	633	394	355	0,62	100			převzato z RTT
			538	335	302		85			
	19	25	161	67	60	0,42		1463	88 219	seč (20 % zásoby) přípr.+semenná
	23,4	29,5	377	268	241	0,71				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 100 let)
105	25	32,1	377	336	302	0,89				převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 110 let)
	23	31	175	134	121	0,76		1522	183 553	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	25,7	33,4	202	202	182	1				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 115 let)
115	26,9	35,9	202	242	218	1,2				převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 125 let)
	25	35	91	97	87	1,07		1556	135 839	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	27,4	37,1	111	145	131	1,31				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 130 let)
125	29	40	111	179	161	1,61		1578	254 216	domýcení
95–125	25	32,1	538	477	429	0,89			661 827	celková těžba podrostní
110	25,1	32,6	405	375	338	0,93		1531	516 713	těžba pasečná (hlavní porost)

Vysvětlivky: RTT – růstové a taxační tabulky; b.k. – bez kůry.

Tab. 3: Schéma vývoje zásoby a těžebních zásahů podrostního hospodářského způsobu pro borovici; bonitní stupeň 8, doba obmětní 110 let, doba obnovní 30 let (95–125).

Věk	Střední výška (m)	Střední tloušťka (cm)	Počet stromů	Zásoba hroubí (m ³)	Zásoba b.k. (m ³)	Prům. hmotn. (m ³)	Zakme- nění	Zpeně- žení (Kč.m ⁻³)	Výnosy (Kč.ha ⁻¹)	poznámka
95	16,7	22,4	862	256	230	0,3	100			převzato z RTT
			733	218	196		85			
	14,5	20	217	44	40	0,2		1355	53 658	seč (20 % zásoby) přípr.+semenná
	17,5	23,6	516	174	157	0,34				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 100 let)
105	19,1	25,9	516	232	209	0,45				převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 110 let)
	17	25	238	93	84	0,39		1463	122 453	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	19,7	27	278	139	125	0,5				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 115 let)
115	20,9	29,2	278	172	155	0,62				převzato z RTT (stav po 10 letech, pro věk 125 let)
	19	29	119	69	62	0,58		1504	93 398	seč uvolňovací (40 % zásoby)
	21,4	30,2	159	103	93	0,68				převzato z RTT (stav po zásahu, pro věk 130 let)
125	23	33	159	138	124	0,87		1541	191 392	domýcení
95–125	18,8	27	733	344	310	0,47			460 902	celková těžba podrostní
110	19,2	26,3	551	256	230	0,46		1478	340 531	těžba pasečná (hlavní porost)

Výšvětlivky: RTT – růstové a taxační tabulky, b.k. – bez kůry.

3.3.3 Identifikace základních ekonomických parametrů analyzovaných hospodářských způsobů

Kalkulace vychází z následujících předpokladů:

1. Byla navržena optimální hospodářská opatření pěstební a těžební činnosti.
2. Potenciální výnosy lesní výroby byly vykalkulovány na základě růstových tabulek.
3. Sortimentace byla provedena podle tabulek (PAŘEZ 1987) pro kvalitu „N“ – zdravé nepoškozené rovně rostlé kmeny.
4. V každé tloušťkové třídě (6+ až 1) byly zohledněny hlavní sortimenty, které jsou aktuálně obchodovány v podmínkách České republiky a oceněny tržními cenami, které publikoval Český statistický úřad (ceny za rok 2016).
5. Výpočet přímých nákladů pěstební a těžební činnosti vychází z výkonových norem (NOUZA, NOUZOVÁ 2003) za těchto předpokladů: započítáním průměrné a jednotné přírážky k základní normě ve výši 15 %, uvažováním jednotného mzdového tarifu ve výši 65,00 Kč.Nh⁻¹ v pěstební činnosti a ve výši 80,00 Kč.Nh⁻¹ v těžební činnosti (odhadnutý republikový průměr, jeho hodnota může regionálně kolísat), započtením jednotné výše sociálního a zdravotního pojištění (34 % ke mzdovým nákladům), jednotným započtením náhrad (ve výši 39 % k vynaloženým mzdovým nákladům).
6. Kardinálním syntetickým ukazatelem efektu hodnocení byl hrubý zisk lesní výroby (HZLV), který je definován jako rozdíl výnosů a úplných vlastních nákladů.

