

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Prosperita, morfologie kořenů a ekonomická hlediska
prostokořenného a krytokořenného sadebního
materiálu smrku ztepilého po výsadbě ve středních
polohách**

Diplomová práce

Autor: Josef Štiller

Vedoucí práce: Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra pěstování lesů
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Štiller Josef

Lesní inženýrství

Název práce

Prosperita, morfologie kořenů a ekonomická hlediska prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu smrku po výsadbě ve středních polohách

Anglický název

Comparison of growth performance, root systems and economic aspects of bare-rooted and containerized planting stock after planting on the forest site of middle altitudes

Cíle práce

Komplexně porovnat prostokořenou a krytokořenou výsadbu smrku ztepilého založenou ve středních polohách.

Metodika

1. Navažte na rešerši k problematice prostokořenné a obalované sadby.
2. Obnovte nebo založte zkusné plochy s prostokořenou a obalovanou sadbou ve středních polohách.
3. Vyhodnoťte výškový přírůst a mortalitu za sledované referenční období.
4. Zhodnoťte růst kořenových systémů.
5. Shrňte naměřené hodnoty.
6. Porovnejte ekonomická hlediska.

Harmonogram zpracování

2012 - terénní měření, zpracování dat a zahájení přípravy diplomové práce
2013 - dokončení diplomové práce

Rozsah textové části

min. 35 stran

Klíčová slova

zalesňování, obnova lesa, Picea abies, růst, mortalita

Doporučené zdroje informací

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E. – BARTOVÁ, A. – JURÁSEK, A. – NÁROVCOVÁ, J. – SZABLA, K.: Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Sdružení lesních školkařů ČR v nakl. Lesnická práce 2006. 136 s.

MARTINCOVÁ J. Zkušenosti s použitím krytokořenného sadebního materiálu smrku v horských oblastech. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. 49 – 56.

JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J. – NÁROVCOVÁ, J.: Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách ČR. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník přednášek z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 2004, s. 6 – 15.

NÁROVCOVÁ J. Systém testování biologické vhodnosti obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin a poznatky s jeho uplatněním v praxi. 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, s. 40 - 48.

Vedoucí práce

Kuneš Ivan, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2013

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
Vedoucí katedry



prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Děkan fakulty

V Praze dne 29.6.2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Prosperita, morfologie kořenů a ekonomická hlediska prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu smrku ztepilého po výsadbě ve středních polohách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ivana Kuneše, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 28. 4. 2013

Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. za vedení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Michaelu Trnkovi za možnost založení výzkumných ploch na jeho lesním majetku a za financování použitého sadebního materiálu a veškerých prací.

Abstrakt

V lesnictví se používají dva typy sadebního materiálu, prostokořenný a krytokořenný sadební materiál. Každý typ má své specifické vlastnosti a požadavky na pěstování. Produkce krytokořenného sadebního materiálu je technologicky náročnější a výsledné sazenice jsou také dražší. Vyšší náklady na obalovanou sadbu by ale měly být vykompenzovány lepším odrůstáním kultur. Cílem předkládané diplomové práce je na založených zkusných plochách porovnat prosperitu prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu. Tedy porovnat mortalitu, výškový a tloušťkový přírůst a dále růst kořenového systému. Z provedených měření pak zjistit výsledky, provést kalkulace a vyvodit závěry. Jako sadební materiál byly použity sazenice smrku ztepilého. Smrk ztepilý byl použit, protože je nejdůležitější hospodářskou dřevinou v České republice a v lesích středních poloh má ze všech dřevin nejvyšší zastoupení. Po třech letech měření lze říci, že krytokořenný sadební materiál dosahuje nižší mortality a vyšších přírůstků. Z hlediska ekonomiky je jeho použití ve většině případů nákladnější.

Klíčová slova: zalesňování, obnova lesa, *Picea abies*, růst, mortalita

Abstract

Two types of planting stock are used in forestry, the bare-rooted and containerized one. Each type has its own specific properties and requirements for cultivation. Production of containerized planting stock is more technologically challenging and therefore the resulting seedlings are more expensive too. The aim of this diploma thesis is to compare prosperity of the growth bare-rooted and containerized planting stock in the initial years after planting. This means comparing mortality, height and diameter increment and growth of the root system. Then it is necessary to see the results, perform calculations and draw conclusions. Seedlings of Norway spruce were chosen for the study since spruce is economically the most important tree species in the Czech Republic and in the forests of middle altitudes it has the highest proportion in the species composition. After the three years of observation, we can say that the containerized planting stock has lower mortality, higher increment than bare-rooted planting stock. And from the economic aspect, the use is in most cases more expensive too.

Keywords: afforestation, reforestation, *Picea abies*, growth, mortality

1. Úvod.....	8
2. Rozbor problematiky	9
2.1 Smrk ztepilý (Picea abies)	9
2.2 Pěstování a výchova smrku ztepilého (Picea abies) v CHS 43 a CHS 45	10
2.3 Lokalita	12
2.4 Sadební materiál	13
2.4.1 Prostokořenný sadební materiál.....	14
2.4.2 Krytokořenný sadební materiál.....	19
2.4.3 Kořenový systém	23
2.4.4 Porovnání krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu.....	26
3. Metodika	28
3.1 Zkusné plochy.....	28
3.1.1 Zkusná plocha „Vodárna“	28
3.1.2 Zkusná plocha „Hektarovka“	28
3.2 Založení zkusných ploch	29
3.3 Péče o výsadby.....	29
3.4 Sběr dat	30
3.5 Zpracování dat	31
3.6 Ekonomické zpracování.....	31
4. Výsledky	32
4.1 Mortalita.....	32
4.1.1 Mortalita zkusná plocha „Vodárna“	32
4.1.2 Mortality zkusná plocha „Hektarovka“	34
4.1.3 Srovnání mortality	35
4.2 Výška sazenic a výškový přírůstek.....	37
4.2.1 Zkusná plocha „Vodárna“	37
4.2.2 Zkusná plocha „Hektarovka“	39
4.2.3 Srovnání výšek sazenic a výškového přírůstku	41
4.3 Tloušťka a tloušťkový přírůstek kořenového krčku	44
4.3.1 Zkusná plocha „Vodárna“	44
4.3.2 Zkusná plocha „Hektarovka“	46
4.3.3 Srovnání tlouštěk kořenového krčku a tloušťkového přírůstku.....	48
4.4 Ekonomické vyhodnocení.....	49
4.5 Vizualní posouzení kořenových systémů	53
5. Diskuse.....	58
6. Závěr	60
7. Seznam zdrojů.....	61
8. Přílohy.....	63

1. Úvod

V lesnictví se používají dva typy sadebního materiálu: prostokořenný a krytokořenný. Každý typ má své specifické vlastnosti. Prostokořenný sadební materiál je méně náročný na technologickou vybavenost školky, přináší vyšší produkci na menší ploše a náklady na vypěstovaný sadební materiál jsou nižší. Vypěstování krytokořenného sadebního materiálu je pak logicky dražší, vyžaduje vyšší technologickou vybavenost školky a ke srovnatelné produkci je třeba větší plocha školky často se zpevněným povrchem a nezbytnou přítomností závlahových systémů. Vyšší náklady na obalovanou sadbu by ale měly být vykompenzovány nižší mortalitou sadebního materiálu a lepším odrůstáním kultur. Předkládaná práce si klade za cíl shrnutí postupů pěstování prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu, shrnutí problematiky kořenových systémů sadebního materiálu, ověření hypotézy o lepší prosperitě obalované sadby v podmínkách kyselých stanovišť středních poloh a ekonomické srovnání obou typů výsadeb.

2. Rozbor problematiky

2.1 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Smrk ztepilý má euroasijský areál zasahující přes celou Sibiř na východ k Ochotskému moři. Vyniká velkou morfologickou proměnlivostí, což je právě zapříčiněno i velkým areálem rozšíření. V Laponsku a na severu Ruska dosahuje téměř k severní hranici lesa, v Alpách roste ve výškách do 2000 m n. m. a tvoří horní hranici lesa. Smrk ztepilý však roste také v extrazonálních kulturních smrčinách v nižších polohách, kde jako monokultura často trpí klimatickými a civilizačními vlivy a je často napadán škůdci (Větvicka 2005). Smrk je naší hlavní hospodářskou dřevinou, zpracovává se na řezivo, papír, poskytuje dřevo stavební, truhlářské. Zvláště ceněno je rezonanční dřevo. Zastoupení v České republice se pohybuje kolem 52 % tedy cca 1 350 000 ha. V České republice se smrkem ztepilým vysadí každý rok umělou sadbou přes 9000 ha (Ministerstvo zemědělství, 2010). Jedná se o světlomilnou až polostinnou dřevinu, která se dožívá 350 – 400 let, v mládí toleruje zástin, na půdu a geologické podloží nemá vysoké nároky. Je značně náročný na půdní vlhkost. Nedostatek vláhy bývá často limitujícím faktorem růstu smrku. Smrkový porost značně ovlivňuje půdotvorné činitele, především vytvářením surového humusu, který se zvyšuje při nedostatku vláhy a vápníku v půdě. Kořenový systém smrku ztepilého je plošný a rozložený při povrchu. Smrk proto trpí vývraty a rychlým vyčerpáním půdy v horním horizontu. V porostu začíná plodit od 60. let, semenné roky se opakují po 4 až 5 letech (Slávik, 2004). Všechny tyto vlastnosti vyžadují specifické přístupy při pěstování smrku ztepilého.

2.2 Pěstování a výchova smrku ztepilého (*Picea abies*) v CHS 43 a CHS 45

CHS 43 – hospodářství kyselých stanovišť středních poloh. Jedná se o stanoviště se střední produkcí, s vyvinutými půdami, vodou neovlivněnými na kyselých podložích. Základní soubor lesních typů je 3K, 4K, 3I, 4I, kromě exponovaných a chudých typů. Alternativně sem patří i chudší typy 3S, 4S, dále 4M, 5M, 5K, 5I. Díky nižšímu stupni ohrožení buření, zde lze dobře využívat přirozené obnovy s výjimkou ploch, kde se vyskytuje např. třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*).

CHS 45 – hospodářství živných stanovišť středních poloh. Jedná se o stanoviště s dobře vyvinutými hlinitopísčitymi a hlinitými půdami na živném podloží. Vyskytující se v příznivých terénních podmínkách. Tato stanoviště mají nadprůměrnou produkci a významnou infiltrační funkci. Základní soubor lesních typů je 3-4S (kromě exponovaných a chudších typů) a 3-4B, 3-4D, 3-4H.

Přirozená obnova smrku je ve středních polohách velmi častá. Často dochází k výskytu přehoustlých náletů, které jsou však postupem času proředěny autoredukci. Hustota je pak dále upravována prořezávkami a takto vzniklé kultury se musí dále doplnit MZD. K umělé sadbě se většinou používá prostokořenný sadební materiál, který je pěstován jako školkovaný, aby došlo k vypěstování co největšího kořenového systému s dostatkem jemného vlášení. Spon se u smrku volí většinou čtvercový s rozstupem 1,5 x 1,5 m, nebo větší. Mezi nejdůležitější vlastnosti smrku z hlediska výchovy patří dobrá růstová reakce na uvolnění v průběhu téměř celé doby obmýtí, zejména však v mladém věku (Poleno, Vacek, at al. 2009). I po uvolnění si smrk udržuje přímý růst. Maximálního růstu v uměle založených kulturách dosahuje smrk ve věku kolem 20 let, v této době je zapotřebí udržovat co největší plochu asimilačních orgánů. V tomto věku je také důležité vypěstovat mohutný kořenový systém, který zvýší stabilitu porostu. Po odeznění silné přírůstové reakce, tedy ve věku 30 – 40 let je zapotřebí zkrátit korunu, aby se omezily škody působené větrem. V imisních oblastech a v oblastech se silným větrem je obzvláště zapotřebí udržovat hustší zápoj, který brání škodám větrem, ale i omezuje působení imisí. Experimentálně bylo zjištěno, že příznivější parametry kořenových systémů a kmenů stromů vytvořených včasnou a intenzivní výchovou v mládí se zachovávají i po zapojení porostů v pozdějším věku

(Poleno, Vacek, at al. 2009). Pro výchovu porostů vzniklých z přirozené obnovy je důležitá doba, kdy dojde k odclonění. Při předčasném odclonění náletu dochází k dominanci jedinců spíše pionýrského charakteru a následná péče je pak obdobná jako u porostů založených uměle. V případě postupného uvolňování dochází již k výškové diferenciaci a autoredukci, což vede k nižším nárokům na budoucí zásahy. Jak již bylo zmíněno, smrk je polostinná dřevina s poměrně pomalým růstem v časném mládí. Tento růst je dále často brzděn vegetací, okusem, či mrazy. V přirozených porostech dále negativně ovlivňuje růst vysoká hustota. Negativní stránkou příliš přehoustlých porostů je zvýšená vysýchavost půdy. Výchova je diferencována podle toho, zda-li jde o přirozeně zmlazené, či uměle založené kultury. V přirozených mlazinách by mělo dojít k prvnímu zásahu hned po odstranění zbytků mateřského porostu se zásahem do nadúrovně a s odstraněním předrostů. V mlazinách z umělé sadby záleží na množství použitých sazenic, kde často docházelo k výsadbě přehoustlých kultur, kde se pak výchova podobá přirozeně vzniklým kulturám. Co se týká CHS 43, jde převážně o oblasti méně ohrožené imisemi. Zde se při umělé obnově vychází z asi 4000 ks sazenic na ha. První silný výchovný zásah se uskutečňuje při výšce přibližně 7 m, tedy ve věku asi 15 až 20 let, s redukcí na přibližně 1900 jedinců na ha. Tyto zásahy jsou většinou podúrovňové s negativním výběrem. Druhý zásah se opakuje při dosažení výšky cca 15 m, tedy přibližně po 10 letech, další zásahy při výšce 20 m a dále v patnáctiletých intervalech. Cílem je tedy výchova založená na uvolnění porostu v mládí, jeho stabilizaci a následně zapojení porostu s poněkud vyšším počtem jedinců, jelikož se nejedná v CHS 43 o příliš úrodné půdy. Zde lze pak pokračovat ve výchovných zásadách i ve druhé polovině obmýtí s ohledem na vítr se záměrem pozitivního výběru v úrovni (Poleno, Vacek, at al. 2009). Jak již bylo zmíněno, smrk je ohrožován větrem, mokřím sněhem, hnilobami kmenů, ohryzem a loupáním jelení zvěře, dále červenou hnilobou a hmyzem. Jelikož je ohrožení porostů větrem a sněhem možné výrazně snižovat, měla by výchova porostů právě k tomuto směřovat. Co se týče CHS 45, tak i zde se prořezávky a první probírky zaměřují na zvýšení stability a kvality porostu. Probírky ve starších porostech se již provádí kladnými úrovnovými zásahy se zaměřením na podporu cca 500 nejkvalitnějších smrků na hektar plochy.

2.3 Lokalita

Lokality, na nichž byly založeny zkusné plochy, se nacházejí v přírodní lesní oblasti 8 Křivoklátsko a Český kras v podoblasti 8a – Křivoklátsko a to blízko hranice s přírodní lesní oblastí Rakovnicko-kladenská pahorkatina v katastrálním území obce Petrovice u Rakovníka. Jedná se o LHC Pekárkové o celkové výměře PUPFL 184,64 ha. Ohledně krajinného rázu, patří tento lesní hospodářský celek do celku Plaská pahorkatina, podcelku Karlovická pahorkatina a okrsku Pavlíkovská pahorkatina. Pavlíkovská pahorkatina se rozkládá severně od Berounky. Je tvořena proterozoickými břidlicemi a drobami s vložkami spilitů a ojediněle štěrky písky a jíly. Představuje nejvýše položené, tektonicky vyzdvižené okrajové území při styku s Rakovnickou kotlinou. Nejrozšířenějším půdním typem je kambizem typická mezotrofní. Jedná se o středně bohatou půdu, písčitohlinitou až hlinitopísčitou s humózní Aol horizontem o mocnosti kolem 10 cm. Co se týče klimatických poměrů, jedná se o mírně teplou oblast s průměrnou roční teplotou 7,1 – 8,8 °C, s průměrnými ročními srážkami 480 – 617 mm, ve vegetační době 320 – 380 mm. Srážková maxima v této oblasti připadají na červenec, přičemž se zde často vyskytují jarní přisušky, což do značné míry ovlivňuje ujímavost sazenic. Vegetační doba trvá 156 – 160 dní.

2.4 Sadební materiál

Hlavním cílem lesního školkařství je zabezpečit dostatečnou produkci kvalitního sadebního materiálu pro umělou obnovu lesa. Ačkoliv se znalosti a technologie v tomto odvětví lesního hospodářství rychle vyvíjejí, základní principy jsou stále platné (Dušek et al. 1970, Dušek 1997). Zejména moderní technologie obaleného sadebního materiálu jsou novým směrem, který začíná výrazně ovlivňovat i naše domácí lesní školkařství (Jurásek et al. 2004). Tyto moderní intenzivní technologie vycházejí z bohatých zkušeností, které s nimi mají zejména skandinávští lesníci (Kupka 2004). Kvalitě sadebního materiálu byla vždy věnována velká pozornost, protože ta rozhoduje o úspěšnosti umělé obnovy a o vícenákladech při vylepšování kultur (Jurásek et al. 2000). Kvalitou sadebního materiálu se zabývá norma ČSN 482115. Ta stanovuje základní kvalitativní a kvantitativní charakteristiky pro sadební materiál a to z hlediska genetických, fyziologických a morfologických. Kvalitu a celou problematiku sadebního materiálu kromě již zmiňované normy ČSN 482115 řeší také zákon č. 149/2003 Sb. ve znění zákona 387/2005 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin a také vyhláška Mze č. 29/2004 Sb. o obchodu s reprodukčním materiálem. Sadební materiál lesních dřevin se dle způsobu pěstování rozděluje na dva typy a to na sadební materiál prostokořenný a krytokořenný. Oba tyto typy se pak dále dělí na semenáčky, sazenice, poloodrostky a odrostky. Semenáčky jsou označovány rostliny vyrostlé ze semene, u nichž v průběhu růstu nebyl kořenový systém nijak upravován. Sazenice jsou rostliny vypěstované ze semenáčků nebo vegetativním množením, u kterých byl kořenový systém upravován přepichováním, školkováním, podřezáváním kořenů, přesazováním do obalů nebo zakořeňováním náletových semenáčků s nadzemní částí o výšce do 50 cm. Poloodrostky jsou rostliny vypěstované minimálně dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů, popř. přesazením do obalů, eventuálně kombinací těchto operací, s nadzemní částí o výšce 51 až 120 cm. Odrostky jsou rostliny pěstované stejným postupem jako poloodrostky, jejich výška nadzemní části se však pohybuje v rozpětí 121 až 250 cm (Poleno, Vacek et al. 2009). Jak již bylo zmíněno, kvalita sadebního materiálu je dána souborem vzájemně podmíněných znaků rostlin. Rozlišujeme znaky genetické, fyziologické a morfologické. Genetické znaky jsou dány původem semene případně řízků. Tuto kvalitu zabezpečuje potvrzení o původu reprodukčního materiálu, jehož povinnost je stanovena ve vyhlášce 29/2004, který vystavuje příslušný orgán veřejné správy. Fyziologické znaky sadebního materiálu jsou dány zejména obsahem

vody v pletivech rostlin, obsahem zásobních látek, stupněm vegetačního klidu, stavem terminálních pupenů, růstovým potencionálem kořenů, a stavem mykorhizy (Poleno, Vacek et al. 2009). Zjišťování těchto parametrů je poměrně složité, provádí se v laboratořích a dochází při něm k ničení samotných rostlin. Morfologické znaky lze zjišťovat oproti fyziologickým poměrně snadno a to pomocí měření, nebo vizuálního zkoumání. Mezi morfologické znaky patří výška a tvar nadzemní části, tloušťka kořenového krčku, poměr nadzemní části a kořenového systému a velikost a tvar kořenového systému (Poleno, Vacek et al. 2009). Věk a způsob pěstování se označuje vzorcem, kde číslice označují počet vegetačních období před školkařskou operací a jednotlivá písmena a symboly samotnou školkařskou operaci (+ školkování nebo přesazení do obalu; - podřezávání kořenů; **f** pěstování v umělém krytu; **k** pěstování v obalu; **r** řízkovanec; **t** řízkovanec topolu; **s** štěpovanec; **e** explantát).

