

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra pěstování lesů



**Vývoj kořenových systémů výsadeb smrku různého způsobu založení
v oblasti Brd**



Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

Vypracoval: Bc. Richard Jelínek



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Bc. Richard Jelínek
Studijní program:	Lesní inženýrství
Obor:	Lesní inženýrství
Vedoucí práce:	prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.
Garantující pracoviště:	Katedra pěstování lesů
Název práce:	Vývoj kořenových systémů výsadeb smrku různého způsobu založení v oblasti Brd
Název anglicky:	Root development of spruce in different planting technologies in Brdy region
Cíle práce:	Cílem práce je posoudit stav a vývoj kořenových systémů výsadeb smrku při různých technologiích výsadeb v období několika let po výsadbě.
Metodika:	-výběr smrkových výsadeb a mladých porostů srovnatelných stanovištně s různým způsobem založení, - založení zkusných ploch v těchto porostech tak, aby zahrnovaly aspoň sto jedinců, - provedení základních dendrometrických měření a hodnocení kvality stromků na ploše, - vyzvednutí několika jedinců (optimálně 10-15 ks) z půdy a provedení podrobného měření vyzvednutých kořenových systémů a jejich hodnocení, -zpracování získaných dat a jejich vyhodnocení, -zpracování diplomové práce a její včasné předložení vedoucímu práce.
Doporučený rozsah práce:	dle potřeby
Klíčová slova:	umělá obnova, smrk ztepilý, kořenové systémy, technologie umělé obnovy

Doporučené zdroje informací:

1. KUPKA I., 2005: Pěstování lesa I. 1. vydání, skriptum ČZU, 132 s.
2. KUPKA I., 2008: Základy pěstování lesa. 1. vydání, skriptum ČZU, 175 s.
3. PALÁTOVÁ E., MAUER O., Kořenový systém základ stromu. Brno, MZLU v Brně, 2004, 185 s.
4. POLENO, Z. et al, 2007: Pěstování lesů I., Ekologické základy pěstování lesů, první vydání, vydalo nakl. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 315 s., ISBN 978-80-87154-07-6
5. POLENO, Z. et al, 2007: Pěstování lesů II., Teoretická východiska pěstování lesů, první vydání, vydalo nakl. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 946 s., ISBN 978-80-87154-09-0
6. POLENO, Z. et al, 2009: Pěstování lesů III., Praktické postupy pěstování lesů, první vydání, vydalo nakl. Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 951 s., ISBN 978-80-87154-34-2
7. SARVAŠ M., KUPKA I., 2011 : Pěstování a výsadba krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. 1. vydání, skriptum ČZU, 60 s.

Předběžný termín obhajoby: 2015/16 LS – FLD

Elektronicky schváleno: 23. 2. 2016
prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 25. 2. 2016
prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Vývoj kořenových systémů výsadeb smrku různého způsobu založení v oblasti Brd“ vypracoval samostatně po odborných konzultacích Prof. Ing. Ivo Kupky, CSc. a s použitím pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

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

Praze dne: 17. 4. 2016

PODPIS:.....

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kdo mi pomáhali a podporovali mě při zpracování diplomové práce.

Velice děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. za odborné vedení, rady a ochotu při mém vypracování.

Děkuji Ing. Václavu Pernegrovi za poskytnuté informace a věcné připomínky.

Děkuji mé rodině a kamarádům za zázemí, pomoc a toleranci.

**Vývoj kořenových systémů výsadeb smrku různého způsobu založení
v oblasti Brd**

**Root development of spruce in different planting technologies in Brdy
region**

Abstrakt

Cílem diplomové práce je posoudit ujmavost, stav a vývoj sazenic smrku ztepilého vysazeného dvěma různými technologiemi sadby: (i) jamkovou a (ii) štěrbinovou. Vývoj výsadeb byl sledován po dobu několika let na výzkumných plochách v blízkosti obce Obecnice ve Středočeském kraji. Na sazenicích byla sledována jejich výška, přírůst a tloušťka kořenového krčku. Dále byl sledován stav a vývoj kořenového systému, který byl posuzován zejména z hlediska vlivu použité technologie výsadby.

Z výsledků měření a sledování výsadeb vyplývá, že na těchto typech stanoviště šest let po výsadbě je větší část původního kořenového systému nahrazena novým kořenovým systémem, takže vliv technologie výsadby se v této době už vytrácí.

Klíčová slova: smrk ztepilý, štěrbinová sadba, jamková sadba, vývoj výsadeb, výška a výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku.

Abstract

The aim of diploma thesis is to evaluate the influence of planting technology on growth and field performance of Norway spruce plants. The used technologies were (i) hole planting and (ii) slit planting. Plant growth and prosperity were evaluated on permanent plots close to Obecnice, Central Bohemia. The data include total height, height increment and root collar diameter but also root system development.

The data proved the root system on these site types is more or less identical after six years. The reason is the root system is replaced during these years.

Keywords: Norway spruce, whole planting, slit planting, field performance, height and height increment, root collar diameter.

Obsah

1. Úvod	11
1.1 Cíl diplomové práce	12
2. Literární přehled	13
2.1 Přírodní lesní oblast 7 – Brdská vrchovina.....	13
2.1.1 Historie oblasti.....	13
2.1.2 Hydrografické podmínky.....	13
2.1.3 Geologické poměry	14
2.1.4 Klimatické poměry	14
2.2 Rod Picea - smrk	15
2.3 Smrk ztepilý – Picea abies.....	15
2.3.1 Ekologie a rozšíření smrku ztepilého	15
2.3.2 Význam smrku ztepilého	16
2.4 Klikoroh borový	16
2.5 Pevník krvavějící	17
2.6 Manipulace se sadebním materiálem.....	17
2.6.1. Vyzvedávání	18
2.6.2 Třídění sadebního materiálu	18
2.6.3 Zakládání a skladování	19
2.7 Umělá obnova lesa	19
2.7.1 Jamková sadba.....	19
2.7.2 Štěrbínová sadba.....	21
2.8 Růst a přírůst.....	22
2.9 Povýsadbový šok	23
2.10 Kořenový systém	23
2.11 Deformace kořenového systému	24
2.12 WinRHIZO	24

3. Metodika a data	26
3.1 Popis zkušných ploch	26
3.1.1 Výsadba v roce 2010	26
3.1.2 Výsadba v roce 2012	27
3.1.3 Výsadba v roce 2014	27
3.2 Terénní podmínky	28
3.3 Zdravotní stav kultury	28
3.4 Měření nadzemních částí	29
3.5 Měření objemu kořenových systémů.....	29
3.6 Posuzování parametrů kořenového systému dle normy ČSN 48 2115	30
4. Výsledky.....	31
4.1 Výsadba v roce 2014	31
4.1.1 Jamková sadba.....	31
4.1.2 Štěrbínová sadba.....	34
4.1.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbinové sadby v roce 2014.....	37
4.2 Výsadba v roce 2012	38
4.2.1 Jamková sadba.....	38
4.2.2 Štěrbínová sadba.....	40
4.2.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbinové sadby v roce 2012.....	44
4.3 Výsadba v roce 2010	45
4.3.1 Jamková sadba.....	45
4.3.2 Štěrbínová sadba.....	48
4.3.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbinové sadby v roce 2010.....	51
4.4 Celkové srovnání v časové periodicitě	52
4.5 Ekonomické zhodnocení	53
5. Diskuze	55
5.1 Jamková sadba.....	55

5.2 Štěrbínová sadba.....	55
5.3 Cenové srovnání sadeb	56
6. Závěr.....	57
7. Seznam literatury.....	59
8. Přílohy	63

1. Úvod

Kořen je základ stromu – zajišťuje jeho stabilitu, vodu a výživu. Nepříznivé vlivy působící na strom se často nejvíce projevují na kořenovém systému. Kořeny mají vyživovací, zásobní, vodivou a stabilizační funkci, ale i přesto o nich máme nepříliš mnoho informací. Je to možná způsobeno tím, že rhizologické studie jsou dost pracné, časově a finančně náročné. Rhizologie je mladá vědní disciplína, proto se stále hledají nevhodnější formy jejího studia. Nic neulehčuje tomu, že kořenový systém ovlivňují skoro všechny faktory: stav, věk stromu a prostředí (Mauer, 2013).

Správný kořenový systém je jeden ze základů zdárné obnovy lesa. Pokud není možná obnova přirozená, dojde k umělé obnově. V České republice se snažíme podporovat přirozenou obnovu co nejvíce, přesto je podíl umělé 80 %.

Nevhodnou morfologickou kvalitou, nevhodnou biotechnikou výsadby, nebo nevhodnou fyziologickou kvalitou dochází ke ztrátám. Při umělé obnově jsou ztráty do 19%. V průběhu několika dalších let mají tyto aspekty rozhodující odolnost vůči nepříznivým podmínkám a stresům, které nemusejí být viditelné (deformovaný kořenový systém). Malý kořenový systém nebo jeho deformace způsobí pomalý růst, snížení stability, nižší odolnost proti větru, sněhu a námraze.

Tato diplomová práce se zabývá nejvíce používanými standardními sadbami – štěrbínovou a jamkovou. Experiment byl prováděn na zkusných plochách v oblasti Brdské vrchoviny.

1.1 Cíl diplomové práce

Hlavním cílem je posoudit vliv dvou technologií výsadby (jamkové a štěrbínové) na stav a vývoj výsadeb smrku ztepilého (*Picea abies*). Posuzován byl stav kořenového systému, prosperita výsadeb, jejich výška a tloušťka kořenového krčku. Dalším cílem diplomové práce je cenové srovnání těchto dvou technologií výsadeb.

2. Literární přehled

2.1 Přírodní lesní oblast 7 – Brdská vrchovina

2.1.1 Historie oblasti

Z hlavních činitelů mající vliv na stav Brd bylo železářství a výroba dřevěného uhlí. V polovině 18. století se dřívím nijak nešetřilo. Kvůli zvýšené výrobě železa v druhé polovině 18. stol. byl zde nedostatek dřeva na výrobu dřevěného uhlí. Kvůli nedostatku mýtních porostů se zde začaly milířovat i pařezy. Roční spotřeba dřeva pro místní hutě se vyšplhala na 120.000 plm. dřeva. Na počátku 19. stol. se začíná lesnatost zvyšovat a to hlavně díky zalesňování pastvin. Lesnatost stále stoupá i ve 20. stol., kdy se zalesňují hlavně zemědělsky neúrodné nebo nevýhodné pozemky (Anonymous, 2000).

V celé oblasti brdských lesů převládal dub. Nerostl pouze na chudých a suchých stanovištích. Bohužel kvalita dubových porostů klesala a na počátku 19. století byl dub zde pouze ve formě přestárklých výstavek nebo se nacházel v podrostu. Při přechodu z lesa nízkého na vysoký poklesly počty dubů na minimum. Až maloplošné obnovy lesa ve 20. století začaly počty dubů navyšovat. Po jedli byl v Brdech nejvíce rozšířen buk, který tvořil příměs v dubových porostech. Buk začal ubývat od založení hamrů a jiných výroben. Hlavní úbytek nastal ve 40. letech 19. století, kdy se všude vysazoval smrk. (Anonymous, 2000).

2.1.2 Hydrografické podmínky

Celá oblast Brdské vrchoviny spadá do pomoří Severního moře. Hlavními povodími jsou zde Vltava a Berounka, ale ani jedna přímo nezasahuje do oblasti. Hřebeny prochází ve směru jihozápad - severovýchod rozvodnice mezi povodími Berounky a Vltavy. Severozápadní svah spadá k povodí Berounky a jihovýchodní svah, k povodí Vltavy. Brdy a Hřebeny dělí Litavka, která odvodňuje východní část Brd. Jižní část Brd spadá do povodí Otavy, jihozápadní do povodí Úslavy a západní část do povodí Klabavy (Anonymous, 2000).

2.1.3 Geologické poměry

Geologicky je oblast součástí souboru starých útvarů, které zahrnujeme pod společným názvem Barrandien. Následkem mohutných tektonických poruch jsou geologické poměry oblasti dosti komplikované. V Brdech probíhá celá soustava velkých zlomů severozápadním až jihovýchodním směrem, které utínají a ukončují souvislá pásma kambrických hornin brdského pohorí. Algonický útvar tvoří jihozápadní část Brd od čáry Mirošov – Rožmitál. Zcela převládá v obvodu Spálenopoříčském, kdežto na Rožmitálsku se střídá s kambriem. V Hřebenech zaujímá algonikium jejich jihovýchodní úpatí. Břidlice, drobové břidlice a droby s četnými vložkami buližníků a spilitů vystupují na povrch v JZ části Brd a pak v pruhu podél JV úpatí od Lázu přes Kardavec a dále po jižním úpatí Hřebenů přes Bukovou u Příbramě, Trnovou a Kytín až k Mníšku p. Brdy (Anonymous, 2000).

V Brdské vrchovině převažují křemenné slepence a pískovce kambria spolu s pískovci vrstev kloučekých, čenkovských a chumavských. Jinecké horniny spodního ordoviku v severním podhůří Brd mezi Mýtem a Rokycany jsou převážně z břidlice a Fe – rudy vrstev šareckých.

Sporadicky se vyskytují u Malého Chlumce, Řevnic a severovýchodních cípů Hřebenů diabasové mandlovce a diabasy. Variské magmatity zasahují do oblasti z jihu. Karbon je zastoupen nejstarším šedým souvrstvím v okolí Holoubkova a Mirošova (Anonymous, 2000).

2.1.4 Klimatické poměry

Průměrné roční teploty se zde pohybují v rozmezí od 6,6 °C do 7,5 °C v závislosti na nadmořské výšce. Úhrn ročních srážek kolísá mezi 607 – 800 mm. Vegetační doba je zde také různá, od 122 do 153 dní, nižší hodnoty jsou na hřebenech a nejvyšší například v Jincích. Hodnota Langova dešťového faktoru je od 85 až po 121, což představuje semihumidní oblast. Převládají zde západní větry. Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou je 70 (Anonymous, 2000).

2.2 Rod *Picea* - smrk

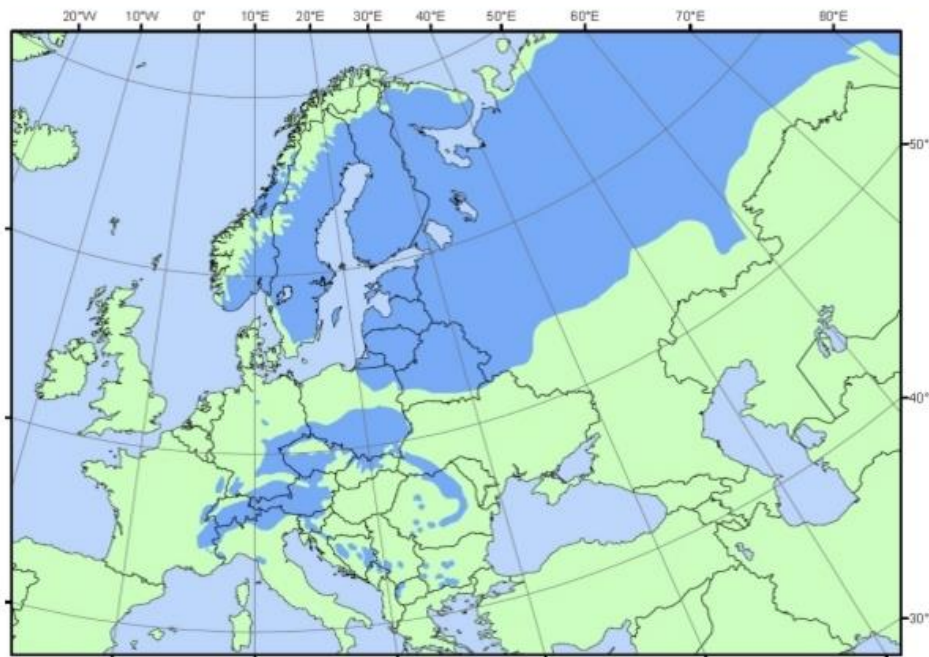
Mezi nejvýznamnější dřeviny mírného pásma, ale i boreálních lesů patří rod *Picea* – smrk. Jsou to jednodomé, vždyzelené rostliny, které se dožívají vysokého stáří. Zástupci rodu mají ve starším věku monopodiálně vzpřímenou stavbu výhonu a přeslenitým větvením, podobně jako u jedlí. Smrk rozdělujeme na dva základní typy. U typu A jsou jehlice ± čtyřhranné, na každé straně mají jeden nezřetelný podélný proužek. Typ B má jehlice ± zploštělé, s dvěma bílými pruhy na spodu jehlice (Musil, 2003). Samičí šištice jsou na koncích větví a samčí po straně. Semena jdou lehce oddělit od křídel. Rod *Picea* má 40 druhů v evropském, americkém a asijském areálu. U nás v České republice je domácí pouze smrk ztepilý – (*Picea abies*)(Slávik, 2004).

