

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Vývoj přirozené obnovy borovice lesní na holé seči ve vztahu
k porostním okrajům, světelným podmínkám a charakteru povrchu
půdy**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jakub Myška

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Myška

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Vývoj přirozené obnovy borovice lesní na holé seči ve vztahu k porostním okrajům, světelným podmínkám a charakteru povrchu půdy

Název anglicky

Dynamics of Scots pine natural regeneration on clear-cut area in relation to forest stand borders, light conditions and soil surface characteristics

Cíle práce

Vyhodnotit výskyt a kvalitu jedinců přirozené obnovy borovice lesní a dalších přimíšených dřevin na holé seči v závislosti na orientaci a vzdálenosti porostní stěny, charakteru mikrostanoviště po velkoplošné přípravě půdy a světelných podmínkách.

Metodika

Metodika:

- Získání detailního přehledu publikovaných informací k danému tématu
- Opakovaná inventarizace přirozené obnovy na založených zkusných plochách
- Analýza stanovištních faktorů (světelných podmínek a přízemní vegetace) a jejich vlivu na přirozenou obnovu
- Formulování pěstebních doporučení pro obnovu lesních porostů na daných stanovištích

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 normovaných stran textu bez příloh

Klíčová slova

přirozená obnova, světelné podmínky, přizemní vegetace, holá seč, příprava půdy, přimíšené dřeviny

Doporučené zdroje informací

- Aleksandrowicz-Trzcinska M., Drozdowski S., Brzeziecki B., Rutkowska P., Jablonska B. (2014): Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology*, 71: 73-81.
- 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>.
- de Chantal M., Leinonen K., Kuuluvainen T., Cescatti A. (2003): Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 176: 321-336.
- Erefur Ch., Bergsten U., de Chantal M. (2008): Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. *Forest Ecology and Management*, 255: 1186-1195.
- 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.
- 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. ISBN 978-80-87154-20-5.
- 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.
- Poleno Z., Vacek, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. – Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 1012 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 5. 6. 2019

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2020

*Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Vývoj přirozené obnovy borovice lesní na holé seči ve vztahu k porostním okrajům, světelným podmínkám a charakteru povrchu půdy**“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Lukáše Bilka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.*

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

v Praze dne.....

.....
Bc. Jakub Myška

Děkuji doc. Ing. Lukáši Bílkovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce a Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za pomoc se zpracováním hemisferických fotografií pro zhodnocení světelných poměrů na lokalitách. Dík také patří Bc. Janu Fiedlerovi za pomoc s výstupy z programu Canoco. Dále děkuji Arcibiskupství pražskému za možnost provedení výzkumu v jejich lesích speciálně pak Ing. Janu Ferklovi, za poskytnutí podkladů. Nejvíce bych však chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu a trpělivost během celého studia, obzvláště při zpracování této závěrečné práce.

Abstrakt

Autor: Bc. Jakub Myška

Téma: Vývoj přirozené obnovy borovice lesní na holé seči ve vztahu k porostním okrajům, světelným podmínkám a charakteru povrchu půdy

Cílem této práce bylo vyhodnotit výskyt a kvalitu jedinců přirozené obnovy borovice lesní na úzké holé seči ve vztahu k mikrostanovištním podmínkám a provedeným lesopěstebním opatřením. Výzkum probíhal na třech holých sečích v letech 2017–2019. Na každé ploše byly vytyčeny 4 transektu orientované kolmo k průběhu holiny. V každém transektu byly umístěny párové plošky po 3 metrech: jedna vždy na hřebeni a druhá na dně brázdy po přípravě půdy pluhem. V každé z těchto plošek byl zjišťován počet jednotlivých dřevin, jejich věk, výška a poškození zvěří. Výsledky byly zpracovány v programech Canoco 5 a Statistica 12. V roce 2019 bylo navíc provedeno hemisférické snímkování pro vyhodnocení dopadajícího světla. Práce prokázala vhodnost kombinace úzké holé seče a celoplošné přípravy půdy pro podporu přirozené obnovy borovice lesní. Zmlazení borovice lesní je zde v dostatečné hustotě i kvalitě rozmístěno rovnoměrně po ploše. Navíc vykazuje velmi dobré přírůsty a minimální poškození běžnými druhy škodlivých činitelů. Autoredukce přirozeného zmlazení, způsobená především konkurencí ze strany umělé výsadby, dosáhla v rámci tří let 87,4 % z počtu nalétnutých semenáčků. I přesto jsou současné počty jedinců obnovy téměř čtyřnásobné oproti minimálním počtům pro zalesnění. V této fázi se již neprojevila preference žádné světové strany, a to v počtu ani ve výšce jedinců. Preference dna brázdy před hřebenem se projevila pouze u výšky jedinců, nikoli pak u počtu. Jako velmi významný pozitivní faktor se také jeví utlumení vývoje některých druhů přízemní vegetace a konkurenční břízy bělokoré. I s ní je však nutno počítat jako s cílovou dřevinou do výsledné porostní směsi.

Klíčová slova: Borovice lesní, přirozená obnova, úzká holá seč, mikrostanoviště, příprava půdy, *Pinus sylvestris*

Abstract

Author: Bc. Jakub Myška

Topic: Dynamics of Scots pine natural regeneration on clear-cut area in relation to forest stand borders, light conditions and soil surface characteristics

Objective of this thesis is to evaluate presence and quality of natural regeneration of Scots pine on narrow clear-cut area in relation to microsite conditions and applied silvicultural treatments. Field survey was carried out on three clear-cut areas in years 2017 – 2019. There were established four transects in each area transversely to the course of the area. On every transect, there were situated pairs of plots in a distance three metres. One of the plots in the pair was installed on a hump and second one in a depression after soil preparation with a plow. Species, its quantity, age, height and damage by game were determined in every plot. Results of this thesis have been compiled in Canoco 5 and Statistica 12. In 2019 hemispheric photographs for evaluation of light environment were taken. The thesis showed that combination of narrow clear cut and soil preparation with plough is suitable treatment for natural regeneration of Scots pine. Natural regeneration of Scots pine is equally dispersed with sufficient density and quality. Furthermore, the regeneration shows very good increment and minimal damage by any common harmful factor. Autoreduction of natural regeneration occurred mainly due to the pressure of artificial regeneration of Scots pine, and reached 87,4 % of the initial number of seedlings after three years of observation. Despite that, the actual quantity of natural regeneration is almost four times higher than minimal numbers required for planting. At this stage of development, there is no preference to any forest margin with respect to seedling numbers and heights. Preference of the depression over the hump was shown just in the case of heights of seedlings, not in their numbers. Growth inhibition of some ground vegetation species and the competitive birch shows to be very positive factor. However, also birch should be regarded as target tree species.

Key words: Scots pine, natural regeneration, narrow clear-cut, microsite, site preparation, *Pinus sylvestris*

Obsah

1. ÚVOD	13
2. CÍL PRÁCE	16
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	17
3.1. Obecná charakteristika borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.).....	17
3.2. Dendrologické znaky borovice.....	18
3.3. Areál rozšíření borovice lesní.....	19
3.4. Ekologické nároky borovice lesní	21
3.4.1. Životní strategie rostlin	21
3.4.2. Ekologické nároky borovice lesní.....	23
3.4.3. Genetická variabilita borovice	24
3.5. Faktory ohrožující porosty borovice lesní.....	24
3.6. Borovice lesní jako hospodářská dřevina	25
3.6.1. Funkce borovice v porostní směsi.....	25
3.6.2. Dřevoprodukční význam borovice lesní	27
3.6.3. Nedřevní využití borovice lesní	28
3.7. Lesní porosty a klimatická změna	29
3.8. Pěstební charakteristiky borovice lesní	31
3.8.1. Umělá obnova borovice lesní.....	31
3.8.2. Přirozená obnova borovice lesní	32
3.8.3. Podpora přirozeného zmlazení.....	33
3.8.4. Mechanická příprava půdy.....	34
3.8.5. Výchova borovice lesní.....	35
3.8.6. Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní	36
3.9. Obnovní způsoby.....	37
3.9.1. Obnova na holé seči	37
3.9.2. Obnova pod porostem	39
3.10. Charakteristiky výzkumné oblasti	40
3.10.1. Pěstební a produkční charakteristiky kyselých stanovišť nižších poloh – hospodářský soubor 23.....	42
3.10.2. Lesní typy	44
4. MATERIÁL A METODY	45

4.1.	Charakteristika výzkumných lokalit; popis porostu	45
4.2.	Sběr dat v terénu	48
4.3.	Zpracování dat	50
5.	VÝSLEDKY	52
5.1.	Mateřský porost	52
5.2.	Základní porovnání dřevin	53
5.3.	Vývoj rozložení výšek	55
5.4.	Orientace ke světovým stranám	57
5.5.	Vliv mikrostanoviště	59
5.6.	Vztah ke světelným podmínkám	64
5.7.	Vliv zvěře	69
6.	DISKUZE.....	70
7.	DOPORUČENÍ A ZÁVĚR.....	77
8.	SEZNAM LITERARTURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	78
9.	SEZNAM PŘÍLOH.....	91
10.	PŘÍLOHY	92

SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK:

Obrázky

<i>Obrázek 1. Růstové formy borovice lesní (Musil, Hamerník, 2007).</i>	18
<i>Obrázek 2. Areál rozšíření borovice lesní (Pinus sylvestris) dle Julas, Souminen, 1972 (Poleno a kol., 2009)</i>	20
<i>Obrázek 3. Modely výchovy pro kvalitní a nekvalitní porosty s údaji o počtu stromů (N) z růstových tabulek Černý et. al. pro +I (32) a 5 (22) bonitu (Slodičák a kol., 2013)</i>	36
<i>Obrázek 4. PLO Přehled s vyznačením PLO 17 - Polabí (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 298/2018 Sb.)</i>	41
<i>Obrázek 5. Výstřižek z OPRL, kapitola Klima (ÚHÚL, 2001)</i>	41
<i>Obrázek 6. Klimatická mapa Polabí (ÚHÚL, 2001)</i>	42
<i>Obrázek 7. Vlastnické poměry dané lokality (ÚHÚL, 2020)</i>	45
<i>Obrázek 8. Typologická mapa lokality (ÚHÚL, 2020)</i>	46
<i>Obrázek 9. Porostní mapa lokality (Lesprojekt, 2016)</i>	47
<i>Obrázek 10. Výstřižek hospodářské knihy k původnímu porostu (Lesprojekt, 2016)</i>	47
<i>Obrázek 11. Skica číslování výzkumných holin</i>	48
<i>Obrázek 12. Ortofoto lokality s vyznačením ploch (Mapy.cz, 2016)</i>	50

Grafy

<i>Graf 1. Vývoj cen výřezů III.A/B třídy jakosti pro smrk (SM) a borovici (BO) v letech 2010-2019 (zpracováno z hodnot zveřejněných CZSO)</i>	28
<i>Graf 2. Vývoj průměrných výšek jednotlivých dřevin v letech</i>	53
<i>Graf 3. Vývoj počtu jedinců jednotlivých dřevin v letech</i>	54
<i>Graf 4. Porovnání průměrného ročního přírůstu pro přirozenou a umělou obnovu</i>	54
<i>Graf 5. Histogram výšek přirozeného zmlazení r. 2018</i>	55
<i>Graf 6. Histogram výšek přirozeného zmlazení r. 2019</i>	56
<i>Graf 7. Histogram výšek umělé obnovy r. 2019</i>	56
<i>Graf 8. Vztah výšky náletu borovice a světové orientace okraje v roce 2018</i>	57
<i>Graf 9. Vztah výšky náletu borovice a světové orientace okraje v roce 2019</i>	58
<i>Graf 10. Vztah výšky výsadby borovice a světové orientace okraje v roce 2019</i> ..	59
<i>Graf 11. Vztah výšky nalétnutých semenáček a mikrostanoviště</i>	60
<i>Graf 12. Vztah počtu jedinců borového zmlazení a reliéfu stanoviště</i>	61
<i>Graf 13. Vztah počtu náletu borovice a orientace ke světové straně</i>	61

<i>Graf 14. Vztah výšky náletu borovice a vzdálenosti od západního okraje, rok 2019</i>	62
<i>Graf 15. Vztah výšky zalesněné borovice a vzdálenosti od západního okraje, rok 2019</i>	63
<i>Graf 16. Počty nalétnutých semenáčků borovice (ks) v závislosti na pozici v holosečném prvku obnovy (0 – západní okraj; 30 – východní kraj)</i>	64
<i>Graf 17. Korelace množství dopadajícího světla a otevřenosti porostu</i>	65
<i>Graf 18. Korelace výšky borového zmlazení a množství dopadajícího světla</i>	66
<i>Graf 19. Korelace výšky umělé obnovy borovice a množství dopadajícího světla</i>	67
<i>Graf 20. Graf z PCA analýzy vyhodnocující více parametrů</i>	68

Tabulky

<i>Tabulka 1 Vývoj dřevin na plochách v letech 2017 až 2019</i>	52
<i>Tabulka 2. Korelační koeficienty vybraných proměnných pro přirozenou obnovu borovice</i>	68
<i>Tabulka 3. Korelační koeficienty vybraných proměnných pro umělou obnovu borovice</i>	69

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CHS	Cílový hospodářský soubor
HS	Hospodářský soubor
LT	Lesní typ
PLO	Přírodní lesní oblast
PUPFL.....	Pozemek určený k plnění funkcí lesa
ÚSES	Územní systém ekologické stability
LHC	Lesní hospodářský celek
OPRL	Oblastní plán rozvoje lesa
k.ú.	Katastrální území
BO(P)	Borovice z přirozené obnovy
BO(U)	Borovice z umělé výsadby

Zkratky dřevin dle přílohy č. 2 Vyhlášky č. 298/2018 Sb.

1. ÚVOD

Podíl pozemků určených k plnění funkcí lesa (dále jen PUPFL) k celkové rozloze státu, označovaný jako lesnatost, v České republice dosahuje 34,1 %. Přímo pro porostní půdu pak tento podíl činí 33,1 % (Mze, 2018). V porovnání s okolními státy se jedná o průměrnou hodnotu. Nejvyšší lesnatosti dosahují skandinávské země, a to zejména Finsko (73 %) a Švédsko (68 %), naopak typicky nízkou lesnatost má Velká Británie (13 %) či Nizozemsko (11 %; FAO, 2014).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) je na území ČR hned po smrku ztepilém (*Picea abies* L. Karst) v současnosti druhou hospodářsky nejvýznamnější dřevinou (422 243 ha plochy, což představuje 16,2 % zastoupení). Její zastoupení se v posledních několika desítkách let měnilo jen minimálně, s obdobným zastoupením (16,8 %) je uvažováno jako s doporučeným pro vyváženost ekosystému, ačkoli její přirozené zastoupení se odhaduje na pouhých 3,4 % (Mze, 2018).

Ačkoli v posledních několika letech bylo, kvůli kalamitám, nutné využívat umělou obnovu a její celkové využití se tak navýšilo, z dlouhodobého pohledu podíl čistých borových porostů pomalu klesá. Ještě dnes je však obnova borovice velmi často spojená právě s umělou výsadbou, a to i přes vysokou schopnost této dřeviny se obnovovat přirozeně. Nicméně pozorujeme mírný pokles preference umělé obnovy i zde, z 2 597 ha v roce 2000 na 1 778 ha v roce 2017, s mírným navýšením v roce 2018, kdy umělá obnova opět přesáhla hranici dvou tisíc hektarů (2 076 ha; Mze, 2018).

Vzhledem k uvedenému relativně vysokému podílu lesů je u nás na obor lesnictví kladen poměrně značný důraz. To nejen jako na zdroj dřevní hmoty, tedy přírodě blízkým, obnovitelným zdrojem, ale také s ohledem na nedřevní funkce lesa a koneckonců i celou řadu mimoprodukčních funkcí (Poleno a kol, 2009). Vyrovnaný poměr produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa dnes vyžaduje především veřejnost, která lesy navštěvuje například v rámci rekreace, nicméně

v poslední době se významně projevuje také důležitost funkcí ekologických (Bílek a kol., 2018). Poleno (1979) například zavádí pojem takzvaných „lesů s funkcí zdravotního významu“ pro lesy plnící bioklimatickou, hygienickou, lázeňskou nebo rekreační funkcí. Právě kvůli těmto požadavkům v kombinaci s postupující změnou klimatu se ve stále větší míře používají metody, souhrnně označované jako *přírodě blízké postupy hospodaření* (Vacek, Podrázský, 2006). V tomto kontextu je samozřejmě zachována tendence produkovat dřevní surovinu, avšak při co nejnižším možném ekologickém zatížení lesního ekosystému. Jako jedno z hlavních pozitiv bývá často uváděna i finanční úspora vzniklá absencí nákladů na zalesnění. Na druhou stranu se však, při velmi intenzivním zmlazení, naopak zvyšují náklady na následnou výchovu porostů. Při ní je výchozí počet zásahu výrazně vyšší (Bříza, 2012; Myška, 2018) a přirozený proces autoredukce nemusí být pro dosažení dostatečné kvality postačující. Celé téma ekonomické efektivity je tak při různých podmínkách velice relativní a nelze jej generalizovat v jediné taxativní tezi. Lze však tvrdit, že porost vzniklý přirozenou cestou bude stabilnější než uměle založený obzvláště pak ke vztahu ke klimatické změně (Brichta a kol., 2020). Při takovém hospodaření je do značné míry ponechána výchova pouze na přírodních procesech, výše zmíněné autoredukci porostu. Tyto postupy jsou však velmi často a velmi razantně prosazovány i nelesnickými specialisty jako ekology, biology a ochránci přírody, jejichž myšlenka je sice v jádru pozitivní a přínosná, ale někdy jim chybí uvědomění si širších souvislostí, kterým disponují provozní lesníci. Někdy se tak může stát, že tyto odborníci nedokážou sami formulovat své požadavky nebo si neuvědomují jejich nerealističnost v praktickém použití (Poleno a kol., 2009).

Přichýlení k šetrnějším metodám má však opodstatnění i vzhledem k labilitě monokulturních lesních porostů, která se v současnosti projevuje skutečně naplno. Roste tak zájem o hospodaření v rámci porostních směsí, zpravidla tvořenými alespoň dvěma až čtyřmi druhy dřevin (Ching Liu a kol., 2018). Vyšší diverzita druhů dřevin současně zvyšuje i diverzitu druhů živočichů, na ně vázaných, díky poskytnutí přirozeného prostředí (Larjavaara, 2008; Tews a kol., 2004). Pro přeměnu labilních monokultur na stabilní smíšené lesy, může být vhodným nástrojem právě určitá událost vedoucí k rozvrácení porostu, ačkoli se

primárně jeví jako negativní činitel (Kozel, 2008; Čada, 2014). Navíc se předpokládá, že vlivem stále rostoucího množství CO₂ a zvyšující se průměrné teploty, se lesní vegetační stupně posunou o jeden až dva stupně do vyšších nadmořských výšek. Pěstování smrku, jako typické dřeviny našich lesů, tak nebude vhodné již ani v místech, kde je dosud doporučován do směsí s jinými dřevinami (Pokorný, Urban, 2012).

Hlavním ukazatelem lability jehličnatých porostů v ČR je nárůst podílu kalamitních těžeb. Mezi typické důvody ekologické lability patří například: druhová skladba dřevin vzdálená od původní, zjednodušená prostorová výstavba, snižování původního genofondu dřevin, vysoká imisní zátěž, vysoké stavy zvěře, nedostatečné využívání přírodních procesů (Pelc, 2001). Právě bez takové druhové a prostorové různorodosti porostu, nelze v moderním smyslu polyfunkčního lesa tyto porosty považovat za udržitelné, ale často jen jako prostředek pro získání dřevní suroviny v podobě plantáže (Košulič, 2004). Právě lesy blízké přírodnímu stavu s různověkou a členitou výstavbou, jsou odolnější různým vnějším vlivům (Košulič, 2006). Je již popsáno, že stabilita porostu závisí především na velikosti plochy, na níž dochází ke změně vývojových fází lesa. Porost, ve kterém k těmto změnám dochází maloplošně, tak zpravidla bývá stabilnější, než porost, v němž vývojové procesy probíhají na větších plochách (Korpel, 1991).

2. CÍL PRÁCE

Tato práce si klade za cíl vyhodnotit výskyt a kvalitu jedinců přirozené obnovy borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a dalších přimíšených dřevin na holé seči v závislosti na orientaci a vzdálenosti porostní stěny, charakteru mikrostanoviště po velkoplošné přípravě půdy a světelných podmínkách. Zejména jde o zhodnocení vlivu pozice v pruhové holé seči, vlivu konkurence přízemní vegetace a charakteru pokryvu půdy po provedené orbě za účelem přípravy půdy. Na základě získaných poznatků je závěrečným cílem práce formulovat základní doporučení pro obnovu borových porostů na obdobných typech stanovišť.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Obecná charakteristika borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), též nazývaná sosna, je dřevinou patřící do čeledi borovicovitých (*Pinaceae*; Úradníček a kol., 2001).

Borovice lesní je charakteristická svým pionýrským rázem, roste velmi rychle, často i na stanovištích, kde je jedinou dřevinou schopnou růstu. Její odrůstání je však velmi závislé na přístupu světla, považujeme ji za vysloveně světlomilnou dřevinu. Borovice je navíc odolná vůči nepříznivým podmínkám stanoviště a škodlivým činitelům (Musil, Hamerník, 2007). S ohledem na stále více se projevující změny klimatu (IPCC, 2020), jsou dnes již pravidlem studie a inventarizace, které zpochybňují rezistenci borovice vůči suchým obdobím (Liška a kol., 2018). Nicméně se ale rovněž objevují práce, které popisují možnosti pěstování borovice v částečném zástínu (Barbeito a kol., 2011; Brichta a kol., 2020).

Významným prvkem borovice je její mohutný křulový kořenový systém, který v některých případech sahá do hloubky přesahující 3 m. Je tvořen jedním hlavním kořenem a více vedlejšími kotevními, jejich struktura se mění dle vlastností půdy, především pak podle hladiny podzemní vody, kterou oproti jiným dřevinám, tak borovice může čerpat z výrazně hlubších vrstev půdy (Poleno a kol., 2009).

Tak jako většina ostatních jehličnanů, je i borovice větrosnubnou (anemogamní) dřevinou s dobou květu na přelomu května a června. K šíření semen dochází běžně na zhruba 50–100 m, při příznivém proudění vzduchu však můžeme najít zmlazení i ve vzdálenosti až jednoho kilometru od mateřského porostu. Semenný rok běžně nastává po třech letech. V zapojeném porostu borovice plodí zhruba mezi 30. a 40. rokem života, a to až do velmi vysokého věku (přibližně do 200 let). Se zvyšujícím se věkem ale klesá kvalita semen. Pro klíčení semen je poté kritickým faktorem sluneční svit (Musil, Hamerník, 2007).

3.2. Dendrologické znaky borovice

Borovice dorůstá výšky 45 metrů, kmen pak dosahuje tloušťky do jednoho metru. Borovice se dožívá až 300 let, v některých případech ale i 400 až 450 let. Je typickým zástupcem dvoujehličnatých borovic s jehlicemi dlouhými 3–8 cm, které opadají po dvou až třech letech. Její šišky zrají dva roky, v prvním roce dosahují jen velikosti lískového oříšku, až v druhém roce dosahují plné velikosti a dozrávají. Pokud borovice roste na stanovišti s dostatkem světla, pak plodí každým rokem zhruba od desátého roku života (Úradníček a kol., 2001).

Čím více se areál borovice blíží k jihu, tím častější jsou jedinci s klenutou až deštníkovitou korunou osazenou silnými větvemi (*Obrázek 1.*). Větvení na většinou přímém kmeni začíná až zhruba v horní čtvrtině. Známé křivolaké kmeny jsou spíše výjimkou na extrémních stanovištích. Pro borovici charakteristická silná a rozpukaná borka se tvoří především v dolní části kmene, v horních mladších částech je kůra naopak tenká, papírovitá s šupinovitou strukturou. Její barva je u mladších částí v odstínech oranžové barvy, starší borka přechází přes odstíny hnědé až k vysloveně černé. Jedná se o jádrovou dřevinu, jádro je tmavší, měkké (Musil, Hamerník, 2007).