2.4.1 Prostokořenný sadební materiál

Jako prostokořenný sadební materiál jsou označovány semenáčky, sazenice, poloodrostky a odrostky generativního ale i vegetativního původu s obnaženými kořeny, které se pěstují pro potřeby obnovy lesa. Tento typ sadebního materiálu je historicky starší, jelikož je logicky spjat s prvními pokusy o umělou obnovu, které u nás sahají až do doby předbělohorské (Foltánek). Jeho výroba je technologicky a finančně méně náročná a u nás je zatím dominantním typem sadebního materiálu a i do budoucna se s tím počítá.

2.4.1.1 Půda

Pěstování sadebního materiálu se většinou uskutečňuje přímo v půdě, která by k tomuto účelu měla splňovat určité vlastnosti. Za ideální se dají považovat půdy hlinitopísčité až písčitolhinité, přičemž příliš velký podíl písčitých frakcí půdu negativně ovlivňuje ve smyslu přílišného vysychání a slabé schopnosti vázat živiny, naopak má pozitivní vliv např. při vyzvedávání sadebního materiálu, kde nedochází k poničení kořenového systému. Naproti tomu příliš jílové půdy jsou dosti těžké, hůře vysychají a díky koloidům, které obsahují, lépe váží živiny. Orniční vrstva v lesní

školce by měla dosahovat hloubky alespoň 30 cm a obsah humusu by měl být od 3 do 10 procent. Nevhodné jsou půdy s vysokým obsahem skeletu a s hladinou podzemní vody výše než 70 cm (Dušek, 1997). Základní příprava půdy na plochách s tradičními postupy pěstování semenáčků a sazenic zahrnuje: orbu, vpravení hnojiv, předosevní půdní desinfekci, hubení plevelů a závěrečnou přípravu ploch pro výsevy a školkování (Dušek, 1997). Orbou se rozumí činnost, při které dochází k přemístění horní vrstvy ornice a její otočení do brázdy, čímž se ničí buřeň, uchovává se struktura, úrodnost a vláhota půdy. Orba půdy se provádí až do hloubky 30 cm v zásadě na podzim. Jarní orba negativně ovlivňuje strukturu půdy, provádí se do hloubky cca 20 cm a uplatňuje se jen tehdy, pokud nebylo možné vyzvednout sazenice již na podzim. Další operací při přípravě půdy je vláčení, jehož úkolem je urovnat a rozdrobit povrch půdy. Na tuto činnost se nejčastěji používají brány hřbové, diskové nebo hvězdicové. Následují další postupy, které dále urovnávají a zjemňují povrch půdy, ať už jde o smykování, válení vály či příprava půdy kultivátory, rotavátory, nebo půdními frézami (Poleno, Vacek et al. 2009). Při pěstování rostlin v půdě lesních školek dochází logicky k odčerpávání živin z půdy, a tak nedílnou součástí školkařského provozu je hnojení. Ke hnojení se používají minerální a organická hnojiva. Hnojení by mělo vycházet z půdních rozborů, druhu pěstované dřeviny a termínu aplikace. Hnojiva minerální neboli průmyslová lze rozdělit do několika skupin a to na hnojiva dusíkatá, fosforečná, draselná, vápenatá a hořečnatá, což jsou hnojiva jednosložková. Často se však používají hnojiva obsahující více složek, a to jsou pak hnojiva vícesložková neboli kombinovaná. Organická hnojiva, jak už z názvu vyplývá, obsahují značné množství organické hmoty, která zvyšuje obsah humusu v půdě. Nejdůležitějšími organickými hnojivy jsou chlévská mrva, kompost, rašelina, kompostovaná kůra, případně tzv. zelené hnojení. Dezinfekce půdy se provádí tam, kde hrozí výskyt houbových chorob, škůdců a plevelů. Používá se dezinfekce termické, chemické a biologické. Termická dezinfekce se používala spíše dříve a v malých školkách. Spočívá ve spalování asi 30 cm vrstvy kletu na záhonu a následného zapravení popele do půdy, čímž dochází i k mírnému pohnojení. V dnešní době se používá jiný typ termické dezinfekce půdy a to propařování. Chemická dezinfekce je založena na prolévání půdy nebo zapravování prášku či granulátu do půdy a následným uvolněním chemických látek ničících např. spory hub. Za biologickou ochranu se považuje ničení patogenních organismů kompostováním, půda je sterilizována působením tepla a mikrobiálních procesů během zrání kompostu (Poleno, Vacek, et al. 2009).

2.4.1.2 Výsev

Výsev by se měl provádět na vhodnou půdu či substrát za použití kvalitních semen s dostatečnou klíčivostí a po správné předosevní přípravě, aby se docílilo souběžného a rovnoměrného vzcházení semenáčků. Před samotným výsevem je třeba zbavit půdu plevelu, náležitě povrch urovnat a je-li půda suchá, přiměřeně zavlažit. Pro tradiční způsoby výsevu do minerální půdy je nutné dbát, aby půdní reakce odpovídala pro jehličnaté dřeviny pH 4 – 5,5 a pro listnaté pH 5 – 6,5 (Poleno, Vacek, et al. 2009). Na kvalitu vzešlých semenáčků má dále vliv hloubka sýje, pravidelnost horizontálního rozmístění, hustota sýje, správná vlhkost a náležitý dotek s půdou. Výsev se provádí třemi možnými způsoby. Prvním ze způsobů je výsev do proužků. Jedná se o výsev, kde jsou do půdy vytlačeny proužky pravidelného lichoběžníkového tvaru, které jsou následně osety semeny, přitlačeny válcem a zakryty zásypkou. Druhým způsobem je výsev do rývek, jedná se o způsob podobný proužkovému způsobu, avšak na rozdíl od proužkového způsobu jsou zde rývky vyryty radličkou, a tudíž jejich tvar není tak pravidelný, a proto se hodí spíše k výsevu větších druhů semen. Třetím způsobem výsevu semen je plnosýje. Zde dochází k osetí celé plochy záhonu, opět ve správné hustotě a následném přitlačení semene k půdě válcem a pokrytím zásypkou. Dále se dá výsev dělit podle ročního období. Jarní výsev, který probíhá od března do května má výhodu v menší potřebě závlahy, ale naopak problémem často bývají mrazy. Jarní výsevy jsou ideální např. pro smrk ztepilý, borovici lesní, modřín opadavý, habr obecný, jasan ztepilý, olše a javory. Letní výsevy jsou vhodné pro dřeviny, jejichž semena dozrávají pozdě na jaře nebo začátkem léta a mají krátkou životnost, jako je třeba jilm, jíva, osika. Samozřejmostí při letním výsevu je pravidelná závlaha. Podzimní výsevy jsou pak vhodné pro dřeviny, jejichž semena dozrávají na podzim a jejichž skladovatelnost je díky velikosti a hlavně obsahu vody obtížná, jedná se zejména o duby, buk lesní nebo jedli bělokorou, jak uvádí Bezečný et al. (1973). Před provedením výsevu je nutno stanovit výsevovou dávku. K tomu slouží níže uvedený vzorec.

$$N = (10 \cdot V \cdot A) / (K \cdot \check{C})$$

N = výsevová dávka v gramech na 1bm proužku
V = požadovaný počet klíčivých semen na 1 bm proužku
A = absolutní hmotnost 1000 semen v gramech
K = klíčivost v %
Č = čistota v %

2.4.1.3 Pěstební postupy

Po vzejití semenáčků se uplatňuje stínění, což je opatření zabraňující přímému ozáření (insolaci) půdy a rostlin, omezující nadměrné vypařování vody z půdy a z rostlin a konečně zabraňující teplotním výkyvům v půdě i nad jejím povrchem (Poleno, Vacek, et al. 2009). Nejdůležitějším opatřením v péči o semenáčky je však závlaha. Každá dřevina potřebuje pro správné vyklíčení, aby půda byla po celou dobu klíčení dostatečně vlhká. Jednotlivé dřeviny jsou pak na vlhkost půdy či její kolísání různě citlivé, a proto je při závlaze tuto skutečnost vždy brát v potaz. Ve školkách se uplatňuje závlaha doplňková a účelová. Doplňková závlaha slouží k vyrovnání nedostatku srážek způsobených klimatickými podmínkami. Posláním účelových závlah je omezení škod působených nepříznivými mikroklimatickými podmínkami. Podle charakteru působení se dělí na ochranné postřiky proti mrazíkům, které jsou aktuální na začátku a před ukončením vegetační činnosti a na tzv. osvěžující postřiky, které jsou určeny k optimalizaci teploty a vlhkosti ve vzdušném prostoru nadzemních a půdních prostor kořenových částí rostlin (Dušek, 1997). Po vzejití semenáčků a jejich zakořenění a růstu dochází k dalším operacím, jako jsou pikýrování, podřezávání, školkování či vyzvednutí za účelem výsadby do lesa. Podřezáváním semenáčků lesních dřevin vzniká sazenice, jelikož dochází k zásahu do kořenového systému. Jedná se o postup, kdy jsou pomocí mechanizace záhony se semenáčky podříznuty nožem v horizontálním směru v hloubce kolem 7 cm a ve vertikální směru mezi řádky. Cílem je, aby došlo po porušení kořenového systému k jeho zmnožení. Tento postup je vhodný např. pro borovici, dub a buk. Postup podřezávání lze použít i u školkových sazenic pěstovaných na čtyř až šestiletý sadební materiál, nebo při pěstování poloodrostků (Poleno, Vacek, et al. 2009). Po podřezávání je třeba záhon utužit a řádně zavlažit. Školkováním se rozumí přesazování semenáčků (popř. i sazenic) do minerální půdy. Účelem je vypěstovat sazenice nebo poloodrostky s nedeformovaným soustředěným kořenovým systémem a vyšší vyvinutou nadzemní částí (Poleno, Vacek, et al. 2009). Ke školkování se používají jen kvalitní semenáčky. Školkování může probíhat buďto na jaře, v létě, nebo na podzim. Jarní školkování je nejběžnější. Důležité je školkovat dřeviny před narašením a po zaškolkování zavlažovat, což je právě během jarního školkování nejméně náročné. Při jarním školkování nejdříve školkuje modřín, poté listnáče a až nakonec zbylé jehličnany právě z důvodu rašení. Letní školkování je např. u smrku výhodnější než jarní, jelikož se smrk v letním období vyznačuje intenzivním

růstem. Ideální je využít chladnějšího období a po zaškolkování je nutné vydatně zavlažovat. Podzimní školkování je možno použít jen v nižších polohách, kde nehrozí vymrzání (Dušek, 1997). Vyzvedávání sadebního materiálu, jako ostatně většina úkonů v lesním školkařství, se může opět provádět ve třech obdobích. Jarní vyzvedávání je asi nejběžnější způsob. Mohou se vyzvedávat v podstatě všechny dřeviny. Následně se mohou použít k jarnímu školkování, nebo samozřejmě k jarnímu zalesňování. Letní vyzvedávání se uplatňuje u již zmiňovaného letního školkování smrku ztepilého. Podzimní vyzvedávání je vhodné především pro listnaté dřeviny určené k podzimnímu zalesňování. Vyzvedávat se musí dřeviny, které jsou již, nebo stále ještě ve vegetativním klidu. Důležitou roli hraje počasí, které ovlivňuje půdní podmínky, které úzce souvisí s náročností samotného vyzvednutí a také s možností použití techniky. Vyzvedávání sadebního materiálu se provádí buď ručně a to odrýpáváním vidlemi, nebo mechanizovaně podoráváním a následným ručním vyzvednutím. Hloubka vyzvedávání se řídí věkem rostlin a tvarem kořenových systémů. Semenáčky jehličnanů a listnáčů s kratšími kořeny, které jsou určeny ke školkování, se vyzvedávají v hloubce 15 cm. U starších sazenic běžných dimenzí, zejména s kúlovými kořeny hloubka vyzvednutí nesmí být menší než 20 cm (Dušek, 1997). Při vyzvedávání sadebního materiálu je třeba zamezit mechanickému poškození, způsobenému např. malou hloubkou vyorávání nebo odtržením jemných kořenů při odstraňování půdy z kořenového balu. Dále je třeba dbát na to, aby nedocházelo k osychání kořenů. Vhodné podmínky jsou v chladnějších dnech, jinak v ranních hodinách, kdy je v sazenicích vysoký obsah vody (Dušek, 1997). Při krátkodobém skladování sadebního materiálu lze sazenice a semenáčky na 1 – 2 dny založit na vlhké stinné a závětrné místo do půdy a kořenovou část zakrýt zeminou. Tento postup lze využít na jaře i na podzim před výsadbou či zaškolkováním. V případě krátkodobého skladování, kdy je zapotřebí prodloužit vegetační klid u sadebního materiálu například při zalesňování v pozdějším období, je možno použít sněžné jámy, tedy prostory, kam byl během zimního období nashromážděn dostatečný objem sněhu, který udržuje chladné klima. Dlouhodobé skladování sadebního materiálu (přes celou zimu) je možné pouze v klimatizovaných skladech, kde se vytvářejí a trvale udržují vhodné podmínky, tj. vyhovující teplota vzduchu (+2 °C až -2 °C) a dostatečná vzdušná vlhkost (98%) (Kupka, 2004).

2.4.2 Krytokořenný sadební materiál

První zmínky o používání krytokořenného sadebního materiálu, který byl pěstován ve speciálních obalech určených pro lesní dřeviny, pochází ze Severní Ameriky z třicátých let 20. století, zde se jednalo o použití obalu ve formě papírových buněk „Tappaper pot“, odtud se později rozšířily do celého světa (Mauer et al. 2006). Další podstatný vývoj prodělal krytokořenný sadební materiál v sedmdesátých letech minulého století, kdy byla poprvé použita umělá hmota k výrobě obalů. Dále se v této době začaly vyvíjet a používat tzv. RCK rašelinocelulózové kelímky, textilní a jutové obaly. Souběžně vedle jednotlivých obalů se v této době již vyvíjely i tzv. sadbovače, které jsou dnes velmi oblíbené a používané. Od devadesátých let minulého století je důraz kladen hlavně na výrobu obalů, které co nejméně poškozují morfologii a růst kořenových systémů lesních dřevin.

V České republice se krytokořenný sadební materiál začal používat až v šedesátých letech minulého století ve formě rašelinocelulózových kelímků (RCK). V sedmdesátých letech se zde používal finský obal Nisula, kde se sadební materiál pěstoval v polyetylenových rolích. Dalšími vývojovými etapami pak byly papírové voštinové buňky, voštinové buňky z laminátového papíru a pevné plastové sadbovače. K největšímu rozmachu krytokořenného sadebního materiálu u nás došlo v osmdesátých letech, přičemž produkce byla soustředěna na pěstování rostlin v obalech středního objemu pohybujícího se mezi 0,5 až 1 l (Mauer et al. 2006). Jelikož s takto objemným kontejnerem byla složitá manipulace a také u nich docházelo k deformacím kořenového systému, tak tento trend ustal. V dnešní době se produkce krytokořenného sadebního materiálu opět zvyšuje, jde převážně o používání sadbovačů, které jsou již testovány, aby nedocházelo k deformaci kořenového systému.

2.4.2.1 Druhy obalů

Obaly lze rozřadit do několika základních skupin, které vznikly kombinací různých typů dělení. Prvním typem dělení je dělení na obaly jednotlivé a na obaly spojené, tedy již zmíněné a nyní dosti používané sadbovače. Toto dělení má význam spíše jen co se týče manipulace s nimi, než samotného růstu sadebního materiálu,

jelikož se vlastně jedná o pospojované jednotlivé obaly, i když např. příliš malé prostory mezi jednotlivými buňkami mohou mít také nepříznivý vliv na vývoj sadebního materiálu. Druhé dělení pak v podstatě spočívá v materiálu, ze kterého je obal vyroben. Může být pevný, a tím pádem jím kořenový systém dřeviny není schopen prorůst, nebo se může jednat o materiál měkký a rozpadavý, kterým jsou kořeny schopny prorůst. V dnešní době jsou všechny tyto typy obalů pro pěstování lesního sadebního materiálu testovány, aby nedocházelo k pěstování sadebního materiálu s deformovaným kořenovým systémem, a tím pádem bylo sníženo riziko nestability založených kultur v budoucích letech. S tím souvisí třetí způsob dělení, který je založený právě na testování obalů a jejich vhodnosti použití. Obaly používané v lesních školkách byly tedy rozděleny na nevhodné, dočasně tolerované a vhodné, což mělo za cíl zmapovat používané typy obalů a vymezit kategorii perspektivních biologicky vhodných typů obalů. Do kategorie nevhodných obalů byly zařazeny ty, které způsobují významné deformace kořenového systému, jako jsou např. zahradnické kontejnery, sáčky z umělohmotných úpletů a netkaných textilií. Kategorie dočasně tolerovaných typů obalů byla vytvořena pouze z přechodných důvodů. Patří sem např. perforované sáčky z polyetylénu nebo laminovaného papíru. Kategorie vhodných obalů zaručuje pěstování sadebního materiálu v souladu s normou ČSN 48 2115. Sjednocením všech vhodných obalů pak vzniká Katalog biologicky ověřitelných obalů pro pěstování krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin (Jurásek, Nárovcová, Nárovec, 2006).

