

POTENCIÁL VYUŽITÍ BOROVICE POKROUCENÉ (*PINUS CONTORTA*) V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY



Bc. Ing. et Ing. PETR NOVOTNÝ, Ph.D.

Ing. MARTIN FULÍN, Ph.D.

Ing. prom. ped. KONSTANTIN DIMITROVSKÝ



7/2018

**Potenciál využití borovice pokroucené
(*Pinus contorta*)
v podmínkách České republiky**

Certifikovaná metodika

Bc. Ing. et Ing. Petr Novotný, Ph.D.

Ing. Martin Fulín, Ph.D.

Ing. prom. ped. Konstantin Dimitrovský

Lesnický průvodce 7/2018

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

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

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

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

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

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

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

ISBN 978-80-7417-170-3

ISSN 0862-7657

POTENTIAL USING OF LODGEPOLE PINE (*PINUS CONTORTA*) IN CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC

Abstract

The methodology principles bring an overview focused on the lodgepole pine originated in North America from the perspective of its ecological properties and the possibilities of its forestry use in the Czech Republic. Its habitats are mentioned, variability, ecological properties and the site demands (soil, mixtures, climate, etc.). The wood is characterized in terms of its production, the properties and the possibilities of its use. Important aspects of lodgepole pine cultivation are described as part of its forest management, as well as from the point of view of its utilization in forestry reclamation of infertile anthropogenic substrates. Particular attention is paid on current knowledge resulted from provenance research. In connection with the European climate changes, lodgepole pine can become more important in the future, because it is a tree species with a huge ecological valence. In spite of its lower production potential, this pine represents a species that is able to create stands on habitats inappropriate for many autochthonous tree species in changed environment in the future.

Key words: exotic tree species; silviculture; ecosite; tree ecology; production; provenance research; climatic changes; forestry reclamation

Recenzenti: Ing. Miloš Pařízek; ÚHÚL Brandýs nad Labem, pobočka Hradec Králové

Ing. Hana Prknová, Ph.D.; FLD ČZU v Praze, katedra pěstování lesů

Adresy autorů:

Bc. Ing. et Ing. Petr Novotný, Ph.D.

Ing. Martin Fulín, Ph.D.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
útvár biologie a šlechtění lesních dřevin

Strnady 136

156 00 Praha 5-Zbraslav

e-mail: pnovotny@vulhm.cz

fulin@vulhm.cz

Ing. prom. ped. Konstantin Dimitrovský

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

katedra zahradní a krajinné architektury (emeritní pracovník)

Kamýčká 129

165 00 Praha 6

Foto na obálce:

Výzkumná plocha s borovicí pokroucenou na lokalitě Třeboň, Mláka; vysoké ztráty u *P. c. subsp. latifolia*, provenience 1903 – Upper Liard; vzrostlejší stromy vlevo *Pinus contorta* subsp. *murrayana*, provenience 2131 – Bucks Lake (J. Čáp, 5. 9. 2017)

Obsah

1	ÚVOD A CÍL METODIKY	7
2	VLASTNÍ POPIS METODIKY	9
	2.1 Rozšíření	9
	2.2 Proměnlivost	11
	2.3 Ekologická charakteristika	13
	2.4 Produkce dřeva a využití	17
	2.5 Využití v lesnických rekultivacích	22
	2.6 Pěstební aspekty	25
	2.7 Možnosti využití v ČR	28
3	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	31
4	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	32
5	EKONOMICKÉ ASPEKTY	33
6	DEDIKACE	34
7	LITERATURA	34
	7.1 Seznam použité související literatury	34
	7.2 Seznam publikací, které předcházely metodice	39
	SUMMARY	41
8	FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA	43

1 ÚVOD A CÍL METODIKY

Při výběru dřevin pro účely introdukce se vždy soustřeďuje pozornost na jejich produkční schopnost, jakostní charakteristiky a odolnost k místním škodlivým činitelům. Význam však mají i další ekologické aspekty, jako např. vhodnost do porostních směsí, schopnost přirozené obnovy či vliv na porostní prostředí. Posouzení, zda je dřevina, resp. její konkrétní dílčí populace (provenience), schopna uplatnění v nových podmínkách, je možné pouze na základě výsledků výzkumu či praktických zkušeností, nejlépe domácích, příp. po kritickém zhodnocení i zahraničních. Introdukovaný druh by měl být vysazován pouze na takových stanovištích, kde může prokázat svůj pozitivní vliv a současně nepředstavuje výrazný negativní prvek pro neživou přírodu ani autochtonní flóru (FRÝDL, ŠINDELÁŘ 2004).

S postupem klimatických změn klesá stabilita středoevropských lesních ekosystémů. Zhoršil se i zdravotní stav některých porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)¹, u níž začíná po několika po sobě jdoucích letech sucha docházet k napadání houbovými patogeny *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton 1980 či *Cenangium ferruginosum* Fr. 1818 (ZAHRADNÍK 2014) i podkorním a dřevokazným hmyzem (KNÍŽEK, LIŠKA 2017). I v případě autochtonní dřeviny, s níž se v podmínkách ČR vždy spolehlivě počítalo při výsadbách na lokalitách s nízkou dostupností půdní vláhy, se tak ukazuje jako racionální zabývat se preventivně i jinými druhy, které by mohly na extrémních stanovištích prosperovat. Tím by bylo umožněno pokračování plnění mimoprodukčních funkcí lesa při zachování alespoň minimální přijatelné produkce.

Jedno z možných alternativních řešení uvedeného problému představuje borovice pokroucená, *Pinus contorta* Douglas ex Loudon, původem ze západu Severní Ameriky. Poprvé byla do Evropy introdukována v roce 1852 (SVOBODA 1976) a od té doby prokázala řadu příznivých vlastností. Její současné zastoupení v lesích je nepatrné (tab. 1), nicméně do budoucna lze potenciálně uvažovat s rozšířením jejího využití právě na specifických stanovištních typech. Aktuálně není pro tento druh evidován žádný uznaný zdroj reprodukčního materiálu.

Cílem této práce je snaha poskytnout komplexní informaci o charakteru rozšíření, ekologických vlastnostech a pěstebních nárocích borovice pokroucené, které při zohlednění nejnovějších poznatků lesnického a rekultivačního výzkumu umožňují nastínit potenciál možného využití této dřeviny v měnících se podmínkách ČR.

¹ Vědecká jména rostlin a živočichů jsou v této práci sjednocena podle databáze BioLib (ZICHA 1999–2018), vědecká jména hub podle databáze Index Fungorum (www.indexfungorum.org).

Text v mírně odlišné struktuře byl zpracován rovněž v anglické verzi (Novotný et al. 2018).

Tab. 1: Vybrané sumární ukazatele za ČR vykazované pro borovici pokroucenou k 31. 12. 2017 (e-AGRI 2018)

Rok	Porostní plocha (ha)	Zásoba (m³ b. k.)	Průměrný věk (rok)
1999	92,56	75	4,67
2000	89,51	58	4,13
2001	89,46	58	4,40
2002	21,46	72	9,07
2003	12,35	69	13,61
2004	13,32	126	14,53
2005	20,60	194	17,28
2006	21,18	237	17,34
2007	21,22	248	17,40
2008	39,46	246	13,49
2009	113,55	2 589	17,69
2010	119,23	2 931	18,00
2011	119,16	2 999	18,29
2012	129,95	3 643	19,91
2013	129,96	3 653	19,92
2014	129,72	3 736	19,98
2015	126,20	4 508	20,70
2016	126,83	4 578	20,77
2017	126,80	4 572	20,76

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

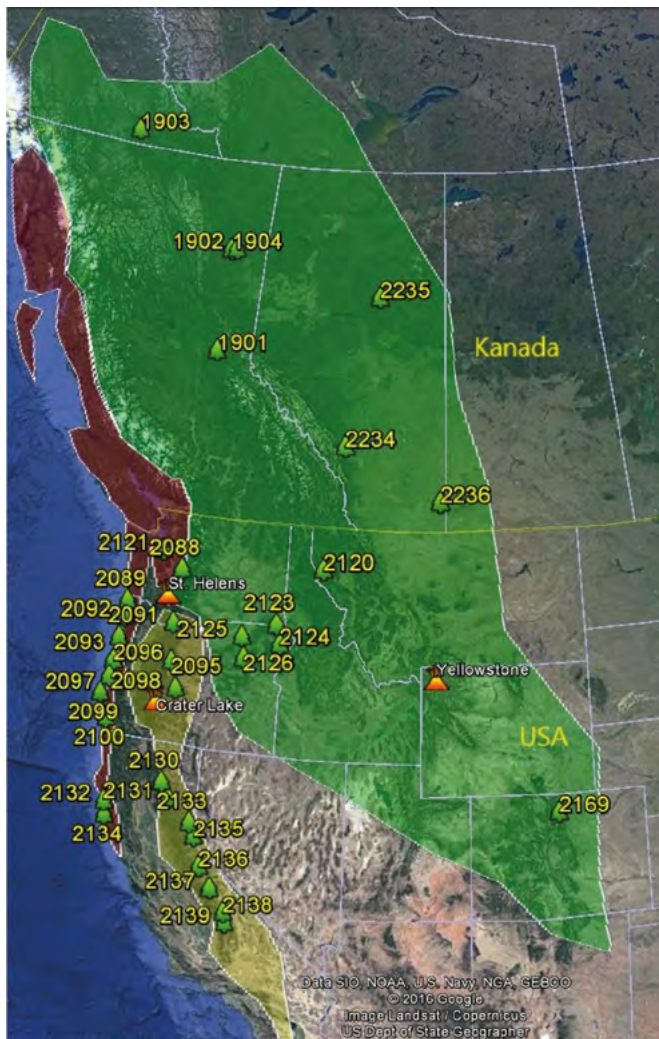
Členění následujících kapitol odráží jednotlivé dílčí aspekty důležité z pohledu možného posouzení významu borovice pokroucené v domácím lesním hospodářství a rekultivačním využití. Kromě zpracování relevantních informačních zdrojů vychází text i z aktuálních poznatků provenienčního výzkumu a z dlouholetých praktických zkušeností získaných při provádění lesnických rekultivací antropogenních substrátů na územích s ukončenou povrchovou těžbou hnědého uhlí v regionu Sokolovska.

2.1 Rozšíření

Lesy s převahou *P. contorta* zaujímají v USA ca 6 mil. ha a v Kanadě ca 20 mil. ha. Na severu zasahuje druh po 64° s. š. (Yukon Territory), na jihu po ca 31° s. š. (Baja California) (KLINKA 2002). Tři aktuálně rozlišované subspecie mají rozsáhlé alopatrické areály (obr. 1). Oblast výskytu *Pinus contorta* subsp. *contorta* sahá od jihu Aljašky podél pacifického pobřeží až po severní Kalifornii, přičemž zahrnuje i Ostrov královny Charlotty a ostrov Vancouver. Západní hranice poddruhu *P. c.* subsp. *latifolia* postupuje napříč Skalistými horami ze severu od Yukonu a Britské Kolumbie přes Washington a Oregon po severní Utah, východní pak od Alberty přibližně po Colorado. Disjunktní populace tohoto poddruhu se nacházejí ještě v kanadských provinciích Severozápadní Teritoria (Liard Mts.) a Saskatchewan (Cypress Hills Provincial Park), v USA pak v Jižní Dakotě (Black Hills). Areál *P. c.* subsp. *murrayana* zasahuje od Kaskád jižního Washingtonu a Oregonu (Cascade Range) přes pohoří Sierra Nevada a Transverse Ranges v Kalifornii až po Baja California a Sierra de San Pedro Mártir v Mexiku (FARJON, FILER 2013).

Vertikálně druh roste téměř od hladiny moře při pobřeží až po 3400 m n. m. v Sierra Nevadě a na jihu Skalistých hor (FARJON, FILER 2013), podle jiných autorů vystupuje až do 3900 m n. m. (KLINKA 2002; SPELLENBERG et al. 2014). MUSIL a HAMERNÍK (2007) uvádějí rozpětí výškového výskytu 0–3500(–3660) m n. m. *P. c.* subsp. *contorta* roste do 600 m n. m., *P. c.* subsp. *latifolia* do 3500 m n. m. a *P. c.* subsp. *murrayana* od hladiny moře rovněž do 3500 m n. m. (AUDERS, SPICER 2012), v pohoří Sierra Nevada až do 3700 m n. m. (BUSINSKÝ, VELEBIL 2011).

Klima je v rámci areálu značně variabilní, především ve směru S–J ale i V–Z. Minimální teploty se pohybují od 7 °C na jižních částech pobřeží po –57 °C v severní čás-



Obr. 1: Areál rozšíření borovice pokroucené (*P. c. subsp. contorta* = červená, *P. c. subsp. latifolia* = zelená, *P. c. subsp. murrayana* = žlutá), čísla = kódy proveniencí ověřovaných na sérii výzkumných ploch VÚLHM, v. v. i.; na mapový podklad Google Earth Pro 7.1.2.2041 (2013), Mountain View, USA, překreslil podle U.S. Geological Survey (1999) M. Fulín

ti Skalistých hor, maximální pak od 27 °C podél pobřeží a ve vysokých nadmořských výškách po více než 38 °C v nízkých polohách vnitrozemí. Semenáčky často přežívají v mrazových polohách, kde jiné druhy neobstojí, je však třeba rozlišovat jednotlivé provenience (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990; MUSIL, HAMERNÍK 2007). Průměrné roční teploty kolísají mezi -3 až 18 °C. Absolutní teplotní minimum činí -60 °C (KLINKA 2002). Průměrná červencová minima bývají ve vyšších nadmořských výškách často pod bodem mrazu. Srážky kolísají od pouhých 250 mm v dolních polohách studeného kontinentálního vnitrozemí až po více než 2500 mm v nízkých polohách podél relativně mírného, avšak chladného a deštivého (mlžného) severního pobřeží Pacifiku (KLINKA 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007; FARJON 2010).