Hrubý zisk lesní výroby je možno evidovat buď absolutně za celou dobu obmýtní, nebo jako roční efekt (hrubý zisk lesní výroby dělený dobou obmýtní). V tomto případě je syntetickým kritériem hodnocení roční hrubý zisk lesní výroby.

Průběh ekonomických parametrů holosečného hospodářského způsobu u borových monokultur (zakmenění 1,0) je patrný z tab. 4, ekonomické parametry borových monokultur pro podrostní hospodářský způsob a zakmenění 0,85 jsou patrné z tab. 5.

Tab. 4: Průběh ekonomických parametrů holosečného hospodářského způsobu u borových monokultur; zakmenění 1,0.

Bonita	Věk	Náklady				Výnosy TV		Výnosy TO		Výnosy celkem	HZLV
		pěsteb. čin.	těžeb. čin. (TV)	těžeb. čin. (TO)	celk. s režii	m ³ b.k.	(Kč/ha/r)	m ³ b.k.	(Kč/ha/r)		
		(Kč/ha/r)	(Kč/ha/r)	(Kč/ha/r)	(Kč/ha/r)					(Kč/ha/r)	(Kč/ha/r)
1	80	2 599	926	1 991	7 447	145	2 406	467	8 939	11 345	3 898
1	90	2 310	823	1 860	6 741	145	2 138	491	8 448	10 586	3 845
1	100	2 079	741	1 725	6 136	145	1 924	506	7 896	9 820	3 684
1	110	1 890	674	1 609	5 634	145	1 750	519	7 412	9 162	3 528
1	120	1 732	617	1 506	5 204	145	1 604	530	6 971	8 575	3 371
1	130	1 599	570	1 403	4 822	145	1 480	535	6 489	7 969	3 147
2	80	2 599	690	1 816	6 892	108	1 695	426	8 051	9 746	2 854
2	90	2 310	613	1 690	6 228	108	1 507	446	7 578	9 085	2 857
2	100	2 079	552	1 572	5 674	108	1 356	461	7 142	8 498	2 824
2	110	1 890	502	1 466	5 208	108	1 233	473	6 705	7 938	2 730
2	120	1 732	460	1 370	4 809	108	1 130	482	6 300	7 430	2 621
2	130	1 599	425	1 277	4 456	108	1 043	487	5 880	6 923	2 467
3	80	2 599	805	1 633	6 800	126	2 071	383	7 148	9 219	2 419
3	90	2 310	715	1 527	6 145	126	1 841	403	6 778	8 619	2 474
3	100	2 079	644	1 391	5 554	126	1 657	408	6 242	7 899	2 345
3	110	1 890	585	1 327	5 133	126	1 506	428	6 024	7 530	2 397
3	120	1 732	537	1 236	4 732	126	1 381	435	5 655	7 036	2 304
3	130	1 599	495	1 154	4 385	126	1 275	440	5 285	6 560	2 175
4	80	2 097	613	1 454	5 621	96	1 543	341	6 374	7 917	2 296

