

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Analýza porostních veličin borovice pokroucené v
rekultivačním arboretu Antonín**

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Čirč

Vedoucí práce: Ing. Václav Bažant Ph.D.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Čirč

Lesnictví

Název práce

Analýza porostních veličin borovice pokroucené v rekultivačním arboretu Antonín

Název anglicky

Standing volume of Lodgepole Pine in the reclamation arboretum Antonín

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit růst borovice pokroucené (*Pinus contorta*) na výsypkových stanovištích v rekultivačním arboretu Antonín. Získat a vyhodnotit základní porostní veličiny a posoudit její vhodnost pro lesnické rekultivace.

Metodika

Literární rešerše

charakteristika arboreta Antonín

vývoj a růst dřevin na výsypkových stanovištích

chorologie, ekologie, meliorační vlastnosti borovice pokroucené

Založení zkusné plochy v borovice pokroucené

Měření dendrometrických veličin

Analýza a zhodnocení dat, výpočet zásoby, rozdělení tlouštěk a výšek

Návrh dalšího pojetí výchovných zásahů v těchto porostech

Diskuze

Závěr

Doporučený rozsah práce

rešerše min. 30 stran, praktická část min. 20 stran

Klíčová slova

Pinus contorta, lesnické rekultivace, Sokolovsko

Doporučené zdroje informací

- BAŽANT V., 2010: Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve. Dizertační práce FLD ČZU v Praze.
- BURNS R. M., HONKALA B. H., 1990: Silvics of North America, Vol. 1, Conifers. Washington DC: U.S.D.A. Forest Service Agriculture Handbook, 654 p.
- ČERMÁK P., ONDRÁČEK V., 2009: Stanovištní a rhyzologické vlastnosti dřevin využívaných při zalesňování výsypek severočeské hnědouhelné pánve. Metodika. VÚMOP Praha.
- DIMITROVSKÝ K., NECHANICKÝ M., 2004: Závěrečná zpráva projektu Sledování vývoje a stavu kultur lesnické rekultivace Březno IX. ČZU v Praze, Unico Agric, 92 p.
- HÜTL R., F., SCHNEIDER B., U., 1998. Forest ecosystem degradation and rehabilitation. Ecological engineering, 10, p. 19–31.
- KUZNETSOVA T., TILK M., OTS K., LUKJANOVA A., PÄRN H., 2009: The Growth of Lodgepole Pine (Pinus contorta var. latifolia Engelm.) in a Reclaimed Oil Shale Mining Area, Abandoned Agricultural Land and Forestland. Baltic Forestry, 15 (2), p. 186-194.
- MUSIL I., HAMERNÍK J., 2008: Jehličnaté dřeviny. Academia, Praha, 352 p.
- ŠTRUDL R., 2015: Zhodnocení růstu borovice pokroucené (Pinus contorta) na výsypkových stanovištích. Diplomová práce FŽP ČZU v Praze.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Václav Bažant, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2018

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 17. 03. 2018

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Analýza porostních veličin borovice pokroucené v rekultivačním arboretu Antonín“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Bažanta, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne.....

.....

Tomáš Čirč

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Václavu Bažantovi, Ph.D. za vedení této bakalářské práce. Zvláštní poděkování náleží prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc., Ing. Lubomírovi Šálkovi, Ph.D. a RNDr. Oldřichovi Vackovi, CSc. za odbornou pomoc při řešení této práce. Za psychickou podporu Bc. Lukášovi Čefelínovi, Martinu Červenému a Tereze Toulové. V neposlední řadě také své rodině za jejich neustálou podporu a dodávání odvahy během studia. Děkuji.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce byla analýza porostních veličin druhu borovice pokroucené (*Pinus contorta*) na výsypce Antonín. První část rešerše se zabývá rekultivačním arboretum Antonín, následně je popsána problematika lesnických rekultivací na antropogenních stanovištích – výsypkách. Třetí kapitola rešerše se zabývá taxonem borovice pokroucené, jejím popisem, rozšířením apod. Hlavním úkolem této práce bylo zhodnocení dendrometrických veličin ve vybraném porostu. Na konci práce jsou navrženy opatření pro zlepšení produkčního a ekologického potenciálu lokality.

Klíčová slova: *Pinus contorta*, Sokolovsko, výsypky, lesnická rekultivace

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to analyze stands of Lodgepole Pine (*Pinus contorta*) species at the Antonin heap. The first part of this study illustrates arboretum Antonin recultivated coal mining area alone, consequently describing forest recultivation work on the antropogenic stand – heap. Third chapter of review deals with the presence of Lodgepole Pine tree, it's description, worldwide spread etc. Main objective of the whole work was to evaluate dendrometric quantities at the chosen stand. In the conclusion, measurements to improve production and ecological potential of the site are designed.

Key words: Lodgepole Pine, Sokolov region, heap, forest recultivation area

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíle práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Arboretum Antonín	12
3.1.1	Obecná charakteristika území	12
3.1.2	Historie lomu, vznik výsypky a arboreta	13
3.1.3	Geologická, geomorfologická a hydrografická charakteristika území	13
3.1.4	Vznik tvaru výsypky	15
3.1.5	Druhové složení lesních porostů v arboretu	15
3.1.6	Květena a vegetace	17
3.1.7	Semenný sad	17
3.2	Lesnické rekultivace na výsypkových stanovištích	19
3.2.1	Charakteristika půdotvorných substrátů na recentních útvech	19
3.2.2	Vztah fyzikálních, chemických a hydropedologických půdních vlastností na dřeviny	21
3.2.3	Zakládání lesních porostů na antropogenních půdách	22
3.2.4	Rekultivačně významné dřeviny	24
3.3	Borovice pokroucená (<i>Pinus contorta</i> Douglas ex. Loudon)	28
3.3.1	Taxonomické zařazení	28
3.3.2	Popis	28
3.3.3	Poddruhy	29
3.3.4	Rozšíření	30
3.3.5	Ekologie	32
3.3.6	Porovnání s ostatními druhy borovic	33
3.3.7	Škodliví činitelé	33
3.3.8	Využití	34
4	Metodika práce	35
4.1	Charakteristika řešeného území	35
4.2	Založení zkusných ploch	35
4.3	Skladba stromového patra	37
4.4	Měření tloušťky a výšky stromů	37
4.5	Kvalita produkce stromového patra	37
4.6	Výpočty	39
5	Výsledky	44
5.1	Porovnání s modřínem opadavým (<i>Larix decidua</i>)	44
6	Návrhy pěstebních a výchovných zásahů	52
7	Diskuze	54
8	Závěr	55

Seznam obrázků

Obrázek 1: Lokalizace arboreta na mapě.	12
Obrázek 2: Geologická mapa 1:200 000	14
Obrázek 3: Dřevinná skladba na výsypce Antonín	16
Obrázek 4: Areál přirozeného rozšíření borovice pokroucené.....	31
Obrázek 5: Zastoupení BOP a vymezení zkusných ploch.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Plošné zastoupení dřevin v arboretu Antonín dle LHP (2001 – 2010)	16
Tabulka 2: Stupně zakmenění dle hodnot	43
Tabulka 3: Vyhodnocení dendrometrických veličin – BOP.....	44
Tabulka 4: Vyhodnocení dendrometrických veličin – MD	45

Seznam grafů

Graf 1: Histogram tlouštěk – MD.....	45
Graf 2: Histogram tlouštěk – BOP	46
Graf 3: Výškový grafikon s regresní křivkou – BOP	46
Graf 4: Výškový grafikon s regresní křivkou – MD	47
Graf 5: Výskyt stojící souše – BOP	47
Graf 6: Výskyt rozdvojených jedinců – BOP.....	47
Graf 7: Vitalita stromů dle klasifikace IUFRO – BOP.....	48
Graf 8: Vitalita stromů dle klasifikace IUFRO – MD.....	48
Graf 9: Výškové postavení – BOP	49
Graf 10: Výškové postavení – MD	49
Graf 11: Průběžnost kmene – BOP	50
Graf 12: Průběžnost kmene – MD.....	50
Graf 13: Kvalita koruny – BOP.....	51
Graf 14: Kvalita koruny – MD	51

Použité zkratky a symboly

BOP – borovice pokroucená

MD – modřín

ČR – Česká republika

LHC – lesní hospodářský celek

LHP – lesní hospodářský plán

LVS – lesní vegetační stupeň

s.p. – státní podnik

IUFRO – International Union of Forest Resaearch Organizations, mezinárodní unie lesnických výzkumných organizací

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti

S – sever

SZ – severozápad

JV – jihovýchod

mm – milimetr

m – metr

cm – centimetr

m³ – metr krychlový

ha – hektar

m n. m. – metry nad mořem

1 Úvod

Krajina Sokolovska je územím poznamenaným dlouholetou důlní činností. Těžba hnědého uhlí zde započala v roce 1860. Od 50. let minulého století se hlubinná těžba utlumuje a přechází se na těžbu povrchovou, která však má výraznější devastální účinek na krajinu. V současné době se uhlí dobývá již pouze z lomu Jiří. Celkové vyuhlení Sokolovského revíru se předpokládá kolem roku 2035.

Při povrchové těžbě se sejme velké množství skrývky, kterou je potřeba někam uložit. Tímto způsobem začaly po okrese vznikat výsypky. Tyto antropogenní půdní substráty, kromě na první pohled zjevné zkázy, přinášejí také jedinečný potenciál. Většina výsypek a dřívějších povrchových lomů prošla procesem rekultivace. V sokolovském revíru jsou aplikovány rekultivace lesnické, zemědělské, hydrické a ostatní. Významné postavení zaujímají rekultivace lesnické, jelikož jsou schopny v krátkém časovém horizontu obnovit základní funkce ekosystémů.

Jednou z mnoha výsypek, byla výsypka Antonín, na které v 70. letech vzniklo unikátní rekultivační lesnické arboretum. Na ploše 165 ha, je vysázeno přes 200 druhů keřů a dřevin.

Na severovýchodním cípu arboreta se na ploše 2,5 ha rozkládá monokulturní porost složený z borovice pokroucené (*Pinus contorta*). Tento druh původně pochází ze severní poloviny Amerického kontinentu, kde stovky let čelí vulkanické činnosti a odolává velkému imisnímu zatížení. Pionýrských vlastností této dřeviny bylo povšimnuto i v jiných státech a začala se hojně využívat k zalesňování krajin, které byly tvrdě poškozeny antropogenní činností (povrchová těžba uhlí, těžba ropných břidlic,...). Kromě toho se uplatňuje i jako okrasná dřevina v zámeckých zahradách či městských parcích.

Tato bakalářská práce je primárně zaměřena na tuto dřevinu, zkoumá její vlastnosti v rekultivačním arboretu 45 let po výsadbě.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit porostní veličiny borovice pokroucené (*Pinus contorta*) na území arboreta Antonín na Sokolovsku. Pro měření je vybrán monokulturní porost, kde je provedeno dendrometrické měření na 4 zkusných plochách. Výsledky jsou porovnávány s monokulturním porostem modřínu opadavého (*Larix decidua*), ve kterém současně probíhala totožná metodika měření.

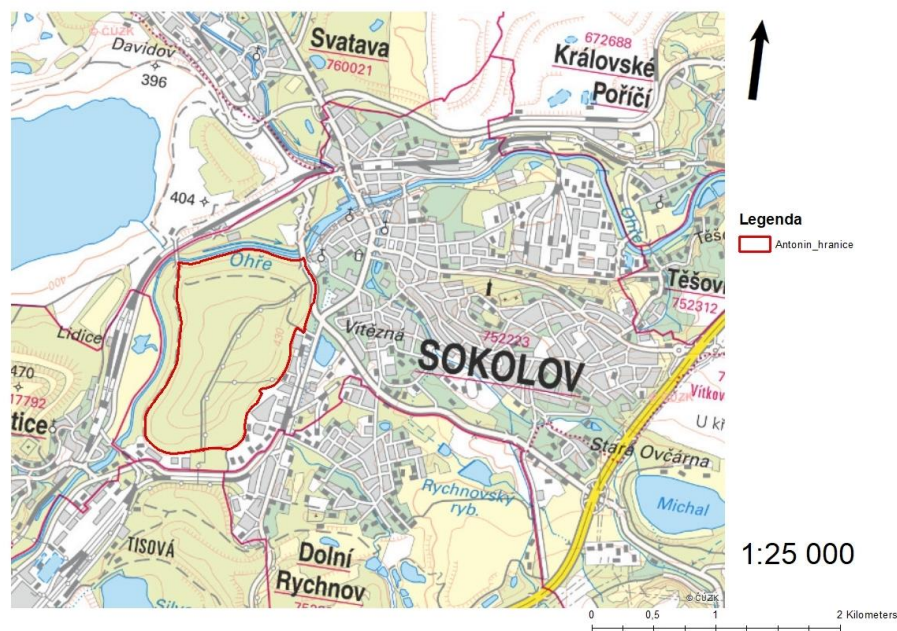
Na základě zjištěných údajů budou navrženy opatření pro zvýšení produkce a posílení stability porostu na daném stanovišti.

3 Literární rešerše

3.1 Arboretum Antonín

3.1.1 Obecná charakteristika území

Arboretum Antonín se nachází v těsné blízkosti města Sokolov. Severní a západní část arboreta je lemována cyklotrasou č. 6. Fyzickou bariéru mezi východním okrajem arboreta a městem tvoří obchvat II/210 (Koucký, 2011).



Obrázek 1: Lokalizace arboreta na mapě.

ZDROJ: cuzk.cz; zpracováno v ArcMap

Rozkládá se na celkové ploše 165 ha, nejvyšší bod leží v nadmořské výšce 443,8 m n. m. Převážnou část plochy tvoří mírné svahy. Území obhospodařují Lesy České republiky, s.p., respektive Lesní správa Kraslice. Všechny porosty v arboretu jsou zařazeny do kategorie lesů zvláštního určení, subkategorie příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí (Koucký, 2011).

Na celý, poměrně rozsáhlý prostor arboreta lze nahlížet z mnoha rovin. Je to výsypka, je to rekultivační laboratoř, je to les, je to prostor pro relaxaci a rekreaci (Koucký, 2011).

Celé arboretum je prostorově, pedologicky, dendrologicky a krajinářsky ojedinělé, badatelsky významné a originální jak u nás, tak i ve světě (Dimitrovský, 2001).

3.1.2 Historie lomu, vznik výsypky a arboreta

V roce 1881 šlechtic Johann David Starck zakládá lom Luitpold. Od roku 1901 byla manuální práce horníků postupně nahrazována parními stroji. Současně zde probíhala hlubinná i povrchová těžba. Po druhé světové válce byl lom znárodněn a 28. října 1945 došlo k přejmenování na lom Antonín. Počátkem 60. let se pro účely těžby musela zlikvidovat ulice gen. Svobody a rozloha lomu se přiblížila až ke kapucínskému klášteru, kde byla zničena část zahrady vč. kaple sv. Anny z roku 1782 (Dimitrovský, 2001).

V roce 1965 došlo k vyuhlení lomu a jeho činnost byla ukončena. Za tuto dobu bylo vytěženo přibližně 22,5 mil. tun hnědého uhlí a 10,8 mil. m³ skrývkových hmot. Vytěžená prohlubeň pak od tohoto roku sloužila jako úložiště skrývky z lomu Medard. Výsypka byla navýšena o 48 m nad okolní původní terén. Stavba tělesa výsypky byla dovršena v roce 1968 (Koucký, 2011).

Rekultivační práce začaly na výsypce v roce 1969, a do roku 1974, bylo zde vysázeno přes 200 druhů dřevin. Byly založeny dílčí experimentální plochy, na kterých bylo vysázeno nebývalé množství taxonů dřevin listnatých a jehličnatých, domácích a cizokrajných (Koucký, 2011). Celkově zde bylo založeno 22 ploch monokulturních a 38 ploch smíšených (Dimitrovský, 2001).

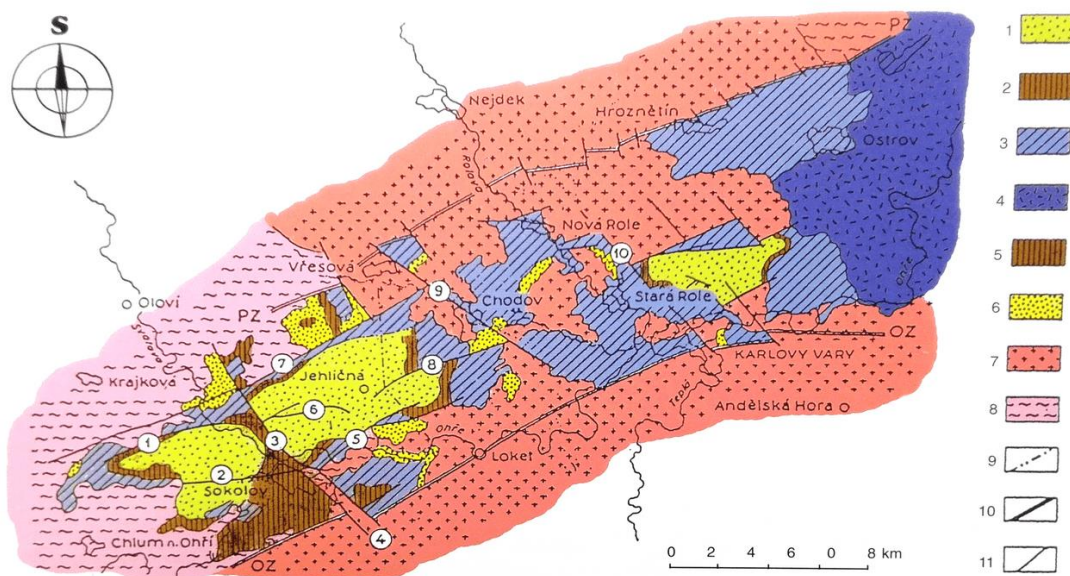
3.1.3 Geologická, geomorfologická a hydrografická charakteristika území

Sokolovská pánev je protáhlého tvaru. Tvoří kotlinu kolem řeky Ohře, v okrajích přechází do pahorkatin a zalesněných horských oblastí. Vznik pánve je z období třetihor, kdy v důsledku mohutné eruptivní činnosti došlo k propadu dnešní centrální části a vyvýšení ker Krušných hor a Slavkovského lesa. Došlo během nich ke zmlazení Českého masivu. Obnovily se staré a vznikly nové zlomové linie. Vytvořil se dnešní geomorfologický ráz. Porušením zarovnaného reliéfu vznikly na území dnešní Sokolovské pánve rozsáhlé vodní plochy, ve kterých se ukládaly třetihorní sedimenty (Dimitrovský, 2001).