Každý výše zmiňovaný typ obalu má samozřejmě několik dalších charakteristik, které určují, pro který typ sadebního materiálu a pro kterou dřevinu je vhodný. Mezi nejvýznamnější patří objem, hloubka, horní průměr a tvar obalu, dále meziprostory mezi jednotlivými buňkami v sadbovači a již zmíněný materiál obalu. Objem obalu je jedna z klíčových charakteristik ovlivňujících růst rostliny. Souvisí s druhem pěstované dřeviny a především pak s dobou pěstování. Obecně je možno říci, že pro síje a jednoleté semenáčky se využívají obaly o objemu 35–150 cm³ (maloobjemový sadební materiál), vyspělejší a víceleté semenáčky a sazenice se produkují v obalech o objemu 150–900 cm³ (sadební materiál středního objemu). Sadební materiál pěstovaný v obalech větších než 1000 cm³ se používá jen zřídka – většinou se jedná o krytokořenné poloodrostky (Mauer et al. 2006). Samotný tvar obalu a jeho rozměry jsou důležité v otázce výstavby kořenového systému. Pro potřeby českého lesnictví jsou

minimální přípustné hodnoty výšky a šířky obalů pro jednotlivé druhy dřevin a typy sadebního materiálu uvedeny v normě ČSN 48 2115 (Mauer et al. 2006).

Pevné obaly jsou ty, kterými nejsou schopny kořeny prorůst, a proto je třeba je před výsadbou sejmut, vznikají tak tzv. plugy. Výhodou těchto obalů je dobrá manipulace s nimi, a tudíž je možné jejich plnění nejen mechanizovat, ale i automatizovat. Materiály, ze kterých jsou obaly vytvořeny, by měly splňovat požadavky na vysokou mechanickou pevnost, trvanlivost a dobré tepelně izolační vlastnosti (Mauer et al. 2006). Mezi základní požadavky na pevné obaly patří již zmiňovaný vhodný tvar, který je doprovázen úpravami, jako jsou vertikální žebra nebo rýhy na vnitřní straně stěn usměrňující růst kořenů směrem dolů, chybějící dno, nebo plynulý přechod mezi stěnami a otvorem ve dně zabraňující vzniku spirálních deformací u dna obalu. Podstatnou podmínkou pěstování sadebního materiálu v těchto obalech je jeho umístění na „vzduchové polštáře“, kde se „stříhem vzduchem“ dočasně zastavuje růst kořenů u odkrytého dna obalů, což je nezbytný technologický prvek bránící vzniku deformací (Jurásek, Nárovcová, Nárovec, 2006). Měkké obaly jsou ty, kterými jsou kořeny schopny prorůst, a tak se sází společně s obalem. Nevýhodou těchto obalů je, že se s obaly hůře manipuluje a většinou se brzy rozpadají. Jsou většinou vyráběny jednotlivě a umísťují se do palet (Mauer et al. 2006). Mezi základní požadavky na měkké obaly patří již zmíněná možnost prorůstání kořenů skrze obal s tím, že nedochází k zaškrcování kořenů, dále homogenost obalu, tedy stejná šířka obalu ve všech místech, aby docházelo k rovnoměrnému pronikání kořenů a k přirozenému vývoji kořenového systému a schopnost obalu udržet svůj tvar až do výsadby. Dalšími podmínkami pro měkké obaly jsou dostatečná vzdálenost obalů mezi sebou, aby nedocházelo ke splétání kořenů z jednotlivých obalů a schopnost obalu se po výsadbě zcela rozpadnout (Jurásek, Nárovcová, Nárovec, 2006). Přechodné typy obalů jsou svými vlastnosti někde mezi obaly pevnými a měkkými. Kořenový systém je totiž schopen jejich stěnami prorůst, ale samotný obal není schopen po výsadbě rozpadu, a tak musí být z kořenového balu odstraněn.

2.4.2.2 Substráty

K plnění obalů se používají speciální substráty, které mají oproti běžné půdě na záhonech mnoho výhod, jako je velká sorpční kapacita, dobrá schopnost přijímat a udržet vodu, dobrá přístupnost živin pro kořeny, velká pórovitost a dobrá struktura (Kupka, 2004). Nejvíce užívaným substrátem je rašelina, která často obsahuje další komponenty, jako jsou kůra, dřevní štěpka, piliny, dřevní vlákna, papírenské kaly, perlit, keramzit atd. U substrátů je třeba sledovat charakteristiky jako vlhkost, obsah spalitelných látek, hodnotu pH, hodnotu elektrické vodivosti, obsah frakcí a obsah rizikových látek (Mauer et al. 2006). Rozdílných vlastností je třeba pro pěstování jehličnatých a listnatých dřevin, kde hlavní rozdíl spočívá především v rozdílném pH, ale rovněž při pěstování semenáčků či sazenic, kde podstatnou roli hraje i velikost frakcí. Důležitým parametrem substrátu je také obsah plevelných zrn, která by např. při pěstování semenáčků neměla přesáhnout hodnotu 2500 semen na 1 m³. Jelikož samotná rašelina je chudá na živiny, je třeba do substrátu přidávat hnojiva a to buď před samotným výsevem, nebo i během růstu sadebního materiálu. Hnojiva se aplikují ve formě granulátu, zálivky, nebo přímo na listy. Často se používají hnojiva s dlouhodobým účinkem, tedy hnojiva, kde dochází k pozvolnému uvolňování živin. Účinnost hnojení a množství přijatých živin výrazně ovlivňuje kvalita závlahové vody, zejména pH, tvrdost a obsah toxických příměsí (Mauer et al. 2006). Vhodnost a kvalita hnojení je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících kvalitu sadebního materiálu.

2.4.2.3 Zásady pěstování

Pěstování krytokořenného sadebního materiálu je spjato s používáním umělých krytů. V umělých krytech se běžně pěstují prostokořenné i krytokořenné semenáčky do stáří jednoho roku. Předností použití umělých krytů je omezení vlivu přírodních podmínek, větší výtěžnost osiva, zkrácená doba pěstování rostlin a ochrana před biotickými a abiotickými škůdci. Důležité je dbát na dodržování několika podstatných faktorů, které výrazně ovlivňují kvalitu sadebního materiálu. Mezi nejdůležitější faktory patří teplota vzduchu, jejíž ideální hodnota se pohybuje kolem 20 °C, dále teplota půdy, která by se měla pohybovat v rozmezí 17 až 25 °C., vlhkost půdy pro klíčení od 30 do 60 %, pro semenáčky od 60 do 80 % relativní vzdušná vlhkost, kde je optimum 70 až 90

% a také koncentrace CO₂, která je ve vzduchu v menší koncentraci než je ideální stav pro růst rostlin (Mauer et al. 2006).

Pěstování krytokořenných semenáčků tedy probíhá převážně ve fóliovnících a sklenících. V případě vytápěných fóliovníků lze osévat obaly i v zimě, jinak se obaly standardně osévají v jarním období. Důležité je dbát na kvalitu semen. Pokud je semeno kvalitní, vkládá se do obalu po jednom, je-li reprodukční materiál méně kvalitní, vkládá se do obalu více semen, což zabraňuje vzniku prázdných obalů, ale na druhou stranu dává možnost vzniku několika semenáčků v jednom obalu, kde pak vzniká nutnost uštipovat přebytečné semenáčky, což pak vede k vyšším nákladům na pěstování. Pro výsevy se používají speciální linky, které zajišťují zhutnění substrátu, samotný výsev a zásypku. Vysévat lze dále i pomocí secích strojů, ale i manuálně. Semeno je nutno umístit vždy do středu obalu, jinak by docházelo k deformaci kořenového systému (Mauer et al. 2006). Obaly se semenáčky je třeba umístit na vzduchové polštáře, aby nedocházelo k již zmiňovaným deformacím kořenového systému. Před výsadbou do lesa je nutné vždy provést aklimatizaci sadebního materiálu na venkovním úložišti. Při pěstování krytokořenných sazenic lze k osazování obalů použít nejen obalované semenáčky, ale i semenáčky prostokořenné. Nejvhodnější dobou pro osazování prostokořenných semenáčků je jaro, osazujeme-li prostokořennými nebo krytokořennými semenáčky vypěstovanými ve fóliovnících, lze je po jejich otužení osazovat ve kterémkoliv období. Na úložišti se sadební materiál opět pěstuje na vzduchovém polštáři za dostatečné zálivky, která je 60 – 80 m³.ha⁻¹.den⁻¹, což je až 3x více než při pěstování v minerální půdě (Mauer et al. 2006).

2.4.3 Kořenový systém

Soustava kořenů jedné rostliny je nazývána kořenovým systémem. Kořenový systém upevňuje rostlinu v zemi a čerpá z půdy živiny. U dřevin lze rozdělit kořenový systém na dva základní typy dle zakořenění. Prvním typem je zakořenění hluboké, při kterém kořeny pronikají svisle hluboko do půdy a je často charakterizováno hlavním křulovým kořenem. Druhým typem je mělký kořenový systém, nebo také povrchový, kde je kořenový systém rozvinut v mělkých vrstvách půdních horizontů. Charakteristickým zástupce s křulovým kořenem je dub letní (*Quercus robur*) a u

povrchového kořenového systému je to zkoumaný smrk ztepilý (*Picea abies*). Hlubokokořenné stromy díky jejich pevnému ukotvení v půdě netrpí vývraty, spíše u nich dochází ke zlomům, naopak mělce kořenicí dřeviny trpí především vývraty. Z morfologického hlediska se kořenové systémy dělí do 3 typů a to na kořenový systém křulový s jedním hlavním silným kořenem směřujícím hluboko do půdy, kořenový systém srdčitý, který je charakterizován více silnými kořeny směřujícími svisle do půdy, přičemž žádný z nich se nedá označit za hlavní a konečně kořenový systém povrchový, kde hlavní kořeny probíhají mělce souběžně s povrchem půdy (Větvicka 2005).

Ideální architekturu kořenových systémů sadebního materiálu řeší ČSN 482115. U smrku ztepilého (*Picea abies*) vytváří ideální architekturu kořenového systému z báze kmene vyrůstající 4 kosterní kořeny rostoucí souběžně s povrchem půdy. Tyto kořeny mají průběrný růst a úhel mezi nimi sevřený maximálně 90°. Za přípustné odchylky lze u smrku považovat vytvoření pouze 3 kosterních kořenů s maximálním úhlem mezi nimi 180°, vytvoření křulového kořenu s alespoň jedním kosterním kořenem, dále vytvoření tzv. panoh, což je pozitivně geotropicky rostoucí kořen.

2.4.3.1 Deformace kořenového systému

Kořenový systém je jak již bylo zmíněno základem stromu. Pomocí kořenového systému je strom ukotven v půdě, přímá jím vodu a živiny. Pokud není kořenový systém přirozeně rozvinut, může to vést nejen k mechanické nestabilitě v porostu, ale také to může být predispoziční faktor ovlivňující chřadnutí a odumírání stromů. Křulokořenný sadební materiál je i v současné době spojován s obavami, že založené porosty budou v budoucnu vykazovat sníženou stabilitu. Při dodržování hlavních zásad, jako je volba vhodných obalů a dodržení technologické disciplíny je však toto riziko možné téměř zcela minimalizovat. Naopak nerespektováním biologických a lesnických zásad umělé obnovy lesa mohou být založeny porosty se stejně či více deformovaným kořenovým systémem i při použití prostokořenného sadebního materiálu (Mauer, Palátová, 2004). Co se týká prostokořenného sadebního materiálu, může k deformacím dojít například z těchto důvodů: nevhodné a nehomogenní fyzikální a chemické vlastnosti půd a zásypky, nesprávné školkování, nevhodné hnojení a špatný výsev. Velmi důležitou, v současné době prakticky určující, roli při deformaci kořenového systému hraje způsob, jakým byl sadební materiál vysazen a také prostředí ve kterém byl vysazen.

Deformací kořenových systémů může být celá řada, mezi nejpodstatnější patří tyto: strboul, absence kúlového kořene, absence panoh, nerovnoměrné rozložení horizontálních kořenů. Strboul je vyvolán tvorbou kořenových spirál, přičemž dochází k proplétání kořenu a při jejich tloušťnutí nakonec nedochází k jen samotné nestabilitě stromu, ale i k zhoršenému příjmu vody a živin, což je zapříčiněno zaškrcováním kořenů mezi sebou. Absencí kúlového kořene, nebo panoh, dle toho jedná li se o dřevinu s kúlovým, parohovitým, či všestranně rozvinutým kořenovým systémem je opět způsobena celá řada problémů od špatné stability až po zhoršený příjem živin. Dalším případem deformace kořenového systému je již zmiňované nerovnoměrné horizontální rozložení kořenů, jehož variantou jsou až úplné jednostranné kořenové systémy, které jsou velmi nestabilní (Mauer, Palátová, 2004)

Logickým vyústěním těchto obav byla snaha dosáhnout technologií s co nejmenším rizikem deformace kořenového systému. Hlavními body v tomto směru byly především zvětšení obalu, přizpůsobení tvaru obalu přirozené architektonice kořenového systému, odstranění dna obalu, přidání vlisů a žeber na vnitřní straně obalů usměrňující růst kořenů, zkrácení doby pěstování, aplikace chemických látek na bázi mědi na vnitřní povrch obalů inhibující růst kořenů rostlin během pěstování a pěstování na tzv. vzduchovém polštáři (Mauer, Palátová, 2004). I přes tato opatření dochází v některých případech ke vzniku deformací. Ty jsou však většinou způsobeny chybami při pěstování než samotnou technologií (Mauer, Palátová, 2004).

2.4.3.2 Způsob výsadby

Rozlišujeme dva hlavní typy výsadby a to výsadbu ruční a výsadbu mechanizovanou. Ruční výsadba je dle techniky rozdělena na další tři skupiny a to na sadbu štěrbinovou, jamkovou a vyvýšenou, dříve se používala ještě sadba koutová. Sadba štěrbinová je založena na roztažení půdy pomocí sazeče na potřebný rozměr, aby bylo možné sazenici vložit do půdy a poté dalším vrápnutím do půdy přimáčknout. Při této sadbě se nikterak nemění půdní struktura, a proto nedochází k narušení vodního režimu v půdě. Tato sadba je použitelná na všech typech půd s výjimkou silně skeletovitých, zamokřených a jílovitých půdách. Výhodou této sadby je její nízká náročnost, vyšší produktivita a i nižší nákladnost. Nevýhodou je, že při sadbě může docházet ke vzniku vzduchových komor a tím pádem k odumření sadebního materiálu,

dále je také vhodná pouze pro dřeviny s křivým kořenem a v neposlední řadě při této sadbě hrozí riziko vzniku deformací, jako je například zploštění kořenového systému do vertikální roviny a ohyb kořenů. Dalším typem ruční výsadby je jamková sadba. Jedná se o nejpoužívanější způsob ruční výsadby. Lze ji používat na všechny typy půd a pro všechny druhy dřevin. Nezbytná je pro obalovanou sadbu, poloodrostky a odrostky (Mauer 2011). I při této výsadbě se musí dbát na správné uložení kořenového systému do jamky, aby se předešlo vzniku kořenových deformací. Třetím typem je sadba vyvýšená, při níž se sazenice vysazují do zeminy uměle vyvýšené nad terén. Lze ji použít například v lokalitách velkým zamokřením půdy (Poleno, Vacek, et al. 2009). Pro zalesňování se tento druh sadby začal využívat již od 30. let 20. století (Bezecný et al 1992). Co se týče zalesňování krytokořenným sadebním materiálem, většinou se využívá jamkové sadby s tím, že v zahraničí jsou často používány pro výsadbu sazenic s balem do průměru 7 cm sázecí hole (Poleno, Vacek et al. 2009).

Mechanizovaná sadba přinesla snížení nákladů na zalesňování a zvýšení množství vysazeného materiálu. Pro pracovníky zajišťuje příznivější pracovní podmínky. Uplatnění však bývá technicky velmi náročné, zejména v nepříznivém terénu. Vedle výsadby do strojově připravených brázd se v lesním hospodářství uplatňují ještě motorové jamkovače. Jamkovače slouží k ulehčení ruční práce při hloubení jamek, proto se považují za součást mechanizované výsadby sazenic (Poleno, Vacek et al. 2009). Pro zalesňování se tento druh sadby začal využívat již od 30. let 20. století (Bezecný et al 1992).

2.4.4 Porovnání krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu

Oba dva typy sadebního materiálu mají své výhody a nevýhody, které již byly zmíněny v předchozích kapitolách. Bude však užitečné uvedené vlastnosti obou technologií shrnout. Mezi klady prostokořenné sadby patří mimo jiné menší náročnost na technické vybavení a s tím související menší vstupní náklady, dále snazší manipulace s vyzvednutým sadebním materiálem a také menší spotřeba vody při jeho pěstování. Za negativní vlastnosti se dá považovat delší pěstební doba, větší vliv abiotických činitelů a koncentrace různých úkonů především do jarního období. Naproti tomu krytokořenný sadební materiál má výhodu v relativně kratší pěstební době a naopak v delší době, kdy je možno sadební materiál vysazovat. Nespornou výhodou krytokořenného systému je

pak vlastnost, že při manipulaci na ploše v lese, ale i mimo ni není kořenový systém přímo vystavován slunečnímu záření a proudění vzduchu, tudíž zde nehrozí zaschnutí kořenů. Další výhodou je i rychlejší odrůstání kultur a nižší potřebné minimální počty sazenic k zalesnění hektaru lesní plochy. Naproti tomu nevýhodou je větší sklon k deformacím kořenového systému, vyšší vstupní náklady a na určitých typech stanovišť náchylnost k vysychání a vymrzání semenáčků, kde může hrát roli špatná aklimatizovanost sadebního materiálu, nebo také rozdílné pH použitého substrátu a zalesňované půdy. (Jurásek, Martincová, Nárovcová, 2006).

3. Metodika

3.1 Zkusné plochy

3.1.1 Zkusná plocha „Vodárna“

Zkusná plocha „Vodárna“ byla založena s předpokladem, že se jedná o stanoviště s poměrně dobrými klimatickými i půdními vlastnostmi, a proto by měla dosahovat dobrých výsledků, co se týče ujímavosti a prosperity sadebního materiálu. Byla založena na pasece, která vznikla v roce 2010 úmyslnou těžbou smrkové monokultury s příměsí modřínu opadavého. Tato plocha se nachází, jak již bylo zmíněno v úvodní charakteristice lokalit, v PLO Křivoklátsko a Český kras v nadmořské výšce 500 m n. m. . Jedná se o rovinnou část terénu, která dále pokračuje mírným svahem se severní orientací. Podloží je tvořeno chlorito-sericitickými fylity. Půdní typ byl určen jako kambizem modální. Dle map poskytovaných Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů se jedná o plochu s typologickým zařazením 3S1 svěží dubovou bučinu, lesní typ šťavelový. Plocha je ve třetím lesním vegetačním stupni, tedy ve stupni dubobukovém s poměrně dobrými vlhkostními podmínkami. Velikost plochy je přibližně 800 m². Celá plocha je až na malou část v jihozápadním rohu kryta okolními stromy smrku ztepilého a modřínu opadavého o výšce cca 30 metrů, který téměř celý den chrání sazenice před přímým slunečním zářením.

