

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Zalesňování specifických stanovišť za pomoci sadebního materiálu
větších dimenzí**

Bakalářská práce

Autor: Libor Mikolášek

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Libor Mikolášek

Lesnictví

Název práce

Zalesňování specifických stanovišť za pomoci sadebního materiálu větších dimenzí

Název anglicky

Replanting of specific sites using large-sized planting stock

Cíle práce

Posoudit potenciál polooodrostků a odrostků nové generace při zalesňování a vnášení druhové příměsi do porostů na specifických stanovištích se zaměřením na písčité lokality.

Metodika

Vypracujte stručnou rešerši týkající se problematiky obnovy a stabilizace lesa na písčitých stanovištích.

Zvolte si dva až tři existující výsadbové pokusy na písčitých stanovištích, ve své práci popište způsob jejich založení a v rámci týmu navažte na dosavadní měření výsadeb.

Vyhodnoňte vybraná dosavadní data.

Doporučený rozsah práce

min. 40 stran

Klíčová slova

odrostky; poloodrostky; písčité stanoviště; extrémní lokality

Doporučené zdroje informací

- BALÁŠ M. and KUNEŠ I. (2010). Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. Lesnická práce 89, (10): 716–718
- BURDA P., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ I., BALÁŠ M. and MACHOVIČ I. (2015). Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách [Technology for production of new generation semisaplings and saplings of broadleaves in forest nurseries]. VÚLHM, Jiloviště Strnady. 56 p
- KUNEŠ I. and BALÁŠ M. (2009). Zalesňování extrémních stanovišť s využitím vyspělého sadebního materiálu. In Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách., Eds S. VACEK AND J. SIMON. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. pp 664–674.
- KUNEŠ I., BALÁŠ M. and BURDA P. (2010). Vnášení listnatých odrostků do horských jehličnatých porostů. Lesnická práce 89, (10): 656–658
- LEHEČKA J. (2006). Plán rekultivace dobývacího prostoru Planá nad Lužnicí. Báňské a měřičské služby Blatná, Blatná. 14 p
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Martin Baláš, Ph.D. a Ing. Josef Gallo, MSc.

V Praze dne 17. 02. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Zalesňování specifických stanovišť za pomoci sadebního materiálu větších dimenzí“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ivana Kuneše, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské 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

Libor Mikolášek

Poděkování

Chci poděkovat všem, kteří mi při zpracování práce pomohli a naváděli mě správným směrem. Moje poděkování patří Ing. Josefu Gallovi, MSc., za pomoc se sběrem dat v terénu. Chci poděkovat také Ing. Rostislavu Lindovi za vyčerpávající výklad potřebné teorie statistiky ke zpracování výsledků a přiblížení aplikace STATISTICA.

Moje poděkování patří také rodině, která mě přes naši nelehkou životní situaci i během zdravotních obtíží podporovala při studiu. Dále chci poděkovat přátelům za jejich podporu a pochopení.

Abstrakt

Současná podoba českých lesů zahrnuje monokulturní jehličnaté porosty, které se z dlouhodobého hlediska vyznačují degradačním vlivem na půdu. Je vhodné obohacovat druhovou skladbu o listnatou příměs, která může zamezit degradaci půdy. Jednou z mnoha variant vnášení listnaté příměsi je použití vyspělého sadebního materiálu. Zvláštními vlastnostmi se vylíší poloodrostky a odrostky nové generace.

Prvním zájmovým územím práce je rekultivovaná pískovna v lokalitě Hůrka u Plané nad Lužnicí, která reprezentuje písčité stanoviště. Druhým zájmovým územím je stanoviště nižších poloh v lokalitě Kozí Hory u Dobříše, které má charakter staré, silně zabuřené holiny. Obě lokality, zařazené v této práci, představují s ohledem na svůj specifický charakter modelové příklady pro použití listnatého sadebního materiálu vyšších dimenzí. Na zkušných plochách zájmových území došlo k testování růstových schopností různých dimenzí sadebního materiálu a různých druhů dřevin při zalesňování těchto stanovišť.

Na lokalitě Hůrka byla porovnána lípa srdčitá (*Tilia cordata* Mill.) s dubem letním (*Quercus robur* L.). Lípa se projevila vyššími přírůstky, ale také vyšší mortalitou. Na lokalitě Kozí Hory byly porovnány poloodrostky třešně ptačí (*Cerasus avium* (L.) Moench) a jabloně lesní (*Malus sylvestris* Mill.) s dubem letním (*Quercus robur* L.). Třešeň a jabloň se projevily výrazně vyššími přírůstky a dosud minimální mortalitou. Sadební materiál vyšších dimenzí se vyznačoval vyšším přírůstem s výjimkou tloušťkového přírůstu sazenic dubu, který překonal přírůst poloodrostků i odrostků stejného druhu na lokalitě Kozí Hory.

Sadební materiál větších dimenzí skýtá mnoho možností a pozitiv, která v kombinaci s vhodně zvolenou druhovou skladbou pro dané stanoviště vedou k rychlejšímu růstu a nižší mortalitě.

Klíčová slova: odrostky, poloodrostky, písčité stanoviště, extrémní lokality

Abstract

The structure of present day Czech forest includes monocultural stands, which are shown to have a degradative influence on the soil in the long-term perspective. It is fitting to enrich species structure of stands by broad-leaved species, which can prevent soil degradation. One of the many alternatives of introduction of broad-leaved species is usage of large-sized planting stock. Usage of new generation saplings and semi-saplings carries specific attributes.

The first area of interest for this thesis is recultivated sand quarry in location Hůrka near Planá nad Lužnicí, which represents sand stands. The second area of interest is a lower altitude stand in the location Kozí Hory near Dobříš, which is characterized by an old, weed influenced clear-cut site. Both locations included in this thesis, due to their specific characteristics, represent exemple sites for the usage of broad-leaved, large-sized planting stock. The growth potential of various sized and various species planting stock was tested alongside with the potential of afforestation on the testing sites in the areas of interest.

In the location Hůrka littleleaf linden (*Tilia cordata* Mill.) was compared with common oak (*Quercus robur* L.). Linden has shown higher incremental growth, but also higher mortality. In the location of Kozí Hory wild cherry (*Cerasus avium* (L.) Moench) and European crab apple (*Malus sylvestris* Mill.) were compared with common oak (*Quercus robur* L.). Wild cherry and crab apple have shown significantly higher incremental growth and minimal mortality. Large-sized planting stock had larger growth potential, except for the diametral increase of the seedlings of oak, which bested diametral increase of semi-saplings and saplings of the same species in the location Kozí Hory.

Large-sized planting stock carries many opportunities and advantages which, combined with suitable species structure for said stand, lead to faster incremental growth and lower mortality.

Key words: saplings, semi-saplings, sandy stands, extreme localities

Obsah

Seznam obrázků a grafů.....	11
Seznam tabulek	11
Seznam použitých zkratk	12
1. Úvod do problematiky jehličnatých porostů	13
2. Cíle práce.....	17
3. Rozbor problematiky	18
3.1. Charakteristika smrku ztepilého.....	18
3.1.1. Vliv smrku na půdní podmínky	18
3.1.2. Kořenový systém smrku	19
3.1.3. Možnosti nahrazení smrku a upotřebení douglasky	20
3.2. Charakteristika borovice lesní.....	20
3.2.1. Vliv borovice na půdní podmínky	21
3.2.2. Kořenový systém	21
3.3. Charakteristika vnášených melioračních a zpevňujících dřevin	22
3.3.1. Dub letní	22
3.3.2. Meliorační funkce dubu	22
3.3.3. Kořenový systém dubu	23
3.3.4. Lípa srdčitá	23
3.3.5. Meliorační vlastnosti lípy	23
3.3.6. Zpevňující vlastnosti lípy.....	24
3.3.7. Třešeň ptačí.....	24
3.3.8. Meliorační funkce třešně	24
3.3.9. Kořenový systém třešně.....	25
3.4. Problémy stability jehličnatých porostů.....	25
3.5. Ohrožení větrem.....	25
3.5.1. Větrné vývraty	26
3.5.2. Větrné polomy	26
3.5.3. Možnosti ochrany proti větru.....	27
3.6. Parazitické dřevokazné houby na smrku s hospodářským významem	28
3.6.1. Kořenovník vrstevnatý.....	28
3.6.2. Václavka smrková.....	29
3.6.3. Možnosti ochrany před dřevokaznými houbami	29
3.7. Ohrožení zvěří a myšovitými hlodavci	30
3.8. Ochrana proti zvěří a myšovitým hlodavcům	31

3.8.1.	Možnosti plošné mechanické ochrany	31
3.8.2.	Možnosti individuální mechanické ochrany	32
3.9.	Ohrožení suchem.....	33
3.10.	Ohrožení hmyzem	33
3.10.1.	Lýkožrout smrkový <i>Ips typographus</i> (L.)	34
3.10.2.	Životní cyklus a strategie	34
3.10.3.	Faktory ovlivňující kalamitní výskyt lýkožrouta smrkového	35
3.10.4.	Současná kůrovcová kalamita	35
3.11.	Objem nahodilých těžeb	36
3.12.	Dílčí závěr problematiky jehličnatých porostů.....	37
3.13.	Charakteristika poloodrostků a odrostků nové generace.....	37
3.13.1.	Uplatnění odrostků a poloodrostků	38
3.14.	Způsob výsadby.....	39
3.14.1.	Motomanuální jamková sadba	39
3.14.2.	Aspekty a specifika použití jamkovačů.....	40
3.14.3.	Ruční sadba	41
3.15.	Problematika zalesňování specifických a degradovaných stanovišť.....	41
3.15.1.	Charakteristika stanoviště bývalé pískovny	41
3.15.2.	Rozdíly lesních a nelesních půd	42
3.15.3.	Vliv dřevin na vývoj lesních půd	42
3.15.4.	Ekologické aspekty zalesnění	43
3.16.	Přírozená primární sukcese.....	43
3.16.1.	Půdotvorné procesy během primární sukcese	43
3.16.2.	Vývoj primární sukcese na vytěžených pískovnách	44
3.17.	Rekultivace pískoven.....	44
3.17.1.	Sanace	45
3.17.2.	Půdní úprava při rekultivaci	45
3.17.3.	Přípravné porosty a vlastní lesnická rekultivace.....	46
3.17.4.	Potenciál využití PONG při rekultivaci pískoven.....	46
4.	Metodika a materiál.....	47
4.1.	Lokalita Hůrka	47
4.1.1.	Geologické a půdní podmínky lokality Hůrka.....	47
4.1.2.	Výsadba Planá-Hůrka I.....	48
4.2.	Lokalita Kozí Hory	48
4.2.1.	Geologické a půdní podmínky lokality Kozí Hory.....	48
4.2.2.	Výsadby v lokalitě Kozí Hory	49
4.3.	Sběr dat.....	50

4.4.	Úprava a zpracování dat.....	50
4.5.	Statistické testy.....	51
5.	Výsledky.....	52
5.1.	Lokalita Hůrka	52
5.1.1.	Mortalita.....	53
5.2.	Statistické testy na lokalitě Hůrka.....	54
5.2.1.	Sadební materiál dubu letního	54
5.2.2.	Sadební materiál lípy srdčité.....	55
5.2.3.	Odrostky lípy srdčité a dubu letního.....	56
5.2.4.	Sazenice lípy srdčité a dubu letního	57
5.3.	Lokalita Kozí Hory	59
5.3.1.	Mortalita.....	60
5.4.	Statistické testy na lokalitě Kozí Hory.....	61
5.4.1.	Sadební materiál dubu letního	61
5.4.2.	Poloodrostky jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí.....	63
6.	Diskuze.....	65
6.1.	Lokalita Hůrka	65
6.1.1.	Lípa srdčitá	65
6.1.2.	Dub letní	66
6.1.3.	Porovnání lípy a dubu v podmínkách lokality Hůrka.....	66
6.2.	Lokalita Kozí Hory	67
6.2.1.	Dub letní	68
6.2.2.	Porovnání třešně ptačí, jabloně lesní a dubu letního	69
7.	Závěr.....	70
8.	Seznam literatury a použitých zdrojů	71
9.	Přílohy	79

Seznam obrázků a grafů

<i>Obrázek 1 Objemy nahodilých těžeb podle druhu v letech 2007–2017 (výstřižek ze Zelené zprávy) Pramen: ČSU (MZe 2018)</i>	<i>36</i>
<i>Obrázek 2 Vývoj průměrné výšky sadebního materiálu dřevin v rozmezí let 2014-2018 Hůrka (DB- dub letní, LP- lípa srdčitá)</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 3 vývoj průměrné tloušťky sadebního materiálu dřevin v rozmezí let 2014-2018 Hůrka (DB- dub letní, LP- lípa srdčitá)</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 4 kumulativní mortalita na lokalitě Hůrka v období 2014–2018 (DB- dub letní, LP lípa srdčitá)</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5 Výškový přírůst sazenic a odrostků dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 6 Tloušťkový přírůst sazenic a odrostků dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)</i>	<i>54</i>
<i>Obrázek 7 Výškový přírůst sazenic a odrostků lípy srdčité za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 8 Tloušťkový přírůst sazenic a odrostků lípy srdčité za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)</i>	<i>55</i>
<i>Obrázek 9 Výškový přírůst odrostků lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)</i>	<i>56</i>
<i>Obrázek 10 Tloušťkový přírůst odrostků lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 11 Výškový přírůst sazenic lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 12 Tloušťkový přírůst sazenic lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 13 Vývoj průměrné výšky sadebního materiálu dubu, třešně a jabloně mezi lety 2017 a 2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 14 vývoj průměrné tloušťky sadebního materiálu dubu, třešně a jabloně mezi lety 2017 a 2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí).....</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 15 Výškový přírůst tří dimenzí sadebního materiálu dubu letního za období 2017-2018 Kozí Hory (SS- sazenice, O- odrostek, PO- poloodrostek)</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 16 Tloušťkový přírůst tří dimenzí sadebního materiálu dubu letního za období 2017-2018 Kozí Hory (SS- sazenice, O- odrostek, PO- poloodrostek)</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 17 Výškový přírůst poloodrostků jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí za období 2017–2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 18 Tloušťkový přírůst poloodrostků jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí za období 2017–2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)....</i>	<i>64</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Mortalita výsadby Hůrka k roku 2018.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 2 Mortalita a poškození ožínáním výsadby Kozí Hory k roku 2018.....</i>	<i>60</i>

Seznam použitých zkratk

ČGS – Česká geologická společnost

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČSN – označení českých technických norem

ČSÚ – Český statistický úřad

et al. – latinská zkratka „*et alii*“ odpovídající českému „a kolektiv“

CHS – cílový hospodářský soubor

LVS – lesní vegetační stupeň

MZe – Ministerstvo zemědělství (Praha- Těšnov)

OPRL – oblastní plán rozvoje lesa

PLO – přírodní lesní oblast

PONG – poloodrostky a odrostky nové generace

Sb. – Sběrka zákonů ČR

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

ÚNMZ – úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

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

Uvedené zkratky dřevin jsou v souladu s přílohou č. 4 vyhlášky č. 84/1996 Sb.