Podloží Sokolovské pánve je na východě tvořeno horninami karlovarského plutonu a na západě jeho metamorfovaným pláštěm – krušnohorským krystalinikem. Terciární sedimentační vývoj Sokolovské pánve lze rozdělit do tří etap. Během třetí sedimentační etapy (miocénní sedimentace) vznikly uhelné sloje Antonín a Anežka, které jsou tvořeny mocným cyprisovým souvrstvím (Dimitrovský, 1975).

Výsypka Antonín je konvexním tvarem, který je antropogenního původu. Těleso výsypky je modelováno stupňovitě, z hlediska stability výsypky, nežádoucí delší svahy byly v několika stupních přerušeny poměrně rozsáhlými terasami, rovněž oba vrcholy výsypky jsou ploché. Nejstrměji se těleso výsypky svažuje směrem k východu, naopak nejpozvolněji klesá směrem k severu a severozápadu. Svažité části jsou a ještě delší dobu budou náchylné k erozi. Erozní rýhy jsou v terénu patrné z období, kdy vegetační kryt na výsypce nebyl anebo byl málo významný (Koucký, 2011).

Odvodnění povrchu výsypky je provedeno otevřenými nezpevněnými příkopy ve směru S až SZ. Na SZ straně arboreta nedovoluje konfigurace terénu odvod srážkové vody mimo výsypku. V těchto místech vzniklo několik menších vodních ploch a mokřadů, které jsou v současnosti na ústupu ve fázi mělkého zavodnění, zbahněné nebo již zcela bez vody. Jediným zdrojem půdní vláhly jsou atmosférické srážky (Dimitrovský, 2001).



Geologická mapa Sokolovské pánve (podle geologické mapy 1 : 200 000 upravil Havlena); 1 cyprisové souvrství; 2 slojové souvrství; 3 vulkanogenní (vulkanicko-detritické) souvrství; 4 vulkaniny a pyroklastika Doupovských hor; 5 souvrství sloje Josef; 6 starosedelské souvrství; 7 žula (z části autometamorfovaná nebo kaolinizovaná); 8 krystalinikum (ruly, fylity); 9 linie profilu; 10 zlomy - krušnohorský (PZ), jižní okrajový (OZ); 11 význačné zlomy pánve - čísla v kroužku (1 habartovský, 2 kytlický, 3 svatavský, 4 zlomy vítkovské hráště, 5 sokolovský, 6 grassetský, 7 lipnický, 8 novosedelský, 9 chodovský, 10 karlovarský neboli vřidelní).

Obrázek 2: Geologická mapa 1:200 000

ZDROJ: Dimitrovský, 2001

3.1.4 Vznik tvaru výsypky

Materiál uložený na výsypce Antonín pochází ze tří hlavních zdrojů. Nejprve se nadložní materiál začal ukládat do již vyuhleného prostoru lomu, čímž vznikalo těleso vnitřní výsypky. V jižní části byly naplavovány zbytky ze spalovacího procesu - popílku z elektrárny Tisová. Popel je významnou součástí průmyslového odpadu a je využitelný i pro potřeby vytváření antropozemí (Čermák, Ondráček, 2009). Vnější výsypka a svrchní vrstva tělesa výsypky vznikla dosypáním skrývkového materiálu z lomu Medard. V letech 1967 – 1973 zde bylo celkem uloženo 20 540 000 m³ skrývky (Koucký, 2011).

3.1.5 Druhové složení lesních porostů v arboretu

Dle evidence Katastru nemovitostí ČR, lesní pozemky (pozemky určené k plnění funkcí lesa) zaujímají 160,38 ha. Z této plochy tvoří porostní půda 147,77 ha, bezlesí 12,44 ha a jiné pozemky 0,17 ha. Prioritní význam lesních porostů na výsypkách spočívá v plnění funkcí především mimoprodukčních (Koucký, 2011). Jak již bylo zmíněno, výsadby probíhaly v letech 1969 – 1974. Systém zalesňování probíhal v osmi etapách. Porosty na výsypce byly zakládány zejména prostokořennou sadbou. Jehličnaté stromy byly sázeny jako hlavní – cílová dřevina (bez přípravné výsadby) nebo do přípravných porostů, které byly postupně odstraňovány. Listnaté stromy byly sázeny do přípravných porostů (Dimitrovský, 2001).

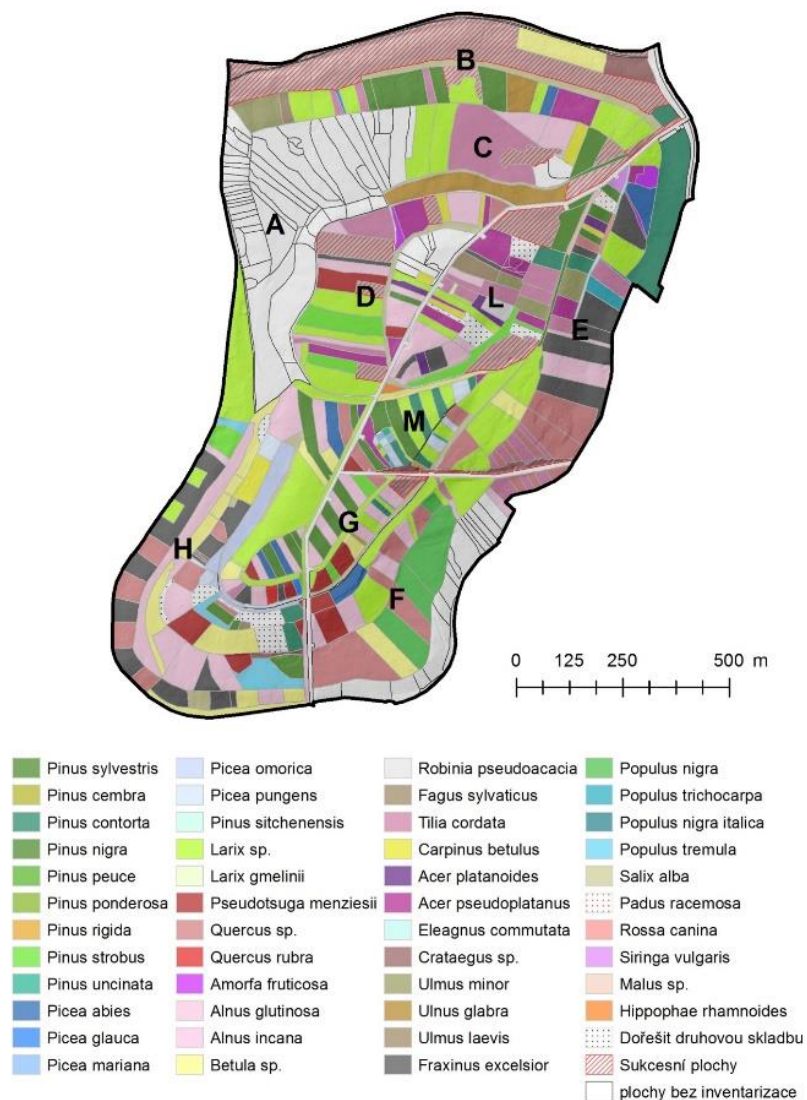
Později byly prováděny převážně jen výsadby ušlechtilých (cílových, hlavních, hospodářských) dřevin náhradou za přípravné porosty olše (lepkavé, šedé) či výsadby v plochách postižených nějakou kalamitou nebo nešťastnou událostí (Koucký, 2011).

Porosty na Antonínu byly vysázeny prakticky najednou, proto jsou všechny stromy přibližně stejně staré. Dají se zařadit do IV-V. věkového stupně, tj. III. věková třída. Je možné zde nalézt monokultury, smíšené jehličnaté, smíšené listnaté a smíšené listnato – jehličnaté porosty. Sortiment dřevin a keřů zahrnuje přes 200 druhů a poddruhů. Z tohoto výčtu je přes 30 druhů dřevin introdukovaných. Celková zásoba na této lokalitě je přibližně 5 000 m³ (Koucký, 2011).

V druhové skladbě dřevin lesních porostů dle údajů z LHP (2001-2010) mírně převažují dřeviny listnaté (85,15 ha) nad jehličnany (62,62 ha). Následující údaje v tabulce je nutno tyto považovat pouze za orientační, neboť v předchozím LHP (2001 – 2010) nejsou odlišeny taxony cizokrajné od domácích.

Tabulka 1: Plošné zastoupení dřevin v arboretu Antonín dle LHP (2001 – 2010)

Dřevina	Výměra (ha)
Olše	31,96
Borovice	30,36
Modřín	22,94
Lípa	14,04
Javor	11,75
Jasan	9,42
Dub	9,31
Smrk	6,97
Bříza	5,19
Douglaska	2,35
Topol	2,14
Habr	0,97
Vrba	0,25
keře	0,12



Obrázek 3: Dřevinná skladba na výsypce Antonín

ZDROJ: Podrázský 2017

3.1.6 Květena a vegetace

Zájmové území fyto geograficky spadá do oblasti Mezofytika, fyto geografického obvodu Českomoravské mezofytikum, fyto geografického okresu Horní Poohří, podokresu Sokolovská pánev (Dimitrovský, 2001).

Drsnější podnebí a klima Sokolovské pánve ovlivňuje početnost rostlinných druhů. Nástup vegetace na Sokolovsku je proti vnitrozemským oblastem Čech zpožděn o 2 až 4 týdny. Zdejší květena je víceméně jednotvárná, složená převážně z mezofytů, tj. rostlin oblasti opadavého listnatého lesa rostoucí na mírně vlhké půdě (Štýs a kol., 1981).

Na Antonínu se v hojné míře vyskytují rostliny primární sukcese. K těm patří podběl lékařský (*Tussilago farfara*), kokořík vonný (*Polygonatum officinale*), bodlák obecný (*Carduus acanthoides*), merlíky (*Chenopodium sp.*). Z trav se vyskytuje třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), kostřava obrovská (*Festuca gigantea*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*).

Dále se vyskytuje komonice bílá (*Melilotus alba*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), přeslička rolní (*Equisetum arvense*), bez černý (*Sambucus nigra*) maliník (*Rubus idaeus*), kuklík městský (*Geum urbanum*), pomněnka rolní (*Myositis arvensis*). Z kapradin kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas*), papratka samice (*Anthyrium filix-femina*) a z mechů např. pokryvnatec Schreberův (*Hypnum schreberi*).

3.1.7 Semenný sad

V roce 1969 se na výsypce Antonín zakládá semenný sad o rozloze 4 ha. Zakládání semenných sadů na antropogenních substrátech bylo zcela ojedinělou a originální záležitostí v oboru rekultivace jak u nás, tak i v zahraničí (Dimitrovský, Kubát, Jetmar, Jehlička, 2005). Plocha je rozčleněna na čtyři dílce. V každém dílci bylo provedeno jiné rekultivační opatření. Provádělo se hnojení ledkem, podsev vojtěšky, podsev lupiny a jeden byl bez opatření, tzv. kontrolní (Dimitrovský, 2001).

Jedná o sad jádrový, založený ze sazenic generativních potomstev. Hlavním předmětem výzkumu se stal rod *Pinus* – borovice. Předmětem šlechtitelských šetření se staly tyto druhy borovic:

- *Pinus contorta* – borovice pokroucená
- *Pinus contorta* var. *murrayana* – borovice Murrayova

Dimitrovský (2010) hodnotí výnosový potenciál semenného sadu jako vysoký až velmi vysoký, plně dostačující pro rekultivační úkoly. Podle literárních pramenů, klíčivost borovice Murrayové se v autochtonních porostech Severní Ameriky pohybuje v rozmezí 64-82 %. Klíčivost semen ze semenného sadu na výsypce Antonín se pohybuje v rozpětí 79-92 %, tudíž ji lze považovat za vysokou až velmi vysokou. Reprodukční materiál z tohoto sadu je vhodný pro potřeby dalšího zalesňování antropogenních půd.

3.2 Lesnické rekultivace na výsypkových stanovištích

Každá hornická činnost znamená velký zásah do krajiny, narušuje základní složky přírodního systému. Pokud je však cílevědomě vedena, krajinu nejen boří, ale i vytváří. Nelze tedy jinak než zdůraznit, že úspěšná rekultivace je a musí být jediným možným logickým zakončením hornické činnosti (Dimitrovský, 2001).

Česká republika patří mezi země s velmi dlouhodobou rekultivační tradicí. Rekultivace, jako součást tvorby nové krajiny ovlivňuje rozvoj a budoucí využití – těžbou opuštěného území. Postup rekultivací musí být připravován dopředu, zjišťuje se vhodnost zemin, jsou prováděny podrobné biologické i ekologické průzkumy. Celkově se provádí soupis půd, rostlin a živočichů, kteří se na daném stanovišti vyskytovali před započítím těžby (Bartůňková, 2013).

3.2.1 Charakteristika půdotvorných substrátů na recentních útvech

Do kategorie antropogenních půdních substrátů se řadí všechny nově vzniklé půdní substráty, u nichž byly civilizačními vlivy různě pozmeněny fyzikální, chemické, mikrobiální a hydropedologické vlastnosti. Kategorizují se podle geologicko – petrografické příslušnosti, půdní chemie, půdní fyziky a podle technologie zrodu recentních útvarů (Čermák a kol., 2002).

Dodnes používaná technologie skrývky, transportu a ukládání na místo určení neumožňuje zachovat původní stratigrafii. Charakteristickým prvkem všech povrchových výsypek je chaotická směs zemin rozdílného původu, stáří a mineralogického složení (Dimitrovský, 1999).

Výsypky se skládají z různých hornin, které jsou nositeli půdotvorných pochodů (zvětrávání aj.) a jsou základními substráty při tvorbě půd pro rekultivační účely. Na výsypkách nacházíme horniny, které dle původu dělíme na:

- Vyvřelé čili eruptivní nebo magmatické (vyvřeliny, eruptiva)
- Usazené čili sedimentární (sedimenty)
- Proměnné (metamorfované)

Z rekultivačního hlediska jsou významné tyto dva morfologické znaky:

- 1) Stavba hornin (textura hornin), což je způsob prostorového třídění nerostných součástí
- 2) Sloh hornin (struktura), který je podmíněn povahou, velikostí a tvarem nerostných součástí

Výsypky v oblasti Sokolovského revíru (Antonín, Čistá, Velký Riesl...) se skládají z jílu cyprisové série, které tvoří více jak 85% nadloží. Jíly představují širší soubor nezpevněných hornin, které jsou složeny z více než 50% splavitelných částic (frakce pod 0,01 mm). Zbytek tvoří půdy hlinité, které na okraji revíru přechází přes půdy písčité až do půd kamenitých v horských oblastech. Mocnost vrchního humózního horizontu kolísá od 7 do 40 cm, průměrně 19 cm (Štýs a kol., 1981).

Mineralogické složení všech typů jílu cyprisové série se aktivně podílí na hydropedologických vlastnostech výsypkových zemin (Dimitrovský, 1999). Na základě minerálních rozborů prováděných Dimitrovským (1976), ve všech typech zpevnění jílu cyprisové série se vyskytují tři druhy nerostů:

- a) Jílové minerály tvořící převládající hmotu (kaolinit, montmorillonit, illit). S ohledem na rekultivační hlediska prioritní význam náleží illitu.
- b) Drobné úlomky původních hornin a minerálů (muskovit, biotit, křemen, živce)
- c) Minerály vzniklé v procesu sedimentace: kompaktní břidlice, jíly lístkovité (pyrit, sádrovec, siderit, hematit)

Nevšední význam, ve vztahu k půdám na výsypkách, má primární chemismus hornin, a to zejména obsah čtyř hlavních živin – K, Ca, Mg, P (Dimitrovský, 1999). Obsah draslíku (K_2O) je u zdejších jílu značně variabilní. Draslík se objevuje ve formě křemičitanů, síranů v uhličitanové formě. Vápník (ve formě CaO), hořčík (MgO) a jejich sloučeniny vytvářejí příznivou půdní reakci, ve spojení se vznikající organickou půdní složkou (humusem). Obsah fosforu (P_2O_5) je nízký, s přibývajícím působením zvětrávacích procesů obsah fosforu stoupá (Dimitrovský, 1976).

Rekultivační charakteristika jílu cyprisové série je velmi rozdílná, podmíněna hlavně mineralogickým složením a formou zpevnění (Dimitrovský, 2001).