3.1.2 Zkusná plocha „Hektarovka“

Zkusná plocha „Hektarovka“ byla založena s předpokladem, že se jedná o stanoviště, kde díky velké ploše, tudíž poměrně silné expozici, svahu, kamenitějšímu podloží a značné buňi, bude úspěšné zalesnění smrkem ztepilým oproti ploše „Vodárna“ poměrně komplikovanější. Paseka vznikla v roce 2009 kalamitní těžbou způsobenou z části větrem a z části lýkožroutem smrkovým. Tato plocha se nachází, jak již bylo zmíněno v úvodní charakteristice lokalit, v PLO Křivoklátsko a Český kras v nadmořské výšce 500 m n. m. . Zkusná plocha je umístěna v mírném svahu se severozápadní orientací. Podloží je tvořeno chloritosericitickými fylity. Půdní typ byl určen jako kambizem modální. Díky výše zmíněným charakteristikám jako svažítost

terénu, poměrně větší skeletovitost půdy a značnému oslunění plochy je zde však ve srovnání s plochou „Vodárna“ mnohem vyšší riziko vysychání půdy hlavně v jarním období, kdy celá tato oblast trpí jarními přísušky. Podle ÚHUL se jedná o plochu s typologickým zařazením 3S1 svěží dubovou bučinu, lesní typ šřavelový a třetí lesní vegetační stupeň dubobukový. Velikost plochy je přibližně 800 m². Okolní porost je převážně smrkový, 30 metrů vysoký, plochu chrání v podstatě jen z východní strany. Zbytek plochy pak sousedí se založenou kulturou.

3.2 Založení zkusných ploch

Založení obou ploch proběhlo na jaře roku 2010 v rámci běžného zalesňování holin s tím, že obě plochy byly v terénu vyznačeny, aby zde mohlo v budoucnu bez problémů probíhat měření a nedošlo k záměně. Na obě plochy byl použit dvojitý typ sadebního materiálu a to prostokořenný sadební materiál smrku ztepilého pěstovaný dle vzorce f1+2 o velikosti 26–35 cm a tloušťce kořenového krčku 5 mm a krytokořenný sadební materiál v rašelinocelulózových kelímcích (RCK) pěstovaný dle vzorce f1+1+k1 o velikosti 26–35 cm a tloušťce kořenového krčku 5 mm. K výsadbě sazenic bylo využito ruční jamkové sadby o velikosti jamky 25x25 cm. Spon sazenic byl zvolen čtvercový s rozestupy jak v řadě, tak mezi řadami cca 1,4 m, což znamená 5000 ks sazenic na ha. Prostokořenný i krytokořenný sadební materiál byl na každou plochu vysázen v počtu 200 ks, tedy na každé ploše bylo vždy měřeno 400 ks sazenic. Aby byla co nejvíce eliminována heterogenita obou ploch, tak se prostokořenný a krytokořenný sadební materiál vysazoval vždy ob řadu, přičemž každá řada obsahovala 20 ks sazenic.

3.3 Péče o výsadby

V prvním, druhém a třetím roce bylo na obou plochách provedeno dvojitý ožínání. Po každém ožínání byla provedena kontrola a nebyla zjištěna žádná poškozená či useknutá sazenice, tyto kontroly se prováděly, aby se předešlo zkreslení výsledků vlivem lidské práce. Dále vždy na podzim byly sazenice ošetřeny nátěrem repelentem

s obchodním názvem Morsuvin. Na jaře pak proběhly kontroly vlivu zvěře na vývoj sazenic a vliv nebyl shledán nikterak vysoký.

3.4 Sběr dat

Před samotnou výsadbou bylo několik sazenic krytokořenných i prostokořenných přeměřeno, čímž byly získány informace o jejich výšce, tloušťce a velikosti kořenového systému (u krytokořenného sadebního materiálu byl k odstranění balu a tedy změření kořenového systému použito proudu vody). Měření bylo uděláno z důvodu kontroly sazenic ve srovnání s původovým listem a ke zdokumentování velikosti kořenových systémů. Naměřené velikosti odpovídaly původovému listu, ačkoliv po výsadbě v lese tomu tak již vždy nebylo, jelikož vlivem výsadby došlo u některých sazenic k jejich „utopení“ do půdy. V prvním roce následně po výsadbě bylo tedy provedeno první počáteční měření výšek, ze kterých se nadále vycházelo při stanovování přírůstku. Byl kladen důraz na správné měření, proto byla použita lať s přesností na cm, které se vždy pečlivě kladla ke kmínku sazenice se snahou co nejvíce vyloučit vliv nerovností okolního terénu. Z důvodu malých rozdílů tlouštěk kořenových krčků a absenci původního záměru je posuzovat nebylo při prvním sběru dat měření tlouštěk kořenového krčku uskutečněno. Při druhém sběru dat, tedy po první vegetační době bylo již prováděno jak měření výšek pomocí latě, tak měření tlouštěk kořenových krčků pomocí posuvného měřítka s tím, že se vždy změřily dva na sebe kolmé průměry a použil se jejich aritmetický průměr. Po první vegetační době se také sčítaly živé a mrtvé sazenice, čímž se určovala mortalita sazenic jednotlivých druhů sazenic na jednotlivých plochách. Po druhé i třetí vegetační době bylo vždy prováděno již zmiňované měření výšek, tlouštěk kořenového krčku a sčítání živých a mrtvých sazenic. Po třetí vegetační době, tedy na podzim roku 2012, bylo několik náhodně vybraných sazenic vykopáno, omyto a byl změřen a vizuálně posouzen stav jejich kořenových systémů s důrazem na kořenové deformace. Veškerá měření byla vždy prováděna v rámci jedné plochy a to po řadách s kontrolním součtem sazenic v řadě, aby se zamezilo chybám vzniklých při měření. Veškerá měření v rámci jedné vegetační doby byla vždy prováděna v jeden den na obou plochách.

3.5 Zpracování dat

Po naměření a ručním zapsání všech zjišťovaných hodnot byl ke zpracování a základní sumarizaci dat použit program Microsoft Excel, ve kterém byly vytvořeny veškeré tabulky, grafy a byly zde provedeny výpočty ke zjištění výškového a tloušťkového přírůstku. Dále bylo pomocí tohoto programu provedeno testování mortalit sadebního materiálu pomocí testu homogenity dvou binomických rozdělení. Testování bylo provedeno jak v rámci ploch, tak v rámci typu sadebního materiálu na jednotlivých plochách a mezi plochami navzájem. Co se týká výškového a tloušťkového přírůstku, byl vždy zjišťován pro jednotlivý typ sadebního materiálu na každé ploše zvlášť a následně porovnáván jak v rámci jedné plochy, tak mezi plochami navzájem. K tomuto porovnávání byl již použit program Statistika, kde se tyto data nechaly otestovat pomocí neparametrického testu Mann-Whitney U Test.

3.6 Ekonomické zpracování

Jako základ pro všechny výpočty sloužil ceník sadebního materiálu pro jaro 2013 od firmy Lesoškolky s.r.o., Výkonové normy v lesním hospodářství pro Lesy České republiky s.p. a hodinové sazby za práci v lese pro OSVČ ve firmě Double Square a.s.. Do kalkulací byla započítána cena sadebního materiálu, která u krytokořenného sadebního materiálu činila 12 Kč/ks, u prostokořenného sadebního materiálu 6,6 Kč/ks. Dále bylo kalkulováno s náklady za sázení, kde je sazba za 1 Nh 90 Kč, dále sazba za ožínání kultur, kde je sazba za 1 Nh 150 Kč a náklady za nátěr repelentem, kde je sazba 90 Kč za 1 Nh. Do konečné částky byly kromě ceny sazenic a ceny za zasazení či vylepšování dále zahrnuty náklady spojené s ožínáním kultur a nátěrem sazenic repelentem. U ožínání se uvažovalo s dvojnásobným ožínáním během roku a to během prvních dvou let, dále se počítalo již s jedním ožínáním za rok. Nátěr repelentem byl uvažován jen jednou ročně. Ekonomické zpracování pak bylo vytvořeno ve dvou variantách, první varianta vycházela z počtu 5000 ks sazenic na jeden hektar s tím, že minimum přeživších sazenic nesměla klesnout pod 4000 ks. Druhá varianta, která si kladla za cíl pouze co nejnižší náklady, vycházela z původního počtu 4000 ks sazenic na hektar s tím, že pro splnění podmínky zajištěné kultury nesmělo množství sazenic klesnout po 3200 ks na jeden hektar.

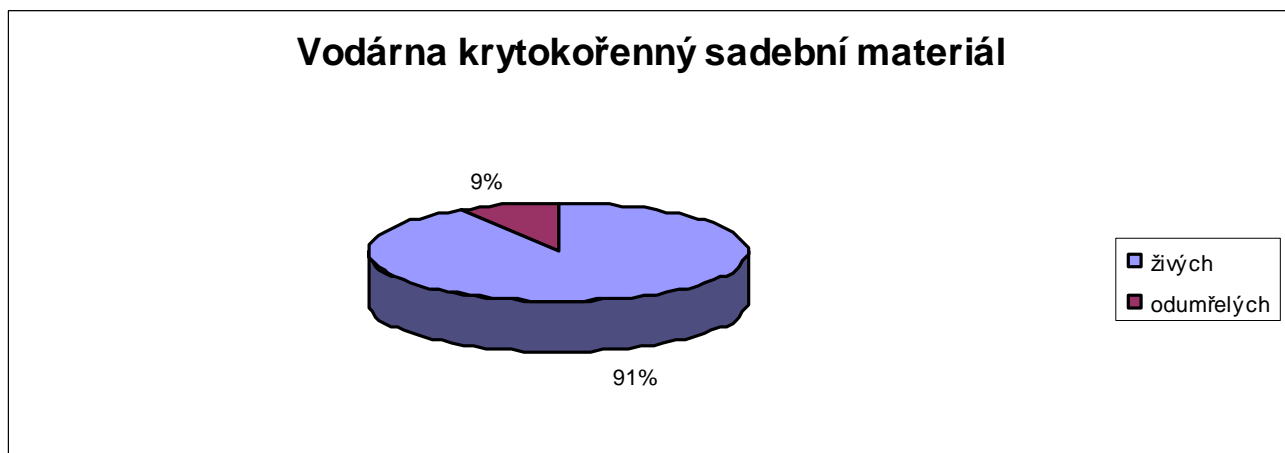
4. Výsledky

4.1 Mortalita

Po prvním zjišťování mortalit se dalo očekávat, že mortalita bude dále růst, což se také potvrdilo jak u krytokořenného, tak u prostokořenného sadebního materiálu. Důvodem tohoto předpokladu byl nezdravý vzhled některých jedinců, kteří již po první vegetační době ztráceli na vitalitě. Po třech vegetačních dobách se dá již říci, že všechny přeživší sazenice jsou dostatečně zakořeněny a jejich případná mortalita bude dále ovlivněna spíše vlivem škůdců a pracovními postupy.

4.1.1 Mortalita zkusná plocha „Vodárna“

Na zkusné ploše „Vodárna (1)“ byla u krytokořenného sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích mortalita 9%, což představuje 17 odumřelých krytokořenných sazenic z celkového počtu 200 vysazených. Tento nárůst oproti 3% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic.



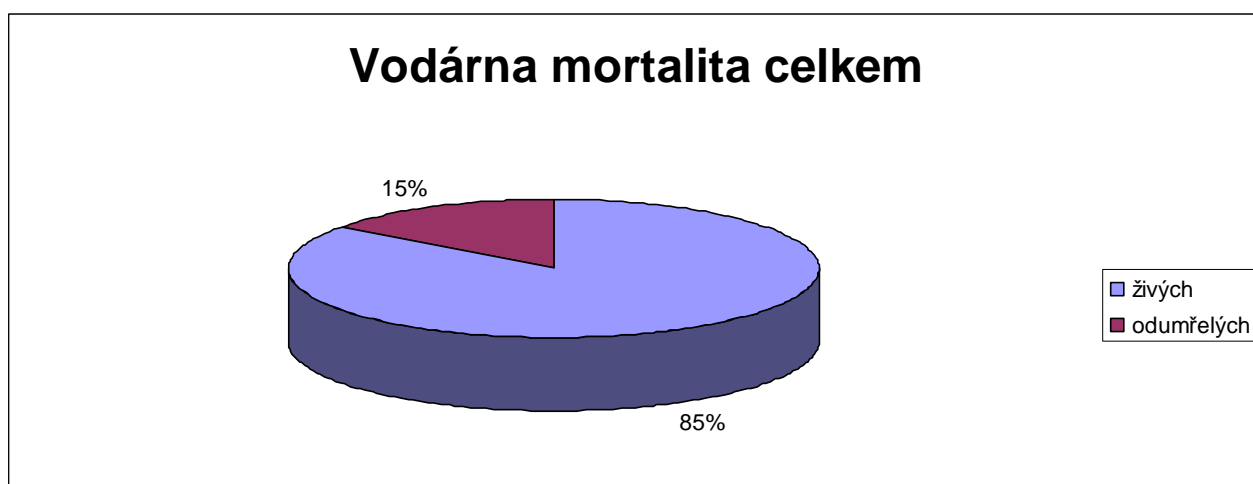
Obr. 1: Mortalita KSM Vodárna

Na zkusné ploše „Vodárna (1)“ byla u prostokořenného sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích mortalita 21%, což představuje 42 odumřelých prostokořenných sazenic z celkového počtu 200 vysazených. Tento nárůst oproti 12,5% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic.



Obr. 2: Mortalita PSM Vodárna

Na zkusné ploše „Vodárna (1)“ byla u sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích celková mortalita 15%, což představuje 59 odumřelých sazenic z celkového počtu 400 vysazených. Tento nárůst oproti 7,75% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic.



Obr. 3: Mortalita Vodárna celkem

4.1.2 Mortality zkusná plocha „Hektarovka“

Na zkusné ploše „Hektarovka (2)“ byla u krytokořenného sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích mortalita 31%, což představuje 62 odumřelých krytokořenných sazenic z celkového počtu 200 vysazených. Tento nárůst oproti 12% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic a působení nepříznivých vlivů bylo stálé.



Obr. 4: Mortalita KSM Hektarovka

Na zkusné ploše „Hektarovka (2)“ byla u prostokořenného sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích mortalita 56%, což představuje 113 odumřelých prostokořenných sazenic z celkového počtu 200 vysazených. Tento nárůst oproti 37% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic a působení nepříznivých vlivů bylo stálé.



Obr. 5: Mortalita PSM Hektarovka

Na zkusné ploše „Hektarovka (2)“ byla u sadebního materiálu zjištěna po třech vegetačních obdobích celková mortalita 44%, což představuje 175 odumřelých sazenic z celkového počtu 400 vysazených. Tento nárůst oproti 24% po první vegetační době se dal očekávat, jelikož již v té době bylo na ploše určité procento chřadnoucích sazenic a působení nepříznivých vlivů bylo stálé.

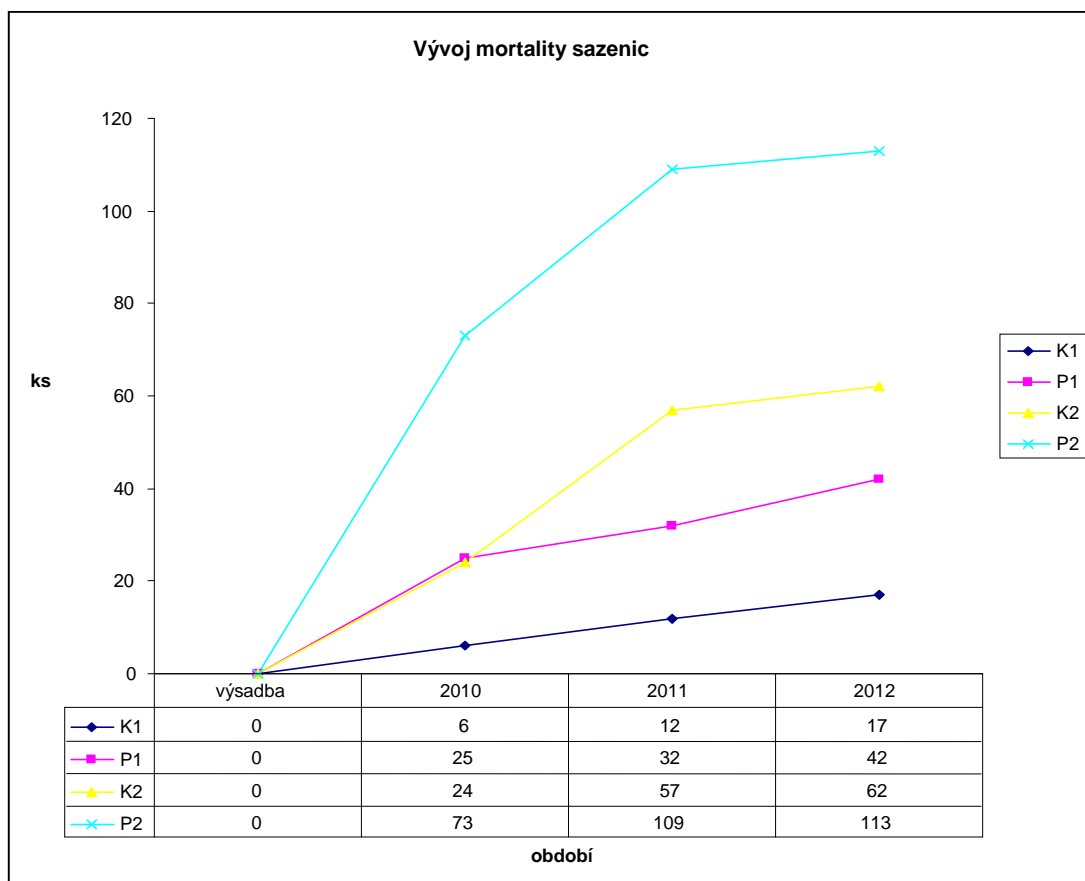


Obr. 6: Mortalita Hektarovka celkem

4.1.3 Srovnání mortality

Výsledkem statistického testování zjištěných mortalit krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu v rámci jedné plochy i mezi plochami navzájem je, že na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ lze považovat za prokázané, že krytokořenný sadební materiál dosahoval jak na ploše Vodárna, tak na ploše Hektarovka významně nižší mortality než sadební materiál prostokořenný. Dále lze tvrdit, že na ploše Hektarovka je mortalita prostokořenných a krytokořenných sazenic významně vyšší než na ploše Vodárna, což úzce souvisí s předpokladem, že plocha Hektarovka je plochou obtížněji zalesnitelnou. Statistické testování viz Příloha IX.

Níže umístěné dva grafy ukazují vývoj mortality sazenic po jednotlivých vegetačních dobách, přičemž je z grafu patrné, že mortalita dosahovala nejvyšších čísel během první vegetační sezony a v případě plochy Hektarovka i během druhé vegetační sezony. Během třetího roku už by se dalo říci, že se úmrtnost sazenic ustálila, ne však zcela zastavila.