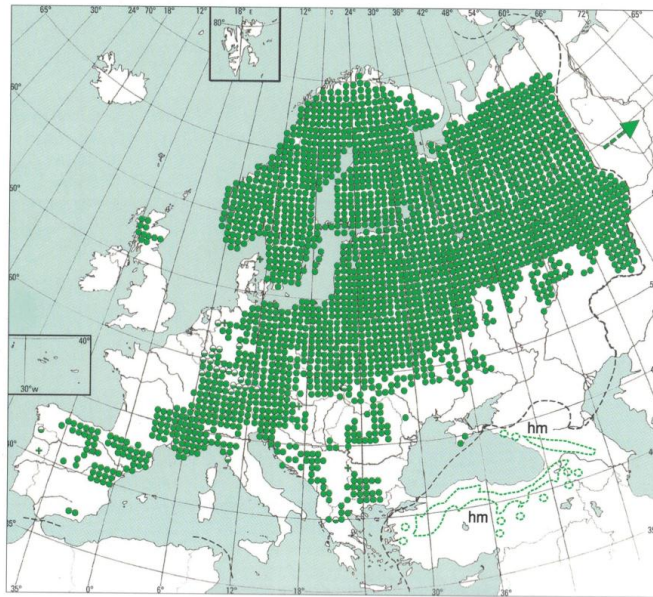
Obrázek 1. Růstové formy borovice lesní (Musil, Hamerník, 2007).

Tato dřevina má v mládí obyčejně pravidelnou korunu, v mýtním věku je její koruna typicky asymetrická až deštníkovitá, to způsobuje její náchylnost ke zlomům větví. Právě tato asymetričnost je společně s křehkým dřevem, často původcem zlomů v koruně a kmeni, kdy je takto běžně napadána různými ranovými patogeny (Poleno a kol., 2009).

Semena usazená v „kleštičkovitém“ křídle mají různou barvu: od světle hnědé až po černou, zpravidla se tak dají rozdělit do tří odstínů. Prvotní jehlice vyrůstají výhradně jednotlivě, ale již v prvním roce se při vhodných podmínkách mohou objevit svazečky jehlic. Borovice roste velmi rychle, především v prvních letech může výškový přírůst nabývat až 80 centimetrů za rok (Musil, Hamerník, 2007).

3.3. Areál rozšíření borovice lesní

Ze všech stromových dřevin má právě borovice lesní nejrozsáhlejší areál. Její areál je na západě ohraničen Skotskem a Pyrenejským poloostrovem, pokračuje skrze centrální Evropu na východ až na Sibiř a dále až k Ochotskému moři a do Číny. Limitní rozšíření severním směrem má ve Skandinávii a ve Španělsku má svůj jižní limit (*Obrázek 2.*). V podmínkách ČR má své původní rozšíření v mezofytiku, tedy přechodné oblasti mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou (Poleno a kol., 2009). Nejrozsáhlejší borové porosty se vyskytují v oblasti kontinentální Eurasie, při jižním okraji formace boreálních lesů severní polokoule, zejména na hranici přechodu k formaci lesů suchých oblastí, případně k formaci smíšených opadavých lesů mírného pásma (Mikeska, Vacek, 2008).



Areál *Pinus sylvestris* – borovice lesní, sosna; převážně evropská, tj. menší část velkého eurasijského rozšíření. Sosna se vyskytuje od Skotska a Pyrenejského poloostrova na západě – a pokračuje celou Sibiří (naznačeno šipkou) až k moři Ochotskému a do Číny na východě; severního limitu dosahuje na s. okraji Skandinávie, jižního v jv. Španělsku (Sierra Nevada).

Obrázek 2. Areál rozšíření borovice lesní (*Pinus sylvestris*) dle Julas, Souminen, 1972 (Poleno a kol., 2009)

Domovinou je pro borovici především Eurasie, největší zastoupení má v severní Asii. Takto rozsáhlý areál je schopna udržet především díky velké ekologické amplitudě. Proměnlivost borovice jako taxonu je značná, avšak některé znaky jsou pro ni naprosto typické. Hospodářský význam má například velká růstová variabilita, která závisí zejména na zeměpisném původu a stanovišti. Na severu a severovýchodě evropské části areálu vytváří spíše štíhlou korunu osazenou jemnými větvemi, více na jih korunu naopak široce rozestřenou (Musil, Hamerník, 2007).

Původní přirozený výskyt borovice byl (cca 1000 př. n. l., před výrazným ovlivňováním skladby dřevin člověkem) pouze ostrůvkovitý na extrémních stanovištích: písky, skály a sutě či rašeliniště. Území výskytu borovice v ČR je celé součástí eurasijského areálu výskytu hercynského ekotypu. Na písčitých mělkých a suchých půdách nejnižších poloh, například v Třeboňské pánvi, tvořila borovice příměs doubrav. Na Moravě se reliktní bory nachází na skalnatých výspách Českomoravské a Dražanské vrchoviny, na strmých stráních zaříznutých údolí řek (Jihlavka, Oslavka, Rokytná, Dyje) nebo na skalách tvořených vápenci

a na písčitých půdách v jižní části oblasti. Lidskou činností vznikly rozsáhlé hospodářské porosty, kdy tak byla borovice rozšířena daleko za hranici původního areálu (Úradníček a kol., 2001).

V sibiřské ani v evropské tajze netvoří borovice výhradně čisté porosty, často například součástí porostů modřínových. Na našem území je autochotní borovice (horská) rozšířena pouze ostrůvkovitě a nevytváří souvislé lesní pásmo. Nejnižší ležící lokality s borovicí lesní se na území ČR nachází v doubravách Polabí na nízkých terasách s akumulací chudých vátých písků. Takové výskyty původních borových porostů na extrémních lokalitách jsou označovány jako reliktní bory. Přírozené zastoupení borovice lesní na našem území bylo tedy podstatně nižší oproti současnému, a to jen 3,4 % proti současným 16,2 % (ÚHÚL, 2018). Nejdominantnější dřevinou byla borovice v období preboreálu a boreálu, což dalo za vznik právě těmto názvům. V té době porosty borovice pokrývaly téměř celou střední Evropu. V následujících obdobích byla však vytlačena stín tolerantními dřevinami. Z toho důvodu se tak zachovala jen na některých stanovištích, které dnes označujeme právě jako reliktní bory. Většinu jejího současného areálu lze označit jako kontinentální nebo alespoň jako kontinentálně laděnou (Musil, Hamerník, 2007).

3.4. Ekologické nároky borovice lesní

3.4.1. Životní strategie rostlin

Autochotní porosty borovice neboli reliktní bory se v ČR vyskytují již jen ostrůvkovitě na extrémních reliktních lokalitách, těmi jsou například světlé lesy na skalnatých výběžcích, na sutích, štěrcích, písčích, na balvanitých svazích a na některých částečně zpevněných písčinných přesypech, na lokalitách mělkých a často suchých, ale i na vlhkých lemech rašelinišť. Její semena jsou schopna vyklíčit i ve štěrbinách holých skal. Zde nemá konkurenci, co se týče nenáročnosti na půdu (Úradníček a kol., 2001).

Borovice má velmi širokou ekologickou amplitudu, je výrazně přizpůsobivá, tolerantní jak k vysokým teplotám, tak i k mrazům, ale i k suchu (Poleno a kol., 2009). Její klimatypy ve Verchojanského pohoří dokonce přežívají v trvale zmrzlé půdě – permafrostu, kde je vegetační doba méně než 90 dní a mrazy zde dosahují až -64 °C (Leugnerová, 2007).

Borovice se řadí k pionýrským dřevinám, je totiž výrazně světlomilná, je schopna zcela ovládnout volné plochy a je pro ni až nemožné růst v semknutých porostech v zástinu, kde má navíc velmi omezenou možnost obnovy (Úradníček a kol., 2001). Některé studie však naznačují, že je borovice schopna vytváření víceetážových porostů, jakož i samotné přirozené obnovy pod porostem (Brichta a kol., 2020).

Oproti smrku je borovice lesní odolnější vůči přirozeným požárům, to přispívá k jejímu velkému zastoupení v evropské i sibiřské tajze. Tato odolnost je zapříčiněna hlubším kořenovým systémem a výrazně silnější borkou. Minerální půda, která zůstane na požářišti, jejímu nasemenění a především vyklíčení velmi prospívá. Takto je borovice posléze schopna kolonizovat celou uvolněnou plochu (Musil, Hamerník, 2007). Požár navíc pomáhá i celkové druhové pestrosti porostu a k jeho udržení z dlouhodobého hlediska jsou požáry dokonce nutné v rámci každých zhruba 200 let (Adámek a kol., 2016; Hille, Ouden, 2004).

Dle Slavíkové (1986) jsou obecně borovice exaktním příkladem rostliny snášející stres neboli s-stratégem. Proto lze spekulovat, jestli se jedná opravdu o pionýrskou dřevinu nebo o dřevinu dobře adaptovatelnou na vysoce stresové podmínky růstu. Takto, jinak nepříznivá stanoviště, jsou pro s-stratégy produkčním optimem a přímo je vyžaduje, protože na jiných, lepších, často nejsou schopni konkurovat dřevinám adaptovaným na tyto podmínky. Naprosto typickým zástupcem této skupiny mezi dřevinami je však spíše borovice osinatá (*Pinus aristata* Engelm.), než právě borovice lesní. Přes svou značnou schopnost přizpůsobit se různým podmínkám je však borovice lesní z příznivějších lokalit v přírodě vytlačována klimaxovými, stín tolerujícími druhy dřevin (Úradníček a kol., 2001).

V pískovcových skalách Českého Švýcarska a Labských pískovců je vytlačována borovicí vejmutovkou (*Pinus strobus* L.), v Podyjí zase borovicí černou (*Pinus nigra* L.; Leugnerová, 2007). S ohledem na několik suchých období v posledních letech (IPCC, 2020) a rozšíření například rzi vejmutovkové (LOS, 2000), je ale na mnoha místech patrná selekce těchto druhů borovic.

3.4.2. Ekologické nároky borovice lesní

Suchá, suťová, skalnatá stanoviště, lokality s mělkou půdou, často také vápence a dolomity, ale i okraje rašelinišť, zde všude je borovice schopna přežít a odrůstat. Právě taková stanoviště jsou označována jako reliktní a azonální. Borovice roste v nadmořských výškách od 200 do zhruba 2000 m n.m. (v ČR jen do 1100 m n.m.; Poleno a kol., 2009). U nás rostoucí borovice se řadí k hercynskému ekotypu. Časté jsou však i deštníkovité typy korun se silnými větvemi. S rostoucí nadmořskou výškou se častěji vyskytují typy s úzkou korunou a jemnějším ovětvením. Borovice lesní je schopna se přizpůsobovat velmi širokému klimatickému rozpětí. Roste na územích s pouze 90 vegetačními dny, výjimečně i méně, ale také v oblastech s více než 200 dny. Průměrné roční srážky také toleruje v širokém rozsahu od 200 do 1780 mm/m². Díky hlubokému a rozsáhlému kořenovému systému je totiž schopna si vodu obstarat z podzemních zdrojů ve velkých hloubkách. To ji pomáhá přežít i na povrchově extrémně suchých stanovištích. Pokud neroste samostatně, tvoří její příměs nejčastěji dub zimní (*Quercus petraea*, Liebl), lípa malolistá (*Tilia cordata*, Mill), habr obecný (*Carpinus betulus*, L.), javor babyka (*Acer campestre*, L.) a bříza bělokorá (*Betula pendula*, Roth; Musil, Hamerník, 2007).

Díky schopnosti obstarat si vodu prostřednictvím dlouhých kořenů z větších hloubek, se tak borovice může vyskytovat i na extrémně suchých stanovištích, ale naopak zvládá růst i na podmáčených lokalitách. Prosperuje na vátých písčích, dunách, suchých písčích, na štěrku, na kamenitých sutích a skalních výběžcích tvořených nejrůznějšími horninami, ale tak i na rašelinných podkladech. Vysazená na hlubších živných stanovištích dosazuje mohutných

dimenzí, však na úkor kvality. Ani na klimatické podmínky není borovice nikterak náročná, jen prostředí větších měst a průmyslových oblastí jí není vlastní, proto v těchto oblastech má jen omezené využití (Úradníček a kol., 2001).

3.4.3. Genetická variabilita borovice

Z četných výzkumů proveniencí borovice lesní plyne, že některé její genotypy jsou lépe adaptovány environmentálnímu tlaku, především vysokým teplotám a suchu během vegetační sezóny (Cunningham, Haverbeke, 1991; Giertych, 1991; Shutyaev, Giertych, 1997). Zároveň v poslední době vidíme odumírat celé borové porosty, především pak v místech, kde se pravděpodobně sešla špatná proveniencie s extrémním počasím několika předchozích let (Bílek a kol., 2018).

Různorodé genotypy se však po umělém zalesnění a výchově takového porostu značně omezují na určité růstové typy jedinců a snižuje se tak genová variabilita celé populace. To v důsledku významně omezuje její schopnost přizpůsobit se změnám prostředí, obzvláště když bereme v potaz dlouhověkost dřevin. Evoluční typy borovic vznikaly po posledním odlednění, kdy se z refugií šířily do nížin a pahorkatin. Na základě této evoluce si až dodnes pahorkatinná borovice zachovala alespoň částečně svůj klimaxový charakter. Dle charakteru růstu tak mohou být genotypy rozčleněny na pionýrský, přechodný a klimaxový (Košulič, 2004).

3.5. Faktory ohrožující porosty borovice lesní

Každé vývojové stádium borovice lesní ohrožuje hned několik různých biotických a abiotických faktorů. Pro kultury borovic jsou největším nebezpečím kalamitní stavy klikoroha borového (*Hylobius abietis*, L.) a sypavky. Okusem zvěři bývá poškozována pouze v mládí. Ve výchovných porostech působí velké škody těžký mokrý sníh či námraza, dochází tak ke zlomům, kdy skrze otevřenou ránu mohou vnikat různé patogeny. Pokud dojde ke zlomu terminálního výhonu,

vzniká pak tzv. bajonet. Borovice lesní je také poměrně citlivá na znečištění ovzduší. Mezi významná rizika pro porosty borovice lesní patří také houbové choroby, především ty nepůvodní přivlečené s borovicí černou (*Pinus nigra*, J. F. Arnold; Pešková, Soukup, 2001). Vyjma běžných sypavek to jsou především ty rodu *Lophodermium*, konkrétně karanténní druhy *Mycosphaerella pini* (Rostr.) a *M. dearnesii* (M. E. Barr). Pokud byl strom oslaben již dříve, mohou vážné problémy způsobit i *Cenangium ferruginosum* (Fr.) a *Sphaeropsis sapinea* (Fr.), ty ale za jinak vhodných podmínek nejsou patogenní (Poleno a kol., 2009).

3.6. Borovice lesní jako hospodářská dřevina

3.6.1. Funkce borovice v porostní směsi

Ačkoli borovice není ve vyhlášce 298/2018 Sb. uváděna jako meliorační a zpevňující dřevina, je její zpevňující funkce v porostu velmi významná, zejména pak na stanovištích, kde bývá jedinou dřevinou schopnou růstu.

Nicméně meliorační funkce borovice je nevýznamná. S rostoucím věkem již dospělých jedinců se navíc množství opadu i snižuje (Berg a kol., 1999) včetně obsahu základních živin, zejména fosforu a dusíku (Oleksyn a kol., 2003). Oproti smrkovým porostům mají ty borové lepší vliv na vlastnosti půdy. Nejlépe se však jeví porosty břízy (Priha, 1999). I přesto ale Bublinc (1973; in Kacálek a kol., 2017) uvádí, že borové porosty na písčích mají určující vliv na tvorbu podzolů a urychlení procesu uvolňování iontů hliníku z podloží.

Augusto a kol. (2002) uvádí borovici lesní ve stejné skupině dřevin jako smrk ztepilý a smrk sitku, kvůli její značné schopnosti výrazně acidifikovat půdu. Přestože opad borovic není považován za vysloveně pozitivní, jiné části její rostliny mohou skýtat velké množství významných živin. Jedná se především o pařezy a kořeny, které při rozkladu uvolňují až dvojnásobné množství minerálů (hořčík a fosfor), a to i po 40 letech rozkladu. Například bříza po stejné době

uvolňuje sotva třetinové množství těchto živin. Celý proces je zapříčiněn druhově specifickými dekompozitory a jejich aktivitou (Palviainen a kol., 2010).

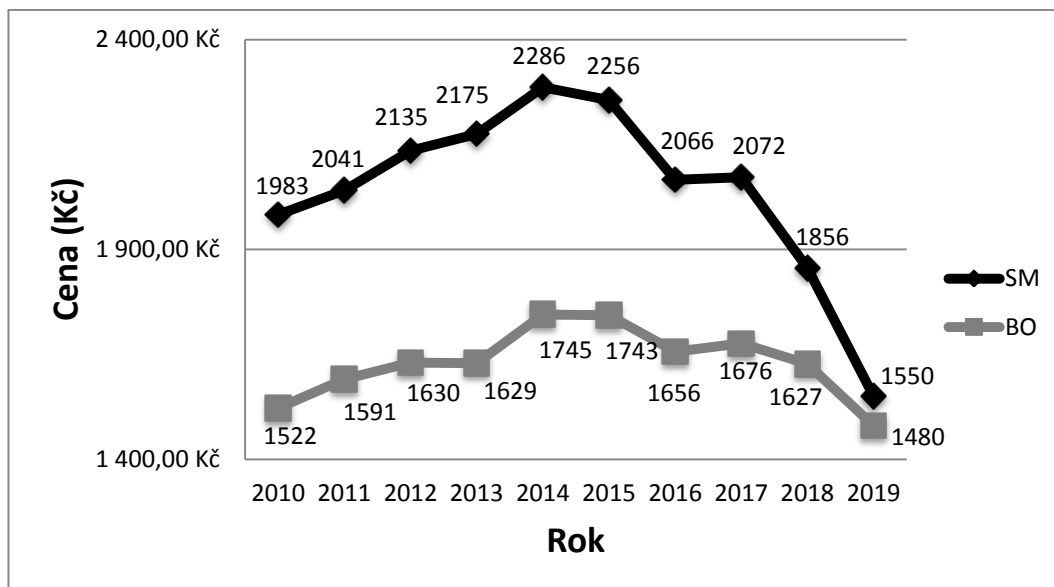
Roli zpevňující dřeviny plní borovice hlavně díky kúlovému kořenu. Ten však ve vyšším věku (100–120 let) opticky zaniká, ale stále je zřetelný. Ze silných postranních kořenů se následně spouští kotevní kořeny, a to často až do stejné hloubky jako kúlový kořen (Köstler a kol., 1968). Tento charakteristický kořenový systém s jedním hlavním kúlovým kořenem, kterým je borovice známa, se vytváří výhradně na dobře propustných půdách zásobených vodou. Hlavní kořen s bočními odnožemi se ale vytváří rovněž dobře i na písčítých podzolech (Polomski, Kuhn, 1998). Kúlový kořen se také charakteristicky horizontálně větví, čímž utváří mřížovitý vzhled celého systému. Hlavní postranní kořeny vytváří borovice ve svrchních 30 cm půdy (Köstler a kol., 1968). V pohyblivých písčích borovice někdy vytváří chůdovité kořeny, ty ji pomáhají lépe kotvit kmen v nestabilní půdě. Díky takovému systému kořenů tak u borovice lesní dochází k vývrátům jen velmi ojediněle, to ji předurčuje ke zpevňující funkci. Plně vyvinuté kořeny sahají do vzdálenosti přibližně dvou metrů od paty kmene, dále se ztenčují a celé kořenové řídne (Kalela, 1954). Wagenhoff (1938) však naměřil boční kořeny až ve vzdálenosti 10–14 metrů od paty kmene s celkovou délkou kořenů 12–16 metrů. Na stanovištích s výrazným vlivem podzemní vody vytváří borovice specifické vertikální kořeny, a to jak na glejích, tak rašeliništích (Köstler a kol., 1968). Dle výzkumu Mickovski a Ennos (2002) je pro stabilitu jedince zásadní právě kúlový kořen a celková „kotevní asymetrie“. Postranní kořeny podle autorů naopak zásadní vliv nemají, jako pozitivní však hodnotí jejich nekruhový průřez. Zoth a Block (2002) soudí, že pokud již došlo k vývratu, byl právě kritickým faktorem obsah vody v půdě, ta mění celkový charakter kořenového systému a celý strom je tak posléze náchylnější k vyvrácení. Kúlový kořen borovice nevytváří jen výjimečně, kupříkladu na neodvodněných rašeliništích (Vompersku, 1959). Pro podporu vertikálního rozrůstání kořenového systému doporučuje Gailis (1958) pěstovat borovici ve směsi s břízou bělokorou, olší lepkavou a olší šedou. Kromě jedle a nepůvodní douglasky tvoří borovice, z pohledu k mechanické stability, nejkvalitnější kořenový systém (Kacálek a kol., 2017).

3.6.2. Dřevoprodukční význam borovice lesní

Její dřevo je ve vodě trvanlivé, na suchu však již méně. Mechanickými vlastnostmi i samotným způsobem zpracování se velmi podobá smrku. V současné době se pravděpodobně nejvíce využívá v papírenském průmyslu, slouží však i jako pilařská kulatina, surovina na telegrafní sloupy a další. Žádané jsou pak například také borovicové vánoční stromky (Musil, Hamerník, 2007). Dřevo borovice je pevné, měkké, pružné a odolné. Právě díky těmto vlastnostem se používá dodnes pro výrobu dveří a oken včetně jejich rámců. Celkově je její dřevo odolné povětrnostním vlivům a hnilobě. Znamé je také pro výrobu důlních výdřev a pražců (Anonymous, 2020). V nábytkářství je někdy používáno pro výrobu šatních skříní, kvůli schopnosti odpuzovat moly (Pazdera, 2015).

Celková těžba v ČR v roce 2018 činila 25,69 milionu m³ surového dříví, to je nárůst o 6,3 mil. m³ oproti roku předchozímu. Z toho jehličnaté dříví bylo 24,21 mil. m³, konkrétně borovice bylo vytěženo 1,13 mil m³ (MZe, 2019).

Pro sledování ceny dříví je nejvhodnější sortimentem pravděpodobně pilařská kulatina III. A/B. Po růstu až do roku 2014, kdy ceny dosáhly až 2 286 Kč/m³, začaly s počátkem kalamity v roce 2015 pozvolně klesat na 1 856 Kč/m³ za rok 2018 (MZe, 2019). V roce 2019 byla průměrná cena pro tento sortiment smrku 1 550 Kč/m³ a pro borovici 1 480 Kč/m³ (Graf 1; CZSO, 2020). Podíl cenných výřezů a silných sortimentů celkově (tloušťková třída 4 a vyšší) je velmi nízký. Nejzastoupenější jsou výřezy pilařské jakosti III.B a průmyslové dříví (Poleno a kol., 2009).



Graf 1. Vývoj cen výřezů III.A/B třídy jakosti pro smrk (SM) a borovici (BO) v letech 2010-2019 (zpracováno z hodnot zveřejněných CZSO)

Pro dosažení kvalitních borových porostů je zásadní výběr vhodného ekotypu pro příslušnou lokalitu. To je jedním z hlavních kritérií nejen při pěstování borovice na živnějších půdách, například při zalesňování zemědělských půd, kde borovice vytváří netvárné kmeny s velmi hustým ovětvením, čímž jsou znehodnocovány následné výřezy sukatostí. Obdobné riziko je spojeno i s výsadbou v nedostatečné hustotě. Při zanedbání výchovy pak vzniká vysoké riziko rozvrácení celého porostu sněhem (Poleno a kol., 2009).

3.6.3. Nedřevní využití borovice lesní

Borovice je hojně využívána v celé řadě dalších odvětví, a to jak pro její hojný výskyt, tak pro vysoký obsah pryskyřice. Tato dřevina je historicky známá například pro svůj význam ve farmacii a lidovém léčitelství, kdy se nálev z pupenů používal pro podporu odhlenění při bronchiálního kataru. Působí také močopudně a v podobě koupelí zlepšuje prokrvení svalů v těle. Uvolňované fytoncidní látky působí na lidský organizmus celkově příznivě jako přírodní

antibiotikum (Úradníček a kol., 2001). Své místo v léčitelství a terapiích má díky produkci silic, pryskyřic a balzámů, které produkují ve větší míře spíše starší stromy. Uplatnění nachází v lidovém léčitelství i farmaceutickém průmyslu především díky antiseptickým účinkům balzámů pro léčbu kožních vyrážek (Arndt, 2017).