Kolem roku 1950 se borovice pokroucená stala hlavním druhem při zalesňování rašelinných půd v Británii, Irsku, Švédsku a Finsku. Další výsadby lze nalézt v Holandsku, Dánsku, na Islandu, v Norsku, SRN, Polsku, zemích bývalého Sovětského svazu, na Novém Zélandu i jinde. Pravděpodobně největší rozlohu mimo Severní Ameriku zaujímá ve Francii (HERMANN 1987 ex KLINKA 2002; ÚRADNÍČEK 2003). V roce 2001 zaujímala ve Švédsku 565 000 ha, na Novém Zélandu pak 150 000 ha (LANGDON et al. 2010). Ve Velké Británii se její využívání časem snížilo vzhledem k častému výskytu netvárných kmenů a náchylnosti k defoliaci působené hmyzem, především sosnokazem borovým – *Panolis flammea* (Denis & Schiffermüller, 1775) (HERITAGE 1997 ex KLINKA 2002). V Irsku, Velké Británii a Rusku byla klasifikována jako naturalizovaný druh, v Austrálii, na Novém Zélandu, ve Švédsku, Argentíně a Chile naopak jako druh invazní. Na Novém Zélandu je invadováno 300 000 ha, v Chile 78 ha, z území Švédska a Argentiny není daná informace k dispozici (LANGDON et al. 2010).

2.2 Proměnlivost

Z taxonomického hlediska se druh dělí na tři variety (FARJON 2010; AUDERS, SPICER 2012; ECKENWALDER 2013), resp. podle jiných autorů (BUSINSKÝ 2008; BUSINSKÝ, VELEBIL 2011) na tři poddruhy. V jiných pracích, např. (KLINKA 2002; PRESTON, BRAHAM 2002), je vylišován ještě poddruh (někdy jen varieta) *P. c.* subsp. *bolanderi*, který však v novějších monografiích není akceptován a je považován za součást poddruhu *P. c.* subsp. *contorta*. Ve starší literatuře byly uváděny dva samostatné druhy: (1) borovice pokroucená, které v dnešním pojetí odpovídá poddruhu *P. c.* subsp. *contorta* včetně variety *P. c.* subsp. *contorta* var. *bolanderi* a (2) borovice Murrayova, dnes neplatný druh zahrnující dva poddruhy borovice pokroucené – *P. c.* subsp. *murrayana* a *P. c.* subsp. *latifolia* (KANTOR 1978).

Jednotlivé poddruhy se liší některými botanickými znaky, ale i růstovými předpoklady a dosahovanými rozměry, které však částečně ovlivňuje i prostředí (FARJON 2010). *P. c.* subsp. *contorta* nabývá formy zakrslého keře až stromu (vzácně až 30 m), často s křivolakým či nakloněným kmenem. Jehlice jsou 2–5(7) cm dlouhé a 0,7–1,2 mm široké, tmavozelené, šišky asymetrické, k ose větve zpětně zakřivené, vytrvalé, někdy serotinní (otevírající se více let po dozrání, např. při požáru). Pupek má 6 mm dlouhý trn. Pobřežní porosty tohoto poddruhu v Mendocino County (Kalifornie) jsou některými autory považovány za *P. c.* var. *bolanderi*. V případě *P. c.* subsp. *latifolia* jde často o vysoké stromy (výjimečně až 50 m). Jehlice má (4)5–8 cm dlouhé a 1–2(3) mm široké, žlutavě zelené. Šišky rostou jednotlivě nebo ve dvojicích, jsou asymetrické, k ose větve zpětně zakřivené, vytrvalé a proměnlivě serotinní. Pupek má krátký tupý trn. *P. c.* subsp. *murrayana* vytváří rovné, často štíhlé stromy, až 40 m vysoké. Jehlice má 5–8 cm dlouhé a 1–2 mm široké, žlutavě zelené. Šišky rostou po jedné nebo v párech, jsou poměrně symetrické, vystoupavé, neserotinní (brzy se otvírají a rychle opadávají). Pupek má malý trn (PRESTON, BRAHAM 2002; AUDERS, SPICER 2012; ECKENWALDER 2013).

Morfologická diferenciacie jednotlivých poddruhů je variačně statistického charakteru, takže determinace je i v přírodě často problematická, v kultuře pak mimo provenienčně definované výsadby nevěrohodná (BUSINSKÝ, VELEBIL 2011). Druh je obtížně rozeznatelný od blízce příbuzné *P. banksiana* Lamb., s níž se v oblasti úpatí Skalistých hor v západní Kanadě přirozeně kříží (ECKENWALDER 2013). Určitou možnost rozlišení obou druhů pomocí alozymů zmiňují DANCÍK a YEH (1983). Hybridní rostliny získané v USA kontrolovaným opylením mezi *P. contorta* a *P. banksiana* za účelem plantážního pěstování jsou označovány jako *P. ×murraybanksiana* (FARJON 2010; ECKENWALDER 2013). Úspěšné křížení se podařilo i s borovicí virginickou *P. virginiana* Mill. (KLINKA 2002). Podrobněji se o křížení zmiňuje CRITSCHFIELD (1980).

Taxonomie borovice pokroucené není dosud zcela vyřešena, což je ovlivněno i faktem, že po mnoho let bylo veškeré osivo dodávané do Evropy označováno jako *P. c.* var. *murrayana*. Na základě biochemických testů byly v minulosti vymezeny větší regiony (např. FORREST 1980, 1981; SMITH 1983; PARCHMAN et al. 2011), avšak možnosti jednoznačného stanovení původu dosaženo nebylo (např. WHEELER, GURIES 1982). Pokročilejší analýzy na bázi DNA markerů (GODBOUT et al. 2008) zatím do jisté míry umožňují rozlišení dvou hlavních poddruhů *P. c.* subsp. *latifolia* a *P. c.* subsp. *contorta*. Celkem dobře patrná je i odlišnost populací v místech výskytu *P. c.* subsp. *murrayana*. Oproti klasickému členění borovice pokroucené na tři poddruhy se však navíc vyskytuje ještě čtvrtý významný shluk populací na jihovýchodě Alaberty, západě Oregonu a v Montaně. V citované práci bylo rozlišeno celkem 8 statisticky významně odlišných oblastí areálu. Semenářské oblasti jsou

specificky či alespoň obecně vymezeny v Britské Kolumbii, Washingtonu, Oregonu; Idahu, Montaně a Kalifornii (např. REHFELDT 1983, SORENSEN 1992, LINES 1996, FSN 2018). Změny vyvolané globálním oteplováním nepochybně způsobí celkovou redistribuci genotypů v krajině, což si zřejmě vyžádá úpravy doporučení pro obnovu lesa (REHFELDT et al. 1999).

AUDERS a SPICER (2012) charakterizují celkem 14 platných kultivarů a 11 užitých synonym. Ke známějším patří ‚Compacta‘, keř s temně až žlutozelenými jehlicemi, dále ‚Tristan Gold‘, keř s dlouhými žluto- až temně zelenými jehlicemi později přecházející ve stromovitý růst, ‚Span’s Dwarf‘, nízký nepravidelný keř (HIEKE 2008) a ‚Pendula‘ s převýslými větvemi (HIEKE 1994).

2.3 Ekologická charakteristika

Borovice pokroucená roste dobře na mírných svazích, v pánvích a kotlinách, ale také v drsných kamenitých terénech a na příkrých (vlhkých) svazích, horských hřebenech a obnažených štěrcích. Častější bývá na stanovištích se severní a východní expozicí (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Ve vnitrozemí, částečně i ve Skalitých horách a v severní části Yellowstonekého národního parku v USA dokáže na sterilních půdách přes svou světломilnost vytvářet husté pionýrské stejnověké a stejnorodé porosty, zejména pak na místech sežehnutých požáry, jejichž periodický výskyt zde brání získat převahu pomaleji rostoucím smrkům a jedlím. V západních horských pásmech dominantní nebývá, ale požářiště invaduje i zde. V jiných případech, zejména v pozdějších serálních sukcesních stádiích, je asociována s řadou jehličnanů západu. V severní pacifické pobřežní části tvoří směsi s *Thuja plicata* D. Don, *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg., *Pseudotsuga menziesii* subsp. *menziesii* (Mirbel) Franco, *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl. a *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Na severu areálu dále často roste s *Picea glauca* (Moench) Voss, případně s listnatými dřevinami (*Betula papyrifera* Marshall, *Populus tremula* L.), ve vyšších polohách s *Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr., *Picea engelmannii* Parry ex Engelm., *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *A. magnifica* A. Murr., *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf., *P. flexilis* James a *P. aristata* Engelm., ve vnitrozemské části areálu ve středních polohách např. s *Pseudotsuga menziesii* subsp. *glauca* (Mayr) A.E. Murray, *Larix occidentalis* Nutt., *Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl. a *Picea pungens* Engelm., v nižších polohách těžce části areálu pak s *Pinus ponderosa* P. & C. Lawson (CRITSCHFIELD 1980; PRESTON, BRAHAM 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007; FARJON 2010; FARJON, FILER 2013). Na jihu areálu v Kalifornii roste též ve směsi s *Pinus muricata* D. Don (LINES 1996). Na sušších svazích a na náhorních rovinách se nezdá vy-

skytuje s *Pinus monticola* Dougl. ex D. Don a s již zmíněnou *A. magnifica*. Na hranici lesa ji doprovázejí *Pinus albicaulis* Engelm. a *P. balfouriana* Grev. & Balf. (PILÁT 1964). Diverzita vzrůstá směrem k jihu, takže v Kalifornii je spolu s mnoha dalšími druhy složkou smíšených jehličnatých lesů a subalpínských jehličnatých lesů a luk. Protože jsou v těchto oblastech půdy mnohem bohatší a požáry vzácnější, *P. contorta* zde nedominuje (CRITSCHFIELD 1980; PRESTON, BRAHAM 2002; FARJON 2010; FARJON, FILER 2013).

Kromě účasti na primární sukcesi ve vulkanických pohořích a na požářištích je na suchých a bahnitých stanovištích zastoupena i ve společenstvech časných, středních a pozdních fází sekundárních sukcesních stadií. V sukcesi může zastávat úlohu: (1) komponenty stejnověkých porostů, která je rychle (během 50–200 let) nahrazena stín tolerantními společenstvy, (2) dominanty stejnověkých porostů s výrazným podrostem stín tolerantních druhů, která je nahrazena během 100–200 let, (3) dominanty stejnověkých porostů pouze s částečnou náhradou stín tolerantními druhy a (4) na určitých typech stanovišť čistých porostů jako jediný druh schopný stromovitého růstu (CRITSCHFIELD 1980; KLINKA 2002).

Roste na nejširší škále stanovištních podmínek ze všech severoamerických dřevin, od suchých písků v nižších polohách až po sezónně zamokřené horské louky (PRESTON, BRAHAM 2002). Na takovýchto typech luk tvoří v pohoří Sierra Nevada v Kalifornii ve 2000–2700 m n. m. čisté porosty. Ve vysokých polohách dosahujících i horní hranice lesa je však již značně deformována a má podobu k zemi přitisknutých keřů (PILÁT 1964). Je tolerantní k zaplavování (KLINKA 2002) a lze se s ní setkat v pobřežních, rašeliništních, mokřadních a bažinatých společenstvech, dále v jehličnatých, smíšených, suchých i horských lesích, na chudých písčinách, skalách a sutích (POKORNÝ 1963, CRITSCHFIELD 1980, KLINKA 2002). Na vlhkost půdy má střední nároky (POKORNÝ 1963), které se liší u jednotlivých ekotypů. Jižněji rozšířené *P. c.* subsp. *murrayana* a *P. c.* subsp. *contorta* var. *bolanderi* jsou na vláhu nenáročné a snášejí i v létě vysychavé půdy. Přímořský poddruh *P. c.* subsp. *contorta* navíc vyžaduje také vyšší vzdušnou vlhkost (ÚRADNÍČEK 2003). Požadavky borovice pokroucené na vodu jsou obecně větší než u *Pseudotsuga menziesii* a *Pinus ponderosa*, ale nižší než u *Picea engelmannii* a *Abies lasiocarpa* (MUSIL, HAMERNÍK 2007). K suchu je tolerantní (KLINKA 2002), nesnáší pouze vysychavé písčité půdy (SKALICKÁ 1988). Nejproduktivnější je na hlubších a bohatých půdách s vyváženou vlhkostí a pórovitostí (POKORNÝ 1963; ÚRADNÍČEK 2003; MUSIL, HAMERNÍK 2007). Dobře se jí daří na žulových, břidlicových a hrubých lávových podkladech. Sušším půdám na vápencovém podloží se vyhýbá (MUSIL, HAMERNÍK 2007), ale vzácně se vyskytuje i zde a na glaciálních morénových hlínách. Dokáže růst na kyselých, mokřadních, jílovitých, šterkovitých, horských, rašelinných, písčitých, hlinitopísčitých, prachových a bažinatých půdách, na pískovcích, kam-

bizemích, glejích, luvisolech, podzolovaných luvisolech, podzolech a regosolech (KLINKA 2002, ÚRADNÍČEK 2003).