Tab. 4: Pokračování

Bonita	Věk	Náklady					Výnosy TV		Výnosy TO		Výnosy celkem	HZLV
		pěsteb. čin. (Kč/ha/r)	těžeb. čin. (TV)	těžeb. čin. (TO)	celk. s režii (Kč/ha/r)	m³ b.k.	(Kč/ha/r)	m³ b.k.	(Kč/ha/r)			
4	90	1 864	545	1 364	5 094	96	1 372	360	6 052	7 424	2 330	
4	100	1 678	491	1 275	4 649	96	1 235	374	5 651	6 886	2 237	
4	110	1 525	446	1 184	4 259	96	1 122	382	5 311	6 433	2 174	
4	120	1 398	409	1 100	3 924	96	1 029	387	4 999	6 028	2 104	
4	130	1 290	377	1 031	3 642	96	950	393	4 689	5 639	1 997	
5	80	2 097	511	1 292	5 265	80	1 301	303	5 603	6 904	1 639	
5	90	1 864	454	1 209	4 761	80	1 156	319	5 292	6 448	1 687	
5	100	1 678	409	1 125	4 336	80	1 040	330	4 938	5 978	1 642	
5	110	1 525	372	1 051	3 980	80	946	339	4 667	5 613	1 633	
5	120	1 398	341	975	3 664	80	867	343	4 323	5 190	1 526	
5	130	1 290	314	910	3 394	80	800	347	4 091	4 891	1 497	
6	80	1 723	370	1 134	4 356	58	894	266	4 802	5 696	1 340	
6	90	1 531	329	1 057	3 938	58	794	279	4 582	5 376	1 438	
6	100	1 378	296	982	3 586	58	715	288	4 257	4 972	1 386	
6	110	1 253	269	911	3 285	58	650	294	4 000	4 650	1 365	
6	120	1 148	247	850	3 031	58	596	299	3 723	4 319	1 288	
6	130	1 060	228	792	2 808	58	550	302	3 519	4 069	1 261	
7	80	1 646	294	972	3 931	46	666	228	4 002	4 668	737	

Tab. 4: Pokračování

Bonita	Věk	Náklady					Výnosy TV		Výnosy TO		Výnosy celkem	HZLV
		pěsteb. čin. (Kč/ha/r)	těžeb. čin. (TV)	těžeb. čin. (TO)	celk. s režii	m³ b.k.	(Kč/ha/r)	m³ b.k.	(Kč/ha/r)			
7	90	1 463	261	909	3 555	46	592	240	3 863	4 455	900	
7	100	1 317	235	849	3 241	46	533	249	3 607	4 140	899	
7	110	1 197	214	787	2 967	46	485	254	3 410	3 895	928	
7	120	1 098	196	730	2 732	46	444	257	3 159	3 603	871	
7	130	1 013	181	677	2 526	46	410	258	2 970	3 380	854	
8	80	1 271	243	827	3 160	38	569	194	3 277	3 846	686	
8	90	1 130	216	773	2 861	38	505	204	3 192	3 697	836	
8	100	1 017	194	713	2 597	38	455	209	2 936	3 391	794	
8	110	925	177	660	2 379	38	413	213	2 806	3 219	840	
8	120	848	162	611	2 188	38	379	215	2 594	2 973	785	
8	130	782	149	569	2 025	38	350	217	2 414	2 764	739	
9	80	1 271	51	682	2 705	8	105	160	2 591	2 696	-9	
9	90	1 130	45	633	2 441	8	93	167	2 520	2 613	172	
9	100	1 017	41	559	2 183	8	84	164	2 219	2 303	120	
9	110	925	37	543	2 032	8	76	175	2 232	2 308	276	
9	120	848	34	503	1 870	8	70	177	2 077	2 147	277	
9	130	782	31	464	1 724	8	64	177	1 918	1 982	258	

Výsvětlivky: TO – těžba obnovní, TV – těžba výchovná, HZLV – hrubý zisk lesní výroby.

Tab. 5: Ekonomické parametry podrobného hospodářského způsobu u borových monokultur, zakmenění: 0,85.