Za okrasnou dřevinu ji lze považovat jen okrajově a spíše její zakrslé kultivary (Úradníček a kol., 2001), nicméně se vysloveně hodí do exteriérů s designem sutí či skalek. Své estetické uplatnění nachází v rámci vánočních stromků, kdy je v posledních letech velmi žádaná. Její estetickou nevýhodou je rychlý růst stromu, čímž vzniká řídký charakter habitu. Na plantážích je proto koruna zkracována a tvarována. Ideální výška stromku pro tyto účely je mezi 1,2 a 2,5 m. Díky trvanlivosti olistění i v domácím prostředí a vůni jsou nejoblíbenějšími borovice lesní a borovice černá (*Pinus nigra*; Poleno a kol., 2009).

Historicky klíčovým odvětvím bylo ve zpracování borovice takzvané smolaření, tedy sběr pryskyřice po narušení povrchu kmene. Způsobů sběru se za stovky let praktikování vyvinulo několik, u nás nejznámějším bylo vytváření liziny ve tvaru „V“, která sváděla pryskyřici do usměrněného toku, který končil ve sběrné nádobě. Výsledná surovina byla velice významnou zejména pro bednářství, loďářství, ševcovství, zpracování kůží a obligátně na výrobu loučí. Při výrobě druhotných produktů jako terpentýn, kalafuna, kolomaz a jiné (Musil, Hamerník, 2007) bylo možné již využívat destilaci štípaného dřeva a nebylo tak nutné těžit přímo smolu ze stromů. V dnešní době se na našem území lze setkat se smolařením již výhradně jen ve skanzenech (Wünsch, Makaj, 2013).

3.7. Lesní porosty a klimatická změna

Události narušování celistvosti lesních porostů, jinak označované jako disturbance, patří k přirozenému vývoji každého typu lesa. Se současnou změnou klimatu však mohou být poněkud odlišné od disturbancí, které známe z minulosti. Dnes se jedná o výrazně rozsáhlejší narušení lesních porostů (Dale a kol., 2000),

kteří mají charakter spíše velkoplošných odlesnění. Zvýšení teplot, které je hlavním příznakem klimatické změny (IPCC, 2020) má prokazatelně negativní vliv i na celkovou produkci lesů. V jižnějších oblastech mají zvyšující se teploty za následek snížení produktivity lesů, v severnějších chladných částech, však produkci ovlivňuje spíše pozitivně (Kellomäki, Kolström, 1994). Kupříkladu na našem území vzrostla průměrná roční teplota za posledních 150 let z 9,1 °C na 10,4 °C (ČHMÚ in MŽP, 2015). Tento enormní nárůst teplot není však novým jevem, ve švýcarských Alpách odumírají borové porosty vlivem rostoucí teploty již zhruba od roku 1995. Nejvyšší mortalita nastala v roce 1998. Od těchto dob uhynula více než polovina všech borových porostů v několika údolích s vysokým zastoupením borovice (Rebetz, Dobbertin, 2004). Borovice je sice tolerantní k různým podmínkám prostředí, ale na tyto změny zatím borovice reaguje nedostatečně rychle. K vysoké mortalitě také přispěl značný výskyt hlístic a kůrovců, kterým vyšší teploty umožnily dřívější líhnutí, více generací, ale také snížení obranyschopnosti jedinců borovic. V posledních letech je však toto odumírání mnohem více patrné, než se zprvu zdálo (Rebetz, Dobbertin, 2004). O tom, že změna klimatu není tématem jen posledních let, svědčí první vědecky podložené důkazy z 80. let minulého století (Pokorný, 2013) či výzkum Virtanen a kol. (1996) z let 1961-90, kdy byl například zkoumán vliv rostoucích teplot na gradaci *Neodiprion sertifer* (Geoffroy). Dříve byly větší škody způsobované touto hřebenulí velmi výjimečné, s rostoucími teplotami během zimního období však mortalita jejích vajíček výrazně klesla, a to způsobilo gradace v dalších letech. Jedná se tedy o nepřímý vliv změny klimatu na borovice, nikoliv však méně závažný. Na zvyšující se tlak biotických činitelů vlivem globální klimatické změny také poukazuje Pokorný (2013). Z některých predikačních modelů (Čihák, 2018) však plyne, že právě borovice by změnou klimatu měla trpět jen minimálně. Přes veškeré zmíněné i nezmíněné problémy se však nepředpokládá kompletní rozpad takových ekosystémů. Pokorný (2013) uvádí, že výsledkem změny klimatu bude posun podmínek o dva vegetační stupně výše, oproti doposud zavedeným. Čili například v současném LVS 3 budou po změně panovat ekologické podmínky přirovnatelné k současnému LVS 1. Spolu s tlakem veřejnosti na využívání mimoprodukčních funkcí lesa, tak budou lesní hospodáři

nucení změnit způsoby hospodaření směrem přírodě bližším. Je třeba si také uvědomit, že lesy jsou hlavním „uhlíkovým sinkem“ (spotřebičem), což s celosvětovou snahou vázat nadměrně vypouštěné množství CO₂ musí nutně vést právě ke globální změně hospodaření s lesy. To se odráží již i v zavedeném pojmu „Carbon Forestry“ neboli uhlíkové lesnictví. Pro rostliny samotné je však zvýšená koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) spíše přínosem. Zvyšuje totiž rychlost fotosyntézy, účinnost využití slunečního záření i využití vody, celkově je tedy pro růst pozitivním aspektem.

Česká republika má tuto strategii, alespoň částečně měnící přístup k využívání lesů, zpracovanou ministerstvem životního prostředí od roku 2015 v dokumentu s názvem *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*.

3.8. Pěstební charakteristiky borovice lesní

3.8.1. Umělá obnova borovice lesní

Z provozního hlediska je nespornou výhodou umělé obnovy porostu nezávislost na stavu obnovovaného porostu a semenném roce, umělá obnova pak nabízí možnost zvýšení genetické kvality a rychlejšího překonání většiny rizik nezdaru v počáteční fázi růstu. Obecně tak výsadba skýtá výrazně nižší riziko nezdaru obnovy. Samozřejmě registrujeme také negativní stránky takového způsobu obnovy porostů, mezi které patří například vysoké finanční náklady na zalesnění, ale zejména riziko šoku sadebního materiálu z přesazení (Poleno a kol., 2009). Nicméně studie Ackzella (1993) popisuje umělou obnovu borovice lesní jako výrazně výhodnější, tedy ve srovnání s obnovou přirozenou, kvůli nejistotám doprovázejícím přirozenou obnovu a dlouhé době potřebné k jejímu zdárnému dosažení. Naproti tomu poukazuje na zužování genofundu umělým výběrem oproti přirozenému.

Při umělé obnově borovice lesní se obvykle používají jednoleté až dvouleté semenáčky, méně pak školované nebo podřezávané sazenice ve věku dvou až tří

let. V rámci výsadby borovice je nutné dbát na správné uložení kořenového systému, aby se v budoucnu předešlo kořenovým deformacím a tím výraznému snížení stability jedince. Z toho důvodu se jako nejvhodnější typ výsadby jeví sadba jamková, kterou při správném provedení toto riziko minimalizujeme. Vzhledem k vysokým sadebním hustotám při zakládání borových porostů je vhodné zalesnění zefektivnit různou mechanizací, zejména se jedná o rýhový zalesňovací stroj. Pro možnost využití zalesňovací mechanizace je však nutná předchozí příprava plochy, především úklidem těžebních zbytků, případně i vykloučením pařezů (Poleno a kol., 2009; Brichta a kol., 2020).

3.8.2. **Přirozená obnova borovice lesní**

Přirozená obnova je vhodnou cestou k dosažení zdravého porostu s vysokým produkčním potenciálem, který zároveň bude plnit i veškeré mimoprodukční funkce. Tento způsob obnovy je však, oproti obnově umělé, časově a prostorově náročným úkonem pro každého lesního hospodáře a vyžaduje kvalitní organizaci časovou i prostorovou. Zároveň jsou ale velmi důležitým faktorem přirozené obnovy znalosti samotného lesního hospodáře. Z tohoto pohledu se jeví jako nejnáročnější správně uspořádat obnovní seče s ohledem ke stavu porostu a druhům zmlazovaných dřevin. Celkový úspěch obnovy a správného vývoje porostu závisí samozřejmě i na následné péči o nárosty, zahrnující i úpravu porostní směsi a jejího doplnění. I přes dobrou predispozici borových semenáčků odrůstat na volné ploše, je jejich mortalita, při plném oslunění a malém množství vláhy v juvenilní fázi, velmi výrazná. Jako vhodnější se ukázaly varianty s částečným zastíněním mateřským porostem (Brichta a kol., 2020). Dle výsledků různých studií je tedy možné považovat přirozenou obnovu borovice za reálnou právě pod mírným zástínem (Barbeito a kol., 2011; Brichta a kol., 2020), nicméně je v tomto případě ještě důležitější dostupnost vody a živin (Niinemets a kol., 2002). Při výzkumu Vítámvás a kol. (2019) se nepotvrdila hypotéza, že jednotlivé provenience budou na přirozenou obnovu reagovat výrazně odlišně, vzcházení a přežívání jedinců tak nebylo ovlivněno proveniencí

borovice. Ze všech jehličnanů má právě borovice nejvyšší schopnost šíření semen. Většina semen se nachází přímo pod samotným porostem, téměř 50 % však dolétne alespoň do vzdálenosti dvojnásobku výšky porostu, zhruba 10 % všech semen je schopno dolétnout až do vzdálenosti sedminásobku výšky mateřských stromů.

3.8.3. Podpora přirozeného zmlazení

Příprava plochy zamýšlené k obnově obecně provádí při vyšší úrodě semenného materiálu (v semenných letech), z nějž následně vzniká nálet semenáčků. Kvalita a hustota náletu je přímo podmíněna příznivými vlastnostmi povrchu půdy lokality. Tyto vlastnosti lze upravit mechanicky, chemicky či biologicky (tedy zásahem do struktury mateřského porostu). Soubor všech takových opatření je nazýván přípravou půdy. Takové zásahy ovlivňují kromě chemických, biologických a fyzikálních vlastností i mikroklima stanoviště (Poleno a kol., 2009). Těžební zásahy v mateřském porostu pak musí být voleny uvážlivě dle požadavků zmlazované dřeviny a aktuálního stavu půdního krytu (Peřina a kol., 1964).

Peřina a kol. (1964) hodnotí přístup borového zmlazení k minerální půdě jako zásadní faktor. To koresponduje s uváděným předpokladem požadavku (Barbeito a kol., 2011) semen na kontakt s minerální půdou pro klíčení. Událost, jenž vedla k odlesnění plochy, by tak ideálně měla narušit také vrchní vrstvy půdy a obnažit ji až na minerální horizont. Celma a kol. (2019) také prokázali pozitivní vliv přípravy půdy na přežívání a růst semenáčků v prvotní fázi přirozeného zmlazení u borových, ale i smrkových porostů. Nilsson a kol. (2002) ve Švédsku potvrdil známý fakt, že světlomilné dřeviny, především v juvenilní fázi, prospívají výrazně lépe, pokud jsou v kontaktu s minerální půdou, případně promíchanou se surovým humusem.

3.8.4. Mechanická příprava půdy

Mechanizovanou přípravou půdy se nejčastěji rozumí orba, frézování či kombinované způsoby (Černý, Neruda, 2001). Základním principem mechanické přípravy půdy je promíchání různých půdních horizontů, což ve většině případů zlepšuje fyzikálních vlastnosti půdy, navíc je ovlivněn také teplotní režim půdy, zvyšuje se také retence vody. Dalším pozitivem je i dočasné omezení růstu buřeně. Někdy však naopak může přízemní vegetace napomoci přirozenému zmlazení, jehož hustota i kvalita může stoupat.

Jedinými stanovišti, kde se stále používá celoplošná příprava půdy za pomoci mechanizace, jsou právě borové porosty na písčitých půdách. U všech ostatních případů se od této metody přípravy půdy ustupuje (Poleno a kol., 2009).

Mechanická příprava půdy je vhodným, někdy dokonce nutným, zásahem před samotnou iniciací přirozené obnovy či výsadbou. V některých případech je ji navíc třeba doplnit i chemickým zásahem mířeným proti nežádoucí buřeni. Čím dále je obnovovaná dřevina od svého ekologického optima, tím zásadnější je pečlivý a dobře promyšlený postup (Peřina a kol., 1964).

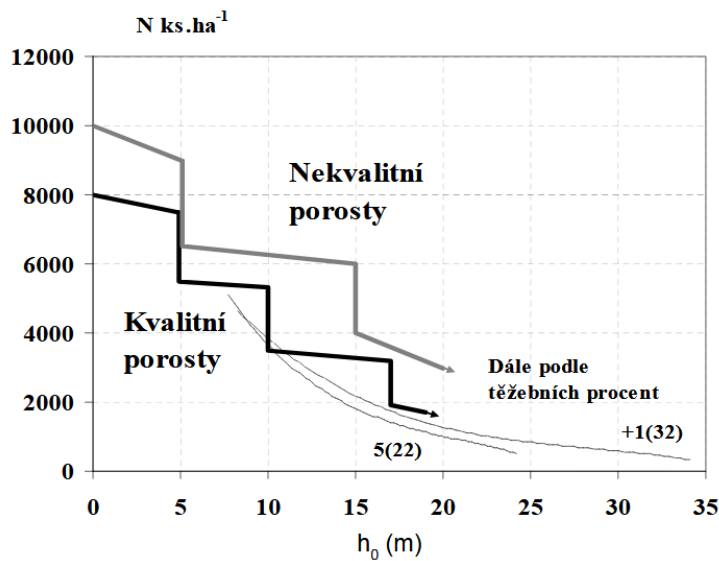
Značný podíl na úspěšnosti přirozené obnovy má také samotný druh mechanizace pro přípravu půdy. Způsob skarifikace půdy ovlivňuje zejména hustotu jedinců obnovy, ale také jejich následnou kvalitu (Karlsson a Örlander, 2000; Brichta a kol., 2020). Výzkum Aleksanderowitz-Trzcińska a kol. (2014) byl zaměřen právě na posouzení variant přípravy půdy, kdy byly testovány tři způsoby skarifikace. Prvním způsobem byla příprava půdy pomocí lesnického (jednoradličného) pluhu, tím byly sice dosaženy nejvyšší počty semenáčků na ploše (188 000 ind. ha⁻¹), ale jejich kvalita byla v porovnání s ostatními metodami nejnižší. Přesným opakem byla příprava půdy za pomoci drtiče klestu, tím bylo dosaženo pouze 36 tisíc semenáčků (ind. ha⁻¹), jejich kvalita však byla nejlepší. Zlatou střední cestou se tak ukázal způsob přípravy půdy půdní frézou, po jejímž použití bylo na lokalitě napočítáno 121 000 semenáčků (ind. ha⁻¹), úroveň jejich kvality se nacházela právě mezi dvěma výše uvedenými. Při obdobné studii na severovýchodě Polska dospěla Aleksandrowitz-Trzcińska (2018) k závěru, že

v celkovém hodnocení byla právě půdní fréza tou nejlepší mechanizací pro přípravu půdy. Ačkoli zpočátku nebyly rozdíly mezi jednotlivými způsoby statisticky průkazné, po čtyřech letech byl patrný jasný výsledek. Ve studii z roku 2017 však stejní autoři prokázali, že na samotné přežívání jedinců nemá příprava stanoviště signifikantní vliv, pouze potvrdili, že příprava půdy frézou je pro přirozenou obnovu na daném stanovišti nejvýhodnější. Pro umělou obnovu také zkusili přípravu půdy drtičem klestu, kdy se jen minimálně narušuje půdní kryt a nedochází tak k jeho masivní změně. Pro přirozenou obnovu se pak nejpříznivějším ukázala příprava pluhem, kdy je kryt naopak značně narušen.

3.8.5. **Výchova borovice lesní**

Příloha č. 6 vyhlášky č. 139/2004 Sb. uvádí minimální počty sazenic při umělé obnově v nižších polohách na 9 000 ind. ha⁻¹, ve středních a vyšších polohách pak 8 000 ind. ha⁻¹.

Aby mlaziny dospěly v kvalitní porosty, doporučuje se sadební hustota právě alespoň 8 000 ind. ha⁻¹. V nekvalitních porostech je nutné během celé výchovy udržovat počty jedinců vyšší. Zde by měla být počáteční hustota přibližně 10 000 ind. ha⁻¹. V mladších stádiích nárostů, ve věku 4–5 let, většinou ani není nutné zasahovat, pokud ale ano, tak prostřihávkou za účelem eliminace nežádoucích pionýrských dřevin: břízy, osiky a vrb. Pro dosažení kvalitního porostu je v dalších fázích nutné včasné odstranit netvárné jedince, předrostlíky a obrostlíky, kteří by v budoucnu měli negativní vliv na zbytek porostu. Při horní výšce přibližně 5 m by měl následovat další zásah. Ten směřuje k dalšímu odstraňování netvárných jedinců a proředění porostu na výslednou hustotu cca 5 500 ind. ha⁻¹ (*Obrázek 3.*). Výchova v dalších obdobích by měla směřovat primárně do podúrovně a nemělo by dojít k výraznému narušení zápoje (Slodičák a kol., 2013).



Obrázek 3. Modely výchovy pro kvalitní a nekvalitní porosty s údaji o počtu stromů (N) z růstových tabulek Černý et. al. pro +1 (32) a 5 (22) bonitu (Slodičák a kol., 2013)

3.8.6. Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu borovice lesní

Na zdroje nenáročné mechy zabraňují růstu bylin, travin a malých keřů, a tím mohou pomoci semenům borovice v místech s vysokou kompeticí (Heinsdorf, 1994; Poleno a kol., 2009), navíc zadržují vodu (Pedersen a kol., 2001), limitující faktor. Kromě mechů, však mohou být nápomocny i některé byliny a keříčky, například řídkší porosty brusinky do výšky cca 15 centimetrů mohou být pro přirozenou obnovu také pozitivním aspektem mikrostanoviště. Naopak hustější porosty borůvky s výškou kolem 50 cm už jsou pro nálet borovice jednoznačně negativním prvkem, který naprosto znemožňuje přirozenou obnovu (Kuuluvainen, Pukkala, 1989; Hille, Ouden, 2004; Scott a kol., 2000; Mirschell a kol., 2011). Některé druhy vegetace, jako například pokryvnatec schreberův (*Pleurozium schreberi* Brid.), vřes obecný (*Calluna vulgaris* L.), šťovík menší (*Rumex acetosella* L.) a další, však mohou mít i silně inhibiční účinky na klíčení a růst borových semenáčků (Sirgedaitė-Šėžiene a kol., 2018).

Studie z jižního Finska dle De Chantal a kol. (2003) uvádí největší přírůsty borových semenáčků v severozápadní části jimi sledovaných holin. Po dvou vegetačních dobách činila průměrná výška semenáčků 47 mm. Při obdobné studii

prováděné ve Švédsku (Erefur a kol., 2008), byla naměřena výška semenáčků mezi 13 a 22 cm, a to po třech vegetačních sezónách. Rozdíly ve výškách byly znatelné ve vztahu k orientaci svahu ke světové straně. Jedinci na severních svazích dosahovali v průměru 22 cm, zatímco na jižním svahu pouze 15 cm průměrné výšky.

3.9. Obnovní způsoby

Obnovní proces jako takový představuje v cyklu života lesa jen jednu mnohdy krátkou část vývoje. Procesy obnovy porostu jsou značně rozmanité a jsou přímo závislé na stanovišti, směsi dřevin a typu lesa. Celkově je však možné rozlišovat dva elementární typy obnovy, a sice obnovu na holé seči a obnovu pod porostem (Peřina a kol., 1964).

3.9.1. Obnova na holé seči

Právě tento způsob, té doby spíše jen těžby než obnovy, vedl v minulosti často k devastaci lesů. Toulavá seč, která byla do té doby běžně prováděna, představovala ničím neregulovanou a neřízenou těžbu, kdy byly těženy pro své vlastnosti zrovna potřebné stromy. Zavedení holé seče tak v polovině 18. století představovalo první krok k řízenému hospodaření. Její negativní důsledky se však projeví až mnohem později (Poleno a kol., 2009).

Při holé seči (holoseči) jsou vytěženy všechny stromy v daném porostu, tak vzniká plocha prostá od stromových jedinců. Apel na včasné zalesnění těchto holosečí byl kladen státní správou teprve v polovině 18. století. S rostoucí velikostí holin byly jasně zřetelné jejich přednosti, bohužel problémy byly naopak viditelné až s odstupem času. Z technologického hlediska a hlediska organizace práce se jedná o optimální postup. Negativní stránka spočívá spíše v biologickém a ekologickém aspektu. Hlavním úskalím holosečného hospodaření je negativní vliv na mikroklimatické podmínky, dále například vysoké riziko eroze lesní půdy.

S postupným uvědomováním si pozitivních i negativních faktorů byly holiny zmenšovány, na některých stanovištích až na několik arů. Takový způsob se ale označuje spíše za tzv. kotlík (skupinová seč) než holinu, jenž má svá vlastní specifika. Na holinách je intenzita slunečního svitu samozřejmě výrazně vyšší než pod dospělými stromy. Rozdíl je ovlivněn i obecným charakterem klimatu, terénem a sousedními porosty, proto nemůže být více konkretizován. Obnažený povrch je však zcela jistě osluněn, tím je zahříván výrazně více, což za přísunu dostatečného množství srážek značně urychluje rozklad horní vrstvy půdy a hrabanky. Z pěstebního hlediska mají holoseče hlavní přednost v rychlejším odrůstání světlomilných druhů dřevin, zejména právě borovic a dubů. Při plném oslunění je navíc kořenový systém semenáčku výrazně vyspělejší, díky tomu v dalších letech dožene výškový deficit, oproti méně osluněným jedincům (Bílek a kol., 2018). Proto nelze holoseče principiálně odmítat. Nadále je nutné provádět tyto seče uváženě, především s ohledem na dané stanoviště a celkový stav porostu (Poleno a kol., 2009).

Při tomto způsobu obnovy vzniká nová generace lesa na holinách a není chráněna mateřským porostem, který je celý naráz nebo alespoň z větší části vytěžen (Poleno a kol., 2009). Holoseče jsou však přirozeně spojeny s rozsáhlými přírodními katastrofami, kdy je najednou odstraněn celý mateřský porost. Nová generace je tak pod přímým vlivem klimatických činitelů. Pro tento typ obnovy, jsou lépe přizpůsobeny výrazně světlomilné dřeviny, především pak ty pionýrské. Právě dřeviny s pionýrským charakterem růstu snášejí klimatické podmínky otevřených ploch bez krytu výrazně lépe. Jejich semena se snadno šíří na velké vzdálenosti a jsou tak schopny pokrýt značnou část vzniklé holiny. Dalším významným důvodem pro užívání holosečného způsobu hospodaření je vysoká náročnost semenáčeků na světelný požitok a jejich křehkost v prvotní fázi i v mladších fázích nárůstů. Při následném dotěžování porostu nad nárůstem by tak docházelo ke značným škodám a ztrátám na nové generaci lesa. Holosečná obnova proto bude u borových porostů vždy racionálně zdůvodnitelná. Přirozená obnova se tak provádí pomocí výstavek ponechaných na holině nebo nalétnutím z okrajů porostů, kdy nejen, že dochází k samovolnému osetí plochy, ale v některých případech jsou dospělé borovice schopny na uvolnění zápoje

reagovat také navýšením svého tloušťkového přírůstu (Brichta a kol., 2020). K iniciaci přirozené obnovy na holé ploše jsou velmi vhodné úzké holé seče formou pruhů o šířce 20 až 30 m, tedy zhruba na jednu porostní výšku. Další seč je následně přiřazena nejdříve po dvou až třech letech, není ji ale vhodné více oddalovat, s ohledem na kvalitu nově vznikajícího porostu. Nejvhodnější věk, ve kterém by měl mateřský porost vstupovat do obnovy, je zhruba mezi 70 a 100 lety. Pro užití tohoto způsobu obnovy nejsou stanoviště bohatá ani naopak velmi chudá příliš vhodná (Peřina a kol., 1964).