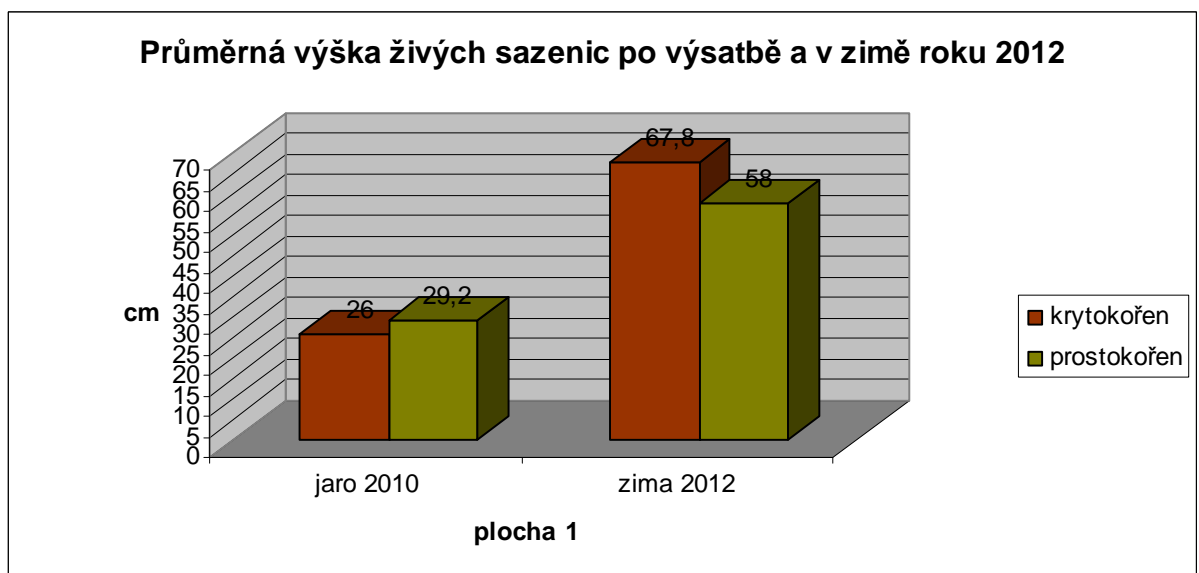
Obr. 7: Vývoj mortality sazenic

4.2 Výška sazenic a výškový přírůstek

Jak již bylo zmíněno, při samotném zakládání zkusných plocha byla snaha vysadit co možná nejpodobnější sadební materiál. Z důvodu rozdílného pěstování krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu a samotnou výsadbou toho šlo jen těžko dosáhnout. Což se po statistickém zpracování také potvrdilo.

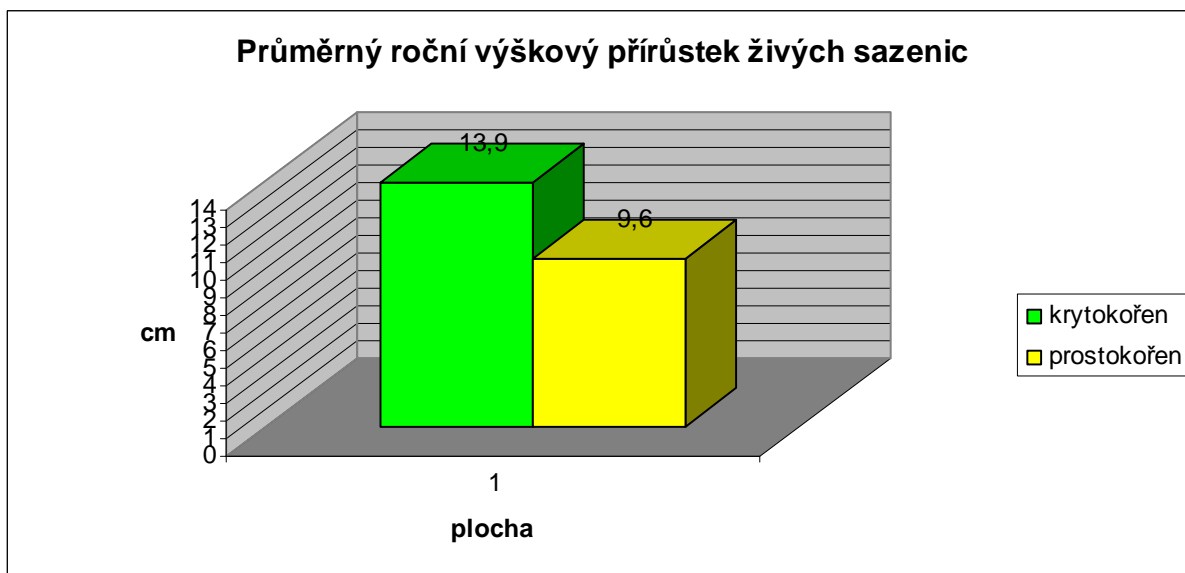
4.2.1 Zkusná plocha „Vodárna“

Průměrná výška krytokořenného sadebního materiálu po výsadbě na jaře roku 2010 byla 26,0 cm. Průměrná výška prostokořenného sadebního materiálu po výsadbě na jaře roku 2012 byla 29,2 cm. Z čehož je patrné, že počáteční výšky nebyly stejné, což bylo i statisticky dokázáno. Přestože při výsadbě byly krytokořenné sazenice průměrně o 3,2 cm nižší, při konečném měření již prostokořenné sazenice v průměru přerůstaly a dosahovaly průměrné výšky 67,8 cm, což bylo oproti 58,0 cm u prostokořenného sadebního materiálu o 9,8 cm více.



Obr. 8: Průměrná výška sazenic po výsadbě a na konci měření na ploše Vodárna

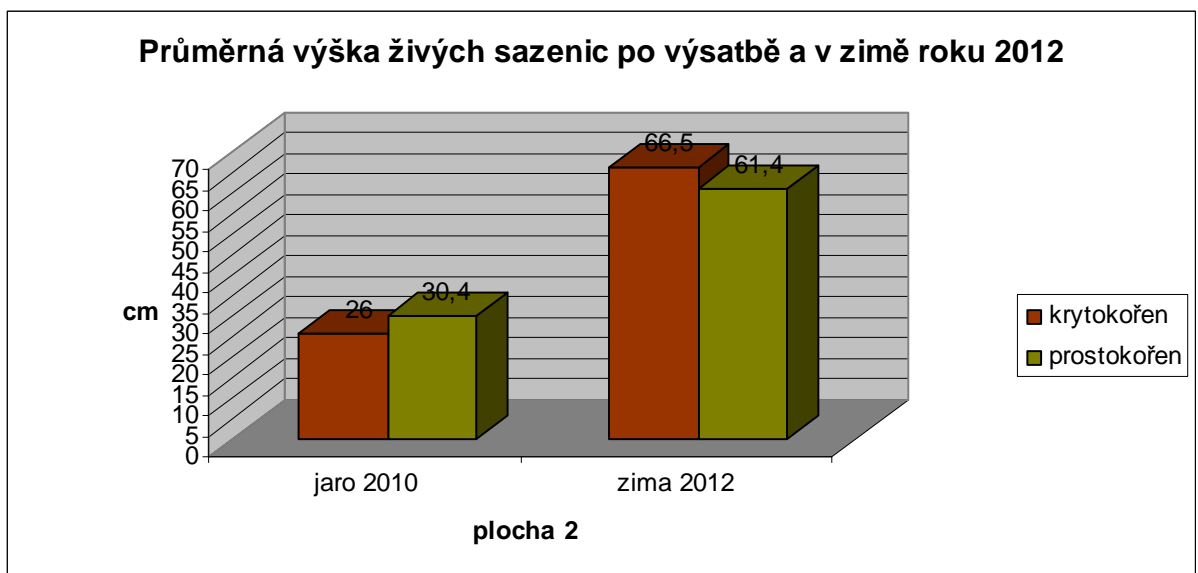
Z předešlého odstavce vyplývá a níže umístěný graf potvrzuje, že průměrný výškový přírůstek u krytokořenného sadebního materiálu byl vyšší. Což bylo prokázáno i statistickým testováním na hladině významnosti $\alpha = 0.05$. Přičemž průměrný roční výškový přírůstek živých sazenic činil u KSM 13,9 cm a u PSM 9,6 cm.



Obr. 9: Průměrný roční výškový přírůstek na ploše Vodárna

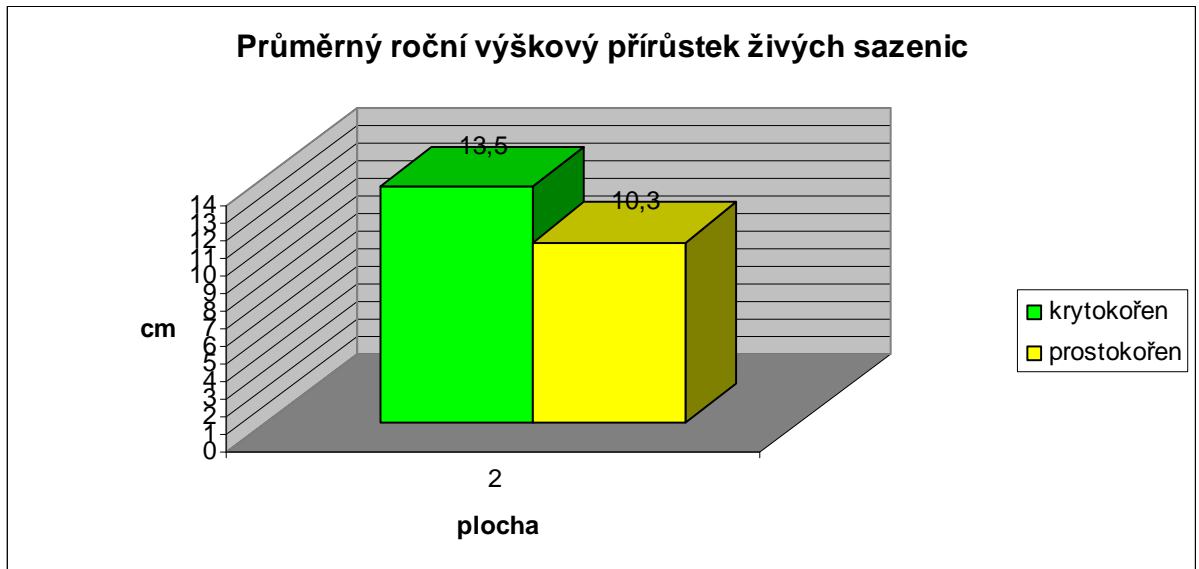
4.2.2 Zkusná plocha „Hektarovka“

Průměrná výška krytokořenného sadebního materiálu po výsadbě na jaře roku 2010 byla 26,0 cm. Průměrná výška prostokořenného sadebního materiálu po výsadbě na jaře roku 2012 byla 30,4 cm. Z čehož je patrné, že počáteční výšky nebyly stejné, což bylo i statisticky dokázáno. Přestože při výsadbě byly krytokořenné sazenice průměrně o 4,4 cm nižší, při konečném měření již prostokořenné sazenice v průměru přerůstaly a dosahovaly průměrné výšky 66,5 cm, což bylo oproti 61,4 cm u prostokořenného sadebního materiálu o 5,1 cm více.



Obr. 10: Průměrná výška sazenic po výsadbě a na konci měření na ploše Hektarovka

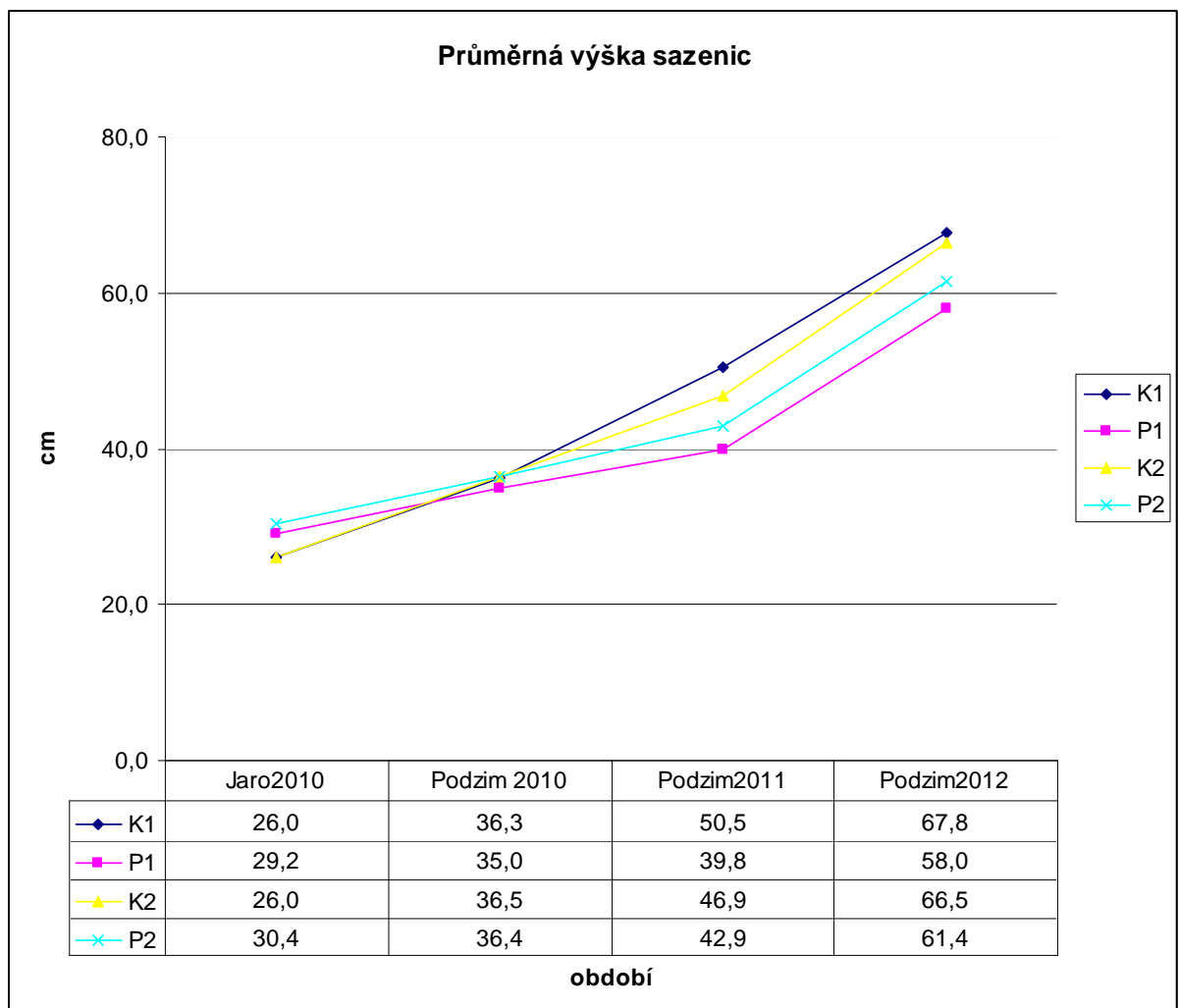
Z předchozího odstavce vyplývá a níže umístěný graf potvrzuje, že průměrný výškový přírůstek u krytokořenného sadebního materiálu byl vyšší. Což bylo prokázáno i statistickým testováním na hladině významnosti $\alpha = 0.05$. Přičemž průměrný roční výškový přírůstek živých sazenic činil u KSM 13,5 cm a u PSM 10,3 cm.



Obr. 11: Průměrný roční výškový přírůstek na ploše Hektarovka

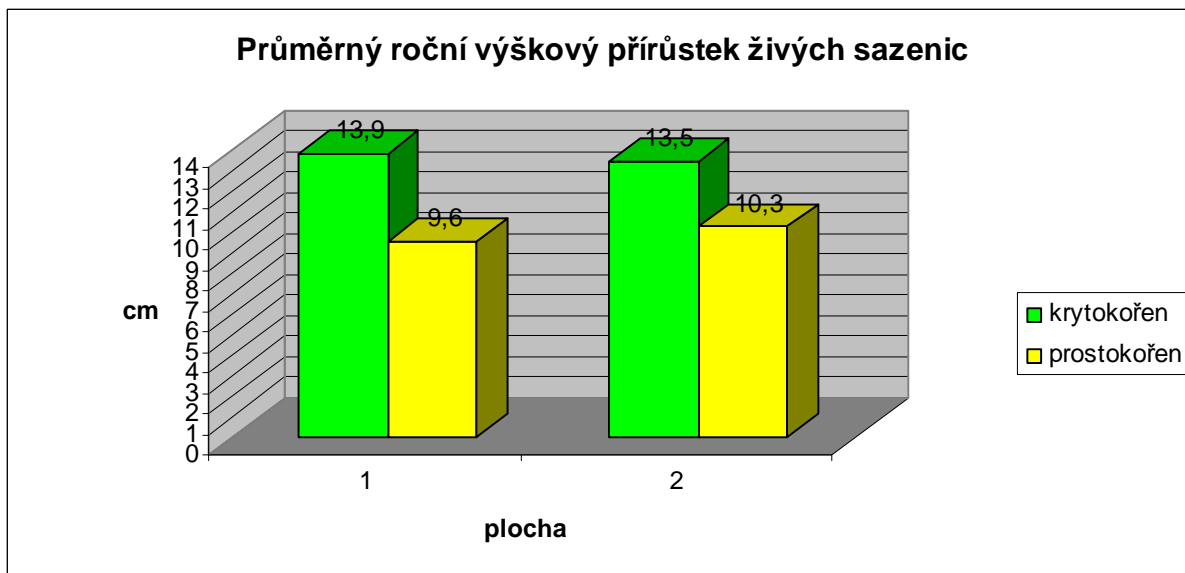
4.2.3 Srovnání výšek sazenic a výškového přírůstku

Jak již bylo zmíněno, vlivem heterogenity vysazovaných sazenic neměly všechny sazenice stejnou startovní pozici nicméně, jak je patrné z grafu, tak KSM dosahoval vyššího přírůstku. Na rozdíl od mortality zde však nehrála významnou roli zkusná plocha, jelikož ani u KSM a ani u PSM nebyl na hladině významnosti $\alpha=0.05$ prokázán vliv plochy na výškový přírůstek živých sazenic.