2.3 Smrk ztepilý – *Picea abies*

Úradníček (2009) uvádí, že věk smrku ztepilého dosahuje věku 650 let. Dorůstá do výšky 50 metrů a maximální objem kmene se pohybuje v hodnotách okolo 30 m³. Smrk má slabou šedivou borku a tenké odlupující se šupiny. Dřevo je žltobíle zbarveno s jasně viditelnými letokruhy. Koruna je úzce jehlanovitá s větvemi prohnutými jako luk směrem dolů nebo vodorovně odstávajícími. Kořen je plošný neboli deštníkovitý, proto bývá zakotven v půdě velice slabě. Šišky jsou válcovité, 10 – 15 cm dlouhé, 3- 4 cm široké, když dozrají, jsou světle hnědé (Krusmann, 1968).

2.3.1 Ekologie a rozšíření smrku ztepilého

Smrk je dřevina, která dobře snáší zástín a díky tomu lehce vniká do porostů a zaujímá roli dominantní dřeviny. Klimatické nároky smrku nejsou nijak vysoké. Zvládá dobře vysokou vlhkost půdy i stagnující vodu bažin, ale je málo odolný vůči větru, vysokým teplotám a vysloveně nesnáší nízkou vlhkost vzduchu. Bývá často poškozen námrazou nebo sněhem. Smrk se vyskytuje u nás téměř ve všech výškových stupních (300 – 1550 m. n. m.). Je hlavně rozšířen v příhraničních horstvech, Slavkovském lese nebo na Brdech (Úradníček a kol., 2009).



Obrázek č. 1: Rozšíření smrku ztepilého (*Picea abies*)[1]

2.3.2 Význam smrku ztepilého

Smrk je u nás hlavní hospodářskou dřevinou nejen díky rychlému růstu, ale i technickým přednostem. Jeho dřevo se využívá ve stavebnictví, truhlářství, nástrojářství, ale také na výrobu hudebních nástrojů či papíru. Smrk se dále používá jako vánoční stromek nebo palivové dříví. V léčitelství se používá odvar z mladých výhonků a pupenů na výrobu přípravku proti kurdějím (Úradníček a kol., 2009).

2.4 Klikoroh borový

Klikoroh borový (*Hylobius abietis*) patří do řádu brouků, čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*). Je to jeden z nejčastějších zástupců z tohoto rodu u nás. Je rozšířen v Evropě, přes Sibiř až do Japonska. U nás se vyskytuje hlavně v blízkosti jehličnatých porostů ve všech vegetačních stupních. Klikoroh, je hlavním škůdcem na čerstvě zalesněných plochách jehličnany. Od poloviny devadesátých let jsou škody na nízké úrovni – do 3. tis. ha pro celou republiku. Největší škody klikorohem borovým byly zaznamenány na konci osmdesátých let, kdy byl výskyt na 30 tisících hektarech. Nejčastěji k přemnožení dochází při

holosečném způsobu hospodaření, díky tomu, že jsou na jednom místě podmínky pro žír dospělých jedinců na sazenicích, tak i pro vývoj nové generace (Modlinger a Knížek, 2009).

2.5 Pevník krvavějící

Pevníky jsou houby typické hladkým hymeniem a poměrně tvrdou konsistencí plodnic. Je to skupina umělá, sdružující druhy z celé řady rodů.

Pevník krvavějící – (*Stereum sanguinolentum*) je ranový parazit jehličnanů. Mladé vyrůstající plodnice jsou rozlité, ale časem srůstají s plodnicemi v blízkém okolí a vytvářejí rozlehlé povlaky. Na svisle orientovaném substrátu dochází k ohrnutí horní části plodnice a dochází k tvorbě drobných škeblovitých kloboučků, které jsou široké přibližně 1,5 cm. Tyto kloboučkaté plodnice vyrůstají střechovitě nad sebou. Jejich povrch je chlupatý, u středu až štětinatý. Povrch kloboučků je šedavý a okraje jsou bělavé, ostré (Soukup, 2008).

2.6 Manipulace se sadebním materiálem

U lesních dřevin je ujímavost ovlivňována několika aspekty. Nevhodná manipulace se sadebním materiálem patří mezi ty základní. Za manipulaci považujeme proces od vyzvednutí až k výsadbě. Čím rychleji vše proběhne, tím lepší bude fyziologický stav jedinců. Stav sazenice nelze zlepšovat, ale můžeme minimalizovat zhoršení (Jurásek a kol., 2011).

Mauer (2006) píše, že při porovnání prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu je velkou výhodou pro krytokořenné sazenice právě kořenový bal. Zajišťuje rostlině ochranu v mnoha aspektech – ochrana proti vysychání, ochrana kořenů při transportu, ale je v něm také dostatek živin a vody, což může sazenici lépe pomoci se ujmout a překonat povýsadbový šok. Při přepravě sazenic je nutné dodržovat tyto zásady: a) zabránění vzniku plísní velkým vrstvením sazenic b) doprava by měla probíhat za chladného počasí c) přeprava by měla být nejlépe v uzavřeném vozidle, aby nedošlo k vysychání kořenů d) při vykládce se sazenicemi zacházíme opatrně, aby nedošlo k jejich poškození (Jurásek a kol., 2011).

2.6.1. Vyzvedávání

Dle Kupky (2005) je výsledkem každého školkaře vyzvedávání sazenic a semenáčků. Sadební materiál se vyzvedává na jaře nebo na podzim podle potřeby výsadby nebo se sazenice vyzvedávají na podzim za předpokladu uložení do klimatizovaných skladů. Nejčastěji se ale sadební materiál vyzvedává na jaře, před probuzením fyziologických aktivit. Na vyzvedávání sazenic je nutné si zvolit správný termín. Dormantní sazenice snášejí manipulaci mnohem lépe. Semenáčky a sazenice je ze zmrzlé či mokré půdy nevhodné vyzvedávat (Jurásek a kol., 2010). Školky ve vyšších polohách jsou v nevýhodě, díky dlouho zamrzlé půdě a tedy i nemožnému vyzvednutí a včasnému zalesňování v nižších polohách či jižních stráních. Obecně platí, že hloubka vyzvedávaných semenáčků je 15 cm, ale záleží také na stáří a druhu dřeviny. Starší sazenice se vyzvedávají do hloubky 25 cm (Kupka, 2005). Vyzvedávání je mechanizované nebo ruční. Mělo by probíhat za dostatečné vlhkosti, aby nedocházelo k oschnutí sadebního materiálu. Pracovníci musí se sazenicemi zacházet opatrně, kvůli možnému poškození. Při mechanizovaném vyzvedávání se používají speciální stroje, jedno a více radličné pluhy. Po vyzvednutí se sazenice třídí, balí a zakládají (Kupka, 2005). Vyzvedávací stroje jsou vybaveny zastínovací ploškou, aby byla sazenice co nejvíce chráněna při třídění a svazkování. Následně musejí být odvezeny do zastíněných prostor, nebo rovnou založeny do půdy (Jurásek a kol., 2010).

2.6.2 Třídění sadebního materiálu

Třídění provádíme okamžitě po vyzvednutí. Mělo by se třídít při teplotě do 15 °C ve vlhkém a stinném místě. Kvalita sazenic se určuje dle platné normy. Je posuzována tloušťka kořenového krčku, zdravotní stav, nepoškozenost a výška nadzemní části kořenového systému. Při posouzení sadebního materiálu s normou zjistíme, zda kořen nemá deformace nebo zda je správně a dostatečně vyvinut. Terminální pupeny s vegetačním vrcholem musí být bez poškození. Nevyhovující sazenice musejí být vyřazeny (Kupka, 2005). Teploty při třídění uvádí každý autor trochu jinak, například Jurásek (2010) tvrdí, že sazenice by se měly třídít do teploty pouze 13 °C s omezenou cirkulací vzduchu. Mauer (2006) nedoporučuje užívat sadební materiál, který má zdeformovaný kořenový systém nebo je znát barevná odchylna asimilačního aparátu. Nedoporučuje také přebírat a užívat sadební materiál, u kterého není jasný hlavní kořen.

2.6.3 Zakládání a skladování

Zakládání sadebního materiálu se doporučuje, pouze pokud není možná okamžitá výsadba. Založení může být dlouhodobé (do něžných jam), nebo krátkodobé (1 – 2 dny). Sněžná jáma bývá většinou dřevěná nebo betonová konstrukce zapuštěná v zemi, která má dobré izolační vlastnosti. V zimě se prostory vyplní sněhem a ukládají se zde vyzvednuté sazenice. Jáma musí mít odtokové kanálky, drenáže, svodnice, kvůli zajištění odtoku vody z tajícího sněhu. Teplota ve sněžné jámě se pohybuje kolem nuly, aby bylo možné udržet sadební materiál ve vegetačním klidu co nejdéle (Kupka, 2005).

2.7 Umělá obnova lesa

Použitím kvalitního sadebního materiálu je základní předpoklad ke zdárné obnově. Kultura je poté schopná se lépe ujmout a dobře se vyvíjet (Holen a kol. in Poleno a kol., 2009). Velice důležité je provést kvalitně zalesnění. Na základě stavu a vývoji kořenového systému jsme schopni posoudit míru kvality umělé obnovy (Mauer a kol. in Poleno a kol., 2009), na který má vliv nepochybně kvalita sadebního materiálu (Kupka a Skriszowski in Poleno a kol., 2009).

Kupka (2008) uvedl, že obnova umělá je činnost lesního hospodáře. Jde o tvorbu budoucího porostu sazenicemi vypěstovaných v lesních školkách, nebo sítí semen a plodů přímo na obnovní plochu. Rozlišujeme sadbu generativního, vegetativního původu a sítí. Sítí se v současné době skoro nepoužívá z důvodu ekonomické nevýhodnosti.

Vegetativní umělá obnova je vlastně vysazování řízků, což se používá hlavně v topolovém hospodářství. Však sadba sazenic a semenáčku patří k hlavnímu způsobu umělé obnovy. Sadbou vzniká porost, který se nazývá v této fázi kultura (Kupka, 2008).

2.7.1 Jamková sadba

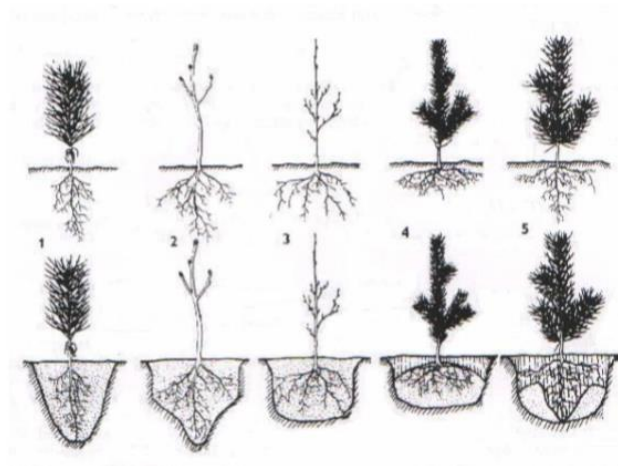
Jamková sadba má nezbytné využití při sázení poloodrostků, odrostků a obalované sadbě. Je to nejvíce používaný způsob sadby, protože jde využít na všechny druhy půd a dřevin (Mauer, 2011).

Sadbu se dá použít i do nepřípravené půdy, ale je důležité nejprve strhnout půdní pokryv o trochu větší, než bude jamka samotná (Poleno, 2009). Duda (2010) napsal, že jamkovou sadbu lze provést rýčem, sekeromotykou nebo motykou. Výkonová norma uvádí velikost jamek v závislosti na velikost sadebního materiálu, velikost sazenice do 20 cm přijde do jamek 25 × 25, 35 × 35 cm a sazenice větší jak 25 cm musí mít jamku 35 × 35, 50 × 50 cm. Norma se také zabývá zabuřeněním a rozpojitelností (Nouzová a Nouza, 2010).

Při kopání by měly být z jamky odstraněny kameny a mělo by dojít k rozmělnění půdy. Nesní dojít k uhlazení jamky, aby kořen mohl volně prorůst a nedocházelo k deformacím kořenu. Stromek vkládáme nejlépe doprostřed jamky a kořeny dáme do přirozeného tvaru. Kořenový krček zahrneme slabou vrstvou hlíny, která si časem slehne, nebo utopíme kořenový krček lehce pod úroveň půdy. Tato metoda se používá hlavně při sázení na podzim, kdy zahrabání krčku slouží jako ochrana před mrazem. Na extrémně suchých půdách se kořenový krček zahrabe přibližně 8 mm, kde je ve větším kontaktu s vláhou (Mauer, 2011).

Když jamku vykopáváme, je třeba oddělit chudší část na minerály a svrchní část zeminy. Sazenice je při zasypávání ve svislé poloze. Zasypeme nejprve bohatou zeminou a až poté chudší a neustále půdu zhutňujeme, aby stromek držel ve správné poloze (Kupka, 2008).

U jedinců s plošným kořenovým systémem je lepší použít jamkokopečkovou sadbu. Vytvoříme vlastně ve vykopané jamce kopeček vysoký okolo 5 cm, po kterém se kořeny následně rozprostřou (Poleno a kol., 2009). Kupka (2008) uvádí, že pro eliminaci deformace kořene je potřeba vykopat dostatečně velikou a širokou jamku, aby měl kořen dostatek prostoru. Dlouhý kořen je lepší zakrátit než ohnout. Stejného názoru je Mauer (2011), který uvádí, že zkrácení by nemělo přesáhnout 6 mm a celkově 25 % objemu. Správně by zkracování mělo proběhnout už ve školce.



Obrázek č. 2: Úprava jamky dle tvarů kořenů sazenic (Duba, 2009).

2.7.2 Štěrbínová sadba

Jurásek (1999) uvádí, že štěrbinová sadba je vysoce efektivní a velkou produktivitou práce. Je nejvhodnější na lehké půdy bez kamenů a dalších překážek. Jedna z výhod této sadby je, že půdní vrstvy zůstávají nezměněné a není narušen vodní režim půd (Poleno a kol., 2009).

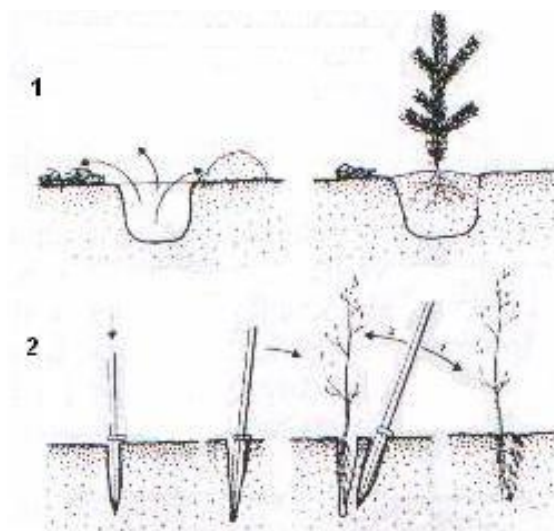
Mauer tvrdí, že štěrbinová sadba je vhodná pro půdy s obsahem maximálně 40 % jílových částic. Při větším procentu dochází ke zhutnění půdy a následnému ohlazení. Tento druh sadby se používá primárně pro dřeviny s kulovým kořenem, nebo panohovitým. Zásadní je vytvořit tak velikou šterbinu, aby byla větší, než je samotný kořenový systém sazenic (Mauer, 2011).

Sází se sazečem, jenž se skládá z násady, rukojeti a čepele. Rukojeť je nejčastěji obouruční s přibližně 1 m dlouhou násadou a s na konci zašpičatělou čepelí. Tvar čepele je různý: jednostranně, dvoustraně vypouklý nebo klínovitý. Šířka čepele je různá, do těžších půd je vhodnější užší čepel a do lehčích zase čepel širší. Pro písčité půdy se používá typ Pěncíkův, těžký sazeč s širokou čepelí (Poleno a kol., 2009).

Sadba se provádí nejčastěji ve dvojicích, první pracovník vytváří sazečem jamku a druhý ukládá sazenici do štěrbin, tak aby správně uložil kořenový systém. Kořenový krček

sazenice by měl být 2 cm pod úrovní půdy a zároveň nesmí dojít k ohnutí kořene. Následně zapíchneme sazeč vedle sazenice asi 8cm hluboko a tahem od sebe k sobě uzavřeme štěrbinu se sazenicí (Mauer, 2011). Vytvořený otvor u sazenice se musí důkladně zašlapat, aby kolem kořene nezůstala vzduchová kapsa (Poleno a kol., 2009).

Kupka (2008) uvádí, že štěrbinová sadba má své klady hlavně v úspoře nákladů, která je dána vysokou produktivitou práce a rychlostí výsadby. Za rizika, která mohou vzniknout lze považovat například: ohyb hlavního kořenu, vymrzání semenáčků po pozdní výsadbě, rozevření a vysychání štěrbin, nebo sadba do nepřipravené půdy kde hrozí větší zabuření (Jurásek a kol., 2009).



Obrázek č. 3: Ukázka jamkové (1) a štěrbinové (2) sadby (Duba 2009).

2.8 Růst a přírůst

Letorost je produktem jak výškového růstu, tak přírůstu dřeviny, který roste z terminálního pupenu. Výška se zvětšuje o letorost a prodlužuje podélnou osu kmene. Pokud nedojde u terminálního pupenu k okusu zvěří, či poškození mrazem je přírůst každoroční (Šebík, 1990). Délka letorostu se nechá měřit zpětně, protože se následující roky nemění. Na délku letorostu má hlavní vliv počasí za minulý rok v době tvorby pupenů, to je od července do září (Assmann, 1961).