3.9.2. **Obnova pod porostem**

Přímým opakem holosečného hospodářského způsobu je clonný způsob obnovy, kdy nová generace vzniká pod krytem mateřského porostu a je tak částečně chráněna clonou starého porostu, který je ovšem zároveň konkurentem o světlo, vláhu i živiny, časem nabývá na významu i kořenová konkurence mateřského porostu vůči nové generaci (Šindelář, 2004). I přes to, že se borovice řadí k pionýrským dřevinám a má tedy vysoké nároky na světlo, se využívání její přirozené obnovy pod porostem v posledních letech velmi rozmáhá. Ze zjevných důvodů je ale tento způsob zatím méně běžný (Bílek a kol., 2018). Přistupuje se k němu především pro úsporu nákladů na obnovu porostu a funguje také jako opatření pro přizpůsobení probíhající klimatické změně (Knoke a kol., 2002; Churchill a kol., 2013; Merlin a kol., 2015). Dle Hänell a kol. (2000) jsou náklady na těžební činnost v případě podrostního způsobu vyšší než u holosečí, vzhledem k ostatním výhodám však může být podrostní způsob celkově výhodnější v souvztáhnosti k následným porostům. Značným důvodem odstoupení od holých sečí je i aspekt, který může být nazván společenskou poptávkou (Jankovská, Březovják, 2007), kdy se veřejnost mnohem více zajímá o životní prostředí. Z funkce spíše produkční se tak hospodářství výrazně přiklání více k funkcím environmentálním, ekologickým a sociálním (Bílek a kol., 2018). Míra schopnosti tolerance zástiny ve vztahu ke kulturním i původním ekotypům, je také různorodá. Tato schopnost je výsledkem soustavy interakcí mezi stromem a stanovištními podmínkami, zejména světlem, živinami a dostupností vody (Messier a kol.,

1999). Obnovou pod porostem se navíc může využít několika semenných let, podpořit starší skupinky náletu či upravit mikroklima stanoviště (Galliano a kol., 2013).

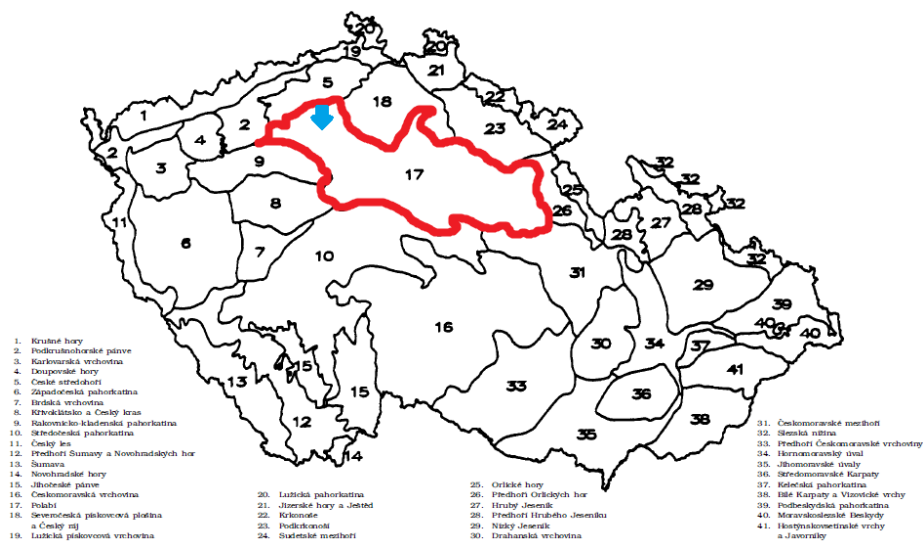
Jako ideální parametr holiny se dle Rohig a Gussone (1990) jeví pro borové porosty velikost plochy 1–3 ha. V České republice je však dle §31 zákona č. 289/1995 Sb. O lesích omezena velikost na 1 ha s výjimkou 2 ha pro specifická stanoviště. Z výše uvedené studie také plyne, že tvar seče má výrazně vyšší vliv než její celková velikost. Tvar totiž ovlivňuje ekologický vliv sousedících porostů.

3.10. Charakteristiky výzkumné oblasti

Podrobnější geologické, klimatické a další charakteristiky byly blíže popsány v předchozí práci Myška (2018).

Zájmové území leží v přírodní lesní oblasti (PLO) číslo 17, tedy Polabí (*Obrázek 4.*). Zároveň se jedná o teplou oblast T2 (*Obrázek 6.*) s průměrnou roční teplotou 8,6 °C. Zimy jsou zde velmi mírné, léto se vyznačuje výrazně vysokými teplotami a silným suchem. Roční úhrn srážek v této oblasti činí 550 až 700 mm/m² (*Obrázek 5.*). Vzdušné proudění zde převládá od západu a východu, výsušné větry od jihozápadu. Dokonce i v těchto lokalitách je jedním z největších kalamitních činitelů právě vítr. Podloží je zde tvořeno štěrkopísky, na kterých se vytvořily hluboké písčité až hlinitopísčité půdy. Půdy jsou převážně kyselé a chudé na živiny (ÚHÚL, 2001).

Lokalita spadá do povodí Ohře, její vzdálenost je ovšem téměř 15 km. Nejbližší řekou je Vltava, vzdálena zhruba 5 km. Lokalita tak není pod přímým vlivem žádné řeky ani jiného vodního zdroje (HEIS VŮV, 2018; Google Maps, 2018).

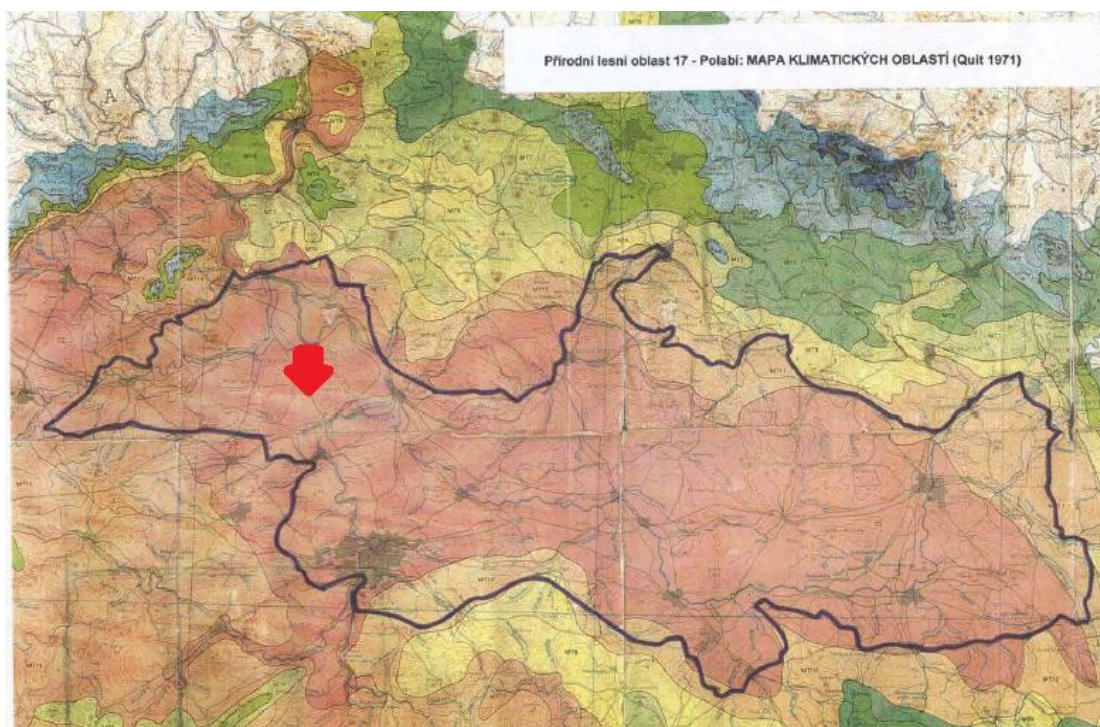


Obrázek 4. PLO Přehled s vyznačením PLO 17 - Polabí (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 298/2018 Sb.)

TAB. 4.1. KLIMATICKÉ OBLASTI V PLO 17 (QUIT 1971):

CHARAKTERISTIKY	T2
Počet letních dnů	50-60
Počet dnů nad 10°C	160-170
Počet mrazových dnů	100-110
Počet ledových dnů	30-40
Prům. teplota v lednu	-2--3
Prům. teplota v červenci	18-19
Prům. teplota v dubnu	8-9
Prům. teplota v říjnu	7-9
Ø dnů srážek nad 1 mm	90-100
Úhm srážek ve veg.době	350-400
Úhm srážek v zimě	200-300
Srážky celkem	550-700
Počet dnů se sněhem	40-50
Počet dnů zamračených	120-140
Počet dnů jasných	40-50

Obrázek 5. Výstřížek z OPRL, kapitola Klima (ÚHÚL, 2001)



Obrázek 6. Klimatická mapa Polabí (ÚHÚL, 2001)

3.10.1. Pěstební a produkční charakteristiky kyselých stanovišť nižších poloh – hospodářský soubor 23

V cílovém hospodářském souboru 23 jsou podle rámcových směrnic hospodaření (ÚHÚL, 2001) typickými půdami písčité kambizemě, luvizemě a podzoly. Tato stanoviště tvořená zejména chudými štěrkopískovými překryvy typicky trpí nedostatkem vláhy a chudší zásobou živin v horní části profilu půdy. Mělce kořenicí dřeviny, jako zejména smrk, zde v době přisušku trpí suchem. Převládají zde smíšená borová hospodářství s dubem, zastupující 62 % celého souboru, následují smíšená smrková hospodářství (26 %) převážně s borovicí (ÚHÚL 2001).

Příloha č. 2 k vyhlášce č. 298/2018 Sb. uvádí dub a borovici jako základní dřeviny těchto stanovišť. Dle OPRL (ÚHÚL, 2001) mají dominantní zastoupení na HS 23 právě borové porosty, a to zhruba 65 %, 26 % zaujímají porosty dubové, 9 % smrkové a zbytek ostatní listnáče. HS 23 pokrývá celkově 21,0 % území Polabí. Základní cílová druhová skladba je pro borové hospodářství (SHS 233) směs v poměru borovice 70 % jako hlavní hospodářská dřevina. 20 % dub, jenž

zde plní meliorační a zpevňující funkce, spolu s dalšími dřevinami: bukem, lípou, břízou či se smrkem, které by měly mít zastoupení kolem 10 %. Ve stále ještě nové vyhlášce č. 298/2018 Sb., která nahrazuje vyhlášku č. 83/1996, je uveden také minimální podíl MZD 45 % pro SLT 1K a 50 % pro 1S. Doporučený podíl však dosahuje až 75 %. Mezi MZD jsou řazeny: BK, BŘ, DG, DBZ, HB, JD, LP, OS a MD.

Doporučené obmýtí, pro borová hospodářství je stanoveno na 110 let s obnovní dobou v rozmezí 20 a 30 let (Vyhláška č. 298/2018 Sb.). Absolutní výšková bonita (výška porostu ve sto letech) by měla dosahovat 24 metrů.

Možnost využití přirozené obnovy je průměrná, je ale zajisté vhodné této možnosti využít. To platí zejména pro borovici, dub, smrk, buk a modřín. Pro její úspěšnou realizaci je zde vhodné (nutné) provést přípravu půdy naoráním. Následná výchova by se měla soustředit v první řadě na kvalitu a stabilitu jedinců, potažmo celého porostu. Kýženého výsledku lze dosáhnout úrovnovým negativním výběrem abnormálně rostlých jedinců (předostlící, obrostlící) v mladém věku (7–9 let), kdy takový neforemný růst již lze rozpoznat. I v dospívajících porostech je zde preferován spíše negativní výběr, veškeré zásahy by pak neměly nijak značně porušit zápoj. Meliorační a zpevňující dřeviny, které nezasahují do úrovně, by měly být zachovány, aby pomohly vychovávat kmeny borovic. Na těchto stanovištích s písčítými půdami jsou kultury dřevin ohroženy zejména suchem a václavkou (*Armillaria mellea*, Vahl.). Z ekologického hlediska jsou tato stanoviště velmi stabilní (ÚHÚL, 2001).

Obnova porostů by zde měla směřovat od severu až východu. Ze způsobů přirozené obnovy je zde pro borovici nejvhodnějším okrajová clonná seč. Hrozí-li silné zabuřnění, je vhodnější zvolit násek, případně maloplošnou holou seč s ponecháním borových a modřínových výstavek na ploše. Druh smíšení by měl být skupinovitý (skupiny 0,03 až 0,1 ha), u modřínu a douglasky pak spíše jednotlivý. Samozřejmě by se měly respektovat šetrnější způsoby hospodaření dle návrhu opatření z dokumentace ÚSES. Hlavní zásadou těchto opatření je maximální podpora všech druhů listnatých dřevin s využitím pro vertikální členění porostu (ÚHÚL 2001).

3.10.2. Lesní typy

V hospodářském souboru kyselých stanovišť nižších poloh (HS 23) se nejčastěji nacházejí lesní typy a jejich soubory: 1K a 2K, I; 1S1; 1S5–1S8; 2S; 2M; 3K5; 3I4. V zájmové oblasti však převažovaly lesní typy 1K1 a 1S6. Jejich bližší specifika a lesopěstební charakteristiky jsou uvedeny podrobněji v následujících kapitolách.

3.10.2.1. *Kyselá doubrava kostřavová*

Quercetum acidophilum označováno jako lesní typ 1K1. Převládajícím půdním typem je kambizem modální. Půdní druh písčítý, písčito-hlinitý až štěrkový. Matečnou horninou jsou ruly, opuky, křemence, břidlice nebo křídové vápence. Z převážné části jsou to mírné svahy o nadmořské výšce od 250 do 350 m. Dub by zde přirozeně ovládal dřevinnou skladbu se zastoupením přes 90 %, ostatní dřeviny jako bříza, borovice, lípa nebo jeřáb by se zde vyskytovaly pouze vtroušeně. Humusovou formou je zde typický moder. Cíl hospodaření by měl směřovat k borovému hospodářství, se zastoupením borovice přes 70 %, dubu s funkcí MZD 20 %, jenž by se vyskytoval zejména při okrajích porostů. Zbývajících 10 % by obsadily vtroušené dřeviny například bříza, lípa nebo modřín (ÚHÚL, 2001).

3.10.2.2. *Doubrava na písčích*

Lesní typ 1S6 (*Quercetum mesotrophicum arenosum*), jeho převažujícím typem půdy je kambizem arenická oligotrofní, silně kyselá, vysychavá a drolivá. Půdní druh písčítý až hlinitopísčítý, někdy i štěr. V přirozené skladbě by dominoval dub se zastoupením přes 80 % s příměsí lípy okolo 10 % a zbylých 10 % by zaujímal borovice, bříza a habr. Cílem hospodaření je dub, který zde současně tvoří i MZD, případně i bříza a lípa. Častou dřevinou je zde i habr se zastoupením cca 10 %, a to jako výchovná dřevina dubu (ÚHÚL, 2001).

4. MATERIÁL A METODY

4.1. Charakteristika výzkumných lokalit; popis porostu

Výzkumné plochy terénního pozorování jsou součástí jednoho porostu (109D1b), který byl rozčleněn obnovními sečemi. Nachází se na okraji Ústeckého kraje mezi obcemi Černouček a Jeviněves, zhruba 100 m jihovýchodním směrem od prvně jmenované obce. Celý porost patří k lokalitě ÚSES zvané „Pomoklina“. Navzdory výše zmíněnému, spadá lokalita (MELN 8-6) pod k. ú. Jeviněves; LHC Mělník. Její celková výměra činí 80,56 ha. Lokalita leží v nadmořské výšce od cca 240 do 280 m n. m. (ÚHÚL, 2001).

V současnosti zdejší pozemky spravuje a hospodaří na nich Arcibiskupství pražské - polesní Blatno, se sídlem v Chomutově. Majitelem je však Kapitulka Vyšehradská (Obrázek 7.).



Obrázek 7. Vlastnické poměry dané lokality (ÚHÚL, 2020)

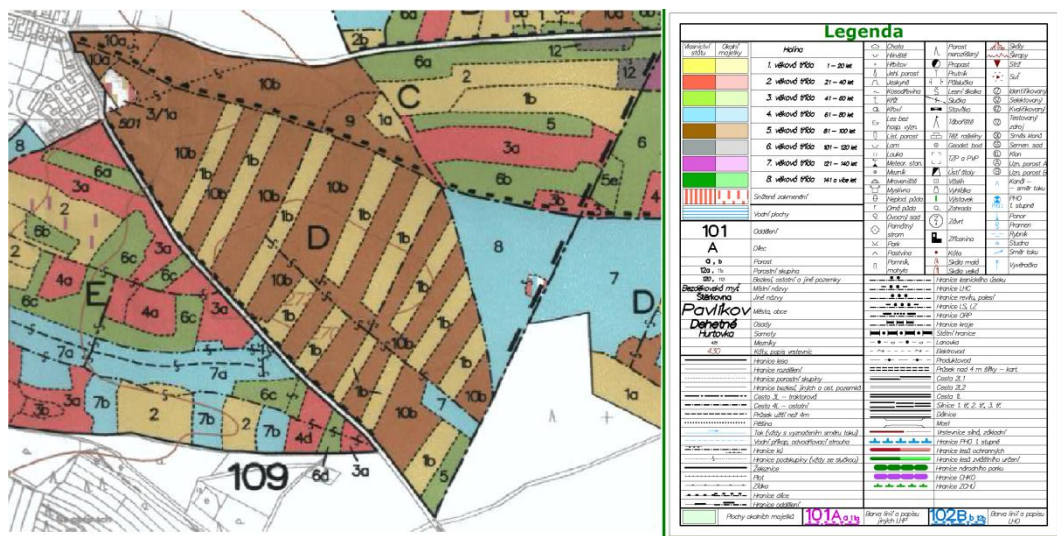
Porost 109D10b, jehož součástí byly i zmíněné holiny, byl jednolitým, rozsáhlým borovým porostem o výměře zhruba 23 ha (Obrázek 9.). Těžba zde proběhla v zimním období na přelomu roku 2015 a 2016 za pomoci harvesterové technologie. Umělá obnova byla zajištěna ihned po celoplošné přípravě půdy na jaře v roce 2016. Zalesněna zde byla opět borovice, součástí obnovy byly i nalétnuté kotlíky dubu zimního z předchozích let a čerstvý nálet borovic z porostních okrajů mateřského porostu. Další vylepšování nebylo nutné.

Koncem léta roku 2018 bylo provedeno vyžínání křovinořezem za účelem omezení růstu konkurenceschopnějších bříz (dekapitace nad úrovní borového zmlazení) a jiné negativně ovlivňující druhy buřeně. Samozřejmostí byly také nátěry proti okusu, který však nebyl pohledem nijak výrazný.

Všechny tři plochy spadají zároveň do tří lesních typů. Hlavním převažujícím je LT 1K1, menší část zaujímá 1S6 a jen zcela okrajově je zastoupen 3L1 (Obrázek 8.; ÚHÚL, 2020).



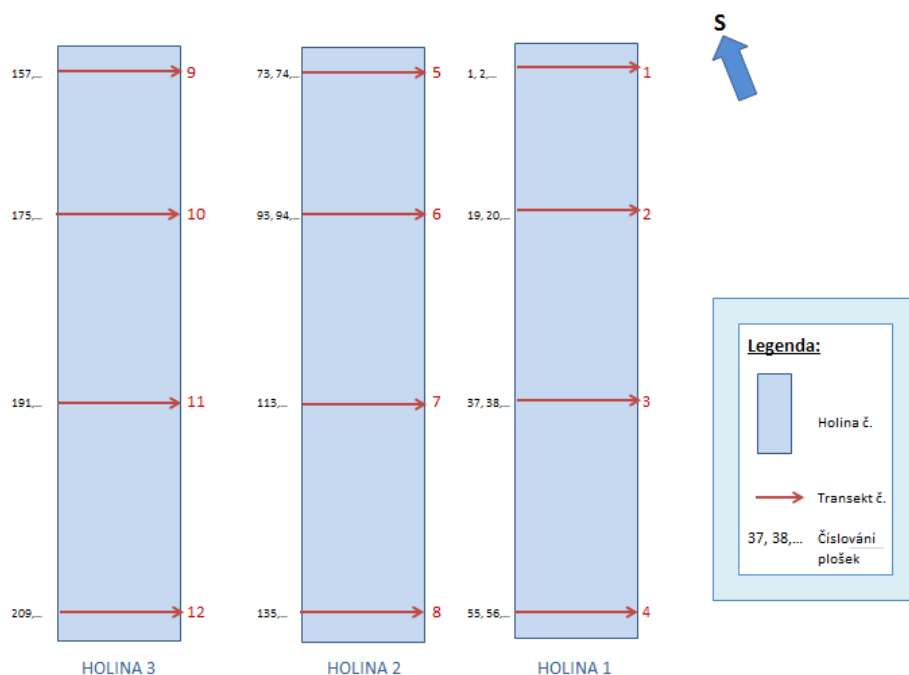
Obrázek 8. Typologická mapa lokality (ÚHÚL, 2020)



Obrázek 9. Porostní mapa lokality (Lesprojekt, 2016)

Oddělení: 109	Plocha: 80,27	Majitel: 5/50001	LO: 17	Polabí	LHC: 407504	Platnost: 1.1.2017-31.12.2026	Strana: 172																			
Okres: D	Plocha: 24,99	Kategorie/plekryc: 10	Zvl. St.: 18	CHOPAV	Pásmo ohroz: D	LS(LZ): KVY Litoměřice	Reviz: KVY Litoměřice																			
Por. skupina: 10b	Plocha por. skup.: 13,14	Les. typ: 1K1	LVS: 1	CHS: 23	ORP: 4211 - Roudnice n. L.	Ter. h11 Ter. sk A	Název KÚ: Černouček																			
Popis por. skup.: + BOC, DB, AK, OS, BK, KL, OL, TR; místy spodní patro; věkové a vzrůstové rozdílné. TO - 13 sečí. Další LT: 1S6,207,3L1, 6 části.																										
Č. listu vlastnickí: 688																										
				Model. lísť. %: 25%	Obnovil / Obn. doba: 110/20	% ml. a zpevř. dřevin: 25%																				
Hosp. koubor	Věk	Zakl. - stáří	Dřevina	Zrůst. - pění	cih. výš. stouha	m	m3 b. k.	Bonita	Bon. rel. - 3/2008SB	Fenol. třída	Poškození			Zásoba v m3 b. k.			Těžba výchovná		Těžba obnovní		Prořezávky		Zalesnění			
											Druh	%	Imise	Ná 1 ha př. et.	Souše	Celkem	Násl. - Násl. ob.	Plocha ha	Objem m3	Násl. - Násl. ob.	Plocha ha	Objem m3	Plocha ha	Dřevina	Zast. v %	Plocha ha
233	97	8	BO	88	30	22	0,63	22	5	C	0	0	234	0	234	0	0	1799	0	0	0	0	BO	75	5,77	
			DBZ	9	30	20	0,66	20	6	C	0	0	18	0	18	0	0	141	0	0	0	0	DBZ	25	1,93	
			DBC	1	38	22	1,15	22	5	C	0	0	3	0	3	0	0	20	0	0	0	0				
			MD	1	28	24	0,64	24	3	C	0	0	4	0	4	0	0	28	0	0	0	0				
			BR	1	30	23	0,57	24	1	C	0	0	2	0	2	0	0	13	0	0	0	0				
Por. skup. celkem:														261	0	261	0	0	7,70	2001	0	0	3	100	7,70	

Obrázek 10. Výstřižek hospodářské knihy k původnímu porostu (Lesprojekt, 2016)



Obrázek 11. Skica číslování výzkumných holin

4.2. Sběr dat v terénu

Tato práce navazuje na autorovu bakalářskou práci a vychází z ní (Myška 2018). Součástí časové řady dat tak byla i data naměřená v roce 2017 pro účel zpracování BP „*Přirozená obnova borovice lesní na holé seči ve vztahu k mikrostanovištním podmínkám*“. Kromě tohoto měření byla další opakování vždy po skončení vegetačního období v letech 2018 a 2019, aby mohla být vytvořena časová řada.

Výzkumné plochy (holiny) byly o designu pravidelného obdelníku s totožnou dobou vzniku. Důraz se kladl na reliéf, pro co nejvyšší možnou homogenitu jednotlivých ploch s ohledem na SLT, aby údaje z nich mohly být vyhodnoceny simultánně.

Na každé ze tří ploch byly za pomoci označených dřevěných kůlů vytyčeny a stabilizovány čtyři transekty (celkem tedy 12 transektů) kolmo na průběh holiny. Dva okrajové transekty byly umístěny vždy 10 m od okraje plochy (severního

a jižního). Další dva „středové“ byly umístěny paralelně v odlišných vzdálenostech (50, 60 a 80 m) od středu holiny, v závislosti na její celkové délce.