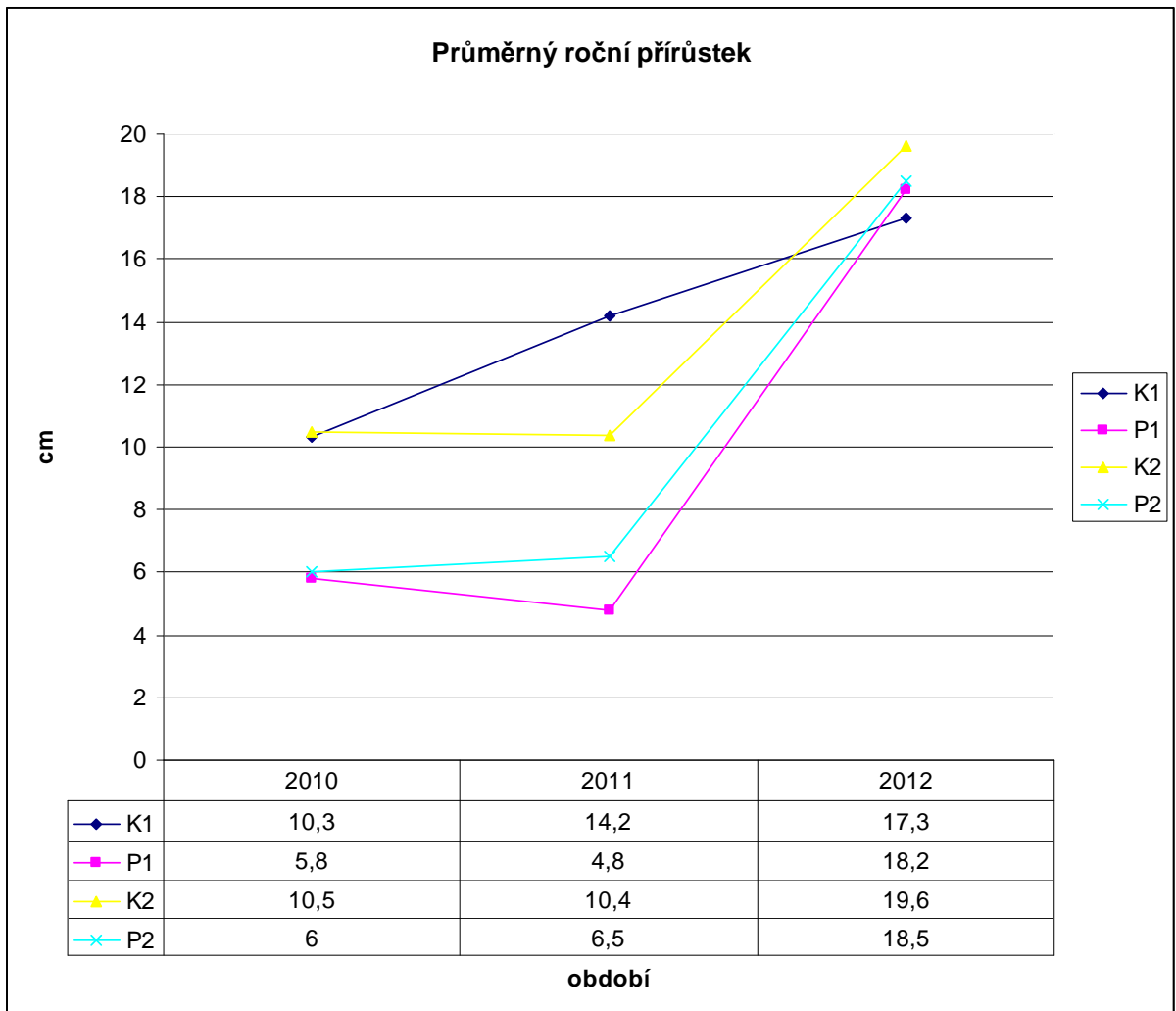
Obr. 12: Srovnání vývoje průměrných výšek sazenic na ploše Vodárna a Hektarovka

Z níže uvedeného grafu je opět patrný již zmiňovaný fakt, že krytokořený sadební materiál dosahuje minimálně v prvních třech letech po výsadbě vyšších přírůstků než sadební materiál prostokořený, což bylo i dokázáno statistickým testováním na hladině významnosti $\alpha = 0.05$.



Obr. 13: Srovnání průměrného ročního výškového přírůstku na ploše Hektarovka a Vodárna

Z Obr. 14 Vývoj průměrných ročních přírůstků na ploše Vodárna a Hektarovka je zřetelně vidět vliv „šoku“ z přesazení. Pouze krytokořenný sadební materiál, který byl vysazen na plochu Vodárna, která má prokazatelně lepší vlastnosti než plocha Hektarovka, nebyl ovlivněn tímto šokem. Nicméně po překonání šoku z přesazení, které zbrzdilo růst sazenic během dvou vegetačních doba, tedy během léta 2010 a 2011, začal prostokořenný sadební materiál krytokořenný materiál dohánět, ba dokonce předhánět.

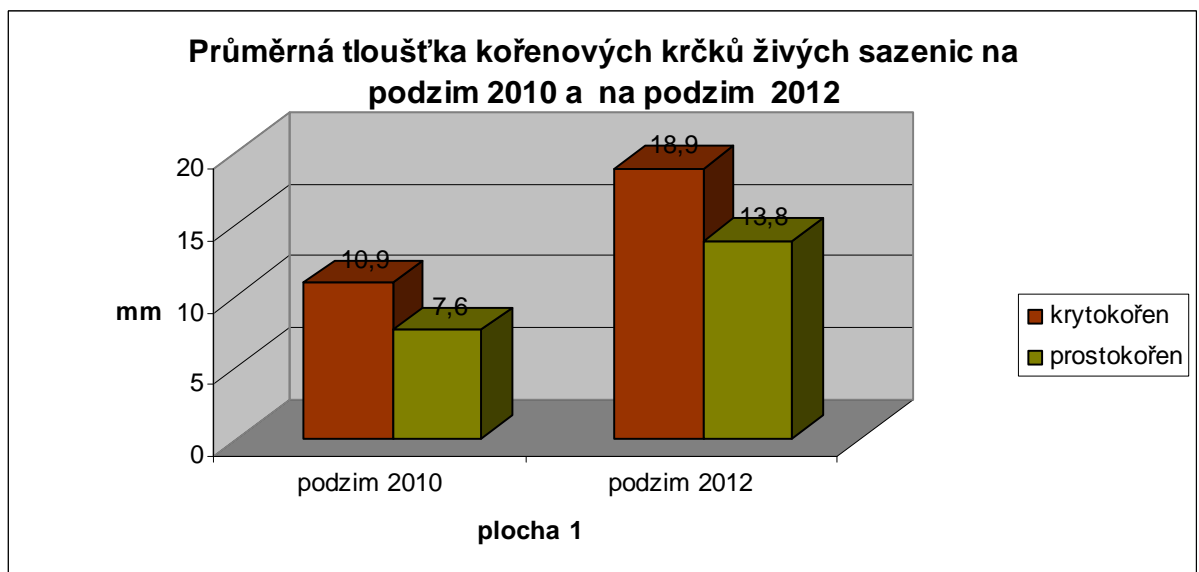


Obr. 14: Vývoj průměrných ročních přírůstků na ploše Vodárna a Hektarovka

4.3 Tloušťka a tloušťkový přírůstek kořenového krčku

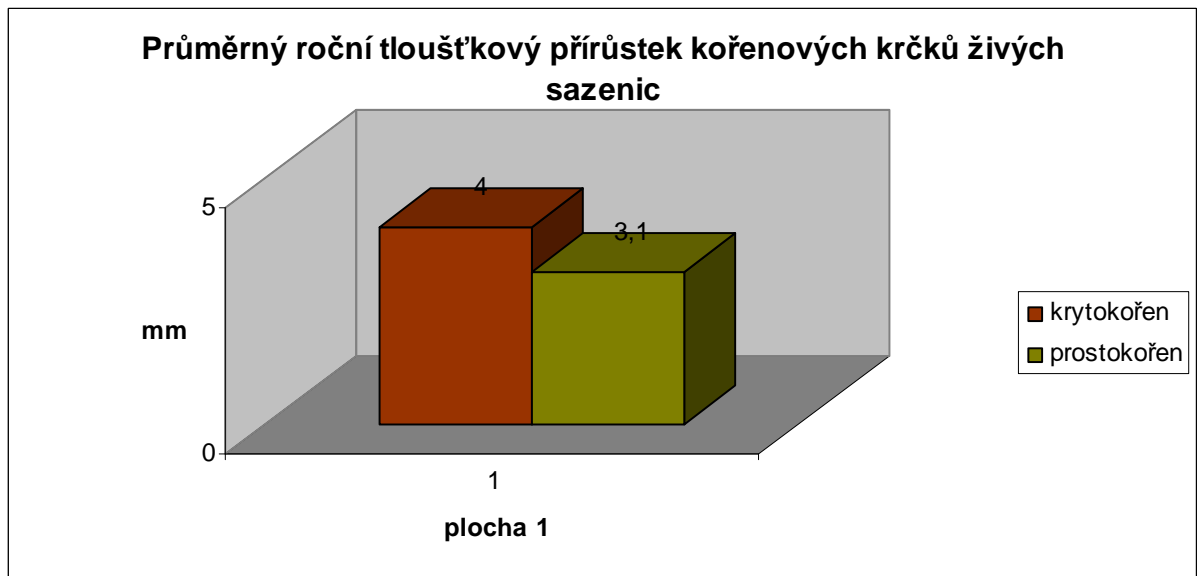
4.3.1 Zkusná plocha „Vodárna“

Průměrná tloušťka kořenových krčků, která byla poprvé měřena po první vegetační sezoně, byla u KSM 10,9 mm a u PSM 7,6 mm. Při posledním měření tedy na podzim 2012 byla průměrná tloušťka 18,9 mm u KSM a 13,8 u PSM.



Obr. 15: Průměrná tloušťka kořenových krčků po výsadbě a na konci měření na ploše Vodárna

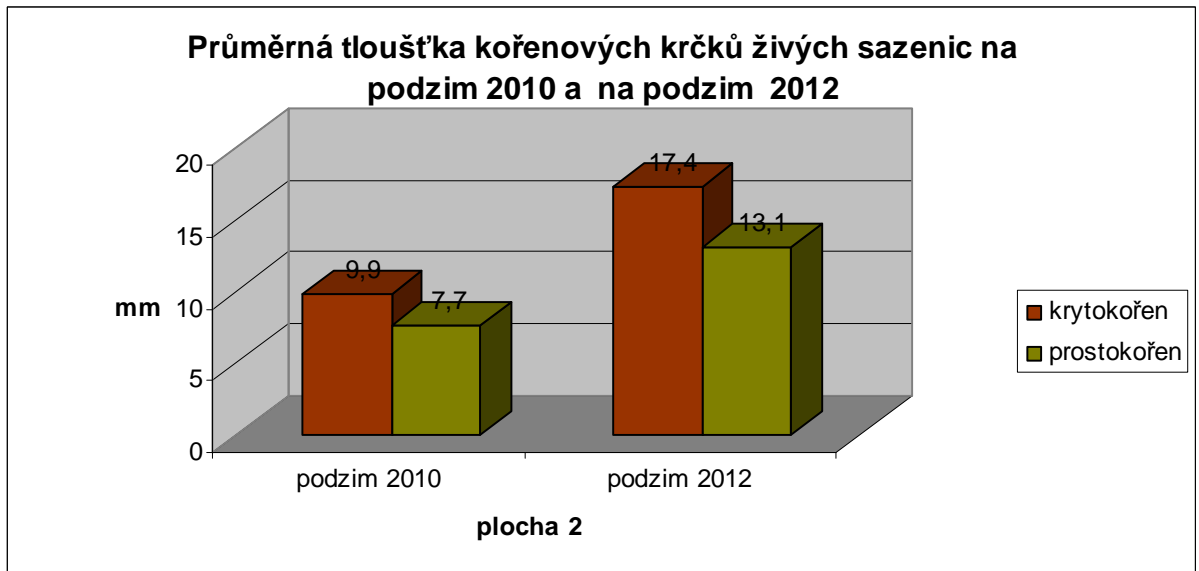
Průměrný roční tloušťkový přírůstek na ploše Vodárna činil u krytokořenného sadebního materiálu 4 mm a u prostokořenného sadebního materiálu 3,1 mm. Dle statistického zpracování byly významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ jak v první měřené tloušťce na podzim roku 2010, tak v konečné tloušťce na podzim roku 2012, tak i v samotném přírůstku KSM a PSM.



Obr. 16: Průměrný roční tloušťkový přírůstek kořenových krčků na ploše Vodárna

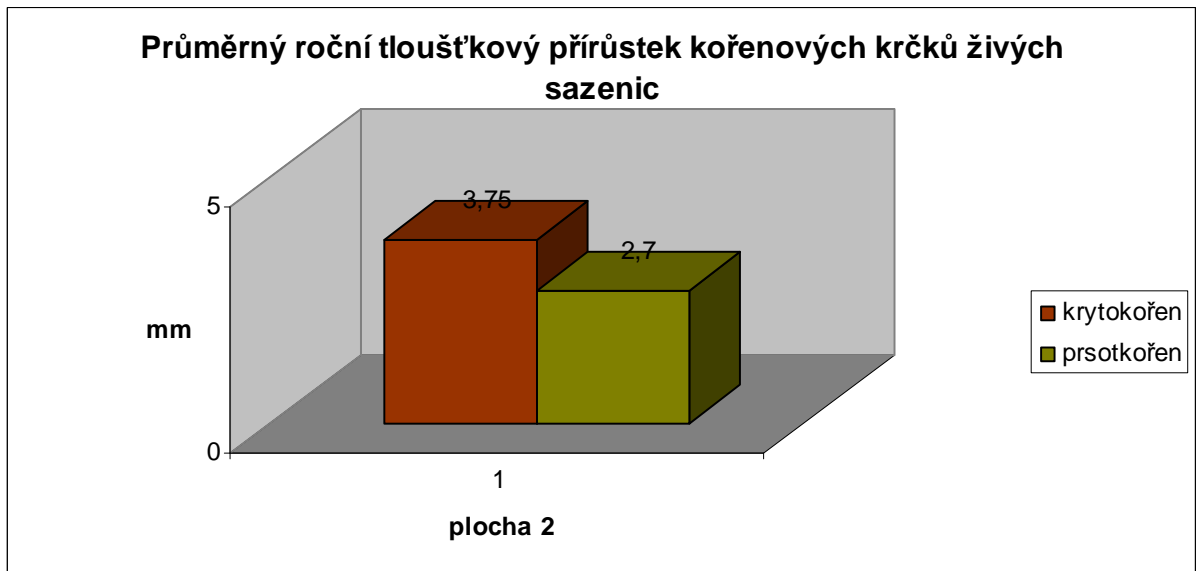
4.3.2 Zkusná plocha „Hektarovka“

Průměrná tloušťka kořenových krčků, která byla poprvé měřena po první vegetační sezoně, byla u KSM 9,9 mm a o PSM 7,7 mm. Při posledním měření tedy na podzim 2012 byla průměrná tloušťka 17,4 mm u KSM a 13,1 u PSM.



Obr. 17: Průměrná tloušťka kořenových krčků po výsadbě a na konci měření na ploše Hektarovka

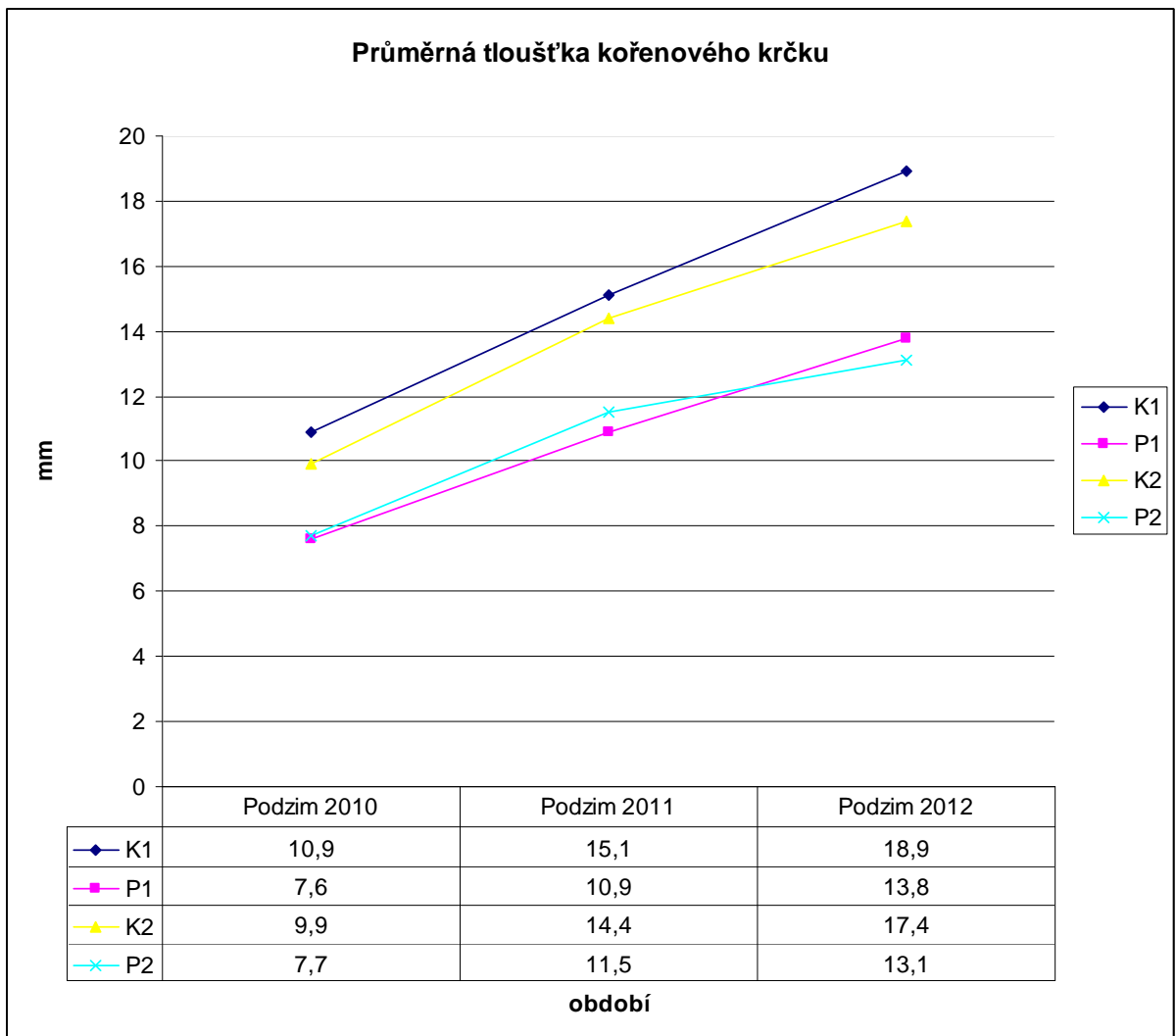
Průměrný roční tloušťkový přírůstek na ploše Hektarovka činil u krytokořenného sadebního materiálu 3,75 mm a u prostokořenného sadebního materiálu 2,7 mm. Dle statistického zpracování byly významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0.05$ jak v první měřené tloušťce na podzim roku 2010, tak v konečné tloušťce na podzim roku 2012, tak i v samotném přírůstku KSM a PSM.