Při zalesňování výsypek je třeba volbu dřevin řídit podle formy zpevnění jílu, která podmiňuje půdní fyziku a hydrologii. Typ zpevnění jílu vystupuje v těchto formách:

- a) Jíly kompaktní – jejich rekultivace je obtížná, neboť patří k jílům s velmi nepříznivými fyzikálními a hydrologickými vlastnostmi. Vykazují nejnížší výskyt makropórů. Makropóry jsou důležitým půdním faktorem, neboť podmiňují provzdušenost, infiltrační schopnost a volbu dřevin. Rekultivace je možná pouze s použitím přípravné dřeviny
- b) Jílovité břidlice – tvoří převážnou část výsypek (přes 40% plochy). Půdní vlastnosti jsou příznivější než u kompaktních jílů. Pro tento typ je vhodné, aby hlavní dřevinou v porostech byla dřevina přípravná
- c) Jíly s lístkovitou odlučností – patří k nejvhodnějším půdním materiálům. Při jejich zalesnění je možné použít ušlechtilých listnáčů bez příměsí přípravných dřevin (Dimitrovský, 1975)

3.2.2 Vztah fyzikálních, chemických a hydrologických půdních vlastností na dřeviny

Záměrem lesnických rekultivací je vytvořit z antropogenních půd, půdy s trvalou produkční schopností. Chemické, fyzikální a hydrologické vlastnosti všech antropogenních půd jsou rozhodujícími faktory při volbě dřevin (Dimitrovský, 1999).

Půdní fyzika výsypek v oblasti v Sokolovském rajónu je značně proměnlivá a neumožňuje jednotný postup jejich zalesnění. Z tohoto důvodu postup i volba dřevin, případně jejich zastoupení se musí řešit případ od případu (Čermák a kol., 2002).

Pro přizpůsobivost dřevin je důležitá kvalita humusu, která se nově vytváří pod pěstovanými porosty. Zde hraje roli obsah přístupného dusíku, který je produktem amonizačních a nitrifikačních mikrobiálních procesů. Bez přítomnosti dusíku by v raných stádiích tvorby půdy nemohla probíhat přeměna organických látek (Dimitrovský, 1999).

Výzkumy Dimitrovského (1999) poukazují na určité korelační vazby mezi chemismem půd (zejména pH) a rezistencí dřevin vůči emisím a imisím. Bylo zjištěno, že při snižující se hodnotě pH jsou dřeviny méně odolné vůči průmyslovým emisím.

Největší odolnosti vykazují dřeviny pěstované na půdních substrátech vykazující pH neutrální až zásadité. Vyskytující se koncentrace SO₂, F, N se projevují na snižování rozkladných procesů, poněvadž dochází k úbytku saprofytických druhů hub (Dimitrovský, 1999).

Je nutné upozornit na fakt, že žádný z půdních substrátů antropogenní povahy není v kontaktu s podzemní vodou. Veškerá dostupná voda je podmíněna množstvím spadlých atmosférických srážek. Dalším znakem je, že podzemní voda nezasahuje do fyziologické hloubky profilů (0 – 120 cm), následkem toho probíhá translokace rozpustných minerálních a organických látek pouze vertikálním směrem (Dimitrovský, 1999).

Půdní fyzikou, pedologické a hydro-pedologické zvláštnosti antropogenních substrátů mají za následek mělké zakořenění všech druhů dřevin, ať už se jedná o dřeviny hluboko či mělko kořenicí. Studiemi kořenových soustav, kterou prováděl Dimitrovský (1967 – 1976) se zjistilo, že funkce kúlového kořenu přebírají vyvinuté kořeny kotevní a kosterní.

3.2.3 Zakládání lesních porostů na antropogenních půdách

Volba vhodných stromových i keřových taxonů je jednou z nejdůležitějších etap lesnických rekultivací na antropogenních půdách. Při jejich volbě je třeba vycházet ze stanovištních nároků dřevin, jejich původností, z fytogeografické zonality dané oblasti, pedologických vlastností a z funkčního typu zakládaného porostu. Zpravidla je dávana přednost druhům se širokou ekologickou amplitudou schopným přizpůsobovat se atypickým podmínkám devastovaného území (Čermák a kol., 2002).

Vznikající lesní porosty na výsypkách jsou zařazovány v souladu s lesním zákonem do kategorie lesů ochranných (zvláštního určení), kde plní, kromě rozšíření produkční základny lesa, především funkce úpravy klimatických a hydrických poměrů rekultivované krajiny, ovlivňují půdotvorný proces, stabilizují povrch výsypek a plní i funkce sociální, zdravotní a estetické (Čermák a kol., 2002).

K základním otázkám zdárného zalesnění patří způsob míšení dřevin, kdy je nutné vycházet z jejich ekologických vlastností. Volbě smíšení se přikládáme velký význam, poněvadž tím korigujeme jednak vývoj a intenzitu humusotvorného procesu a jednak kvalitu porostů (Dimitrovský, 1975).

Dle studií Dimitrovského (1976), nejvhodnější postup při zalesňování výsypek v oblasti Sokolovského revíru se osvědčil tento:

- 1) Při zakládání porostů na výsypkových stanovištích je zapotřebí využít dostatečného zastoupení přípravných dřevin. Přípravné dřeviny dokáží obohatit jíly cyprisové série organickou půdní složkou (humusem) za relativně krátký časový horizont. Univerzální přípravnou dřevinou pro míšení se všemi používanými druhy je olše lepkavá nebo olše šedá. Přítomnost přípravné dřeviny svým rychlým vzrůstem umožňuje příznivé mikroklimatické podmínky pro vývoj ostatních, ušlechtilých dřevin (např. javor, jilm, jasan, lípa, dub...). Přípravné dřeviny v porostech je vhodné ponechat do doby docílení optimálních produkčních vlastností výsypkových půd.
- 2) Volba dřevin a jejich zastoupení se vždy musí řídit typem zpevnění jílu. Kompaktní jíly nutno zalesňovat pouze přípravnými dřevinami, u jílovitých břidlic volit zastoupení přibližně 60% přípravných dřevin a 40% ušlechtilých listnatých. Jíly s lístkovitou odlučností mají schopnost i po zvětrání zpětně vytvářet původní strukturu, tudíž lze zalesnit s převahou ušlechtilých listnáčů, nebo jehličnanů.
- 3) Výskyt vhodných ušlechtilých dřevin může být ve smíšení jednotlivém, hloučkovitém, skupinovitém až skupinovém. Z dendrologických i praktických hledisek je nejvhodnější smíšení skupinové. Porosty jednotlivě míšené jsou z pěstebně výchovných zásahů aspektů v pozdějších letech značně náročné na pracovní síly a odborné vedení. Geometrický tvar skupin ušlechtilých dřevin může být libovolný, rozhodující je však jeho prostorová velikost. Čím je velikost skupiny menší, tím je vzrůst i vývoj dřevin výhodnější. Větší skupinu jedinců lze připustit u výsypek složených z jílu cyprisové série s lístkovitou odlučností (výsypka Antonín).
- 4) Pěstebně výchovné zásahy ve výsypkovém lesním hospodářství mají ve většině případů vycházet ze zásad směřujících ke kvalitnímu výběru jedinců, skupin nebo celých porostů.
- 5) V průběhu zakládání lesních porostů je také důležité sledovat postup ekonomický.

Zalesnění ploch se doporučuje provést ihned po ukončení terénních úprav (planýrování, svahování). Nejvhodnější obdobím je jaro po roce terénních úprav, protože plocha je prostá jakýchkoliv plevelů (Dimitrovský, 1999). K zalesňování se používá pouze sadební materiál, u kterého je doložen jeho původ a který vyhovuje do přenosu klimatických podmínek zalesňované lokality. Vysazovaná sazenice musí mít již zdřevnatělý výhon, ukončený terminálním pupenem a mechanicky nepoškozený kořenový systém o délce porovnatelné s nadzemní částí (Čermák a kol., 2002).

Nejvíce se uplatňuje ruční sadba jamková, s velikostí kopaných jamek odpovídající tvaru a vyvinutosti kořenového systému sadebního materiálu. Způsob výsadby sazenic pomocí zalesňovacích strojů není vhodný aplikovat na jílovitých zeminách včetně šedých jílů. Výsadba je prováděna bez návozu ornice převážně ve sponu 1 m x 1 m, tj. 10 000 sazenic na 1 ha. Sazenice těchto dřevin jsou převážně 2 až 3leté, prostokořenné (Čermák a kol., 2002).

Do deseti let po zalesnění by sazenice měly vykazovat trvalý výškový přírůst. Hustota kultury by neměla klesnout pod 80 % původního množství vysázených sazenic, druhové složení porostu by mělo odpovídat projektovému záměru, sazenice by ve vývoji neměla ohrožovat buřň a významněji by neměly být poškozované ohryzem, okusem nebo loupáním. Po ukončení decennia je jedenáctým rokem realizována prořezávka porostů. U přípravných dřevin olše je vhodné provádět likvidaci arboricidy, jelikož olše po prořezávce má silnou tendenci vytvářet pařezové výmladky (Čermák a kol., 2002).

3.2.4 Rekultivačně významné dřeviny

Přípravné dřeviny:

Z přípravných dřevin se na sokolovském revíru nejvíce uplatnily olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a olše šedá (*Alnus incana*). Pěstování olše celoplošně, nebo jako příměs s ostatními dřevinami na výsypkách je základním předpokladem ke splnění rekultivačních cílů (Dimitrovský, 1976). Dimitrovský ve svých publikacích (1976, 1999, 2001) popisuje hlavní přednosti těchto dřevin:

- a) Mají nepostradatelný půdotvorný význam, zlepšují nepříznivé fyzikální a hydropedologické vlastnosti výsypkových zemin

- b) Zastávají funkci půdoochrannou, krycí, hnací (ve smíšení s jasanem, jilmem, lípou), výplňovou (při pěstování topoloých kultivarů)
- c) Mikrobiálně oživují povrchové a podpovrchové půdní horizonty, obohacují humusem organickou půdní složku
- d) Vitalita růstu přípravných dřevin zajišťuje zlepšení nevhodných mikroklimatických podmínek výsypkových stanovišť za poměrně krátkou dobu
- e) Přípravné porosty olše mají nejlepší předpoklady pro pěstování smíšených porostů druhově vyvážených i na výsypkových stanovištích

Pozornost si ještě určitě zaslouží topol osika (*Populus tremula*). Osika se jako pionýrská dřevina prosazuje na výsypkových stanovištích přirozeným zmlazením ve fázi primární sukcese (Bažant, 2010). Na normálních stanovištích začíná plodit kolem 20 let stáří, zatímco na výsypkových stanovištích je doba plodnosti kratší v průměru o 5 let (Dimitrovský, 1976).

Ušlechtilé listnaté dřeviny:

Do hospodářsky cenných - ušlechtilých listnáčů patří jilm horský, jilm habrolistý, habr obecný, dub letní a dub zimní, javor klen, javor mléč, jasan ztepilý a lípa malolistá.

Jilm horský a jilm habrolistý mají velice dobrou ujímavost, lépe rostou ve směsi s listnatými dřevinami - lípou, jasanem, javorem (Bažant, 2010). Jilm společně s habrem, bukem a dubem patří mezi dřeviny, které nejvíce trpí okusem a proto je jejich ochrana (zejména 2-3 roky po výsadbě) bezpodmínečně nutná (Dimitrovský, 2001).

Habr na biologicky neoživených výsypkových zeminách obvykle vytváří keřovité formy. Tato dřevina má vynikající meliorační schopnost (bohatý opad, vysoký stupeň prokořenění), vytváří bohatý kořenový systém (Čermák a kol., 2002).

Z dubů, vzhledem k půdním podmínkám, má největší význam pro rekultivaci dub zimní a letní. Vysoký obsah vápníku u jílů cyprisové série znemožňuje pěstování dubu červeného, který na zvýšený obsah vápníku v půdě reaguje citlivě (Dimitrovský, 1976). Duby zimní a letní se pro účely rekultivace používají na stabilizaci sesuvných svahů,

zalesňování odvalů a pro vytváření ostatních prvků krajinné zeleně. V porostech se uplatňují jako dřevina cílová, nejčastěji ve směsi s habrem, borovicí, javorem babykou a jeřábem. (Čermák a kol., 2002).

K perspektivním dřevinám pro výsypkové lesní hospodářství patří javor klen a javor mléč. Oba taxony mají obdobné rekultivační vlastnosti. Patří mezi dřeviny s aktivním půdotvorným účinkem především svým kvalitním a rychle se rozkládajícím opadem. Jsou výbornou stabilizující dřevinou na svazích výsypek. Patří mezi porostotvorné dřeviny, tvoří hlavní etáž porostu (Bažant, 2010).

Jasan ztepilý je rekultivačně vysoce ceněná dřevina s velmi dobrou ujímavostí po výsadbě, která vykazuje rychlý počáteční růst i na těžších výsypkových zeminách, včetně šedých jílu (Čermák a kol., 2002).

Lípa malolistá se považuje za jednu z hlavních dřevin v první fázi rekultivačního cyklu (po dobu 1 decennia). Dimitrovský (1976) ve svých studiích poukazuje na průměrný úhyn 0,8 %, což je nejméně ze všech dřevin na testovaných plochách. Uplatňuje se jako dřevina cílová i pomocná, nejčastěji ve směsi s dubem letním (zimním), habrem, borovicí. Lze jí také využít jako dřevinu pro zpevnění svahů výsypek, do stromořadí, při zalesňování odvalů a na všech druzích odkališť popela z tepelných elektráren (Čermák a kol., 2002).

Při zakládání smíšených listnatých porostů se doporučuje míšení pouze dvou druhů dřevin. Porosty založené kombinací z více druhů dřevin, jsou z pěstebních hledisek v pozdějších letech velmi náročné. Je bezpodmínečně vyžadováno, aby volené kombinace dřevin vykazovaly přibližně stejnou vitalitu růstu (Dimitrovský, 1976).

Dimitrovskému (2010) se na antropogenních půdních substrátech nejlépe osvědčily tyto kombinace: olše lepkavá – javor klen; olše lepkavá nebo šedá – javor mléč; olše lepkavá nebo šedá – jasan ztepilý; olše šedá – jilm horský; jilm horský – javor klen; jilm horský – javor mléč; habr obecný – dub zimní nebo dub letní; habr obecný – lípa srdčitá.

Keřová výsadba se uplatňovala většinou podél hospodárnic a na okrajích porostů. Vybíraly se převážně keře domácí provenience (původu), zvláště pak keře plodonosné (Frouz a kol., 2007).

Jehličnaté dřeviny:

Výběr jehličnatých dřevin je omezen kvůli jejich rezistenci vůči průmyslovým emisím. Skládá-li se povrch výsypek z kompaktních jílu cyprisové série, nelze (ani v malém zastoupení) s výsadbou jehličnanů počítat. Respektující půdotvorná hlediska předurčují zastoupení jehličnanů 20–40 %. Pouze na jílech s lístkovitou formou odlučností lze od počátku pěstovat i vybrané druhy jehličnanů (Dimitrovský, 1976).

Na rozdíl od listnáčů, velmi důležitým faktorem u sadbového materiálu je stáří, velikost a vitalita. Kromě poměru kořenového systému k nadzemní části sazenic je také rozhodující množství asimilačních orgánů (Dimitrovský, 1976).

Dimitrovský (2001) uvádí jako perspektivní zejména tyto jehličnany:

- borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice pokroucená (*Pinus contorta*), douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), modřín opadavý jesenický (*Larix decidua sudetica*), modřín opadavý (*Larix decidua*), smrk omorika (*Picea omorica*), smrk pichlavý (*Picea pungens*), jedle obrovská (*Abies grandis*) a jedle ojíňená (*Abies concolor*)

Na základě 40 letých zkušeností Ing. Dimitrovského s pěstováním dřevin a keřů na výsypkových stanovištích lze sestavit tabulku taxonů velmi vhodných, až po nevhodné.

Klasifikace se prováděla experimentálním systémem antropogenní půda – voda – dřeviny – ovzduší. Takováto klasifikace vhodnosti či nevhodnosti dřevin je v dané podobě prvním dendrologickým pokusem v ČR. Uvedený výčet může být do určité míry vodítkem i pro zakládání příměstské zeleně v průmyslových aglomeracích, ochranných lesních pásů, lesních parků apod. (Dimitrovský, 2001).

Kompletní seznam dřevin a keřů vč. zhodnocení jejich rekultivační charakteristiky se nachází v přílohách č.2 – 4.

3.3 Borovice pokroucená (*Pinus contorta* Douglas ex. Loudon)

3.3.1 Taxonomické zařazení

- Říše: *Plantae* – rostliny
 - Podříše: *Tracheobionta* – rostliny cévnaté
 - Oddělení: *Pinophyta* – jehličnany
 - Třída: *Pinopsida* – jehličnany
 - Řád: *Pinales* – borovicotvaté
 - Čeleď: *Pinaceae* – borovicovité
 - Rod: *Pinus* – borovice
 - Podrod: *Pinus*
 - Sekce: *Trifoliae*
 - Podsekce: *Contortae*

3.3.2 Popis

Borovice pokroucená je cizokrajný druh pocházející ze severozápadní oblasti Ameriky. Jedná se o stálezelený jednodomý strom menší až střední velikosti. Obvykle se dožívá 200, výjimečně i 500 let. Dosahuje výšky 10-25(30)m, na velmi chudých stanovištích kolem 5 m. Průměr kmene činí zpravidla 0,18 – 0,33 m. Tvar kmene je rovný, plnodřevný, válcovitý. Větve vyrůstají v hustých pravidelných přeslenech a bývají zavětvené až k zemi, špatně se v porostu čistí, avšak jsou tenké, tudíž příliš nezhoršují kvalitu dřeva (Musil, Hamerník, 2003).

Koruna štíhlá, avšak poměrně hustá, na chudých lokalitách nízká, tvarově kulovitá až štíhle kuželovitá (Businský, Velebil, 2011).

Kořenový systém je variabilní, většinou mělce rozložený, porosty bývají náchylné k vývratům. Kůra nabývá hnědošedých odstínů, postupně přechází v červenohnědou až šedohnědou borku, tvořenou tenkými nepravidelnými šupinami (Slávik, Bažant, 2016). Kůra je tenká a v případě požáru, většina stromů uhyne (Elfving et al., 2001).