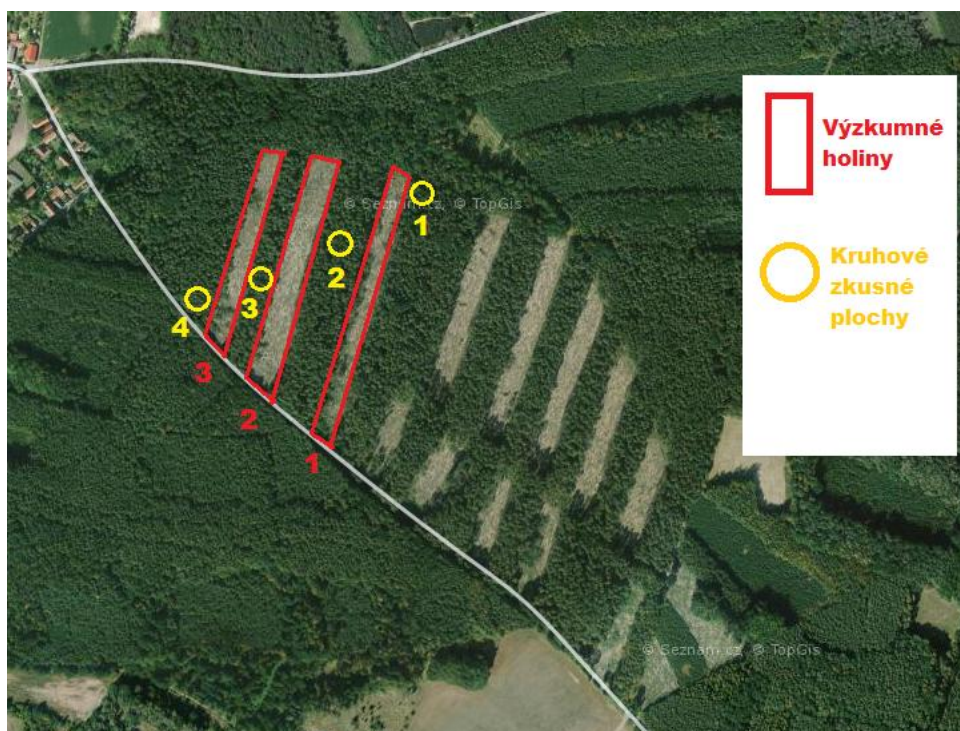
V každém z dvanácti transektů bylo umístěno 8–11 párů kruhových plošek o průměru 45 cm (0,16 m² plochy). Tato velikost nemohla být vyšší z důvodu vyvarování se překryvu jednotlivých plošek z páru. Dvojice plošek ležely ve vzdálenosti 3 m od sebe, čímž byla současně zaznamenána i vzdálenost od západního okraje mateřského porostu. Jedna ploška z páru ležela vždy na vyvýšenině (hřeben brázdy) a druhá ve vyorané terénní depresi (dno brázdy).

Na každé plošce z páru byla určována pokryvnost v 5 % intervalech, překryvy nebyly brány v potaz, součet tedy byl vždy 100 %. Rozlišovány byly druhy pokryvu: půdní povrch, bylinné nebo travinné patro včetně určení druhu, mech a dřeviny. U každé dřeviny byl poznamenán druh, věk, výška (s přesností na 5 mm) a poškození zvěří (rostlina poškozena nebo nepoškozena). Pro jedince borovic bylo navíc rozlišováno, zda se jedná o jedince z přirozené či umělé obnovy.

U mateřského porostu byly již v rámci řešení bakalářské práce změřeny porostní veličiny pro charakteristiku zhodnocení produkčních možností daného stanoviště. Měření proběhlo na čtyřech kruhových zkusných plochách (*Obrázek 12.*), každé o výměře 5 a. Výška jedinců byla měřena za pomoci výškoměru Vertex IV s přesností na 0,1 m, výčetní tloušťka měřená průměrkou s přesností na 1 mm. Objem stromu byl následně stanoven pomocí tabulek ULT a zásoba porostu taxačními tabulkami.

Pro zjištění světelných podmínek na plochách byly v roce 2020 pořízeny tzv. hemisférické fotografie. Každé fotografické stanoviště zastupovalo lokalitu dvojice plošek dno-hřeben brázdy. Stanoviště bylo vždy umístěováno na transektu ve vzdálenosti 3 m od sebe po linii. Pro 230 zkoumaných plošek to tedy bylo 115 fotografických stanovišť celkem. Fotografie byly pořizovány klasickým fotoaparátem (Canon EOS 1100D) se širokoúhlým objektivem typu „rybí oko“. Fotoaparát byl umístěn vždy na stativu s čočkou ve výšce 130 cm nad zemí. Pro

zdárné vyhodnocení fotografií bylo nutné vyčkat s fotografováním na vhodné povětrnostní podmínky – zataženou oblohu.



Obrázek 12. Ortofoto lokality s vyznačením ploch (Mapy.cz, 2016)

4.3. Zpracování dat

Prvotní příprava a základní zpracování dat byla provedena v aplikaci MS Excel 2007, zde byly vyhotoveny také některé základní grafy. Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno programem Statistica 12, jejímž výstupem jsou, mimo jiné, především tabulky korelačních koeficientů a krabicové grafy závislých. Nejprve byla provedena kontrola normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu. Až na některé jednotlivé výjimky byla hypotéza normality u všech dat zamítnuta ($p < 0,05$). Z toho důvodu byl při následném zpracování grafů použit Kruskal-Wallisův neparametrický test. Pro porovnání dvou nezávislých skupin byl dále použit Mann-Whitneyův U test, také v programu Statistica 12.

Ze série hemisférických fotografií s různým nastavením světelných podmínek byla vybrána vhodná fotografie, ta byla v nástroji pro úpravu fotografií GIMP.

upravena (kontrast a jas) a převedena do formátu černobílé fotografie, aby mohla být následně vyhodnocena programem WinSCANOPY. Výsledkem byl textový soubor s různými údaji, ten byl posléze převeden do tabulky v programu Excel, pro jednodušší orientaci a přehlednost. Z vyhodnocených údajů nás zajímaly především: *Openess* (otevřenost), *Canopy* (zápoj), *GapFraction* (mezernatost), *PPFD TotalOver* (celkové záření nad korunami porostu), *PPFD DirectUnder* (přímé záření pod korunami), *PPFD DifuseUnder* (rozptýlené záření pod korunami) a *PPFD TotalUnder* (celkové záření pod korunami). Veličina PPFD (photosynthetic photon flux density) vyjadřuje hustotu toku fotonů označovanou jako fotosynteticky aktivní složky záření. Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr za vegetační období (konec dubna – konec října) v jednotkách MJ/m²/den.

Na závěr byl z několika sledovaných parametrů sestaven komplexní graf vycházející z analýzy hlavních komponent (PCA) v programu CANOCO 5.

Hodnoty počtů umělé obnovy borovice jsou zkrusleny umístěním transektu na „linii výsadby“, aby byli tito jedinci zachyceni v měření a mohli být porovnání s přirozeným zmlazením.

5. VÝSLEDKY

5.1. Mateřský porost

Charakteristika mateřského porostu byla podrobněji popsána v předchozí práci (Myška, 2018), tato práce je více zaměřena na následný vývoj holosečně obnovovaných prvků.

V časové řadě z celkem 3 let iniciační fáze obnovy holin se počty jednotlivých dřevin více či méně měnily. V *Tabulce 1* jsou uvedeny počty reálně evidovaných jedinců ze všech tří zkoumaných ploch, jejich počet přepočítaný na 1 ha a procentuální zastoupení z celkového počtu toho roku evidovaných jedinců.

Tabulka 1 Vývoj dřevin na plochách v letech 2017 až 2019

	2017			2018			2019		
	ks evidováno	ks. ind. ha ⁻¹	%	ks evidováno	ks. ind. ha ⁻¹	%	ks evidováno	ks. ind. ha ⁻¹	%
BOU	83	22554	6,4	84	22826	24,6	90	24457	27,0
BOP	992	269565	76,6	230	62500	67,3	125	33967	37,5
BR	194	52717	15,0	17	4620	5,0	101	27446	30,3
DBZ	26	7065	2,0	11	2989	3,1	17	4620	5,2
Celkem	1295	351901	100	342	92935	100	333	91490	100

BOU = jedinci borovice z umělé obnovy

BOP = jedinci borovice z přirozeného zmlazení

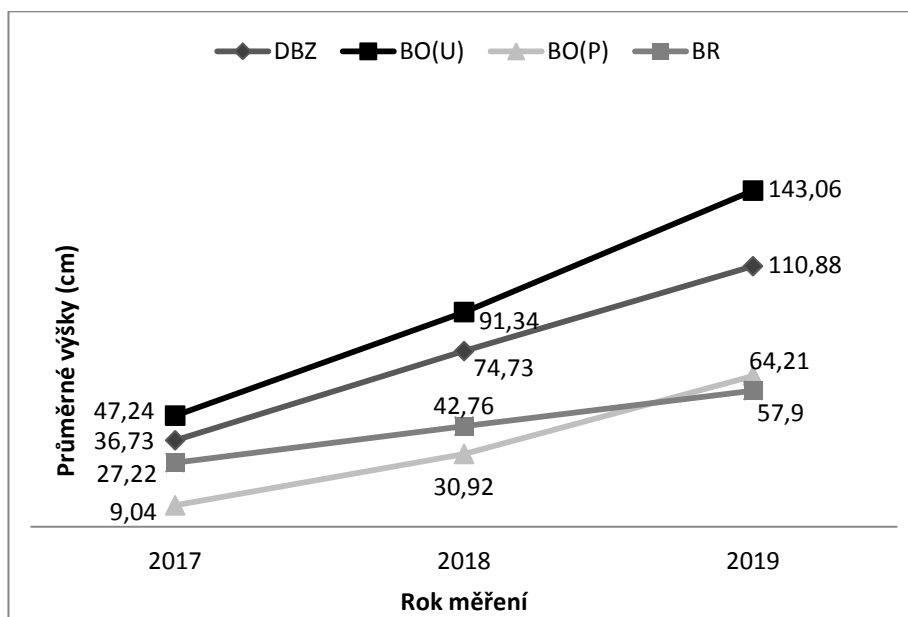
BR = jedinci zmlazení břízy

DBZ = jedinci zmlazení dubu zimního

- Uvedené hodnoty jsou počty fakticky změřených jedinců, nikoli dopočítané.

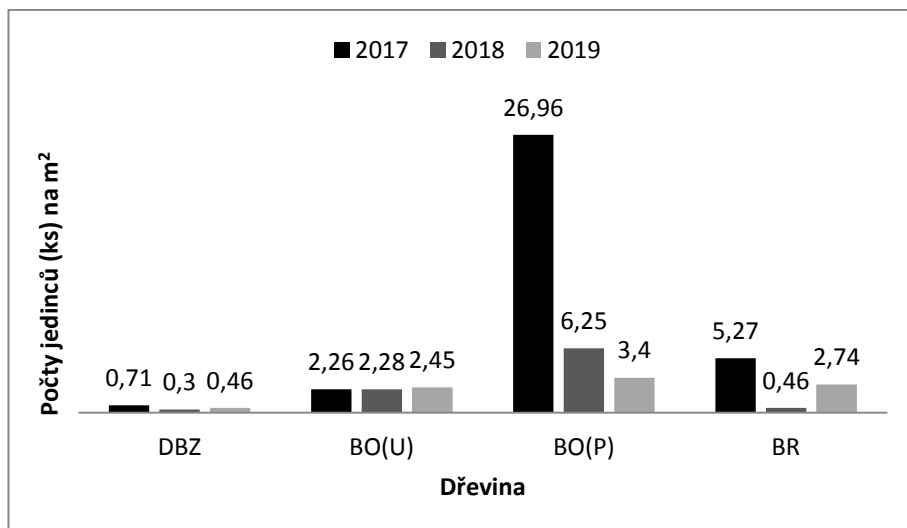
5.2. Základní porovnání dřevin

Celkově lze vývoj výšek mezi lety 2017– 2019 (Graf 2.) hodnotit jako rovnoměrný. Umělá výsadba borovice dosáhla 143,06 cm z původních 47,24 cm v roce 2017. Přirozená obnova z 9,04 cm na 64,21 cm, nálet břízy z 27,22 cm na 57,9 cm a jedinci dubu zimního vyrostli z 36,73 cm na 110,88 cm.



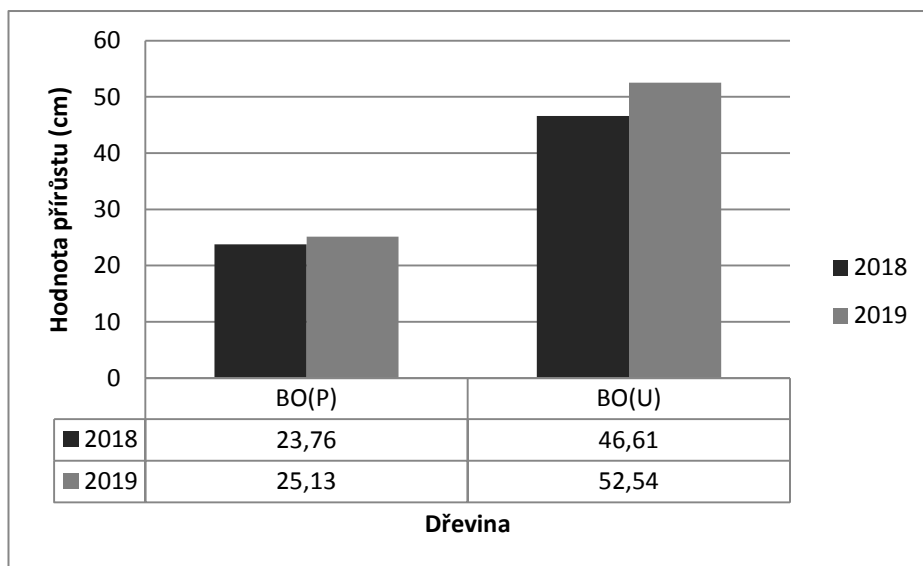
Graf 2. Vývoj průměrných výšek jednotlivých dřevin v letech

Počty jedinců jednotlivých dřevin se v průběhu (Graf 3.) měnily výrazněji. Počet umělé obnovy zůstává vyrovnaný. Naopak nejvíce znatelný vývoj prodělali jedinci přirozené obnovy borovice, z původních 26,96 ind. m⁻² v roce 2017 klesl jejich počet až na 3,4 ind. m⁻² v roce 2019. Četnost jedinců náletu břízy se v čase také velmi lišila. V roce 2017 činila 5,27 ind. m⁻², v roce 2018 pouze 0,46 ind. m⁻² a v roce 2019 opět mírný nárůst na 2,74 ind. m⁻². Početnost jedinců dubu zimního byla relativně vyrovnaná a pohybovala se v rozmezí 0,30– 0,71 ind. m⁻².



Graf 3. Vývoj počtu jedinců jednotlivých dřevin v letech

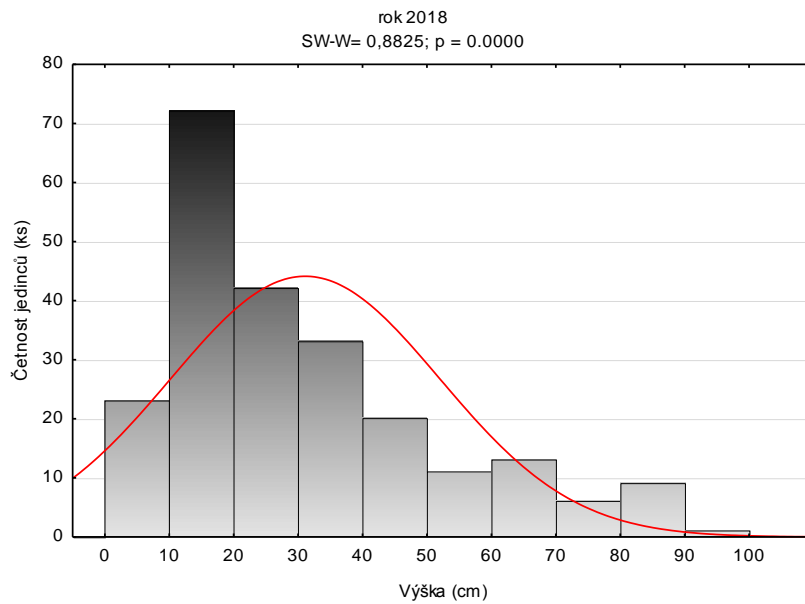
Graf 4. ukazuje relativní vyrovnanost přírůstu pro rok 2018 a 2019. Pro přirozenou obnovu činil 23,76 až 25,13 cm za rok. Jedinci z umělé obnovy měli mírně vyšší rozdíl mezi průměrnými ročními přírůsty, a to 46,61 cm pro rok 2018 a 52,54 cm pro rok 2019.



Graf 4. Porovnání průměrného ročního přírůstu pro přirozenou a umělou obnovu

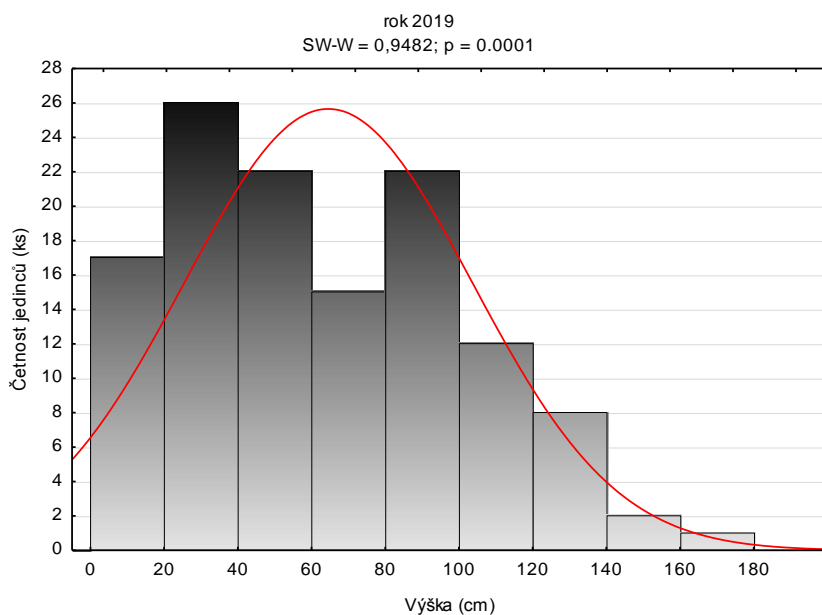
5.3. Vývoj rozložení výšek

Hypotézu normálního rozdělení výšek přirozeného zmlazení borovice v roce 2018 lze zamítnout. Nejvíce jedinců se nacházelo v intervalu výšek od 10 do 20 cm (*Graf 5.*).



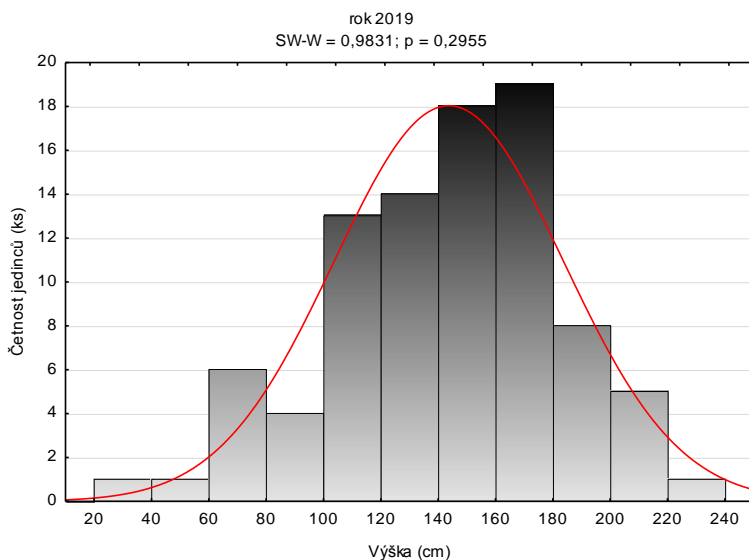
Graf 5. Histogram výšek přirozeného zmlazení r. 2018

Rovněž lze zamítnout hypotézu normálního rozdělení i u histogramu výšek borového zmlazení v roce 2019. Třída s nejvyšší četností byla 20–40 cm. Rozdíl od ostatních skupin však nebyl tak velký, jako v předchozím roce (*Graf 6.*).



Graf 6. Histogram výšek přirozeného zmlazení r. 2019

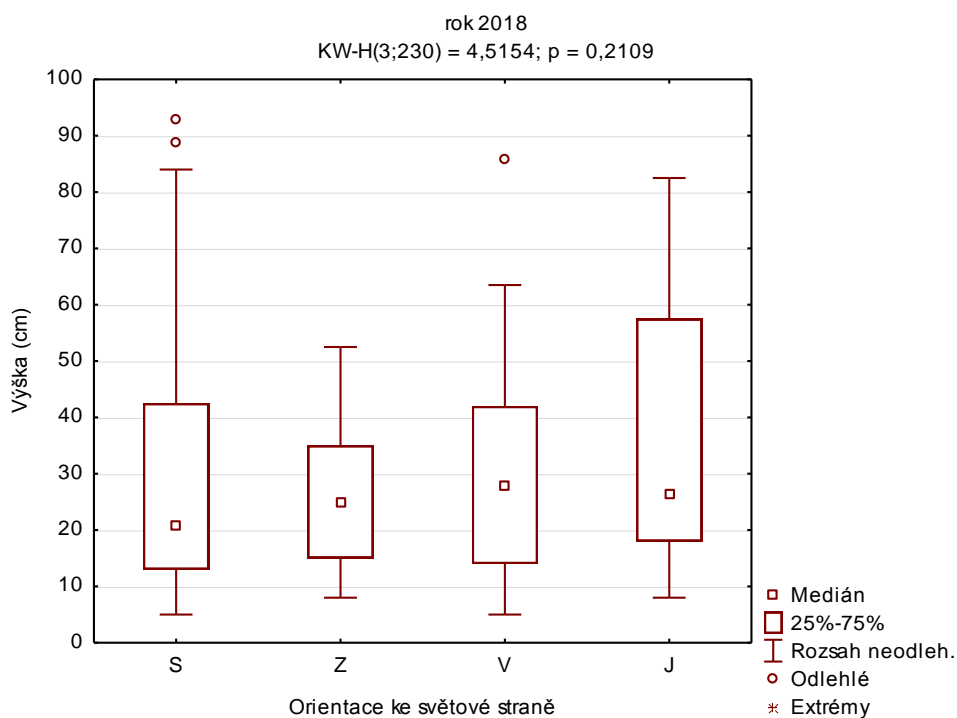
Na rozdíl od přirozeného zmlazení borovice lze rozdělení výšek u umělé obnovy borovice v roce 2019 označit za normální (Graf 7.). Nejvíce jedinců bylo zaznamenáno právě ve dvou skupinách výšek mezi 140–180 cm. Nejmenší jedinci však dosahovali výšky pouze 20 cm, naopak nejvyšší přes 220 cm.