1. Úvod do problematiky jehličnatých porostů

V průběhu historie člověk s postupným rozvojem kultury do značné a rostoucí míry využíval, ovlivňoval i podstatně měnil podobu lesů. Současný stav lesů ve střední Evropě je výsledkem více než pětistiletého působení člověka na krajinu (POLENO, VACEK *et al.* 2007b). V první řadě to bylo klučení lesů, neboli zmenšení jeho rozlohy, kdy les ustupoval polím, pastvinám a sídlům. Postupným zaváděním a rozvojem výrobních odvětví jako například hutnictví a sklářství se spotřeba stavebního i palivového dříví neustále zvyšovala. Od 13. století můžeme pozorovat prudký nárůst ve spotřebě a obchodu se dřevem, a tudíž se začaly hledat racionální způsoby nakládání s porosty.

S touto dobou je spjat i vznik instituce lesního personálu, kterému byla svěřena ochrana lesa a nově vznikající péče o porosty (POLENO, VACEK *et al.* 2007b). Přibližně ve 13. století současně můžeme pozorovat konec kolonizace krajiny a ukončení nejrozsáhlejšího odlesňování naší krajiny. Plocha lesů pak kolísala společně se společensko-kulturním vývojem dějin. V dobách míru a s ním spojeným rozvojem spotřeba dřeva rostla, a tudíž se zmenšovala rozloha lesních porostů. Naproti tomu v dobách válek se péči o lesy nemohla věnovat dostatečná pozornost ani prostředky, proto se uplatňovala přirozená obnova a lesní porosty se rozšiřovaly a regenerovaly. Tento trend se projevil na konci třicetileté války, kdy porostní plocha stoupla i díky poválečnému zákazu klučení lesů. Poválečná obnova měst, obcí i hospodářství vedla k další devastaci lesů, a to kvůli zvýšené spotřebě dříví (POLENO, VACEK 2007b). Nejnižší plochy lesů můžeme sledovat na konci 18. století. Citelně se proměnila druhová skladba. Při kácení byly preferovány jednotlivé druhy a sortimenty pro specifické vlastnosti dřeva. Odborně lze tento postup označit jako toulavou seč. Znatelné změny v druhové skladbě byly umocněny výsadbou jehličnatých monokultur, které zaplnily volnou plochu po vykácených porostech koncem 18. století. Hlavní nárůst procentuálního zastoupení dřevin pozorujeme u smrku a borovice na úkor ostatních dřevin. Nejvýrazněji kleslo oproti přirozené skladbě procento dubu, buku a z jehličnatých dřevin byl silně potlačen výskyt jedle (MZe, 2017).

Les byl využíván k zemědělským účelům. Například často praktikovaná pastva dobytka v lesích poškozovala bukové zmlazení a znemožnila tak vmíšení buku do doubrav. Docházelo ke zhutnění půd a zvýšení eroze. Hrabání steliva v lesích bylo druhým

významným problémem, jelikož docházelo k odstranění opadu, který je hlavním zdrojem živin v lesním ekosystému (KACÁLEK, MAUER 2017). Narušení zemědělskou činností vedlo k nevyhnutelné degradaci půd a markantnímu snížení výnosnosti (POLENO, VACEK 2007b).

Postupem času se upustilo od toulavé seče, jejímž vlivem vznikaly řediny, které umožňovaly přirozené zmlazení jedle a dubu. Začal se praktikovat pasečný způsob hospodaření, který toto zmlazení znemožňoval. V průběhu 18. století se pasečení vyvinulo v řízený holosečný způsob hospodaření a umělá obnova téměř zcela nahradila přirozenou obnovu. K zalesňování vzniklých holin byla používána především síje. Koncem 18. století byla pozornost věnována sběru šišek, zkouškám kvality semen a uchování semen. Krátce poté byly sestrojeny první luštírenské stroje. Hlavně od dvacátých let 19. století se při zalesňování začala více uplatňovat sadba, která byla v konečném důsledku lacinější než porostní síje (POLENO, VACEK 2007b).

Obnovované porosty prošly řadou znatelných změn, které snížily druhovou, věkovou i prostorní rozmanitost. Vznikly v mnohých extrémních případech schematicky uspořádané stejnověké jehličnaté monokultury. Nevyhnutelně na rozlehlých lokalitách proto došlo k oslabení a narušení přirozené rovnováhy a ekologické funkčnosti lesních porostů. Lesnické hospodaření se přiblížilo zemědělskému, které od sebe odlišuje pouze výrazně delší produkční doba. Lesní hospodaření je nutno od zemědělského odlišit.

- Zemědělství produkuje krátkodobě na základě stanovených požadavků. Objektem biotechniky jsou vyšlechtěné kulturní odrůdy rostlin. Prostředkem je intenzivní nasazení lidské pracovní síly, ačkoliv je postupně značně mechanizováno. Produkce se udržuje chemickým a mechanickým ošetřením půdy a hnojením.
- Lesní hospodářství produkuje v rozmezí několika lidských generací na základě nejistých předpokladů o cílových vlastnostech lesa. Objektem biotechniky jsou spontánní populace dřevin. Prostředkem je relativně nízké nasazení lidské pracovní síly. Produkční schopnost lesní půdy je udržována přírodními procesy. (MÍCHAL et al., 1992)

Hlavním účelem porostů bylo rychlé plnění produkční funkce, na niž byly kladeny stále stoupající nároky průmyslové výroby. Tyto uměle založené porosty plnily produkční funkci relativně dobře. V důsledku politického a společenského vývoje 20. století se

však nevěnovala lesním porostům dostatečná pozornost, proto docházelo k chřadnutí a rozpadu porostů za přispěním kalamitních jevů, kupříkladu větrným a rozšíření hmyzích škůdců. V oblastech pohraničních pohoří to byly hlavně imisní kalamity (například Jizerské hory). Současné můžeme pozorovat, přibližně od padesátých let 20. století, rostoucí nároky společnosti na mimoprodukční funkce lesa převážně v environmentální a ekologické oblasti. I v nepříznivých politických a společenských situacích druhé poloviny 20. století se začal rozšiřovat pěstební směr a péče o porostní zásobu a byla taktéž věnována péče porostní výchově.

Hlavní produkční a hospodářsky nejvýznamnější dřevinou v přírodních podmínkách střední Evropy se stal smrk ztepilý *Picea abies* (L.) Karst. Smrk k tomu byl předurčen svými relativně nízkými ekologickými nároky, nízkou náročností na pěstování a těžbu a širokou upotřebitelností dřeva. V České republice nepřesahoval v přirozené dřevinné skladbě podle odhadů přibližně 11 %. Současné zastoupení smrku ztepilého je 50,3 % (MZe 2017). A vlivem současné kůrovcové kalamity se očekává výrazný procentuální pokles. Nesmíšené porosty tvoří pouze v osmém lesním vegetačním stupni (PRŮŠA 1990). Maxima objemu produkce dosahuje v pátém a šestém lesním vegetačním stupni. Adaptace na širokou škálu půdních podmínek s různými vodními režimy je umožněna jeho širokou ekologickou valencí. V nižších polohách se přirozený výskyt váže na lokality s dostatečným zásobením vodou (SOUČEK, TESAŘ 2008). Z několika hledisek, která budou dále v práci popsána, je vhodné a téměř nezbytné smrkové porosty obohatit o příměsi, nejlépe listnatých druhů dřevin.

Vedle smrkových monokultur je nutno zmínit i monokultury borové. Borovice byla zpočátku preferována více než smrk. Borovice se vyznačují rychlým růstem v mládí, který ovšem brzy ustává, proto byly vyhodnoceny jako ztrátové. Navíc jsou mladé borové poroty (mlaziny až tyčoviny) významně ohrožovány sněhem a námrazou. Péče o borovou monokulturu byla proto nákladnější a obtížnější v porovnání se smrkovou monokulturou, proto se od výraznějšího rozšiřování borovice upustilo (POLENO, VACEK 2007b). Borovice však nahrazuje smrk na stanovištích s nedostatečným zásobením vodou i na stanovištích extrémně exponovaných. Limitním faktorem výskytu borovice je nedostatek světla.

Borové porosty našly svoje místo při rekultivaci pískoven. Právě pro vyšší vysychavost písčitých půd. V mnoha případech se však jedná o monokultury, což má degradační vliv na půdy a tím pádem snižuje i produkční potenciál stanoviště.

V této bakalářské práci budou popsány problematické jevy spojené s pěstováním jehličnatých monokultur, důvody a některé metody jejich přeměny na smíšené listnaté porosty. V práci bude zvážena míra použitelnosti odrostků a poloodrostků nové generace při vnášení listnaté příměsi do monokultur a při zalesňování nelesních půd.

2. Cíle práce

Cílem práce je posoudit potenciál odrostků a poloodrostků nové generace při zalesňování a vnášení druhové směsi do porostů na specifických stanovištích se zaměřením na písčité lokality.

Konkrétním cílem je porovnat růstovou dynamiku různých dimenzí sadebního materiálu v podmínkách rekultivované pískovny, která zastupuje písčité stanoviště, a v podmínkách lokality nižších poloh, představující modelové stanoviště pro vnášení listnaté příměsi do jehličnatých porostů.

3. Rozbor problematiky

3.1. Charakteristika smrku ztepilého

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) je mohutný neopadavý jehličnatý strom, pokrývající rozlehlý euroasijský areál. Původní souvislé porosty se nacházely v severní a severovýchodní Evropě (od Norska přes Polsko až k Uralu). Smrkové lesy zauímají nejvyšší rozlohu ve skandinávských státech – v Norsku, Švédsku a Finsku (SKUHRAVÝ 2002). Umělou kulturou, hlavně na konci 18. a počátkem 19. století se jeho rozšíření výrazně zvětšilo. Je v současnosti vysazován ve všech kulturních lesích severní polokoule a v České republice je zastoupen ve všech lesních vegetačních stupních velmi často v monokultuře (více než 90% zastoupení).

Jedná se stinnou až polostinnou dřevinu. V juvenilním stadiu snáší zastínění až na 4 % relativního ozáření. Snášenlivost na zástin klesá s rostoucím věkem a s klesajícími zásobami dostupných živin v půdě.

Pro přirozený výskyt smrku není zásadní nadmořská výška, nýbrž chladné kontinentální klima. Dalším předpokladem výskytu je dobrý vodní režim (POLENO, VACEK *et al.* 2009). Nedostatek vody se společně s vysokými teplotami ve vegetačním období stává limitujícími faktory pro jeho výskyt (MUSIL 2003).

3.1.1. Vliv smrku na půdní podmínky

Smrk je obecně považován za dřevinu zhoršující vlastnosti lesních půd. Smrk ovšem nemá na všech stanovištích a za jakýchkoliv podmínek pouze degenerativní vliv na půdy. Smrkové porosty mohou vykazovat podobné vlastnosti nadložního humusu a půdního prostředí jako ostatní dřeviny. I když byla prokázána vysoká schopnost acidifikace půd, je tento jev vázán především na monokulturní porosty, nikoliv pouze na výskyt dřeviny (KACÁLEK, MAUER 2017). Vedle smrku je to například modřín opadavý (*Larix decidua* (L.) Karst), u kterého byl prokázán silnější acidifikační vliv na půdy než u smrku, v podmínkách zalesněné zemědělské půdy (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002). Půda pod smrkovými porosty v mnoha případech vykazuje vyšší koncentrace fosforu v minerální zemině. Tento jev lze vysvětlit, jak nízkým nárokem dřeviny na fosfor, tak kyselým prostředím, ve kterém je fosfor více zpřístupněn (PODRÁZSKÝ, ŠTĚPÁNÍK 2002).

Pod smrkovými porosty v nižších polohách se hromadí nerozložený opad a vzniká moderová až morová forma nadložního humusu, která je pro smrkové porosty typická (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008b). Hromadění opadu podle BERGERA, BERGERA (2012) není zapříčiněno pouze špatnou rozkladností smrkových jehlic, ale také špatnými vlastnostmi prostředí. Půdní biologická aktivita je snižena a dochází k ulehání půd (POLENO, VACEK 2009). S věkem porostu se akumulace opadu zvyšuje. Znatelný vliv na produkci a akumulaci opadu nemají ani výchovné zásahy. Ztráty nadzemní biomasy v důsledku výchovných zásahů zvýšeným přírůstem kompenzují uvolněné smrky, a to především prodlužováním korun (DUŠEK 2009). V podmínkách Orlických hor bylo docíleno na testovacím porostu, ve kterém proběhly výchovné zásahy ve věku 15 a 30 let (odstraněno 26 % stromů negativním výběrem v podúrovni), ke snížení množství ročního opadu pouze po určitou dobu. Po druhém větším výchovném zásahu bylo prokazatelně menší množství opadu zjišťováno po následující 3 roky a v následujících letech bylo množství opadu vyšší, ovšem bez statistické významnosti. Větší význam než porostním zásahům přikládají autoři počasí, zejména poškození porostu zimní námrazou, které způsobilo statisticky významně menší množství opadu 3 roky před druhým výchovným zásahem (NOVÁK, SLODIČÁK 2004). Dle AUGUSTA (2002) má smrk ztepilý nejvyšší schopnost acidifikace půd.