Obr. 18: Průměrný roční tloušťkový přírůstek kořenových krčků na ploše Hektarovka

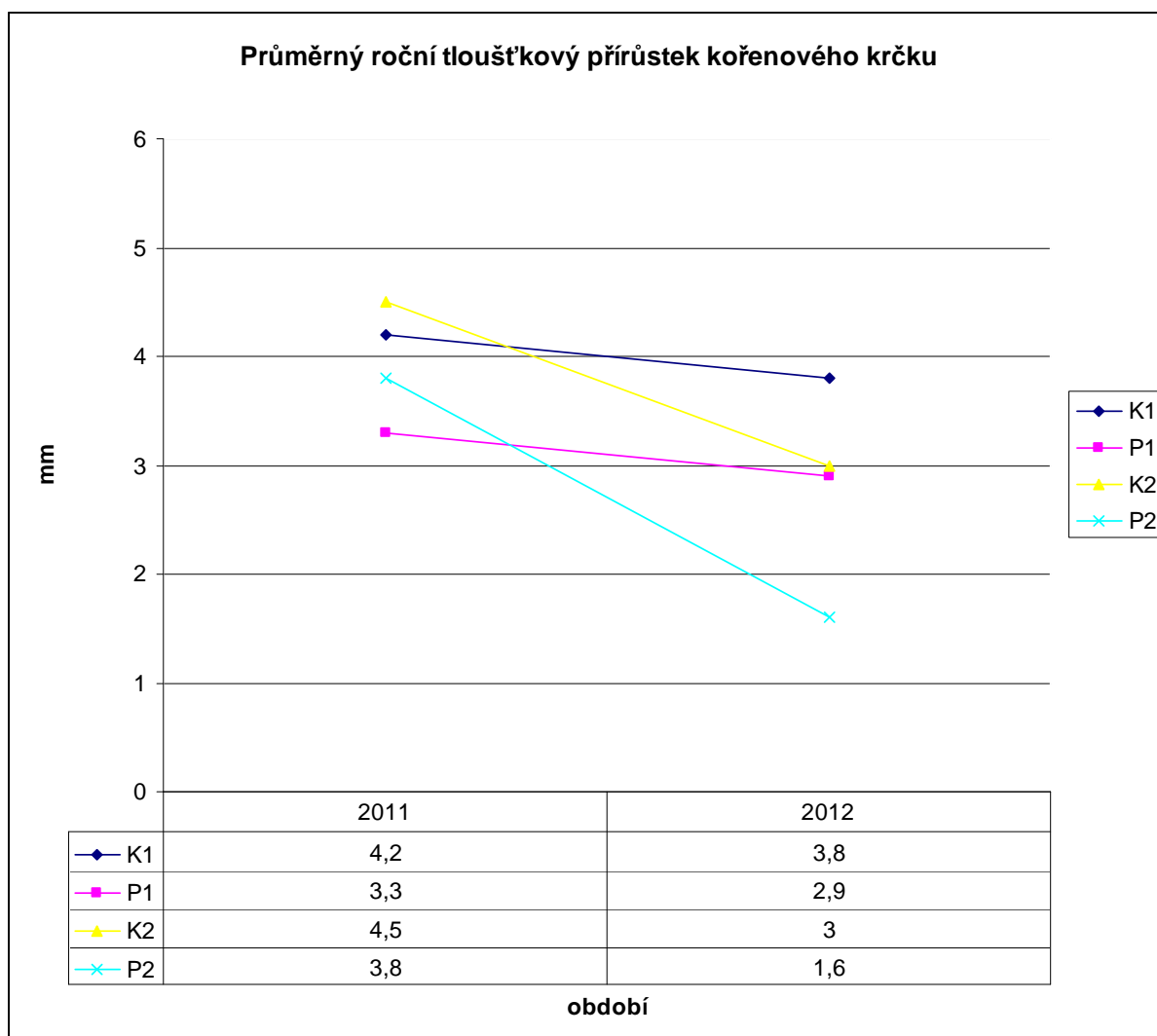
4.3.3 Srovnání tloušťek kořenového krčku a tloušťkového přírůstku

Jak je z uváděných čísel patrné, již při výsadbě byly krytokořenné sazenice silnější než sazenice prostokořenné. Samotný vyšší průměrný přírůstek s tím může souviset. Pokud by se ale vzal v úvahu přírůstek vztažený k počáteční tloušťce, tak nejvíce přirostly sazenice P1 a to o 82%. Další zajímavou informací je fakt, že od roku 2011 došlo ke snížení průměrného přírůstku jak u sazenic K2, tak u sazenic P2, což by mohlo poukazovat na horší podmínky v této lokalitě.



Obr. 19: Vývoj průměrné tloušťky kořenových krčků na ploše Vodárna a Hektarovka

V grafu níže je ještě více patrný zmiňovaný snížený průměrný roční přírůstek, který se vyskytuje na obou lokalitách i u obou typů sadebního materiálu.



Obr. 20: Vývoj průměrného ročního tloušťkového přírůstku na ploše Vodárna a Hektarovka

4.4 Ekonomické vyhodnocení

Z níže uvedené tabulky, která vycházela z vysazení 5000 sazenic na hektar a s minimálního počtu sazenic na hektar 4000 ks je patrné, že nejméně nákladné na ploše Vodárna je použití prostokořenného sadebního materiálu, kde celá péče až do zajištění kultury vychází na 126 404 Kč, což je o 4146 Kč méně než u krytokořenného sadebního materiálu na té samé ploše. Na ploše Hektarovka se v tomto případě jeví jako nejlevnější varianta použití krytokořenného sadebního materiálu, které vychází na 169578, což je o 5509 Kč méně než u prostokořenného sadebního materiálu. Z výsledků je patrné, že při optimálním využití sadebního materiálu je rozdíl na zajištění obou ploch roven 43174 Kč, což jednoznačně svědčí o rozdílných podmínkách na obou plochách.

výsadba 5000/ha	Vodárna prostokořen	Vodárna krytokořen	Hektarovka prostokořen	Hektarovka krytokořen
počet vysazených sazenic na 1ha	5000	5000	5000	5000
ks vysazených sazenic	200	200	200	200
velikost zkusné plochy (ha)	0,04	0,04	0,04	0,04
ks živých sazenic	158	183	87	138
% živých sazenic	79	91,5	43,5	69
průměrná počáteční výška	29,2	26,0	30,4	26,0
průměrný roční přírůstek (cm)	9,6	13,9	10,3	13,5
minimální počet sazenic na 1ha	4000	4000	4000	4000
přepočtený počet živých sazenic na ha	3950	4575	2175	3450
nutnost vylepšování bez ohledu na rozmístění po ploše	ano	ne	ano	ano
počet sazenic k prvnímu vylepšování	1050	425	2825	1550
počet sazenic po prvním vylepšování na ha	4780	4964	3404	4520
%živých sazenic po vylepšování	96	99	68	90
počet sazenic k druhému vylepšování	0	0	1596	0
počet sazenic po druhém vylepšování na ha			4098	
%živých sazenic po druhém vylepšování			82	
CELKEM VYSAZENÝCH SAZENIC	6050	5000	9421	6550
cena za 1ks sazenice	6,6	12,0	6,6	12,0
cena celkem za sazenice	39930	60000	62179	78600
cena za výsadbu sazenice	2,79	3,33	3,60	4,59
cena celkem za 1. výsadbu sazenic	13950	16650	18000	22950
cena za výsadbu sazenice - vylepšování	3,07	3,66	3,96	5,05
cena celkem za výsadbu - vylepšování	3224		17508	7828
celkem	57104	76650	97687	109378
počet ožínání do zajištěné kultury(s ohledem na přírůstek)	9	7	9	7
<small>* první dva roky ožínání 2x ročně, později 1x ročně až do výšky 100 cm</small>				
cena za ožínání (1ha)	6000	6000	6900	6900
celkem za ožínání	54000	42000	62100	48300
počet nátěrů repelentem (pouze zimní s ohledem na přírůstek)	9	7	9	7
počet ks sazenic (původních 5000 ks)	5000	5000	5000	5000
cena za nátěr 1ks	0,34	0,34	0,34	0,34
celkem za nátěr repelentem	15300	11900	15300	11900
Celkové náklady na zajištěnou kulturu	126404	130550	175087	169578

Tabulka 1: Finanční kalkulace jednotlivých variant – reálný přístup

Z níže uvedené tabulky, která vycházela z vysázení 4000 sazenic na hektar a s minimálního počtu sazenic na hektar 3200 ks je patrné, že nejméně nákladné na ploše Vodárna je použití prostokořenného sadebního materiálu, kde celá péče až do zajištění kultury vychází na 107344 Kč, což je o 7876 Kč méně než u krytokořenného sadebního materiálu na té samé ploše. Na ploše Hektarovka se v tomto případě jeví jako nejlevnější varianta použití krytokořenného sadebního materiálu, které vychází na 137438, což je o 16212 Kč méně než u prostokořenného sadebního materiálu. Z výsledků je patrné, že při optimálním využití sadebního materiálu je rozdíl na zajištění obou ploch roven 30094 Kč, což jednoznačně svědčí o rozdílných podmínkách na obou plochách.

přepočet na výsadbu 4000/ha (minimální náklady)	Vodárna prostokořen	Vodárna krytokořen	Hektarovka prostokořen	Hektarovka krytokořen
počet vysazených sazenic na 1ha	4000	4000	4000	4000
ks vysazených sazenic	200	200	200	200
velikost zkusné plochy (ha)	0,05	0,05	0,05	0,05
ks živých sazenic	158	183	87	138
% živých sazenic	79	91,5	43,5	69
průměrná počáteční výška	29,2	26,0	30,4	26,0
průměrný roční přírůstek (cm)	9,6	13,9	10,3	13,5
minimální počet sazenic na 1ha(zajištěná kultura)	3200	3200	3200	3200
přepočtený počet živých sazenic na ha	3160	3660	1740	2760
nutnost vylepšování bez ohledu na rozmístění po ploše	ano	ne	ano	ano
počet sazenic k prvnímu vylepšování	50		2260	638
počet sazenic po prvním vylepšování na ha	3200		2723	3200
%živých sazenic po vylepšování	80	92	68	80
počet sazenic k druhému vylepšování			1097	0
počet sazenic po druhém vylepšování na ha			3200	
%živých sazenic po druhém vylepšování			80	
CELKEM VYSAZENÝCH SAZENIC	4050	4000	7357	4638
cena za 1ks sazenice	6,6	12,0	6,6	12,0
cena celkem za sazenice	26730	48000	48556	55656
cena za výsadbu sazenice	2,79	3,33	3,60	4,59
cena celkem za 1. výsadbu sazenic	11160	13320	14400	18360
cena za výsadbu sazenice - vylepšování	3,07	3,66	3,96	5,05
cena celkem za výsadbu - vylepšování	154		13294	3222
celkem	38044	61320	76250	77238
počet ožínání do zajištěné kultury(s ohledem na přírůstek)	9	7	9	7
<small>* první dva roky ožínání 2x ročně, později 1x ročně až do výšky 100 cm</small>				
cena za ožínání (1ha)	6000	6000	6900	6900
celkem za ožínání	54000	42000	62100	48300
počet nátěrů repelentem (pouze zimní s ohledem na přírůstek)	9	7	9	7
počet ks sazenic (původních 5000 ks)	5000	5000	5000	5000
cena za nátěr 1ks	0,34	0,34	0,34	0,34
celkem za nátěr repelentem	15300	11900	15300	11900
Celkové náklady na zajištěnou kulturu	107344	115220	153650	137438

Tabulka 2: Finanční kalkulace jednotlivých variant – nízko nákladový přístup

4.5 Vizuální posouzení kořenových systémů

Jak bylo zmíněno v metodice, k posouzení kořenového systému došlo na jaře v roce 2010, tedy před samotnou výsadbou a poté na podzim roku 2012, tedy po uplynutí 3 vegetačních dob. Ohledně prostokořenného sadebního materiálu před výsadbou, tak lze říci, že významná většina posuzovaného materiálu splňovala podmínky pro zařazení mezi sadební materiál s přirozenou architektonikou kořenového systému, vyskytovali se zde však i jedinci s deformací kořenového systému, přičemž se většinou jednalo o nerovnoměrné rozložení kořenového systému, které někdy přecházelo až v jednostranné formy.



Obr. 21: Kořenový systém prostokořenného sadebního materiálu před výsadbou

Co se týče krytokořenného sadebního materiálu, tak u něj byl posuzován poměrně menší podíl sazenic s důvodu destruktivního zjišťování kvality kořenového systému. Mezi zkoumanými vzorky se vyskytovaly sazenice s relativně přirozenou architektonikou kořenového systému, ale i sazenice s deformacemi, kde se nejčastěji jednalo o strboul.



Obr. 22: Kořenový systém krytokořenného sadebního materiálu před výsadbou



Obr. 23: Kořenový systém krytokořenného sadebního materiálu před výsadbou – tvorba strboulu

Co se týká porovnání prostokořenného a krytokořenného sadebního materiálu lze říci, že krytokořenný sadební materiál disponoval větším výskytem kořenových deformací typu strboul. U prostokořenného sadebního materiálu se vyskytoval spíše problém nerovnoměrného rozložení kořenů. Nespornou výhodou KSM byla přítomnost mykorhizy, díky ní obsahovaly kořeny KSM mnohem většího objemu jemných kořínků, což je důležitý predispoziční faktor pro újmavostí sazenic.

Po třech vegetačních dobách, kdy sazenice odrůstaly v lese, se dá říci, že výskyt deformací se příliš nezměnil. Jak u KSM, tak u PSM se nadále vyskytovaly sazenice s přirozenou architektonikou kořenového systému, tak i s deformacemi kořenového systému, kde to opět k KSM byl převážně strboul a PSM jednostranné formy kořenového systému. Ohledně KSM byly pozorovány i sazenice s výskytem strboulu, kde se však sekundárně tvořila i přirozená architektonika kořenového systému.



Obr. 24: Kořenový systém krytokořenného sadebního materiálu po výsadbě – strboulu



Obr. 25: Kořenový systém krytokořenného sadebního materiálu po výsadbě



Obr. 26: Kořenový systém prostokořenného sadebního materiálu po výsadbě



Obr. 27: Kořenový systém prostokořenného sadebního materiálu po výsadbě – jednostranná forma

5. Diskuse

Co se týká prosperity sadebního materiálu, jsou výsledky po třech letech měření zcela jednoznačné. Plocha Vodárna, kterou lze považovat dle výsledků za plochu s dobrými podmínkami pro zalesňování přinejmenším ve srovnání s druhou zkusnou plochou, dosahovala mortality KSM 9% a PSM 21%, průměrná mortalita na ploše Vodárna je tedy 15%, což je ve srovnání s údaji ze Zelené zprávy (2009) naprosto srovnatelný výsledek v rámci ČR. Samozřejmě pokud by se bral v potaz pouze PSM, který dosahoval mortality 21% a který je v ČR používán ve většinové míře, byla i tato plocha brána, jako podprůměrná. Na ploše Hektarovka se pak dá mluvit o těžko zalesnitelné lokalitě, jelikož mortalita PSM dosáhla po třech letech od výsadby 56% a mortalita KSM je 31%. Nicméně výše uvedená čísla jednoznačně potvrzují fakt, že ujímavost KSM je podstatně vyšší, než ujímavost PSM. Mortalita prostokořenného sadebního materiálu je o 25 % vyšší než mortalita krytokořenného sadebního materiálu, což se shoduje s údaji o lepší ujímavosti sadebního materiálu v rozmezí 20 % až 30 %, které uvádí Mauer (2006). Za zmínku však stojí fakt, že na ploše s poměrně dobrými podmínkami připadá na 1 mrtvou sazenici KSM 2,47 mrtvé sazenice prostokořenné a na těžko zalesnitelné ploše není tento poměr vyšší, jak by se možná mohlo očekávat, ale naopak je nižší a na jednu mrtvou sazenic KSM připadá 1,82 mrtvé sazenice PSM. Lepší újmavostí obalované sadby potvrzuje i Martinová (2004) u výsadeb smrku ztepilého v horských polohách

U průměrného ročního výškového přírůstku, který u KSM na ploše Vodárna dosahoval 13,9 cm a na ploše Hektarovka 13,5 cm bylo opět statisticky prokázáno, že dosahuje podstatně vyšších hodnot než PSM, který dosáhl na ploše Vodárna 9,6 cm a na ploše Hektarovka 10,3 cm. Ke stejnému výsledku dospěla i Martinová (2004) u výsadeb smrku ztepilého v horských polohách. Výškový přírůstek je, jak je dobře vidět z Obr. 14, byl u prostokořenného sadebního materiálu značně ovlivněn tzv. šokem z přesazení, kde první dva roky sice sazenice přirůstaly, ale ve třetím roce se jejich průměrný výškový roční přírůstek téměř ztrojnásobil. Podobná situace nastala i KSM na ploše Hektarovka, kde by se dalo očekávat, že díky zásobním látkám v balu se tento šok tak neprojeví, nicméně i zde došlo ve třetím roce k téměř zdvojnásobení průměrného výškového přírůstku. Ohledně tloušťkového přírůstku, nebyl zjištěn rozdíl přírůstků mezi plochami avšak u KSM a PSM byl rozdíl opět patrný. KSM na ploše Vodárna

dosahoval průměrného ročního tloušťkového přírůstku 4mm a PSM 3,1mm, na ploše Hektarovka přírůstku KSM o 3,75 mm za rok a PSM o 2,7 mm za rok.

Výsledky krytokořenného sadebního materiálu byly ve všech prozatím zmiňovaných faktorech významně lepší než výsledky prostokořenného sadebního materiálu. Co se ale týká finanční, nebo spíše nákladové stránky věci, není to již tak zcela pravda. Jak vyplývá z výše uvedených výsledků samotné zalesnění a případné vylepšení vychází vždy draž při použití krytokořenného sadebního materiálu, což je zapříčiněno hlavně téměř dvakrát tak vysokou cenou za sazenici. Svou roli zde pak hrají ale i ostatní pěstební práce, jako je nátěr repelentem a ožínání, které úzce souvisí s výškou sazenic, která je ovlivněna výškovým přírůstkem, který je u KSM podstatně vyšší. Při zohlednění i těchto operací do doby zajištění kultury se dá u KSM počítat s o dva roky kratší dobou této péče. Což pak v případě plochy Hektarovka znamená při použití KSM úsporu oproti PSM. Na ploše Vodárna je vždy ekonomičtější využít PSM. Z důvodu zmiňovaného šoku z přesazení se však může v budoucnu projevit, že PSM začne KSM svým přírůstkem dohánět, či dokonce předhánět a pak by úvaha o zkrácené či prodloužené době zajištění byla mylná.