Jehlice vyrůstají ve svazečku po dvou, dosahují délky 3 – 5 cm, kolem osy jsou točené až silně zkroucené, barevně tmavozelené. Na stromě setrvávají 5 – 9 let. Mladé letorosty bývají lysé, sivě ojiněné, později hnědožluté. Pupeny jsou vřetenovitého tvaru, smolnaté, červenohnědé a dosahují až 12 mm délky. Šišky mohou být serotinní (otevírají se s odstupem mnoha let, např. při požáru) nebo neserotinní (otevírají se zjara, druhým rokem po dozrání semen). Tvarově jsou značně asymetrické, velikostně 2–6 x 2–3 cm.

Vyznačují se malým pupkem, kosočtverečnými štítky a tenkými, lámavými ostny (Slávik, Bažant, 2016).

Roční výlet semen ze serotinných šišek může dosahovat 100 – 200 tisíc kusů na hektar, kdežto v oblastech s převažujícími neserotinnými šiškami výlet semene kolísá mezi 35 až 120 tisíci kusy na hektar. Jeden dospělý úrovňový strom může čítat několik stovek šišek. V jedné šišce bývá 10 – 24 plně vyvinutých semen (Musil, Hamerník, 2003). Semena borovice pokroucená jsou o 30 % lehčí než u borovice lesní, avšak díky rychlejšímu růstu, po dvou měsících růstu dosahuje semenáček stejné biomasy (Elfving et al., 2001).

Kvést a plodit začíná brzy, již mezi 5. a 10. rokem. Pyl dozrává obvykle v dubnu až do poloviny července (dle polohy místa). Samčí šištice jsou oranžové až tmavě červené, 0,8 – 1,5 cm dlouhé. Tvoří se ve spodnější části koruny na starších bočních větvích. Samičí šištice mají červeno-purpurové zbarvení, dosahují délky 1 – 1,2 cm. Rostou ve svrchní části koruny, zpravidla po 2 – 5 šišticích v přeslenu (Musil, Hamerník, 2003).

Klíčení probíhá ideálně za plného osvětlení, na holé půdě bez vegetace. Při ideální teplotě pro klíčení (8 – 26 °C) a s dostatkem půdní vláhy, se klíčivost blíží k 100 % (Musil, Hamerník, 2003).

3.3.3 Poddruhy

Pinus contorta, subspecies *contorta* – borovice pobřežní

Poddruh subsp. *contorta*, vázaný na pobřežní pásmo od S Kalifornie po JV Aljašky, je adaptovaný na oceánické klima do 600 m n. m. U nás vytváří habitus o zakrslého keře nebo nízkého netvárného stromu (10 – 14 m), často s křivolakým či nakloněným kmenem (Businský, Velebil, 2011).

Jehlice mají tmavozelenou barvu, 2–5(7) cm dlouhé a 0,7–1,2 mm široké. Šišky mají asymetrický tvar, vytrvalé, někdy mohou být serotinné (setrvávají na stromě neotevřené a otevírají více let po dozrání, např. při požáru). Pupek má 6 mm dlouhý trn (Fulín a kol., 2017).

- *Pinus contorta* subsp. *bolanderi*: některé publikace tuto varietu zařazují jako samostatný poddruh, avšak současné publikace jí zařazují pod borovici pobřežní. Jedná se o zakrslý typ, který se vyskytuje pouze na kyselých podzolových půdách v Kalifornii (Musil, Hamerník, 2003).

Pinus contorta subsp. *latifolia* – borovice pokroucená širokolistá

Agresivní pionýrská dřevina, tvoří primární sukcesí na plochách zdevastovaných požárem a lávou. Obývá areál vyšších nadmořských výšek hor do 3 500 m n. m. od kanadského Yukonu až do Colorada. Jde o vysoké stromy (výjimečně až 50 m) s 5-8 cm dlouhými, žlutavě zelenými jehlicemi. Šišky jsou tvrdé a těžké, rostou jednotlivě nebo ve dvojicích, tvarově asymetrické, proměnlivě serotinní (Fulín a kol., 2017). Používá se na výrobu pražců, telegrafních sloupů, pilotů a stavbu lodí (Kaňák, 2004).

Jako introdukovaný druh se osvědčila ve Švédsku, kde je vyhledávána díky jejímu rychlému růstu a klimatické otužilosti (Elfving et al., 2011).

Pinus contorta subsp. *murrayana* – borovice murrayova

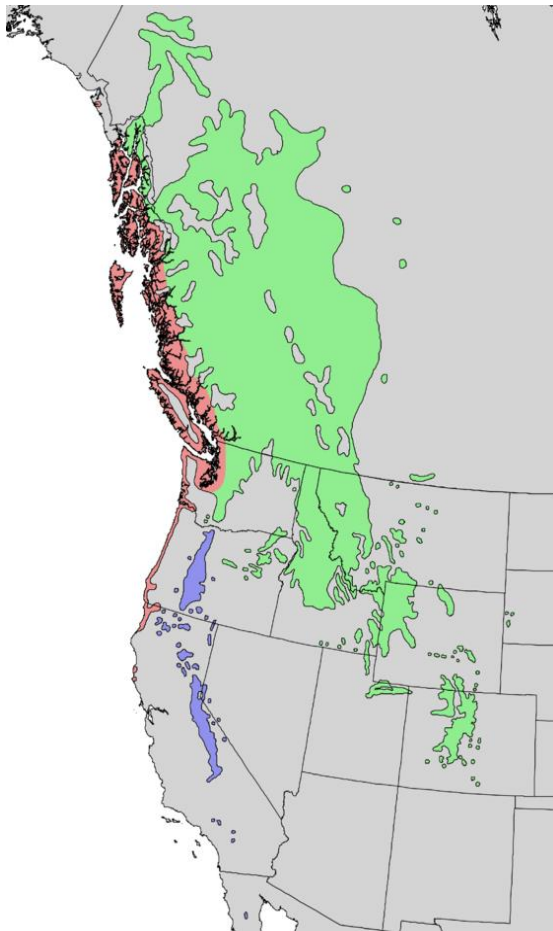
Roste v nadmořských výškách od 0 do 3 500 m n. m. od jižního Washingtonu po jižní Kalifornii až do Mexika. Vyznačuje se pomalejším růstem, výškou do 40 m. Jehlice 5-8 cm dlouhé, 1-2 mm široké, šišky symetrické, odstálé, neserotinní (otevírají se po dozrání).

3.3.4 Rozšíření

Dřevina je rozšířená v severní Americe v oblastech vulkanických pohoří, kde vytváří primární stádia lesních ekosystémů na lávových polích (Kaňák, 2004). Vertikálně se nachází v polohách od 0 – 3500 m n. m. (Musil, Hamerník, 2003).

Areál borovice pokroucené se rozkládá od kanadského Yukonu. podél pobřeží Tichého oceánu až po severozápadní Mexiko. V Severní Americe je pokrytí touto dřevinou cca 26 mil. ha, z toho téměř 6 mil. ha je v USA. Tvoří jednu z hlavních dřevin v Yellowstoneském národním parku (Musil, Hamerník, 2003).

Mezi další země, kde se zaváděly porosty borovice pokroucené, jsou např. Nový Zéland (150 tis. ha), Britské ostrovy (215 tis. ha) a Švédsko. Ve Švédsku porosty s borovicí pokroucenou zaujímají plochu cca 600 tis. ha (Elfving et al., 2001).



zelená – *Pinus contorta* subsp. *latifolia*

červená – *Pinus contorta contorta* subsp. *contorta*

modrá – *Pinus contorta* subsp. *murrayna*

Obrázek 4: Areál přirozeného rozšíření borovice pokroucené

Zdroj: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus contorta subspecies range map 2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinus_contorta_subspecies_range_map_2.png)

Introdukce do Čech

Přestože naše domácí druhy jsou dlouhodobě adaptovány na místní podmínky, introdukce může sloužit jako vhodný doplněk při pěstování lesů tam, kde nejsou domácí druhy úspěšné. Faktem je, že některé introdukované druhy mimo své produkce nabízejí i další přednosti, např. odolnost vůči nepříznivým vlivům stanoviště, abiotickým i biotickým činitelům apod. (Kaňák, 2004).

Některé introdukované druhy dřevin mají vynikající schopnosti vytvářet iniciální (pionýrské) stádium lesního ekosystému na nelesních půdách. Toho se využívá zejména při rekultivacích půd po antropogenní činnosti. Z rodu *Pinus* se nejlépe osvědčila borovice pokroucená a borovice rumelská (Kaňák, 2004).

U nás byl údajně pěstován od roku 1865 na zámku v Hluboké n. Vltavou, v Průhonicích od roku 1908 již v plošných výsadbách podél obvodu parku.

V roce 1956 VÚLHM v Plzni zakládá arboretum Sofronka, které se specializuje na pěstování introdukovaných druhů rodu *Pinus* (Businský, 2011).

Během 70. let 20. století byl tento druh příležitostně používán k výsadbám na emisních holinách, např. v Krušných horách. Zahradnický je u nás používán také, snese městské prostředí, ale často není příliš atraktivní. Je zajímavé, že v našich porostech borovice pokroucené se dosud neobjevilo poškození houbami, které je např. ve skandinávských zemích běžné, kde dosahuje téměř kalamitního rozsahu (Kaňák, 2001).

3.3.5 Ekologie

Tato borovice je stovky let selektovaná pravidelnou vulkanickou činností v místě svého areálu výskytu, proto jí lze považovat za dřevinou odolnou vůči imisnímu zatížení (Kaňák, 2004).

Jedná se o druh, který potřebuje hodně světelných podmínek, zástin toleruje špatně. Na půdní podmínky je zcela nenáročná, dokáže růst na suchých kamenitých půdách, vlhkých svazích či horských hřebenech. Snese velké extrémy teplot, v zimě $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v létě $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Slávik, Bažant, 2016).

Nejlépe roste na žulovitých a břidličnatých půdách a na sopečných horninách. Dokáže vyrůst i na deluviích a aluviích s vyváženou pórovitostí a vlhkostí.

Ze severoamerických jehličnanů má borovice pokroucená nejširší ekologický areál, dobře roste na nutričně slabých půdách a snáší větší rozsah pH, což je výhoda oproti ostatním druhům. Mladé stromky rostou rychle a snáší i kruté klimatické podmínky, proto jsou s severní Evropě sázeny hojněji než jiné nepůvodní druhy borovic (Kuznetsova et al., 2009).

Kuznetsova et al. (2009) poukazuje na významný vztah mezi růstovými parametry stromů a živinami v půdách po těžbě ropných břidlic. Produkce je závislá na dusíku, fosforu a draslíku. Množství N a P závisí na obsahu organické složky, zatímco K je obsažen v jílovitých minerálech. Z výsledků vyplývá, že výška a střední tloušťka stromů se zvětšovala s nárůstem půdního dusíku v půdě. Kuznetsová (2009) dále poukazuje na fakt, že borovice pokroucená má lepší využitelnost dusíku na jednotku biomasy než borovice lesní.

Kombinací pionýrské charakteristiky, její schopnost regenerace po požáru a rychlý růst v mladých letech, dávají za předpoklad rozmanitost v sukcesních rolích (Elfving et al., 2001).

3.3.6 Porovnání s ostatními druhy borovic

Tento severoamerický druh se na první pohled podobá naší domácí borovici blatka. Od blatky jej nejlépe rozeznáme podle zřetelných ostnů na šupinách šišek a podle víceletých vytrvalých šišek (Businský, Velebil, 2011).

Bylo zjištěno, že exotické druhy jehličnanů mají vyšší produktivitu než borovice lesní nebo původní listnaté dřeviny. Příkladem je introdukce borovice pokroucené širokolisté (*Pinus contorta* var. *latifolia*) do Švédska, kde vykazuje o 36% větší produkci dřeva než borovice lesní (Kuznetsova et al., 2009).

Borovice pokroucená v mnoha vlastnostech předčí borovici lesní. Hlavní přednosti borovice pokroucené shrnul Elfving et al. (2001):

- Vyšší celkový objemový přírůst
- Menší podíl kůry na celkovém objemu kmene
- Nižší mortalita v prvních letech života
- Řezivo se při sušení méně kroutí a praská.
- Index listové plochy je větší, tudíž může absorbovat více světelné energie
- Vyšší odolnost k mrazům a menší náchylnost k napadení sněžné sypavky - *Phacidium infestans*

Borovice lesní naopak zase vykazuje lepší tvar kmene, větší hustotu dřeva a menší podíl jádrového dřeva.

3.3.7 Škodliví činitelé

V areálu přirozeného rozšíření je nejnebezpečnějším hmyzím škůdcem lýkohub *Dendroctonus ponderosae*. Hraje významnou roli v dynamice v ekosystému této dřeviny, neboť pravidelně se opakující epidemie mají vliv na trvalý vývoj spravovaných porostů. Jako prevence se provádí prokácení problémových oblastí (Musil, Hamerník, 2008).

Mezi další škůdce napadající všechny borovice patří klikoroh borový (*Hylobius abietis*), květopas borový (*Anthonomus phyllocola*) a hřebenule ryšavá (*Neodiprion sertifer*).

Byly pozorovány škody způsobené hrabošem polním (*Microtus arvalis*), zajíci a spárkatou zvěří (Elfving et al., 2001). Kaňák (2001) konstatuje, že limitujícím faktorem zalesnění v oblasti Krušných hor není imisní zátěž, nýbrž jelení zvěř.

I když obecně je tento druh odolný vůči rzím z rodu *Melampsora* a sypavkám rodu *Lophodermella*, je náchylný na patogen *Gremmeniella abietina*, který způsobuje odumírání odrostků v drsných lokalitách. Nejnáchylnější jsou odrostky, které jsou ohnuté pod vrstvou sněhu, nebo mají poraněné pupeny. Od pupenů se houba šíří skrz větve až do kmene (Elfving et al., 2001).

Z abiotických škodlivých činitelů nejvíce škody působí vítr a poškození sněhem (příp. mrazem). V porovnání s ostatními jehličnany, borovice pokroucená ukládá méně hmoty do kmene, což má za následek větší pružnost, která působí negativně. Vítr škodí úměrně s výškou porostu. Roční mortalita u 10 metrů vysokých stromů je 0,3%, zatímco v porostu s výškou 20 m mortalita činila 0,6% (Elfving et al., 2001).

3.3.8 Využití

Borovice pokroucená je pro lesnické využití zajímavá zvláště z hlediska odolnosti vůči biotickým a abiotickým činitelům a díky svým známým pionýrským vlastnostem (Novotný a kol., 2017).

Jedná se o dřevinu, která je v oblasti přirozeného výskytu významná nejen po stránce dřevovýrobní, ale i z hlediska krajinářského a vodohospodářského. Komerčně se využívá jako zdroj stavebního řeziva, k výrobě obkladů, sloupů, pražců, vlákniny a podobně (Slávik, Bažant, 2016).

V našich podmínkách se hospodářsky neuplatňuje, ale pozornost vzbudila na chudých, rekultivovaných stanovištích. Pokusně je vysazována na imisních holinách v Krušných horách, kde jako jedna z mála dřevin je schopna vytvořit souvislý a kvalitní přípravný porost (Musil, Hamerník 2008). Pod přípravný porost je možno následně podsazovat tzv. hercynskou směs - místní variantu odolného smrku, původní buk, jedlí a jako příměs náhorní variantu borovice lesní (Kaňák, 2001).

4 Metodika práce

4.1 Charakteristika řešeného území

Terénní práce probíhaly v arboretu Antonín. Detailní charakteristikou arboreta se zabývá první kapitola v rešeršní části, proto jsou zde informace o této lokalitě pouze doplněny, příp. upřesněny.

V roce 2001 bylo arboretum předáno firmou Sokolovská uhelná a.s. do majetku státního podniku Lesy České republiky, s. p., organizační složka spadá pod lesní správu Kraslice. Plocha výsypky spadá LHC Sokolov, pro kterou je závazný LHP na období 2011 – 2020.

Průměrná roční teplota Sokolovského regionu podle stanice ČHMÚ byla v roce 2017 +7,3°C a průměrné srážky činily 611 mm za rok. Charakteristickým rysem sokolovského klimatu je velký počet zamračených dnů v roce (170) s častým výskytem mlh. Průměrné vegetační období má délku 220 – 227 dnů.

Typologická mapa (příloha č. 6) rozlišuje na výsypce celkem 5 typů lesních stanovišť – lesních typů. Výrazně převládají lesní typy stanovišť 3. lesního vegetačního stupně, nejvíce kyselá dubová bučina (3K7) – buk 60%, dub 30%, jedle 10%. Následuje chudá dubová bučina (3M7) ve složení buk 50%, dub 40%, bříza 10%, borovice. V místech terénních depresí jsou vylišeny lesní typy 4. lesního vegetačního stupně - kyselá dubová jedlina (4P9), podmáčená dubová jedlina (4G1). Pruh při úpatí výsypky na západě, u řeky Ohře se nachází ve 3. LVS – svěží dubová bučina (3S8) s přirozenou skladbou buk 60%, dub 30%, lípa 10%.