Burger (1926) tvrdí, že v typických středoevropských podmínkách, začíná smrk růst od konce května do začátku července. Smrk má ze začátku pomalý růst, největší přírůsty nastávají po 30. roce, čímž je zařazen do pomalu rostoucích dřevin. Na výškový přírůst má největší vliv zastínění v mládí, což není pro smrk škodlivé, ale tlumí to jeho přírůst. Kulminace se potom oddaluje o 50 – 100 let (Šebík a Polák, 1990).

2.9 Povýsadbový šok

Hlavním cílem v lesních školkách je vypěstovat co nejkvalitnější sadební materiál v co nejkratším čase, a proto jsou rostlině zajišťovány optimální podmínky. Po vypěstování sadebního materiálu dochází k vyzvednutí, třídění a přepravě na zalesňované plochy. A právě po výsadbě dochází k povýsadbovému šoku. Je to vlastně reakce rostliny na změnu prostředí. Nejčastější příčina je jiné chemické složení v půdě, než na jaké byla rostlina zvyklá. Sazenice dostává v lesní školce optimální podíl živin, ale v lese je odkázána jen na živiny z plochy kolem ní. Ve školce se také při slunných dnech zavlažuje, aby nedocházelo k prýsu, ale po vysazení k němu může dojít kdykoliv. Prostokořenná sazenice ztrácí po přesazení 88 – 95 % kořenového systému, u krytokořenné sazenice se hodnoty pohybují mezi 82 – 96 %. Čím větší vysadíme stromek, tím větší je povýsadbový šok. Redukovaný kořenový systém ihned po výsadbě těžce zajišťuje vodu. To můžeme dobře vidět na odrostcích, kterým vysychá po výsadbě koruna (Watson, 2000).

Nejvýznamnějším, ale poměrně málo zmiňovaným faktorem je redukce kořenového systému při vyzvednutí sazenice. Ke stejným závěrům došli i Himelick (1982), Watson (1985), Lauderdale et al. (1995) a Gilman et al. (1998).

2.10 Kořenový systém

Kořenový systém je tvořen velkým množstvím kořenů různých tlouštěk, délek, funkcí, které vytvářejí spleť. Kořeny se rozlišují podle směru růstu kořenů a jejich postavení na: a) horizontální kořeny – vyrůstají z kmene a rostou souběžně s povrchem půdy b) vertikální kořeny – jsou pozitivně geotropické k směru růstu, pod úhlem větším než 45 ° c) kosterní kořeny – jsou to dominantní kořeny, které zajišťují stabilitu stromu d) adventivní

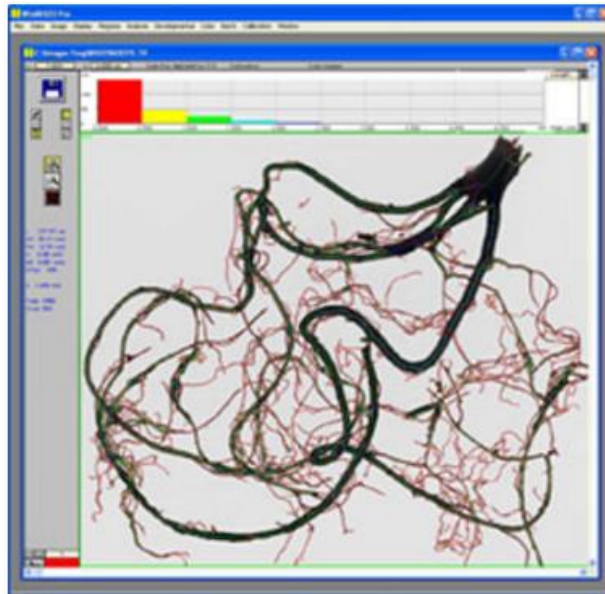
kořeny – vyrůstají po výsadbě nad kořenovým krčkem e) kůl – silný a dominantní kořen rostoucí pozitivně geotropicky z báze kmene f) panohy – kůl je zastaví nebo má mechanicky zastaven růst a na jeho místě vyrůstá několik dalších kořenů (panoh) g) kotvy – vyrůstají z horizontálních kořenů nebo báze kmene, mají geotropicky pozitivní směr h) kolenovité kořeny – jsou to horizontální kořeny, které náhle změni svůj směr i) deskovité kořeny – jde o horizontální kořeny, které mají různý tvar při příčném řezu (kulovitý, elipsovité) většinou je jejich výška mnohonásobně větší než šířka j) hřebenovité kořeny – z horní části panohy nebo kotvy vyrostou kořen, který se stočí do stejného směru růstu (Mauer a kol., 2013).

2.11 Deformace kořenového systému

Hlavními typy deformací u kořenového systému je: vzájemné prorůstání kořenů (strboul), deformace typu U a J, zploštění do horizontální nebo vertikální roviny, jednostranné formy. Nejvíce nebezpečný je strboul. Kořeny vzájemně prorůstají a vytváří tak spleť kořenů. Dojde k porušení architektonické struktury kořenů a při sílení kořenů dojde k zaškrcování. Omezí se přísun živin. Všechny dřeviny trpí danou deformací. U jediného smrku se nevytváří další typ deformace – absence křivého kořene a to protože smrk křivý kořen nemá. Dřeviny s deformovaným křivým kořenem mají pouze povrchový kořenový systém a to nejčastěji ještě jednostranný a je značně snížena stabilita jedince. Jediný typ deformace, který je přípustný, je vytvoření chůdovitých kořenů, to znamená, když kořen narazí na stěnu, tak se stočí pozitivně geotropicky směrem dolů (Mauer a kol., 2006).

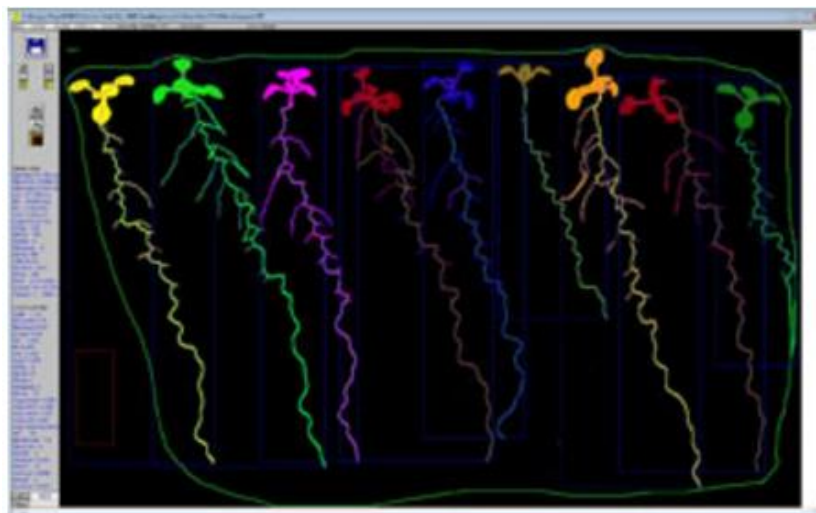
2.12 WinRHIZO

WinRHIZO je systém pro analýzu obrazu a měření kořenových systémů v různých formách. Z morfologického hlediska měří plochu, objem nebo délku. Z hlediska typologie architekturu a barevné analýzy.



Obrázek č. 4: Měření kořenových objemů v programu winRHIZO

Analyzovat by se měly omyté kořeny. Program po naskenování zobrazí kořenovou délku, plochu, průměr kořene. Různé tloušťky či délky kořenů jsou barevně rozlišeny, záleží vždy na nastavení programu. Naměřená data jsou vždy shrnuta na obrazovce nebo jsou detailně k dispozici v datových souborech [2].



Obrázek č. 5: Analýza u mladých sazenic může probíhat ve větších počtech

3. Metodika a data

3.1 Popis zkusných ploch

Zkusné plochy se nacházejí přibližně 5 kilometrů západně od obce Obecnice v přírodní lesní oblasti č. 7 – Brdská vrchovina. Nadmořská výška zkusných ploch se pohybuje v rozmezí 620 – 690 m. n m., na hospodářských souborech 43 a 53. Doba obmýtí je zde plánovaná na 110 let. Minimální hodnoty podílu melioračních a zpevňujících dřevin jsou 25%. Pozemek je určen k plnění funkci lesa. Pro potřeby řešení diplomové práce bylo založeno 6 zkusných ploch. Výsadba proběhla v letech 2010, 2012 a 2014. Plochy byly zalesněny v každém roce různou technologií výsadby, štěrbínovou a jamkovou. Zvolena zde byla naše nejvýznamnější lesnická dřevina smrk ztepilý (*Piceaabies*).

3.1.1 Výsadba v roce 2010

Plocha zalesněná jamkovou sadbou v roce 2010 byla v porostu 164 A10. Na celkové ploše o rozloze 0,86 ha byla založena plocha zkusná. Její velikost se pohybovala okolo 0,15 ha, tedy při daném sponu 1 x 1,5 jde o 100 kusů. Z průvodního listu a evidenčního čísla uznané jednotky zjistíme původ sadebního materiálu: CZ – 2 – 2B – SM – 4868 – 13 – 6 – C. Sazenice jsou vypěstovány podle vzorce F1 + 3. Jde tedy o čtyřletou prostokořennou sazenici, kdy jednoletý semenáček byl vypěstován ve fóliovníku a poté školkován.

V porostu 65 A10 se nacházela druhá zkusná plocha pro tento rok zalesnění, ale tentokrát založená štěrbínovou sadbou. Celková plocha tehdy vykáceného porostu měla rozlohu 0,35 ha. Zkusná plocha byla zvolena tak, aby obsahovala 100 jedinců, rozměry byly tedy 40 x 40 m. Sazenice pochází ze semenného materiálu, autochtonního porostu kategorie B. Dle pěstební vzorce bylo zjištěno, že jde opět o čtyřletou prostokořennou sazenici, školkovanou po prvním roce. Plochy se shodovaly v mnoha přírodních parametrech (viz Tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: Porostní údaje

	Celková plocha	Zkusná plocha	Datum výsadby	Nadmořská výška	SLT	HS
Jamková sadba	0,86 ha	0,15 ha	2010	690 m n m.	5M3	53
Štěrbínová sadba	0,35 ha	0,15 ha	2010	650 m n m.	4I1	43

3.1.2 Výsadba v roce 2012

První zkusná plocha pro tento rok výsadby se nacházela v porostu 148 A14, která byla zalesněna pomocí jamkové sadby. Celková plocha holiny měla 0,58 ha, zkusná plocha byla ve velikosti přibližně 39 x 40 m, což je 15 arů. Sadební materiál byl použit z lesní školky Obecnice. Sazenice jsou vypěstovány podle pěstebního vzorce 1 + 3. Tloušťka kořenového krčku byla 6 mm. V průvodním listu si můžeme najít veškeré údaje o sadebním materiálu: CZ – 2 – 2B – SM – 3018 – 7 – 5 – V.

Druhá zkusná plocha byla v porostu 161 A11b, která měla rozlohu 0,55 ha a byla zalesněna sadbou štěrbinovou. Sadební materiál byl dovezen z lesní školky Nová Pec. Sazenice pochází ze semen autochtonního porostu kategorie B. Tloušťka kořenového krčku byla 5 mm. Jednoletý semenáček byl vypěstován ve skleníku a poté školkován (F1 + 2). Evidenční číslo uznané jednotky je CZ – 2 – 2B – SM – 3157 – 13 – 5 – V.

Tabulka č. 2: Porostní údaje

	Celková plocha	Zkusná plocha	Datum výsadby	Nadmořská výška	SLT	HS
Jamková sadba	0,58 ha	0,15 ha	III/2012	660 m n m.	5M3	43
Štěrbínová sadba	0,55 ha	0,15 ha	IV/2012	660 m n m.	5M3	43

3.1.3 Výsadba v roce 2014

Na jaře roku 2014 byla v porostu 65 B0 zalesněna jamkovou sadbou plocha o rozloze 0,45 ha. Libovolně na této ploše byla založena zkusná plocha, která čítala 100 kusů sazenic smrku. Sadební materiál byl v průvodním listu označen evidenčním číslem uznané jednotky

CZ – 2 – 2B – SM – 3157 – 13 – 5 – V. Na výsadbu byly použity čtyřleté sazenice, což bylo zjištěno z pěstební vzorce F1 + 3.

Štěrbínová sadba byla v tomto roce použita v porostu 149 A15. Plocha vzniklé holiny činila 0,52 ha. Na zkusné ploše se opět nacházelo 100 jedinců. Číslo uznané jednotky tohoto sadebního materiálu je CZ – 2 – 2B – SM – 3018 – 7 – 5 – V. Sazenice byly po prvním roce školkovány a po dalších třech letech vyzvednuty k výsadbě, pěstební vzorec je tedy 1 + 3. Původ sadebního materiálu je z PLO 7. Plochy jsou shodné v nadmořské výšce, souboru lesních typů i například v hospodářském souboru (viz Tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Porostní údaje

	Celková plocha	Zkusná plocha	Datum výsadby	Nadmořská výška	SLT	HS
Jamková sadba	0,45 ha	0,15 ha	2014	620 m n m.	4P1	47
Štěrbínová sadba	0,52 ha	0,15 ha	2014	650 m n m.	5K5	43

3.2 Terénní podmínky

Zkusné plochy jsou pod lehkým sklonem orientované na sever. Kolem každé plochy jsou lesní porosty. Z hlediska pedologického je tato oblast typická výskytem velkých ploch luvizemí a kambizemí.

3.3 Zdravotní stav kultury

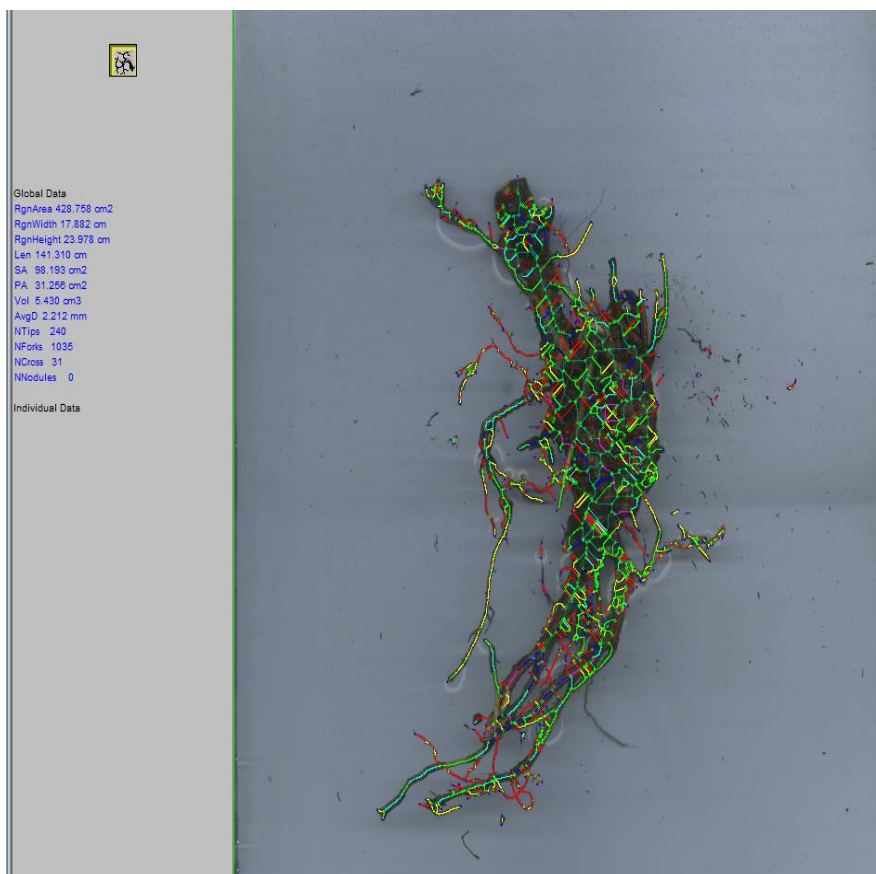
Na všech zkusných plochách byl zjištěn zdravotní stav – mortalita, okus, popřípadě napadení škůdci. Sazenice byly lehce poškozeny okusem, hlavně na bočních přírůstech. Terminální přírůsty byly ošetřeny přípravkem Neopolit – L, proto zde nedocházelo ke škodám okusem. Mortalita se projevovala hlavně na nejmladších zkusných plochách. Na několika jedincích bylo zjištěno napadení klikorohem borovým (*Hylobius abietis*) a následným výskytem pevníku krvavějícího (*Stereumsanguinolentum*) v místě žíru.

3.4 Měření nadzemních částí

Výška nadzemní části byla měřena od povrchu země až k terminálnímu pupenu. Dále byl naměřen hlavní výškový přírůst v posledním roce. Také bylo nezbytné měření tloušťky kořenového krčku, pro přesnější získání celkového obrazu stavu zkusné plochy. Autor práce prováděl veškerá měření sám. Měl vždy k sobě zapisovatele, který jednotlivé údaje pečlivě zapisoval. Hodnoty nadzemních částí se měřili kalibrovaným svinovacím metrem a hodnoty byly zaokrouhleny na centimetry. Veškeré údaje byly přepsány do programu MS Excel 2013 k následnému vyhodnocení výsledků. Mezi vyhodnocené údaje patřily průměrné přírůsty, směrodatná odchylka, maximální a minimální přírůsty.