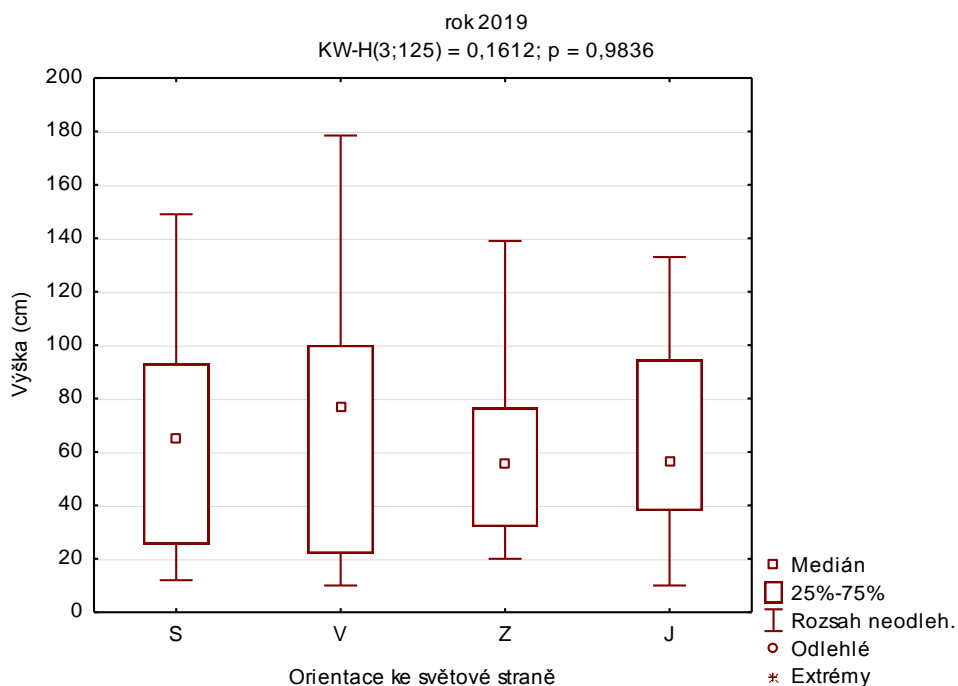
Graf 7. Histogram výšek umělé obnovy r. 2019

5.4. Orientace ke světovým stranám

Preference světové strany (okraje porostu), hodnocené na základě výšky jedinců, se u náletu borovice neprokázala v roce 2018 ani v roce 2019. V roce 2018 se střední hodnota (medián) všech 4 orientací (S – sever, J – jih, V – východ, Z – západ) pohyboval v rozmezí 10 cm výšky, od 20 do 30 cm (*Graf 8.*). V roce 2019 se tato střední hodnota pohybovala v rozmezí 55–80 cm (*Graf 9.*), tudíž lze konstatovat, že ani zde se neprojevila preference některého z okrajů. Z *Grafu 9.* je patrný vyšší rozsah hodnot, kde u východního okraje dosahuje až 180 cm, oproti ostatním třem alternativám, jenž dosahují maximálně k 150 cm výšky.

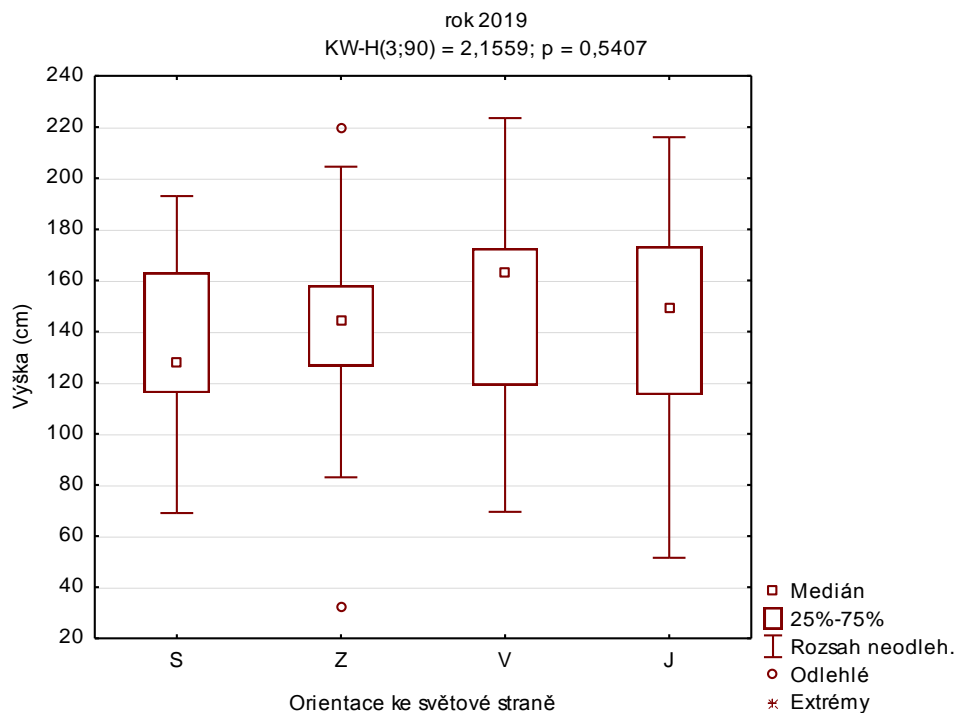


Graf 8. Vztah výšky náletu borovice a světové orientace okraje v roce 2018



Graf 9. Vztah výšky náletu borovice a světové orientace okraje v roce 2019

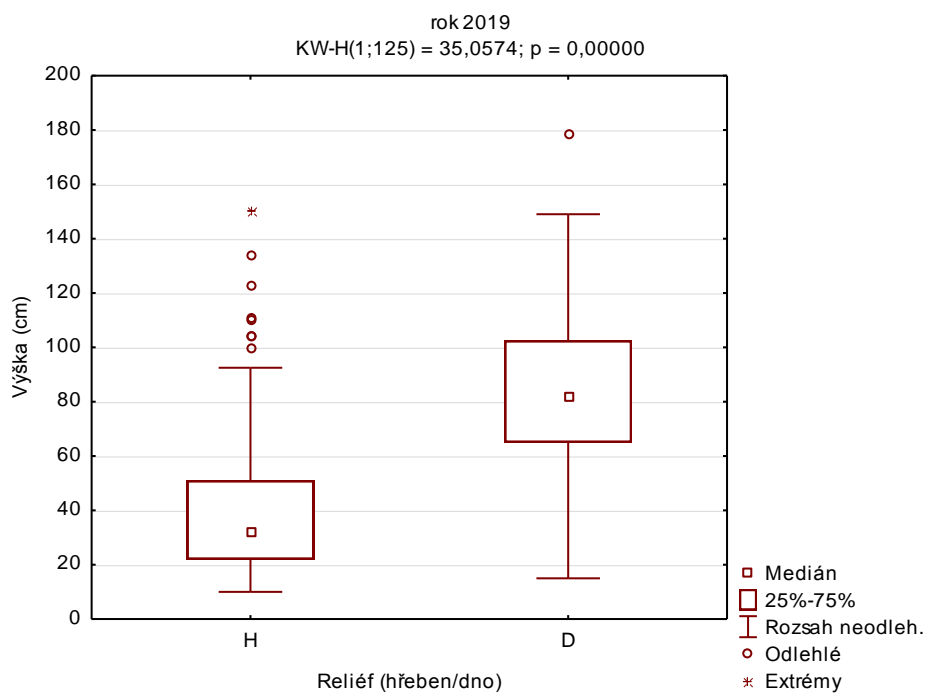
Ani výšky jedinců z umělé výsadby nevykazovaly statisticky významný rozdíl mezi světovými stranami. Jejich medián výšek se v roce 2019 nacházel mezi 125 a 150 cm. Mírná preference je vidět ve vztahu k východnímu okraji, kde medián přesáhl hodnotu 160 cm a zároveň je zde i nejvyšší rozsah hodnot (Graf 10.) Výsledky však nejsou statisticky významné.



Graf 10. Vztah výšky výsadby borovice a světové orientace okraje v roce 2019

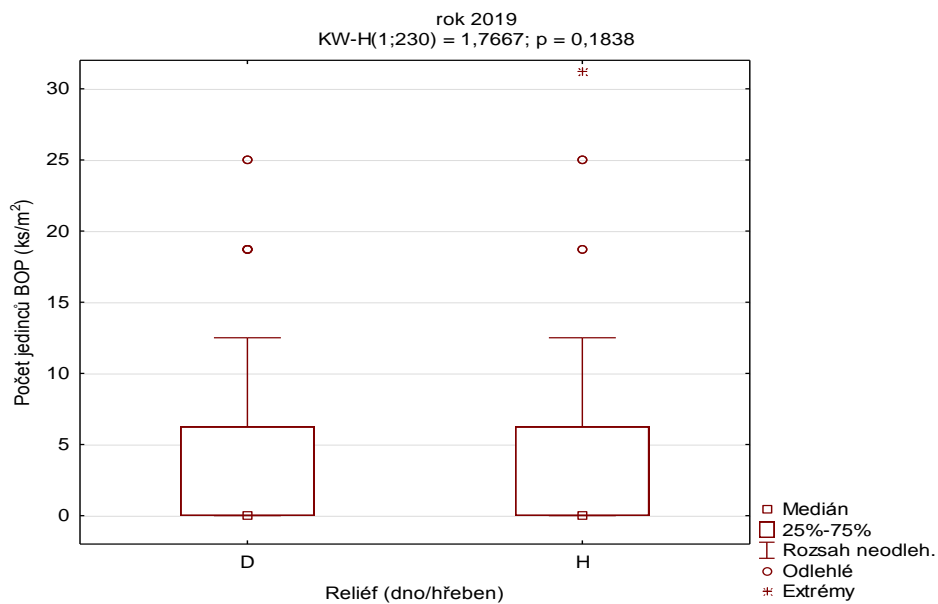
5.5. Vliv mikrostanoviště

Jasnou preferenci vykazuje přirozené zmlazení ve vztahu k mikrostanovišti (Graf 11.). Jedinci rostoucí na dně brázdy (D) dosahovali až násobně větších výšek. Zde dosahoval medián výšky 81,5 cm, oproti tomu na hřebenu brázdy (H) byl medián pouze 32,25 cm. Výsledek Mann-Whitneyova neparametrického U testu zde není statisticky významný.



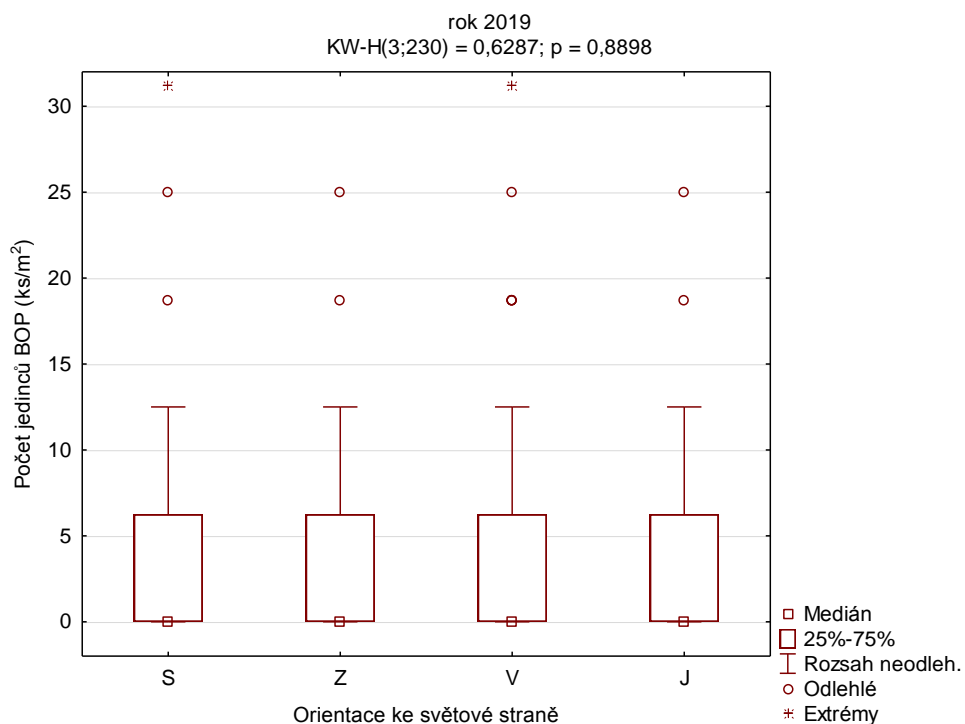
Graf 11. Vztah výšky nalétnutých semenáčků a mikrostanoviště (H - hřeben brázdy; D - dno brázdy)

Na většině evidovaných plošek se nenacházel žádný jedinec přirozené obnovy borovice (Graf 12.), pokud však ano, nebyly u něj zjištěny rozdíly v hodnotách mezi hřebenem (H) a dnem brázdy (D). Na obou typech reliéfu se zmlazení vyskytovalo stejnou měrou.



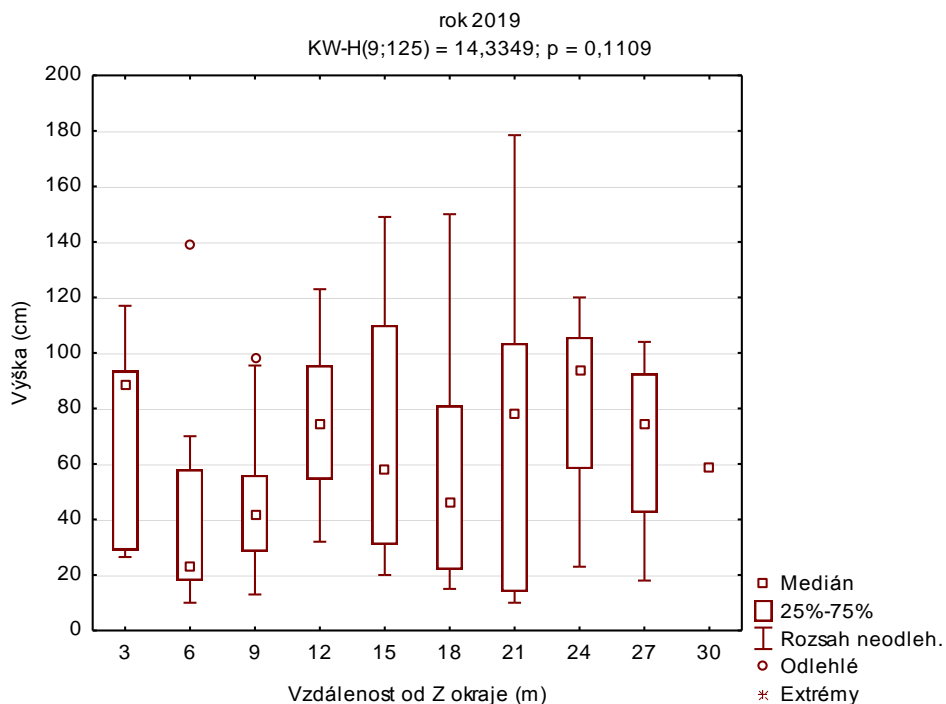
Graf 12. Vztah počtu jedinců borového zmlazení a reliéfu stanoviště

Ačkoli se borové zmlazení objevilo jen na několika ploškách, ani orientace ke světové straně neměla vliv na počet jedinců (Graf 13.). Na všech světových stranách holosečných prvků se zmlazení nacházelo ve stejných počtech.



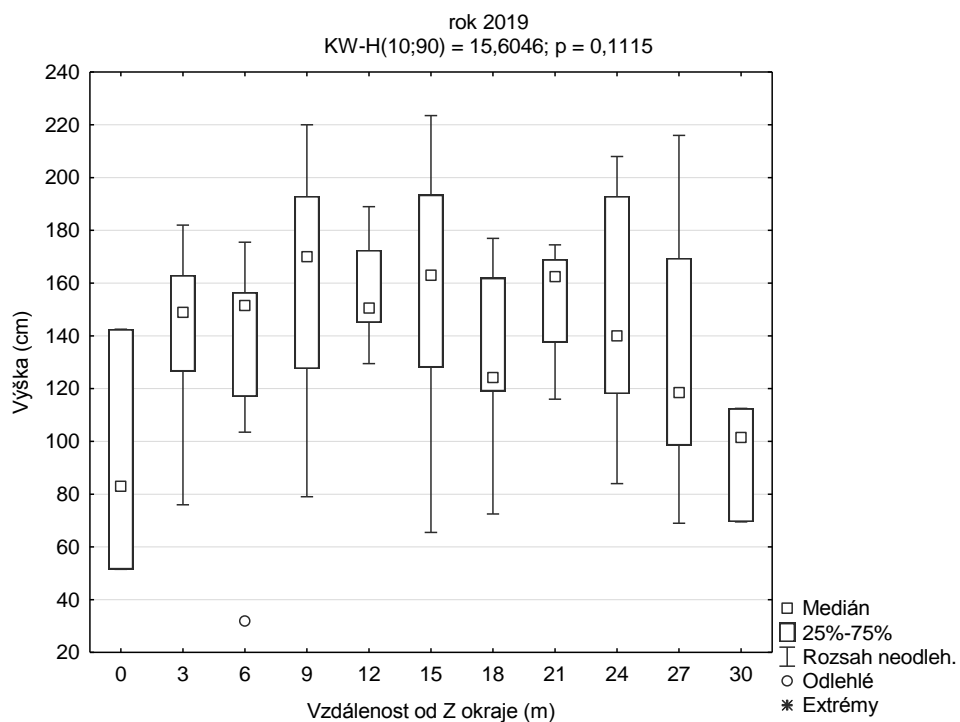
Graf 13. Vztah počtu náletu borovice a orientace ke světové straně

Graf 14. ukazuje vztah mezi výškou přirozeně zmlazených jedinců borovice a vzdáleností od západního okraje. Graf neodhaluje žádnou viditelnou preferenci, výsledky jsou statisticky nevýznamné. Dle nejvyšší hodnoty mediánu (93,75 cm) a největšího rozsahu (až 178,5 cm) však lze říci, že nejlépe odrůstají jedinci ve vzdálenosti kolem 21–24 metrů od západního okraje, tedy spíše ve východní části nárostu.



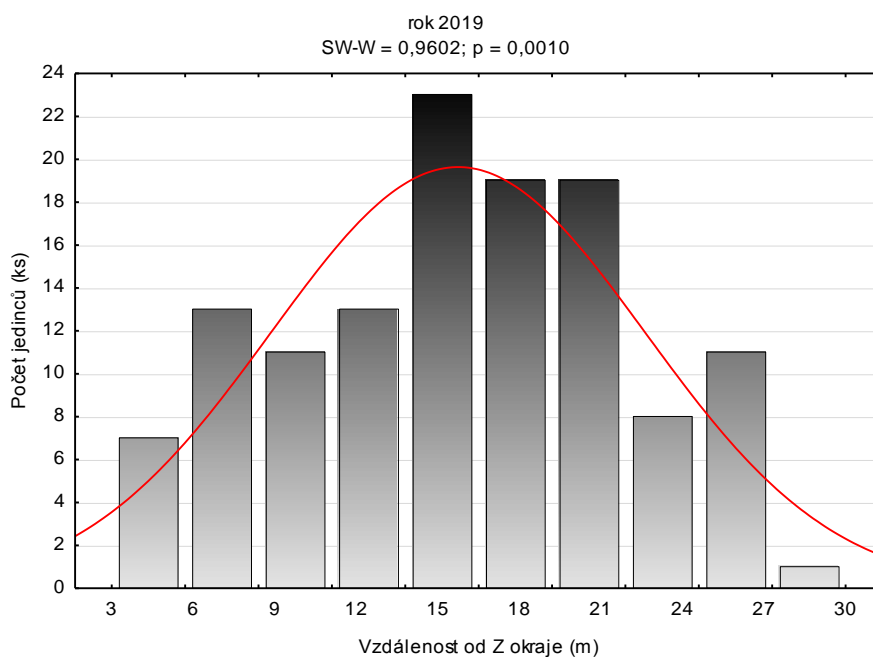
Graf 14. Vztah výšky náletu borovice a vzdálenosti od západního okraje, rok 2019

Stejný graf pro umělou obnovu borovice (*Graf 15.*) také nevykazuje žádnou výraznou preferenci vzdálenosti od okraje (pozice na obnovním prvku) vzhledem k výšce jedinců, výsledky jsou statisticky nevýznamné. Zřejmé ale je, že v okrajích plochy, přímo pod projekcí korun mateřského porostu, jsou jedinci výrazně menší. Medián výšek na 15 m (střed transektu) je 163,0 cm, zatímco na 0 m (západní okraj) je pouhých 83,0 cm, naopak na 30 m (východní okraj) pak 101,5 cm.



Graf 15. Vztah výšky zalesněné borovice a vzdálenosti od západního okraje, rok 2019

Četností lze však celkem jasně říci, že zmlazení borovice preferuje střed plochy. Jedinci ve vzdálenosti 15– 21 m od západního okraje totiž představují 49 % z počtu (Graf 16.) všech zaevidovaných jedinců přirozeného zmlazení na plochách.



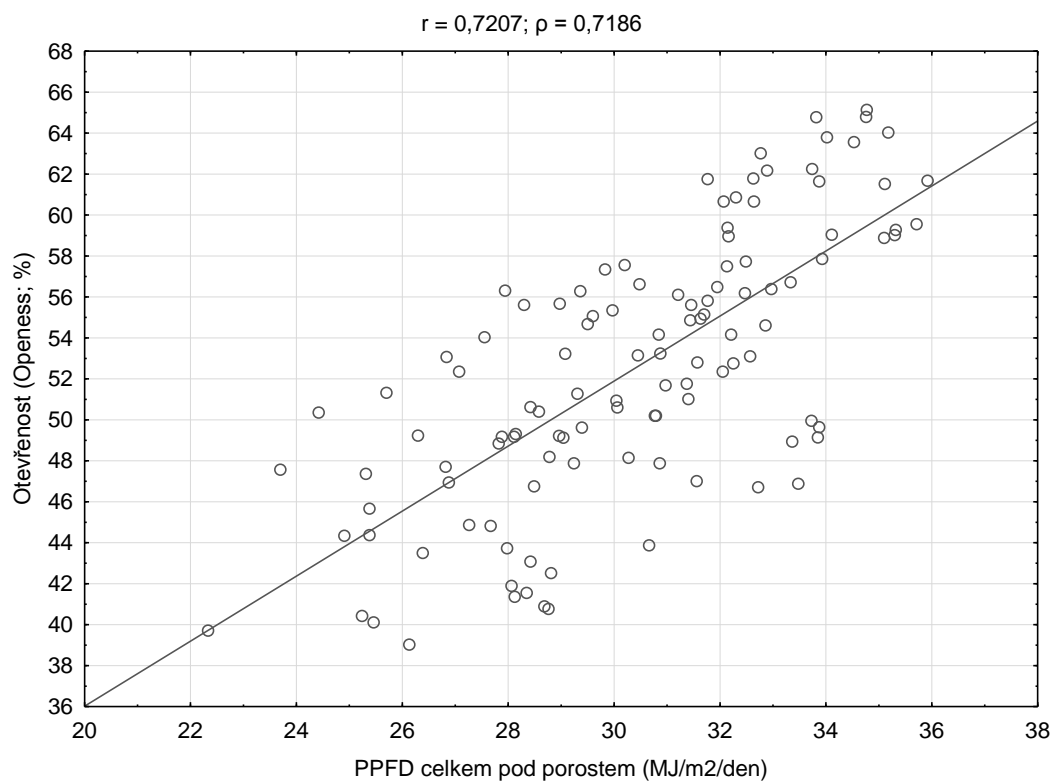
Graf 16. Počty nalétnutých semenáčků borovice (ks) v závislosti na pozici v holosečném prvku obnovy (0 – západní okraj; 30 – východní kraj)

Pokryvnost mikrostanoviště plošek jinými rostlinami nebyla vyhodnocována z důvodu již odrůstajících stromů. Vliv jiných rostlin byl výrazný v iniciační fázi obnovy (Myška, 2018). V současném stavu se však vyskytují z pravidla dvě varianty pokryvu. První variantou je skutečnost, že se na plošce nachází odrostlejší jedinec dřevinné skladby a vyplňuje ji celou nebo alespoň téměř celou. Druhá varianta spočívá v tom, že plošku zcela vyplňuje jiný typ pokryvu než dřevina (jiná rostlina, půda). Vzájemná interakce mezi dřevinou a jiným typem pokryvu je pak vysloveně vzácná a nedosahuje relevantní úrovně pro vyhodnocení.

5.6. Vztah ke světelným podmínkám

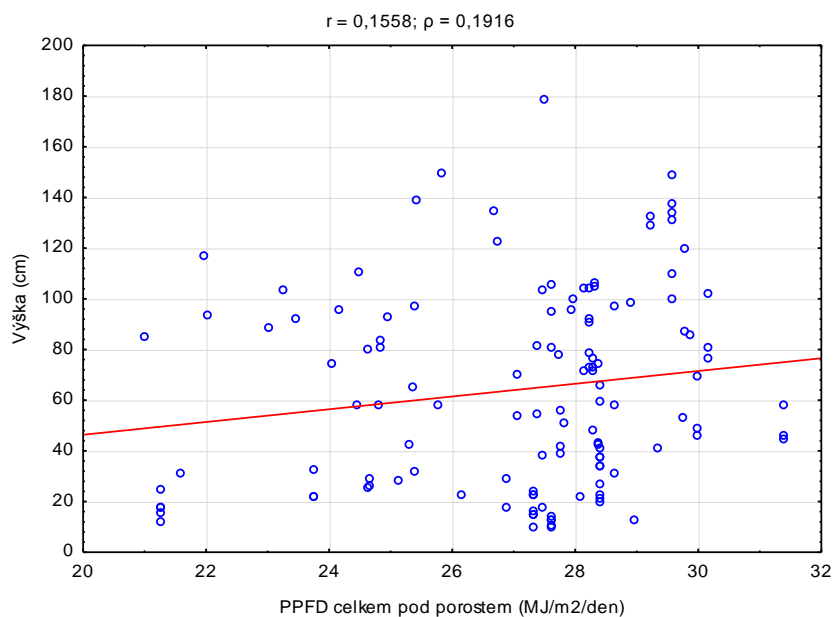
Korelace celkového množství dopadajícího světla pod koruny porostu (PPFD Total Under) a otevřenosti porostu (Openess) je statisticky průkazná (Graf 17.), a to dokonce až na hladině $\alpha = 0,001$. Spearmanův korelační koeficient

($\rho=0,7186$) kritickou hodnotu (0,326) také výrazně překročil, tím výsledek testu potvrdil.