Kořenový systém je variabilní, obvykle mělký, ale na dobře propustné půdě dochází k vývoji kúlového, resp. svazčitých kořenů. Vytváří vazby s ekto- i endomykorhizními houbami (MINORE 1979 ex KLINKA 2002; PRESTON, BRAHAM 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007).

Ke stínu a konkurenci vegetace není tolerantní. Vyžaduje přímé oslunění (LOTAN 1975 ex KLINKA 2002; PRESTON, BRAHAM 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007; SPELLENBERG et al. 2014), případně snese pouze slabý boční zástín (ÚRADNÍČEK 2003). Při nižším osvětlení má malý potenciál přirozené obnovy, ke které v takovém případě dochází pouze v suchém a chladném klimatu v porostních mezerách (PRACIAK et al. 2013). POKORNÝ (1963) ji charakterizuje jako poloslunnou dřevinu s o něco nižšími nároky na světlo než borovice lesní. Silná reprodukce nastává na plném slunci, typicky po požárech nebo po holoseči (PRESTON, BRAHAM 2002). V závislosti na původu je středně až zcela odolná k mrazu, kterému značně odolává ještě v Petrohradě a Finsku (POKORNÝ 1963). Odpovídající provenience jsou odolné i k zimnímu chladu, pozdním jarním mrazům, slaným větrům a znečištěnému ovzduší (SAVILL 2016). Poměrně mrazuvzdorný je i poddruh *P. c. subsp. murrayana* (BUSINSKÝ, VELEBIL 2011). Odolnost některých populací k imisím je výsledkem působení dlouhodobé evoluční abaptace (termín viz BEGON et al. 1997) v oblastech přirozeného areálu s bohatou vulkanickou činností (např. LOTAN et al. 1985; KAŇÁK 2001). Toleranci k působení SO₂ ve středoevropských podmínkách prokázaly pokusy založené ve 30. letech 20. století na německé straně Krušných hor (KANTOR 1980).

Obvyklou příčinou mortality během prvních let života semenáčků je sucho. Ztráty kolísají v závislosti na půdním typu a počtu jedinců. Nejvíce semenáčků klíčí i přežívá na narušené minerální půdě. Ztráty v důsledku sucha obvykle klesají po první růstové sezóně. Semenáčky borovice pokroucené jsou slabými kompetitory a konkurence s trávami je pro ně často nepříznivá (KLINKA 2002). Již malé změny klimatu jsou schopny výrazně ovlivnit přežívání populací a produktivitu porostů (REHFELDT et al. 1999). Ve Skandinávii ovlivňují produkci délka vegetačního období a sumární teplota za období růstu významněji než maximální letní teploty. V Kanadě však mají silnější vliv jiné faktory. S nárůstem teploty stoupá produkce v chladném klimatu výrazněji než v mírném (FRIES et al. 1998, 2000).

Šišky dozrávají více než 1 rok po opylení, ve vyšších polohách a ve vnitrozemí dříve než na pobřeží či v nížinách (PRACIAK et al. 2013). Ačkoliv jsou všechny subspecie vystavovány periodickým požárům, serotinnost šišek je proměnlivá napříč areálem i lokálně (LOTAN 1975 ex KLINKA 2002). U kalifornských populací v Sierra Nevadě (*P. c. subsp. murrayana*) a u pobřežních populací (*P. c. subsp. contorta*) per-

manentně uzavřené šišky buď zcela chybí, nebo jsou vzácné (MUSIL, HAMERNÍK 2007; ECKENWALDER 2013). Také v Oregonu převažují nesorotinní šišky (DAHMS 1963 ex KLINKA 2002). Serotinní uzavřené šišky jsou běžné u *P. c.* subsp. *latifolia* ve Skalistých horách, ale jejich podíl může klesnout i pod 50 % (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Tento typ šišek se akumuluje desetiletí (LOTAN 1975 ex KLINKA 2002), obvykle 10–20 let (PRACIAK et al. 2013). Otevírají se působením horka (PRESTON, BRAHAM 2002). Žár nutný k jejich otevření se pohybuje mezi 45 a 60 °C, poté je již rozevírání ovlivňováno hygroscopicky. Na otevřeném prostoru (např. po těžbě) se mohou šišky nacházející se blízko povrchu půdy (< 30 cm) otevřít i vlivem zvýšené insolace (PERRY, LOTAN 1977 ex KLINKA 2002). Kůra dospělých stromů je relativně tenká (do 2 cm). Po požárech však dochází k dobré regeneraci (SPELLENBERG et al. 2014), což je dáno nejen otevíráním serotinních šišek, ale i vysokou životaschopností semen, rychlým počátečním růstem a schopností vyrovnat se s širokou škálou půdních i dalších mikrostanovištních podmínek (PRACIAK et al. 2013).

Vzhledem k malé hloubce prokořenění je náchylná na větrné kalamity, zejména poté, kdy jsou porostní stěny otevřeny těžbou (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990). Silný vítr a těžký sníh mohou lámat či ohýbat stromy, zejména v přehoustlých porostech s vytvořenými úzkými korunami a silnou kompeticí v kořenové zóně. V takových porostech mohou škody ještě více narůst, pokud jsou stromy větru či zatížení sněhem vystaveny krátce po proředění (PRACIAK et al. 2013). V porovnání s borovicí lesní trpí borovice pokroucená rozlámáním korun sněhem mnohem méně (POKORNÝ 1963), k poranění a snížení kvality je však náchylnější (JONSSON 1978). Provenience z jižního pobřeží měly vysoký, lesnickými opatřeními neredukovatelný podíl bazálního zakřivení, které výrazně zvýšilo náchylnost k větru a těžkému sněhu. U proveniencí z vnitrozemí a ze severního pobřeží nebyly škody vyvolané těmito faktory tak vysoké (LINES 1996).

Husté rozlehlé porosty *P. contorta* jsou náchylné i ke škodám působeným hmyzem, na které obvykle po několika letech naváže nový požár. Ačkoliv se tedy jednotlivé stromy většinou nedožívají vysokého věku a nedorůstají velkých dimenzí, je druh tímto způsobem schopen konkurovat jiným dřevinám (SPELLENBERG et al. 2014). Nejběžnějším škůdcem je lýkohub *Dendroctonus ponderosae* Hopkins, který atakuje borovice v červenci a srpnu a šíří houbu *Grosmannia clavigera* (Rob.-Jeffer. & R.W. Davidson) Zipfel, Z.W. de Beer & M.J. Wingf. 2006, způsobující modrání dřeva. Dalším škůdcem je sosnokaz borový *Panolis flammea* (Denis & Schüffermiller, 1775), který je hlavním defoliátorem na severu Velké Británie (KLINKA 2002). Vážnější škody v Británii působí i hřebenule ryšavá *Neodiprion sertifer* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), tmavoskvrnák borový *Bupalus piniarius* (Linnaeus, 1758) a lýkohub sosnový *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758) (SAVILL 2016). V Americe je pak významným škůdcem parazitická rostlina *Arceuthobium americanum* Nutt.

ex Engelm., která v některých oblastech napadá až 50 % porostů. V mladých porostech se šíří rychlostí 0,3–0,5 m za rok (nejrychleji v hustých lesích), přičemž zvyšuje mortalitu, snižuje výškový a tloušťkový přírůst, kvalitu dřeva, produkci semen a celkovou vitalitu (KLINKA 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007). Jednou z nejdůležitějších houbových chorob je rakovina kmene vyvolávaná druhem *Atropellis piniphila* (Weir) M.L. Lohman & E.K. Cash 1940. Rakoviny kmene zapříčiněné rze-
mi se projevují zvýšenou mortalitou a poklesem přírůstu. Nejzávažnější z nich je rez vejmutovková *Cronartium flaccidum* (Willd.) Jørst. 1925. Rez *Endocronartium harknessii* (J.P. Moore) Y. Hirats. 1969 může zahubit semenáčky a sazenice (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990). Na výzkumné ploše v Německu se vyskytlo rakovinné onemocnění způsobené houbou *Crumenulopsis soronia* (P. Karst.) J.W. Groves, kdy byly významně méně napadeny provenience z pobřeží Washingtonu a z Britské Kolumbie (ŠI 1981). Dalšími houbovými patogeny jsou původci sypavek jako *Elytrodema deformans* (Weir) Darker 1932 a *Lophodermella concolor* (Dearn.) Darker 1967, původci kořenových hnilob jako václavka obecná *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. 1871 či kořenovník vrstevnatý *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. 1888 a dřevokazné houby jako ohňovec borový *Phellinus pini* (Brot.) Murrill 1905 a *Peniophora pseudopini* Weresub & I.A.S. Gibson 1960 (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990). Zdrojem větších škod jsou i houba *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet 1968 a jelení zvěr (SAVILL 2016). Zdá se, že zvěř je poškozována více než borovice lesní (JONSSON 1978).

Poznatky získané ve Švédsku dokládají, že provenience ze severu areálu byly k patogenům obecně odolnější než provenience původem z jihu. U jižních a pobřežních proveniencí se škody vyskytovaly téměř každoročně. Kořenové hniloby (*Heterobasidion annosum*, *Armillaria* sp.) byly bez ohledu na provenienci mnohem častěji zaznamenány ve 12–15letých porostech než v mladším věku (KARLMAN 1986).

2.4 Produkce dřeva a využití

Celkově jde o strom střední velikosti, výjimečně dosahující výšky 35 m a $d_{1,3}$ 60 cm (KLINKA 2002). Z dalších autorů uvádějí MUSIL a HAMERNÍK (2007) výšku (1–)10–25(–30) m, resp. $d_{1,3}$ 18–33(–50) cm, ÚRADNÍČEK (2003) výšku 10–25(35) m a často jen keřovitý růst, FARJON (2010) keřovitý či stromovitý růst s výškou až 50 m a $d_{1,3}$ 100–200 cm. AUDERS a SPICER (2012) udávají velikost od keřů, resp. křivolakých stromů na pobřeží severní Kalifornie až po více než 50 m vysoké stromy v Sierra Nevadě a subalpínském vnitrozemí severu Skalistých hor. ECKENWALDER (2013) lokalizuje miniaturní keře vysoké 10–20 cm na pobřežní stanoviště bez vytvoření

půdy. V Blue Mountains v Oregonu dorůstá ve 100 letech průměrné výšky 23 m a $d_{1,3}$ 30 cm, v Sierra Nevadě pak 28–30 m a 42 cm. Pobřežní stromy jsou menší (6–12 m, 15–50 cm). Trpasličí vzrůst s výškou ca 1 m (Mendocino County, Kalifornie) je zdůvodňován silně kyselým a trvale ztvrdlým podkladem. Dospělí jedinci ve Skalistých horách dosáhli většinou stáří 140 let a odpovídaly jim výšky 18–25 m, resp. $d_{1,3}$ 18–33 cm (LOTAN, CRITCHFIELD 1990).

Variabilita růstových ukazatelů má spojitost s taxonomickým členěním druhu na nižší úrovně. *P. c.* subsp. *contorta* s výrazně pokroucenými větvemi dorůstá v přirozeném areálu do výšky 10 m (POKORNÝ 1963). Podle PILÁTA (1964) jde o strom či keř s výškou 2–5, jindy 6–10 m. *P. c.* subsp. *latifolia* dorůstá 20–27(40) m (POKORNÝ 1963), většinou však do 25, řidčeji až do 50 m (PILÁT 1964). Největších výšek (40 m) nabývají jedinci na říčních náplavech v kanadské Albertě (POKORNÝ 1963). Podle FARJONA (2010) nabývají největších rozměrů (výška > 50 m, $d_{1,3}$ 200 cm) stromy poddruhu *P. c.* subsp. *murrayana* v Oregonu a Kalifornii. Dosahované dimenze a růst jsou však silně ovlivněny i porostní hustotou a environmentálními faktory (PRACIAK et al. 2013).

Kmen borovice pokroucené je rovný a válcovitý, tj. plnodřevný s malou sbíhavostí, což platí zejména v hustých porostech s malými a štíhlými korunami. Kmeny se v porostu špatně čistí, ale větve jsou tenké a krátké, takže kvalitu dřeva příliš nezhoršují (KLINKA 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007). V některých případech jsou kmeny křivolaké (FARJON 2010), na exponovaném pobřeží a hřebenech bývají stromy i vícekmenné, často s nepravidelnou korunou (AUDERS, SPICER 2012). Pobřežní provenience mají tendenci být větevnatější než vnitrozemské, a to bez souvislosti s výškovým růstem. Inklinují též k většímu počtu větví v přeslenu a k tvorbě větších větví odstávajících od kmenů v menších úhlech (CRITSCHFIELD 1980). Kůra je relativně tenká, do 2 cm (KLINKA 2002). Borka se u poddruhu *P. c.* subsp. *contorta* začíná tvořit již brzy v mládí, zatímco jedinci *P. c.* subsp. *murrayana* a *P. c.* subsp. *latifolia* mívají kůru prvních 40–50 let hladkou, a teprve později se u nich vytváří tenčí šupinatá borka (FÉR, POKORNÝ 1993).