3.1.2. Kořenový systém smrku

Smrk tvoří kotevní kořenový systém, ve kterém jsou výrazně odlišeny horizontální kosterní a vertikální kořeny. Netvoří křovový kořen, proto se těžiště jeho kořenové hmoty nachází výše než u ostatních dřevin (například borovice lesní *Pinus sylvestris* (L.)). Horizontální kosterní kořeny zasahují za hranice koruny, kde se začínají intenzivně větvit. V rozvolněných porostech nebo na půdách s vysokou hladinou podzemní vody dosahují horizontální kořeny větších délek, které několikanásobně přesahují průmět koruny. Obecně platí, že silné horizontální kosterní kořeny prorůstají pouze humusové a humusem obohacené půdní horizonty. Vertikální kořeny na rozdíl od horizontálních prorůstají minerálním půdním horizontem. Hloubka prokořenění závisí ve velké míře na charakteru půdy, pozitivní vliv na prokořenění má obsah kyslíku. Zásadní vliv na stavbu kořenového systému má úživnost stanoviště a hladina podzemní vody. Skelet smrku při budování kořenového systému působí sice nepravidelnosti, ale patně vlivem dobrého vzdušného režimu půd nezabraňuje pronikání vertikálních kořenů do větších hloubek. Na vodou ovlivněných stanovištích (edafické kategorie V, P, O, G, R) tvoří smrk velký

kořenový systém, jehož prokořenění je zastaveno na úrovni hladiny podzemní vody. Na stanovištích živné a kyselé ekologické řady tvoří malý kořenový systém. Vertikální kořeny intenzivněji prokořeňují horizont nejbohatší na živiny, proto může hnojení zapříčinit vývin mělkého a plochého kořenového systému. Nejrozsáhlejší, všestranně rozvinutý kořenový systém tvoří smrk na velmi chudých stanovištích. Parametry kořenového systému lze navýšit výchovnými porostními zásahy ve věku do 30 let (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.1.3. Možnosti nahrazení smrku a upotřebení douglasky

V zájmu trvale udržitelného hospodaření je nutné především z pedologického hlediska, ale také z hlediska ekonomické spolehlivosti, obohatit druhovou skladbu monokultur a zakládat smíšené porosty (MENŠÍK 2009). ŠPULÁK, KACÁLEK (2016) zkoumali vliv skupiny buku ve smrkové monokultuře na půdní charakteristiky a prokázali, že přítomnost skupiny v porostu zvyšuje pH i zastoupení vybraných živin. Podle předchozích poznatků lze tvrdit, že smísení opadu umožnilo lepší rozklad. Náhrada smrku, jako hlavní produkční dřeviny by byla možná použitím douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) za předpokladu, že nebude pěstována v monokultuře. Monokulturní porost douglasky se vyznačuje podobným nebo nepříliš lepším chemismem půdy než smrková monokultura. Opad douglasky je méně kyselý a bohatší, dřevina je však náročnější na živiny (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008a). Douglaska se vedle skvělých růstových vlastností, které z ní dělají ideální produkční dřevinu s nižší mírou ohrožení než smrk, vyznačuje také meliorační funkcí (SLÁVIK, BAŽANT 2016; MONDEK, BALÁŠ 2019). Dobrou meliorační funkci lze očekávat na kyselých stanovištích všech poloh, exponovaných stanovištích středních a vyšších poloh a živných stanovištích vyšších poloh (KACÁLEK, MAUER 2017). Na těchto stanovištích je vyhláškou 83/1996 Sb. povolena výsadba douglasky jako meliorační a zpevňující dřeviny. Ovlivnění bylinného patra je porostem douglasky menší a vykazuje vyšší biodiverzitu než ve smrčíně (MATĚJKA *et al.* 2015). Možnosti použití douglasky jsou stále omezené, protože se jedná o introdukovanou dřevinu.

3.2. Charakteristika borovice lesní

Borovice lesní (*Pinus Sylvestris* (L.)) je po smrku naše druhá hospodářsky nejvýznamnější jehličnatá dřevina. Vyznačuje se výraznou světlomilností a pionýrským charakterem růstu. Přirozené borové porosty propouštějí dostatek světla, který

umožňuje formaci podrostu dřevin tolerantních k zástínu. Borovice je v přirozeném společenství tudíž vytlačována klimaxovými dřevinami z důvodu neschopnosti přežít v podúrovni. Přirozené borové porosty se tvoří pouze azonálně na „nultém“ lesním vegetačním stupni. Výskyt borů lze označit jako „reliktní“. Od preboreálu byly tehdejší porosty borovice a břízy vytlačovány jinými dřevinami, navracejícími se z refugií. Na našem území to byl zejména buk. Přirozené porosty borovice se tedy udržely na stanovištích, která byla silně nepříznivá pro všechny ostatní dřeviny. Jedná se o extrémně exponovaná stanoviště, skalní útvary, prostředí chudá na živiny, suchá písčité stanoviště a naopak také rašeliniště. Borovice je hojně používána k lesnické rekultivaci výsypek zejména v lokalitách těžby písku (SLÁVIK, BAŽANT 2016).

3.2.1. Vliv borovice na půdní podmínky

Množství opadu borovice klesá s rostoucím věkem (BERGER *in* KACÁEK, MAURER 2017). Do 30 let věku každoročně opadá 2–8 tun sušiny na hektar v dospělosti porostů je to 0,5–6,5 tuny. BUBLINEC *in* KACÁLEK, MAUER (2017) poukazuje na negativní vliv borového porostu na písčitéch půdách a tvorbu podzolu. PODRÁZSKÝ *et al.* 2009 porovnali vliv dřevin na zalesněnou zemědělskou půdu a borové porosty měly nižší obsah bází ve svrchních horizontech než smrkové porosty. Borové jehlice nemají valnou meliorační schopnost, lépe v distribuci živin slouží jiné části stromu. Jako zásobárna živin v porostu mohou sloužit větve a pařezy. Acidifikační vliv na půdy je nižší nebo srovnatelný s vlivem smrku (AUGUSTO *et al.* 2002). Jako cílová dřevina je borovice upotřebitelná na kyselých, exponovaných a chudých stanovištích. Vhodná je jako přípravná dřevina na oglejených stanovištích. Borové porosty potřebují příměs listnaté dřeviny s melioračními vlastnostmi, jelikož borovice meliorační schopnosti postrádá (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.2.2. Kořenový systém

Borovice tvoří kúlový kořenový systém, který dosahuje do hloubek, které jsou pro většinu ostatních dřevin nedosažitelné (SLÁVIK, BAŽANT 2016). Silný kúlový kořenový systém se tvoří na propustných a lehkých půdách. Boční kořeny zasahují poměrně daleko od kmenu a prorůstají pouze humusovými a humusem obohacenými horizonty. Po kontaktu s překážkou ji kořeny obrůstají a pokračují v růstu vertikálním směrem. Matečnou horninou kořeny obrůstají a využívají štěrbinu k upevnění. Slabý kořenový systém tvoří borovice na půdách s vysokou hladinou podzemní vody, bez ohledu na to,

jestli se jedná o gleje nebo rašeliny. Na těchto stanovištích mají kořeny specifický horizontální tvar. Na všech ostatních stanovištích tvoří borovice všestranně rozvítý kořenový systém a poskytuje stromu velmi dobrou ochranu proti vyvrácení. Borovici lze považovat za zpevňující dřevinu spíše než za meliorační (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.3. Charakteristika vnášených melioračních a zpevňujících dřevin

3.3.1. Dub letní

Na území české republiky je rozlišováno 8 druhů dubu, přičemž hospodářsky významné jsou dub zimní (*Quercus Petraea* (Matt.) Leibl) a dub letní (*Quercus robur* (L.)). Oba druhy jsou mohutné stromy se silným kmenem a košatou korunou. Vzdrost může být vlivem fototropismu a sklonu ke košatění koruny poněkud křivolaký. Jedná se o nejdéle žijící dřeviny, čemuž napomáhá odolnost dřeviny k hnilobám. Jedná se o světlomilné druhy, při čemž nároky dubu letního na světlo jsou vyšší než nároky dubu zimního. Duby jsou teplomilné, v přirozené skladbě se vyskytují v 1. a 3. lesním vegetačním stupni (ÚRADNÍČEK, CHMELAR 1998).

3.3.2. Meliorační funkce dubu

Mladé porosty dubu 20–25 let každoročně produkují 3,5–3,8 tuny sušiny na hektar (NOVÁK *et al.*, 2014). Množství opadu roste s narůstající výčetní kruhovou základnou. S mortalitou množství opadu významně neklesá, jelikož odumírají hlavně jedinci v podúrovni, kteří nemají výrazné koruny. Množství ročního opadu je na extrémních stanovištích pozitivně ovlivněno klimatickými faktory, a sice vyššími úhrny srážek a nižšími letními teplotami (KACÁLEK, MAUER 2017). Rozpětí výskytu dubu sahá od nejnižších poloh lužního lesa a přirozených borů až po střední polohy, zde všude plní dub letní i zimní úlohu základní i meliorační dřeviny. Nejvýše se dub uplatňuje na podmáčených stanovištích středních a vyšších poloh. Lesnický významné ekotypy dubu letního a zimního se liší stanovištními nároky, a proto je rozlišována vhodnost jejich použití jako dřeviny na různých stanovištích. Dub letní je vhodnou meliorační dřevinou na stanovištích ovlivněných vodou a dub zimní naopak snáší lépe vysychavá stanoviště. Meliorační účinnost druhů dubu je menší, a proto se doporučuje zajistit příměs účinnější meliorační dřeviny (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.3.3. Kořenový systém dubu

S výjimkou stanovišť s trvale stagnující povrchovou vodou (stanoviště na edafické kategorii G), kde se tvoří povrchový kořenový systém, je kořenový systém dubu všestranně rozvinut. Tvoří kolmé kotvy z báze, šikmé kotvy z báze i kotvy z horizontálních kosterních kořenů. Největší kořenový systém vyvíjí na stanovištích ovlivněných vodou. Malý kořenový systém tvoří dub na extrémně chudých stanovištích. Na živných a kyselých stanovištích je kořenový systém průměrný, přičemž hloubka prokoření je přibližně o 40 cm vyšší na živných stanovištích než na kyselých (KACÁLEK, MAUER 2017)

Při vývoji kořenového systému se mohou vyskytovat odlišnosti od typického systému kořenů. Ne vždy se vyvíjí pouze jeden dominantní kůlový kořen na začátku růstu. Tyto nepravidelnosti bývají zapříčiněny poraněním klíčního kořene (JENÍK *in* KACÁLEK, MAUER, 2017).

Kořenový systém je také ovlivněn způsobem pěstování sazenic ve školce a při výsadbě. V případě, že je hlavní kořen odstraněn podřezáním (případně je poškozen), je u jednoho nebo dvou postranních kořenů podnícen růst v pozitivně geotropickém směru a kůlový kořen je jimi nahrazen (JENÍK *in* KACÁLEK, MAUER, 2014)

ALDINGER *in* KACÁLEK, MAUER (2017) označil dub za dřevinu, která má nejvyšší odolnost proti větru, naopak smrk za nejméně odolnou větru. Dub lze tudíž považovat za velmi dobrou zpevňující dřevinu.

Kořenový systém dubu letního (*Quercus robur* (L.)) a dubu zimního (*Quercus petraea* (Matt.)) se nijak zásadně neliší.

3.3.4. Lípa srdčitá

Na našem území původní dřeviny rodu lípa jsou zástin snášejší lesní dřeviny. Lípa srdčitá (*Tilia Cordata* Mill.) snáší zástin lépe než lípa velkolistá (*Tilia Platyphyllos* Scop.). Ve smíšených lesech tvoří významnou část podrostu. Zástin je pod lípu často tak silný, že téměř chybí bylinné patro. Podmínkou výskytu je příznivá vlhkost stanoviště, na živiny v půdě má střední nároky (ÚRADNÍČEK, CHMELAR 1998).

3.3.5. Meliorační vlastnosti lípy

Lípa má společně s javorem mléčem nejvyšší schopnost omezovat acidifikaci půd (AUGUSTO *et al.* 2002). Lípa je jednou z nejlepších melioračních dřevin pro svou

schopnost udržovat v půdě vyšší pH a obsah bazických živin (SLODIČÁK *et al.* 2017). Na zalesněných půdách testovali spolu s třešní vliv lípy na půdy PODRÁZSKÝ *et al.* (2002), kde lípa prokázala velmi příznivé půdní charakteristiky. Lepší půdní charakteristiky v porovnání s nesmíšenými porosty smrku a douglasky sledovali KACÁLEK *et al.* in KACÁLEK MAUER (2017) v porostech s 8–14% zastoupením lípy. Lípa je vhodná jako meliorační dřevina pro všechna stanoviště s výjimkou horských poloh. Pro vysokou meliorační schopnost je upotřebitelná v ochranných lesích (SLODIČÁK *et al.* 2017).