3.5 Měření objemu kořenových systémů

Měření objemu kořenových systémů probíhalo nejprve xylometrickou metodou, kdy byl omytý kořenový systém ponořen do odměrného válce, kde bylo nalito 5 dm³. Od výsledné hodnoty bylo odečteno původních 5 dm³ a výsledek zapsán. Jednotky odměrného válce byly uvedeny v cm³. V druhé metodě byl kořenový systém ponořen do nádoby, která byla naplněná vodou až po okraj. Tato metoda byla pouze kontrolní pro zjištění správnosti údajů z xylometrického způsobu měření. Třetí metoda byla programem winRHIZO, který za pomoci oboustranného skeneru, naskenuje fotku a dokáže vypočítat objem kořenového systému i procentuální zastoupení různě tlustých kořinek (Obrázek č. 6). Kvůli velikosti kořenových systémů šla metoda uplatnit pouze na vykopané jedince z ploch založených v roce 2014.



Obrázek č. 6: Kořenový systém měřený programem winRHIZO

3.6 Posuzování parametrů kořenového systému dle normy ČSN 48 2115

Nejprve je nutné zohlednit, že norma ČSN 48 2115 primárně určuje kvalitu sadebního materiálu po vyzvednutí v lesní školce, tedy před výsadbou v lesních porostech. Určuje však kvalitu u sazenic, poloodrostků a odrostků, proto se dá využít i k posouzení kořenového systému u zasazených jedinců v porostech. Dle normy si stromky roztrídíme podle jejich výšky a dále zjišťujeme, zda vyhovují v různých kritériích. Mezi ty nejdůležitější patří poměr objemu kořenového systému k objemu nadzemní části, dostatečný procentuální podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořenového systému a rozpětí délky panoh.

4. Výsledky

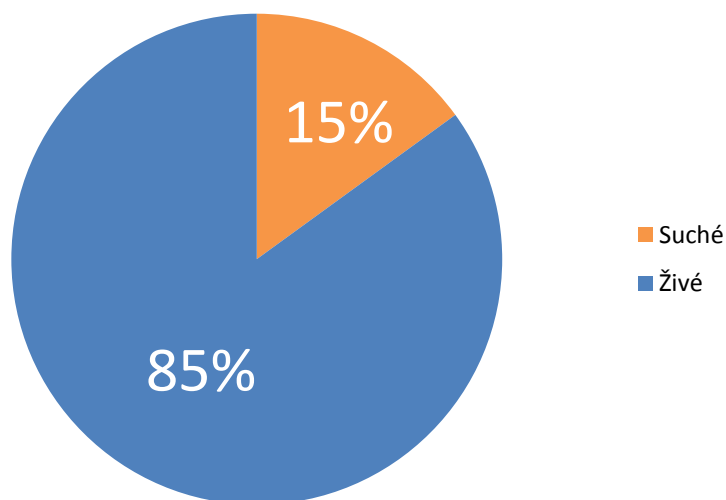
4.1 Výsadba v roce 2014

Plochy se nacházely v porostech 69 B0 a 149 A15. Byl naměřen hlavní výškový přírůst, celková výška stromku a tloušťka kořenového krčku. Veškeré údaje jsou detailně uvedeny v Příloze č. 1.

4.1.1 Jamková sadba

Jamková sadba byla použita v porostu 69 B0. Údaje byly měřeny na 100 jedincích. Některé stromky byly napadeny klikorohem borovým (*Hylobius abietis*). Mortalita na této ploše dosahovala 15 %, zřejmě díky lehkému napadení klikorohem borovým (*Hylobius abietis*) a také v důsledku nedostatečnému zásobení živin (viz graf č. 1).

Podíl živých a suchých stromků

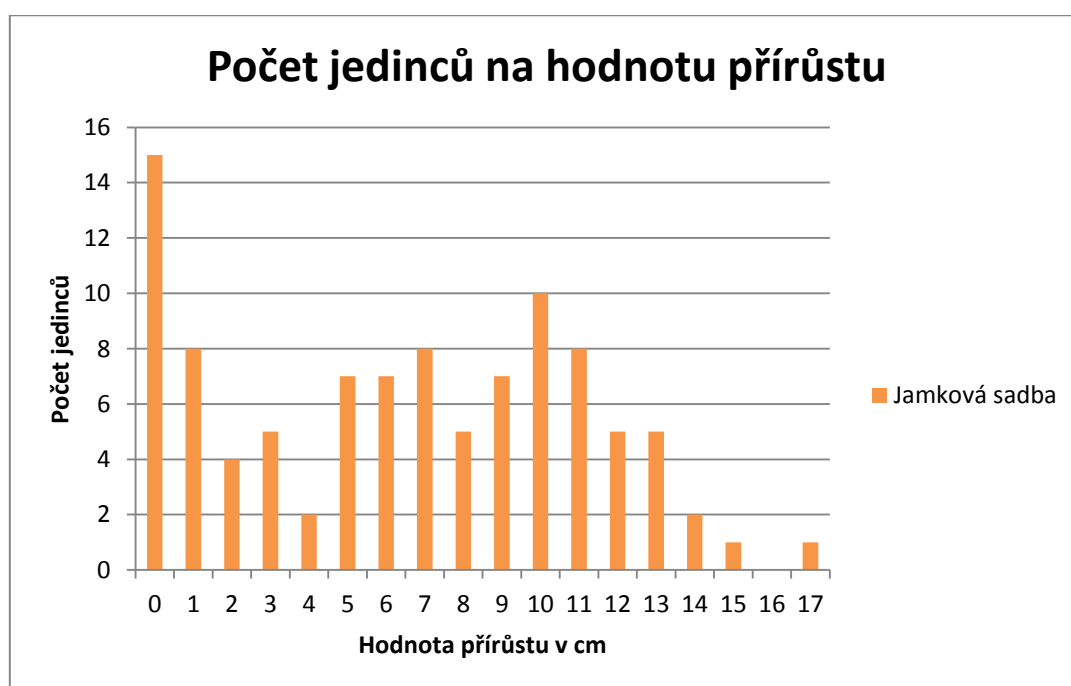


Graf č. 1: Mortalita dva roky po výsadbě u jamkové sadby

Průměrný výškový přírůst v roce 2015 byl 6,5 cm. Tloušťka kořenového krčku byla 2,6 cm. U těchto hodnot byla uvedena směrodatná odchylka, minimální a maximální hodnoty výškového přírůstu (viz tabulka č. 4). U grafu č. 2 můžeme vidět, že nejvyšší počet životaschopných jedinců je s hlavním přírůstem 10 cm a to u deseti stromků.

Tabulka č. 4: Statistické údaje u jamkové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	6,5	0,8
Směrodatná odchylka	4,5	1,3
Minimální hodnota	0	0
Maximální hodnota	17	1,3



Graf č. 2: Frekvence výškových přírůstů při jamkové sadbě

U měření objemu kořenových systémů jamkové sadby byl zjištěn průměrný objem 19,2 cm³ (viz tabulka č. 3). Výsledky z posouzení sadebního materiálu dle normy ČSN 48 2115 můžeme vidět v tabulce č. 4.

Tabulka č. 3: Objemy kořenových systémů jamkové sadby

Pořadové číslo sazenice	Objem v cm ³
1	37,6
2	14,2
3	12,2
4	5,3
5	10,8
6	23,5
7	25,4
8	5,7
9	3
10	54
Průměr	19,2

Tabulka č. 4: Posouzení parametrů kořenových systémů u jamkové sadby dle normy ČSN 48 2115

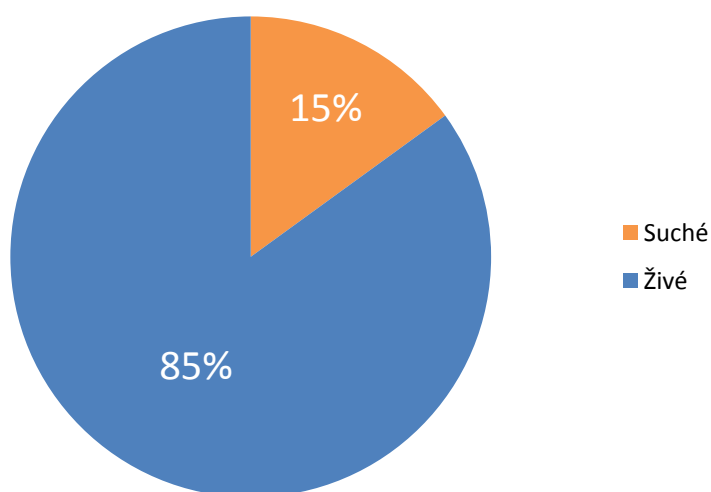
Číslo jedince	Výška nadzemní části	Min. poměr objemu kořen. systému k objemu nadzemní části	Min. podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořen. systému v %	Rozpětí délky křivého kořene v cm	Posouzení s normou ČSN 48 2115
1	45	1:3	55	19	Vyhovující
2	33	1:2	60	17	Vyhovující
3	39	1:3	35	18	Vyhovující
4	42	1:4	15	15	Nevyhovující
5	39	1:3	30	17	Vyhovující
6	44	1:3	35	17	Vyhovující
7	36	1:2	55	19	Vyhovující
8	31	1:2	50	17	Vyhovující
9	27	1:3	30	13	Nevyhovující
10	50	1:3	55	17	Vyhovující

Osm, z deseti stromků vyhovovaly ve všech parametrech normy, pouze dva jedinci s porovnáním normy neprošli, nevyhovoval jak podíl objemu jemných kořenů, tak i rozpětí délky kořene. Snímky všech vykopaných sazenic jsou v Příloze č. 4.

4.1.2 Štěrbínová sadba

Druhá zkusná plocha z výsadby v roce 2014 byla založena štěrbinovou sadbou a to v porostu 149 A15. Zkusná plocha čítala sto jedinců, u kterých byla změřena výška, celkový výškový přírůst a tloušťka kořenového krčku. Údaje jsou zapsány v příloze č. 2. Na této zkusné ploše byla mortalita 15% jako u předchozí zkusné plochy (viz graf č. 3).

Podíl živých a suchých stromků



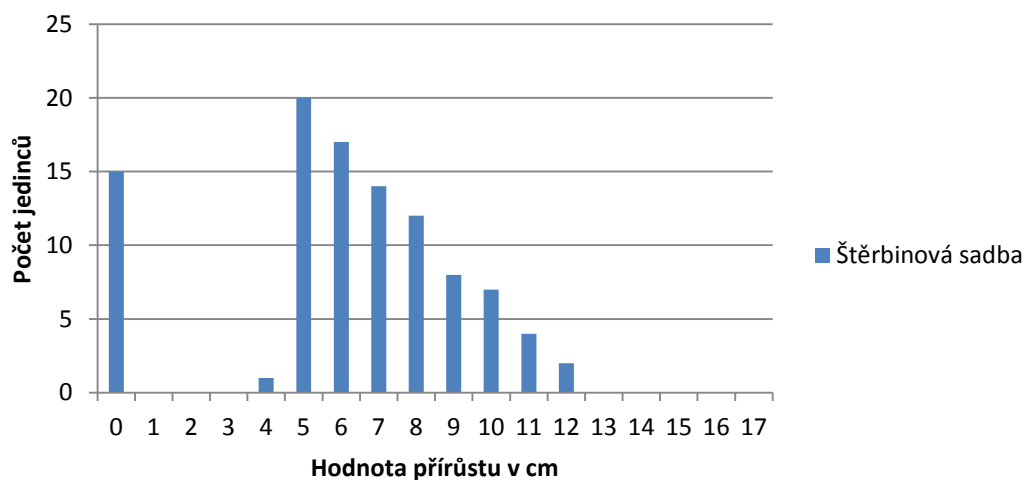
Graf č. 3: Mortalita dva roky po výsadbě u štěrbinové sadby

V tabulce č. 5 můžeme vidět minimální a maximální naměřené hodnoty, průměr a směrodatnou odchylku. Průměrný celkový výškový přírůst je 6,1 cm a průměrná tloušťka je 0,6 cm. U životaschopných jedinců byl nejčastější výškový přírůst 5 a to u dvaceti jedinců (viz graf č. 4).

Tabulka č. 5: Statistické ukazatele u štěrbinové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	6,1	0,6
Směrodatná odchylka	3,1	1
Minimální hodnota	0	0
Maximální hodnota	12	1,3

Počet jedinců na hodnotu přírůstu



Graf č. 4: Frekvence výškových přírůstů při štěrbínové sadbě

Po zprůměrování objemu kořenů u štěrbínové sadby vyšla hodnota 14,8 cm³ (viz tabulka č. 6).

Z deseti posuzovaných jedinců čtyři nevyhovovali a to většinou ve všech parametrech normy ČSN 48 2115 (viz tabulka č. 7).

Tabulka č. 6: Objemy kořenových systémů u štěrbínové sadby

Pořadové číslo jedince	Objem v cm ³
1	25,3
2	14,7
3	4,9
4	14,0
5	22,7
6	13,5
7	5,4
8	4
9	6,7
10	36,3
Průměr	14,8

Tabulka č. 7: Posouzení parametrů kořenových systémů u štěrbinové sadby dle normy ČSN 48 2115

Číslo jedince	Výška nadzemní části	Min. poměr objemu kořen. Systému k objemu nadzemní části	Min. podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořen. Systému v %	Rozpětí délky křídového kořene v cm	Posouzení s normou ČSN 48 2115
1	50	1:3	45	17	Vyhovující
2	40	1:3	55	17	Vyhovující
3	49	1:4	25	16	Nevyhovující
4	52	1:4	30	17	Vyhovující
5	47	1:3	55	18	Vyhovující
6	42	1:3	40	17	Vyhovující
7	41	1:4	20	17	Nevyhovující
8	33	1:5	15	12	Nevyhovující
9	35	1:3	25	12	Nevyhovující
10	59	1:3	65	18	Vyhovující

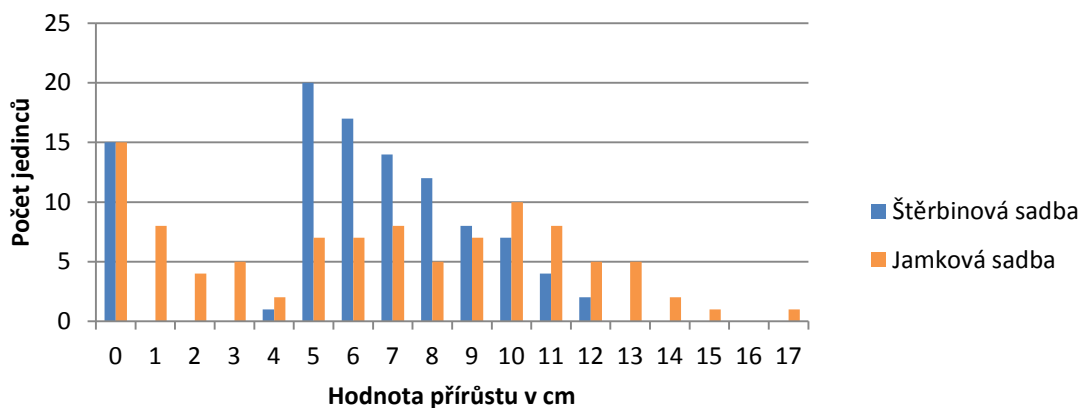


Obrázek č. 7: Deformovaný kořenový systém u štěrbinové sadby dva roky po výsadbě

4.1.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbínové sadby v roce 2014

Graf č. 5 znázorňuje rozdíl přírůstů u štěrbínové a jamkové výsadby. Ze zjištěných údajů vyplývá, že jedinci zasazení jamkovou sadbou mají nejčastější hlavní přírůst 10 cm a jedinci zasazení sadbou štěrbínovou mají nejčastěji přírůst 5 cm.

Počet jedinců na hodnotu přírůstu



Graf č. 5: Frekvence výškových přírůstů štěrbínové a jamkové sadby

Mortalita u obou zkusných ploch byla stejná 15 %. Objemy kořenových systému u jamkové sadby jsou větší než u sadby štěrbínové, což může být hlavní příčina menších přírůstů. Fyziologický stav jedinců ze zkusných ploch je uveden v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8: Fyziologický stav sazenic

	Průměrná výška sazenic	Průměrný hlavní přírůst	Průměrná tloušťka kořenového krčku	Mortalita	Průměrný objem kořenových systémů
Jamková sadba	42,4 cm	6,5 cm	0,8 cm	15%	19,2 cm ³
Štěrbínová sadba	29 cm	6,1 cm	0,65 cm	15%	14,8 cm ³

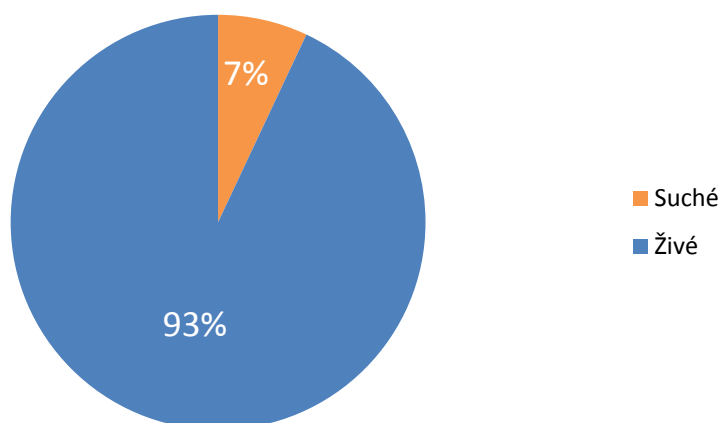
4.2 Výsadba v roce 2012

Zkusná plocha pro zalesnění jamkovou sadbou pro rok 2012 se nacházela v porostu 148 A14 a plocha se štěrbínovou sadbou byla v porostu 161 A11b. U nadzemní části stromků byla změřena celková výška, hlavní výškový přírůst a tloušťka kořenového krčku. Kořenové systémy byly porovnány s normou ČSN 48 2115.