Obecně se borovice pokroucená dožívá méně než 300 let (PRACIAK et al. 2013). MUSIL a HAMERNÍK (2007) uvádějí věk 200–500 let. Podle PRESTONA a BRAHAMA (2002) se může výjimečně dožít až 600 let, přičemž dospělosti dosahuje ve stáří 200–300 let. MASON (1915) ex CRITSCHFIELD (1980) považuje 250leté porosty ve Skalistých horách za neobvyklé a 300leté za vzácné. Jako nejstarší uvádí 450leté porosty z jihozápadní Montany. V Albertě byl dosažen maximální věk 375 let (HORTON 1956 ex CRITSCHFIELD 1980). Z východního Idaha zmiňuje LOTAN (1968) ex CRITSCHFIELD (1980) jedince starší než 400 let. Neobvykle staré stromy dosahující 315 let uvádí ze severní Britské Kolumbie GARMAN (1973) ex CRITSCHFIELD (1980), 346leté jedince z Colorada pak MILLS (1915) ex CRITSCHFIELD (1980). Na

jihu vnitrozemské oblasti je dosahováno významně nižšího stáří. Maximální věk v nízkých polohách severního Idaha se pohybuje v rozmezí 80–100 let (LOTAN 1976 ex CRITSCHFIELD 1980), u nejstarších stromů ve východním Oregonu bylo zjištěno stáří 173 let (TRAPPE, HARRIS 1958 ex CRITSCHFIELD 1980).

Především na západě Severní Ameriky jde o významnou až hlavní produkční dřevinu poskytující kvalitní dřevo, která má díky rychlému růstu, malé sbíhavosti kmene a tenké kůře větší objemovou produkci než řada jiných dřevin srovnatelné výšky a tloušťky ze stejné oblasti (KLINKA 2002, FARJON 2010, PRACIAK et al. 2013).

Počáteční růst (do 5 let) je rychlý a na produktivních stanovištích po třetí růstové sezóně převyšuje 50 cm ročně (KLINKA 2002). Akcelerace výškového přírůstu začíná na přirozených stanovištích dříve než u jiných dřevin (s výjimkou modřínů a jiných borovic). Ve 20 letech se průměrná výška pohybuje mezi 2–8 m. Během jedné vegetační sezóny mohou výhony prodělat dicyklický i polycyklický přírůst (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Přesto je celkový růst této borovice spíše pomalý (PRESTON, BRAHAM 2002) a definitivně začíná ochabovat v ca 80–120 letech (PRACIAK et al. 2013).

Průměrný roční přírůst starých nevychovávaných porostů ve Skalistých horách může kvůli velkému počtu malých jedinců a vysokému napadení parazitickým keřem *Arceuthobium americanum* dosahovat i jen 0,4–0,6 m³·ha⁻¹. Naproti tomu může celkový běžný přírůst po úpravě porostní hustoty a redukci parazitických rostlin vzrůst na 2,1–5,6 m³·ha⁻¹ (LOTAN, CRITCHFIELD 1990). Rozdíly v zásobě porostů tak mohou být velké. Ve Skalistých horách je v porostech s hustotou 1980 ks·ha⁻¹ udávána maximální produkce 280 m³·ha⁻¹, ale při 4450 ks·ha⁻¹ pouze 21 m³·ha⁻¹. V extrémním případě rostou v 70letých porostech s 247 000 ks·ha⁻¹ i jedinci s průměrnou výškou pouhých 1,2 m a bazální tloušťkou < 2,5 cm. V běžných případech dosahovala v dospělých porostech ve Skalistých horách zásoba 168–224 m³·ha⁻¹, ale jsou známy i porosty se zásobou převyšující 336 m³·ha⁻¹, které bylo dosaženo synergií vhodného počátečního počtu semenáčků, kvalitního stanoviště a absence *A. americanum* a lýkohuba *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (FOWELLS 1965; LOTAN, CRITSCHFIELD 1990). Z území Idaha a Montany jsou k dispozici např. údaje o průměrných ukazatelích porostů ve věku 80 a 140 let. V prvním případě dosahovaly při hustotě 1030 ks·ha⁻¹ výška 18 m, $d_{1,3}$ 20,6 cm a zásoba 285,6 m³·ha⁻¹, při hustotě 680 ks·ha⁻¹ pak 25,3 m, 26,7 cm a 448,7 m³·ha⁻¹. Další údaje o zásobě a počtu jedinců v přirozených porostech ve vztahu k jejich věku viz LOTAN a CRITCHFIELD (1990).

Na plantážích borovice pokroucené ve Velké Británii může při obmýtí 4–80 let dosahovat roční přírůst 4–14 m³·ha⁻¹ (KLINKA 2002). Průměrný výnos zde činí 6–10 m³·ha⁻¹·rok⁻¹ (s maximem 14 m³·ha⁻¹·rok⁻¹), v Irsku pak běžně i 18 m³·ha⁻¹·rok⁻¹ (SAVILL 2016).

Pokud jde o dřevo, je měkké, lehké až středně těžké, s hustotou 380–465 kg·m⁻³ (PRACIAK et al. 2013), resp. 470 kg·m⁻³ při 15% vlhkosti (SAVILL 2016). Má uspořádanou texturu, úzkou, téměř bílou až nažloutlou běl, která není ostře oddělena od žlutohnědého jádra (KLINKA 2002; PRESTON, BRAHAM 2002), často však bývá příliš sukovitě (PILÁT 1964). Má rovná dřevní vlákna, nízké kroucení sesycháním a poměrně homogenní strukturu. Podobá se dřevu borovice lesní, má však větší podíl jádrového dřeva. Není odolné k hnilobě při styku se zemí, přičemž k rozkladu dochází již v průběhu jednoho roku (SAVILL 2016). Je náchylné k atakům dřevokazného hmyzu (KLINKA 2002).

Vlastnosti dřeva v přírodních porostech jsou extrémně variabilní (CRITSCHFIELD 1980). Dřevo z pobřeží je hustší než z vnitrozemí a má více letního dřeva a pryskyřičných kanálků (SARGENT 1897 ex CRITSCHFIELD 1980). Také v Británii byly spolu s kratšími cévicemi vyšší podíl letního dřeva a vyšší hustota zjištěny u pobřežních proveniencí (HENDERSON, PETTY 1972 ex CRITSCHFIELD 1980). Podle jiných studií je však podíl letního dřeva pobřežních a vnitrozemských proveniencí srovnatelný (HARRIS 1971 ex CRITSCHFIELD 1980).

Z komerčního hlediska je dřevo středně významné (PRESTON, BRAHAM 2002). Hodí se ke stavebním a truhlářským účelům (PILÁT 1964). Dobře se hobluje, ohýbá, barví, vrtá a dlabě (MULLINS, MCKNIGHT 1981 ex KLINKA 2002). Zatímco běl dobře propouští konzervační látky, impregnace jádrového dřeva je obtížnější (KLINKA 2002, SAVILL 2016). Neimpregnované dřevo ovšem hnilobě podléhá velmi rychle (PILÁT 1964). Slouží k produkci pilařských výřezů a řeziva nižší kvality. Užívá se k výrobě lehkých stavebních konstrukcí, rámců, obkladů, pilířů, kůlů, tyčí, sloupů, sloupků, důlního dříví, železničních pražců, podlahových krytin, plotů, bran, beden, palet, nábytku, dřevotřískových desek, překližek aj. (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990; PRESTON, BRAHAM 2002). Moderní využití pro průmysl celulózy a kompozitních materiálů má vzrůstající trend (FARJON 2010), především u produkce z plantážního pěstování (HARDING 1988 ex KLINKA 2002), což zřejmě v lesnické praxi povede k upřednostňování pěstební podpory rychlého růstu v mládí (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990).

Z hlediska mimoprodukčního využití je tato pionýrská dřevina v Severní Americe pro svůj rychlejší růst a nenáročnost na půdu ceněna pro různé účely. Ve vulkanických pohořích se její vitality využívá k eliminaci vlivu klimatických extrémů a k ochraně půdy před erozí (CRITSCHFIELD 1980). Na Novém Zélandu je využívána na chladných stanovištích, protože toleruje mráz více než *Pinus radiata* D. Don a je též vhodnější k zabránění eroze půdy na svazích. Výrazná přirozená obnova zapříčinila nepříznivé reakce ze strany ochránců přírody a zemědělců, takže k širšímu využití pro daný účel nedošlo (LINES 1996). V Chile byla vysazena za účelem protierozní ochrany půdy na bývalých požářištích a pastvinách. V současnosti je zde pěstována pro komerční účely. Na místní podmínky se adaptovala tak dobře, že se

v Patagonii dokonce invazně rozšířila na přírodní stanoviště (LANGDON et al. 2010). Je uznávanou dřevinou při vysušování bažin. Na bohatých půdách v nížinách však není její pěstování atraktivní, protože ji zde jiné druhy předstihují v produkci i tvárnosti kmene. V Británii je pěstována ve vyšších polohách na nejchudších, zvláště bahnitých půdách (SAVILL 2016). Na Ukrajině, v Bělorusku a na severu Kavkazu roste dobře. Na jižním pobřeží Krymu se jí však nedaří (PILÁT 1964). V Evropě se v některých zemích zkouší i v lesních porostech (POKORNÝ 1963). Četné výsadby byly realizovány v 60. letech 20. století ve Švédsku. Pozornost vzbudila její schopnost růst na chudých, rekultivovaných stanovištích i v chladném klimatu. Pokusně byla využívána na imisních holinách. Občas plní funkci ochranné dřeviny na neúrodných sterilních půdách (FARJON 2010). Provenienční pokusy v Evropě doložily, že nemá tak vysoký produkční potenciál jako borovice lesní, ale v závislosti na provenienci vydrží větší zátěž mrazem a suchem (LINES 1996). Na západě Severní Ameriky se cení i její význam krajinářský, vodohospodářský a ekologický. Šťavnatou kůru využívali v minulosti Indiáni ke konzumaci (KLINKA 2002; MUSIL, HAMERNÍK 2007).

Ze sadovnického hlediska má borovice pokroucená menší dekorativní hodnotu (hezčí a větší stromy vytváří taxon *P. c. subsp. murrayana*). Působí netradičně a na menších prostorech dobře nahrazuje statnější borovici černou. Vysazuje se jako solitéra i ve skupinách, pro kontrast společně s listnáči. Snáší znečištění ovzduší, proto je častá v intravilánech měst, na navážkách aj. Využívá se v rekreačních lesích, parcích, zámeckých zahradách, podél komunikací a při rekultivacích (PILÁT 1964; SKALICKÁ 1988; FÉR, POKORNÝ 1993; ÚRADNÍČEK 2003; KAŇÁK 2006; HIEKE 2008; BUSINSKÝ, VELEBIL 2011).

Nejnovější shrnutí výsledků domácího provenienčního výzkumu podali FULÍN et al. (2017), NOVOTNÝ et al. (2017, 2018) a ČÁP et al. (2018). Pokud jde o hodnocení proveniencí (viz obr. 1) na třech výzkumných plochách ve věku 34 let, byly v podmínkách acidofilní doubravy na lokalitě Sofronka největší výšky zjištěny u poddruhu *P. c. subsp. contorta*, nejmenší pak u *P. c. subsp. murrayana*. U poddruhu *P. c. subsp. latifolia* s největším přirozeným areálem se zdá, že výšky proveniencí klesají podél gradientu geografické polohy jejich mateřských lokalit ve směru od oceánu do vnitrozemí. Rychlým růstem se vyznačují především provenience z pobřeží Washingtonu, Oregonu a Kalifornie. Podobný výsledek byl zjištěn na extrémně suchém stanovišti s minimem živin na lokalitě Mláka, kde dosahovaly nejlepších hodnot provenience 2089 Manzanita z pobřeží Oregonu (*P. c. subsp. contorta*) a 2091 Mount Hood z Kaskád Oregonu (*P. c. subsp. latifolia*). V Krušných horách na Chomutovsku však průměr převyšují převážně provenience *P. c. subsp. latifolia* ze středních nadmořských výšek. Z proveniencí poddruhu *P. c. subsp. contorta* se kladně osvědčila pouze oregonská 2099 Port Orford, z proveniencí příslušejících

P. c. subsp. murrayana pak 2098 Chemult také z Oregonu. Výsledky jsou srovnatelné s některými zjištěními publikovanými v Německu (MEYER 1963; STEPHAN 1976, 1980; HERING, IRRGANG 2005).

2.5 Využití v lesnických rekultivacích

Samostatným problémem je využívání borovice pokroucené při lesnických rekultivacích, které je od běžné obnovy lesa výrazně odlišné. Možnostmi využití lesních dřevin na extrémních stanovištích typu výsypek či rekultivovaných těžebních ploch v ČR se zabýval zejména DIMITROVSKÝ (např. 1982, 2000, 2001), ze zahraničních autorů pak např. KUZNETSOVA et al. (2009).

Výběr dřevin vhodných pro lesnické rekultivace je založen na hodnocení experimentálních výsadeb a poloprovozních pokusů. Předmětem sledování je řada faktorů. Lze k nim řadit: (1) přirozený výskyt dřeviny v dané oblasti, (2) ekologické vlastnosti dřeviny, (3) nároky na klimatické a půdní podmínky (zejména výskyt časných a pozdních mrazů či vícedenních období sucha), (4) pedologickou a hydropedologickou charakteristiku výsypkových zemín (zejména rozpětí pH, při kterém je posuzovaná dřevina vitální) a nezbytnost biologické meliorace, (5) ujímavost, vzrůst a vývoj dřeviny, resp. vitalitu růstu v monokulturách a směsích, (6) funkci dřeviny na výsypkovém stanovišti (humusotvorná, půdoochranná, meliorační, hygienická, estetická, hospodářská), (7) resistenci dřeviny k průmyslovým imisím, k biotickým a abiotickým činitelům a (8) zdravotní stav. Poznatky z těchto šetření je velmi obtížné srovnávat s výsledky z typických lesních porostů. Důležité jsou i otázky vytváření vhodných směsí, časové posloupnosti obnovy, výchovy, pěstební techniky a prostorové výstavby porostů (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1979; DIMITROVSKÝ 1999; DIMITROVSKÝ et al. 2008; KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011).