3.3.6. Zpevňující vlastnosti lípy

Kořenový systém lípy by se dal charakterizovat jako srdčitý. Je velmi nepravidelný a místy až jednostranný. KÖSTLER *et al.* in KACÁLEK, MAUER (2017) poukazuje na jeho nepravidelnost a charakterizuje jej jako soustavu šikmo dolů na pařezu nasazených srdčitých kořenů a šikmých odboček z hlavních postranních kořenů. Souhrnně lze hodnotit kořenový systém jako všestranně rozvinutý a dobře kotvící dřevinu v půdě (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.3.7. Třešeň ptačí

Třešeň ptačí (*Cerasus avium* (L.) Moench.) přirozeně roste na hlubších a živných vlhkých půdách, na kyselých půdách je vzácná (CLEASSENS *et al.* in KACÁLEK, MAUER 2017). Třešeň plní funkci ekologickou a environmentální. Společně s dalšími cennými listnáči přispívá ke zvýšení rezistence lesů a zvýšení druhové diverzity (KACÁLEK, MAUER 2017). Mimo to mohou zejména kvalitní sortimenty nabídnout vysoké peněžní ohodnocení (PODRÁZSKÝ *et al.* 2002)

3.3.8. Meliorační funkce třešně

Prvně byl vliv třešně na tvorbu nadložního humusu v českých podmínkách zkoumán PODRÁZSKÝM *et al.* (2002) společně s lípou a modřínem v podmínkách svěží dubové bučiny (3S) na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Akumulace opadu byla srovnatelná s lípou, a to přibližně 3,86 tuny povrchového humusu na hektar za rok (PODRÁZSKÝ *et al.* 2002). V surovém humusu i v minerální půdě byl zjištěn vyšší obsah bazických živin (draslíku a hořčíku) a nižší obsah dusíku a fosforu. Třešeň vykazovala s lípou podobné, někdy i lepší půdní charakteristiky. Meliorační charakter obou listnatých dřevin se projevoval vyšší rychlostí rozkladu opadu, nižší akumulací

nadložního humusu a vyšším obsahem bází. Porosty třešně a lípy měly na lesní půdu příznivý vliv. Třešeň ptačí lze považovat za dřevinu se značným přínosem pro obnovu a udržení úrodnosti půdy, třešeň je tudíž vhodná jako meliorační dřevina na smrkových i borových stanovištích (SLODIČÁK *et al.* 2017). Světlo milnost třešně umožňuje tvorbu smíšených porostů s dalšími melioračními dřevinami. Třešeň ptačí je vhodnou meliorační dřevinou na exponovaných a živných stanovištích od nížin do vyšších poloh. Nová vyhláška (č. 298/2018 Sb.) možnosti použití třešně jako meliorační a zpevňující dřeviny oproti předchozí právní úpravě výrazně rozšiřuje. Optimální meliorační funkce dosahuje na živných stanovištích středních poloh. Není vhodná jako meliorační dřevina na kyselých stanovištích (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.3.9. Kořenový systém třešně

U třešně lze kořenový systém označit jako kúlový v mládí a později důkladně se vyvíjející do šířky a hloubky. Celkově je dřevina výborně upevněná v půdě a nedochází k vývratům (ÚRADNÍČEK *in* KACÁLEK, MAUER 2017).

3.4. Problémy stability jehličnatých porostů

Ekologicky labilní systémy nemají dokonale vyvinuté autoregulační mechanismy, a proto nedokážou překonávat působení vnějších vlivů nebo se vrátit do sukcesního stupně, ve kterém byly před působením těchto vlivů (POLENO *et al.* 2007a). Proto mají tyto ekosystémy sníženou odolnost. Smrkové monokultury pěstované v nížinách, které použili POLENO *et al.* (2007a) jako příklad, touto sníženou odolností trpí. Smrk pěstovaný ve střední Evropě a zejména v České republice jako hlavní produkční dřevina se nedokáže přizpůsobit zdejším podmínkám nižších poloh (MENŠÍK 2009).

3.5. Ohrožení větrem

Abiotické škody svou četností a objemem konkurují biotickým nahodilým těžbám. Destruktivní účinek abiotických faktorů a zejména větru je často ještě stupňován a doplňován působením hmyzích škůdců (MÍCHAL *et al.* 1992). V nekalamitních obdobích se těží 1–2 mil. m³ polomového dříví ročně (VICENA 2002). Dle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2017 (MZE 2018) byl celkový objem nahodilých těžeb pro rok 2017 přibližně 11,74 mil. m³. Z celkového objemu nahodilých těžeb tvořily abiotické vlivy přibližně 4,35 mil. m³.

3.5.1. Větrné vývraty

Vývraty postihují mělce kořenící dřeviny při nižší síle větru, než při které se na hluboce kořenících dřevinách objevují zlomy. K vývratu dojde porušením rovnováhy, je-li statický moment působený větrem vyšší než statický moment vetknutí (PFEFFER 1961). Náchylnosti stromu k vyvrácení přispívají hniloby kořenů (kořenovník vrstevnatý a václavka smrková). Při suchu nebo při mrazech se i mělce kořenící dřeviny snáze zlomí, nežli vyvrátí. K vývratům je náchylný v první řadě smrk, a to kvůli svému převážně mělkému kořenovému systému. Labilní smrkové porosty se nacházejí převážně na pseudoglejových a oglejených půdách (POLENO, VACEK 2009). Větretem je nadále smrk ohrožen na mělkých půdách (POLENO 2009). Malý kořenový systém smrk tvoří na živných a kyselých stanovištích. Živiny jsou v půdě snadno dosažitelné, proto smrk nemusí tolik rozvíjet kořeny, aby mohl živiny získávat. Ze stejného důvodu snižuje stabilitu smrků hnojení (KACÁLEK, MAUER 2017).

3.5.2. Větrné polomy

Bořivé účinky větru nastávají při rychlostech větších než 15 m/s. V případě nepravidelné rychlosti větru se jeho účinky projevují zvláště škodlivě (PFEFFER 1961). Z mechanického hlediska je možné považovat normálně rostlý strom za svisle vetknutý nosník do půdy s proměnným průřezem. Působení sil na strom se řídí zákony technické mechaniky. Ke zlomům dochází tehdy, jsou-li ohybové síly v tahu a tlaku vyšší, než pevnost dřeva daného stromu (PFEFFER 1961). Mechanickou pevnost dřeva narušují hniloby. U zlomů to jsou hlavně sekundární houboví parazité (například rodu *Fomes*, *Stereum*, *Fomitopsis*), kteří napadají kmen po poranění a mohou snížit pevnost kmene až na 14 %. Kmeny se rovněž více lámou při vyšší sukatosti a výskytu rakovin (LUBOJACKÝ 2013).

Míru náchylnosti ke zlomům větrem závisí především na druhu dřeviny. Pevnější dřevo v tlaku se nachází v oddenkové části. Dřevo jehličnatých dřevin má relativně menší pevnost v tlaku než v tahu, proto se mohutnější kořenové náběhy i kořeny vytvářejí na závětrné straně. U listnáčů se výraznější kořenové náběhy tvoří naopak na straně návětrné. Jehličnany při trvalém namáhání tvoří reakční dřevo, které má jinou stavbu a je pevnější (LUBOJACKÝ 2013). Dřevinami náchylnými na poškození větrem jsou vedle smrku borovice, topol a olše lepkavá. Naopak větru dobře vzdoruje například dub, lípa, jasan, habr (PFEFFER 1961). Proti větru jsou vysoce odolné smrky s hřebenitým

větvením a s úzkou špičatou korunou. Vítr proniká korunami stromů a nepředává jim dostatek energie s bořivým účinkem (VICENA 2002).

Sníženou odolností proti větru se vyznačují stromy, které mají štíhlostní kvocient (poměr výšky a výčetní tloušťky) vyšších hodnot než 120. Z toho vyplývá, že jsou ohroženy vysoké a tenké stromy. Odolné jsou naproti tomu nižší stromy s vyšší výčetní tloušťkou a válcovitou korunou (LUBOJACKÝ 2013). Úprava štíhlostního kvocientu je možná včasnými a správně provedenými výchovnými zásahy. Nižší štíhlostní kvocient spolehlivě určuje odolnost stromu proti mokrému sněhu a námraze, většinou jsou takové stromy také odolné proti bořivému působení větrů (POLENO, VACEK 2007a). Tvrzení, že nižší štíhlostní kvocient dodává stromu odolnost, pochází ze samotné definice štíhlostního kvocientu. Odolnost dřeviny proti větru roste s tloušťkou a klesá s výškou, ovšem nepoměrně. Zvýšení tloušťky o 10 % zvýší stabilitu stromu o 50 %, kdežto snížení výšky o 25 % zvýší stabilitu stromu o 50 %. Délka a tvar koruny znamenají plochu nastavenou větru, proto menší rozměry koruny činí strom odolnějším proti větru (POLENO, VACEK 2007a).

Na stabilitu porostů vůči větru mají vliv další faktory. Polomy postihují nejčastěji stejnověké a stejnorodé smrčiny stáří nad 80 let (PFEFFER 1961). Stabilitu porostů ovlivňují prvky vnitřní struktury: druhové, věkové a prostorové, zásadní vliv má stromová diferenciacce (výšková a tloušťková), zápoj a hustota porostu. Výšková rozrůzněnost pomáhá rozkládat sílu větru. Nejodolnější je v tomto směru výběrný les (LUBOJACKÝ 2013). Porosty strukturně diferencované lze považovat za stabilnější (POLENO, VACEK 2007a).

3.5.3. Možnosti ochrany proti větru

Intenzivní porostní výchovou stromů, při které dojde k uvolnění korun, lze dosáhnout vyšší stability stromu, a to až do větru o síle kolem 30 m/s (POLENO, VACEK 2007a). Docílí se volnějšího zápoje, který podněcuje tloušťkový růst a snížení výškového přírůstu (LUBOJACKÝ 2013). U starších porostů je důležitá příprava na obnovní zásahy, v případě, že je úmyslně porušen horizontální zápoj. Porosty jsou rozčleněny na mýtní články, které jsou postupně káceny. Obnova porostu by měla směřovat proti směru bořivých větrů. Při obnově by se mělo dbát na užití stanovištně vhodných druhů. U jehličnatých porostů se doporučuje 30–40 % přimíšení listnáčů, zejména buku (VICENA, PAŘEZ, KONOPKA *in* POLENO, VACEK 2007a). V monokulturních porostech lze uplatnit

rozluky, vytěžené pásy ve vzdálenostech 200 m od sebe kolmo na směr bořivého větru. Rozluky se mají tvořit do věku 40 let porostu. Počáteční šířka rozluky je 5 m a postupně se rozšiřují až na 20 m. Na hranici rozluky se musí vytvořit kvalitní ochranný plášť. Mezi porosty různého věku se tvoří odluky. Odluky se tvoří na závětrné straně staršího porostu. Věk mladšího porostu musí být menší než 50 let, aby dokázal vytvořit ochranný plášť. Porostní plášť by měl obsahovat dřeviny odolnější větru, a to včetně keřů. Stabilitu porostu je možno navýšit tvorbou zpevňujících žeber. U smrku jsou využívána zpevňující žebra tvořená modřínem. Tato skladba má však negativní dopad na půdní chemismus, zejména v důsledku vysoké schopnosti obou dřevin acidifikovat půdní prostředí (KACÁLEK, MAUER 2017). K prvkům zvyšující odolnost proti větru náleží ochrana před houbovými a hmyzími škůdci, poškozením zvěří a přibližovací nebo kácecí technikou.

3.6. Parazitické dřevokazné houby na smrku s hospodářským významem

Infekcí primárními parazitickými dřevokaznými houbami jsou ohroženy uměle založené smrkové porosty mimo původní a přirozené rozšíření smrku. Mezi nejvýznamnější primární parazitické houby vyskytující se hlavně na smrku řadíme kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) a václavku smrkovou (*Armillaria ostoyae* (Romagn.)).

3.6.1. Kořenovník vrstevnatý

Kořenovník se vyskytuje v mírných teplotních pásmech. Napadá především jehličnaté dřeviny, v našich podmínkách to jsou smrkové a méně často borové porosty. Výjimečně může napadat listnaté dřeviny. Největší škody v České republice působí na smrku ztepilém v nižších polohách. Obzvláště jsou ohroženy smrkové a borové monokultury na oglejených a vodou ovlivněných stanovištích. Vysoce ohroženy jsou také porosty první generace na bývalých zemědělských půdách (SOUKUP 2011). V původních a přirozených smrkových porostech se vyskytuje zřídka, převážně na přestárlých stromech. Spory kořenovníku mohou napadnout pařezy nebo dřevní zbytky v porostech. Kořenovými srůsty pařezů s okolními stromy se poté šíří mycelium na další dosud zdravé jedince. RISHBETH (*in* ČERNÝ 1989) uvádí, že infekce mladých borových porostů začíná po první prořezávce nebo probírce právě infekcí pařezů. Kořenovník snadno infikuje stromy, které trpí nedostatkem vody. V kořenech je snížen turgor, proto jsou k infekci náchylnější. Na podmáčených stanovištích jsou kořeny v horních vrstvách

půdy, která při úbytku srážek rychle vysychá a kořeny trpí suchem (ZYCHA in ČERNÝ, 1989). Kořenovník vrstevnatý působí červenou hnilobu dřeva. Z infikovaných kořenů se hniloba šíří střední vyzrálou částí dřeva do báze kmene. Smrky napadené v mládí mohou zdánlivě dobře přirůstat, a to i navzdory tomu, že báze kmene je zničená hnilobou. Ke škodám vzniklým hnilobou kmene, která vede ke znehodnocení dříví, musíme přičíst i vyšší riziko vývrátů nebo zlomů vzniklých hnilobou kořenů. Jedinec se také stává náchylnější k infekci dalšími parazity (SOUKUP 2011).

3.6.2. Václavka smrková

Václavka smrková je v České republice nejrozšířenější a nejškodlivější zástupce kosmopolitně rozšířeného rodu *Armillaria*. Vyskytuje se na celém území České republiky a podílí se na rozkladu dřeva kořenů, pařezů a padlých kmenů smrku. Jedná se o saproparazitickou dřevokaznou houbu, která přirozeně parazituje na přestárlých nebo oslabených jedincích. Největší poškození václavka působí na nepůvodních porostech smrku obzvláště na živných a méně kyselých stanovištích (ČERNÝ 1989). Václavka smrková parazituje také na ostatních jehličnanech obzvláště na jedli bělokoré (*Abies alba* (Mill.)) a omezeně i na listnácích. Způsob šíření je podobný šíření kořenovníku. Mycelium napadá kořenový systém, který nezdávka bývá poškozen zejména suchem. Běžně má napadení václavkou chronický průběh. Pod kůrou se tvoří bělavé blanité podhoubí (*syroccium*). Hniloba kořenů omezuje přísun vody a živin a dřevina ztrácí asimilační aparát. V dospívajících a vyzrálých porostech napadených václavkou se tvoří typické lahvovité rozšíření pařezové části kmene. Václavka působí bílou hnilobu, konzumuje tedy lignin i celulózu a postupně vzniká ve spodní části kmene dutina. Stabilita stromu je tudíž v kombinaci s hnilobou kořenů výrazně narušena (SOUKUP 2005).