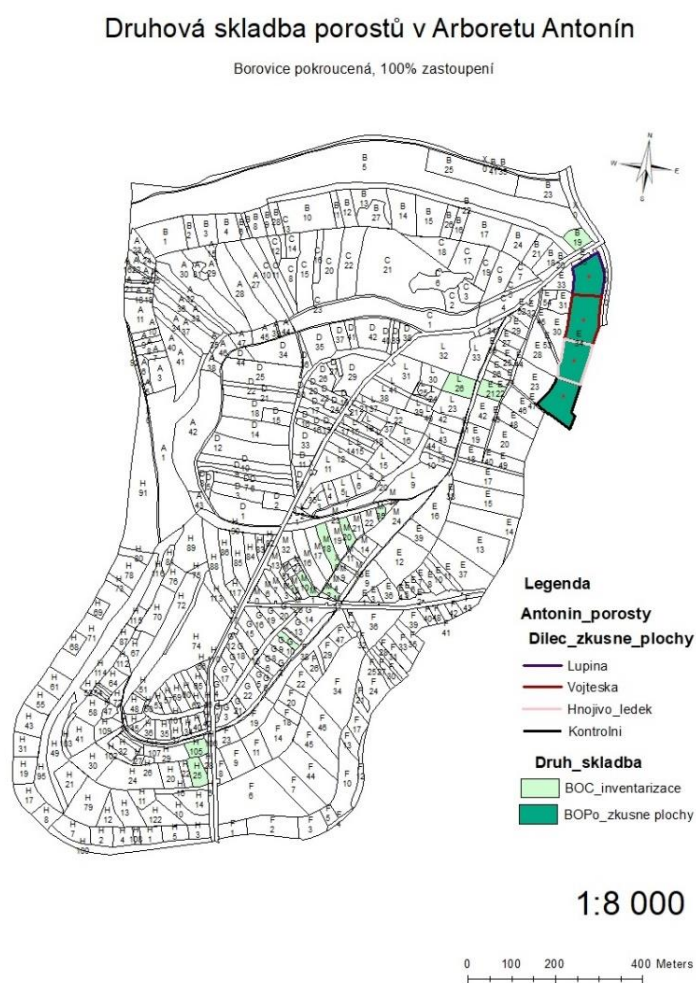
4.2 Založení zkusných ploch

Pro výběr byla zvolena dřevina borovice pokroucená, konkrétně variace murrayova (*Pinus contorta* subsp. *murrayana*). Tato dřevina byla zvolena proto, že je ve svém přirozeném areálu známá svými pionýrskými vlastnostmi, velkou odolností vůči imisím a v současnosti je v různých koutech světa zaváděna jako rekultivační dřevina na zdevastovaných stanovištích.

Zkusné plochy byly vytyčeny v monokulturním porostu borovice pokroucené. Výměra porostu činí 2,5 ha, nachází se v severovýchodním cípu arboreta a spadá pod dílec E. Samotný porost se rozděluje na čtyři dílce, kde před výsadbou byly použity různé varianty rekultivačních opatření (vojtěška, lupina, hnojení ledkem, kontrolní plocha).

Celkem byly vytyčeny 4 zkusné plochy o velikosti 10x15 m. Rozměry plochy jsou stabilizovány železným kolíkem a žlutými pruhy na dvou sousedních stromech v daném okraji plochy.

Převážná část měření probíhala za použití technologie Field-Map (Monitoring and Mapping Solutions - vyvíjeno v ústavu pro výzkum lesních ekosystémů). Základem hardwarového vybavení této technologie je terénní počítač, k němuž se dá připojit množství periférií (dálkoměr, sklonoměr, GPS modul...). Technologie provádí měření v trojrozměrném prostoru za pomoci pozic bodů, linií nebo polygonů.



Obrázek 5: Zastoupení BOP a vymezení zkusných ploch

ZDROJ: archiv RNDr. Oldřicha Vacka; upraveno v ArcMap

4.3 Skladba stromového patra

Za pomoci technologie Field-Map byla zaměřena poloha všech jedinců ve stromovém patře, kteří dosahují výčetní tloušťky (dbh) min. 4 cm. Následně je na tyto stromy ve výčetní výšce přibit pozinkovaný plíšek, který je nasměrován k počátku plochy.

U každého živého stromu byla změřena korunová projekce. Měří se za pomoci měřicí soupravy, která nachází uprostřed monopolu a je možné s ní otáčet v úhlu 360°. Součástí soupravy je i figurant, který drží teleskopickou tyč s odrazným hranolem. Figurant s hranolem kopíruje horizontální obvod koruny. Pro každý strom bylo měřeno pět obvodových bodů koruny.

Po změření korunových projekcí se tyč s hranolem přiložila k patě stromu, načež se vyměřila pozice kmene v relativní souřadné soustavě (souřadnice X, Y, Z).

4.4 Měření tloušťky a výšky stromů

Před samotným měřením průměrů, byly v místě měření (prsí výška – cca 1,3m) odstraněny z kmene nečistoty a nerovnosti, které by mohly nadsadit měřené údaje. Výčetní tloušťky byly měřeny ve dvou směrech na sebe kolmých lesnickou průměrkou s rozsahem 65 cm a přesností na 1 mm. Následně údaj DBH (*diameter in breast height*) byl manuálně zaznamenán v programu Field-Map .

Pro měření výšek byl použit elektronický výškoměr Vertex Laser 5, který měří s přesností na 0,1 m. Před samotným měřením probíhala kalibrace přístroje pomocí cejchovaného pásma a transpondéru. Výhoda tohoto modelu spočívá ve dvou technologických možnostech měření vzdáleností (výšek) – ultrazvukem nebo laserem. Ultrazvuk dokáže přesně měřit i v husté vegetaci, avšak pouze za použití aktivní elektronické odrazky – transpondéru. Laser je vhodnější pro měření větších vzdáleností a nevyžaduje užití transpondéru (Kučelka a kol., 2015).

4.5 Kvalita produkce stromového patra

Určování kvality produkce stromového patra vychází z Schädelinovy klasifikace stromů (1931), IUFRO metody a z metodiky Národní inventarizace lesů (ÚHÚL, 2003).

Kvalita se určuje na základě těchto parametrů:

Vitalita

- a. **souše** – čerstvá (odumřelý strom, který umřel předchozí vegetační sezónu) nebo stará (všechny stromy, které odumřely v minulých letech)
- b. **živý strom**
 - bujný – velmi vitální, výbojný strom
 - normálně vyvinutý – jedinec s normálním, běžným vývojem
 - slabě vyvinutý – jedinec se sníženou vitalitou a zpomaleným vývojem

2) Výškové postavení

- a. **nadúrovňový**- stromy, jež mají mohutně vyvinutou korunu a zřetelně vyčnívají nad hlavní vrstvu úrovňových stromů. Tvarově, tzv. předrostlíci jsou stromy nevhodné. Zastiňují a utlačují sousední stromy shora i z boku. Zpravidla se včas odstraňuje, popř. se tlumí růst.
- b. **úrovňový** – tvoří hlavní korunovou vrstvu, podílejí se na hlavním korunovém zápoji
- c. **podúrovňový** – stromy, které svými korunami nedosahují do souvislé vrstvy korun stromů úrovňových

3) Kvalita kmene

- a. **rovný průběžný** – nejstabilnější kmen
- b. **křivost jednoduchá** – jeden obloukovitý prohýb na celý kmen
- c. **křivost složená** – dva nebo více ohybů v jedné nebo více rovinách

4) Kvalita a tvar koruny

- a. **dobrá** – symetrická a pravidelná, po obou stranách rovnoměrně rozložena
- b. **průměrná** – mírně jednostranně rozložená, částečně stísněná a lehce jednostranná
- c. **vadná** – výrazně nepravidelná, deformovaná, nesymetricky rozložená, řídká, objem koruny a její utv

- 5) Poškození kmene
- zdravý**
 - poškozený loupáním** – strhnutí pásů kůry zvěří, v podélném směru
 - hniloba** – vnitřní nebo povrchová
 - míra poškození do 1/8 kmene**
 - míra poškození nad 1/8 kmene** – součet jednotlivých poškození přesahuje 1/8 obvodu kmene
- 6) Rozdvojení (rozdělení kmene na dva i více přibližně stejně vzrůstné kmeny)
- bez rozdvojení**
 - rozdvojením do 1,3 m**
 - rozdvojení od 1,3 do 3 m**
 - rozdvojení od 3 do 7 m**
- 7) Zlom (přelomení kmene způsobené abiotickými, či biotickými faktory)
- bez zlomu**
 - vrcholový zlom** – v horní třetině koruny
 - korunový zlom** – ke zlomení došlo ve dvou třetinách živé koruny
 - kmenový zlom** – zlom pod živou korunou
 - ohnutý strom** – vrchol koruny je více než ¼ výšky stromu odchýlen od paty kmene
 - náhradní vrchol** – vznik nových tvarů (bajonet, lyra, svícen)

4.6 Výpočty

Pro početní práce byl použit program Microsoft Excel. Na zkusných plochách bylo změřeno 40 jedinců, ze kterých vycházejí následující výpočty.

Kruhová základna

Kruhová základna (g, m^2) je plocha příčného průřezu kmene v určité výšce. Nejčastěji používaná je výčetní kruhová základna, což je plocha příčného průřezu kmene ve výšce 1,3 m nad patou kmene (Kuželka a kol., 2015).

$$g = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2$$

Mezi základní porostní veličiny patří kruhová základna porostu (G , resp. $G \cdot ha^{-1}$, m^2), což je součet kruhových základen všech N stromů v porostu.

Střední tloušťka

Střední tloušťka z kruhové základny d_g je taková tloušťka, která reprezentuje kruhovou základnu všech stromů v porostu. Zachycuje nejen velikost tlouštěk (jako charakteristika plochy), ale i jejich variabilitu.

Nejprve byly vypočítány kruhové základny jednotlivých stromů g_i jako plocha kruhu s průměrem odpovídajícím změřené výčetní tloušťce stromu. Následně se určila střední kruhová základna jako aritmetický průměr kruhových základen g_i . Ze střední kruhové základny je zpětně určen odpovídající průměr kruhu, čímž se získá výčetní tloušťka středního kmene d_g (Kuželka a kol., 2015).

$$g_i = \frac{\pi}{4} d_i^2 \qquad \bar{g} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i \qquad d_g = \sqrt{\frac{4\bar{g}}{\pi}}$$

Střední výška

Střední výška porostu h_g je průměrná výška ze vzorníku, který reprezentuje střední tloušťku, kruhovou základnu nebo objem všech stromů porostu.

Určí se výpočtem z regresní rovnice výškové funkce sestrojené pro příslušný soubor stromů. Střední výška se tedy získala dosazením střední tloušťky z kruhové základny d_g do rovnice výškové funkce:

$$h_g = f(d_g)$$

Objem středního kmene

Objem středního kmene \bar{v} získáme podělením celkového objemu, počtem stromů dané dřeviny:

$$\bar{v} \text{ (m}^3\text{)} = \frac{V_{dřev}}{N_{dřev}}$$

Lze také zjistit na základě střední porostní tloušťky a střední porostní výšky z objemových tabulek.

Výtvarnice

Výtvarnice f je bezrozměrná veličina zavedená k určení objemu kmene. Udává poměr mezi objemem kmene a objemem ideálního válce stejné kruhové plochy a výšky:

$$f = \frac{V}{g \cdot h}$$

f = výtvarnice

V = objem středního kmene

g = průměrná kruhová plocha

h = střední výška porostu

Tři druhy výtvarnice jsou odvozeny z různých kruhových základů (Kuželka a kol., 2015).

Vypočtena byla výtvarnice nepravá, neboť je v praxi nejvíce používaná. Nepravá výtvarnice je vztažena ke kruhové ploše ve výčetní výšce (1,3m). Je důležitá pro metody určování objemu stromů a porostů, zvláště ke konstrukci objemových tabulek. Pro celý porost byla výtvarnice vypočítána skrz zlomek, kdy v čitateli je objem středního kmene a ve jmenovateli je součin průměrné kruhové plochy se střední porostní výškou.

Štíhlostní koeficient

Štíhlostní koeficient byl vypočítán jako podíl výšky v metrech a výčetní tloušťky v centimetrech. Čím vyšší jsou hodnoty štíhlostního koeficientu, tím více je ohrožena stabilita porostu.

$$\text{ŠK} = \frac{h (m)}{D_{1,3}(cm)}$$

Absolutní výšková bonita

Absolutní výšková bonita vyjadřuje střední výšku porostu dané dřeviny v standartním věku (100 let). Byla zjištěna pomocí taxačních tabulek z bonitního vějíře jako průsečík střední výšky a věku.

Zastoupení

Zastoupení bylo odhadováno okulární metodou. Jedná se o monokulturní porost, tudíž zastoupení tvoří z 100% borovice pokroucená.

Zásoba

Výpočet zásoby porostu vycházel z metody objemových tabulek.

Jednotlivé výčetní tloušťky byly zaříděny do tloušťkových stupňů. Interval tloušťkových stupňů je 2 cm, přičemž celkově nabývá hodnot od 8 do 30 cm. Počet jedinců v daném tloušťkovém stupni byl zjištěn pomocí funkce ČETNOSTI.

Na základě změřených výšek a výčetních tlouštěk byl sestrojen bodový graf (výsledky – graf 3), přičemž oblast grafu protíná logaritmická spojnice trendu. Z výškového grafikonu se pomocí regresní rovnice odvozují vyrovnané výšky, které odpovídají jednotlivým tloušťkovým stupňům.

Vyrovnané výšky lze také zjistit výpočtem, pomocí Naeslundovy výškové funkce:

$$h = 1,3 + \frac{d^2}{(a + b * d)^2}$$

- d je výčetní tloušťka; a, b jsou parametry modelu, které je potřeba na začátku nastavit např. na a=5 a b=1

Z objemových tabulek se na základě tloušťkových stupňů a vyrovnaných výšek určil objem jednoho kmene, který se následně vynásobil počtem stromů v daném tloušťkovém stupni. Součtem zásob jednotlivých tloušťkových stupňů se zjistila zásoba na zkusné ploše.

Ke zjištění skutečné celkové zásoby porostu je potřeba zásobu zjištěnou na zkusných plochách přepočítat na celkovou rozlohu porostu. Součet zásob na všech zkusných plochách je podělen souhrnnou výměrou zkusných ploch a vynásoben celkovou výměrou porostu (Kučelka a kol., 2015).

$$V = \sum_{i=1}^n (V) \cdot \frac{P}{N \cdot p}$$

- N je počet zkusných ploch, p je rozloha zkusné plochy a P je celková plocha porostu

Dále se zjistila zásoba porostu dle taxačních tabulek na základě střední výčetní tloušťky a střední výšky. Zjištěná tabulková zásoba porostu se použila pro výpočet zakmenění.

Zakmenění

Zakmenění charakterizuje produkční potenciál stanoviště, je to stupeň obsazení plochy porostu stromy. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, nabývá hodnot 0–1, respektive 0–10. Plné zakmenění je vyjádřeno číslicí 1, resp. 10 (Kuželka a kol., 2015).

Zakmenění se získalo podílem skutečné zásoby porostu a zásoby tabulkové (z taxačních tabulek).

$$\rho_v = \frac{V_{skutečná}}{V_{tabulková}}$$

Dle hodnot zakmenění se vylišují následující stupně:

Tabulka 2: Stupně zakmenění dle hodnot

Stupeň zakmenění	Hodnoty
Plné	1,0 - 0,9
Uvolněné	0,8 - 0,7
Prořídle	0,6 - 0,5
Řídké	0,4 - 0,3
Rozptýlené, roztroušené	0,2 - 0,1

5 Výsledky

Výsledky důležitých dendrometrických veličin jsou uvedeny níže, v tabulce č. 3. Skutečná zásoba na 1 ha je oproti taxačním tabulkám a o 43 % nižší. Pravděpodobně to je způsobené slabším zakmeněním porostu. Zajímavou hodnotu vykazuje i objem středního kmene, neboť přesně ta samá hodnota je uváděna i v objemových tabulkách.

Tabulka 3: Vyhodnocení dendrometrických veličin – BOP

Veličina	Symbol	Hodnoty	Rozměr, jednotky
Věk	t	45	roků
Počet stromů	N	40	ks
Výměra porostu	P	2,5	ha
Kruhová základna	G.ha ⁻¹	8,14	m ²
Výčetní tloušťka středního kmene	d _g	20	cm
Střední výška porostu	h _g	14	m ²
Zásoba skutečná	V.ha ⁻¹	133	m ³
Zásoba tabulková	V.ha ⁻¹	190	m ³
Štíhlostní koeficient	φ, ŠK	0,7	-
Objem středního kmene	v̄	0,2	m ³
Výtvarnice nepravá	f	0,45	-
Absolutní výšková bonita	q	26	m
Zakmenění	ρ	0,7	-

ZDROJ: vlastní šetření

5.1 Porovnání s modřínem opadavým (*Larix decidua*)

V rámci zpracování výsledků se jako vhodné jeví porovnání s ostatními rekultivačními dřevinami, které se v arboretu nacházejí. Pro srovnání byla zvolena dřevina modřín opadavý (*Larix decidua*), jehož porosty se nacházejí v západní části arboreta. Modřín opadavý spadá do stejné čeledi jako borovice pokroucená (borovicovité – *Pinaceae*), má obdobné ekologické nároky a je taktéž známý svými rekultivačními vlastnostmi.

Porosty modřínu i borovice pokroucené byly v arboretu vysázeny ve stejném období, proto lze velmi dobře zhodnotit a porovnat výsledky dendrometrického šetření, 45 let po výsadbě.

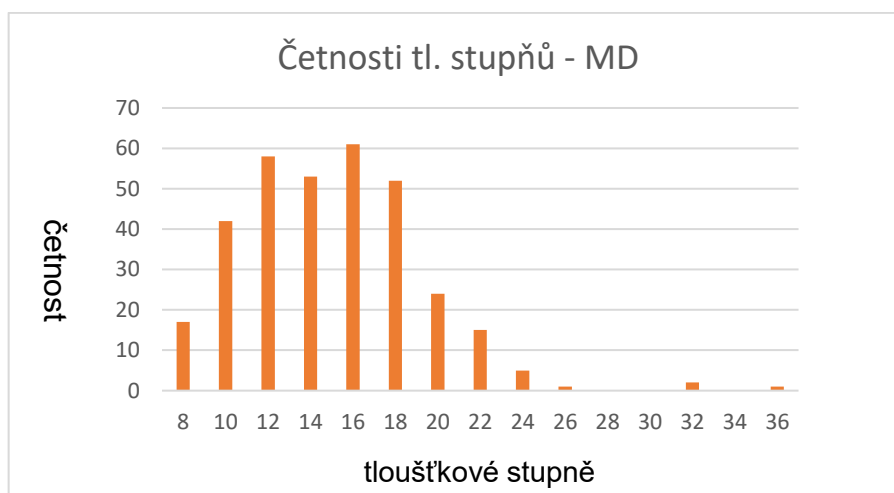
Metodika měření modřínového porostu probíhala ve stejném období, byla totožná s metodikou měření porostu borovice pokroucené, lišila se pouze velikostí zkusných ploch (50 x 50 m vs. 10 x 15 m).