Specifikem lesnických rekultivací je především uměle vytvořený substrát ze skrývaných nadložních zemín postrádající pedogenetické znaky, ale často i kontaminace ovzduší průmyslovými imisemi, neznámé postupy zakládání a pěstování a obecně kusé znalosti reakcí dřevin na výsypkové lesní hospodářství (DIMITROVSKÝ et al. 1984). Heterogennost výsypkových materiálů neumožňuje jednotnou volbu zalesňovacích prací (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1979). Například na výsypkách Antonín a Velký Riesel jsou základním půdotvorným materiálem jíly tzv. vulkanodetritické a cyprisové série s různou formou zpevnění (kompaktní jíly, jílovité břidlice, jíly s lístkovitou odlučností a jílovité břidlice vypálené v historické době zemními požáry – erdbrandty). S výjimkou erdbrandtů jde o zeminy s příznivými chemickými vlastnostmi. Fyzikální vlastnosti jsou příznivé u jílu s lístkovitou odlučností

a u erdbrandtů, kdežto u jílovitých břidlic nepříznivé a u kompaktních jílu velmi nepříznivé (DIMITROVSKÝ 1982).

Z hlediska nároků na úpravu substrátu se jako nejvhodnější introdukované dřeviny osvědčily z listnáčů dub červený (*Quercus rubra* L.) a trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.), z jehličnanů pak borovice černá (*Pinus nigra* J.F. Arnold) a borovice pokroucená. Zejména obě jehličnaté dřeviny jsou spolu s modřínem opadavým (*Larix decidua* Mill.) vysoce tolerantní k extrémní půdní reakci ($\text{pH} < 3$) antropogenních podkladů i tam, kde nedokáže růst žádná běžná buřeň. Při zahrnutí dalších výběrových kritérií (např. tolerance ke klimatickým extrémům, rychlé odrůstání) však již borovice pokroucená mezi nejelitnější dřeviny nespadá (KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011).

První rekultivační výsadbu borovice pokroucené v ČR představuje semenný sad (4 ha) založený na výsypce Antonín západně od Sokolova. Osivo pro jeho založení pocházelo z Kanady (jedná se tedy o poddruh *P. c.* subsp. *latifolia*, který byl spolu s poddruhem *P. c.* subsp. *murrayana* dříve označován jako borovice Murrayova). Ze semen šišek sklizených v daném semenném sadu byly produkovány sazenice (potomstva 1. domácí generace) široce využívané v rámci rekultivací po hnědouhelne těžbě, v největším měřítku (ca 70 ha) na Velké loketské výsypce.

Borovice pokroucená vykazuje spolu s dalšími dřevinami z vyšších zeměpisných pásem na antropogenních půdních substrátech mnohem bohatší olistění, delší vegetační období a nižší transpiraci. Patří k souboru druhů s největším horizontálním prokořeněním profilu (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989). Může být jedním ze skutečně perspektivních jehličnanů vhodných pro účelové zalesňování antropogenních substrátů i tam, kde je ovzduší poměrně hodně kontaminováno SO_2 (DIMITROVSKÝ 1982). Spolu s některými dalšími druhy má při splnění požadavků na kvalitu sazenic a včasnou, dobře provedenou výsadbu i na takto specifických stanovištích téměř 100% ujímavost, kdy se úhyn bez ohledu na stáří sadebního materiálu pohybuje do 6 % (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989). Na půdních substrátech rekultivačního arboreta Antonín se s řadou dalších dřevin její vývoj neliší od vývoje na rostlých půdách (DIMITROVSKÝ et al. 1984).

Nejvhodnější sadební materiál borovice pokroucené pro jarní jamkovou výsadbu je 2–3letý, školkovaný, prostokořenný (DIMITROVSKÝ et al. 1986). V extrémních podmínkách lze aplikovat obalovanou sadbu (DIMITROVSKÝ 1999). Obdobně jako např. topolové kultivary vyžaduje borovice pokroucená větší spon sazenic. Jednoznačně u ní bylo prokázáno mělké vertikální prokořenění profilů. Z toho vyplývá, že pro zajištění stability jejích porostů proti vývratům na jílovitých antropogenních půdách je vhodné až nepostradatelné přimíšení listnáčů (DIMITROVSKÝ 1999). Ideální podmínky pro pěstování jehličnanů (*Larix*, *Pinus*) poskytuje krycí dřevina

habr obecný (*Carpinus betulus* L.), který vyžaduje jíly cyprisové série ve formě jílovitých břidlic nebo lístkovitých jílu. Habr má vysoký meliorační účinek (bohatý opad, dobré prokořenění), dobře kryje povrch půdy a zvyšuje infiltrační schopnost povrchových vrstev půdního profilu. Na biologicky neoživených půdách má však pouze keřovitý růst (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1979). Volba vhodných směsí listnáčů a jehličnanů je složitější než u čistě listnatých směsí. Při výběru jehličnanů je nutno brát v úvahu především jejich rezistenci (plasticitu) vůči průmyslovým imisím, zejména SO_2 . Na antropogenních stanovištích předurčují maximální zastoupení jehličnatých dřevin v porostech (20–40 %) půdotvorná hlediska. Pro pěstování jehličnanů jako jednotlivé příměsi (většinou v řadách) je zde žádoucí, aby měla listnatá dřevina v porovnání s jehličnatou přibližně stejnou nebo menší růstovou vitalitu. Tomuto kritériu vyhovují kromě zmiňovaného habru obecného např. lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.), dub letní (*Quercus robur* L.) či dub zimní (*Q. petraea* /Matt./ Liebl.). Pravidlo však neplatí pro směsi s borovicí pokroucenou (*P. c.* subsp. *murrayana*), borovicí vejmutovkou a douglaskou tisolistou, které od počátku vykazují velkou přírůstavost. Proto mohou být míšeny i s ostatními listnáči (olše, javory). Při zakládání směsí introdukovaných jehličnanů a listnatých dřevin skupinovým způsobem, tj. s okrajovou obnovou listnáčů, lze pak využít téměř všechny listnaté druhy vhodné pro antropogenní substráty. Z půdotvorného hlediska je nutno skupiny volit tak, aby byl zachován celoplošný meliorační vliv listnáčů (DIMITROVSKÝ et al. 1986; DIMITROVSKÝ 1999).

Nejmladší poznatky z oboru lesnické rekultivační problematiky se týkají pěstebních a výchovných zásahů. Nejvhodnější je zakládání, resp. výchova smíšených porostů v hloučcích nebo skupinách. Přednosti se projevují především tím, že odpadávají práce spojené s uvolňováním jehličnanů od zástinu listnáčů během prvního decenia. Skupiny listnatých dřevin vytvářejí velmi dobrou okrajovou ochranu (zlepšují vlhkostní a mikroklimatické podmínky), díky které mají skupiny jehličnanů rovnoměrný přírůst. Pro přeměnu krátkodobých i dlouhodobých přípravných porostů lze s úspěchem použít podsadbou jehličnanů (včetně *P. contorta*), a to formou kotlíkové, pruhové, klínové, clonné či kombinované seče (DIMITROVSKÝ 1999). Zakládání smíšených listnato-jehličnatých porostů je reálné za předpokladu, že bude zachována převaha listnatých dřevin (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989).

Jehličnaté porosty tvořené hluboce kořenícími dřevinami mají v rámci různověkých porostů na jílovitých substrátech výsypek nejnižší stabilitu. Týká se to především různých druhů borovic, včetně borovice pokroucené. Srovnávací zkoušky ukázaly, že na tloušťku kosterních a především kotevních kořenů má u této dřeviny kladný vliv volba širšího sponu 4 × 4 m. Příčinou je skutečnost, že jsou v takovém případě porosty od mládí vystavovány nepříznivým povětrnostním podmínkám, hlavně větru (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989).

Na výsypce Velký Riesel na Sokolovsku byla v roce 1973 borovice pokroucená vysazena v mezipruzích do olše lepkavé (*Alnus glutinosa* /L./ Gaertn.) a pro srovnání jako podsadba 10letého přípravného chemicky redukovaného (přibližně na 50 %) porostu olše šedé (*A. incana* /L./ Moench.). V roce 1979 dosahovala výška borovice pokroucené v mezipruzích olše lepkavé 298,6 cm, zatímco u podsadby do redukované olše šedé 272,2 cm (DIMITROVSKÝ 1982). Experimentální kombinace borovice pokroucené s olší lepkavou se ukázala jako velmi vhodná (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989).

Na terciérních substrátech lze v porovnání s kvartérními u borovice pokroucené uvažovat vyšší průměrný roční přírůst (DIMITROVSKÝ 1999). Přírůst introdukovaných jehličnanů v řadě případů odpovídá 1. až 2. bonitě. Největší byl zjištěn u porostů borovice černé, borovice pokroucené Murrayovy, borovice vejmutovky, douglasky tisolisté a jedle obrovské, obnovovaných přeměnou přípravných olšových monokultur (DIMITROVSKÝ et al. 1986).

V rámci produkčního výzkumu na rekultivované výsypce Antonín na Sokolovsku bylo v monokultuře borovice pokroucené s průměrnou výškou 15 m a výčetní tloušťkou 21 cm ($n > 100$) pokáceno 10 vzorníků. U všech 10 vzorníků dosáhl přírůst své maximální hodnoty již v 1. polovině životnosti dřeviny (u většiny dokonce již v první třetině). Výčetní tloušťky vzorníků kolísaly mezi 18,1–19,7 cm (průměr 19,0 cm). Běžný tloušťkový přírůst činil 2,7–12,9 mm, průměrný tloušťkový přírůst 6,3–9,5 mm (ŠTRUDL 2016). Podobné hodnoty zjistil BAŽANT (2010) na výsypkových stanovištích Mostecké pánve u dvou vzorníků borovice lesní se shodnou výčetní tloušťkou 10,2 cm. Běžný tloušťkový přírůst vzorníků měl hodnoty 10,0 a 11,0 mm, průměrný tloušťkový přírůst pak 5,0 a 5,5 mm.

2.6 Pěstební aspekty

Růstové vlastnosti borovice pokroucené se mohou lišit nejen v závislosti na poměrech stanoviště výsadby, ale i podle užitého poddruhu, resp. provenience. Rozdíly v produkci mezi poddruhy i proveniencemi byly v našich podmínkách potvrzeny na výzkumných plochách (FULÍN et al. 2017; NOVOTNÝ et al. 2017, 2018; ČÁP et al. 2018), na kterých však záměrně nebyl do věku hodnocení (34 let) realizován výchovný zásah. Získané výsledky tak sice umožňují doporučit pro určitá stanoviště k potenciálnímu širšímu využití provenience s nejvyšší hektarovou zásobou, pokud by se však prováděla běžná lesnická výchova, mohlo by být jejich pořadí v dosahované produkci do určité míry odlišné. Literatura nespecifikuje pěstební zásahy

podle jednotlivých poddruhů borovice pokroucené, proto nejsou diferencovány ani v této podkapitole.

V přirozeném areálu poskytují porosty životaschopná semena již v 5–10 letech (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990), samčí šištice však byly ve školce zjištěny i na 2letých semenáčcích (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Semenné roky nastávají v 1–3letých intervalech, takže produkce reprodukčního materiálu je dostatečná (LOTAN, CRITSCHFIELD 1990). Jako zdroj semen může být využit i těžební odpad větví s uzavřenými šiškami. Serotinní šišky produkují 100–200 tis. semen·ha⁻¹·rok⁻¹ (celková zásoba může být až 10× vyšší). Nesorotinní šišky produkují 35 tis. až 1,2 mil. semen·ha⁻¹·rok⁻¹. Jedna šiška (Skalisté hory) má přibližně 10–24 vyvinutých semen, jeden dospělý strom několik set až několik tisíc šišek (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Šišky dozrávají v srpnu až říjnu, více než 1 rok po opylení. Sypavost je sice v odlišných přírodních podmínkách (u různých proveniencí) rozdílná, nicméně i nízké hodnoty tohoto ukazatele postačují pro zajištění potřebného množství osiva. V Británii (ALDHOUS 1972 ex SAVILL 2016) je z 1 kg získáváno 245–364 tis. semen, z nichž je ca 270 tis. životaschopných. U různých proveniencí je však třeba počítat s rozdílným zastoupením serotinních šišek, které se ve venkovních podmínkách otevírají až po vystavení velkému žáru (KLINKA 2002). Při získávání osiva pro účely umělé obnovy v luštírnách je problém technologicky řešitelný.

Klíčení probíhá nejlépe na minerální půdě bez konkurence buřene a na plném slunci (KLINKA 2002). Za příznivých podmínek (teplota 8–26 °C, odpovídající vlhkost) je rychlé a téměř 100%. Semena se v půdě většinou dlouhodobě neuchovávají. Semenačky jsou relativně tolerantní k extrémním teplotám. Jejich přežívání je obdobně jako klíčení inhibováno zastíněním, konkurencí a nedostatkem vláhy. Příprava osiva stratifikací ve školkách není nutná. Vegetativně lze borovici pokroucenou množit roubováním i řízkováním, včetně mikropropagace *in vitro*. V přírodě byly pozorovány i výmladky. Výrazné zvýšení růstu lze dosáhnout hnojením (MUSIL, HAMERNÍK 2007).