3.6.3. Možnosti ochrany před dřevokaznými houbami

Možnosti ochrany porostů před oběma zmíněnými dřevokaznými parazitickými houbami zahrnují především lesopěstební opatření. Zamezení růstu škod na dřevě je v případě zjištění těchto hub možné pouze urychleným vytěžením zasaženého porostu. Mezi tato lesopěstební opatření patří především omezení výsadby smrku na nepůvodních lokalitách a nahrazení smrku listnatými dřevinami. V případě kořenovníku vrstevnatého se doporučuje zvýšit spon, čímž se omezí četnost probírek, a tím i počet pařezů, které jsou řeznou plochou snáze infikovány a následně slouží jako zdroj infekce.

Souhrnně je doporučováno snížit obmýtí na 70–75 let (ČERNÝ 1989) nebo i pod 70 let (SOUKUP 2011) a důsledný výběr napadených stromů. Obě tyto parazitické dřevokazné houby narušují statickou stabilitu stromů, které jsou poté snadno vyvraceny větrem (ČERNÝ 1989), a stávají se také jednou z hlavních příčin trvalých nahodilých těžeb ve smrkových porostech (HAŠEK *in* ČERNÝ 1989). Obrányschopnost napadených stromů je značně snižena, a proto mohou být napadeny dalšími biotickými škůdci. Mělký kořenový systém smrku je také náchylný k poranění, které může vést k infekci sekundárními houbovými parazity, proto je nutné se tohoto poškození vyvarovat (SOUČEK, TESAŘ 2008).

3.7. Ohrožení zvěří a myšovitými hlodavci

Významným faktorem ohrožujícím jehličnaté monokulturní porosty jsou škody způsobené zvěří (MÍCHAL *et al.*, 1992). Vysoké stavy zvěře, které by se daly označit za trvalé přemnožení se i přes rostoucí počty odlovených kusů nedaří snížit (MZe 2018). Zvěř v monokulturních jehličnatých porostech vytváří velký tlak zejména na listnaté dřeviny a prakticky znemožňuje jejich přirozenou obnovu. Největší škody na lesních porostech způsobuje zvěř jelení, mufloní a sika případně i zvěř daňčí (ŠRŮTKA *et al.* 2009).

Škody zvěří můžeme rozdělit následovně:

- Okus – poškození pupenů jelení, srnčí zvěří a zajíci
- Ohryz – poškození kůry v zimním období hlavně jelení zvěří. Stromy jsou v zimní dormanci, kůra se tudíž neodlupuje ve velkých pruzích, pro zvěř je pracnější kůru odstranit.
- Loupání – poškození kůry v letním období hlavně jelení zvěří. Stromy jsou v míze a při napadení zvěří dojde k vytrhnutí (odloupnutí) většího pruhu kůry. Je nebezpečnější, než ohryz.
- Vytloukání – poškození dřevin při zbavování se lýčí z paroží srnčí a jelení zvěří

Spásání zvěří se velkou měrou soustředí na druhy, které se v okolí nevyskytují ve velkém množství a také na druhy, které jsou pro zvěř atraktivní. Při ohryzu a loupání se zvěř zaměřuje na mladší jehličnaté porosty, zejména druhé věkové třídy (ŠRŮTKA *et al.* 2009). Přirozené zmlazení i výsadba listnatého druhu, ale také jedle (POLENO *et al.* 2009), proto v jehličnatém porostu představuje chutný a lákavý cíl zvěře. Tlak zvěře se koncentruje především na jedince do výšky jednoho a půl metru. Přesto zvěř překonává

i tuto hranici. Zásadní ohrožení představuje spasení terminálního pupenu, které vede k retardaci výškového přírůstu až k jeho úplnému zastavení (MOTTA 2003). Takto opakovaně poškozovaný jedinec často vůbec nemá možnost tlaku zvěře odrůst.

Mechanické poškození zimním ohryzem a méně častým letním loupáním jelení zvěří vede k napadení sekundárními parazitickými dřevokaznými houbami. Podle inventarizace lesů 1970 je přibližně 80 % stromů z celkového počtu zvěří poškozených smrků napadeno hnilobou (ČERNÝ 1989).

Myšovití hlodavci působí škody zejména v mlazinách a kulturách. Nezřídka se vyskytuje poškození na výsadbách. Škody se charakterizují jako ohryz. Poškození se soustředí na kořeny a spodní část kmene. Škody působené hlodavci jsou početnější v částech porostu, které sousedí s nelesní půdou.

3.8. Ochrana proti zvěři a myšovitým hlodavcům

Možnost řešení, která se nabízí jako první, je zvýšení počtu odlovených kusů. Přesné zjištění skutečných stavů zvěře a stanovení počtu kusů, které se musí odlovit, je však velmi obtížné. Je proto nutné vysázené stromky (obzvláště listnaté dřeviny a jedli v jehličnaté monokultuře) zabezpečit proti vlivu zvěře. Možnosti biologické ochrany zahrnují vysazování vitálního sadebního materiálu, který rychle odrůstá vlivu zvěře, vysázení krycích i okusových dřevin, případně podle možností podpora plodonosných dřevin a náletu za cílem zlepšení vyživovacích možností zvěře v porostu. Chemická ochrana je do jisté míry možná s použitím repelentů. Celoplošné použití je problematické, přednostně z finančních důvodů (KRÍSTEK *et al.* 2002). Relativně nejspolehlivější metodou ochrany je celoplošná mechanická ochrana pomocí oplocenky. Ochrana proti hlodavcům je možná s použitím individuálních ochran. Zvláště vhodný je úklid hromad těžebních zbytků na zalesňovaných holinách, které hlodavcům poskytují úkryt.

3.8.1. Možnosti plošné mechanické ochrany

Nejběžnější je použití mechanické ochrany, a to především oplocenky v případě velkoplošných výsadeb. Volba dimenzí oplocenky závisí na druhu zvěře, před kterou se výsadba chrání (a s tím spojené velikosti ok pletiva), a možné výšce sněhové pokrývky. Výška oplocení zpravidla nepřesahuje 2–2,5 m (ŠRŮTKA *et al.* 2009). Při vysoké sněhové pokrývce je možné, že velká oka v horní části lesního pletiva nebudou

představovat například pro zajíce dostatečnou překážku. V horských podmínkách je nutno oplocení dimenzovat tak, aby odolalo povětrnostním vlivům. Proti černé zvěři se přidává vodorovná tyč při zemi, aby se zabránilo podlezení. Jedná se o nepřilíš estetické řešení s vysokými finančními náklady a časovou náročností na výstavbu a udržování. Oplocenka však dokáže při správné volbě parametrů relativně nejlépe ochránit výsadbu před vysokými stavy zvěře (KŘÍSTEK *et al.* 2002).

3.8.2. Možnosti individuální mechanické ochrany

Uplatnění individuální ochrany je efektivní především při maloplošných výsadbách cenných listnatých dřevin, prosadbách, podsadbách a liniových výsadbách. Prakticky je to v případech, kde se nevyplatí budování oplocení vzhledem ke tvaru obnovované plochy, případně k nízké hustotě výsadby. Individuální mechanické ochrany zahrnují perforované a neperforované plastové tubusy, oplůtky. V lesních výsadbách se používá především neperforovaných plastových tubusů.

Původně byly chrániče vyvinuty pro dub, ale lze je využít pro většinu okrasných a cenných dřevin. Využití chráničů pro buk je spjato s volbou vhodného stanoviště, kterou se předejde deformacím uvnitř tubusu. Podmínky v neperforovaném plastovém tubusu lze přirovnat ke skleníku. Je v nich nižší intenzita světla, vyšší vzdušná vlhkost a teplota. Nižší výměna vzduchu zapříčiní nižší koncentraci CO₂ uvnitř tubusu, což vede ke snížení míry fotosyntézy. Tubus chrání jedince do jisté míry před slabými pozdními mrazíky. Na úkor tloušťkového přírůstu je stimulován výškový přírůst. Je narušen příznivý poměr mezi výškou a tloušťkou, stejně jako poměr mezi nadzemní částí jedince a kořeny, a to ve prospěch nadzemní části. Disproporce se postupně vyrovnají poté, co jedinec odroste ochrannému tubusu.

Vzhledem k výškovému dosahu vysoké zvěře je vhodné používat tubusy vyšší než 1,5 m. Chránič je opatřen opěrnými kolíky, které zajišťují jeho stabilitu, lze jej posouvat, a tím umožňuje kontrolu a péči o stromek. Je možné chránič posunout výše po kolíku a prodloužit tak dobu ochrany před vysokou zvěří, chránič ovšem nezakrývá kořenový krček, který může být napaden hlodavci, a také nedochází k vyrovnání tloušťkového přírůstu (BARTOŠ, JURÁSEK 2012). Spodní okraj chrániče je upevněn v půdě a chrání jedince před myšovitými hlodavci (JURÁSEK *et al.* 2008). Účinnost plastových tubusů je podmíněna použitím sadebního materiálu vyšších dimenzí a jeho perfektním zdravotním stavem. Zvláště odrostky jsou již při výsadbě prakticky odrostlé

tubusu a po překonání šoku z výsadby podněcují tloušťkový přírůst a rozvoj koruny. Standardní sazenice naproti tomu nejsou schopny dostatečně rychle odrůst vlivu tubusu, který po samovolném rozpadu stabilizačních kúlů může sadební materiál poškodit (KUNEŠ, BALÁŠ 2009). V horských podmínkách se doporučuje odrostky vyvazovat nejlépe dvěma úvazky. Předejde se tak kontaktu s chráničem a riziku vzniku deformací (BALÁŠ, KUNEŠ 2010). Je vhodná kombinace tubusu s dalšími prvky ochrany, například repelentním ošetřením terminálního pupenu u jedinců, kteří odrostli chrániči (BALÁŠ, KUNEŠ 2010). Chrániče je možné odstranit, když jedinec dosáhne statické stability vyrovnáním štíhlostního kvocientu (JURÁSEK *et al.* 2008).

3.9. Ohrožení suchem

Důsledkem sucha dochází k vadnutí květů, výhonů a listů (jehlic), prosychání korun, předčasný opad asimilačních orgánů, poškození kořenového vlášení, zpomalený růst, postupné snižování až ztráta odolnosti a v krajních případech odumření stromu, nebo i celých porostních skupin (SKUHRAVÝ 2002). Suchem trpí nejdříve porosty na jižních a jihozápadních expozicích, na strmých svazích a vysoce propustných půdách tvořených především písky a půdy skeletovité. Mladé porosty bývají k suchu náchylnější než porosty starší (VICENA 2002). Nejvíce suchem ohrožovaná dřevina je právě smrk. Dřeviny odolné suchu jsou například akát, dub, modřín, douglaska, habr.

Právě sucho je vedle větrných kalamit hlavním předpokladem populační gradace dřevokazného a podkorního hmyzu (LUBOJACKÝ *et al.* 2016).

V předběžné zprávě ČHMÚ bylo uvedeno, že rok 2018 byl extrémně suchý. Roční srážkový úhrn (522 mm) činil pouhých 76 % normálu 1981–2010. Současně byl tento rok i mimořádně teplý. Průměrná roční teplota vzduchu (9,6 °C) byla o 1,7 °C vyšší, než normál 1981–2010. Současně se jednalo o pátý suchý rok v řadě (DAŇHELKA *et al.* 2019).

3.10. Ohrožení hmyzem

Již od roku 2013 můžeme sledovat stále stoupající objem nahodilé těžby způsobenou napadením hmyzem. V roce 2017 bylo vytěženo 5,85 mil. m³ dřeva v nahodilých těžbách označených jako hmyzí (MZe 2019). Dominantní podíl na napadení náleží lýkožroutu smrkovému (*Ips typographus* (L.)) (LORENC *et al.* 2018).

3.10.1. Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.)

Je broukem z čeledi kůrovcovitých. Je jedním ze šesti zástupců tohoto rodu žijících u nás. Lýkožrout je typickým sekundárním škůdcem, který prvně napadá čerstvě vytěžené smrkové dříví, polomy a fyziologicky oslabené stojící stromy. Zdravé smrky napadá při přemnožení, když nenalézá dostatek vhodného materiálu pro založení potomstva (ZAHRADNÍK, KNÍŽEK 2007). Lýkožrout smrkový je stejně jako lýkožrout severský *Ips duplicatus* (Sahlberg) a lýkožrout lesklý *Pityogenes chaco-graphus* (L.) řazen mezi kalamitní škůdce (vyhláška č. 101/1996 Sb.).

3.10.2. Životní cyklus a strategie

Brouci po přezimování v půdě nebo pod kůrou stromů opouštějí zimoviště a za příznivých denních teplot v rozmezí 18–20 °C a po několikadenní fázi dospívání jsou připraveni k náletu na stromy. U kůrovců se v průběhu evoluce vyvinul účinný prostředek k překonání obranných mechanismů stromů – agregační feromon. U lýkožrouta smrkového na stromy nalétají prvně tzv. pionýrstí brouci. Možné jsou dvě teorie. Podle první brouci dávají přednost oslabeným stromům, které díky změnám v lýku uvolňují primární atraktanta a lákají samce, kteří po náletu na strom začnou produkovat agregační feromony, které přilákají další brouky. Podle druhé teorie je nálet brouků na vyhovující stromy rovnoměrný. Méně odolné stromy však nejsou schopny zahubit pionýrské brouky, kteří začnou produkovat agregační feromony a způsobí hromadný nálet na daný strom. Lýkožrout nalétá přednostně na stromy ve smrkových porostech nad 60 let, a to především na osluněných porostních stěnách (často jižní až jihozápadní expozice). Patrně z tohoto důvodu jsou husté porosty k napadení lýkožroutem odolnější než porosty rozvolněné. Lýkožrout smrkový obývá střední a spodní část kmenů (SKUHRAVÝ 2002). Na stojící zelené stromy zahajuje nálet na rozhraní suchých a zelených větví. Následně se šíří směrem k oddenku i vrcholu, přičemž se zpravidla vyhýbá dříví do 10 cm tloušťky (ZAHRADNÍK, KNÍŽEK 2007). Doba náletu se liší podle nadmořské výšky a průběhu počasí. V nízkých polohách za příznivých teplot mohou začít nálety již kolem poloviny dubna. S rostoucí nadmořskou výškou a klesající teplotou se nálet oddaluje až na konec května. Masivní rojení brouků nastává ve dnech, kdy denní teplota přesáhne 20 °C a noční teplota neklesá pod 10 °C (SKUHRAVÝ 2002).