Tabulka 4: Vyhodnocení dendrometrických veličin – MD

Veličina	Symbol	Hodnoty	Rozměr, jednotky
Věk	t	45	roků
Počet stromů	N	349	ks
Kruhová základna	G.ha ⁻¹	25	m ²
Výčetní tloušťka středního kmene	d _g	16	cm
Střední výška porostu	h _g	18	m ²
Zásoba skutečná	V.ha ⁻¹	249	m ³
Zásoba tabulková	V.ha ⁻¹	290	m ³
Štíhlostní koeficient	φ, ŠK	1,125	-
Objem středního kmene	v̄	0,18	m ³
Výtvarnice nepravá	f	0,396	-
Absolutní výšková bonita	q	28	m
Zakmenění	ρ	0,86	-

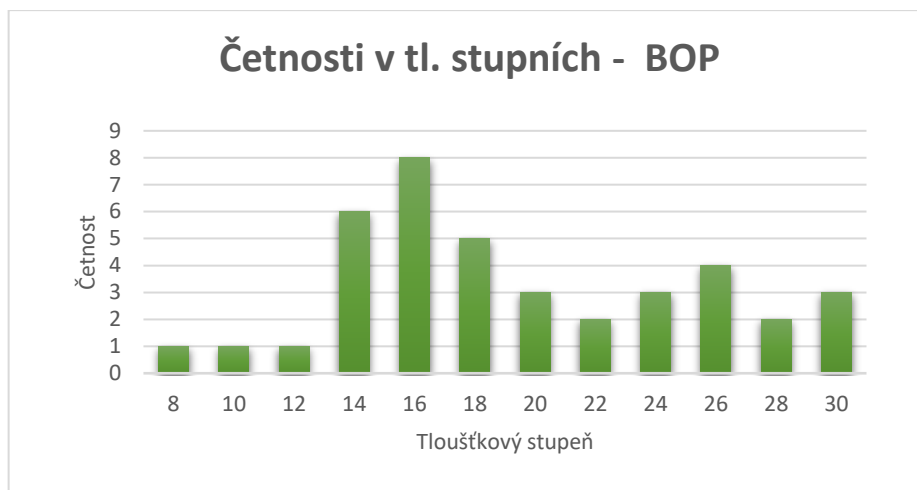
ZDROJ: Červený 2018, podáno

Z výsledků pro modřín opadavý vyplývá, že strukturní i produkční charakteristiky nejsou příliš příznivé. Až téměř kritický je štíhlostní koeficient. Aby byl strom odolnější vůči poškození sněhem a větrem, poměr by neměl přesahovat hodnotu 0,80. Objem středního kmene je oproti BOP nižší, avšak skutečnou zásobu na hektar převyšuje téměř dvojnásobně. S tím souvisí i míra využití porostní plochy, čili zakmenění, kterou má modřín větší.



Graf 1: Histogram tlouštěk – MD

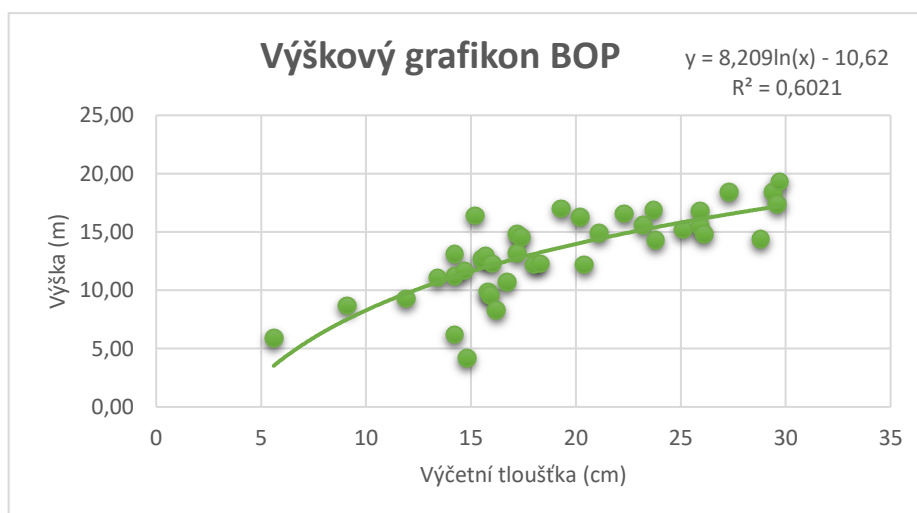
ZDROJ: Červený 2018, podáno



Graf 2: Histogram tlouštěk – BOP

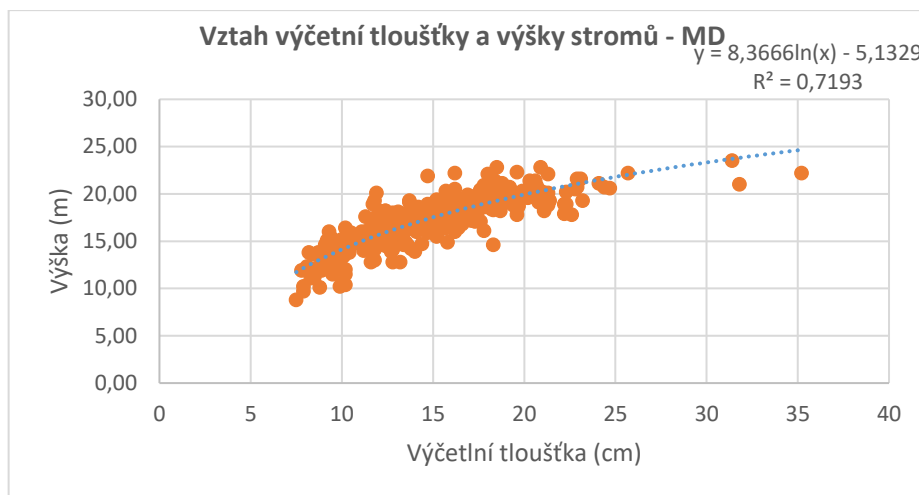
ZDROJ: vlastní šetření

Na prvních dvou grafech si lze všimnout, že obě dřeviny dosahují vrcholu v tloušťkovém intervalu 15,1 – 17 cm. Tvar rozdělení tlouštěk u MD je symetrický, kdežto u BOP je značně chaotický, spíše levostranný.



Graf 3: Výškový grafikon s regresní křivkou – BOP

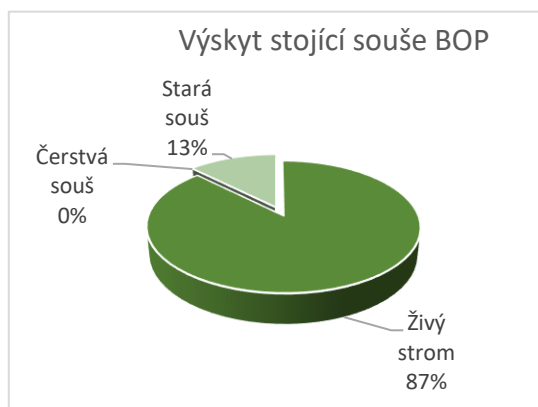
ZDROJ: vlastní šetření



Graf 4: Výškový grafikon s regresní křivkou – MD

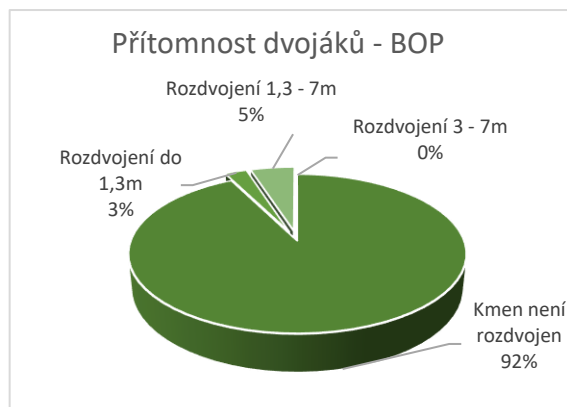
ZDROJ: Červený 2018, podáno

Výškový grafikon potvrzuje vysoký štíhlostní koeficient u modřínu. Modřín při stejných výčetních tloušťkách dosahuje větších výšek než borovice. Zajímavostí u borovice jsou dva jedinci s výčetní tloušťkou necelých 15 cm a výškou ± 5 m. Jedná se o jedince odumírající, s vadnou korunou.



Graf 5: Výskyt stojící souše – BOP

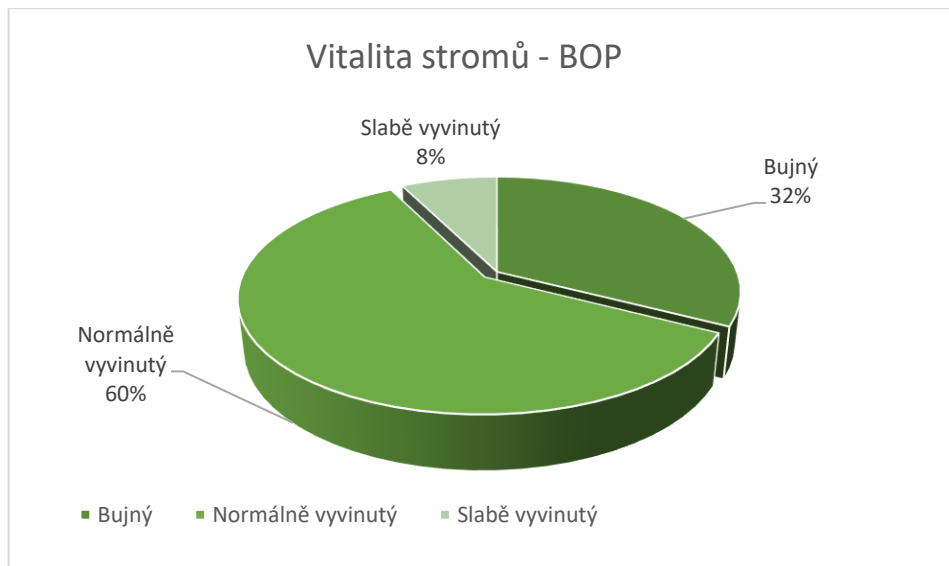
ZDROJ: Vlastní šetření



Graf 6: Výskyt rozdvojených jedinců – BOP

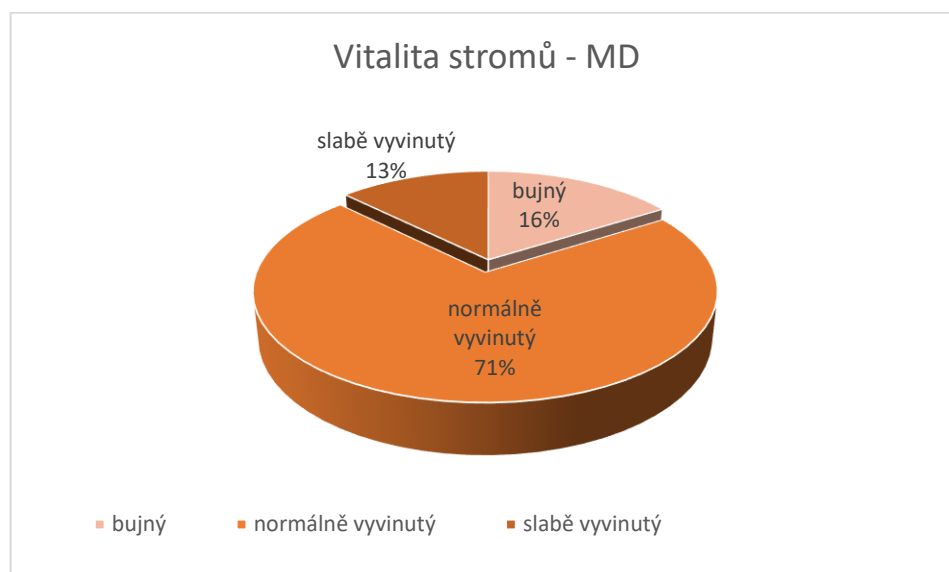
ZDROJ: Vlastní šetření

Živé stromy tvoří většinu porostu borovice. Vyskytující se souše by měly být eliminovány, neboť jejich mrtvá hmota zhoršuje kvalitu produkce okolních jedinců. V modřínovém porostu se souše a zdvojené stromy vyskytují také, avšak pouze v marginálním množství.



Graf 7: Vitalita stromů dle klasifikace IUFRO – BOP

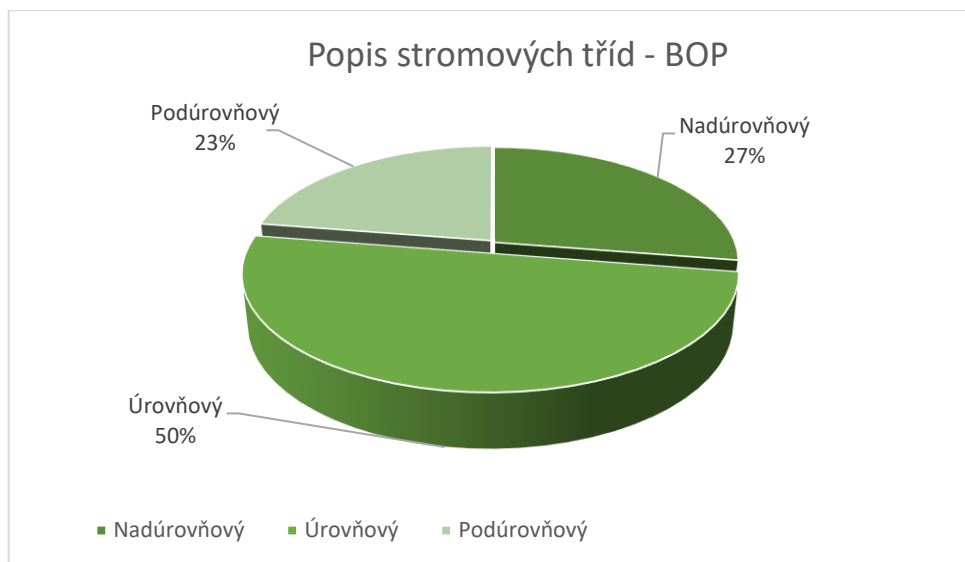
ZDROJ: Vlastní šetření



Graf 8: Vitalita stromů dle klasifikace IUFRO – MD

ZDROJ: Červený 2018, podáno

Výborné fyziologické vitality dosahuje u borovice 32% jedinců. U modřínu je více průměrně vyvíjejících se jedinců, stejně tak se zde nachází větší množství jedinců se sníženou vitalitou.



Graf 9: Výškové postavení – BOP

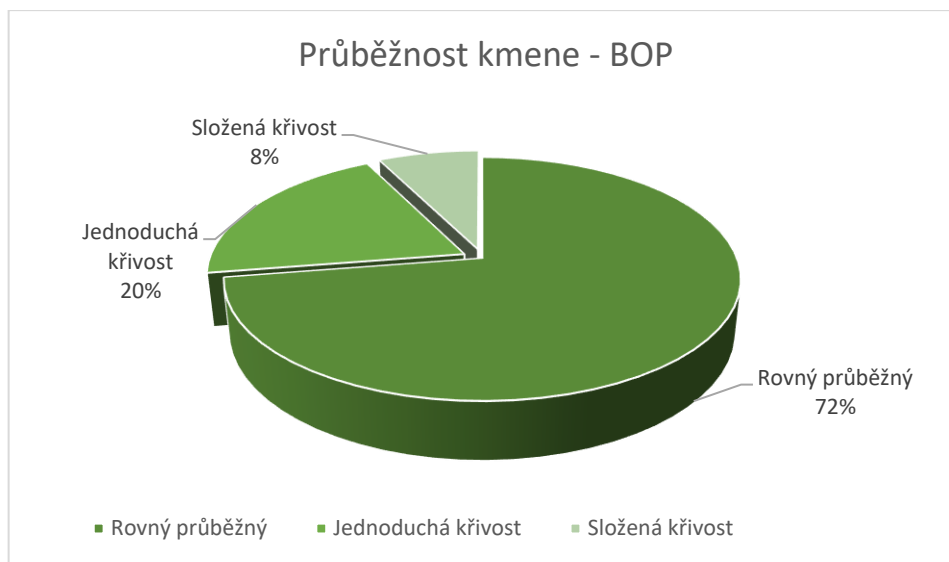
ZDROJ: Vlastní šetření



Graf 10: Výškové postavení – MD

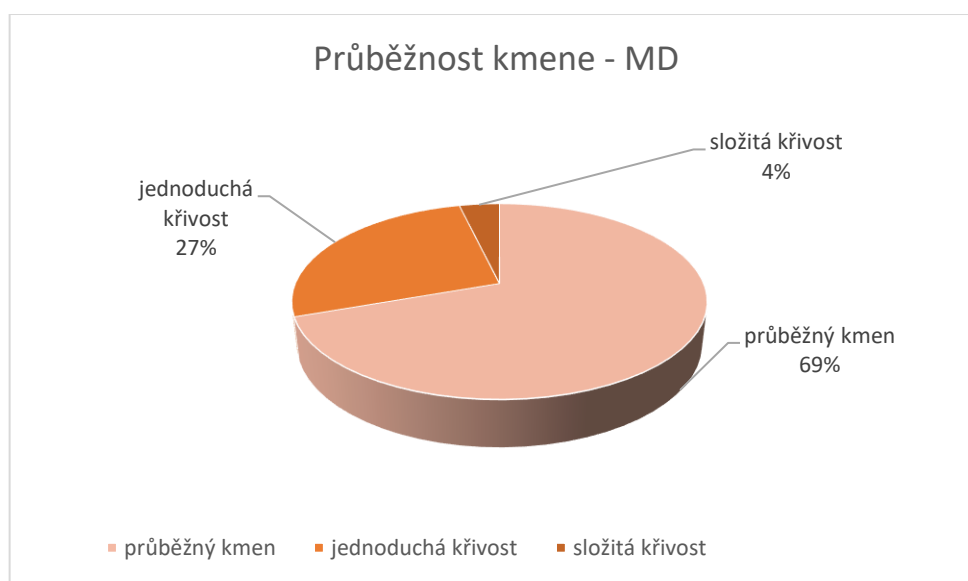
ZDROJ: Červený 2018, podáno

Výškové postavení úrovňových jedinců se u obou dřevin se výrazně neliší. Modřín vykazuje o 10% větší počet podúrovňových jedinců, kdežto u borovice je téměř třetina jedinců předrůstavých.