4.2.1 Jamková sadba

Zkusná plocha pro jamkovou výsadbu čítala 100 jedinců. Veškeré naměřené údaje jsou uvedeny v příloze č. 2. Zdravotní stav plochy byl velice dobrý, mortalita byla 7 % (viz graf č. 6). U jedinců se zaschlým asimilačním aparátem došlo pravděpodobně k nedostatečné vláze či výživě.

Podíl živých a suchých stromků

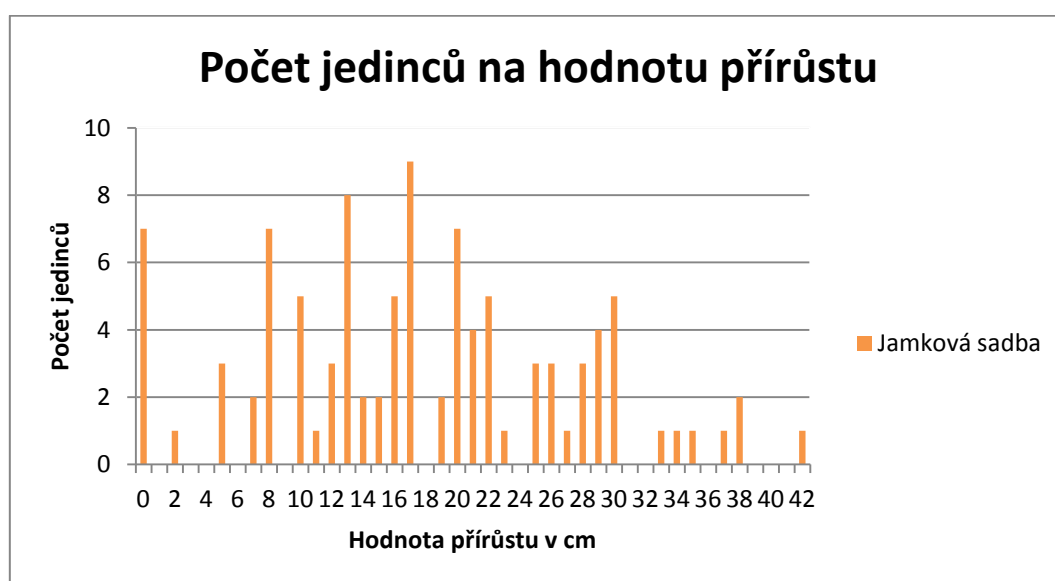


Graf č. 6: Mortalita čtyři roky po výsadbě u jamkové sadby

Průměrný přírůst celkový byl 17,6 cm. Hodnota průměru tloušťky kořenového krčku činila 2,3 cm. Kromě průměru najdeme v tabulce č. 9 také směrodatnou odchylku, minimální a maximální hodnoty. Na grafu č. 7 můžeme vidět, že nejčastější přírůst byl 17 a to u devíti jedinců.

Tabulka č. 9: Statistické ukazatele u jamkové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	17,6	2,3
Směrodatná odchylka	9,6	2,5
Minimální hodnota	0	0
Maximální hodnota	42	4,1



Graf č. 7: Frekvence výškových přírůstů při jamkové sadbě

U měření objemu kořenů u sadby jamkové byl zjištěn průměrný objem 41 cm³ (viz tabulka č. 10). Dle normy ČSN 48 2115 nevyhovoval pouze jeden stromek, který nesplnil hlavně podíl jemných kořenů, jedinec měl nažloutlý asimilační aparát, tedy celkový jeho fyziologický stav nebyl v pořádku (viz tabulka č. 11). Detailní foto měřených stromků najdete v příloze č. 2.

Tabulka č. 10: Objemy kořenových systémů u jamkové sadby

Pořadové číslo jedince	Objem v cm ³
1	39
2	43
3	32
4	29
5	52
6	38
7	53
8	57
9	26
10	41
Průměr	41

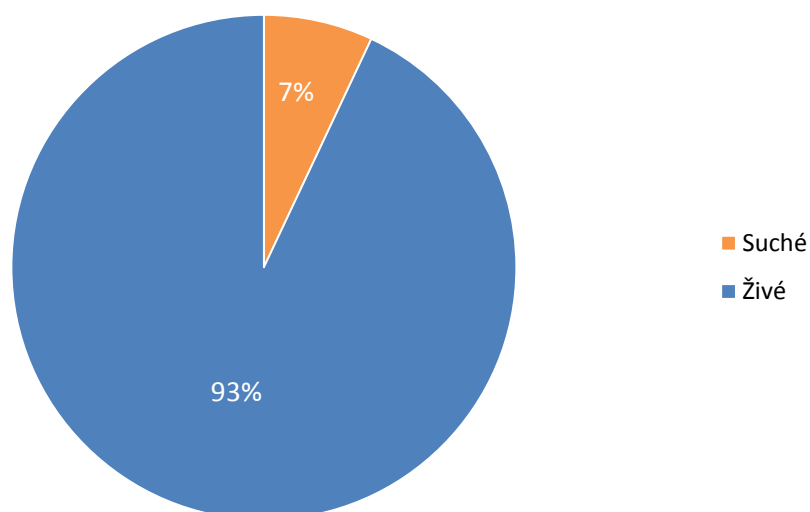
Tabulka č. 11: Posouzení parametrů kořenových systémů u jamkové sadby dle ČSN 48 2115

Číslo jedince	Výška nadzemní části	Min. poměr objemu kořen. Systému k objemu nadzemní části	Min. podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořen. Systému v %	Rozpětí délky kúlového kořene v cm	Posouzení s normou ČSN 48 2115
1	65	1:3	40	25	Vyhovující
2	71	1:3	35	30	Vyhovující
3	73	1:3	30	25	Vyhovující
4	45	1:3	15	20	Nevyhovující
5	78	1:3	45	32	Vyhovující
6	57	1:3	50	20	Vyhovující
7	80	1:3	45	38	Vyhovující
8	75	1:3	40	31	Vyhovující
9	69	1:3	26	21	Vyhovující
10	74	1:3	30	26	Vyhovující

4.2.2 Štěrbinová sadba

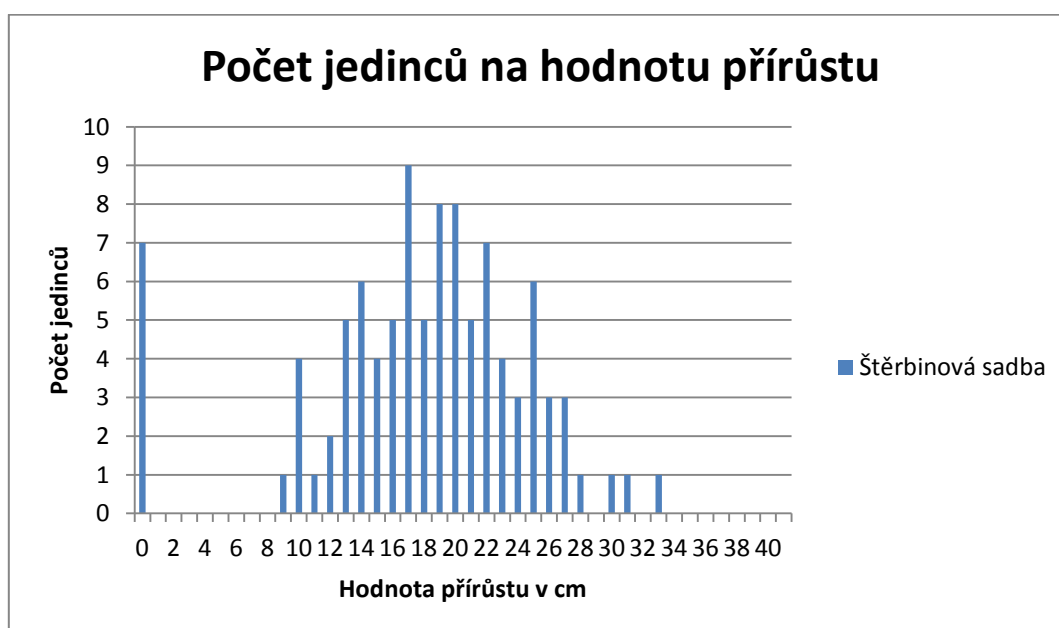
V porostu 161 A11b byla vytyčena náhodně zkusná plocha, na které se nacházelo sto stromků. Na daných jedincích byl měřen výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku a celková výška stromku. Zdravotní stav zkusné plochy byl totožný s jamkovou sadbou, mortalita byla tedy 7 % (viz graf č. 8).

Podíl živých a suchých stromků



Graf č. 8: Mortalita čtyři roky po výsadbě u štěrbínové sadby

Nejčastější přírůst na této zkusné ploše byl naprosto shodný se zkusnou plochou jamkové sadby založený v roce 2012, tedy devět jedinců mělo přírůst 17 cm. Přírůsty se pohybovaly v hodnotách od desíti do třiceti centimetrů (viz graf č. 9).



Graf č. 9: Frekvence výškových přírůstů při štěrbínové sadbě

Tabulka č. 12 znázorňuje statistické ukazatele, jako je směrodatná odchylka, průměr, minimální a maximální hodnoty. Průměrný výškový přírůst je nepatrně vyšší, než u jamkové sadby, 17,8 cm. Však průměrná tloušťka kořenového krčku byla 1,5 cm, což je o poznání menší v porovnání s jamkovou sadbou.

Tabulka č. 12: Statistické ukazatele štěrbínové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	17,8	1,5
Směrodatná odchylka	6,9	1,7
Minimální hodnota	0	0
Maximální hodnota	33	2,5

Z deseti vybraných jedinců na zkusné ploše byl naměřen průměrný objem kořenového systému 40 cm³ (viz tabulka č. 13). Ze stromků, které byly posuzovány s normou ČSN 48 2115, splňovali parametry všichni jedinci až na jednoho. Stromek neměl dostačující podíl jemných kořenů. Výsledky si můžeme detailně prohlédnout v tabulce č. 14.

Tabulka č. 13: Objemy kořenových systémů u štěrbínové sadby

Pořadové číslo jedince	Objem v cm ³
1	26
2	38
3	41
4	55
5	37
6	46
7	30
8	32
9	33
10	62
Průměr	40

Tabulka č. 14: Posouzení kořenových systémů u štěrbinové sadby dle ČSN 48 2115

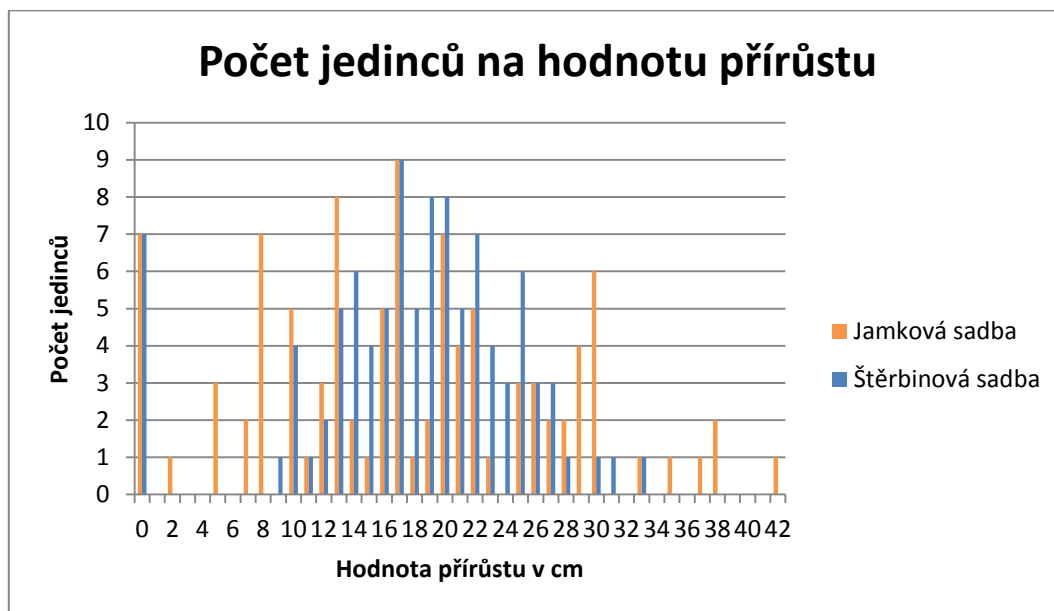
Číslo jedince	Výška nadzemní části	Min. poměr objemu kořen. Systému k objemu nadzemní části	Min. podíl objemu jemných kořenů v objemu celého kořen. Systému v %	Rozpětí délky křového kořene v cm	Posouzení s normou ČSN 48 2115
1	50	1:3	25	33	Nevyhovující
2	66	1:3	40	25	Vyhovující
3	69	1:3	45	34	Vyhovující
4	68	1:3	50	26	Vyhovující
5	56	1:3	35	27	Vyhovující
6	60	1:3	30	21	Vyhovující
7	64	1:3	33	25	Vyhovující
8	60	1:3	35	20	Vyhovující
9	72	1:3	32	25	Vyhovující
10	76	1:3	55	39	Vyhovující



Obrázek č. 8: Kořenový systém u štěrbinové sadby čtyři roky po výsadbě

4.2.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbínové sadby v roce 2012

Ze srovnání výsadeb vyplývá, že obě zkusné plochy měly nejčastější přírůst 17 cm a to dokonce u stejného počtu jedinců (viz graf č. 10). Při zprůměrování hodnot u jamkové a štěrbínové sadby vyšly velice podobné výsledky, veškeré údaje jsou uvedeny v příloze č. 2.



Graf č. 10: Frekvence výškových přírůstů u jamkové a štěrbínové sadby

Obě výsadby mají stejnou mortalitu, stejný nejčastější přírůst a průměrný přírůst je také skoro stejný. Průměrný objem kořenů se liší pouze o 1 cm³. Jediný parametr, v kterém se výsledky neliší, je tloušťka kořenového krčku, kde jamková sadba vychází lépe (viz tabulka č. 15).

Tabulka č. 15: Fyziologický stav sazenic

	Průměrná výška sazenic	Průměrný hlavní přírůst	Průměrná tloušťka kořenového krčku	Mortalita	Průměrný objem kořenových systémů
Jamková sadba	91 cm	17,6 cm	2,3 cm	7%	41 cm ³
Štěrbínová sadba	63 cm	17,8 cm	1,5 cm	7%	40 cm ³

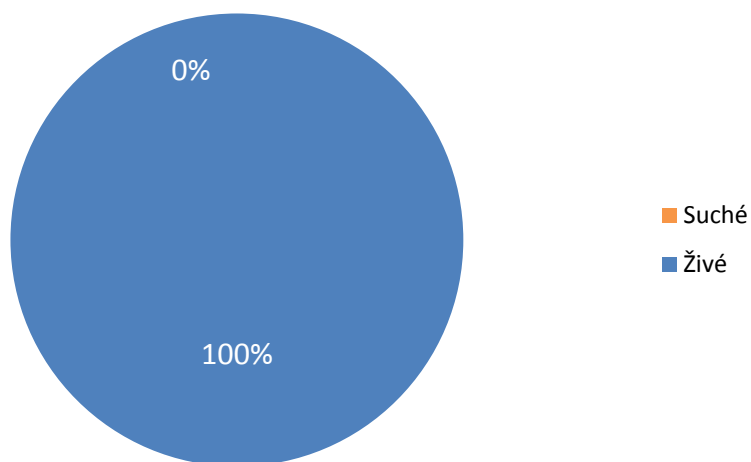
4.3 Výsadba v roce 2010

Zkusné plochy z výsadeb různou technologií se nacházely pro jamkovou sadbu v porostu 164 A10 a pro štěrbínovou sadbu v porostu 65 A10. Opět u každého jedince na zkusné ploše byla změřena výška, výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku. Deset stromků bylo vykopáno pro následné měření kořenového systému.

4.3.1 Jamková sadba

Plocha s jamkovou výsadbou z roku 2010 se nacházela v porostu 164 A10. Naměřené údaje jsou zaznamenány v příloze č. 3. Zkusná plocha byla zalesněná před šesti lety, jednalo se tedy už o zajištěnou kulturu. Na grafu č. 11 můžeme vidět, že mortalita zde byla nulová, což svědčí o dobré práci lesníků, kteří poctivě zalesněnou holinu nechávali vylepšovat.