3.10.3. Faktory ovlivňující kalamitní výskyt lýkožrouta smrkového

Patrně nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím rozvoj lýkožrouta smrkového je teplota. Značí dobu, kdy lýkožrout začíná nalétávat při jarním rojení na smrky a urychluje vývoj larválního stadia. Ve velmi příznivých podmínkách tak lýkožrout během vegetačního období místo jedné generace může vytvořit až tři generace, případně také je podníceno sesterské rojení (SOUKUP 2002). Vysoké teploty tudíž zejména v jarních a letních měsících tvoří příhodné podmínky pro vznik kalamity. Druhým důsledkem vysokých teplot je riziko nízkého zásobení porostu vodou a následné ohrožení smrku suchem, při kterém klesá turgor uvnitř stromu. Strom je během přísušků náchylnější k napadení hmyzem (PFEFFER 1961). Kůrovcové kalamity jsou také úzce spjaty s větrnými a sněžnými polomy. Populace lýkožrouta se namnoží na vhodné dřevní hmotě a vniklá silná populace může napadat i porosty v blízkosti polomu, které nebyly větrem poškozeny (SOUKUP 2002). Narušení zdravotního stavu, které vede k nárůstu kůrovcové populace, je z podstatné části ovlivněno globálními vlivy. Negativní vliv mají na odolnost lesa imise, kyselá deště, změna chemismu půdy a změny klimatu.

Ve většině případů je kalamita způsobena součinností více faktorů. Je-li kupříkladu gradace kůrovce následována gradací jeho přirozených predátorů a parazitoidů může být kalamita do jisté míry omezena

3.10.4. Současná kůrovcová kalamita

Vlivem kombinace různých aspektů v našich lesích vznikl stav, který by se dal nazvat jako přetrvávající kalamita. Vznik tohoto stavu je uváděn do roku 2003. Dle ZAHRADNÍKA a ZAHRADNÍKOVÉ (2018) můžeme současnou kalamitu rozdělit do tří etap:

První etapa

Proběhla v letech 2003–2004. Kalamita vznikla na základě velmi suchého roku 2003 a uvedený objem nepřekročil 4 mil. m³.

Druhá etapa

Započala rokem 2007 a příčinou byly polomy způsobené orkánem Kyrill z 19. ledna 2007. Následkem orkánu bylo vytěženo cca 10 mil. m³ dříví. Následoval orkán Emma 1. a 2. března 2008. V důsledku naplnění a vytížení těžební kapacity, nebylo dříví na všech lokalitách odklizeno včas, což vedlo k nárůstu dalšího kůrovcového dříví. V následujících letech se objemy kůrovcových těžeb snižovaly.

Třetí etapa

Datuje se od teplotně extrémního a výjimečně suchého roku 2015 do současnosti s nepříliš dobrými šancemi na zlepšení situace. Roky 2017 a zejména rok 2018 byly opět srážkově chudé a velmi teplé. Celkové vymezení objemů v kalamitách je nepřesné. Buď byly kůrovcové těžby zaevidovány jako poškození suchem nebo václavkou (jako primárním činitelem) i v případě, že byly napadeny kůrovci, anebo nebyla k dispozici příslušná data. Nahodilou těžbou bylo z důvodu napadení hmyzem v roce 2017 zpracováno přibližně 5,8 mil. m³ (MZe 2018). Na rok 2018 je predikován objem na 10–12 mil. m³. Z důvodu nedostatku pracovníků a techniky byly veliké objemy dříví asanovány pozdě, popřípadě ani mnohé kůrovcové stromy nebyly včas objeveny. Dalším hlediskem byl pokles ceny dříví. Proto neasanované nebo špatně asanované dřevo mnohdy zůstávalo v lesích nebo jeho blízkosti. Tyto socioekonomické faktory mají přednostní vliv na přetrvávání kalamity (ZAHRADNÍK, ZAHRADNÍKOVÁ 2018). Podle autorů ZAHRADNÍK, ZAHRADNÍKOVÁ (2018) je také nevyhovující organizace práce, která by se měla soustředit na včasné vyhledání vytěžení a asanování kůrovcových stromů a současná legislativa, která neumožňuje asanaci kůrovcového dříví drobným vlastníkům lesa vlastními silami.

3.11. Objem nahodilých těžeb

V následující tabulce (obrázek 1) jsou uvedeny objemy nahodilých těžeb podle druhu (příčiny vzniku). Objemy jsou pouze orientační, jelikož se příčiny těžeb mohou kombinovat a doplňovat.

Rok	Nahodilá těžba				
	živelní	exhalační	hmyzová	ostatní	celkem
2007	12,65	0,04	1,56	0,64	14,89
2008	7,60	0,03	2,32	0,80	10,75
2009	3,25	0,03	2,62	0,73	6,63
2010	4,08	0,02	1,79	0,57	6,46
2011	2,17	0,02	1,05	0,58	3,82
2012	1,70	0,02	0,79	0,73	3,24
2013	2,28	0,02	1,05	0,90	4,25
2014	2,46	0,02	1,13	0,92	4,53
2015	4,39	0,02	2,31	1,43	8,15
2016	2,64	0,03	4,42	2,31	9,40
2017	4,35	0,02	5,85	1,52	11,74

Obrázek 1 Objemy nahodilých těžeb podle druhu v letech 2007–2017 (výstřižek ze Zelené zprávy) Pramen: ČSU (MZe 2018)

3.12. Dílčí závěr problematiky jehličnatých porostů

Z popsané problematiky je patrné, že je nutné porosty tvořené pouze jehličnatými dřevinami obohacovat o příměs listnatých dřevin. Listnatá složka porostu často zabezpečuje meliorační funkci a zlepšuje půdní podmínky. Rozdílnou morfologií kořenového systému zpevňuje půdy, na kterých se porost nachází. Její příměs dokáže snížit potenciální ohrožení porostů větrem. Menší podíl jehličnatých dřevin nemusí tvořit vhodné podmínky pro gradaci biotických škůdců. Vyšší druhová rozmanitost stromového, keřového i bylinného patra může nabízet dostatečnou potravní paletu pro zvěř, a proto může být dosaženo snížení škod na produkčních dřevinách.

Jednou z možností vnášení listnaté příměsi do jehličnatých porostů je použití vyspělého sadebního materiálu.

3.13. Charakteristika poloodrostků a odrostků nové generace

Podle technických předpisů určuje standardy sadebního materiálu ČSN 48 2115

Sadební materiál lesních dřevin následovně:

- Sazenice je rostlina vypěstovaná ze semenáčku nebo vegetativním množením, u níž byl kořenový systém upravován (přepichováním, školkováním, podřezáváním kořenů, přesazením do obalů nebo zakořeňováním náletových semenáčků) s nadzemní částí o výšce do 50 cm.
- Poloodrostek je sadební materiál, který byl vypěstován zpravidla dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů, přesazováním do obalů, nebo kombinací těchto operací, s nadzemní částí o výšce 51–120 cm a s případně tvarovanou korunou.
- Odrostek je sadební materiál vypěstovaný minimálně dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů, přesazením do obalů nebo kombinací těchto operací, s nadzemní částí o výšce 121–250 cm a proběhlo u něj tvarování koruny.

Poloodrostky a odrostky nové generace jsou prostokořenné poloodrostky a odrostky listnatých dřevin, u kterých proběhla minimálně dvakrát úprava kořenového systému a to podřezáním ve fázi sazenic a ručním stříhem před školkováním (BALÁŠ *et al.*, 2018a). Odrostky nové generace dosahují většinou výšek 121–180 cm, pohybují se tak ve spodní polovině rozsahu stanoveného zmiňovanou normou. Po školkování je

upravena nadzemní část. Jsou odstraněny kosterní větve, které narušují dominanci terminálního pupenu. Je tak zajištěna průběžnost kmínku.

Pojmenování poloodrostky a odrostky nové generace (PONG) sleduje změnu priorit pěstování tohoto sadebního materiálu. PONG mají takové parametry kořenového systému, aby byla umožněna jeho výsadba do motomanuálně hloubených jamek nejčastěji průměru 20 cm (BURDA *et al.* 2017). Kořenový systém je koncentrován pod rostlinou v ose kmene a má dostatečný podíl jemných kořenů. U sadebního materiálu musí být zachován příznivý poměr podzemní a nadzemní části. Dle ČSN 48 2116 *Umělá obnova a zalesňování* lze PONG zařadit mezi poloodrostky a odrostky pěstované s koncentrovaným kořenovým systémem (BALÁŠ *et al.* 2018a).

3.13.1. Uplatnění odrostků a poloodrostků

Sadebním materiálem vyšších dimenzí je v určitých podmínkách vhodné nahradit semenáčky nebo sazenice, běžně používané při obnově lesa. Výsadba odrostků není však univerzální a všude vhodná metoda. Jedná se spíše o doplňkovou výsadbu, která se často kombinuje se sadebním materiálem běžných rozměrů (KUNEŠ, BALÁŠ 2009). Použití PONG je ekonomicky a technologicky odůvodnitelné pouze v podmínkách, při kterých je použití klasického sadebního materiálu nedostačující. Souhrnně můžeme uvést následující lokality, ve kterých je použití PONG opodstatněné (BALÁŠ *et al.*, 2018b):

- živná stanoviště nebo zalesňované zemědělské půdy, kde je obnova ohrožena silným tlakem buřeneš.
- vylepšení výsadeb, provedených běžnými technologiemi, zejména na rozsáhlých kalamitních holinách
- podsadby a prosadby při rekonstrukci porostů náhradních dřevin
- vnášení melioračních a zpevňujících dřevin do kultury vzniklé přirozenou obnovou
- obohacování druhové skladby jehličnatých monokulturních porostů
- lokality pod vlivem extrémních klimatických faktorů, zejména mrazu a větru
- liniové výsadby
- výsadby se zvýšeným požadavkem na stabilizační funkci
- lokality, kde opakovaně nebylo dosaženo obnovy

BALÁŠ *et al.* (2016) uvádějí příklad použití vyspělého sadebního materiálu pro obohacování druhové skladby na stanovištích přirozených borových porostů (CHS 13). Na méně extrémních stanovištích tohoto souboru je žádoucí uplatnit vyhláškou č. 298/2018 Sb. stanovený minimální 5–30% podíl melioračních a zpevňujících dřevin při obnově porostu. Vnášení listnaté příměsi do porostů je umožněno dobrou prostupností světla korunami borovic. V porostech, které byly předmětem zmiňovaného výzkumu (BALÁŠ *et al.* 2016), bylo odrostků listnatých dřevin použito pro výsadbu do malých porostních mezer vzniklých sněhovým polomem, které lze interpretovat jako prosadbová centra.

Patrně nejčastější uplatnění odrostků bude při zalesňování stanovišť se silným vlivem buřeneš. Předně to je zalesňování zemědělských půd a starých silně zabuřenělých holin. Použití PONG se v porovnání se sadebním materiálem běžných dimenzí vyznačuje nižší mortalitou, čímž lze dosáhnout nižšího počtu vysázených kusů na hektar při obnově porostu. Výsadba a závěrečná podoba obnovovaného porostu však musí být v souladu s vyhláškou č. 139/2004 Sb.

3.14. Způsob výsadby

3.14.1. Motomanuální jamková sadba

Jamková příprava půdy je prováděna vrtákovými půdními jamkovači. Navzdory mechanizaci procesu výsadby a faktu, že vrtáky pronikají hluboko do půdy, nemají žádné zásadní nepříznivé ekologické důsledky. Vrtáky působí pouze bodově a při motomanuálním vrtání jamky nedochází k utužení půdy tlakem stroje nesoucím jamkovače. Pracovními nástroji jamkovačů jsou vrtáky:

- Spirálové – půdu z jamky vynášejí a odkládají na okraj jamky. Jsou vhodné pro výsadbu obalovaného sadebního materiálu.
- Srdčité – půdu prokypří a promísí, ale nevyzvedají z jamky. Jsou vhodné k výsadbě prostokořenného sadebního materiálu.

Podle konstrukce můžeme jamkovače rozdělit následovně (BALÁŠ 2016):

- Jamkovač nesený na tříbodovém závěsu traktoru, nebo obdobného vozidla
- Jamkovač nesený na hydraulickém jeřábu různých typů motorových vozidel
- Ruční pojízdný jamkovač, nesený na konstrukci s předním kolem
- Ruční jamkovač přenosný (jednomužný, dvoumužný)

Jamkovače jsou použitelné na jakýchkoliv půdách s výjimkou půd s výskytem velkých kamenů, které by mohly vrták poškodit. Jamkovačů je vedle výsadby možno použít při hloubení jam například pro kůly oplocenky. Použití jamkovačů je principiálně chápáno jako mechanizovaná příprava půdy. Přestože součástí ručních jamkovačů není žádný sázecí mechanismus, jamkovače nahrazují ruční práci při hloubení jamky. Proto lze práci s jamkovači považovat za mechanizovaný způsob výsadby sazenic (POLENO *et al.* 2007). Podle dosavadních zkušeností je možné do jamek vrtaných spirálovým vrtákem a ručním přenosným jednomužným jamkovačem sázet téměř jakýkoliv sadební materiál, dimenzovaný na příslušnou velikost vrtáku. Rozměry přednostně vyhovují parametrům kořenového systému PONG, které jsou s tímto záměrem pěstovány (BALÁŠ *et al.* 2018a). Výměnou vrtáku je možné upravit rozměry jamky pro konkrétní dimenzi sadebního materiálu.

3.14.2. Aspekty a specifika použití jamkovačů

Mezi hlavní přednosti vrtaných jamek patří jejich uniformnost. Jediný parametr, který se může lišit nezávisle na úsilí pracovníka je hloubka jamky, kterou často ovlivňuje obsah kořenů nebo kamenů v půdě. Pro použití na jílovitých půdách mohou být na vrták po stranách navařeny trojúhelníkovité výstupky, které omezí ohlazení stěny jamky. Je tak dosaženo snazší prostupnosti půdy pro kořeny a v kombinaci se správným postupem výsadby je riziko tvorby deformací kořenového systému oproti ostatním sadebním postupům relativně nejnižší (BALÁŠ *et al.* 2018a).