Bonita	Doba obmýtní	Náklady					Výnosy celkem	HZLV
		pěsteb. čin. (Kč/ha/r)	těžeb. čin. (TV) (Kč/ha/r)	těžeb. čin. (TO) (Kč/ha/r)	celkem s režii (Kč/ha/r)	m ³ b.k. (Kč/ha/r)		
2	110	1 890	502	1 773	5 623	108	1 233	(Kč/ha/r)
3						572	8 164	3 774
4								3 385
5	110	1 525	372	1 330	4 356	80	946	2 995
6						429	6 017	2 606
7								2 343
8	110	925	177	961	2 785	38	413	2 081
						310	4 190	1 818

Vysvětlivky: TO – těžba obnovní, TV – těžba výchovná, HZLV – hrubý zisk lesní výroby.

3.3.4 Výsledky analýzy komparace hospodářských způsobů pro borové monokultury

Výsledky dosažené analýzou jsou patrné z tab. 6 a 7.

Tab. 6: Komparace hrubého zisku lesní výroby (HZLV) holosečného a podrovního hospodářského způsobu pro borové monokultury; doba obmýtní: 110 let, zakmenění 0,85.

Bonita	Doba obmýtní	HZLV holosečného h.z. (Kč/ha/r)	HZLV podrovního h.z. (Kč/ha/r)	Rozdíl podrovního a holosečného h.z. (Kč/ha/r)
2	110	2 321	3 774	1 454
3	110	2 037	3 385	1 348
4	110	1 848	2 995	1 147
5	110	1 414	2 606	1 192
6	110	1 160	2 343	1 183
7	110	789	2 081	1 292
8	110	714	1 818	1 104

Komparace ročního hrubého zisku lesní výroby holosečného a podrovního hospodářského způsobu pro soubory lesních typů, kde je uvažované borové cílové hospodářství, je uvedena v tab. 7. Typy cílových hospodářství vycházejí z původního pojetí (Plíva 1981). Nenahrazují HS, neboť nejsou typologickou jednotkou, ale pro různé rámcové jednotky se stejným cílem hospodaření, stejnými základními dřevinami cílové skladby, podle nichž je označen typ hospodářství, stanoví intenzitu, způsob i hlavní zásady hospodaření.

Tab. 7: Komparace ročního hrubého zisku lesní výroby holosečného a podrostiného hospodářského způsobu v členění podle souborů lesních typů; doba obmýtní 110 let, zakmenění 0,85.

SLT	CH	BS	Holosečný h.z. HZLVr (Kč/ha)	Podrostiní h.z. HZLVr (Kč/ha)
3Y	BO	7	789	2081
4Y	BO	6	1160	2343
1M	BO	5,5	1160	2343
2M	BO	7,5	714	1818
3M	BO	7,5	714	1818
4M	BO	7	789	2081
0K	BO	6,5	789	2081
1K	BO	7,5	714	1818
2K	BO	6	1160	2343
3K	BO	5,5	1160	2343
1I	BO	6	1160	2343
2I	BO	5,5	1160	2343
3I	BO	6	1160	2343
0N	BO	6,5	789	2081
1N	BO	6,5	789	2081
2N	BO	6	1160	2343
3N	BO	5,5	1160	2343
4N	BO	6	1160	2343
1S	BO	5	1388	2606
2S	BO	5	1388	2606
0C	BO	6,5	789	2081
1C	BO	7	789	2081
2C	BO	6,5	789	2081
3C	BO	6	1160	2343
4C	BO	5	1388	2606
0O	BO	3,5	1848	2995
0P	BO	6	1160	2343
1P	BO	4,5	1388	2606
2P	BO	4,5	1388	2606
1Q	BO	6	1160	2343
2Q	BO	6	1160	2343
4Q	BO	6	1160	2343
5Q	BO	6	1160	2343
0T	BO	5	1388	2606
0G	BO	5	1388	2606