Podíl živých a suchých stromků

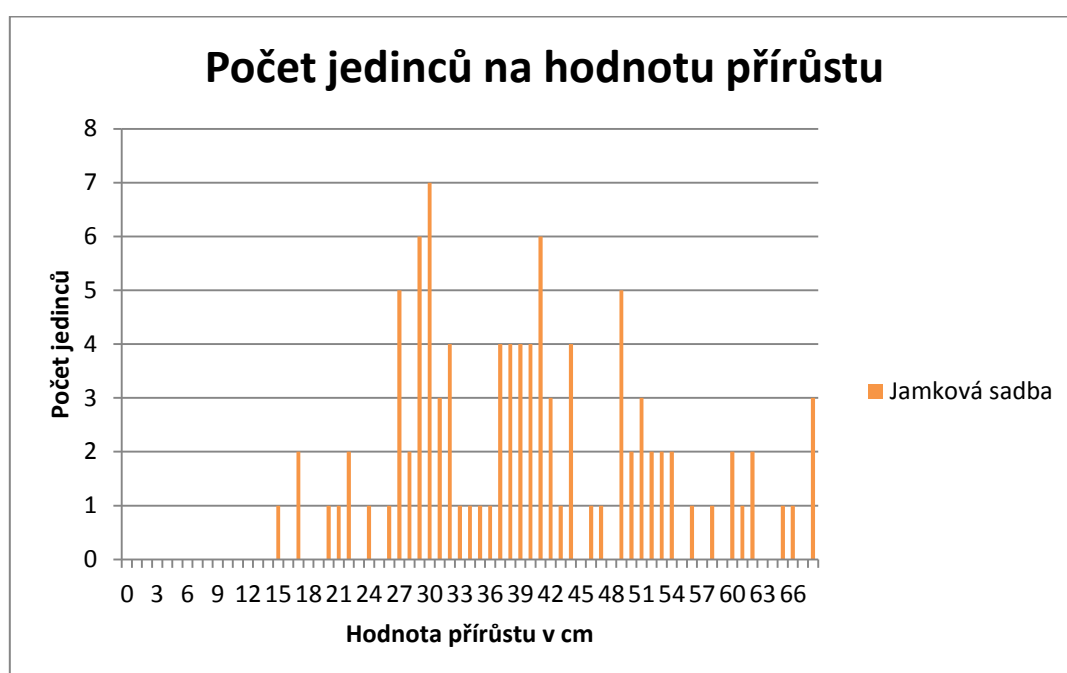


Graf č. 11: Mortalita šest let po výsadbě u jamkové sadby

V roce 2015 byl průměrný výškový přírůst 39,9 cm a průměrná tloušťka kořenového krčku byla 4,3 cm. Údaje byly zapsány do tabulky č. 16, kde je uvedena ještě směrodatná odchylka, minimální a maximální naměřené hodnoty. Nejčastější přírůst z jamkové výsadby v roce 2010 byl 30 cm a to u sedmy jedinců (viz graf č. 12).

Tabulka č. 16: Statistické ukazatele u jamkové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	39,9	4,3
Směrodatná odchylka	12,5	1,2
Minimální hodnota	15	3,5
Maximální hodnota	68	5,4



Graf č. 12: Frekvence výškových přírůstu u jamkové sadby

Průměrný objem kořenových systému u jamkové sadby činil 153 cm³ (viz tabulka č. 17). Všichni jedinci měli rozvinutý plošný kořenový systém bez deformací.

Tabulka č. 17: Objemy kořenových systémů u jamkové sadby

Pořadové číslo jedince	Objem v cm ³
1	176
2	114
3	92
4	128
5	152
6	236
7	164
8	128
9	191
10	157
Průměr	153



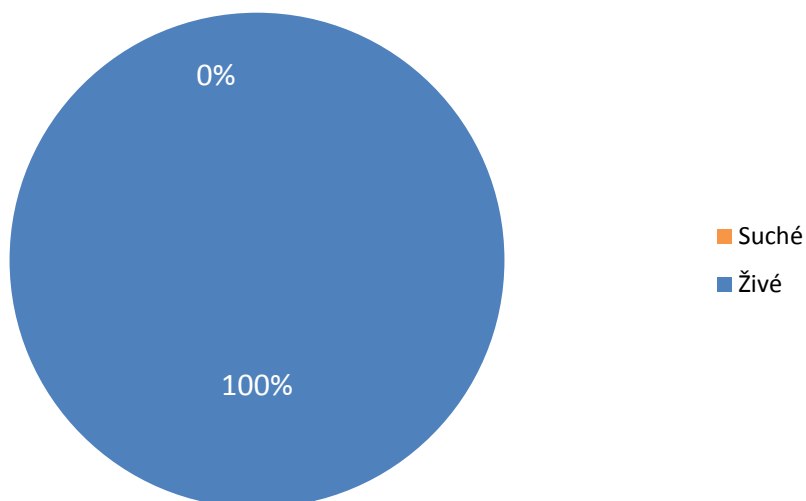
Obrázek č. 9: Plošný kořenový systém u jamkové sadby

4.3.2 Štěrbínová sadba

Druhá zkusná plocha se nachází v porostu 65 A10 a byla založena štěrbinovou výsadbou v roce 2010. Jde tedy o zajištěnou kulturu s nulovou mortalitou v době měření (viz graf č. 13).

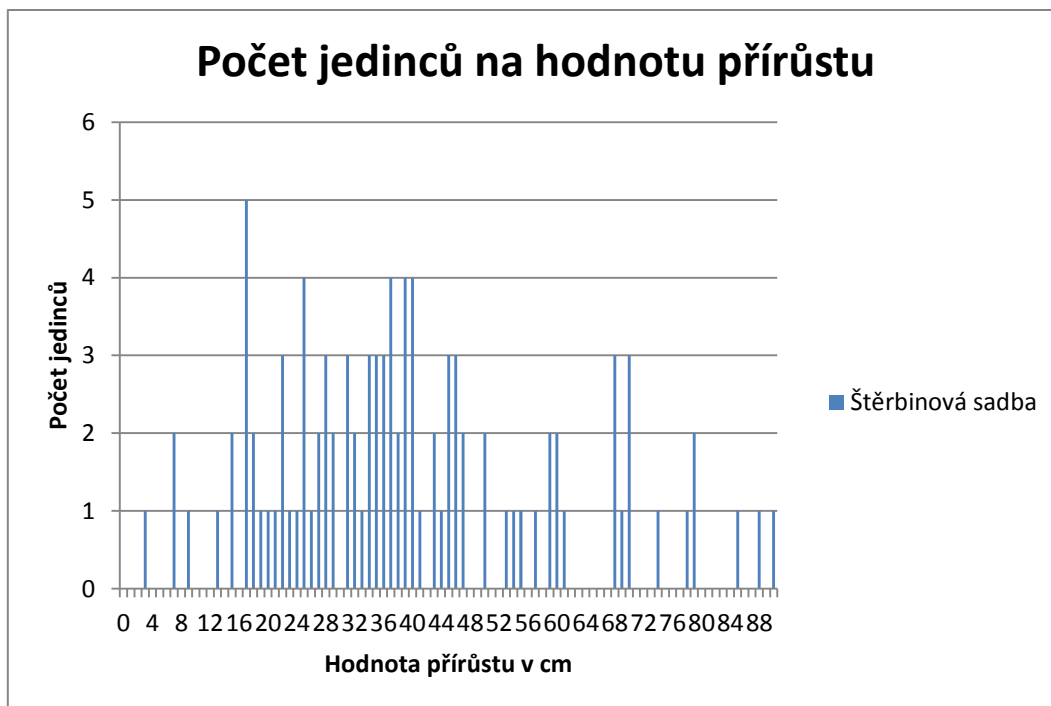
U žádného jedince nebyly nalezeny známky poškození asimilačního aparátu.

Podíl živých a suchých stromků



Graf č. 13: Mortalita šest let po výsadbě u štěrbinové sadby

Nejčastější přírůst měl hodnotu 17 cm u pěti jedinců. Minimální přírůst měl pouze 3 cm, ale maximální 90 cm. Celkově přírůsty na této zkusné ploše byly velmi rozrůzněné (viz graf č. 14). Do statistických údajů byl uveden průměr, směrodatná odchylka a minimální a maximální hodnoty, které můžeme najít v tabulce č. 18.



Graf č. 14: Frekvence výškových přírůstu při štěrbínové sadbě

Tabulka č. 18: Statistické ukazatele u štěrbínové sadby

	Výškový přírůst celkový (cm)	Tloušťka kořenového krčku (cm)
Průměr	39,4	4,4
Směrodatná odchylka	19,4	1,4
Minimální hodnota	3	3,5
Maximální hodnota	90	6

Při zprůměrování objemů kořenových systémů štěrbínové sadby byla získána hodnota 144 cm³ (viz tabulka č. 19).

Stromky měly 5 let po výsadbě plošný kořenový systém bez známek deformací, které byly v předchozích letech u štěrbínové sadby pozorovány.

Tabulka č. 19: Objemy kořenových systémů u štěrbinové sadby

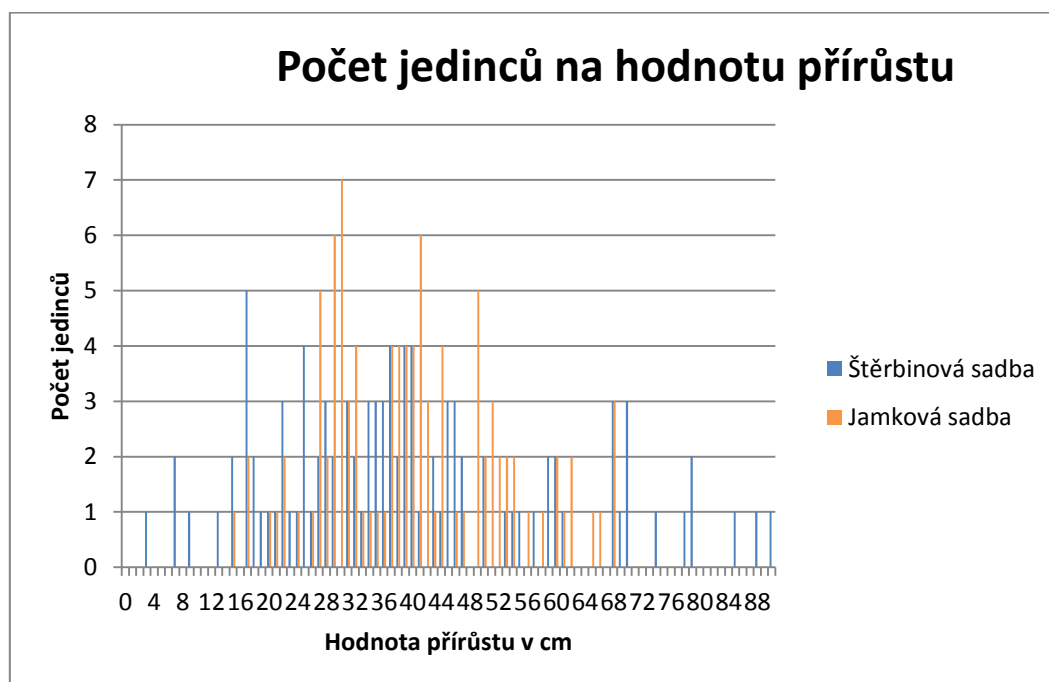
Pořadové číslo jedince	Objem v cm ³
1	158
2	99
3	117
4	120
5	211
6	136
7	122
8	133
9	202
10	146
Průměr	144



Obrázek č. 10: Kořenový systém u štěrbinové sadby šest let po výsadbě

4.3.3 Srovnání sadebního materiálu jamkové a štěrbínové sadby v roce 2010

Při posouzení výsadby jamkové a štěrbínové založené v tomto, můžeme konstatovat, že přírůsty u obou typů sadeb jsou dost rozrůzněné. Jamková sadba má nejčastější přírůst s hodnotou 30 cm, štěrbínová s hodnotou 17 cm, přesto mají průměr skoro stejný a to necelých 40 cm (viz graf č. 15).



Graf č. 15: Frekvence výškových přírůstů u jamkové a štěrbínové sadby

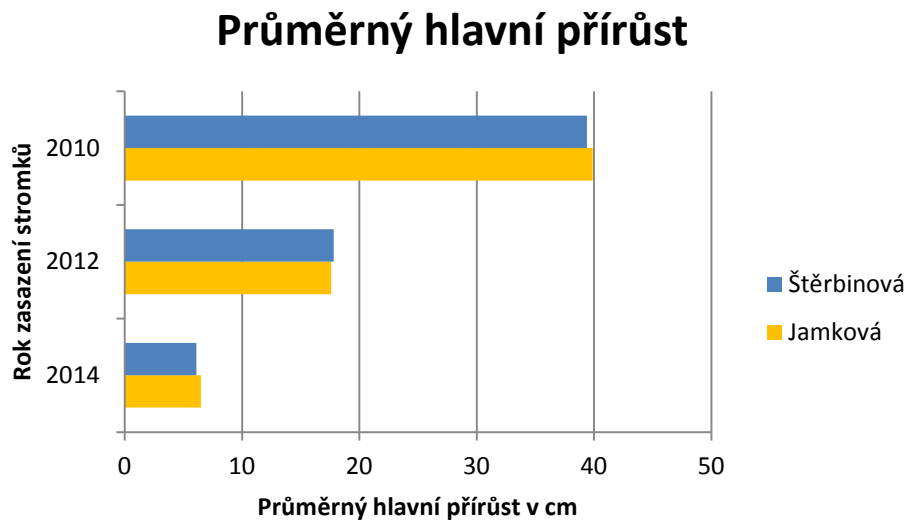
Na plochách založených v roce 2010 byla mortalita v roce 2015 nulová. Průměr objemu kořenů byly pouze s rozdílem 9 cm³. Průměrné výškové přírůsty byly také skoro stejné, u jamkové sadby 39,9 cm a u sadby štěrbínové 39,4 cm. Tyto a další zajímavé údaje můžeme vidět v tabulce č. 20.

Tabulka č. 20: Fyziologický stav sazenic

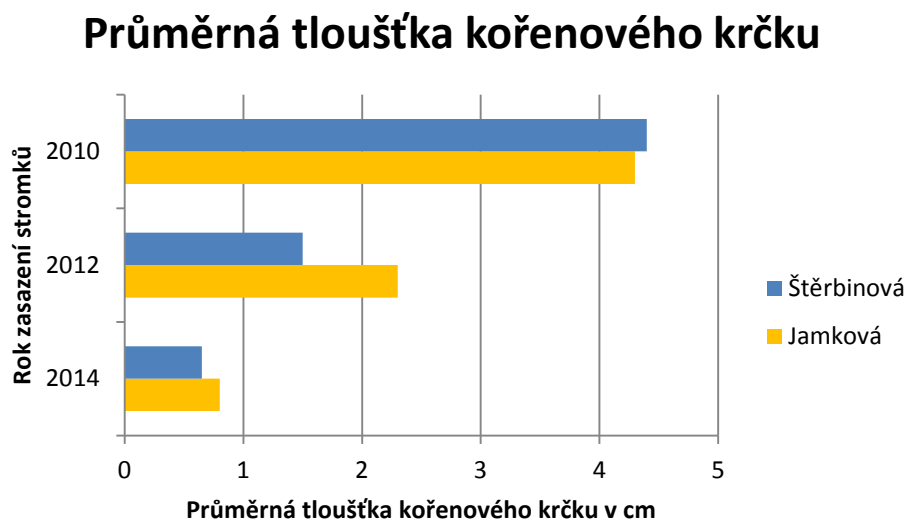
	Průměrná výška sazenic	Průměrný hlavní přírůst	Průměrná tloušťka kořenového krčku	Mortalita	Průměrný objem kořenových systémů
Jamková sadba	137 cm	39,9 cm	4,3 cm	0%	153 cm ³
Štěrbínová sadba	158 cm	39,4 cm	4,4 cm	0%	144 cm ³

4.4 Celkové srovnání v časové periodicitě

Na grafu č. 16 můžeme vidět, že technologie výsadby nemá žádný vliv na nadzemní část stromků. Výškové přírůsty se v žádném roce neliší o více jak centimetr. Však průměrná tloušťka kořenového krčku je první tři roky znatelně větší (viz graf č. 17). Nižší hodnoty u štěrbínové sadby mohou mít souvislost s častými deformacemi kořenových systémů.



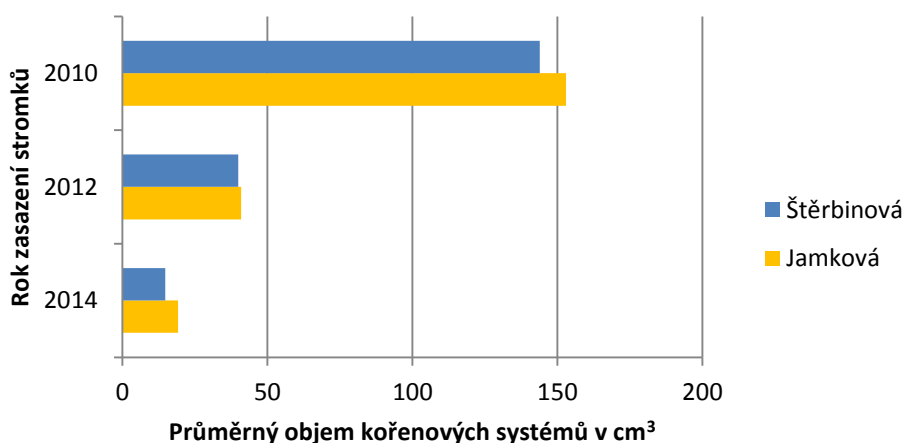
Graf č. 16: Průměrné hlavní přírůsty



Graf č. 17: Průměrná tloušťka kořenového krčku

Po pečlivém změření objemu kořenových systémů vychází v každém roce lépe hodnoty u jamkové výsadby. Nejhorší výsledky měla sadba štěrbínová měřená rok po výsadbě, tedy založená v roce 2014. Nejde ani tak o objem, ale o deformace a nevyhovující parametry s požadavky normy ČSN 48 2115. Průměrné objemy kořenových systémů můžeme vidět na grafu č. 18.