Graf 11: Průběžnost kmene – BOP

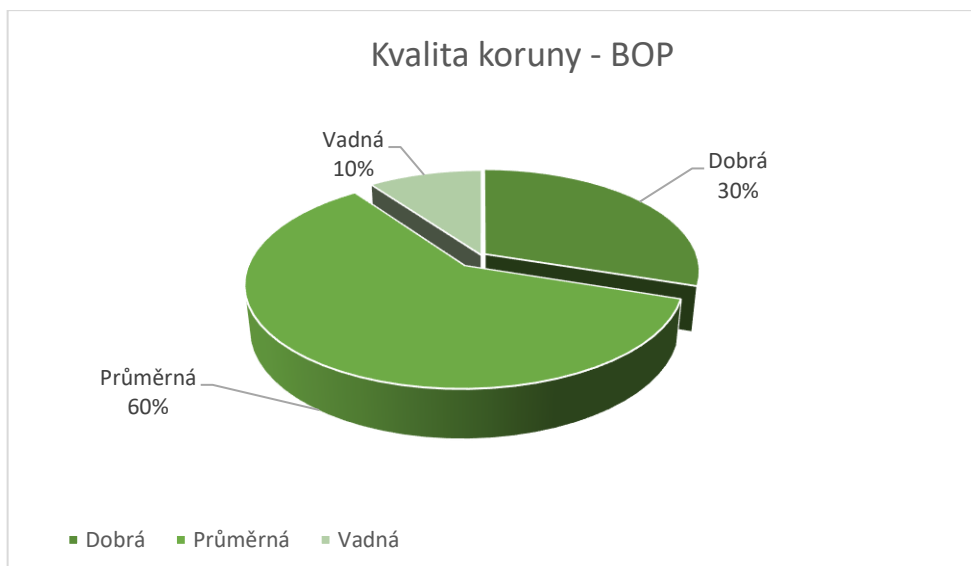
ZDROJ: Vlastní šetření



Graf 12: Průběžnost kmene – MD

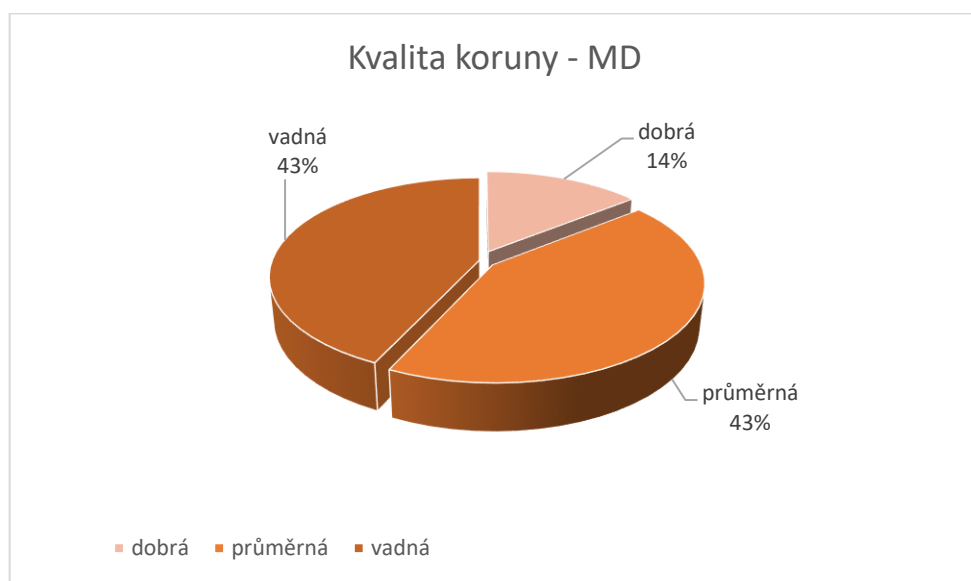
ZDROJ: Červený 2018, podáno

Kvalita kmene byla rovněž získávána pro obě dřeviny. Nejčastěji se cca z $\frac{3}{4}$ vyskytují jedinci s rovným, průběžným kmenem. Vyšší zastoupení jednoduché křivosti vykazuje porost modřínu. Sekce s takovýmto poškozením nemusí nutně spadnout do sortimentu horší kvality. Jedinců se složenou křivostí se více nachází u borovice. Do sekce s takovýmto poškozením nelze umístit žádný sortiment mimo vlákny a paliva.



Graf 13: Kvalita koruny – BOP

ZDROJ: Vlastní šetření



Graf 14: Kvalita koruny – MD

ZDROJ: Červený 2018, podáno

V rámci měření byla hodnocena i kvalita koruny. Borovice vykazuje kvalitnější korunu než modřín. Modřín má vadnou, výrazně jednostrannou korunu, příp. deformovanou korunu u téměř poloviny jedinců, což je kritický stav, který by potřeboval nápravné opatření.

6 Návrhy pěstebních a výchovných zásahů

Od dob založení arboreta byly lesnické zásahy na ploše minimální, omezené pouze na nejnútnejší asanační opatření. Velká část porostních ploch se vyvíjela spontánně. Opomenutí základních výchovných zásahů devastuje podstatu lesoparku. Proto je potřeba v co nejbližší době zřídít nápravu, která tuto podstatu navrátí.

V arboretu Antonín byly jednotlivé druhy dřevin vysázeny ve velkých skupinách na ploše několika hektarů, čili v řádu tisíce kusů. V porovnání s ostatními arborety je to velmi neobvyklé, neboť standardně se nacházejí soliterně nebo ve skupince po několika exemplářích.

Je třeba brát v potaz, že hustota výsadeb by měla být zachována, neboť arboretum bylo zakládáno s úmyslem vytváření modelových zkušebních ploch, na kterých se testovaly jednotlivé dřeviny.

Modely výchovy v mladých borových porostech I. věkové třídy doporučují vytříbení porostu prořávkami negativním výběrem v úrovni a nadúrovni odstraněním netvárných a poškozených jedinců, kdy by se měla šetřit podúroveň.

V současné době se porost nachází ve věku 45 let, tedy ve třetí věkové třídě. Před samotným zásahem je nutné mít na paměti ekologické nároky dřeviny borovic, konkrétně jejich výraznou světlomilnost. Jako nejvhodnější opatření se jeví úrovňový zásah kombinovanou probírkou. Její metoda spočívá v tom, kdy se v první řadě eliminují neperspektivní jedinci, konkrétně předrostlíci a obrostlíci. Současně se z porostu odstraní souše, zlomy, vývraty a jedinci se složenou křivostí. Tento zásah bude poměrně citelný a do konce decennia další výchovné opatření nejspíše nebude nutné.

V následujícím decenniu se bude provádět úrovňový zásah s pozitivním výběrem. Při této metodě výchovy se péče zaměřuje na určitý počet nejkvalitnějších a nejvitálnějších stromů, které budou tvořit kostru nastávajícího porostu. Úrovňové probírky zpravidla zhorší produkci porostu. Aby se předešlo tvorbě širokých letokruhů, lze zvolit pomalejší postup s frekvencí 5 let a postupným uvolňováním. Důležité je nezasahovat do porostního pláště aby nedošlo k větrným vývratům.

Pokud se vyskytují vtroušené cenné dřeviny (i v podúrovni) a neomezují růst vybraných jedinců, ponechávají se, aby spoluvytvářely porostní prostředí.

Vývraty, které se na stanovišti vyskytují, jsou způsobeny nízkou stabilitou porostu. Stabilitu stromů ovlivňuje především jejich tloušťka a výška. Vzhledem k této náchylnosti se doporučuje provádět pěstební zásahy, mající za cíl proředění porostů, citlivě, nejlépe ve dvou etapách za jednu dekádu.

Do dalších pěstebních návrhů se nabízí zařadit vyvětňování. Tento zásah je v arboretu žádoucí, zvýší se funkce estetická, krajínovorná, sníží se sukatost kmene a tím pádem se cena sortimentu zvýší. Doporučuje se provést vyvětňování suché (oklest suchý) do výšky kolem 3 m, kdy se odstraní větší počet spodních větví zcela nebo z větší části odumřelých.

7 Diskuze

Borovice pokroucená se v našich podmínkách jako introdukovaná dřevina osvědčila. Přijetím zákona na ochranu přírody č. 114/1992 se však použití introdukovaných dřevin v imisních oblastech značně zkomplikovalo. Navíc v té době převládal optimistický názor na zalesnění imisních holin našimi původními druhy. Tento krok byl zřejmě předčasný, neboť po několika nepříznivých zimách (1995 - 1997) zkolabovaly porosty tzv. náhradních dřevin (nepůvodní bříza) a objevily se opět rozsáhlé škody na mladých smrkových kulturách. Z těchto důvodů se do centra pozornosti dostaly opět druhy, které jsou sice nepůvodní, avšak odolnější, než naše domácí druhy.

Samotná introdukce má však i svá úskalí. Ačkoliv se introdukované dřeviny vyvíjely v rozdílných ekologických podmínkách, mohou některým činitelům čelit mnohem lépe, než naše domácí druhy. Kaňák (2004) konstatuje, že právě neúčast v koevoluci s okolím bývá hlavním problémem u introdukovaných dřevin. Příkladem může být rez vejmutovková (*Cronartium ribicola*) na borovici vejmutovkové (*Pinus strobus*). Tato rez se běžně vyskytuje v Evropě, kdežto v Americe byla zcela neznámá.

Měření probíhalo ve snaze o dosažení nejpresnějších výsledků, mnohdy bylo i kontrolně opakováno. Avšak vždy je nutné počítat s nahodilou chybou měření, která vzniká náhodnými rušivými vlivy, proto jí nelze nikdy úplně odstranit. Také je nutné poukázat na hodnoty z taxačních tabulek, neboť tabulky byly vypracovány pro dřeviny domácí, nikoliv introdukované.

Při provádění výchovných zásahů na výsypkových stanovištích s provedenou lesnickou rekultivací je hlavní prioritou stabilita porostu. Elfving (et al., 2001) uvádí, že do výšky 20 m jsou borové porosty nejvíce ohrožovány sněhem, od této výšky pak větrem.

Borovicí pokroucenou se v arboretu Antonín také zabýval Štrudl (2016), kde analyzoval průměrný roční tloušťkový přírůst. Štrudl ve své diplomové práci zhodnotil, že průměrný roční tloušťkový přírůst nabyl hodnoty 7,86 mm. Pan Ing. Václav Bažant, Ph.D. se ve své disertační práci také zabýval růstovými vlastnostmi dřevin na výsypkových stanovištích. V případě pana Bažanta, byla borovice lesní porovnávána s modřínem opadavým a jasanem ztepilým. Borovice lesní mezi těmito dvěma dřevinami dominovala z hlediska průměrného ročního přírůstu, když dosáhla ročního průměru 5,02 mm.

8 Závěr

Zhodnotit borovici pokroucenou v rekultivačním arboretu Antonín bylo pro mě značnou výzvou. Poznatky a literární prameny o této dřevině teprve přibývají, neboť do Evropy byl tento druh introdukován teprve před necelými 200 lety. U nás jí bylo povšimnuto až na počátku 70.tých let 20. století, kdy byla vysazována jako dřevina rekultivační na zdevastovaných půdách po hnědouhelné těžbě. Celková porostní plocha borovice pokroucené v celé republice, podle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů, je necelých 130 ha (viz příloha 5). Porosty jsou poměrně mladé, obvykle v pátém věkovém stupni.

Na základě domácích i zahraničních (převážně ze Severských zemí) výzkumů bylo zjištěno, že dynamika růstu a vývoje borovice pokroucené na výsypkách, se příliš neliší od dynamiky růstu některých domácích dřevin. V mnoha aspektech dokonce domácí dřeviny předčí. Díky její široké ekologické amplitudě, solidní odolnosti vůči škůdcům a pozitivní snášenlivostí v extrémních a nehostinných prostředích, se tato dřevina jeví jako vhodný adept nejen pro lesnické rekultivace.

Při správné, zanedbané výchově porostu, vytěžená hmota, příp. semenný materiál dokáže tato dřevina nabídnout zajímavé finanční ohodnocení. Své místo by tedy rozhodně našla i v lesích hospodářských, otázkou je, jak by na tento exotický druh borovice reagovala veřejnost.

Z výsledků je patrné, že porosty jsou zanedbané, proto je vhodné zahájit výchovné a rekonstrukční zásahy. Navržené hospodářské opatření nelze brát jako modelové pro celé arboretum. Porosty na Antonínu, ať jsou založeny monokulturně nebo v různém stupni smíšení, mají specifické podmínky a vzájemné interakce. Každý porost je proto nutno posuzovat individuálně.

Mnoho studií popisuje arboretum jako unikátní rekultivační, rekreační a relaxační centrum. V mnohém lze souhlasit, koncepce arboreta je vymyšlena opravdu unikátně, avšak jako místo pro relaxaci a odpočinek bych ho v současné chvíli rozhodně nedoporučil. Velkou chybou byla laxnost ze strany předchozího majitele, kdy od doby zalesnění se nevynaložily žádné prostředky na údržbu a vývoj arboreta, což je velkým zklamáním. V současné době arboretum spadá pod režii Lesů České republiky, s. p., proto doufám, že budou v nejbližší době navrženy a realizovány projekty na obnovu původního záměru arboreta, neboť potenciál arboreta je skutečně vysoký.

Seznam literatury a použitých zdrojů

- BARTUŇKOVÁ, K. *Rekultivace povrchových hnědouhelných dolů v severních Čechách*. Geografické rozhledy. 2012 - 2013, ročník 22, číslo 2, strana 8 - 9.
- BAŽANT, V. *Růstové vlastnosti dřevin na výsypkových stanovištích Mostecké pánve (Severočeské hnědouhelné pánve)*. Disertační práce. Praha: ČZU, 2010. 118 stran.
- BUSINSKÝ, R., VELEBIL, J. *Borovice v České republice: Výsledky dlouhodobého hodnocení rodu Pinus L. v kultuře v České republice*. 1. vydání. Průhonice: VÚKOZ, 2011. 180 stran. ISBN 978-80-85116-90-8.
- ČERMÁK, P., ONDRÁČEK, V. *Stanovištní a rhizologické vlastnosti dřevin využívaných při zalesňování výsypek severočeské hnědouhelné pánve*. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. , 2009. 57 stran. ISBN 978-80-904027-8-2.
- ČERMÁK, P., KOHEL, J., DEDERA, F., *Rekultivace ploch devastovaných těžbou nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru*. Metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2002, 74 stran.
- ČERVENÝ, M., *Zhodnocení růstu modřínu opadavého v rekultivačním arboretu Antonín*. Bakalářská práce. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2018. V současnosti v tisku
- DIMITROVSKÝ, K., *Zemědělské lesnické a hydrikové rekultivace území ovlivněných báňskou činností*. Metodiky pro zemědělskou praxi č. 14. Praha: ÚZPI , 1999. 66s. ISBN 80-7271-065-6
- DIMITROVSKÝ, K., *Výběr vhodných druhů dřevin a jejich směsí pro výsypková stanoviště v oblasti SR*. Dílčí závěrečná zpráva. Praha: Výzkumný ústav meliorací Praha – Zbraslav, 1976. 29 stran
- DIMITROVSKÝ, K., *Zakládání lesních porostů z hlediska pěstebně výchovných zásahů na výsypkových stanovištích v oblasti HDBS*. Dílčí závěrečná zpráva etapy: P-16-329-059-02-05. Praha: VÚMOP, 1975. 45stran.
- DIMITROVSKÝ, K., *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. 1. vyd. Sokolov: Sokolovská uhelná, a.s., 2001. 188 stran.
- DIMITROVSKÝ, K., JEHLIČKA, J., JETMAR, M., KUBÁT, J.: *Výzkum modřínů (LARIX MILL.) v rekultivačním lesnickém arboretu Antonín na Sokolovsku a na ostatních výsypkách*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2006
- ELFVING, B., ERICSSON, T., ROSVALL, O., "The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden — a review", *For. Ecol. Manag.*, roč. 141, č. 1, s. 15–29, 2001.
- FROUZ, J. POPPERL, J. PŘIKRYL, I. ŠTRUDL, J. *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolov: Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., 2007
- FULÍN, M., NOVOTNÝ, P., ČÁP, J., DOSTÁL, J., FRÝDYL, J. – Vyhodnocení provenienční plochy s borovicí pokroucenou (*Pinus contorta dougl. Ex Loudon*) na borovém stanovišti na Třeboňsku. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2017, ročník 62, číslo 4, strana 262 – 270. ISSN 0322-9688

- GLOS, R. *Rekultivační význam lesnického arboreta na výsypce Antonín*. Bakalářská práce. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2011. 44 stran
- KANÁK J. *Hodnocení výzkumných ploch s druhem Pinus contorta Dougl.* Dílčí závěrečná zpráva výzkumného záměru č. 01/9011. Jíloviště-Strnady: VÚLHM, 2001. 8 stran.
- KANÁK, J. Zkušenosti s introdukovanými druhy borovic v arboretu Sofronka a jejich použití v imisních oblastech Krušných hor. *Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam. Sborník z konference.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. ISBN 80-213-1234-3
- KOUCKÝ, R., *Studie projektu Antonínské arboretum*. Sokolov: ABRI s.r.o., 2011
- KUZNETSOVA T., TILK M., OTS K., LUKJANOVA, K., PÄRN,H. „The Growth of Lodgepole Pine (*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm.) in a Reclaimed Oil Shale Mining Area, Abandoned Agricultural Land and Forestland", *Balt. For.*, roč. 15, č. 2, 9 stran, 2009.
- KUŽELKA K., MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V. *Dendrometrie*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita 2015. 121 stran. ISBN 978-80-213-2600-2
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J. *Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie I*. 1. vyd. Praha: Academia, 2003. 352 stran. ISBN 978-80-200-1567-9
- NOVOTNÝ, P., FULÍN, M., DOSTÁL J., ČÁP J. Růst proveniencí borovice pokroucené v podmínkách acidofilní doubravy v západních Čechách ve věku 34 let. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2017. ročník 62, číslo 3, strana 197-207. ISSN 0322-9688
- PODRÁZSKÝ, V. *Využití multifunkčního potenciálu rekultivačního lesnického arboreta Antonín – Sokolov*. Kontrolní zpráva projektu. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2017. 38 stran
- SLÁVIK, M., BAŽANT, V. *Dřevařská dendrologie I. Dřeviny nahosemenné – Gymnospermophytae*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2016. 107 stran. ISBN 978-80-213-2622-4
- ŠTÝS, S. a kol. *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. SNTL Praha, 1981. 677 stran
- VANC, O. *Taxonomické zhodnocení Pinus contorta subsp. Latifolia (Engelm.) na výsypkových stanovištích a možnosti jejího využití*. Diplomová práce. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2016. 79 stran
- LČR, s.p.Hradec Králové (2011): LHP 2011-2020, LS Kraslice, revír 13-Kynšperk, LHC Sokolov, zpracovatel LHPprojekt a.s.
- ÚHÚL 2003. Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat. Brandýs nad Labem, 136 s.