Údaje uvedené v tab. 7 pro SLT je nutno považovat v určitém smyslu za orientační, protože nezahrnují efekt melioračních a zpevňujících dřevin (MZD). V případě stejného podílu a druhové skladby MZD znázorňují komparaci efektu borovice jako cílové dřeviny obou hodnocených hospodářských způsobů. Z výsledků je evidentní, že ekonomický efekt podrostního způsobu hospodaření v borových porostech je významně vyšší než ekonomický efekt holosečného hospodaření. Hlavním důvodem jsou vyšší výnosy, protože úroveň celkových nákladů je u obou porovnávaných způsobů srovnatelná. Na vyšších výnosech podrostního způsobu hospodaření se podílí jak zvýšená objemová produkce způsobená světlostním přírůstem a rozložením těžby části porostu do vyššího věku, tak i lepší sortimentace těžného fondu, která je ovlivněná vyššími dimenzemi stromů a přináší lepší finanční zhodnocení.

Závěrem je nutno poznamenat, že ceny vstupů i výstupů obhospodařování borových monokultur od doby zpracování analýzy podlely určitému vývoji – v poslední době značně turbulentnímu. Na druhou stranu je však nutno konstatovat, že vstupy pro hodnocení obou variant jsou totožné, takže zjištěné relace se v podstatě měnit nebudou.

4 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Novost metodiky spočívá v komplexním přístupu, který vlastníkům a správcům lesů poskytuje ucelený návod pro aplikaci clonných postupů při obnově borových porostů. Takový rámcový metodický postup nebyl dosud pro borové porosty nižších až středních poloh vytvořen a poskytuje oporu jak v otázkách základní volby lesopěstební strategie, tak i na úrovni vlastních pěstebních postupů s důrazem na obnovu lesa. Pro jeho formulaci byly využity nejnovější vědecké poznatky, které byly získány v průběhu řešení projektu QJ1520037 „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“.

5 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodiku mohou využívat jak vlastníci a správci lesů, lesní hospodáři, subjekty provádějící lesnické činnosti, státní správa lesů, tak i orgány státní správy ochrany přírody jako návod pro aktivní management v podmínkách zvláště chráněných území. Metodika může rovněž sloužit k výukovým účelům a speciálním školením zaměřeným na problematiku přírodě blízkého pěstování lesů v podmínkách borového hospodářství.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Metodický postup je navržen tak, aby vlastníkům a správcům lesů poskytl návod, jak optimálně postupovat v případě clonné obnovy v porostech s převažujícím zastoupením borovice lesní. Důraz je přitom kladen na zajištění trvalosti produkčních a stanovištně-ekologických podmínek společně s dosažením maximálních ekonomických přínosů.

Samotná komparace efektivnosti holosečného a podroštního hospodářského způsobu borových monokultur včetně kalkulace ročního hrubého zisku lesní výroby je pak uvedena v kapitole 3.3.

Vedle těchto přímých ekonomických dopadů dochází v případě aplikace popsaných postupů ke snižování podílu nahodilých (kalamitních) těžeb, jedná se tedy o účinný management rizika a zajištění trvalosti a vyrovnanosti produkce. V neposlední řadě takto strukturované porosty optimálně plní celou řadu ekologických, environmentálních a sociálních funkcí.

7 ZÁVĚR

Mimořádný ekonomický a celospolečenský dopad metodiky vyplývá z hospodářského významu borovice lesní v zemích EU. Předkládaný výsledek má o to podstatnější veřejný dopad, že se borovice lesní vyskytuje v oblastech, které jsou klimatickými extrémami (zejména suchem) ohroženy do té míry, že mohou v případě nevhodného hospodaření vést až k významné degradaci lesního prostředí.

8 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QJ1520037 „Zvyšování adaptability borového hospodářství v podmínkách České republiky“.