Průměrný objem kořenových systémů



Graf č. 18: Průměrný objem kořenových systémů

4.5 Ekonomické zhodnocení

V tabulce č. 21 je porovnáváno finanční ohodnocení pro jamkovou a štěrbínovou sadbu. Porovnávány byly dva státní podniky, VLS a LČR. Ceny jsou uvedené pro živnostníky s vlastním nářadím.

Tabulka č. 21: Cena za zasazenou sazenici do nepřipravené půdy.

Druh sadby/ cena	VLS	LČR
Jamková sadba	3,25 Kč	3,91 Kč
Štěrbínová sadba	1,96 Kč	2,21 Kč

Výsadba do nepřipravené půdy je fyzicky velice náročná a výkon není stálý. Mezi hlavní aspekty určující rychlost a výkon práce je rozpojitelnost zeminy, stupeň zabuřnění a sklon terénu.

V tabulce č. 22 jsou uvedeny výdělky pracovníka za výsadbu na 1 ha. Množství kusů sazenic na ha je 4000 podle vyhlášky č. 139/2004 Sb. Tento počet byl zvolen, protože odpovídá druhu dřeviny a hospodářským souborům, v nichž se dané plochy nacházejí.

Tabulka č. 22: Výdělek pracovníka za výsadbu na 1 ha.

Druh sadby	VLS	ŠLP
Jamková sadba	13 000 Kč	15 640 Kč
Štěrbínová sadba	7 840 Kč	8 840 Kč

5. Diskuze

5.1 Jamková sadba

Jamková sadba patří mezi nejpracnější způsoby výsadby. Je fyzicky nejvíce náročná, ale i přesto patří k nejpoužívanějšímu způsobu k zalesňování v ČR. Mezi její hlavní přednosti patří možnost přesného vykopání jamky dle velikosti nebo tvaru daného kořenového systému. Lze ji použít na semenáčky, sazenice, ale i poloodrostky či odrostky. Další její přednost spočívá ve využití na všech typech půd a terénů. Cena a údržba nářadí na jamkovou sadbu je dost nízká. Nejčastěji se používá motyko – sekera. Pořizovací náklady jsou kolem pětiset korun a občasná výměna násady nebo nabroušení čepele jsou takřka bez finančních nároků. Nevýhodou se může stát právě z důvodu fyzické náročnosti nedostatečné vyhloubení jamky. Pracovníci si často usnadňují práci a jamku nevyhloubí dostatečně a zejména u sazenic s kulovým kořenem dochází k jeho ohybu a následné deformaci. Naopak u sazenic s plošným kořenovým systémem by se jamka neměla vytvořit příliš hluboká, ale spíše široká (plošná), pro přesné usazení sazenice a následně správnému vývoji kořenového systému.

5.2 Štěrbínová sadba

Historické kořeny u štěrbinové sadby sahají velmi daleko, i přesto patří k nejčastěji používaným způsobům zalesňování dodnes. Často se využívá na zalesňování kalamitních ploch, kde je třeba docílit vysoké produktivity práce. Je méně náročná než sadba jamková. Nářadí je opět cenově dostupné, používá se sazeč. Hlavní předností štěrbinové sadby je rychlost a úspora nákladů. Používá se skoro na všech typech půd, kromě velmi kamenitých a jílovitých.

Při použití štěrbinové sadby dochází k největším deformacím. K zalesňování by se mělo přistupovat velmi svědomitě a vyvarovat se postupů, které vedou k deformacím kořenových systémů, protože takové porosty jsou nestabilní, špatně přirůstají a neskýtají záruku stabilních kvalitních porostů v budoucnu (Mauer a Palátová, 2004; Slodičák, 2005).

To je se potvrdilo i na zkusných plochách, kdy dva roky po výsadbě bylo vidět u sazenic několik typů deformací, ale v dalších letech u sazenic, které se ujaly, vznikl nový

(juvenilní) kořenový systém. Je velice důležité štěrbinu správně uzavřít, aby nedošlo ke vzniku vzduchové kapsy, jak není sazenice v přímém kontaktu s půdou, dochází většinou k jejímu uschnutí.

5.3 Cenové srovnání sadeb

Na otázku, zda je zalesňování dobře placené, odpovídá každý dělník, že nikoliv. I autor, který konstatuje z vlastních zkušeností, že jediné štěrbinová sadba je přiměřeně placená. Sice je méně placená za zasazený kus, ale kvantitou odvedené denní práce je pro dělníka nejvýhodnější. U jamkové sadby je opačný problém, za zasazený kus je zaplacenou jednu tolik, než u jamky štěrbinové, ale kvantitou a fyzickou náročností je pro dělníka méně výdělečná. Ze zjištěných údajů vyplývá, že v reálném lesním provozu je lépe placená štěrbinová sadba. Na 1 ha je za štěrbinovou sadbu lépe zaplaceno o 5160 Kč u vojenských lesů a u lesů ČR o 6800 Kč.

6. Závěr

Rhizologie je poměrně mladá vědní disciplína a zaslouží si určitě větší pozornost, protože kořen je základ stromu a jeho deformace způsobená technologií výsadby může ovlivnit nejen jedince, ale i celý porost. To byl také důvod, proč jsem si tuto tematiku vybral pro svou diplomovou práci.

V mé práci byly porovnány dva druhy technologie výsadby a následující ujmavost, prosperita a stav kořenového systému dva, čtyři a šest let po výsadbě smrku na chudších typech stanoviště. Výsledky ukazují, že mortalita – při pečlivě provedené výsadbě – je u jamkové a štěrbinové sadby na všech zkusných plochách stejná resp. rozdíly nejsou statisticky významné. Výškové přírůsty byly také takřka srovnatelné, rozdíly opět nebyly statisticky významně rozdílné, dosahovaly maximálně 0,5 cm ve prospěch jamkové sadby. Tloušťka kořenového krčku je u jamkové sadby dva roky po výsadbě o 0,15 cm větší, než u jamky štěrbinové. Jedinci zasazení jamkovou sadbou mají šest let po výsadbě tloušťku kořenového krčku srovnatelnou, větší pouze o 0,1 cm, kdy vyšší hodnota náleží jamkové sadbě. Nadzemní část se tedy vyvíjela podobně, jinak tomu bylo u kořenových systémů.

Rozdíl průměrného objemu kořenového systému mezi jamkovou a štěrbinovou sadbou dva roky po výsadbě byl 23 %, kdy u štěrbinové sadby byly naměřeny nižší hodnoty. Deformace kořenů u jamkové sadby nebyly, ale u sadby štěrbinové se vyskytl strboul, nebo deformace ve tvaru J. Z deseti vykopaných jedinců se deformace vyskytla pětkrát. Čtyři roky po výsadbě byly objemy kořenů srovnatelné, průměrný objem jamkové sadby byl pouze o 3 % větší. Zajímavým faktem je skutečnost, že deformace kořenových systémů u štěrbinové sadby téměř vymizely, byla vykopána pouze jedna sazenice s deformovaným kořenem. Šest let po výsadbě byly kořeny opět takřka stejné, jedinci zasazení jamkovou sadbou měli o 6 % větší průměrný objem. Deformace se nevyskytovaly ani u jedné technologie výsadby.

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že technologie výsadby nemá žádný dlouhodobý vliv na růst a vývoj nadzemní části sazenic respektive, že počáteční lepší vývoj nadzemní části sazenic při jamkové výsadbě se postupně vytrácí.

U kořenových systémů jedinců zasazených štěrbinovou sadbou vzniká větší procento deformací a objemy kořenů jsou menší než u jamkové technologie výsadby.

Překvapivým zjištěním je skutečnost, že šest let po výsadbě jsou kořenové systémy smrku u obou druhů výsadeb bez výrazných deformací se srovnatelným objemem. Na základě tohoto šetření, které by určitě mělo být provedeno ve větším rozsahu a na více typech stanoviště se lze tedy domnívat, že kořenové systémy (alespoň u smrku) jsou díky své dynamice schopny se poměrně dobře a rychle vyrovnat s deformacemi, které jsou nevhodnou nebo méně vhodnou technologií výsadby způsobeny, a lze se tedy domnívat, že i štěrbinová výsadba nemusí nutně vést ke vzniku fatálních poškození kořenových systémů, které by byly příčinou budoucí nestability lesních porostů.

7. Seznam literatury

ANONYMOUS. Oblastní plán rozvoje lesů č. 7 Brdská vrchovina ÚHÚL Brandýs nad Labem - pobočka Brno, 2000.

ASSMANN, E. 1961. Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München – Bonn – Wien. 490 s.

BURGER, H., 1926. Untersuchungen über des Höhenwachstum verschiedener Holzarten. Mitt.d. Schweiz. Centralanst. f. d. Forstl. Versuchswesen. 14. 29 – 158 s.

GILMAN, E. F., BLACK, R. J., DEHGAN, B., 1998. Irrigation volume and frequency and tree size affect establish metrate. Journale of Arboricultural. 24. p. 1 – 9.

JURÁSEK A., MARTINCOVÁ J., LOKVENC, T. Krytokořenný sadební materiál a úspěšnost obnovy lesa. In: Pěstování a užití krytokořenného sadebního materiálu. Sborník referátů z mezinárodní konference Trutnov 26. - 28. Května 1999. 5 – 24 s. ISBN: 80 – 7157361 – 2.

JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., LEUGNER, J. 2010. Manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po výsadbu. Strady. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 34 s. ISBN: 9788074170355.

JURÁSEK A. a kolektiv. Zásady manipulace se sadebním materiálem lesních dřevin od vyzvednutí ve školce až po jeho výsadbu při obnově lesa a zalesňování. In: Doprava, manipulace a sazení sadebního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů Řečany nad Labem a Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR 18. 8. 2011. 4 – 14 s.

KRUSSMANN G. 1968. Evropské dřeviny, Dortmund – Brunninghausen, 177 s.

KUPKA, I. 2005. Základy pěstování lesa. ČZU v Praze: 174 s.

KUPKA, I. 2008. Pěstování lesů I. 1. vydání. 150 s. ISBN: 978 – 80 – 213 – 1782 – 6.

LAUDERDALE, D. M., GILLAM, C. H., EAKES, D. J., KEEVER, G. J., CHAPPELKA, A. H. 1995. Tree transplant size influences post-transplant growth, gas exchange, and Leaf water potential of 'October Glory' red maple. *Journal of Environ. Hort.* 13. p. 178 – 181.

MAUER O., PALÁTOVÁ E. Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. [Root system deformations and stability offoreststands]. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník přednášek z mezinárodního semináře. Opočno 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2004. 593 s. ISBN: 80 – 86386 – 51 – 1.

MAUER, O., JURÁSEK, A., PALÁTOVÁ, E., CHMELÍKOVÁ, E., CUDLÍN, P., MAUEROVÁ, P., ČERMÁK, J., NADĚŽDINA, N., RYCHNOVSKÁ, A., MAUER, P., PULKA, T., BERAN, F., BÁRTOVÁ, A., HOBZA, P., LIBUS, J., NERUDA, J., PRAX, A., ULRICH, R., NADEZHIN, V., GAŠPÁREK, J., POKORNÝ, E., PESCHAL, M. 2013. Rhizologie lesních dřevin. Brno. Mendlova univerzita. 259 s. ISBN: 978 – 80 – 7375 – 697 – 0.

MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., BÁRTOVÁ, A., JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., SZABLA, K. 2006. Průvodce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. Zlín. Lesnická práce. 136 s.

MAUER O. Vliv kvality obnovních prací na následnou kvalitu a stabilitu založených lesních porostů. In: Doprava, manipulace a sazení sadebního materiálu lesních dřevin. Sborník referátů Řečany nad Labem a Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR 18. 8. 2011. 15 – 24 s.

MODLINGER, R. a KNÍŽEK, M. 2009. Lesnická práce – Klikoroh borový. VÚLHM. 4 s.

MUSIL, I. 2003. Lesnická dendrologie 1: Jehličnaté dřeviny. ČZU v Praze: 177 s. ISBN: 80 - 213 – 0992 – X.

PALÁTOVÁ E., MAUER O. 2004. Kořenový systém základ stromu. Brno. MZLU v Brně. 185 s.

POLENO Z., VACEK S. a kolektiv. 2009. Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce. 951 s. ISBN: 978 – 80 – 87154 – 34 – 2.

SKRZISZOWSKI, M., KUPKA I. Growth and structure of *European beech* (L.) plant root system. In Stabilisation of Forest Functions in Biotopes Disturbed by Anthropogenic Activity.

SLÁVIK, M. 2004. Lesnická dendrologie. ČZU v Praze. 80 s.

SLODIČÁK, M. a kolektiv. Lesnické hospodaření v Jizerských horách, Forestry management in the Jizerské hory Mts. Lesy České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Hradec Králové a Jíloviště – Strnady 2005, 232 s. ISBN: 80 – 86461 – 51 - 3 (VÚLHM).

SOUKUP, F. 2008. Lesnická práce – Pevník krvavějící. Jíloviště – Strnady. VÚLHM. 4 s. ISSN: 0322 – 9254.

ŠEBÍK, L. a POLÁK, L. 1990. Nauka o produkci dřeva. Příroda, Bratislava. 332 s.

ÚRADNÍČEK, L. a kolektiv. 2009. Dřeviny České republiky. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy. 367 s.

WATSON, G. W., HIMELICK, E. B. 1982. Root regeneration of transplanted trees. Journal of Arboriculture. 8. p. 305 – 31.

WATSON, G. W. 1985. Tree size affects root regeneration and top growth after transplanting. Journal of Arboriculture. 11. p. 37 – 40.

WATSON, G. W. 2000. Establishment after transporting. ISA Arboristnews. 6. p. 33 – 37.

Normy:

NOUZOVÁ J., NOUZA J. Výkonové normy v lesním hospodářství. 4. vydání. Silvaco, Praha 2001. 163 s.

Webové odkazy:

[1]http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/JPG/Picea_abies.jpg

[2]http://www.regentinstruments.com/assets/winrhizo_about.html

DUDA M. obnova-lesa. Technologie. [online] 24. 10. 2009 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z:
http://obnova-lesa.euweb.cz/Obnova_lesa-kap%5B1%5D.43.pdf

8. Přílohy

Příloha č. 1: Naměřené údaje u jamkové sadby založené v roce 2014

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku	poznámka
1	44	1	3	
2	48	6	3	
3	50	6	3	
4	40	1	2	
5	53	9	3	
6	60	3	4	
7	46	1	3	
8	37	7	3	
9	41	4	2	
10	43	1	3	
11	46	1	3	
12	45	2	3	
13	45	6	3	
14	61	8	4	
15	58	7	4	
16	49	5	4	
17	43	5	3	
18	38	3	2	
19	0	0	0	suchý
20	53	2	3	
21	66	6	4	
22	51	7	3	
23	54	10	4	
24	40	8	3	
25	40	11	2	
26	52	9	3	
27	43	10	2	
28	41	5	3	
29	59	13	3	
30	48	2	2	
31	49	11	3	
32	39	1	3	
33	0	0	0	suchý
34	46	9	4	
35	30	7	4	
36	54	12	4	
37	70	9	4	
38	65	11	4	
39	29	3	3	
40	30	3	3	
41	37	5	3	
42	0	0	0	suchý

43	58	11	4	
44	0	0	0	suchý
45	0	0	0	suchý
46	48	6	3	
47	54	7	4	
48	50	8	4	
49	40	8	3	
50	42	11	2	
51	53	7	4	
52	61	10	4	
53	0	0	0	suchý
54	39	9	2	
55	46	11	3	
56	43	9	3	
57	45	7	3	
58	31	6	2	
59	65	10	4	
60	42	1	3	
61	0	0	0	suchý
62	52	13	4	
63	58	13	4	
64	65	17	3	
65	52	12	2	
66	53	8	3	
67	0	0	0	suchý
68	57	13	4	
69	40	10	2	
70	43	9	2	
71	70	14	4	
72	0	0	0	suchý
73	45	4	3	
74	63	10	3	
75	72	12	3	
76	70	11	4	
77	68	14	3	
78	43	11	2	
79	42	10	3	
80	66	15	4	
81	57	12	2	
82	50	5	3	
83	0	0	0	suchý
84	0	0	0	suchý
85	62	1	2	
86	64	10	3	
87	67	13	3	
88	54	12	3	
89	52	10	3	

90	0	0	0	suchý
91	0	0	0	suchý
92	30	3	2	
93	0	0	0	suchý
94	0	0	0	suchý
95	50	6	2	
96	34	5	2	
97	37	2	2	
98	63	7	2	
99	60	10	2	
100	45	5	2	
Průměry	42,44	6,48	2,56	
Směr. odchylka	20,5	4,5	1,3	
Min	0	0	0	
Max	72	17	4	