Již ze samotné informace, že až 70% porostů do 40 let trpí nějakou formou deformace kořenových systémů, jak uvádí Mauer a Palátová (2004) se dá očekávat, že na zkoumaných zkusných plochách se nějaká deformace vyskytne. Již před výsadbou byl u KSM sledován výskyt strboulu a u PSM jednostranné formy kořenového systému. Tyto deformace byly následně zjištěny i po odrůstání v lese. Z důvodu náročnosti však bylo pro hodnocení použito jen omezené množství sazenic. Jak však uvádí Mauer a Palátová (1992), s rostoucím věkem porostů deformací ubývá. Úbytek deformací není způsoben vyrovnáváním růstu deformovaných kořenů, ale velkou schopností smrku ztepilého tvořit adventivní (náhradní) kořeny. K hodnocení stability porostu je tedy třeba delší časový horizont.

6. Závěr

V úvodní části této práce byly zmíněny základní vlastnosti smrku ztepilého, o kterém tato práce pojednává, poté zde byla uvedena základní charakteristika lokality, ve které se měření uskutečnilo. Shrnutí byla také základní problematika pěstování sadebního materiálu s ohledem na rozdílnosti krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu a dále zde byl nastíněn problém kořenových deformací, které opět úzce souvisí s oběma typy sadebního materiálu.

V praktické části byly popsány postupy, podle nichž byly založeny zkusné plochy, ze kterých pak vychází veškeré výsledky. Za hlavní závěry této práce se dají považovat tyto informace. K založení ploch byly vybrány dvě plochy, kde jedna (Vodárna) měla prokazatelně dobré vlastnosti k obnově lesa a druhá (Hektarovka) se dá díky svým vlastnostem považovat za obtížněji zalesnitelnou. Na každé z těchto ploch prokazoval krytokořenný sadební materiál vyšší ujmavost a celkově lepší prosperitu vyjádřenou jak tloušťkovým, tak výškovým přírůstkem. Dále je třeba říci, že oba dva typy sadebního materiálu vykazovaly přítomnost kořenových deformací a to bez ohledu na plochu s tím, že u krytokořenného sadebního materiálu se jednalo především o strboul a u prostokořenného sadebního materiálu se nejčastěji vyskytovalo nerovnoměrné rozložení kořenového systému, které v některých případech bylo až jednostranné. Co se týká ekonomických hledisek se vlivem vysoké ceny krytokořenných sazenic, alespoň tedy u použitých rašelino celulósových kelímků RCK , jeví jako méně nákladné používání prostokořenných sazenic i přes vyšší mortalitu a tím pádem vyšší počty sazenic, které jsou nutné k vylepšování. Jak již bylo výše zmíněno jediný případ, kdy by se vyplatilo plochu osázet krytokořenným sadebním materiálem, je plocha Hektarovka a to s tím předpokladem, že větší přírůstky by nám snížily dobu do zajištění kultury alespoň o dva roky, což je, jak již bylo zmíněno, ne zcela jisté.

7. Seznam zdrojů

BEZECNÝ, P. et al.: Pěstování lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1973. s. 456

BOLDIŠ, P.: Bibliografické citace podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690–2. Část 1 – Citace: metodika a obecná pravidla. Verze 3. 3.(2004). c1999-2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004. Dostupné z: <http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf>

BOLDIŠ, P.: Bibliografické citace podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690–2. Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů. Verze 3.0 (2004). c1999-2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004. Dostupné z: <http://www.boldis.cz/citace/citace2.pdf>

DUŠEK, V.: Lesní školkařství – základní údaje. 1. vydání. Písek, Matice lesnická 1997. 139 s.

JURÁSEK, A. – MARTINCOVÁ, J. – NÁROVCOVÁ, J.: Problematika použití krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin z intenzivních školkařských technologií v podmínkách ČR. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník přednášek z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 2004, s. 6 – 15.

JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., NÁROVEC, V.: Průvodce krytokořenným sadebním materiálem lesních dřevin. 1. vydání Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2006. 56 s.

KUPKA, I.: Zkušenosti s použitím krytokořenného sadebního materiálu z intenzivních technologií ve Skandinávii. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. VÚLHM Jíloviště – Strnady, VS Opočno, 2004, s. 27–34.

MARTINCOVÁ J.: Zkušenosti s použitím krytokořenného sadebního materiálu smrku v horských oblastech. In: Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa. Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. června 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2004, 49–56.

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 Říčany nad Labem a Sdružení vlastníků obecních a soukromých lesů v ČR 18. 8. 2011, s. 15–24.

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E.: Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. 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, s. 22 – 26.

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E. – BÁRTOVÁ, A. – JURÁSEK, A. – NÁROVCOVÁ, J. – SZABLA, K.: Produkce krytokořenného sadebního materiálu lesních dřevin. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy, Sdružení lesních školkařů ČR v nakladatelství Lesnická práce 2006. 136 s.

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

POLENO, Z. – VACEK, S.: et al. Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2009. s. 951

ÚHUL, 2011. Oblastní plány rozvoje lesů [online]. ÚHUL Brandýs nad Labem [cit 2011–04-10] Dostupné z:

http://geoportal2.uhul.cz/mapserv/php/mapserv3.php?project=opr1_2011&layers=PLO

SLÁVIK, M.: Dendrologie pro bakalářské studium HSSL. ČZU Praha, 2004, 80 s.

VĚTVIČKA, V.: Stromy a keře. Aventinum, Praha, 2005

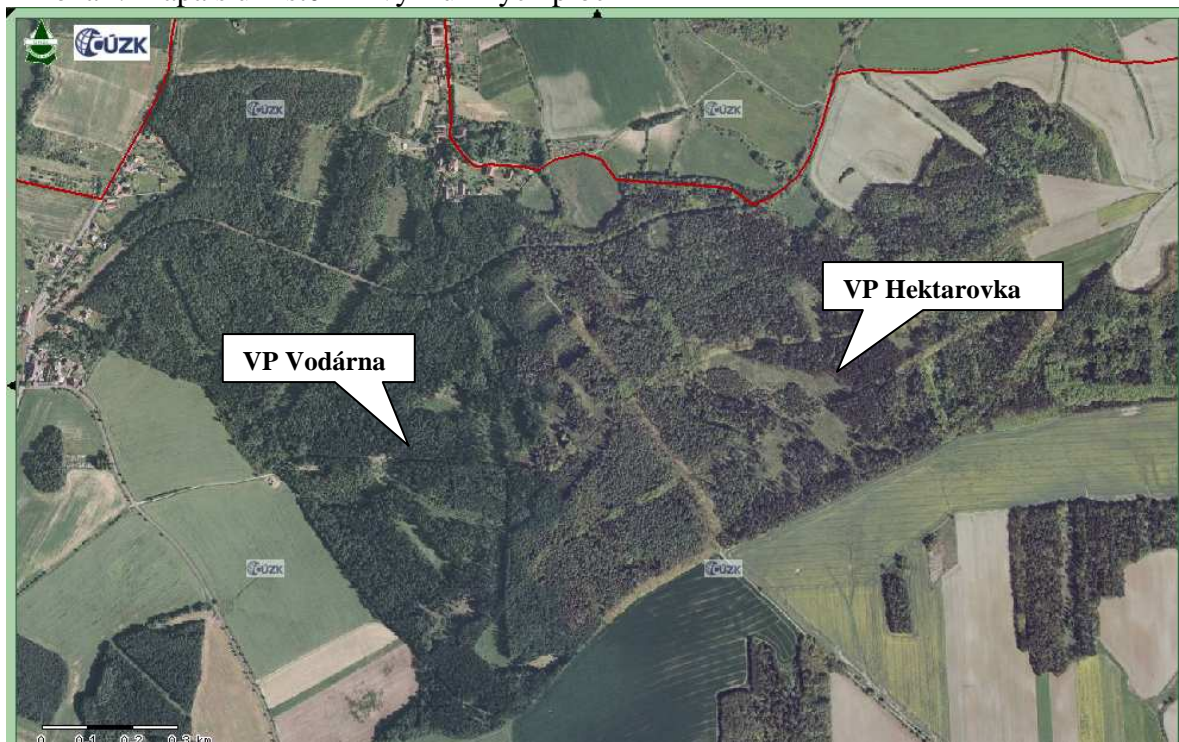
Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2010

<http://lesoskolky.cz/velkoobchod.html>

8. Přílohy

Příloha I: Mapa s umístěním výzkumných ploch



Příloha II: Výzkumná plocha Vodárna jaro 2010



Příloha III: Výzkumná plocha Vodárna podzim 2012



Příloha IV: Výzkumná plocha Hektarovka jaro 2010



Příloha V: Krytokořený sadební materiál před výsadbou na jaře 2010



Příloha VI: Prostokořený sadební materiál po výsadbě – podzim 2010



Příloha VII: Krytokořenný sadební materiál po výsadbě – podzim 2010



Příloha VIII: Odumřelá sazenice po výsadbě – podzim 2010



Příloha IX: Testování mortality sadebního materiálu

zjištěn o	s. m.	ž	m	celke m	dopočítán o	s.m.	ž	m	celke m	s.m	ž	m						
	k1	18 3	17	200		k1	170, 5	29, 5	200	k1	0,91642 2	5,29661						
	p1	15 8	42	200		p1	170, 5	29, 5	200	p1	0,91642 2	5,29661						
suma		34 1	59	400	suma		341	59	400									
<table border="1"> <tr> <td>T=</td> <td>12,4260 6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>chí2,1=</td> <td>3,84</td> <td></td> </tr> </table>													T=	12,4260 6		chí2,1=	3,84	
T=	12,4260 6																	
chí2,1=	3,84																	
zjištěn o	s. m.	ž	m	celke m	dopočítán o	s.m.	ž	m	celke m	s.m	ž	m						
	k2	13 8	62	200		k2	112, 5	87, 5	200	k2	5,78	7,43142 9						
	p2	87 3	11	200		p2	112, 5	87, 5	200	p2	5,78	7,43142 9						
suma		22 5	17 5	400	suma		225	175	400									
<table border="1"> <tr> <td>T=</td> <td>26,4228 6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>chí2,1=</td> <td>3,84</td> <td></td> </tr> </table>													T=	26,4228 6		chí2,1=	3,84	
T=	26,4228 6																	
chí2,1=	3,84																	
zjištěn o	s. m.	ž	m	celke m	dopočítán o	s.m.	ž	m	celke m	s.m	ž	m						
	k2	13 8	62	200		k2	160, 5	39, 5	200	k2	3,15420 6	12,8164 6						
	k1	18 3	17	200		k1	160, 5	39, 5	200	k1	3,15420 6	12,8164 6						
suma		32 1	79	400	suma		321	79	400									
<table border="1"> <tr> <td>T=</td> <td>31,9413 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>chí2,1=</td> <td>3,84</td> <td></td> </tr> </table>													T=	31,9413 2		chí2,1=	3,84	
T=	31,9413 2																	
chí2,1=	3,84																	
zjištěn o	s. m.	ž	m	celke m	dopočítán o	s.m.	ž	m	celke m	s.m	ž	m						
	p2	87 3	11	200		p2	122, 5	77, 5	200	p2	10,2877 6	16,2612 9						
	p1	15 8	42	200		p1	122, 5	77, 5	200	p1	10,2877 6	16,2612 9						
suma		24 5	15 5	400	suma		245	155	400									
<table border="1"> <tr> <td>T=</td> <td>53,0980 9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>chí2,1=</td> <td>3,84</td> <td></td> </tr> </table>													T=	53,0980 9		chí2,1=	3,84	
T=	53,0980 9																	
chí2,1=	3,84																	
zjištěn o	s. m.	ž	m	celke m	dopočítán o	s.m.	ž	m	celke m	s.m	ž	m						
	plocha 1	34 1	59	400		plocha 1	283	117	400	plocha 1	11,8869 3	28,7521 4						
	plocha 2	22 5	17 5	400		plocha 2	283	117	400	plocha 2	11,8869 3	28,7521 4						
suma		56 6	23 4	800	suma		566	234	800									
<table border="1"> <tr> <td>T=</td> <td>81,2781 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>chí2,1=</td> <td>3,84</td> <td></td> </tr> </table>													T=	81,2781 3		chí2,1=	3,84	
T=	81,2781 3																	
chí2,1=	3,84																	

Příloha X: Testování sadebního materiálu v programu Statistika

Mann-Whitneyův U test (K1K2) Dle proměn. plocha Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. skup. 1	Sčt poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. skup. 1	N platn. skup. 2
v2010	29783,00	21898,00	12307,00	0,388122	0,697926	0,389461	0,696935	183	138
v2013	29785,00	21896,00	12305,00	0,390552	0,696129	0,390671	0,696041	183	138
přírůstek	29850,50	21830,50	12239,50	0,470120	0,638270	0,470268	0,638164	183	138

Mann-Whitneyův U test (P1K1) Dle proměn. typ sm Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. p	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. p	N platn. k
v2010j	31668,00	26643,00	9807,000	5,12188	0,000000	5,13733	0,000000	158	183
v2012p	21608,00	36703,00	9047,000	-5,95910	0,000000	-5,96110	0,000000	158	183
přírůstek	19658,50	38652,50	7097,500	-8,10667	0,000000	-8,10899	0,000000	158	183

Mann-Whitneyův U test (P1P2) Dle proměn. plocha Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. skup. 1	Sčt poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. skup. 1	N platn. skup. 2
v2012p	18243,50	11891,50	5682,500	-2,24172	0,024980	-2,24278	0,024912	158	87
v2010j	18333,00	11802,00	5772,000	-2,07312	0,038162	-2,08131	0,037406	158	87
přírůstek	18535,00	11600,00	5974,000	-1,69259	0,090534	-1,69327	0,090405	158	87

Mann-Whitneyův U test (P2K2) Dle proměn. typ sm Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. p	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. p	N platn. k
v2010	12772,50	12652,50	3061,500	6,18489	0,000000	6,20605	0,000000	87	138
v2013	8580,50	16844,50	4752,500	-2,62874	0,008571	-2,62986	0,008542	87	138
přírůstek	7300,50	18124,50	3472,500	-5,32057	0,000000	-5,32247	0,000000	87	138

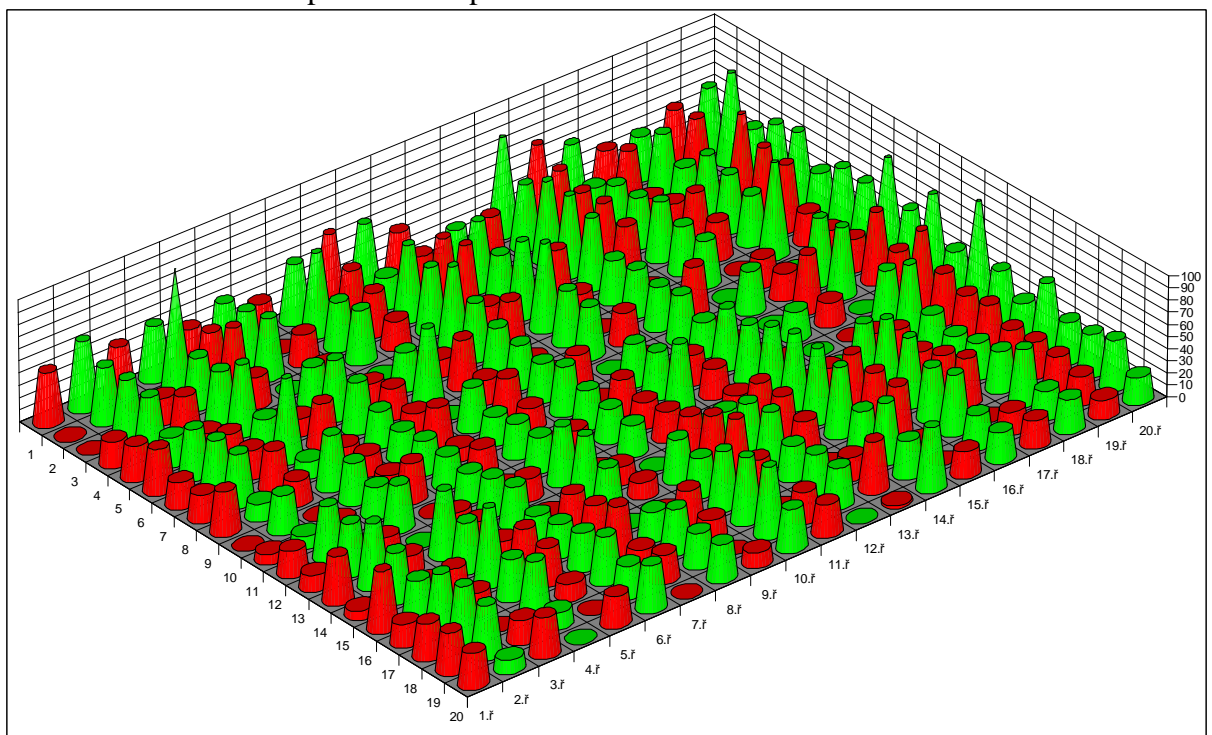
Mann-Whitneyův U test (K1K2) Dle proměn. plocha Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. skup. 1	Sčt poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. skup. 1	N platn. skup. 2
dP2010	33971,00	17710,00	8119,00	5,475620	0,000000	5,569884	0,000000	183	138
dP2012	32924,50	18756,50	9165,50	4,204353	0,000026	4,221752	0,000024	183	138
přírůstek	30811,00	20870,00	11279,00	1,636916	0,101649	1,648810	0,099188	183	138

Mann-Whitneyův U test (P1K1)									
Dle proměn. typ sm									
Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. p	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. p	N platn. k
dP2010	14466,00	43845,00	1905,000	-13,8267	0,000000	-13,9540	0,000000	158	183
dP2012	15678,50	42632,50	3117,500	-12,4910	0,000000	-12,5278	0,000000	158	183
přírůstek	20718,00	37593,00	8157,000	-6,9395	0,000000	-6,9943	0,000000	158	183

Mann-Whitneyův U test (P1P2)									
Dle proměn. plocha									
Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. skup. 1	Sčt poř. skup. 2	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. skup. 1	N platn. skup. 2
přírůstek	19112,50	11022,50	6551,500	-0,604700	0,545379	-0,611687	0,540745	158	87
dP2012	19133,50	11001,50	6572,500	-0,565140	0,571979	-0,568775	0,569509	158	87
dP2010	19217,50	10917,50	6656,500	-0,406901	0,684081	-0,416961	0,676707	158	87

Mann-Whitneyův U test (P2K2)									
Dle proměn. typ sm									
Označené testy jsou významné na hladině $p < ,05000$									
Proměnná	Sčt poř. p	Sčt poř. k	U	Z	p-hodn.	Z upravené	p-hodn.	N platn. p	N platn. k
přírůstek	8213,500	17211,50	4385,500	-3,40054	0,000673	-3,42601	0,000613	87	138
dP2012	6656,000	18769,00	2828,000	-6,67594	0,000000	-6,70070	0,000000	87	138
dP2010	5844,000	19581,00	2016,000	-8,38357	0,000000	-8,49272	0,000000	87	138

Příloha XI: Znázornění přírůstku na ploše Vodárna



Příloha XII: Znázornění přírůstku na ploše Hektarovka