9 LITERATURA

9.1 Seznam použité literatury

- BÍLEK L., VACEK Z., VACEK S., BULUŠEK D., LINDA R., KRÁL J. 2018. Clearcut borders as an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration? Forest Systems e010. <https://doi.org/10.5424/fs/2018272-12408>.
- COBAN S., COLAK A.H., ROTHERHAM I. D. 2016. Interactions between canopy cover density and regeneration cores of older saplings in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Forest Systems 25(3): e073.
- CUNNINGHAM R.A., VAN HAVERBEKE D.F. 1991. Twenty-two year results of a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance test in North Dakota. USDA For. Serv. Research Paper RM-298. 12p
- GALIANO L., MARTÍNEZ-VILALTA J., EUGENIO M., GRANZOW-DE LA CERDA Í., LLORET F. 2013. Seedling emergence and growth of *Quercus* spp. following severe drought effects on a *Pinus sylvestris* canopy. Journal of Vegetation Science 24(3): 580–588. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01485.x>
- GIERTYCH M. 1991. Provenance variation in growth and phenology. In: Giertych, M., Matyas, C. (eds.): Genetics of Scots Pine. Elsevier, Amsterdam, 87-101.

- HILLE M., OUDEN J. 2004. Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. *European Journal of Forest Research*, 123: 213-218.
- HANEWINKEL M. 2002. Comparative economic investigations of even-aged and uneven-aged silvicultural systems: a critical analysis of different methods. *Forestry*, 75(4): 473-481.
- CHURCHILL D.J., LARSON A.J., DAHLGREEN M.C., FRANKLIN J.F., HESSBURG P.F., LUTZ J.A. 2013. Restoring forest resilience: from reference spatial patterns to silvicultural prescriptions and monitoring. *Forest Ecology and Management* 291: 442-457. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.007>.
- JOHANSSON P.O., LÖFGREN K.G. 1985. *The Economics of Forestry and Natural Resources*. Blackwell, Oxford, 292.
- KNOKE T., PETER R. 2002. Zum optimalen Zieldurchmesser bei fluktuierendem Holzpreis - eine Studie am Beispiel von Kiefern-Überhältern (*Pinus sylvestris* L.). *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 173:21-28.
- KNOKE T. 2009. Zur finanziellen Attraktivität von Dauerwaldwirtschaft und Überführung: eine Literaturanalyse. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 160: 152-161.
- KUULUVAINEN T., PUKKALA T. 1989. Effect of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings. *Silva Fennica*, 23: 159-167.
- MATÍAS L., JUMP A.S. 2012. Interactions between growth, demography and biotic interactions in determining species range limits in a warming world: The case of *Pinus sylvestris*. *Forest Ecology and Management*, 282: 10-22.
- MERLIN M., PEROT T., PERRET S., KORBOULEWSKY N., VALLET P. 2015. Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. *Forest Ecology and Management*, 339: 22-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.032>.
- MESSIER C., DOUCET R., RUEL J.C., CLAVEAU Y., KELLY C., LECHOWICZ M.J. 1999. Functional ecology of advance regeneration in relation to light in the boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 812-823.
- MIKESKA M., VACEK S., PRAUSOVÁ R., SIMON J., MINX T., PODRÁZSKÝ V. et al. 2008. Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 447 s.