DIMITROVSKÝ, K, PROKOPOVÁ, D, MODRÁ, B. *Unikátní rekultivační lesnické arboretum na Sokolovsku. Zahrada - park - krajina*. [online]. Praha: Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 2010, č. 3 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z WWW:<http://www.zahrada-park-krajina.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=212:unikatni-rekultivani-lesnicke-arboretum-na-sokolovsku-konstantin-dimitrovsky-dana-prokopova-barbora-modra&catid=70:032010&Itemid=144>

Seznam příloh

Příloha 1: Známkování vhodnosti dřevin na výsypkových stanovištích	59
Příloha 2: Rekultivační klasifikace listnatých keřů	59
Příloha 3: Rekultivační klasifikace listnatých stromů	60
Příloha 4: Rekultivační klasifikace jehličnatých dřevin	61
Příloha 5: Zastoupení borovice pokroucené na území České republiky	62
Příloha 6: Mapa dílců a typologická mapa arboreta Antonín	62
Příloha 7: Porost borovice pokroucené v arboretu Antonín	63
Příloha 8: Výpis z LHP 2011 – 2020	64

Přílohy

Příloha 1: Známkování vhodnosti dřevin na výsypkových stanovištích

Dřeviny a keře velmi vhodné	1
Dřeviny a keře vhodné	2
Dřeviny a keře méně vhodné	3
Dřeviny a keře nevhodné	4

Příloha 2: Rekultivační klasifikace listnatých keřů

ZDROJ: Dimitrovský, 2001

Listnaté keře		
Latinský název	Český název	Klasifikace
<i>Alnus viridis</i>	olše zelená	2
<i>Amorpha fruticosa</i>	netvařec křovitý	1
<i>Berberis vulgaris</i>	dřišťál obecný	3
<i>Caragana arborescens</i>	čimišník obecný	1
<i>Chaenomeles japonica</i>	kdoulovec japonský	2
<i>Cornus sanguinea</i>	svída krvavá	1
<i>Crataegus laevigata</i>	hloh obecný	2
<i>Eleagnus angustifolia</i>	hlošina úzkolistá	1
<i>Euonymus europaeus</i>	brslen evropský	2
<i>Forsythia viridissima</i>	zlatice nazelenalá	1
<i>Hippophae rhamnoides</i>	rakytník řesetlakový	1
<i>Ligustrum vulgare</i>	ptačí zob	2
<i>Lonicera tatarica</i>	zimolez tatarský	1
<i>Sambucus nigra</i>	bez černý	1
<i>Sambucus racemosa</i>	bez červený	2
<i>Spiraea salicifolia</i>	tavolník vrbolistý	2
<i>Syringa vulgaris</i>	šeřík obecný	2
<i>Viburnum lantana</i>	kalina tušalaj	3

Příloha 3: Rekultivační klasifikace listnatých stromů

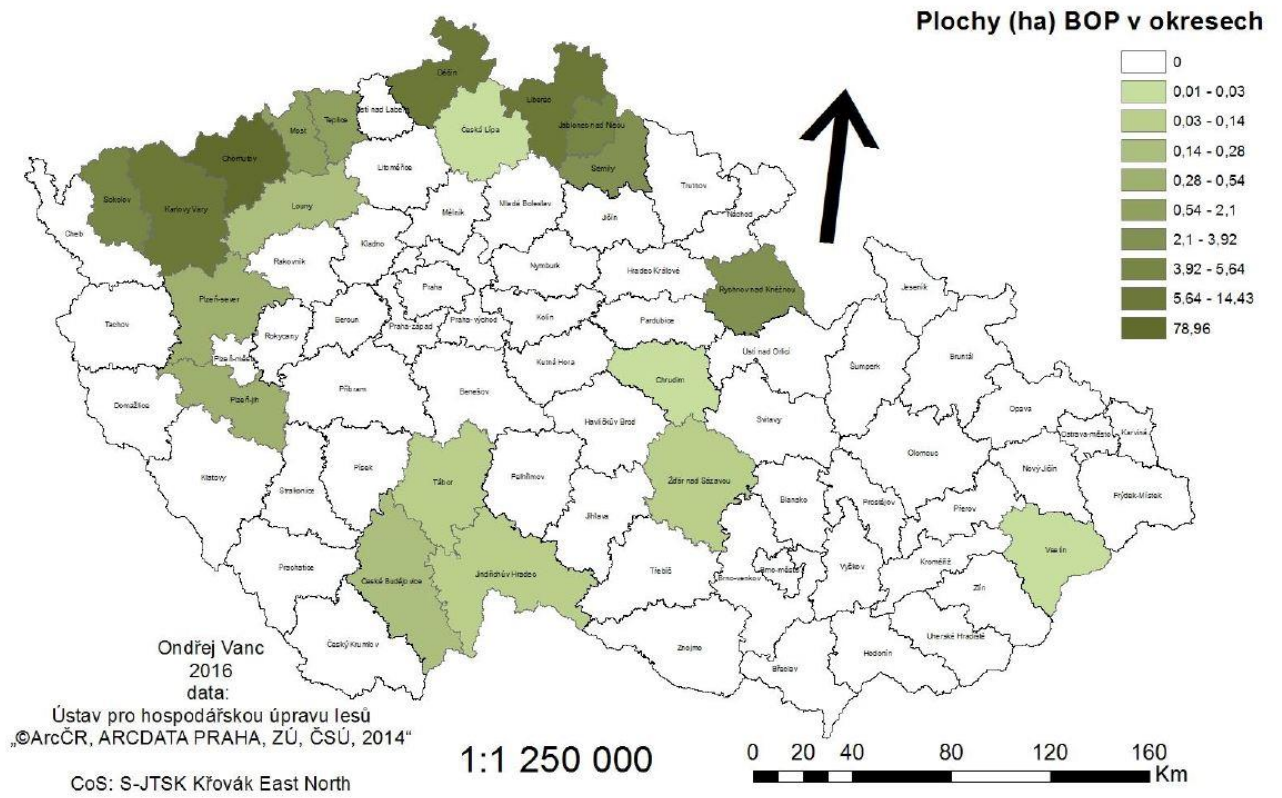
ZDROJ: Dimitrovský, 2001

Listnaté stromy		
Latinský název	Český název	Klasifikace
<i>Acer campestre</i>	javor babyka	2
<i>Acer negundo</i>	javor jasanolistý	2
<i>Acer platanoides</i>	javor mléč	1
<i>Acer psedoplatanus</i>	javor klen	1
<i>Acer sacharinum</i>	javor stříbrný	2
<i>Aesculus hippocastanum</i>	jírovec maďal	2
<i>Alnus glutinosa</i>	olše lepkavá	1
<i>Alnus incana</i>	olše šedá	1
<i>Betula pubescens</i>	bříza pýřivá	1
<i>Betula verrucosa</i>	bříza bradavičnatá	1
<i>Carpinus betulus</i>	habr obecný	3
<i>Castanea sativa</i>	kaštanovník setý	4
<i>Corylus colurna</i>	líška turecká	1
<i>Fagus sylvatica</i>	buk lesní	4
<i>Fraxinus americana</i>	jasan americký	2
<i>Fraxinus excelsior</i>	jasan ztepilý	2
<i>Fraxinus ornus</i>	jasan zimnář	1
<i>Juglans nigra</i>	ořešák černý	4
<i>Platanus acerifolia</i>	platan javorolistý	4
<i>Populus alba</i>	topol bílý	2
<i>Populus nigra</i>	topol černý	2
<i>Populus tremula</i>	topol osika	1
<i>Populus trichocarpa</i>	topol chlupatoplodý	1
<i>Prunus mahaleb</i>	mahalebka obecná	2
<i>Prunus padus</i>	střemcha hroznovitá	1
<i>Quercus petraea</i>	dub zimní	2
<i>Quercus robur</i>	dub letní	1
<i>Quercus rubra</i>	dub červený	1
<i>Salix caprea</i>	vrba jíva	2
<i>Salix fragilis</i>	vrba křehká	2
<i>Sorbus aucuparia</i>	jeřáb ptačí	2
<i>Tilia cordata</i>	lípa srdčitá	2
<i>Tilia platyphyllos</i>	lípa velkolistá	2
<i>Ulmus minor</i>	jilm habrolistý	1
<i>Ulmus glabra</i>	jilm horský	1

ZDROJ: Dimitrovský, 2001

Jehličnaté dřeviny		
Latinský název	Český název	Klasifikace
<i>Abies alba</i>	jedle bělokorá	4
<i>Abies cephalonica</i>	jedle řecká	2
<i>Abies concolor</i>	jedle ojíňená	1
<i>Abies grandis</i>	jedle obrovská	2
<i>Abies nordmanniana</i>	jedle kavkazská	3
<i>Abies procera</i>	jedle vznešená	3
<i>Juniperus sabina</i>	jalovec chvojka	2
<i>Larix decidua</i>	modřín opadavý	1
<i>Larix sibiruca</i>	modřín sibiřský	1
<i>Larix sudetica</i>	modřín sudetský	1
<i>Picea engelmannii</i>	smrk Engelmannův	1
<i>Picea abies</i>	smrk ztepilý	3
<i>Picea glauca</i>	smrk sivý	3
<i>Picea mariana</i>	smrk černý	2
<i>Picea omorica</i>	smrk omorika	1
<i>Picea orientalis</i>	smrk východní	2
<i>Picea pungens</i>	smrk pichlavý	1
<i>Picea sitchensis</i>	smrk sitka	4
<i>Pinus aristata</i>	borovice osinatá	1
<i>Pinus banksiana</i>	borovice Banksova	3
<i>Pinus cembra</i>	borovice limba	2
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>	borovice pokroucená	1
<i>Pinus contorta</i>	borovice pokroucená	1
<i>Pinus jeffreyi</i>	borovie Jeffreyova	2
<i>Pinus heldreichii</i>	borovice Heldreichova	3
<i>Pinus mugo</i> var. <i>uncinata</i>	borovice blatka	1
<i>Pinus mugo</i> var. <i>mughus</i>	borovice kleč	2
<i>Pinus nigra</i>	borovice černá	1
<i>Pinus peuce</i>	borovice rumelská	1
<i>Pinus rigida</i>	borovice tuhá	2
<i>Pinus ponderosa</i>	borovice těžká	1
<i>Pinus silvestris</i>	borovice lesní	2
<i>Pinus strobus</i>	borovice vejmutovka	2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	douglaska tisolistá	1
<i>Taxus baccata</i>	tis obecný	1
<i>Thuja occidentalis</i>	zerav západní	2
<i>Thuja orientalis</i>	zerav východní	2

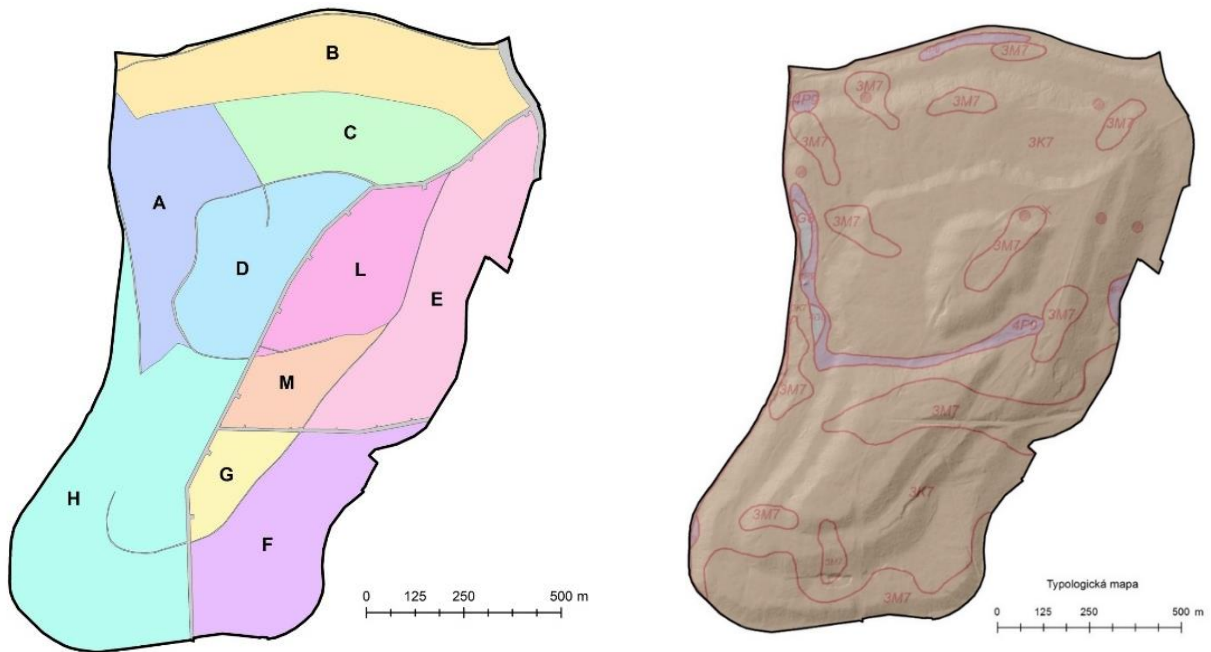
3.4 Mapa 2 Zastoupení borovice pokroucené (*Pinus contorta*) na území České republiky v jednotlivých okresech dle plochy zalesnění (ha)



35

Příloha 5: Zastoupení borovice pokroucené na území České republiky

ZDROJ: Ondřej Vanc, Diplomová práce



Příloha 6: Mapa dílců a typologická mapa arboreta Antonín

ZDROJ: Podrázský, 2017



Příloha 7: Porost borovice pokroucené v arboretu Antonín

ZDROJ: Vlastní pořízení – březen 2018

Souhrné údaje z LHP 2011-2020 - stav k 1.1.2011

<u>Oddělení</u>	<u>Plocha</u>	<u>LO</u>	<u>LVS</u>	<u>imise</u>	<u>zvl.určení</u>		
809	151,27	2	3	D	43-funkce estetická a krajínovorná		
Dílec	Plocha						
A	13,56					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
3	4,16	27	3K7	90 / 20			
4	9,4	35	3K7	120 / 30		52	502
Dílec	Plocha						
B	21,03					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
1	0,79	5	3K7	140 / 30			
3	5,25	27	3K7	90 / 20		10	53
4	14,99	38	3K7	120 / 30		120	1799
Dílec	Plocha						
C	11,64					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
2	0,45	15	3K7	120 / 30		32	15
4	11,19	39	3K7	90 / 20		89	994
Dílec	Plocha						
D	11,86					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
2	0,49	20	3K7	140 / 30			
4	11,37	38	3K7	120 / 30		107	1209
Dílec	Plocha						
E	17,01					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
2	0,55	19	3M7	140 / 30			
4	16,46	31	3K7	140 / 30		85	1392
Dílec	Plocha						
F	15,51					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
1	0,15	5	3M7	140 / 30			
4	15,36	39	3K7	140 / 30		109	1698
Dílec	Plocha						
G	4,19					zásoba	
Porostní skupina	Plocha	věk	LT	O / OD	% MZD	na 1ha	celkem
3	2,21	30	3K7	120 / 30		77	171

Příloha 8: Výpis z LHP 2011 – 2020

ZDROJ: LHP lesní správa Kraslice, LHC Sokolov