Průměrná obnova zajišťující plné využití stanoviště je 2470 ks·ha⁻¹ s následnou redukcí za účelem dosažení vhodného sponu. Pokud jsou jedinci rovnoměrně rozmístěni, neměl by jejich počet ve věku 5–20 let přesáhnout 1200–2000 ks·ha⁻¹ (KLINKA 2002). Při umělé obnově by měly být využívány minimálně dvouleté kontejnerované sazenice, protože většina jednoletých semenáčků nemá ještě dostatečně rozvinutý kořenový systém, což ovlivňuje jejich vitalitu a stabilitu. Podrobnější zkoumání dále potvrdilo, že vývoj kořenů závisí i na původu osiva (LINES 1996).

V raných fázích vývoje porostů borovice pokroucené je obecným problémem jejich přehoustnutí, které může vést k růstové stagnaci, zvláště na chudých a suchých sta-

novištích (REHFELDT et al. 1999). Pěstování na husto však zároveň zlepšuje kvalitu dříví (JONSSON 1978). Zdá se, že růst této borovice závisí více na hustotě porostu než na podmínkách prostředí (REHFELDT et al. 1999). Úprava porostní hustoty mladých porostů je nejlepší možností zvyšování produkce ze všech známých opatření, neboť kulminace celkového objemového přírůstu nastává v silně stagnujících porostech již ve 40 letech a v přehoustlých, ale nepřilíš stagnujících porostech mezi 50 a 80 roky. Na chudých stanovištích a v hustých porostech je výchovný zásah potřebný již po 10 letech. Husté porosty mají sice vysokou samočisticí schopnost a malé požadavky korun na prostor, s věkem však narůstá obtížnost zvyšování jejich kvality výchovou (COLE 1975 ex KLINKA 2002). Probírka přehoustlých a stagnujících porostů může obnovit růstový potenciál a docílit produkce obchodně dobře uplatnitelných sortimentů (COLE 1975 ex KLINKA 2002). Provedené srovnání podílu obchodovatelného dříví získaného z vychovávaného porostu a z porostu bez výchovy po 25 letech vývoje ukázalo, že vychovávaný porost v tomto ukazateli převyšoval porost bez výchovy o 460 % (JOHNSTONE 1981).

Zejména v přehoustlých porostech s úzkými korunami a silnou kompeticí kořenů může docházet ke škodám působeným silným větrem a těžkým sněhem, které jsou příčinou zlomů a ohnutí kmenů (KLINKA 2002; PRACIAK et al. 2013). Kalamitní dříví je nutno vzhledem k rychlému rozkladu při styku s půdou zpracovat v průběhu jednoho roku (SAVILL 2016). Je proto důležité zvažovat sílu probírek, neboť výrazné proředění může rozsah tohoto typu škod podstatně zvýšit. Tloušťkový růst obvykle nejvíce akceleruje po silných zásazích, zatímco hodnoty objemového přírůstu a přírůstu na výčetní kruhové základně se obvykle zvyšují po slabších probírkách (KLINKA 2002; PRACIAK et al. 2013).

Borovice pokroucená může být pěstována v monokultuře i ve smíšených porostech (PRACIAK et al. 2013). Pro docílení dobře využitelných sortimentů je vhodná směs smrk–borovice–jedle (KLINKA 2002). Dobu obmýti lze vzhledem k růstovému poklesu v 80–120 letech teoreticky stanovit na 90 let. V důsledku propustnosti světla bývá pod korunami dospělých porostů na některých stanovištích dobře vytvořeno vegetační patro, což může působit komplikace při jejich rozpracování za účelem přirozené obnovy (PRACIAK et al. 2013). Clonné seče obvykle nejsou dostačující (MUSIL, HAMERNÍK 2007). Za nejlepší obnovní způsob je považována holá seč, v určitých případech v závislosti na stanovišti a hospodářských cílech i skupinovitě výběrná seč (PRACIAK et al. 2013). Optimální je zřejmě vytvořit v mateřském porostu násek a v návaznosti vhodným způsobem připravit půdu. Reakce na uvolnění je však podle literatury (KLINKA 2002) z pohledu regenerace velmi pomalá (více než 10 let). V případě potřeby by proto měla být včas v příslušné části náseku provedena těžba za účelem rozvolnění zápoje korun. Takto připravené podmínky by v semenném roce měly zajistit bohaté přirozené zmlazení.

V Británii byla borovice pokroucená dříve využívána jako krycí dřevina, obvykle ve směsi se smrkem sitkou (SAVILL 2016), kde omezuje přizemní vegetaci, tvoří slabší větve a neroste tak energicky, aby smrk předrůstala (LINES 1996). Často však rychlý růst borovic působil problémy, kdy byly smrky potlačovány až zcela eliminovány. Na některých bahnitých stanovištích byl však u této směsi popsán do té doby neznámý a dosud zcela neobjasněný „pečovatelský“ efekt, kdy v krytu borovic (zejména aljašské provenience) dosahoval smrk sitka o několik tříd vyšší produkce než při pěstování v monokultuře. Tento mechanismus pravděpodobně souvisí s příjmem dusíku a mykorhizními ekologickými vztahy (SAVILL 2016).

2.7 Možnosti využití v ČR

Podnebí střední Evropy snáší borovice pokroucená dobře a zejména v mládí poměrně rychle roste. Nejčastěji jsou zde pěstovány *P. c.* subsp. *latifolia* a *P. c.* subsp. *murrayana*. Hodí se pro chudší písčité až sterilní, suchá až čerstvá, slunná stanoviště. Je odolná zejména v dubovém až bukovém vegetačním stupni, ale pro lesnické využití se s ní uvažuje i v podhorských oblastech. Je spolehlivě mrazuvzdorná, značně odolná proti sněhovým polomům, horku a sypavce. Na rozdíl od původních vysokohorských lokalit některých proveniencí (kolem 2800 m n. m.) nemá druh v běžných středoevropských lesích dostatek vzdušné vlhkosti, což se může projevit až po určité době od výsadby. Záleží na provenienci a konkrétních genotypech, zda se s novými podmínkami vyrovnají. Dosavadní pokusné aplikace této dřeviny v lesích (např. Krušné hory) lze považovat za zdařilé. Německé pokusy ukázaly, že s ní lze např. vylepšovat víceleté kultury smrku. Její doplňování do směsí je však z důvodu rychlého růstu vhodné až o 4–6 let později. Monokultury této dřeviny je nutno sázet v hustším zápoji, protože při volnějším sponu rozkládá větve a utlačuje sousední stromy (POKORNÝ 1963; PILÁT 1964; KANTOR 1978; FÉR, POKORNÝ 1993; HIEKE 1994; ÚRADNÍČEK 2003; HIEKE 2008).

Půdu nekryje jako smrk, její porosty jsou prosvětlené, rozvíjí se v nich přizemní vegetace, dochází k intenzivnějšímu rozkladu povrchového humusu, vyššímu vyplavování dusičnanů, větším ztrátám K, Mg, Ca, a tedy k acidifikaci půdního prostředí. Z půdoochranného hlediska je proto vhodná pouze na lokality, kde není schopen existence smrk (PODRÁZSKÝ et al. 2003, 2004; PODRÁZSKÝ 2006). Pro chudá stanoviště nižších poloh se vzhledem k poznatkům z výzkumných ploch v ČR zdá být vhodnější pobřežní poddruh *P. c.* subsp. *contorta*, který však bývá ve střední Evropě pěstován spíše jen výjimečně (POKORNÝ 1963; SKALICKÁ 1988). Jde o odolnou piňovskou dřevinu vhodnou do imisních oblastí (FÉR, POKORNÝ 1993; ÚRADNÍČEK

2003). Ve srovnání s domácími i introdukovanými borovicemi toleruje zejména vyšší dávky SO₂ (SKALICKÁ 1988). Na druhé straně je relativně citlivá k znečištění F₂ a HF (HIEKE 1994). Škody zvěří nebývají považovány za příliš významné (ÚRADNÍČEK 2003), nicméně v pokusných výsadbách v Krušných horách je pro tuto borovici jelení zvěř hlavním problémem (KANTOR 1978; MUSIL, HAMERNÍK 2007). WEGER (1999) považuje *P. c. subsp. latifolia* za odolnou a flexibilní dřevinu schopnou opakované regenerace po mechanickém poškození. Vzhledem k vysoké vnitrodruhové variabilitě autor předpokládá možnou budoucí selekci genotypů (populací) na základě estetických či růstových hledisek (např. selekce jedinců s hustými kompaktními korunami nebo proveniencí s rychlým růstem a širokým větvením – Clearwater, Crowsnest Forest aj. – vhodných pro rychlé a úsporné zalesnění stanoviště nepřiznivých lokalit).

Na základě kritického posouzení shromážděných informací, které jsou náplní předchozích kapitol, je potenciál případného budoucího širšího lesnického využívání borovice pokroucené v regionu střední Evropy schematicky shrnut v tabulce 2. Principem je posouzení míry přítomnosti, resp. nepřítomnosti charakteristických vlastností, které jsou pro lesnickou využitelnost podstatné.

Tab. 2: Zhodnocení důležitých rozhodovacích kritérií pro potenciální lesnické využití borovice pokroucené v ČR

Dřevina/Kritérium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Pinus contorta</i>	0	+	++	–	+	+	0	++	?	+	+

Kritérium: 1 produkční schopnost, 2 využitelnost dřeva, 3 vhodnost pro různé typy stanovišť, 4 meliorační účinky, 5 odolnost k suchu, 6 odolnost k ostatním abiotickým faktorům (mráz, sníh, vítr aj.), 7 odolnost k biotickým škůdcům, 8 křížitelnost s domácími druhy, 9 invazibilita, 10 vhodnost do směsí, 11 schopnost přirozené obnovy

Projev dřeviny (podle současné úrovně znalostí): ++ velmi pozitivní, + pozitivní, 0 neutrální, – negativní, – – velmi negativní, ? neznámý

Výše uvedené subjektivní hodnocení lze podpořit následujícími poznámkami k jednotlivým kritériím. 1: Borovice pokroucená sice nedosahuje výjimečné kvality, některé její provenience se však vyrovnají borovici lesní. Zcela negativní hodnocení tak není opodstatněné. 2: Dřevo má větší jádro a užší běl, tj. působí dekorativně a lze ho využít pro obklady a moření. Má tedy dobrou využitelnost, i když ne pro stavební a konstrukční účely. 3: Široká ekologická valence druhu umožňuje využití příslušných proveniencí na mnoha typech stanovišť. 4: Jako zástupce borovic okyseluje půdu a humifikace jejího opadu je nedokonalá. 5: K suchu je odolná, což platí zvláště u některých proveniencí. Tato skutečnost se v ČR potvrdila mj. v extrém-

ních podmínkách výzkumné plochy Mláka. 6: V porostech má stabilizační význam. K mrazu je v regionu střední Evropy poměrně odolná. Dobře odrůstá i v horských podmínkách (Krušné hory), i když se i u ní vyskytuje určitý podíl prolámání korun. 7: Hmyzí škůdci jsou obdobní jako u borovice lesní, závažné škody u ní zatím nebyly pozorovány. 8: Kříží se pouze s borovicí Banksovou, hybridizace se středo-evropskými druhy borovic není doložena. 9: Uplatňování pionýrské strategie druhu známé ze Severní Ameriky zatím nebylo ve střední Evropě zkoumáno. 10: Vynikající směsi je schopna tvořit s habrem obecným, z dalších listnáčů je vhodný např. dub červený. Ve směsích však vyžaduje větší osluněný růstový prostor (spon). 11: Přírodní obnova se dostavuje, podrobnější znalosti však zatím dostupné nejsou.

Pokud jde o význam borovice pokroucené z pohledu lesnických rekultivací, je považována za jednu z nejlépe vyhovujících dřevin (např. DIMITROVSKÝ 1982, 1999, 2000; DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1989). V ČR se osvědčila při zalesňování neúrodných jílovitých půd, např. hnědouhelných výsypek v Podkrušnohorské pánvi a v horním Poohří nebo při rekultivaci vytěžených rašeliníšť v Třeboňské pánvi. Dosažená zjištění celkově naznačují, že je na substrátech s nedostatkem živin schopna nejen přežít, ale vytvořit i zapojený porost. Např. ŠTRUDL (2016) u ní kromě schopnosti utvořit zápoj vyzdvihuje i snášenlivost nehostinných prostředí, rychlost přivykání k substrátu a povahu počátečního růstu. I přes pozdější růstové zpomalení uvažuje na základě analýzy přírůstu, kdy byly zjištěny vyhovující dimenze, s širším potenciálem využití druhu.

Souhrnné zhodnocení vybraných druhových charakteristik na základě výsledků tzv. „české“ rekultivační školy, která se začala profilovat po 2. světové válce, uvádí tabulka 3.

Tab. 3: Zhodnocení důležitých rozhodovacích kritérií pro potenciální rekultivační využití borovice pokroucené (DIMITROVSKÝ, VESECKÝ 1979; KUPKA, DIMITROVSKÝ 2011)

Dřevina/Kritérium	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>P. c. subsp. latifolia</i>	ne	ano	ano	výborná	ne	stromovitý	ano	bohaté

Kritérium: 1 náročnost na úpravu substrátu, 2 náročnost na mikroklima, 3 tolerance k imisní zátěži, 4 vitalita růstu, 5 požadavek na biologickou přípravu substrátu, 6 vzrůst, 7 náročnost na ochranu proti okusu, 8 olistění

Pozitivní ověření druhových vlastností borovice pokroucené na extrémních stanovištích lesnických rekultivací může být do určité míry vodítkem i pro její výběr do druhového spektra výsadeb příměstské zeleně v průmyslových aglomeracích, ochranných lesních pásů aj. (DIMITROVSKÝ 1999).