- Ministerstvo zemědělství ČR 2017. Zpráva o stavu lesů a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- MIRSCHER F., ZERBE S., JANSEN F. 2011. Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of NE Germany. *Forest Ecology and Management*, 261: 683-694.
- MOOG M., KARBERG B. 1992. Ökonomische Gesichtspunkte zur Zielstärke von Kiefern und Buchen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 47: 85-90.
- NILSSON U., GEMMEL P., JOHANSSON U., KARLSSON M., WELANDER T. 2002. Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 161: 133-145.
- NOUZA J., NOUZOVÁ J. 2003. Výkonové normy v lesním hospodářství. *Lesy České republiky*, s. p.
- OLEKSYN J. 1991. Inheritance of resistance to abiotic factors. In: Giertych, M., Matyas, C. (eds.): *Genetics of Scots Pine*. Elsevier, Amsterdam, 219-229.
- PAŘEZ J. 1987. Sortimentální tabulky pro smrkové a borové porosty různé kvality. *Lesnictví, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství*, Praha 33 (10): 919-944.
- PLÍVA K. 1981. Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. *SZN*, Praha, 214 s.
- PULKRAB K., ROČEK I., GROSS J., ŠIŠÁK L., PODRÁZSKÝ V., BLUŽOVSKÝ Z., SLOUP M., ZEMAN M. 2001. Prognóza ekonomických důsledků přírodě blízkého obhospodařování lesů. *Závěrečná zpráva projektu MZe ČR č. EP 9217*.
- PULKRAB K., REMEŠ J., SLOUP M. 2010. Modelová studie přímých nákladů holosečného a podroštního hospodářského způsobu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 16-27.
- PULKRAB K., SLOUP M., REMEŠ J. 2014. Metodika analýzy ekonomického efektu hospodářských způsobů. *Certifikovaná metodika. Číslo certifikátu 10969/ENV/15*. Ministerstvo životního prostředí, 34.
- REICH P.B., Oleksyn J. 2008. Climate warming will reduce growth and survival of Scots pine except in the far north. *Ecol. Lett.*, 11: 588-597. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01172.x
- SCOTT D., WELCH D., THURLOW M., ELSTON D.A. 2000. Regeneration of *Pinus sylvestris* in a natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus*. *Forest Ecology and Management*, 130: 199-211.

- SHUTYAEV A.M., GIERTYCH M. 1997. Height growth in a comprehensive Eurasian provenance experiment of *Pinus sylvestris* L. *Silvae Genetica*, 46: 332-349.
- SLOUP M., LEHNEROVÁ L. 2016. Vliv prvních výchovných zásahů na růst a vývoj borové mlaziny z přirozené obnovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (3): 213-222.
- ÚHÚL 1996. Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub). Ústav pro výzkum lesních ekosystémů, s.r.o., Jílové u Prahy.

9.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

- BÍLEK L., REMEŠ J., ŠVEC O., VACEK Z., ŠTÍCHA V., VACEK S., JAVŮREK P. 2017. Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 48 s.
- BÍLEK L., VACEK Z., VACEK S., BULUŠEK D., ROSTISLAV L., KRÁL J. 2018. Clearcut borders as an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration? *Forest Systems*, *Forest Systems*, 27 (2): e010. <https://doi.org/10.5424/fs/2018272-12408>.
- BÍLEK L., VACEK S., VACEK Z., REMEŠ J., KRÁL J., BULUŠEK D., GALLO J. 2016. How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science*, 62 (1): 24-34.
- ULBRICHOVÁ I., JANEČEK V., VÍTÁMVÁS J., ČERNÝ T., BÍLEK L. 2018. Clonná obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) ve vztahu ke stanovištním a porostním podmínkám. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63 (3): 153-164.
- SHARMA R.P., BÍLEK L., VACEK Z., VACEK S. 2017. Modelling crown width–diameter relationship for Scots pine in the central Europe. *Trees*, 31: 1875-1889. DOI 10.1007/s00468-017-1593-8.
- SCHÖNFELDER O., ZEIDLER A., BORŮVKA V., BÍLEK L. 2017. Influence of site conditions and silvicultural practice on the wood density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – a case study from the Doksy locality, Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 63 (10): 457-462.

- SCHÖNFELDER O., ZEIDLER A., BORŮVKA V., BÍLEK L., LEXA M. 2018. Shrinkage of Scots pine wood as an effect of different tree growth rates, a comparison of regeneration methods. *Journal of Forest Science*, 6: 271-278. <https://doi.org/10.17221/23/2018-JFS>.
- VACEK S., VACEK Z., REMEŠ J., BÍLEK L., HŮNOVÁ I., BULUŠEK D., PUTALOVÁ T., KRÁL J., SIMON J. 2017. Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. *Trees*, 31: 1599-1617. DOI 10.1007/s00468-017-1572-0.