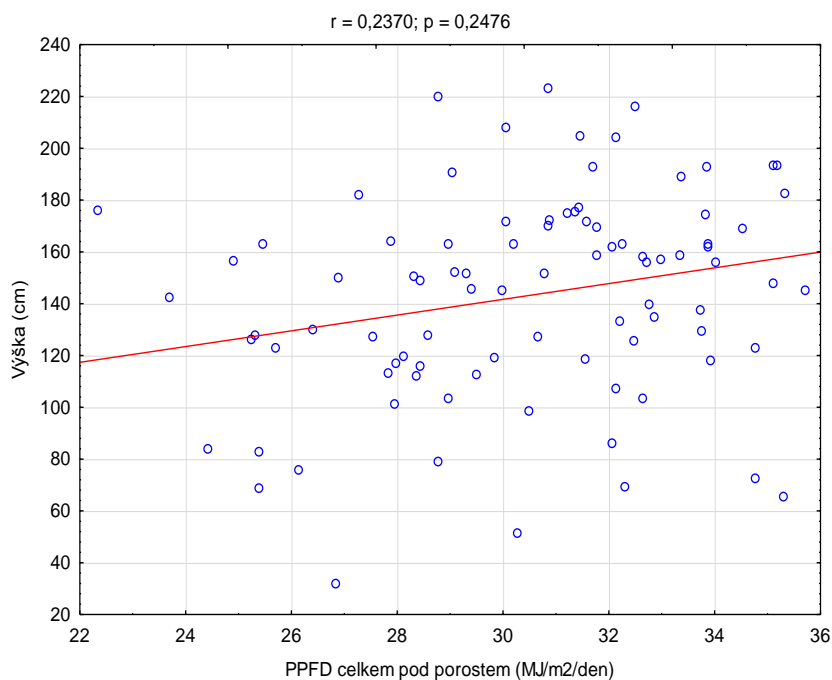
Graf 17. Korelace množství dopadajícího světla a otevřenosti porostu

Spearmanův korelační koeficient nabyl statisticky významné hodnoty (na hladině $\alpha = 0,05$), ($\rho = 0,1916$) a prokázal tak alespoň částečnou závislost výšky náletu na množství dopadajícího světla (Graf 18.). Porovnání dopadajícího množství světla (PPFD total under) a přírůstu je velmi podobné a hodnota Spearmanova koeficientu zde činí 0,2278. Konstatujeme tedy významný vztah mezi těmito dvěma proměnnými.



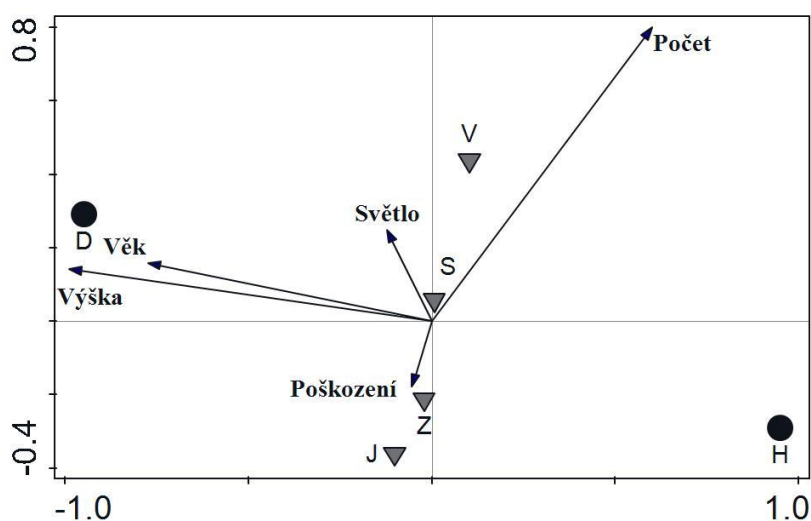
Graf 18. Korelace výšky borového zmlazení a množství dopadajícího světla

Jako u přirozené obnovy v *Grafu 18.*, i zde u obnovy umělé (*Graf 19*), se projevil vliv množství dopadajícího světla (PPFD total under) na přírůst i celkovou výšku jedinců. Kritická hodnota (pro $\alpha = 0,05$) zde činí 0,205. Tuto kritickou hodnotu přesáhl korelační koeficient u vlivu na přírůst ($\rho = 0,2733$) i aktuální výšku ($\rho = 0,2476$).



Graf 19. Korelace výšky umělé obnovy borovice a množství dopadajícího světla

Graf 20. z PCA analýzy (program Canoco 5) ukazuje několik sledovaných parametrů najednou. Vyplývá z něj například, že nejvyšší počet jedinců se nacházel spíše u severního a východního okraje ploch, přitom nejvíce světla dopadalo na severní stranu ploch. Nejvyšší a nejstarší jedinci se nacházeli výhradně na dně brázd. Poškození zvěří se objevilo na jižní a západní straně ploch.



Graf 20. Graf z PCA analýzy vyhodnocující více parametrů

Tabulky 2. a 3. zobrazují korelační koeficienty pro některé hlavní sledované proměnné. Z vyznačených koeficientů je zřejmé, že množství dopadajícího světla (všech druhů) má mnohem výraznější vliv na umělou obnovu (BO-U) než právě na obnovu přirozenou (BO-P).

Tabulka 2. Korelační koeficienty vybraných proměnných pro přirozenou obnovu borovice

Proměnná	Korelace BO-P							
	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$							
N = 125 (Celé případy vynechány u ChD)								
	Průměry	Sm. Odchylka	Výška (cm)	Přírůst (cm)	Otevřenost (%)	Přímé (MJ/m ² /den)	Rozptýlené (MJ/m ² /den)	Celkové (MJ/m ² /den)
Výška (cm)	64,21200	38,87720	1,000000	0,910753	0,033432	0,147469	-0,030748	0,128894
Přírůst (cm)	25,12800	15,05031	0,910753	1,000000	0,128285	0,192712	0,073397	0,183111
Otevřenost (%)	53,79280	6,97312	0,033432	0,128285	1,000000	0,647096	0,933598	0,703516
Přímé (MJ/m ² /den)	27,06736	2,43641	0,147469	0,192712	0,647096	1,000000	0,736789	0,996196
Rozptýlené (MJ/m ² /den)	4,10384	0,34684	0,030748	0,073397	0,933598	0,736789	1,000000	0,792888
Celkové (MJ/m ² /den)	31,17152	2,70214	0,128894	0,183111	0,703516	0,996196	0,792888	1,000000

Tabulka 3. Korelační koeficienty vybraných proměnných pro umělou obnovu borovice

Proměnná	Korelace BO-U							
	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$							
N = 90 (Celé případy vynechány u ChD)								
	Průměry	Sm. Odchylka	Výška (cm)	Přírůst (cm)	Otevřenost (%)	Přímé (MJ/m ² /den)	Rozptýlené (MJ/m ² /den)	Celkové (MJ/m ² /den)
Výška (cm)	143,06110	39,81840	1,000000	0,895285	0,146563	0,228281	0,262580	0,237016
Přírůst (cm)	52,53890	18,80148	0,895285	1,000000	0,119877	0,249916	0,283131	0,258892
Otevřenost (%)	52,85870	6,71655	0,146563	0,119877	1,000000	0,692002	0,907472	0,732053
Přímé (MJ/m ² /den)	26,44460	2,78826	0,228281	0,249916	0,692002	1,000000	0,816144	0,997516
Rozptýlené (MJ/m ² /den)	4,01330	0,37729	0,262580	0,283131	0,907472	0,816144	1,000000	0,854805
Celkové (MJ/m ² /den)	30,45780	3,10423	0,237016	0,258892	0,732053	0,997516	0,854805	1,000000

5.7. Vliv zvěře

Vliv zvěře lze v daných podmínkách považovat za zcela marginální. V roce 2018 byly poškozeny pouze 3 borovice z přirozeného zmlazení a v roce 2019 k nim přibýlo 8 jedinců uměle vysazených borovic. Celkem tak bylo různými způsoby, které v naprosté většině neohrožovaly životaschopnost jedince, poškozeno 11 z celkem 344 evidovaných jedinců.

6. DISKUZE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit výskyt a kvalitu jedinců přirozené obnovy borovice lesní a jiných přimíšených dřevin na holé seči v závislosti na orientaci a vzdálenosti porostní stěny, charakteru mikrostanoviště po velkoplošné přípravě půdy a světelných podmínkách. Současně s přirozeně zmlazenými dřevinami byla vyhodnocována i umělá výsadba borovice lesní a porovnána právě s přirozeným náletem. Zejména se jednalo o zhodnocení vlivu pozice v pruhové holé seči, konkurence přízemní vegetace a charakter pokryvu půdy po provedené orbě za účelem přípravy půdy. Na základě získaných poznatků je závěrečným cílem práce formulovat základní doporučení pro obnovu borových porostů na obdobných typech stanovišť.

Obnovní prvky typu úzké holé seče byly vytvořeny v zimním období mezi roky 2015 a 2016. Na jaře roku 2016 byly po celoplošné přípravě půdy zalesněny borovicí lesní. Oproti iniciační fázi, kdy tato umělá výsadba neměla výrazný vliv na výzkum, v této fázi téměř zajištěné kultury již můžeme pozorovat silný konkurenční vliv na přirozené zmlazení. Masivní přirozené zmlazení se zde objevilo především v roce 2017, jeho iniciační fáze zahrnující i vliv ostatních rostlin, byla vyhodnocena v předchozí práci (Myška, 2018). V následujících letech se zde objevovalo zmlazení borovice každoročně, avšak ve výrazně menší míře.

Výzkumné plochy použité pro tuto práci, byly rovněž ustanoveny již pro předchozí práci a stejně jako v jejím případě, ani v této práci se nijak neprojevily mírné odlišnosti v typologické charakteristice ani na celkovém charakteru vegetace.

Ve sbíraných datech byl také zaznamenáván okus zvěří, který opět klasifikujeme jako okrajový problém bez výrazného vlivu na odrůstání jedinců všech druhů dřevinného patra. Podíl poškozených jedinců z celkového souboru dosáhl 3 %.

Z původního počtu semenáčků v roce 2017, jenž dosahoval téměř 27 ind. m⁻² borovice lesní, klesl tento počet v roce 2018 na 6,3 ind. m⁻² a v roce 2019 činil již pouze 3,4 ind. m⁻². I tento výrazně nižší počet je však téměř čtyřnásobným oproti minimálnímu počtu pro umělou výsadbu.

Bílek a kol. (2018) z dlouhodobých šetření uvádí v podmínkách ČR průměrné počty přirozené obnovy v rozpětí 5 000 až 20 000 ind. ha⁻¹, ačkoli pro maloplošný clonný způsob obnovy. V podmínkách severního Finska uvádí Hallikainen a kol. (2019) průměrný počet borových semenáčků na 22 tisíc ind. ha⁻¹, v maloplošných kruhových sečích o průměru 80 m. Hytönen a kol. (2019) v jiné studii na území Finska uvádí hektarové počty až 51 000 ind. ha⁻¹, a to na plochách s nízkým množstvím rašeliny na povrchu, ačkoli zde se jedná o počet všech sledovaných druhů dřevin. V našem případě po čtyřech vegetačních obdobích hektarový počet přirozeného zmlazení činil průměrně 34 000 ind. ha⁻¹, avšak právě na holosečném obnovním prvku. To v případě této studie znamenalo cca 38 % všech zaevidovaných jedinců. Druhou nejzastoupenější dřevinou byla bříza (30,3 %), poté umělá výsadba borovice (27 %) a poslední dub s přibližně pěti procenty. Podíly všech uvedených dřevin se ve sledovaných letech však výrazně měnily, viz *Tabulka 1*. Poleno a kol. (2009) hodnotí schopnost přirozené obnovy borovice v prvním LVS také jako dobrou v porovnání s vyššími LVS. Předpoklad předchozí práce (Myška, 2018), že „*Extrémní světlomilnost borovice, která pomáhá jejímu silnému zmlazování na holině, však může být i příčinou její vyšší redukce během odrůstání při stinném jižním okraji či pod zástinem předrůstající břízy*“ se v tomto případě potvrdil. Hlavním důvodem však nebylo zmlazení břízy, to bylo v sezóně 2018 výrazně zredukováno pomocí křovinořezu, ale výše zmíněná konkurence umělé obnovy borovice. Z původních 5,3 ind. m⁻² v roce 2017 tak byl počet snížen až na 0,5 ind. m⁻² v roce 2018. V roce 2019 sice počet opět vrostl na 2,7 ind. m⁻², ti však již byli výrazně menšího vzrůstu a přirozené zmlazení borovice nikterak neomezovali ve vývinu. Průměrná výška jedinců břízy sice dosahovala 57,9 cm, výrazně vyšší jedinci se však většinou nacházeli na holých místech, která neobsadila borovice a nebyl tak důvod je při zmíněném vyžínání v roce 2018 odstranit. I z výše zmíněného

důvodu by nebylo účelné se hlouběji zabývat právě zmlazením a vývojem břízy, takto výrazný zásah člověka by měl na výsledky značný negativní vliv.

Jedinci borovice z přirozené obnovy navíc dosahovali průměrné výšky 64,2 cm, to lze považovat za již dostatečnou výšku, aby nebyli případně utlačováni břízou. De Chantal a kol. (2003) uvádějí nejvyšší jedince přirozeného zmlazení borovice v severozápadní části seče, v našem případě se v roce 2018 ani 2019 neprojevila výrazná preference okraje ve vztahu k výšce jedinců. Zde se tedy výsledky této práce neprotínají ani s výsledky studie ze severního Polska (Sewerniak, 2016), kde autor uvádí vyšší a silnější jedince zmlazení a jejich vyšší hustotu na svazích se severní expozicí. Naopak přítomnost vyšších jedinců uměle vysazených konstatuje s ohledem na jižně orientované plochy.

Hodnoty výšek přirozené obnovy v této studii jsou tvořeny různě starými jedinci převážně od 1 do 3 let, proto výšky nabývají hodnot 20–220 cm. Při vysoké hustotě jsou navíc menší jedinci potlačeni silnějšími. Naopak jedinci umělé obnovy mají stejné stáří – 4 roky, vhodný spon navíc zajišťuje, že každý jedinec má dostatek růstového prostoru a není nijak utlačován sousedním jedincem. Již ve fázi mlaziny však i při dosud dostatečném rozestupu jedinců začne docházet k prořezávání vlivem konkurence o růstový prostor a porost se začne rozčleňovat na výškové vrstvy (Nárovcová, Nárovec, 2013).

Inklinace ke světové straně se u borového zmlazení nikterak neprojevila, zmlazení se objevovalo stejnou měrou na všech ploškách bez upřednostňování některé světové strany. Tím byly potvrzeny závěry Peřiny a kol. (1964), že borovice se zmlazuje velmi dobře ze všech světových stran bez preference k některé z nich. Ke stejnému závěru dospěl i Fiedler (2020) ve své závěrečné práci, stanovištními podmínkami velmi podobné této. Dle jeho studie není výška ani četnost borového zmlazení nikterak závislá na orientaci ke světové straně.

Přesnější hodnoty zjištění hektarových počtů bylo dosaženo změřením sponu výsadby, ten činil 140x80 cm, tedy zhruba 9 000 ind. ha⁻¹, což je pro daný HS 23 minimální počet. Výška borové výsadby byla po čtyřech vegetačních sezónách průměrně 143,1 cm. Pro porovnání Fiedler (2020) uvádí průměrnou výšku uměle

vysazených borovic, na HS 13, zhruba 80 cm po třech vegetačních obdobích. V předkládané studii byla tato hodnota za stejnou dobu (tedy v roce 2018 – po třech vegetačních obdobích) cca 91 cm.

Z výraznějšího rozdílu výšek přirozené a umělé obnovy tak plyne i zřejmý fakt, že vyšší jedinci z výsadby jsou více ovlivněni množstvím dopadajícího světla, což vyplývá i z *Tabulky 2. a 3.*, kde je korelace mezi světlem a výškou, respektive přírůstem, výraznější právě u jedinců z umělé výsadby. Přirozené zmlazení je tak částečně zastíněno a postupně ztrácí vitalitu v konkurenčním boji o světlo.

Z PCA analýzy provedené v programu Canoco 5 vyplývá, že nejvíce světla dopadá na severní straně holiny. Ve výsledku z toho však nevyplývá skutečnost, že by se na severní straně nacházeli nejvyšší jedinci. Ti se nacházeli zhruba uprostřed holin. Bodový *Graf 16.* ukázal očekávanou korelaci mezi otevřeností porostu a množstvím do něj dopadajícího množství světla. K obdobným výsledkům opět dospěl i Fiedler (2020), kdy uvádí největší množství fotosynteticky aktivního záření na severní straně a na středu holin.

Následná výchova zde nakonec nemusí být tolik náročná, jak bylo uvažováno v předchozí práci (Myška, 2018), kde bylo počítáno s přirozenou obnovou o zhruba 270 000 ind. ha⁻¹. Jednak současné počty již dosahují jen cca 34 000 ind. ha⁻¹, ale především již víme, že jen malá část vyklíčených semenáčků má šanci opravdu odrůstat z důvodu silné konkurence vyspělejších jedinců. Zde se tak lze spolehnout na autoredukci, alespoň s ohledem na hustoty jedinců. Přirozená redukce počtu semenáčků je zde tedy velmi výrazná a po třech letech sledování dosahuje hodnoty 87,4 %. Tuto hodnotu potvrzuje i Tesař a kol. (1996) kdy uvádí rozsah přirozeného prořezávání mezi 80 a 99 %. Netvární jedinci v úrovni budou muset být odstraněni hospodářským zásahem. Optimální hustotu uvádí Slodičák a Dušek (2013) ve výchovných modelech na 5 500 ind. ha⁻¹. I navzdory tomu, že tato hodnota intenzity zásahu je již příznivější, je vhodné jej provést schematicky v kombinaci s individuálním negativním výběrem pro odstranění netvárných jedinců. Podúroveň zde nemá výchovnou funkci jako u jiných dřevin a kvůli zhoršeným, především světelným, podmínkám rychle odumírá. Jedinou

cestou jak dosáhnout kvalitních borových kmenů je držení hustého zápoje a všechny další výchovné zásahy jsou směřovány do podúrovně (Slodičák a kol., 2008).

Celoplošná příprava půdy se i nadále jeví jako velmi přínosná, a to zejména pro přirozené zmlazení borovice, jejíž semena pro klíčení vyžadují kontakt s minerální půdou, čehož je právě naoráním plochy dosaženo (Peřina a kol., 1964; Nilsson a kol., 2002; Barbeito a kol., 2011; Celma a kol., 2019). Vyplývá to zejména z preference dna brázdy oproti hřebeni. To potvrzují studie Santiago a kol. (2001) ze severního Španělska i Ackzell (1993) svou prací ze Švédska, kde prokázali přímý vztah mezi hustotou zmlazení a přípravou stanoviště. Tato práce neprokázala signifikantní rozdíl mezi dnem a hřebenem brázdy, co se týče počtu přirozeného zmlazení, prokázala však pozitivní vztah mezi dnem brázdy a výškou jedinců přirozené obnovy. Obdobná práce (Fiedler, 2020) prezentuje přesně opačné výsledky, tedy pozitivní vztah mezi počtem semenáčků a dnem brázdy a naopak indiferentní vztah výšky přirozeného zmlazení k reliéfu stanoviště.

I další predikce z předchozí práce (Myška, 2018): *„Pokud se rozhodneme právě pro přirozenou obnovu borovice po celoplošné přípravě půdy, je nutné počítat se zvýšeným rizikem zabuřnění v pozdějších letech. To hrozí především na stanovištích s vyšší trofností, jak bylo v případě této studie. Téměř pro každý druh buřeně se projevila vázanost k jednomu světovému okraji. Pro mech to byl severní okraj, pro šťovík západní a pro třtinu spíše jižní okraj holiny“* se v této práci potvrdila. Ačkoli již jednotlivé druhy buřeně nebyly individuálně vyhodnocovány, přesto byly zejména travní druhy, na nevyžnutých místech, zřetelné a velmi vitální, kdy dosahovaly až do výšky přirozeného zmlazení borovice. Lze tak říci, že kdyby se zde ožínání neprovádělo, pravděpodobně by celková obnova porostu (přirozená i umělá) byla ve značně horší kondici. Ulbrichová a kol. (2017) v podmínkách hospodářského souboru 13 sice uvádí, že ani pět let po provedení těžby a následující orbě stanoviště není přízemní vegetace nikterak omezujícím faktorem pro přirozené zmlazení, zde na HS 23 však jsou však poměrně odlišné podmínky a bez odstranění buřeně by s ohledem na živnost stanoviště byli jedinci obnovy buřeni velmi omezeni.

Dle nové vyhlášky č. 298/2018 Sb. je minimální podíl MZD na HS 23 stanoven na 45–50%, kdy právě dub je pro smíšení s borovicí ideální dřevinou. Na některých zkoumaných a přilehlých plochách v okolí byly v minulosti vytvořeny předsunutě dubové kotlíky o výšce 2–6 m. Odchýlíme-li se od vysloveně pozitivních melioračních funkcí dubu, vzhledem k podobným požadavkům borovice a dubu nelze tyto kotlíky tvořené výrazně vyššími jedinci, považovat za příliš vhodné. Konkrétní poznatky o tomto vztahu však bude možné jasně vyvodit až v dalších letech, kdy borová kultura doroste do úrovně dubových kotlíků. Evidovaní duboví jedinci pocházeli zejména z výmladků, s těmi sice nelze počítat jako s cílovými jedinci do mýtného porostu, lze však očekávat, že výchovnou roli spodní etáže budou plnit velmi dobře. K tomuto závěru dospěla i studie Pretzsch a kol. (2020), která se zabývala vztahem borovice lesní a dubu napříč téměř celou Evropou. Tuto kombinaci hodnotí jako pravděpodobně dobře odolnou klimatické změně a přesto stále produktivní. Celkový pokles produktivity ve směsi borovice–dub je menší než u směsi smrk–buk, v porovnání s jejich monokulturními porosty.

Duby tak bude nutné upřednostnit ve výběru a postupně uvolňovat, aby byl naplněn podíl MZD. V této rané fázi je však vhodné je ponechat v hustějším zápoji, aby vytvořili kvalitní přímé kmeny bez košatění. Peřina a kol. (1964) uvádí v této fázi tlumení vývoje výmladků jako důležitý krok. V pozdější fázi ale doporučuje jejich ponechání právě z hlediska výchovné funkce pro horní etáž. K využití přirozené obnovy dubů se však přistupuje jen zřídka, kvůli její obtížnosti, jak z důvodu celkové náchylnosti zmlazení, tak kvůli vysokým stavům zejména černé zvěře (Poleno a kol., 2009).

Celkově tak z daného pozorování plynou dvě možné eventuality obnovy borovice lesní na úzké holé seči (Peřina a kol., 1964). První z nich je provozem zažitá umělá obnova s menšími náklady na prvotní výchovu, při níž sazenice stačí odrůstat konkurenčním jedincům a tím směřovat k plnohodnotnému porostu. Jako druhá vyvstává možnost přirozené obnovy, jenž v obdobných podmínkách nabývá dostatečné hustoty, ale ve které je zapotřebí silných zásahů k potlačení konkurenčních dřevin, které by jinak výrazně omezovaly cílové jedince

v odrůstání (Slodičák a kol., 2013). I přes značnou potřebu umělého potlačování konkurenčních dřevin, zejména pak břízy, mohou být, při správném způsobu výchovy, i ony relevantně využity. V takovýchto porostech zejména bříza může vytvářet příměs v borovém porostu, a tím přispět k vytvoření kvalitního a především stabilního smíšeného porostu s převahou stabilních borových jedinců. Její role by byla ještě významnější, pokud by došlo k rozpadu cílového borového porostu, například při rozlámání výchovného porostu borovice mokrým sněhem, jakožto rizikem, jenž se i v této oblasti musí brát v úvahu. Peřina a kol. (1964) uvádí, že pro takový případ je dostačující ponechat jednu dospělou břízu na jeden hektar porostu. Je tedy nasnadě uvažovat, zda je jedna bříza na 1 ha borového porostu dostačující.