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Ekologická charakteristika a definování stanovištních nároků borovice pokroucené jsou založeny na nejnovějších poznatcích publikovaných v domácí i zahraniční literatuře. Formulovaná doporučení vycházejí z aktuálních výsledků provenienčního výzkumu (FULÍN et al. 2017; NOVOTNÝ et al. 2017, 2018; ČÁP et al. 2018), resp. v případě zalesňování antropogenních substrátů ze sumarizace mnohaletých zkušeností získaných při projektování a praktické realizaci lesnických rekultivací (DIMITROVSKÝ 2001 aj.). Prezentace problematiky alternace druhové skladby hospodářsky využívaných dřevin zároveň reaguje na projevující se změnu klimatických podmínek v Evropě, která již hospodaření v lesích v současnosti ovlivňuje a do budoucna bude dále nabývat na významu.

4 POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Borovice pokroucená je pro lesnické využití v ČR zajímavá zvláště díky své odolnosti vůči biotickým i abiotickým činitelům (např. suchu) a dále díky svým výrazným pionýrským vlastnostem, včetně schopnosti kolonizovat plochy narušené lidskou činností. V lesnických rekultivacích jde již nyní o jednu z nejlépe osvědčených introdukovaných dřevin, která kromě základních požadavků dokáže uspokojivě plnit i funkci produkční. Do budoucna se bude s ohledem na předpokládaný postup klimatických změn její význam nepochybně zvyšovat, a to s ohledem na schopnost určitých proveniencí odrůstat na stanovištích, která jsou již dnes pro pěstování domácích lesních dřevin, včetně borovice lesní, nepříznivá. Jde na jedné straně o extrémně suché, chudé a výhřevné lokality na písčitých půdách stanovišť borů a acidofilních doubrav, na druhé straně pak o horské oblasti. Daný druh bude možné využívat i v rámci rekultivací, výsadeb městské zeleně či na dalších místech s antropogenně znečištěným ovzduším.

Předložený text mohou jako zdroj užitečných informací využít zejména odborní lesní hospodáři, vlastníci a správci obecních, církevních či soukromých lesů a pracovníci státní správy lesů a ochrany přírody a krajiny. Uplatnění nalezne i u pedagogických pracovníků a studentů lesnický a biologicky zaměřených vzdělávacích institucí, pracovníků lesnického či rekultivačního výzkumu i u širší lesnické veřejnosti.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Vyčíslení přínosů využívání borovice pokroucené v měnicích se vnějších podmínkách s vlivem na lesnické hospodaření a rekultivační projekty je jen obtížně proveditelné. Pokud však dojde k naplnění scénářů předpokládaných změn základních klimatických charakteristik v regionu střední Evropy, může její produkční význam v budoucnu vzrůst. Řada proměnných prostředí, které ovlivňují růstové charakteristiky, ekologickou prosperitu dřevin a jejich hospodářsky významné vlastnosti, je nestabilní, což ztěžuje predikci možného budoucího peněžního zhodnocení produkovaných sortimentů. Např. zjištěná zásoba borovice pokroucené v přírodních podmínkách borových stanovišť Montany a Idaha ve věku 20 let dosahovala $16,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, v 50 letech pak $144,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (LOTAN, CRITCHFIELD 1990), čemuž by interpolací na věk 34 let, ve kterém byly hodnoceny provenienční výsadby v ČR, odpovídala hodnota ca $76 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Na jihočeské lokalitě Mláka (FULÍN et al. 2017) byla tato hodnota u většiny z dvaceti proveniencí překročena, sedm jich pak mělo zásobu nižší a jedna shodnou. Provedené srovnání růstových ukazatelů borovice pokroucené s borovicí lesní na stanovištích kyselé smrčiny, chudých písků a bukové doubravy (KANTOR 1980; FULÍN et al. 2017) pak ukázalo, že se domácímu druhu vyrovnají pouze nejlepší provenience introdukované dřeviny. Konkrétně na lokalitě Mláka dosahuje podle LHP relativní bonita borovice lesní hodnot 2–3. Naproti tomu relativní bonita provenience borovice pokroucené 2089 Manzanita s nejvyšší zásobou $175 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ odpovídá podle tabulkových údajů pro borovici lesní (ČERNÝ et al. 1996) hodnotě 4, což je na daném stanovišti zajímavý výsledek. Průměrná relativní bonita proveniencí borovice pokroucené odpovídá stupni 6, u nejpomaleji rostoucí provenience pak stupni 9 (FULÍN et al. 2017). Jiné výsledky však poskytl srovnávací výzkum s borovicí lesní a smrkem ztepilým na sérii výzkumných ploch v Německu (ROHMEDEK, MEYER 1952), kdy ve věku 23 let borovice pokroucená jednoznačně obě domácí dřeviny předrůstala. Borovice pokroucená má tedy podle dosavadních poznatků rychlý počáteční růst, který KAŇÁK (1996) předpokládá do dosažení věku 25 let s následným zahájením růstového poklesu. Podle ročních výškových přírůstků vypočtených z datových řad měření na výzkumné ploše Kovářská (KAŇÁK 1996, 2001; ČÁP et al. 2018) se však zdá, že ke kulminaci u *P. c. subsp. contorta* a *P. c. subsp. latifolia* došlo již mezi 15. a 19. rokem, zatímco u *P. c. subsp. murrayana* dosud pravděpodobně nenastala. K ekonomicky příznivým druhovým vlastnostem dále patří dobrá využitelnost dřeva, široká ekologická valence, stabilizační funkce v porostech, relativní odolnost k mrazu, dosavadní absence výskytu závažných škůdců a vhodnost pro tvorbu směsí. Na substrátech s nedostatkem živin nejen přežívá, ale dokáže zde vytvořit i zapojený porost.

6 DEDIKACE

Metodika je výsledkem institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0118 a výzkumného projektu MŠMT COST č. LD13009. Podíly autorů jsou následující: P. Novotný (60 %), M. Fulín (30 %), K. Dimitrovský (10 %).

7 LITERATURA

7.1 Seznam použité související literatury

- AUDERS A.G., SPICER D.P. 2012. *Encyclopedia of conifers: A comprehensive guide to cultivars and species. Vol. II.* Nicosia, Royal Horticultural Society: 781–1507 s.
- BAŽANT V. 2010. *Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve (Severočeské hnědouhelné pánve).* Disertační práce. Praha, Fakulta lesnická a dřevařská České zemědělské univerzity v Praze: 118 s.
- BEGON M., HARPER J.L., TOWNSEND C.R. 1997. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva.* Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci: 949 s.
- BUSINSKÝ R. 2008. The genus *Pinus* L., pines: contribution to knowledge : A monograph with cone drawings of all species of the world by Ludmila Businská. *Acta Pruhoniciana*, 88: 126 s.
- BUSINSKÝ R., VELEBIL J. 2011. *Borovice v České republice. Výsledky dlouhodobého hodnocení rodu Pinus L. v kultuře v České republice.* Průhonice, VÚKOZ: 180 s.
- CRITCHFIELD W.B. 1980. Genetics of lodgepole pine. *USDA Forest Service Research Paper*, WO-37: 57 s.
- ČERNÝ M., PAŘEZ J., MALÍK Z. 1996. *Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub).* Jílové u Prahy, IFER – Ústav pro výzkum lesních ekosystémů: 254 s.

- DANCIK B.P., YEH F.C. 1983. Allozyme variability and evolution of lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) and Jack pine (*Pinus banksiana*) in Alberta. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 25: 57–64.
- e-AGRI. 2018. *Lesní hospodářské plány a osnovy*. [cit. 2018-08-16]. Dostupné na WWW: <http://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/sil-d5.cshtml>
- ECKENWALDER J.E. 2013. *Conifers of the world: the complete reference*. Portland–London, Timber Press: 720 s.
- FARJON A. 2010. *A handbook of the world's conifers. Vol. II*. Leiden–Boston, Brill: 529–1111.
- FARJON A., FILER D. 2013. *An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status*. Leiden–Boston, Brill: 512 s.
- FÉR F., POKORNÝ J. 1993. *Lesnická dendrologie. I. část. Jehličnany*. Písek, VŠZ – lesnická fakulta Praha a Matice lesnická: 131 s.
- FORREST G.I. 1980. Geographical variation in the monoterpenes of *Pinus contorta* oleoresin. *Biochemical Systematics and Ecology*, 8: 343–359.
- FORREST G.I. 1981. Geographical variation in oleoresin monoterpene composition of *Pinus contorta* from natural stands and planted seed collections. *Biochemical Systematics and Ecology*, 9: 97–103.
- FOWELLS H.A. 1965. *Silvics of forest trees of the United States*. Agriculture Handbook, 271. Washington, Forest Service: 762 s.
- FRIES A., RUOTSALAINEN S., LINDGREN D. 1998. Effects of temperature on the site productivity of *Pinus sylvestris* and lodgepole pine in Finland and Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13: 128–140.
- FRIES A., LINDGREN D., YING C.C., RUOTSALAINEN S., LINDGREN K., ELFVING B., KARLMATS U. 2000. The effect of temperature on site index in western Canada and Scandinavia estimated from IUFRO *Pinus contorta* provenance experiments. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 921–929.
- FRÝDL J., ŠINDELÁŘ J. 2004. Šlechtění a introdukce dřevin v ekologicky orientovaném LH. *Lesnická práce*, 83 (2): 76–77.
- FSN. 2018. *Seed zone maps*. [cit. 2018-09-03]. Dostupné na WWW: <http://www.forestseedlingnetwork.com/resources/seed-zone-maps.aspx>
- GODBOUT J., FAZEKAS A., NEWTON C.H., YEH F.C., BOUSQUET J. 2008. Glacial vicariance in the Pacific Northwest: Evidence from a lodgepole pine

- mitochondrial DNA minisatellite for multiple genetically distinct and widely separated refugia. *Molecular Ecology*, 17: 2463–2475.
- HERING S., IRRGANG S. 2005. Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. *Journal of Forest Science*, 51 (11): 519–525.
- HIEKE K. 1994. *Lexikon okrasných dřevin*. Praha, Helma: 730 s.
- HIEKE K. 2008. *Encyklopedie jehličnatých stromů a keřů*. Brno, Computer Press: 248 s.
- Index Fungorum. 2018. *Databáze globální nomenklatury hub*. [cit. 2018-05-14]. Dostupné na WWW: www.indexfungorum.org.
- JONSSON S. 1978. Lodgepole pine in southern Sweden. Yearbook. *Föreningen Skosträdsförädling Institutet för Skögsförbättring*: 47–56.
- JOHNSTONE W.D. 1981. *Precommercial thinning speeds growth and development of lodgepole pine: 25-year results*. Information Report NOR-X-237. Edmonton, Northern Forest Research Center: 30 s.
- KANTOR J. 1978. *Introdukce některých cizokrajných dřevin na Moravě – provenienční pokusná plocha s borovicí pokroucenou (Pinus contorta Dougl.)*. Závěrečná zpráva výzkumného úkolu VI-5-3-10. Brno, Vysoká škola zemědělská v Brně: 59 s.
- KANTOR J. 1980. The provenance study plot with *Pinus contorta* Dougl. in Czechoslovakia. *Acta Universitatis Agriculturae (Brno) Series C (Facultas silviculturae)*, 49 (1): 33–54.
- KAŇÁK J. 1996. *Hodnocení pokusných výsadeb s cizokrajnými druhy rodu Pinus*. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 22 s., přílohy.
- KAŇÁK J. 2001. *Hodnocení výzkumných ploch s druhem Pinus contorta Dougl.* Dílčí závěrečná zpráva výzkumného záměru č. MZe-M06-99-02. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 8 s., přílohy.
- KAŇÁK J. 2006. Druhy borovic vhodné pro zahradní architekturu I. *Zahradnictví*, 4: 48–50.
- KARLMAN M. 1986. Damage to *Pinus contorta* in northern Sweden with special emphasis on pathogens. *Studia Forestalia Suecica*, 176: 42 s.
- KLINKA K. 2002. *Pinus contorta* Douglas ex Loudon. In: *Pines of silvicultural importance*. Wallingford–New York, CAB International: 67–79.
- KNÍŽEK M., LIŠKA J. 2017. Podkorní a dřevokazný hmyz v oslabených borových porostech. *Lesnická práce*, 96 (7): 478–479.