Náročnost vrtání jamky ovlivňují vlastnosti půdy, zejména přítomnost skeletu, dále to je výskyt kořenů a buřeně. Vrtání je naopak snazší v zrnitostně lehkých nepřipravovaných půdách. Obecně platí, že větší průměr vrtáku zpomaluje vrtání, ale vliv na rychlost je oproti půdním vlastnostem nižší.

Úroveň povrchu půdy v jamce po jejím zasypání je níže než okolní terén. Tento jev je žádoucí z hlediska stékání vody do jamky. Na zamokřených stanovištích je naopak žádoucí, aby byl povrch půdy v úrovni terénu nebo mírně nad ním, aby se stagnující voda v jamce nehromadila.

Celková provozní hmotnost jamkovače se pohybuje v rozmezí 13–18 kg. Obsluha jamkovače je tedy náročná hlavně na fyzickou sílu pracovníka. V pracovní skupině, která může v závislosti na optimalizaci práce obsahovat až 5 pracovníků, je vhodné, aby se obsluha jamkovače střídala (BALÁŠ *et al.* 2018a). V porovnání s ostatními metodami

výsadby je vrtání, při vhodné organizaci práce až několikanásobně rychlejší a při dodržení pracovního postupu nedochází k deformacím kořenového systému sadebního materiálu (BALÁŠ *et al.* 2016).

3.14.3. Ruční sadba

Jamková sadba

Jamková sadba představuje nejběžnější a nejpoužívanější způsob zalesňování. K vyhloubení jamky se používá sekeromotyka. Tento postup výsadby je vysoce fyzicky náročný, kvůli ergonomicky nevhodné poloze při kopání jamky a vysoké námaze horních končetin. Umožňuje ovšem výsadbu jakéhokoliv sadebního materiálu. Jamka skýtá velké množství možností úpravy rozměrů pro potřebu konkrétního sadebního materiálu a podmínek stanoviště, která musí vždy proběhnout tak, aby nedocházelo k deformacím kořenového systému. Rozměry jamek se mohou různit od velikosti 25 × 25 cm pro výsadbu semenáčků a sazenic do velikosti 80 × 80 cm pro odrostky všech dřevin (BALÁŠ *et al.* 2018b). Nepopíratelnou výhodou ruční sadby jsou nízké pořizovací náklady a téměř nulové provozní náklady ručního nářadí (BALÁŠ *et al.*, 2016).

Štěrbínová sadba

Štěrbínová sadba se provádí jednoduchým kovovým sazečem. Jedná se o rychlou, ne příliš náročnou metodu, při které nedochází k narušení půdních horizontů. Sazečem je ovšem při tvorbě štěrbiny půda zhutněna a uhlazena, a stává se tak hůře proniknutelnou pro kořeny sazenic. Štěrbiny mají malý a pro většinu dřevin nevyhovující tvar. Při výsadbě dochází k deformacím jemných kořenů a je nemožné rozprostřít kořeny v malém prostoru štěrbiny. Lze ji upotřebit pro menší sazenice s vertikálně uspořádaným kořenovým systémem. Vhodné je použití zejména na lehkých půdách. Všeobecně je uváděna, jako nežádoucí způsob výsadby, ale praktikuje se pro menší náročnost a náklady.

3.15. Problematika zalesňování specifických a degradovaných stanovišť

3.15.1. Charakteristika stanoviště bývalé pískovny

Povrchová těžba nerostných surovin je v některých oblastech České republiky významným fenoménem ovlivňujícím podobu krajiny, zejména charakter reliéfu.

Nejvyšších objemů dosahuje těžba hnědého uhlí, stavebního kamene a šterkopísku (STARÝ *et al.* 2018).

Šterkopísky jsou směsi šterku o velikost zrna 2–128 mm a písku o velikosti zrna 0,063–2 mm (STARÝ *et al.* 2005). V České republice je naprostá většina ložisek kvartérního, fluvialního původu. Průmyslově využitelná ložiska jsou soustředěna především v povodí větších řek (STARÝ *et al.* 2005). Mezi tradiční oblasti těžby písku se řadí především východní a střední Polabí, moravské úvaly a jihočeské pánve.

3.15.2. Rozdíly lesních a nelesních půd

Zásadní rozdíl mezi lesní a nelesní půdou spočívá v obsahu humusu. Organické látky v nelesních půdách jsou velmi rychle rozkládány a následně uvolňovány nebo vyplavovány. Obecně je v nelesních půdách obsah humusu nízký (VEVERKA *in* PRAUSOVÁ *et al.* 2009). Klíčovým faktorem tvorby nadložního humusu je vedle původního typu také vegetace. Zásadní vliv má druh dřeviny. Nově založený porost ovlivňuje vývoj půd, na jedné straně je zdrojem organických látek a na druhé straně je podstatným odběratelem živin. Lesní dřeviny jsou výraznou determinantou formování humusových forem i celkové pedogeneze. Jednostranné nároky dřevin na živiny by měly být zohledněny při volbě stanoviště a navrhování porostní směsi (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2008a). Vhodný výběr dřeviny při zalesnění ovlivňuje vývoj půd i následný zdravotní stav výsadby. Nejmarkantnější rozdíl vlivu dřevin na půdy je mezi jehličnatými a listnatými dřevinami, a to především v obsahu rozložitelných látek. Listnatý opad se v prvním roce rozkládá rychleji než jehličnatý, ale v dalších letech je už rozklad pomalejší (PRAUSOVÁ *et al.* 2009).

3.15.3. Vliv dřevin na vývoj lesních půd

Autoři PODRÁZSKÝ, PROCHÁZKA (2009), kteří hodnotili charakter humusových forem a rychlost obnovy lesního půdního prostředí pod porosty smrku a břízy v podmínkách hospodářského souboru 57 – hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh, došli k závěru, že značné množství nadložního humusu akumulovaly porosty již v polovině obmýtlí a souhrnně měla přítomnost listnaté složky pozitivní dopad na tvorbu humusových horizontů i jejich pH. Podobný výzkum proběhl v Orlických horách. PODRÁZSKÝ, REMEŠ (2008b) potvrdili příznivější vliv buku na půdu, oproti smrku. Další podobný výzkum uskutečnili PODRÁZSKÝ *et al.* (2009) v oblasti ŠLP Kostelec nad Černými lesy, kde byl opět prokázán příznivý vliv břízy na půdní prostředí.

Půdotvornou rolí introdukovaných dřevin se zabývali PODRÁZSKÝ, REMEŠ (2008a). Vyhodnotili jedli obrovskou (*Abies grandis* (Lindl.)) a douglasku tisolistou (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.)) jako dřeviny s bohatším a méně kyselým opadem v porovnání se smrkem ztepilým. Na druhé straně byly jedle a douglaska označeny jako dřeviny velmi náročné na živiny, což se projevilo deficitem živin v půdě. Borovice vejmutovka (*Pinus strobus* (L.)) byla vyhodnocena jako dřevina s poměrně chudým a kyselým opadem výrazně vyčerpávající půdu.

Při zalesňování zemědělských či degenerovaných půd je třeba zakládat porosty složené ze směsi různých (jehličnatých i listnatých) dřevin, které odpovídají daným stanovištním podmínkám. Prioritní postavení by měly mít dřeviny přirozené druhové skladby, které přispívají k utváření lesního prostředí. Současně tyto dřeviny tvoří základ ekologické stability zakládaných kultur (PRAUSOVÁ *et al.* 2009).

3.15.4. Ekologické aspekty zalesnění

Při výběru lokality k zalesnění je potřeba posoudit nelesní pozemky z mimoprodukčních hledisek. Některé biotopy vyskytující například na okrajích lesů jsou ekologicky ceněné pro jejich vysokou biodiverzitu. Výskyt zvláště chráněného druhu podle zákona znamená povinnost tento druh neohrožovat na existenci jakoukoliv činností. Zalesnění může výskyt druhů fixovaných na specifické stanovištní podmínky ohrozit jejich změnou. Z hlediska vegetačních poměrů je vhodné zalesňovat zemědělsky využívané plochy, jejichž využívání není rentabilní (PRAUSOVÁ *et al.*, 2009). Zalesnění plochy, která by mohla být rekultivována na zemědělsky využitelnou půdu nízké výnosnosti, je vhodnější, a to i z ekologického hlediska (ŘEHOUNKOVÁ, ŘEHOUNEK, 2010). Pro úspěch výsadby a plnění produkčních i mimoprodukčních funkcí musí být při zakládání a pěstební péči respektovány předpoklady ekologické stability zakládaných porostů

3.16. Přirozená primární sukcese

3.16.1. Půdotvorné procesy během primární sukcese

Půdy jsou výsledkem spolupůsobení klimatu, organismů, matečné horniny (matečného substrátu), topografie, času a působení člověka (JENNY 1941). V případě pískoven byla půda ovlivněna antropogenními disturbancemi, která odstranila podstatnou vrstvu půdy a odhalila půdotvorný substrát. Primární sukcese je podmíněna absencí půdy, jelikož se jedná o utváření vegetace, která se vzájemně ovlivňuje s podmínkami vznikající půdy.

Vznik a tvorba půdy je pro obnovu stanoviště základním předpokladem. Zásadní význam pro vývoj půd v oblastech po těžbě má akumulace organického uhlíku, který umožňuje činnost mikroorganismů a proces formování půdy. Přestože půdní mikroorganismy představují přibližně jenom 2–4 % půdní organické hmoty, můžeme jejich činnost považovat za hlavní půdotvorný proces (ŠOURKOVÁ *et al.* 2005). Sukcese, která je pevně spjatá s činností půdních mikroorganismů, je na místech narušených těžbou omezena následujícími nepříznivými abiotickými faktory: nedostatek vody a živin, vysoké teploty a jejich kolísání, nekvalitní substrát, půdní eroze větrem a vodou, nestabilní mikrorelief, kolísání hladiny podzemní vody a její pH. Největší podíl na vývoji půd mají klimatické faktory, zejména rovnováha mezi teplotami a dostupností vody. Humidní a aridní klima tvoří rozdílné podmínky pro tvorbu půd a v extrémních případech ji zcela znemožňují společně s existencí rostlin.

3.16.2. Vývoj primární sukcese na vytěžených pískovnách

Bezprostředně po vytěžení šterkopísku spadají plochy do biotopu *X6 – antropogenní plochy se sporadickou vegetací mimo sídla*, přičemž pokryvnost vegetace tvoří méně než 10 %. Přírozenou sukcesí se utvářejí biotopy *T5 – travníky písčin a mělkých půd*. Výskyt těchto biotopů je ohrožen eutrofizací a sukcesí, která vede k zarůstání dřevin a tvorbě porostu (PRAUSOVÁ *et al.* 2009). Dle autorů ŘEHOUNKOVÁ, ŘEHOUNEK (2010) je výsledkem sukcese les, jehož složení bude záviset především na výšce hladiny podzemní vody a okolní vegetaci. V chladnějších regionech se utvoří zapojený les tvořený břízou bělokorou, borovicí lesní, dubem letním a jeřábem ptačím. Tento směr sukcese může být ohrožen náletem invazivních dřevin, zejména trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia* (L.)), který dokáže díky silné alelopatické schopnosti průběh sukcese zvrátit a vytlačit ostatní dřeviny.

Možnost ponechání lokality pískovny spontánní sukcesí je podstatně omezená zákonem č. 44/1988 Sb. (horní zákon), který ukládá organizacím (právníké a fyzické osoby provádějící těžbu nebo průzkum) povinnost sanovat a rekultivovat všechny pozemky dotčené těžbou. Sanací se pro potřeby zákona rozumí odstranění škod na krajině komplexní úpravou území a územních struktur.

3.17. Rekultivace pískoven

Pískovny vytěžené pod hladinou podzemní vody jsou spontánně rekultivovány na jezera antropogenního původu (hydriká rekultivace). Přeměna pískovny na zemědělskou

ornou půdu je většinou z důvodu jejího nedostačujícího produkčního potenciálu nevyhovující. Příznivější je zemědělská rekultivace na louky a pastviny. Lesnická rekultivace oproti tomu představuje nadějně řešení s možností dosažení dobrého produkčního potenciálu. Volbou vhodné dřevinné skladby může být dosaženo plnění i mimoprodukčních funkcí (ŘEHOUNKOVÁ, ŘEHOUNEK 2010).

3.17.1. Sanace

Samotné lesnické rekultivaci předchází sanace (technická rekultivace). Zahrnuje úpravu terénních antropogenních útvarů. Zejména je to odstranění staveb, techniky a úprava terénu. Terénní úpravy probíhají za účelem zvýšení bezpečnosti stanoviště.

Samotná lesnická rekultivace je charakterizována dvěma fázemi. První fáze zahrnuje mechanické a chemické zpracování půdy a vlastní výsadbu dřevin. Druhá fáze zahrnuje pěstební péči: Vylepšování kultur, hnojení, ožínání, ochranu proti zvěři a hmyzu, závlahy a výchovné zásahy (GREMLICA *et al.* 2011).

3.17.2. Půdní úprava při rekultivaci

V rámci technické rekultivace se na stanoviště pískoven často naváží vrstva zeminy s obsahem humusu (nejčastěji je to skryvka). Navezením vrstvy zeminy se do jisté míry kompenzuje skutečnost, že písky jsou velmi chudé na živiny. Na straně dojde eutrofizací ke zničení společenstva přirozené sukcese (ŘEHOUNKOVÁ, ŘEHOUNEK 2010). Půdy takto zavezené získávají charakter antropozemě. Charakter půd je stanoven jednak vlastnostmi původního materiálu a jednak mírou antropogenního mísení a vrstvení materiálu. Půdní vlastnosti se tak mohou měnit i v podmínkách jedné výsadby. Různorodé vlastnosti naváženého materiálu (zejména zrnitostní a chemické) vedou na lokalitě ke tvorbě mikrostanovišť, která se podstatně liší vhodností pro rozdílné dřeviny. Mikrostanoviště s písčitou půdou budou podstatně sušší. Tím pádem budou skýtat vhodné podmínky pro růst borovice. Naproti tomu jílovitá složka bude mít sklony k zamokřování a bude tvořit vhodné podmínky pro růst olše. Pedologický průzkum by proto musel být velmi podrobný, aby jeho výsledků mohlo být použito při plánování zalesnění (BALÁŠ *et al.* 2018b).