7. DOPORUČENÍ A ZÁVĚR

Na základě provedeného šetření lze konstatovat, že přirozená obnova borových porostů s využitím úzkých holých sečí a celoplošné přípravy půdy je pro dané podmínky optimálním pěstebním postupem. Přirozené zmlazení borovice i po značné autoredukci stále převyšuje minimální počty pro zalesnění a rovněž dobře odrůstá. Má tak tendenci do budoucna vytvořit kvalitní porost. Z těchto důvodů tak lze označit provedenou umělou výsadbu ihned po těžbě minimálně za nepotřebnou, ve zdejších podmínkách pak dokonce spíše omezující proces přirozeného zmlazení. Hustotou i rychlostí růstu zmlazení tak potvrzujeme charakter borovice jako pionýrské dřeviny. Díky zmíněné autoredukci nebudou následné výchovné zásahy pro zkvalitnění porostu tak intenzivní, tedy ani nákladné. I přes to, že v současné situaci je třeba i s břízou počítat jako s plnohodnotnou cílovou dřevinou, je nutné její vývoj v iniciační fázi tlumit, aby nedominovala obnovované ploše, a tím nečinila přílišnou konkurenci borovému zmlazení.

Výskyt buřeně lze hodnotit jako kritický pro vývoj zmlazení zhruba v prvních 2-3 letech od vyklíčení semen. Na základě této studie lze později již jedince z přirozené obnovy hodnotit jako odrostlé naprosté většině přízemní vegetace. Během výzkumu pro tuto práci sice nebyli kromě zvěře vyhodnocováni jiní škodliví činitelé, ale například přítomnost sypavky, na kterou jinak borovice ve vlhkých porostech často trpí (Peřina a kol., 1964), nebyla vůbec zaznamenána. Pozitivní vliv v tomto ohledu zřejmě sehrálo několik srážkově podprůměrných let. Přestože naopak poškození hmyzími škůdci je na vzestupu, v daných podmínkách jinak pro borové kultury běžný klikoroh borový (*Hylobius abietis* L.) zde nezpůsobil žádné viditelné poškození.

8. SEZNAM LITERARTURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ACKZELL, L. (1993): *A comparison of planting, sowing and natural regeneration for *Pinus sylvestris* (L.) in boreal Sweden*. Forest Ecology and Management, 61, 229-245.

ADÁMEK, M.; HADINCOVÁ, V.; WILD, J. (2016): *Long-term effect of wildfires on temperate *Pinus sylvestris* forests, Vegetation dynamics and ecosystem resilience*. Forest Ecology and Management, 380: 285-295.
<http://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.051>

ALEKSANDROWITZ-TRZCIŃSKA, M.; DROZDOWSKI, S.; BRZEZIECKI, B.; RUTKOWSKA, P.; JABLOŃSKA, B. (2014): *Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland*. Dendrology, 71: 73-81. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.071.007>

ALEKSANDROWITZ-TRZCIŃSKA, M.; DROZDOWSKI, S.; WOLCZYK Z.; BIELAK, K.; ŻYBURA, H. (2017): *Effects of Reforestation and Site Preparation Methods on Early Growth and Survival of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in South-Eastern Poland*. Forests 2017, 8 (11); 421; doi: 10.3390/f8110421.

ALEKSANDROWITZ-TRZCIŃSKA, M.; DROZDOWSKI, S.; STUDNICKI, M.; ŻYBURA, H. (2018): *Effects of Site Preparation on the Establishment and Natural-Regeneration Traits of Scots Pines (*Pinus sylvestris* L.) in Northeastern Poland*. Forests 2018, 9, 717; doi:10.3390/f9110717.

ANONYMOUS (2020): *Borovice lesní* [online]. DŘEVO centrum. Dostupné z WWW: <http://drevo.celyden.cz/charakteristiky-drevin/borovice-lesni/index.html>

ARNDT, T. (2017): *Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)* [online]. CELOSTNIMEDICINA.CZ Dostupné z WWW: <https://www.celostnimedicina.cz/borovice-lesni-pinus-sylvestris.htm>

AUGUSTO, L.; RANGER, J.; BINKLEY, D.; ROTHE, A. (2002): *Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility*. Annals of Forest Science, 59, 3: 235-253.

BARBEITO, I.; CALAMA, R.; LeMAY, V.; CAÑELLAS, I. (2011): *Regeneration of Mediterranean Pinus sylvestris under two alternative shelterwood systems within a multiscale framework*. Canadian Journal of Forest Research. DOI: 10.1139/X10-214

BERG, B.; ALBRIKTSON, A.; BERG, M. P.; CORTINA, J.; JOHANSSON, M. B. a kol. (1999): *Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine*. Annals of Forest Science, 56, 8: 625-639.

BÍLEK, L. a kol. (2018): *Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní*. Strnady: Lesnický průvode 4/2018. 56 s. ISBN 978-80-7417-169-7.

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. <http://doi.org/10.5424/fs/2018272-12408>.

BRICHTA, J.; BÍLEK, L.; LINDA, R.; VÍTÁMVÁS, J. (2020): *Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?* Central European Forestry Journal, 66: 104–115. DOI: 10.2478/ford-2020-0014.

BŘÍZA, L. (2012): *Možnosti přirozené obnovy borovice lesní na LS Nasavrky*. Bakalářská práce, LDF, MU, Brno.

CELMA, S. a kolektiv (2019): *Effect of soil preparation method on root development of P. sylvestris and P. abies saplings in commercial forest stands*. New Forests, Issue 2, volume 50: 283-290.

CUNNINGHAM, R. A.; VAN HAVERBEKE, D. F. (1991): *Twenty-two year results of Scots pine (Pinus sylvestris L.) provenance test in North Dakota*. USDA Forest Service Research Paper RM-298. 12p.

ČERNÝ, Z.; NERUDA, J. (2001): *Příprava půdy v lesním hospodářství*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 2001. 63 s. ISBN 80-7105-221-3.

ČADA, V. (2014): *Dynamika horského smrkového lesa*. Disertační práce, FLD, ČZU, Praha.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2020): *Indexy cen v lesnictví (surové dříví) – 4. čtvrtletí 2019*. CZSO.CZ [online]. Dostupné z WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/indexy-cen-v-lesnictvi-surove-drivi-4-ctvrtleti-2019#>. Kód: 011035-19.

ČIHÁK, T. (2018): *Růst a produkce hlavních středoevropských dřevin v podmínkách změny klimatu: Simulace a doporučení pro management lesa*. Disertační práce, FLD, ČZU, Praha.

ČR, Ministerstvo zemědělství; VYHLÁŠKA č. 298/2018 Sb. a její přílohy; o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. In: Sbíрка zákonů.

ČR, Ministerstvo zemědělství; VYHLÁŠKA č. 139/2004 Sb.; o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. In: Sbíрка zákonů.

ČR, Ministerstvo zemědělství; ZÁKON č. 289/1995 Sb.; o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon). In: Sbíрка zákonů.

DALE, V. H.; JOYCE, L. A.; McNULTY, S.; NEILSON, R. P. (2000): *The interplay between climate change, forests, and disturbances*. The Science of the Total Environment 262: 201-204.

de CHANTAL, M.; LEINONEN, K.; KUULUVAINEN, T.; CESCATTI, A. (2003): *Early response of Pinus sylvestris and Picea abies seedlings to an experimental canopy gap in a boreal spruce forest*. Forest Ecology and Management, 176: 321-336.

EREFUR, CH.; BERGSTEN, U.; de CHANTAL, M. (2008): *Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation*. Forest Ecology and Management, 255: 1186-1195.

FIEDLER, J. (2020): *Heterogenita stanovištních podmínek v rámci holosečného obnovního prvku a její vliv na přirozenou obnovu*. Diplomová práce, FLD, ČZU, Praha.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2018): *Country profiles*. Dostupné z WWW: www.fao.org/countryprofiles/en/

GAILIS, J. (1958): *The root systém of Scots pine, birch, Alnus incana and A. glutinosa in mixed stands on infertile soils*. Riga, Trudy Inst. Lesohoz. Probl., 14: 13-59.

GALIANO, L.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; EUGENIO, M.; GRAZNOW-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. <http://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01485.x>

GIERTYCH, M. (1991): *Provenance variation in growth an phenology*. In: Giertych, M., Matyas, C. (eds.): *Genetics of Scots Pine*. Elsevier, Amsterdam: 87-101.

HALLIKAINEN, V.; HOKKA, H.; HYPPONEN, M.; RAUTIO, P.; VALKONEN, S. (2019): *Natural regeneration after gap cutting in Scots pine stands in northern Finland*. Scandinavian Journal of Forest Research. Issue 2, volume 34: 115-125.

HÄNELL, B.; NORDFJELL, T.; ELIASSON, L. (2000): *Productivity and cost in shelterwood harvesting*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15(5): 561-569.

HEINSDORF, M. (1994): *Hinweise zur Kiefern timerverjüngung*. Der Wald, 44: 336–339.

HILLE, M.; OUDEN, J. (2004): *Improved recruitment and early growth of Scots pine (Pinus sylestris L.) seedlings after fire and soil scarification*. European Journal of Forest Reseaerch, 123: 213–218.

Hydroekologický informační systém VÚV TGM; *WebMap* (2018), dostupné z WWW:

https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1&LEGEND_HIDE=0&QUERY_SELECTION=1&FULLTEXT_CHECKED=1

HYTÖNEN, J.; HÖKKÄ, H.; SAARINEN, M. (2019): *The Effect of Site Preparation on Seed Tree Regeneration of Drained Scots Pine Stands in Finland*. *Baltic Forestry*, 25(1): 132-140.

CHÁB, J.; STRÁNÍK, Z.; ELIÁŠ, M. (2007): *Geologická mapa České republiky 1 : 500 000*. Česká geologická služba. Praha, 2007. ISBN 978-80-7075-666-9.

CHING LIU, C. L.; KUCHMA O.; KRUTOVSKY, K. V. (2018): *Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services, and perspectives for the future*. *Global Ecology and Conservation* 15. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00419>

CHURCHILL, D. J.; LARSON, A. J.; DAHLGREEN, M. C.; FRANKLIN, J. F.; HESSBURG, P. F.; LUTZ, J. A. (2013): *Restoring forest residence: 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>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2020): *Report 05/2020*. Dostupné z WWW: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/05/2020-AC6_en.pdf

JANKOVSKÁ, Z.; BŘEZOVJÁK, Š. (2007): *Člověk a les v průběhu věků*. *Vesmír*, 86, 160.

KACÁLEK, D.; MAUER, O.; PODRÁZSKÝ, V.; SLODIČÁK, M. a kolektiv (2017): *Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2017. 300 s. ISBN 978-80-7458-102-1; 978-80-7417-148-2.

KALELA, E. K. (1954): *The root relations of pine seed trees and the young stand*. Acta Forestalia Fennica, 61, 28: 17.

Katalog mapových informací ÚHÚL; *OprlMap* (2019). Dostupné z WWW:<http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>

KARLSSON, C.; ÖRLANDER, G. (2000): *Soil scarification shortly before rich seed fall improves seedlings establishment in seed tree stands of Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 15: 256–266.

Katalog výstupů LHP LČR, s. p. 2016, Vydal Lesprojekt východní Čechy, s.r.o. <http://docplayer.cz/3184848-1-analogove-vystupy-4.html>

KELLOMÄKI, S.; KOLSTRÖM, M. (1994): *The influence of climate change on the productivity of Scots pine, Norway spruce, Pendula birch and Pubescent birch in southern and northern Finland*. Forest Ecology and Management, Issues 2–3, volume 35: 201–217. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)90171-6)

KNOKE, T.; PETER, R. (2002): *Zum optimalen Zieldurchmesser bei fluktuierendem Holzpreis – eine Studie am Beispiel von Kiefern-Überhälten (Pinus sylvestris L.)*. Allgemeine Forst – und Jagdzeitung, 173: 21-28.

KOŠULIČ, M. (2004): *Jiný pohled na pěstování borových porostů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce č. 8/04.

KOŠULIČ, M. (2006): *Stabilita přírodního lesa*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce č. 01/06.

KORPEL, Š. (1991): *Pestovanie lesa*. Bratislava: Príroda. ISBN: 80-07-00428-9.

KÖSTLER, J. N.; BRÜCKNER, E.; BIEBELRIETHER H. (1968): *Die Wurzeln der Waldbaume*. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey: 284 s.

KOZEL, J. (2008): *Kalamita jako východisko přestavby lesních porostů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce č. 12/08.

- KUULUVAINEN, T.; PUKKALA, T. (1989): *Effects of Scots pine seed trees on the density of ground vegetation and tree seedlings*. *Silva Fennica*, 23: 159-167.
- LARJAVAARA, M. (2008): *A review on benefits and disadvantages of tree diversity*. *Open Forest Science Journal*, 1: 24-26.
- LESNÍ OCHRANNÁ SLUŽBA – LOS (2000): *Rez vejmutovková*. *Lesnická práce* 11/2000.
- LEUGNEROVÁ, G. (2007): *PINUS SYLVESTRIS L. – borovice lesní (sosna) / borovica lesná*. BOTANY.CZ [online]. Dostupné z WWW: <https://botany.cz/cs/pinus-sylvestris/>
- LIŠKA, J.; KNÍŽEK, M.; LORENC, F. (2018): *Kalamitní odumírání borovice lesní*. *Lesnická práce*, 97 (11): 827–829.
- MAPOVÝ PORTÁL *GOOGLE MAPS* (2020): <http://www.maps.google.com/maps>
- MAPOVÝ PORTÁL *MAPY.CZ* (2020): <http://www.mapy.cz/>
- 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.; LECHOWITZ, M. J. (1999): *Functional ecology of advance regeneration in relation to light in the boreal forest*. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 812-823.
- MICKOVSKI, S. B.; ENNOS, A. R. (2002): *A morphological and mechanical study of the root systems of suppressed crown Scots pine Pinus sylvestris*. *Trees: Structure and Function*, 16, 4/5: 274-280.

MICKOVSKI, S. B.; ENNOS, A. R. (2003): *The effect of unidirectional stem flexing on shoot and root morphology and architecture in young Pinus sylvestris trees*. Canadian Journal of Forest Research, 33, 11: 2202-2209.

MIKESKA, M.; VACEK, S. a kol. (2008): *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2008. 447 s. ISBN 978-80-87154-20-5.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (2019): *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018*. Ministerstvo zemědělství, Praha 2019. 114 s. ISBN 978-80-7434-530-2.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (2015): *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Komplexní studie dopadů zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR.

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.

MUSIL, I.; HAMERNÍK, J. (2007): *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: dendrologie I*. Praha: Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9.

MYŠKA, J. (2018): *Přirozená obnova borovice lesní na holé seči ve vztahu k mikrostanovištním podmínkám*. Bakalářská práce, FLD, ČZU, Praha.

NÁROVCOVÁ, J.; NÁROVEC, V. (2013): *Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazin – Certifikovaná metodika*. Lesnický průvodce, Strnady.

NIINEMETS, Ü. a kol. (2002): *Modification of light-acclimation of Pinus sylvestris shoot architecture by site fertility*. Agricultural and Forest Meteorology 111:121-140.

- NILSSON, U.; GEMMEL, P.; JOHANSSON, U.; KARLSSON, M.; WELANDER, T. (2002): *Natural regeneration Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on mesic-dry site in southern Sweden*. Forest Ecology and Management, 161: 133-145.
- OLEKSYN, J.; REICH, P. B.; ZYTKOWIAK R.; KAROLEWSKI, P.; TIOELKER, M. G. (2003): *Nutrient conservation increases with latitude of origin in European Pinus sylvestris populations*. Oecologia, 136: 220-235.
- PALVIAINEN, M.; FINÉR, L.; LAIHO, R.; SHOROHOVA, E.; KAPITSA, E.; VANHA-MAJAMAA, I. (2010): *Phosphorus and base cation accumulation and release patterns in decomposing Scots pine, Norway spruce and silver birch stumps*. Forest Ecology and Management, 260, 9: 1478-1489.
- PAZDERA, Z. (2015): *Pinus sylvestris – borovice lesní* [online]. Herbar Wendys. <https://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/538-pinus-sylvestris-borovice-lesni>
- PEDERSEN, B.; HANSLIN, H. M.; BAKKEN, S. (2001): *testing for positive density-dependent performance in four bryophyte species*. Ecology, 82: 70–88.
- PELC, F. (2001): *Ochrana přírodního prostředí a lesnictví*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce č. 1/01.
- PEŘINA, V.; KADLUS, Z.; JIRKOVSKÝ, V. (1964): *Přirozená obnova lesních porostů*. Praha: SZN, 1964. 167 s.
- PEŠKOVÁ, V.; SOUKUP, F. (2001): *Mycosphaerella pini Rostrup ap. Munk; červená sypavka borovic*. Lesnická práce 12/2001 – příloha LOS.
- POKORNÝ, R.; URBAN, O. (2012): *Perspektivy pěstování smrku ztepilého – I*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce č. 9/12.
- POKORNÝ, R. (2013): *Pěstování lesů pod vlivem měnícího se klimatu*. Brno.

POLENO, Z. (1979): *Hospodářská úprava lesů zdravotního významu*. Lesnictví 25(10): 32-37.

POLENO, Z.; VACEK, S. a kol. (2009): *Pěstování lesů III, Praktické postupy pěstování lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2

POLOMSKI, J.; KUHN, N. (1998): *Wurzelsysteme*. Bern, Stuttgart, Wien, Verlag Paul Haupt: 290 s.

PRETZSCH H. a kol. (2020): *Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe*. European Journal of Forest Research, 139: 349-367.

PRIHA, O. (1999): *Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch*. Helsinki, Finish Forest Research Institute: 50 s.

REBETZ, M.; DOBBERTIN, M. (2004): *Climate change may already threaten Scots pine stands in Swiss Alps*. Theoretical and Applied Climatology, 79: 1-9. doi: 10.1007/s00704-004-0058-3.

RÖHIG, E.; GUSSONE, H. A. (1990): *Waldbau auf ökologischer Grundlage* (2.band), Baumartenwahl, Bestandesbergründung und Bestandespflege. Hamburg, Berlin, 1990. 479 s. ISBN 38-2528-310-0.

SANTIAGO C.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ[#]; BRAVO F. (2001): *Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain)*. Annals of Forest Science, vol. 53: 277–288. doi: 10.1051/forest:2001126

SCOTT, D.; WELCH, D.; THURLOW, M.; ELSTON, D. A. (2000): *Regeneration of *Pinus sylvestris* in natural pinewood in NE Scotland following reduction in grazing by *Cervus elaphus**. Forest Ecology and Management, 130: 199-211.

SEWERNIAK, P. (2016): *Differences in early dynamics and effects of slope aspect between naturally regenerated and planted Pinus sylvestris woodland on inland dunes in Poland*. iForest, Biogeosciences and Forestry, vol. 9: 875–882. doi: 10.3832/ifor1728-009.

SHUTYAEV, A. M.; GIERTYCH, M. (1997): *Height growth in a comprehensive Eurasian provenance experiment of Pinus sylvestris L.* Silvae Generica, 46: 332-349.

SIRGEDAITĖ-ŠEŽIENE, V.; BALEŽENTIENĖ, L.; VARNAGIRYTĖ-KABAŠINKIENĖ, I.; STAKĖNAS, V.; BALICKAS, V. (2018): *Allelopathic effects of dominant ground vegetation species on initial growth of Pinus sylvestris L. seedlings in response to different temperature scenarios*. iForest, volume 12: 132–140. doi: 10.3832/ifor2904-012.

SLAVÍKOVÁ, J. (1986): *Ekologie rostlin*. Praha: SPN, 1982. 366 s.

SLODIČÁK, M.; KANTOR, P.; NOVÁK, J. (2008): *Výchova porostů borovice lesní*. In: Sborník referátů *Přirozené zmlazování borovice*. Česká lesnická společnost. ISBN 978-80-02-02070-7.

SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J.; DUŠEK, D. (2013): *Lesnický průvodce – Výchova porostů borovice lesní*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 23 s. ISBN 978-80-7417-069-0.

ŠINDELÁŘ, J. (2004): *Přirozená obnova borovice lesní*. Lesnická práce č. 8/04, ročník 83.

TESAŘ, V. a kol. (1996): *Pěstování lesa v heslech – Studijní příručka*. Ústav pěstování lesa LDF – MZLU v Brně.

TEWS, J.; GRIMM, V.; BROSE, U.; TIELBÖRGER, K. (2004): *Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures*. Journal of Biogeography 31 (1): 79–92. DOI: 10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x

ULBRICHOVÁ, I.; BÍLEK, L.; REMEŠ, J. (2017): *Vliv zpracování těžebních zbytků na charakteristiku bylinného a keřového patra na přirozených borových stanovištích*. Zprávy lesnického výzkumu, 62 (3): 142–152.

ÚHÚL (2001): *Oblastní plán rozvoje lesů přírodní lesní oblasti 17*. Depon. In: ÚHÚL Brandýs n. L., pob. Hradec Králové, 374 s.

ÚRADNÍČEK, L.; MADĚRA, P. a kol. (2001): *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, 2001. 333 s. ISBN 80-86271-09-9.

VACEK, S.; PODRÁZSKÝ, V. (2006): *Přírodě blízké hospodaření v podmínkách střední Evropy*. Praha: FLE, Katedra pěstování lesů: 74 s. ISBN 80-213-1561-X.

VIRTANEN, T.; NEUVONEN, S.; NIKULA, A.; VARAMA, M.; NIEMELÄ, P. (1996): *Climate Change and the Risk of Neodiprion sertifer Outbreaks on Scots pine*. Silva Fennica 30 (2-3): 169–177.

VÍTÁMVÁS, J.; BÍLEK, L.; ULBRICHOVÁ, I.; BAŽANT, V.; DRESLEROVÁ, J.; VACEK, Z. (2019): *Vzcházení, přežívání a kořenový systém semenáčků borovice lesní (Pinus sylvestris L.) při různých intenzitách slunečního záření a závlahy*. Zprávy lesnického výzkumu, 64 (2): 102–110.

VOMPERSKU, S. E. (1959): *Characteristics of the root system of P. sylvestris on drained peat soils*. Botanicheskii Zhurnal, 44, 1: 79-87.

WAGENHOFF, A. (1938): *Investigations into the development of the root-system of Pine on diluvial sandy soils*. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 70: 449-494.

WÜNSCH, P.; MAKAJ, T. (2013): *Smolaření a výroba dehtu*. Brdské listy [online]. Dostupné z WWW: <http://www.brdskelisty.cz/historie-a-mistopis/smolareni-a-vyroba-dehtu.html>.

ZOTH, R.; BLOCK, I. (2002): *Investigations on the root balls of windthrown trees in Rhineland-Palatinate*. Forst und Holz, 47, 18: 566–571.

9. SEZNAM PŘÍLOH

Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2017	.....	92
Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2018	.....	92
Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2019	.....	93
Příklad hustoty zmlazení borovice v roce 2017	.....	93
Jeden z nejvyšších jedinců umělé obnovy; rok 2018	.....	94
Jeden z nejvyšších jedinců umělé obnovy; rok 2019	.....	94
Jeden z nejvyšších jedinců přirozené obnovy; rok 2019	.....	95
Nově vzniklá a zalesněná holina ve stejném porostu; rok 2019	.....	95

© *Veškeré fotografie byly pořízeny autorem práce*

10. PŘÍLOHY



Obrázek 1. Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2017



Obrázek 2. Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2018



Obrázek 3. Celkový pohled na jednu z ploch; rok 2019



Obrázek 4. Příklad hustoty zmlazení borovice v roce 2017



Obrázek 5. Jeden z nejvyšších jedinců umělé obnovy; rok 2018 (128 cm)



Obrázek 6. Jeden z nejvyšších jedinců umělé obnovy; rok 2019 (cca 220 cm; více než 90 cm přírůst)



Obrázek 7. Jeden z nejvyšších jedinců přirozené obnovy; rok 2019 (169 cm; 66 cm přírůst)



Obrázek 8. Nově vzniklá a zalesněná holina ve stejném porostu; rok 2019 - zhruba takto mohly vypadat zkoumané plochy v roce 2016