- KUZNETSOV T., TILK M., OTS K., LUKJANOVA A., PÄRN H. 2009. The growth of lodgepole pine (*Pinus contorta* subsp. *latifolia* Engelm.) in a reclaimed oil shale mining area, abandoned agriculture land and forestland. *Baltic Forestry*, 15 (2): 186–194.
- LANGDON B., PAUCHARD A., AGUAYO M. 2010. *Pinus contorta* invasion in the Chilean Patagonia: local patterns in a global context. *Biological Invasions*, 12: 3961–3971. DOI 10.1007/s10530-010-9817-5
- LINES R. 1996. Experiments on lodgepole pine seed origins in Britain. *Forestry Commission Technical Paper*, 10: 141 s.
- LOTAN J., BROWN J., NEUENSCHWANDER L. 1985. Role of fire in lodgepole pine forests. In: Baumgartner, D. et al. (eds.): *Lodgepole pine the species and its management Symposium Proceedings*. Pullman, Washington State University: 133–152.
- LOTAN J.E., CRITCHFIELD W.B. 1990. *Pinus contorta* Dougl. ex Loud.: lodgepole pine. In: Burns, R.M., Honkala, B.H. (tech. coords.): *Silvics of North America: 1. Conifers*. Washington, DC, USA: USDA Agriculture Handbook, 654: 302–315.
- MEYER H. 1963. Ertragskundliche Auswertung eines herkunftsicheren Anbauversuches mit *Pinus contorta* Douglas (*Pinus Murrayana* Balf.) im mitteldeutschen Raum. *Archiv für Forstwesen*, 12 (6): 601–619.
- MUSIL I., HAMERNÍK J. 2007. *Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie 1*. Praha, Academia: 352 s.
- PARCHMAN T.L., BENKMAN C.W., JENKINS B., BUERKLE C.A. 2011. Low levels of population genetic structure in *Pinus contorta* (Pinaceae) across a geographic mosaic of co-evolution. *American Journal of Botany*, 98 (4): 669–679.
- PILÁT A. 1964. *Jehličnaté stromy a keře našich zahrad a parků*. Praha, Nakladatelství Československé akademie věd: 508 s.
- PODRÁZSKÝ V. 2006. Lodgepole pine (*Pinus contorta*) as a preparatory tree species in immission area Orlické hory Mts. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 37 (2): 67–70.
- PODRÁZSKÝ V.V., REMEŠ J., ULBRICHOVÁ I. 2003. Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 49 (4): 141–147.
- PODRÁZSKÝ V., SLÁVIK M., ŠOLC R. 2004. Borovice pokroucená (*Pinus contorta*) jako přípravná dřevina v imisních oblastech. In: Neuhöferová, P. (ed.): *Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam*. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 10.–11. listopadu 2004. Praha, KPL FLE ČZU: 15–18.

- POKORNÝ J. 1963. *Jehličnany lesů a parků*. Praha, SZN: 312 s.
- PRACIAK A., PASIECZNIK N., SHEIL D., VAN HEIST M., SASSEN M., CORREIRA C.S., DIXON CH., FYSON G.F., RUSHFORTH K., TEELING C. (comps.). 2013. *The CABI encyclopedia of forest trees*. Croydon, CAB International: 523 s.
- PRESTON R.J., BRAHAM R.R. 2002. *North American trees*. Ames, Iowa State Press: 520 s.
- REHFELDT G.E. 1983. Adaptation of *Pinus contorta* populations to heterogeneous environments in northern Idaho. *Canadian Journal of Forest Research*, 13: 405–411.
- REHFELDT G.E., YING C.C., SPITTLEHOUSE D.L., HAMILTON D.A. 1999. Genetic responses to climate in *Pinus contorta*: niche breadth, climate change, and reforestation. *Ecological Monographs*, 69 (3): 375–407.
- ROHMEDE E., MEYER H. 1952. 23jährige Anbauversuche in Bayern mit *Pinus contorta* Douglas (*Pinus murrayana* Balfour) verschiedener Herkunft. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 71 (9–10): 257–272.
- SAVILL P. 2016. *The silviculture of trees used in British forestry*. London, CABI: 208 s.
- SKALICKÁ A. 1988. 1. *Pinus* L. – borovice. In: Hejný, S., Slavík, B. (eds.): *Květena České socialistické republiky*. 1. Praha, Academia: 289–308.
- SMITH R.H. 1983. Monoterpenes of lodgepole pine xylem resin: a regional study in western United States. *Forest Science*, 29 (2): 333–340.
- SORENSEN F.C. 1992. *Genetic variation and seed transfer guidelines for lodgepole pine in central Oregon*. Research Paper PNW-RP-453. Portland, OR, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 30 s.
- SPELLENBERG R., EARLE C.J., NELSON G. 2014. *Trees of western North America*. Princeton–Oxford, Princeton University Press: 560 s.
- STEPHAN B.R. 1976. Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland. I. Ergebnisse aus der Versuchsserie 1960/61. *Silvae Genetica*, 25 (5–6): 201–209.
- STEPHAN B.R. 1980. Zur intraspezifischen Variation von *Pinus contorta* auf Versuchsflächen in der Bundesrepublik Deutschland. II. Ergebnisse aus der IUFRO Versuchsserie 1971/72. *Silvae Genetica*, 29 (2): 62–74.
- ŠVOBODA A.M. 1976. Introdukce okrasných jehličnatých dřevin. *Studie ČSAV*, 5: 124 s.
- ŠI. 1981. Rakovinné onemocnění u některých proveniencí borovice pokroucené *Pinus contorta*. *Lesnické aktuality*, 1–2: 41–42.

- ŠTRUDL R. 2016. *Zhodnocení růstu borovice pokroucené (Pinus contorta) na výsypkových stanovištích*. Diplomová práce. Praha, Fakulta lesnická a dřevařská České zemědělské univerzity v Praze: 79 s.
- ÚRADNÍČEK L. 2003. *Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae)*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně: 102 s.
- U.S. Geological Survey. 1999. *Digital representation of „Atlas of United States Trees“ by Elbert L. Little, Jr.* [cit. 2017-06-02]. Dostupné na WWW: http://www.conifers.org/pi/Pinus_contorta.php.
- WEGER J. 1999. Šlechtění vybraných druhů allochtonních borovic pro zalesňování nepřiznivých stanovišť. *Acta Průhoniana*, 68: 87–102.
- WHEELER N.C., GURIES R.P. 1982. Population structure, genetic diversity, and morphological variation in *Pinus contorta* Dougl. *Canadian Journal of Forest Research*, 12: 595–606.
- ZAHRADNÍK P. (ed.). 2014. *Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 376 s.
- ZICHA O. (ed.). 1999–2018. *BioLib : Biological Library*. [cit. 2018-03-27]. Dostupné na WWW: <http://www.biolib.cz>.

7.2 Seznam publikací, které předcházely metodice

- ČÁP J., NOVOTNÝ P., FULÍN M., DOSTÁL J., BERAN F. 2018. Results of *Pinus contorta* provenance test in the Ore Mountains at the age of 34 years. *Journal of Forest Science*, 64 (3): 118–128.
- DIMITROVSKÝ K. 1982. Zkušenosti s pěstováním borovice Murrayovy na výsypkách Sokolovska. *Živa*, 68 (3): 101–103.
- DIMITROVSKÝ K. 1999. Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností. Praha, ÚZPI: 66 s. *Metodiky pro zemědělskou praxi* 14/1999.
- DIMITROVSKÝ K. 2000. Dendrologické aspekty při rekultivaci devastovaných území: Klasifikace domácích a introdukovaných dřevin pro antropogenní stanoviště. *Ochrana přírody*, 55 (3): 95–96.

- DIMITROVSKÝ K. 2001. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolov, Sokolovská uhelná: 191 s.
- DIMITROVSKÝ K., KOUTNÝ D., VESECKÝ V. 1984. Rekultivační arboretum na Sokolovsku. *Lesnická práce*, 84 (3): 130–133.
- DIMITROVSKÝ K., KOUTNÝ D., VESECKÝ J., BÄRTL J. 1986. Některé poznatky o uplatňování introdukovaných jehličnatých dřevin na antropogenních půdách na Sokolovsku. *Lesnická práce*, 65 (2): 544–550.
- DIMITROVSKÝ K., KUNT M., NEVEĐAL A. 2008. Růst, vývoj a morfogenní vlastnosti dřevin – základ rekultivační dendrologie. *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 1: 15–31.
- DIMITROVSKÝ K., VESECKÝ J. 1979. K problematice tvorby nových lesních porostů na výsypkových stanovištích. *Lesnictví*, 25 (1): 57–84.
- DIMITROVSKÝ K., VESECKÝ J. 1989. *Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 136 s.
- FULÍN M., NOVOTNÝ P., ČÁP J., DOSTÁL J., FRÝDL J. 2017. Vyhodnocení provenienční plochy s borovicí pokroucenou (*Pinus contorta* Dougl. ex London) na borovém stanovišti na Třeboňsku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (4): 262–270.
- KUPKA I., DIMITROVSKÝ K. 2011. Výsledky testování vybraných dřevin pro lesnické rekultivace na Sokolovsku: review. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (Special): 52–56.
- NOVOTNÝ P., FULÍN M., ČÁP J., DOSTÁL J. 2018. Lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) from the perspective of possible using in conditions of changing Central European climate. In: Gonçalves, A. (ed.): *Conifers*. London, IntechOpen: 1–24.
- NOVOTNÝ P., FULÍN M., DOSTÁL J., ČÁP J., FRÝDL J., LIŠKA J., KAŇÁK J. 2017. Růst proveniencí borovice pokroucené v podmínkách acidofilní doubravy v západních Čechách ve věku 34 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (3): 197–207.

POTENTIAL USING OF LODGEPOLE PINE (*PINUS CONTORTA*) IN CONDITIONS OF THE CZECH REPUBLIC

Summary

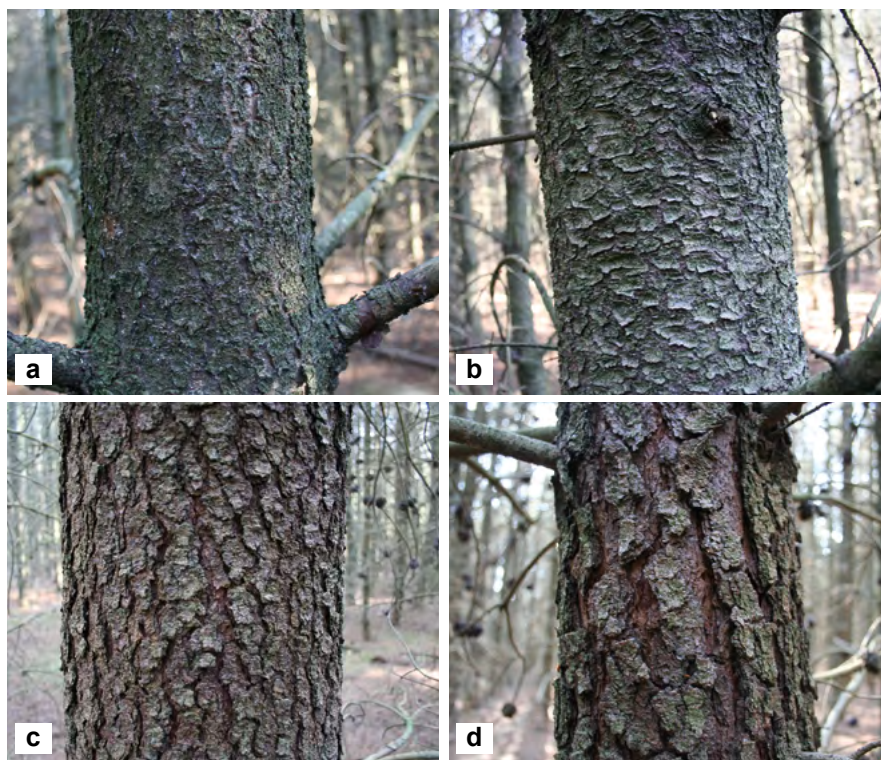
Lodgepole pine is particularly interesting for forestry use in the Czech Republic due to its resistance to biotic and abiotic factors (e.g. drought) and its strong pioneer properties, including the ability to colonize areas disturbed by human activity. In forest reclamation it is already nowadays one of the best proven introduced tree species, which in addition to the basic requirements can satisfactorily fulfill the production function. Taking into account the anticipated course of climate change, the ability of certain provenances to grow in habitats that are already unfavorable for stands of autochthonous forest trees, including Scots pine, can become more important in the future. Such habitats represent dry, poor and heating sites on the sandy soils of pine and acidophilic oak woods as well as mountain areas. It can also be used in forestry reclamation, plantings of urban greenery or in other places with anthropogenically polluted air.

If the scenarios of predicted changes of the basic climatic characteristics in the Central European region will be fulfilled, the production significance of this tree species can be of greater importance. A number of environmental variables that affect the growth characteristics, ecological prosperity of trees and their economically significant properties are unstable, making it difficult to predict the possible future economic value of produced assortments. A comparison of lodgepole pine growth indexes with Scots pine suggests that only the best provenance of the introduced species will match the domestic one. Lodgepole pine has a rapid initial growth rate, according to previous knowledge. It seems that the culmination at *P. c.* subsp. *contorta* and *P. c.* subsp. *latifolia* occurs between the 15 and 19 years of age, whereas in *P. c.* subsp. *murrayana* probably later. Among the economically advantageous species features can be ranked good usability of wood, wide ecological valency, stabilization function in stands, relative resistance to frost, the absence of occurrence of serious pests and suitability for formation of mixtures. On nutrient-depleted substrates, it not only survives, but can also develop a closed stands.

8 FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA



Obr. 1: Výzkumná plocha na lokalitě Kovářská (F. Beran, 8. 9. 2015)



Obr. 2: Čtyři rozlišované typy borky – (a) hladká, (b) šupinovitá, (c) zvrásněná a (d) hluboce rozbrázděná (J. Čáp, 10. 3. 2015)



Obr. 3: Vlevo borovice pokroucená na výzkumné ploše Mláka, vpravo borovice lesní (J. Čáp, 5. 9. 2015)

Obr. 4: Jedinec borovice pokroucené s rozdvojením kmene na výzkumné ploše Mláka (J. Čáp, 5. 9. 2015)



Obr. 5: Výšková diferenciacie borovice pokroucené, výzkumná plocha Mláka (J. Čáp, 5. 9. 2015)

Obr. 6: Pohled do interiéru výzkumné plochy Mláka (J. Čáp, 5. 9. 2015)



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

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 7/2018