Příloha č. 2: Naměřené údaje u štěrbínové sadby založené v roce 2014

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku
1	30	5	2
2	36	7	3
3	34	7	3
4	29	6	2
5	36	9	2
6	27	5	3
7	30	5	2
8	28	5	3
9	29	9	2
10	0	0	0
11	38	5	3
12	37	10	3
13	39	8	2
14	35	5	2
15	0	0	0
16	0	0	0
17	34	6	2
18	35	5	2
19	27	6	2
20	29	6	2
21	25	4	2
22	33	5	2
23	28	5	2
24	32	8	2
25	0	0	0

26	0	0	0
27	41	5	3
28	37	7	2
29	27	6	2
30	32	7	2
31	27	8	2
32	0	0	0
33	33	8	2
34	46	9	3
35	37	6	2
36	42	5	3
37	37	7	2
38	0	0	0
39	0	0	0
40	0	0	0
41	36	9	3
42	33	8	2
43	44	10	3
44	29	8	2
45	39	8	3
46	41	5	3
47	27	7	2
48	40	6	3
49	29	7	3
50	42	9	3
51	28	7	2
52	37	5	3
53	36	6	2
54	44	11	4
55	0	0	0
56	30	5	2
57	27	6	2
58	38	7	2
59	0	0	0
60	28	8	2
61	30	8	2
62	45	12	3
63	0	0	0
64	0	0	0
65	36	5	3
66	29	6	3
67	34	7	2
68	0	0	0
69	38	8	3
70	36	8	2
71	32	5	2
72	0	0	0

73	42	10	3
74	41	11	3
75	27	6	2
76	45	12	3
77	40	9	3
78	33	7	2
79	28	6	2
80	39	10	3
81	49	6	3
82	29	7	2
83	32	6	2
84	39	11	3
85	33	5	3
86	37	7	2
87	30	6	2
88	38	9	3
89	28	8	2
90	36	7	2
91	25	5	2
92	28	6	2
93	26	5	2
94	25	5	2
95	38	10	2
96	40	11	3
97	37	10	3
98	39	9	3
99	28	10	3
100	30	6	2
Průměry	29	6,1	2,06
Směr.odchylka	13,3	3,1	1,0
Min	0	0	0
Max	49	12	4

Příloha č. 3: Naměřené údaje u jamkové sadby založené v roce 2012

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku	poznámka
1	95	20	7	
2	59	20	6	
3	95	26	7	
4	106	16	8	
5	0	0	0	suchý
6	0	0	0	suchý
7	116	33	9	
8	0	0	0	suchý

9	107	27	8	
10	95	11	6	
11	112	16	7	
12	101	19	8	
13	112	26	8	
14	113	37	9	
15	115	22	8	
16	105	10	8	
17	97	30	7	
18	126	38	9	
19	100	10	9	
20	136	29	10	
21	78	7	7	
22	98	17	8	
23	57	5	4	
24	128	35	10	
25	103	16	8	
26	80	5	6	
27	92	8	9	
28	78	10	8	
29	108	17	10	
30	116	13	10	
31	86	13	8	
32	103	22	7	
33	77	26	9	
34	61	25	4	
35	75	15	8	
36	113	29	13	
37	107	20	9	
38	114	25	10	
39	78	8	8	
40	110	30	9	
41	0	0	0	suchý
42	150	38	11	
43	102	22	9	
44	80	17	9	
45	70	8	5	
46	112	20	9	
47	71	13	7	
48	104	14	9	
49	114	42	9	
50	80	21	7	
51	105	17	8	
52	116	25	9	
53	134	30	10	
54	107	30	7	
55	110	17	9	

56	130	7	7	
57	118	29	9	
58	90	21	7	
59	113	13	9	
60	0	0	0	suchý
61	93	14	6	
62	117	17	8	
63	107	22	8	
64	112	20	9	
65	114	13	9	
66	111	21	8	
67	117	21	10	
68	92	22	8	
69	127	29	10	
70	105	16	8	
71	0	0	0	suchý
72	76	13	6	
73	80	8	9	
74	103	5	9	
75	114	30	9	
76	75	13	7	
77	90	8	7	
78	96	23	10	
79	88	20	7	
80	88	10	9	
81	124	17	8	
82	73	13	6	
83	58	8	5	
84	114	30	9	
85	134	28	10	
86	100	17	8	
87	54	18	6	
88	106	10	6	
89	73	19	7	
90	94	12	6	
91	92	28	7	
92	99	27	7	
93	85	12	6	
94	81	16	6	
95	83	2	6	
96	97	8	9	
97	103	20	9	
98	88	12	6	
99	58	17	5	
100	0	0	0	suchý
Průměry	91,79	17,59	7,38	

Směr. odchylka	31,7	9,6	2,5	
Min	0	0	0	
Max	150	42	13	

Příloha č. 4: Naměřené údaje u štěrbinové sadby založené v roce 2012

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku	poznámka
1	70	23	5	
2	60	13	4	
3	30	10	3	
4	60	26	4	
5	65	25	5	
6	82	22	6	
7	87	22	7	
8	66	23	6	
9	79	24	7	
10	85	18	6	
11	161	31	7	
12	75	25	5	
13	44	9	3	
14	124	30	6	
15	53	17	5	
16	55	15	6	
17	59	19	4	
18	81	20	6	
19	57	21	4	
20	56	18	4	
21	92	17	6	
22	71	22	5	
23	89	16	5	
24	88	17	5	
25	62	14	4	
26	0	0	0	suchý
27	0	0	0	suchý
28	71	17	5	
29	70	26	4	
30	72	26	5	
31	102	22	6	
32	64	27	4	
33	83	24	5	
34	56	10	5	
35	57	10	4	
36	50	27	5	
37	51	21	7	
38	64	25	5	

39	0	0	0	suchý
40	70	27	6	
41	80	33	6	
42	60	25	4	
43	60	25	4	
44	60	18	5	
45	62	25	4	
46	50	11	5	
47	0	0	0	suchý
48	60	14	6	
49	58	14	6	
50	56	12	4	
51	54	17	4	
52	53	19	4	
53	58	13	4	
54	81	20	5	
55	62	13	6	
56	60	16	4	
57	67	15	5	
58	54	17	5	
59	72	20	5	
60	55	13	5	
61	61	20	4	
62	99	24	5	
63	77	19	5	
64	59	19	4	
65	67	19	5	
66	61	12	6	
67	49	10	4	
68	44	19	8	
69	0	0	0	suchý
70	54	23	4	
71	57	16	4	
72	57	20	4	
73	94	22	5	
74	60	21	4	
75	51	22	8	
76	0	0	0	suchý
77	77	17	4	
78	92	20	5	
79	58	16	5	
80	52	15	4	
81	61	14	4	
82	64	22	4	
83	76	28	4	
84	73	20	5	
85	89	20	6	

86	57	17	4	
87	61	13	5	
88	79	18	8	
89	77	18	6	
90	72	15	4	
91	57	14	4	
92	72	16	4	
93	79	21	4	
94	58	14	4	
95	0	0	0	suchý
96	52	17	5	
97	63	21	7	
98	97	19	5	
99	55	19	7	
100	66	23	5	
Průměry	63	17,82	4,63	
Směr. odchylka	24,4	6,9	1,7	
Min	0	0	0	
Max	161	33	8	

Příloha č. 5: Naměřené údaje u jamkové sadby založené v roce 2010

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku	poznámka
1	190	53	14	
2	180	56	14	
3	137	49	14	
4	158	52	14	
5	140	42	13	
6	159	60	14	
7	135	37	13	
8	124	39	14	
9	146	22	17	
10	119	27	15	
11	150	50	13	
12	119	30	12	
13	125	38	13	
14	129	46	13	
15	105	37	12	
16	158	37	15	
17	108	51	13	
18	135	44	14	
19	122	33	15	
20	122	29	14	
21	151	29	13	

22	90	17	11	
23	146	50	14	
24	217	68	15	
25	172	58	14	
26	133	38	15	
27	125	51	14	
28	159	39	16	
29	129	32	14	
30	133	62	16	
31	140	21	13	
32	140	28	13	
33	120	42	13	
34	178	54	15	
35	127	31	12	
36	136	41	14	
37	146	41	13	
38	122	27	12	
39	151	44	14	
40	133	31	13	
41	129	27	11	
42	170	41	14	
43	130	30	12	
44	144	49	14	
45	142	40	13	
46	101	61	13	
47	117	29	14	
48	129	29	15	
49	159	44	16	
50	107	32	13	
51	137	29	12	
52	110	30	13	
53	109	34	12	
54	167	54	14	
55	207	68	15	
56	152	62	13	
57	132	36	13	
58	124	60	14	
59	147	42	14	
60	171	43	15	
61	110	26	12	
62	85	15	11	
63	130	40	13	
64	118	30	13	
65	164	49	14	
66	146	30	14	
67	135	35	13	
68	122	41	14	

69	179	52	16	
70	132	32	14	
71	140	49	13	
72	139	29	14	
73	119	27	12	
74	130	39	13	
75	161	53	14	
76	116	24	13	
77	118	40	14	
78	144	30	15	
79	159	28	13	
80	139	66	14	
81	151	49	14	
82	100	20	12	
83	109	22	12	
84	110	51	12	
85	118	40	12	
86	119	39	13	
87	146	38	15	
88	184	27	16	
89	132	30	15	
90	123	68	14	
91	140	47	13	
92	134	44	13	
93	142	41	13	
94	134	37	14	
95	133	17	13	
96	132	38	15	
97	188	41	16	
98	135	32	14	
99	128	65	14	
100	146	31	14	
Průměry	137,83	39,88	13,63	
Směr. odchylka	23,5	12,5	1,2	
Min	85	15	11	
Max	217	68	17	

Příloha č. 6: Naměřené údaje u šterbinové sadby založené v roce 2010

číslo stromku	výška stromku	hlavní přírůst	obv. k. krčku	poznámka
1	234	79	15	
2	151	22	11	
3	250	69	18	
4	171	25	12	

5	183	59	11	
6	148	22	12	
7	148	18	12	
8	176	38	13	
9	196	46	14	
10	172	44	13	
11	142	37	12	
12	150	22	14	
13	187	39	14	
14	137	36	12	
15	141	32	12	
16	122	39	12	
17	127	17	12	
18	112	21	12	
19	110	40	11	
20	99	35	11	
21	143	15	12	
22	194	59	16	
23	184	47	14	
24	210	85	14	
25	296	88	19	
26	151	28	14	
27	181	68	14	
28	98	17	15	
29	266	90	16	
30	133	34	14	
31	162	26	14	
32	98	25	13	
33	154	38	14	
34	152	45	14	
35	151	45	14	
36	191	74	15	
37	177	60	15	
38	162	40	15	
39	153	37	14	
40	187	50	15	
41	163	17	15	
42	188	54	16	
43	172	19	14	
44	155	27	14	
45	184	55	15	
46	172	53	14	
47	149	31	14	
48	169	37	15	
49	109	39	14	
50	134	35	14	
51	132	7	13	

52	40	9	13	
53	151	32	14	
54	122	29	13	
55	98	25	12	
56	105	23	14	
57	181	68	15	
58	104	15	14	
59	199	70	16	
60	172	40	14	
61	142	25	14	
62	181	45	14	
63	139	39	14	
64	149	34	14	
65	188	50	15	
66	179	61	14	
67	136	24	13	
68	175	35	14	
69	142	34	13	
70	177	46	14	
71	104	13	13	
72	103	7	13	
73	185	47	14	
74	167	46	15	
75	195	60	16	
76	182	68	15	
77	155	33	14	
78	97	17	12	
79	158	40	13	
80	168	36	14	
81	111	20	13	
82	132	28	14	
83	127	3	13	
84	208	78	15	
85	169	17	14	
86	152	28	14	
87	196	43	15	
88	137	27	14	
89	186	70	14	
90	175	43	14	
91	229	79	17	
92	185	41	15	
93	221	70	15	
94	191	57	15	
95	154	31	14	
96	166	36	14	
97	147	29	13	
98	114	31	13	

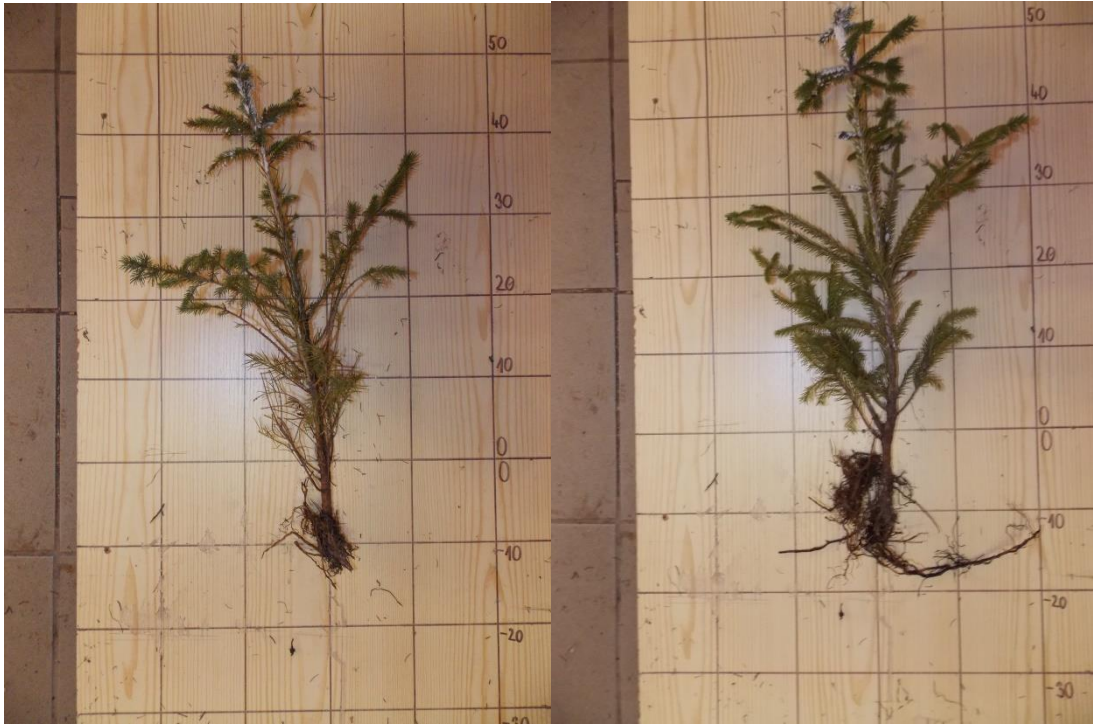
99	105	18	13	
100	147	37	13	
Průměry	158,72	39,42	13,87	
Směr.odchylka	39,0	19,4	1,4	
Min	40	3	11	
Max	296	90	19	

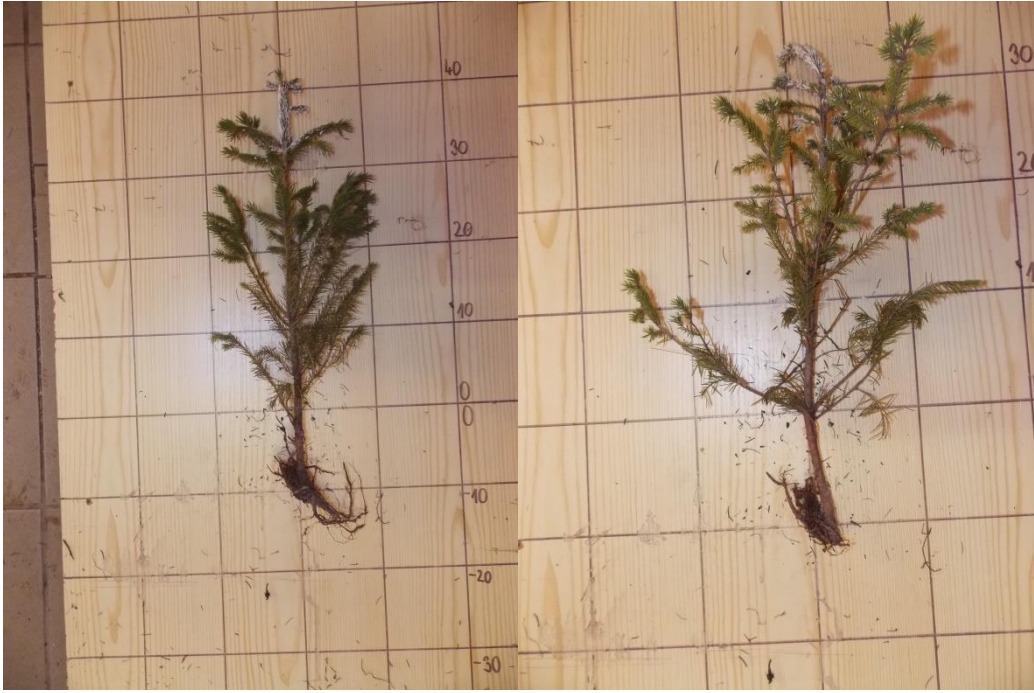
Příloha č. 7: Fotodokumentace jedinců zasazených v roce 2014











Příloha č. 8: Fotodokumentace jedinců zasazených v roce 2012











Příloha č. 9: Fotodokumentace jedinců zasazených v roce 2010