SILVICULTURAL AND ECONOMIC ASPECTS OF SHELTERWOOD REGENERATION IN SCOTS PINE STANDS

Summary

The aim of this study was to describe silviculture aspects of the shelterwood regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Czech Republic. Chapter 3.1 thoroughly explains the means by which the natural shelterwood regeneration can be supported. Influence of the forest manager on the initiation of the regeneration is focused on the soil preparation (providing ideal conditions to the seed germination and lowering of the competition of the herb and shrub layer, after the soil is prepared) and the change of the light conditions inside the stand by regulating the stand density. Light conditions affect not only quantity but quality and growth of the regeneration as well. Optimal conditions for the growth are usually achieved only after combining both above-mentioned tasks. Chapter 3.2 contains an analysis of the shelterwood method on the wood quality of the Scots pine. The core mechanics of positively affecting the wood quality is slowing the growth of the trees in early years. This causes the creation of substantially thinner tree rings when compared to the clear-cut method. Effect of the practices on strength and elasticity of the wood, as well their distribution along vertical and lateral directions in the stem copies the wood density. Chapter 3.3. is focused on the evaluation of the shelterwood method economic effectiveness. Results show that the effect of the shelterwood method is bigger than the effect of the clear-cut. The main reason being higher profit because even though costs are comparable, the shelterwood method generates bigger yield. That can be attributed to the light related volume growth as well to the volume growth caused by the fact, that part of the felling operation takes place later, causing trees to grow to the bigger dimensions. That leads also to better assortment possibilities. Besides these direct economic impacts, due to the described methods, a decrease in salvage logging can be expected. The shelterwood method can be therefore considered an effective risk management tool and can contribute to the sustainable and equalized production. Stands managed by this method also provide a range of nonproductive functions – ecological, environmental and social.

Obrazová příloha



Obr. 1: Experimentální plocha po realizované první fázi clonné seče s různými variantami proclonění a přípravy půdy (foto: L. Bílek).



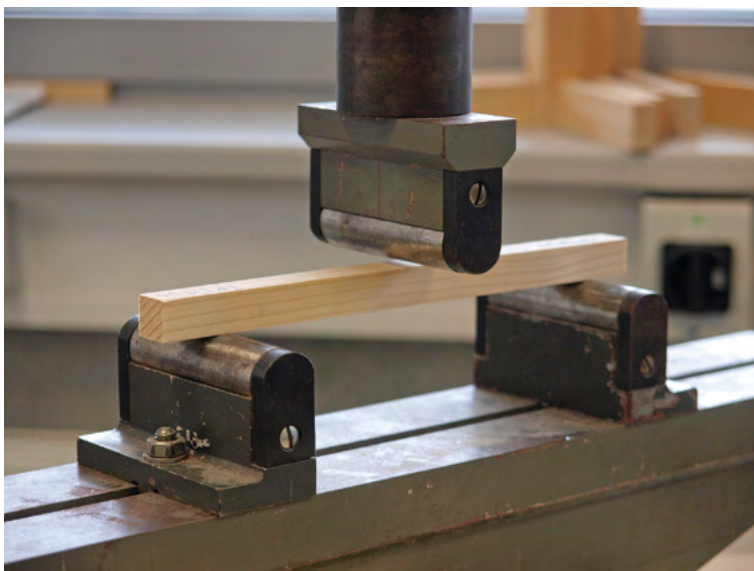
Obr. 2: Při clonných postupech zpravidla dochází k uplatnění více kohort jedinců přirozené obnovy (foto: I. Ulbrichová).



Obr. 3: Při delší době obnovy s pozvolným a nerovnoměrným uvolňováním porostního zápoje se věková a výšková rozrůzněnost spodní etáže zvyšuje (foto: I. Ulbrichová).



Obr. 4: Těžba vzorových kmenů borovice lesní pro analýzy vlastností dřeva (foto: A. Zeidler).



Obr. 5: Normalizovaná zkouška na stanovení pevnosti v ohybu (foto: A. Zeidler).



Obr. 6: Zkušební tělesa pro stanovení pevnostních charakteristik (foto: A. Zeidler).



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

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 4/2018