Problém malého obsahu živin a zejména dusíku lze řešit aplikací hnojiv s postupným uvolňováním živin, které vede k výraznému zlepšení živinové nabídky pro výsadby. Chemickou rekultivaci je vhodné kombinovat s biologickou, která zahrnuje výsadbu, nebo výsev přípravných porostů.

3.17.3. Přípravné porosty a vlastní lesnická rekultivace

Výsev nebo výsadba přípravných dřevin se provádí na méně exponovaných nebo stabilizovaných místech. Zalesňování svahů nestabilních lokalit by mělo postupovat odspodu vzhůru. V případech, že se do výsadby nedostaví nálet pionýrských dřevin (břízy, olše, jívy, borovice, vrby, keře), je vhodné provést výsev jeřábu nebo břízy. Péče o porost se zaměřuje na zdravotní výběr a proředění přehoustlých částí, aby nedošlo k přeštíhlení, které by zvýšilo riziko poškození mokrým sněhem (VACEK *et al.* 2009).

Ve věku, kdy se porost pionýrských dřevin začíná spontánně prosvětlovat, nebo v něm jsou prováděny maloplošné holosečné zásahy, proběhne výsadba cílových dřevin.

VACEK *et al.* (2009) doporučují se zásahy a výsadbou začít ve věkovém rozmezí 60–70 let pro břízy, osiky a olše a ve věku 30–50 let pro vrby.

V mnoha případech byly na bývalých pískovnách tvořeny monokulturní porosty borovice, popřípadě jiných nepůvodních dřevin. Autoři ŘEHOUNKOVÁ, ŘEHOUNEK (2010) uvádějí dub červený (*Quercus rubra* (L.)) a smrk pichlavý (*Picea pungens* (Engelm.)) pěstovaný v monokulturách. Autoři hodnotí lesnický rekultivované plochy, jako homogenní území s nízkou biodiverzitou a konstatují, jejich vznik likviduje cenné biotopy a organismy vázané na přirozenou sukcesii.

3.17.4. Potenciál využití PONG při rekultivaci pískoven

Přínos použití PONG na degradovaných stanovištích spočívá v tom, že rychleji dosáhne stadia zajištěné kultury. Tím pádem je zkrácena doba, po kterou je nutno o výsadbu pečovat a chránit ji. Teoreticky by mohlo být dosaženo nižších nákladů vynaložených na péči. PONG rovněž dobře poslouží jako kostra porostu, která bude v pokračujících stadiích rekultivace doplněna dalšími druhy dřevin a jinými typy sadebního materiálu (BALÁŠ *et al.* 2018b). Kombinací PONG a sadebního materiálu běžných dimenzí je možné dosáhnout strukturovaného porostu, nebo dvou korunových úrovní, což je vhodný stav pro mísení dřevin s různými nároky na světlo. PONG lze dobře upotřebit ve vnášení příměsí do existujícího porostu (KUNEŠ *et al.* 2017), například jako vnášenou cílovou dřevinu do uvolňovaného porostu přípravných dřevin.

4. Metodika a materiál

4.1. Lokalita Hůrka

Lokalita Hůrka se nachází ve 3. LVS na hranici PLO 10 (Středočeská pahorkatina) a PLO 15a (Jihočeské pánve-část budějovická pánev). Do lesnického typologického systému je lokalita zařazena jako 0G – podmáčený smrkový bor, v místech navážky sedimentu. Ostatní povrch pískovny je zařazen jako 1M – borová doubrava a spadá do CHS 13 – přirozená borová stanoviště (ÚHÚL, 2001b).

Lokalita spadá do oblasti mírného klimatu. Průměrná roční teplota v okolí města Planá nad Lužnicí se pohybuje okolo 8–9 °C. Průměrné roční srážky se pohybují okolo 550 mm (TOLASZ *et al.* 2007). Nadmořská výška výzkumné plochy činí přibližně 400 m. Pokusná výsadba na této lokalitě je umístěna v jihovýchodní části pískovny Hůrka, jež je vzdálena přibližně 1,5 km jižně od města Planá nad Lužnicí a 2 km severně od obce Roudná. Pískovna na západní straně přiléhá k meandru řeky Lužnice. Terén v okolí pískovny je rovinný s mírným úklonem k řece. Na půdě v okolí pískovny nedotčeném těžbou se nacházejí borové porosty s menšími plochami smrkových porostů (BENKOVIČ 2010).

Výzkumné plochy různých druhů dřeviny byly zakládány v několika etapách v letech 2012–2015. Výzkumná plocha zahrnutá v této bakalářské práci sestává z výsadeb odrostků a sazenic dubu letního a lípy srdčité. Výsadba byla založena na podzim roku 2014. Celková plocha pískovny tvoří přibližně 44 ha (Kuneš *et al.* 2017).

4.1.1. Geologické a půdní podmínky lokality Hůrka

Geologické podloží je definováno jako fluviální písek a štěrk středního stupně údolní terasy kvartérního (pleistocenního) původu (ČGS 2019a). Tyto fluviální písky jsou předmětem těžby.

Pozemky pro těžbu písku byly postupně odlesňovány a skrývková zemina byla spolu s materiálem různého původu ukládána ve vytěženém prostoru. Výsypky jsou postupně rekultivovány, zejména dochází k lesnické rekultivaci (LEHEČKA, *in* KUNEŠ *et al.* 2017). Pro finální rekultivaci v jihovýchodní části výsypky, kde se nachází výzkumná plocha,

bylo použito sedimentů z rybníka Jordán v Táboře, kde v letech 2012–2014 probíhalo odbahňování.

Půdní prostředí lokality lze souhrnně charakterizovat jako antropozem. Půdní prostředí se projevuje svojí nejednotnou strukturou a různým poměrem půdních frakcí. I v rámci výzkumné plochy se podstatně liší. Během hloubení výsadbových jamek byly zjištěny různé prvky půdního substrátu od plastických jíílů až po hrubozrnný štěrky. Půdní prostředí je pro růst dřevin nepříznivé. Vlivem jílovité vrstvy a nedostatečného spádu terénu je při vyšších srážkách lokalita výrazně zamokřená. Naopak v období chudém na srážky je půda přeschlá a má sklony k tvrdnutí (BALÁŠ *et al.* 2018b).

4.1.2. Výsadba Planá-Hůrka I

Výsadba dubu letního a lípy srdčité byla založena pro porovnání dynamiky odrůstání sadebního materiálu různých počátečních velikostí. Výsadba je tvořena odrostky nové generace a sazenicemi obou dřevin. Dimenze sadebního materiálu jsou uspořádány v řadách. Výsadba byla založena 11. listopadu 2014 ve sponu 1 × 1,5 m. Sadební jamky byly vyhloubeny použitím jednomužného motorového jamkovače se spirálovým vrtákem. Výsadba je chráněna proti zvěři oplocením. (BALÁŠ *et al.* 2018b).

4.2. Lokalita Kozí Hory

Lokalita Kozí Hory se nachází ve 3. LVS v PLO 10 (Středočeská pahorkatina). Do lesnického typologického systému je lokalita zařazena jako 3S3 – svěží dubová bučina spadající do CHS 43 – kyselá stanoviště středních poloh (ÚHÚL 2001). Lokalita se nachází ve stejnojmenném revíru, přibližně 3 km od obce Kozí Hory a přibližně 2 km od obce Rybníky v okrese Příbram.

Lokalita spadá do oblasti mírného klimatu. Průměrná roční teplota v okolí města Dobříš se pohybuje okolo 7–9 °C. Průměrné roční srážky se pohybují okolo 550–600 mm (TOLASZ *et al.* 2007). Nadmořská výška výzkumné plochy se pohybuje okolo 400 m. Pokusná výsadba je obklopena převážně smrkovými monokulturami. V okolí výsadby Kozí Hory I je v porostu patrná příměs buku.

4.2.1. Geologické a půdní podmínky lokality Kozí Hory

Geologické podloží je tvořeno zpevněnými sedimenty (prachovce, břidlice, droby) a řadí se do soustavy Český masiv – krystalinikum a prevariské paleozoikum do středo české oblasti – Bohemikum (ČGS 2019a).

Půda je charakterizována jako kambizem mesobazická (ČGS 2019b). V porovnání s lokalitou Hůrka je půda živnější.

4.2.2. Výsadby v lokalitě Kozí Hory

V lokalitě byly založeny 3 výsadby, každá v odděleném oplocení. Výsadby byly založeny 21. a 22. listopadu 2017. Sklon terénu na všech výsadbách je menší než 2 %. Nadmořská výška výsadeb je přibližně 400 m.

Výsadba Kozí Hory I

Lokalizace pomocí GPS: N 49°45.34', E 14°14.10'

První a rozlohou největší výsadba je osázena odrostky (180 kusů), poloodrostky (156 kusů) a standartními sazenicemi (160 kusů) dubu letního. Výsadba byla založena pro porovnání dynamiky odrůstání různého sadebního materiálu. Jednotlivé dimenze jsou rozlišeny v řadách. Výsadba má spon 1 × 1,5 m. Vyhloubení jamek pro sadební materiál proběhlo přenosným ručním jednomužným jamkovačem se spirálovým vrtákem. Odrostky byly sázeny do jamek vyhloubených vrtákem průměru 20 cm. Poloodrostky a standartní sazenice byly sázeny do jamek vyhloubených vrtákem o průměru 15 cm.

Výsadba Kozí Hory II

Lokalizace pomocí GPS: N 49°45.21', E 14°14.09'

Druhá výsadba je počtem použitého sadebního materiálu menší, odrostky (124 kusů), poloodrostky (126 kusů) a standartní sazenice (138 kusů). Bylo zde použito stejných metod a sadebního materiálu jako na výsadbě Kozí Hory I. Ve výsadbě se vyskytuje malá skupinka třešňových poloodrostků (16 kusů).

Výsadba Kozí Hory III

Lokalizace pomocí GPS: N 49°45.25', E 14°14.03'

Při výsadbě bylo použito 78 kusů poloodrostků třešně ptačí (*Cerasus avium* (L.)), 94 kusů poloodrostků jabloně lesní (*Malus sylvestris* Mill.) a 20 kusů jeřábu břeku (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz). Kvůli malému počtu jedinců nebyl jeřáb břek zařazen do analýz.

4.3. Sběr dat

Sběr dat pro každý příslušný rok probíhal v době vegetačního klidu, po ukončení růstu stromků, nejčastěji měření probíhá v podzimním termínu. Pro určení počátečních rozměrů byly stromky měřeny v období mezi výsadbou a začátkem vegetační doby.

První a poslední stromky v řadě byly po výsadbě označeny štítkem s písmenem řady a pořadím v řadě. Každý stromek, jehož pořadí v řadě bylo beze zbytku dělitelné pěti, byl označen štítkem s písmenem řady a pořadovým číslem. Označení bylo v průběhu měření použito pro kontrolu orientace ve výsadbě.

Předmětem sběru dat byla výška stromků a tloušťka kořenového krčku. Výška sadebního materiálu byla měřena výškoměrnou latí s přesností na centimetry. Tloušťka kořenového krčku byla měřena posuvným měřítkem s přesností na milimetry.

Dalšími zaznamenávanými údaji byla mortalita (uhynutí stromku), údaj o případném uschnutí terminálního pupenu jinak životaschopného stromku a údaj ohybu stromku (zejména na dubu letním).

Na lokalitě Kozí Hory ve výsadbách dubu letního došlo k poškození stromků při ožínání. Nejvíce byly poničeny sazenice. Poškození bylo rovněž zaneseno do dat. V případě, že poškozený stromek tvoří výmladek, byly zaznamenány rozměry výmladku a bylo zaznamenáno, že se jedná o výmladek.

4.4. Úprava a zpracování dat

Základní zpracování, úprava dat a tvorba výškových a tloušťkových grafů proběhla v aplikaci MS Excel 2010. Statistické testy a tvorba přírůstových box-plot grafů proběhly v aplikaci STATISTICA 12. Porovnání mortalit sadebního materiálu proběhlo v rozhraní aplikace R x64 3.5.3.

Data z lokalit byla pro účely testů upravena odebráním uhynulých jedinců; jedinců s výrazným ohybem; jedinců se suchým terminálním pupenem a jedinců poškozených ožínáním a v případě výskytu výmladku.

4.4.1. Lokalita Hůrka

Na lokalitě Hůrka byli jedinci dubu zredukováni z počtu 539 na 490, zejména kvůli ohybům, mortalita dubu byla zanedbatelná (viz tabulka 1). Jedinci lípy byli zredukováni z počtu 1080 na 736. Největší podíl na redukováných jedincích měla mortalita sazenic lípy (viz tabulka 1).

Statistické testy zahrnovaly pro lokalitu Hůrka:

- Porovnání přírůstu odrostků a sazenic dubu letního
- Porovnání přírůstu odrostků a sazenic lípy srdčité
- Porovnání přírůstu odrostků dubu letního a lípy srdčité
- Porovnání přírůstu sazenic dubu letního a lípy srdčité

Testován byl výškový a tloušťkový přírůst od prvního měření z jara roku 2015 do posledního měření na podzim roku 2018.

4.4.2. Lokalita Kozí Hory

Pro lokalitu Kozí Hory byli jedinci dubu sloučeni z výsadby I a II do jednoho souboru. Rovněž byli sloučeni jedinci třešně z výsadby II a III.

Úpravou datového souboru se zredukoval celkový počet jedinců dubu letního z počtu 884 na 473. Nejvyšší podíl na vyřazených jedincích měly sazenice poškozené ožínáním (viz tabulka 2) a výrazný ohyb vyššího sadebního materiálu.

Statistické testy zahrnovaly pro lokalitu Kozí Hory:

- Porovnání přírůstu odrostků, poloodrostků a sazenic dubu letního
- Porovnání přírůstu poloodrostků dubu letního, třešně ptačí a jabloně lesní

Testován byl výškový a tloušťkový přírůst mezi lety 2017 a 2018.

4.5. Statistické testy

Za účelem volby nejvhodnějších testů k analýze dat, byl proveden Shapiro-Wilkův W test, kterým byla zamítnuta normalita rozdělení všech datových souborů na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

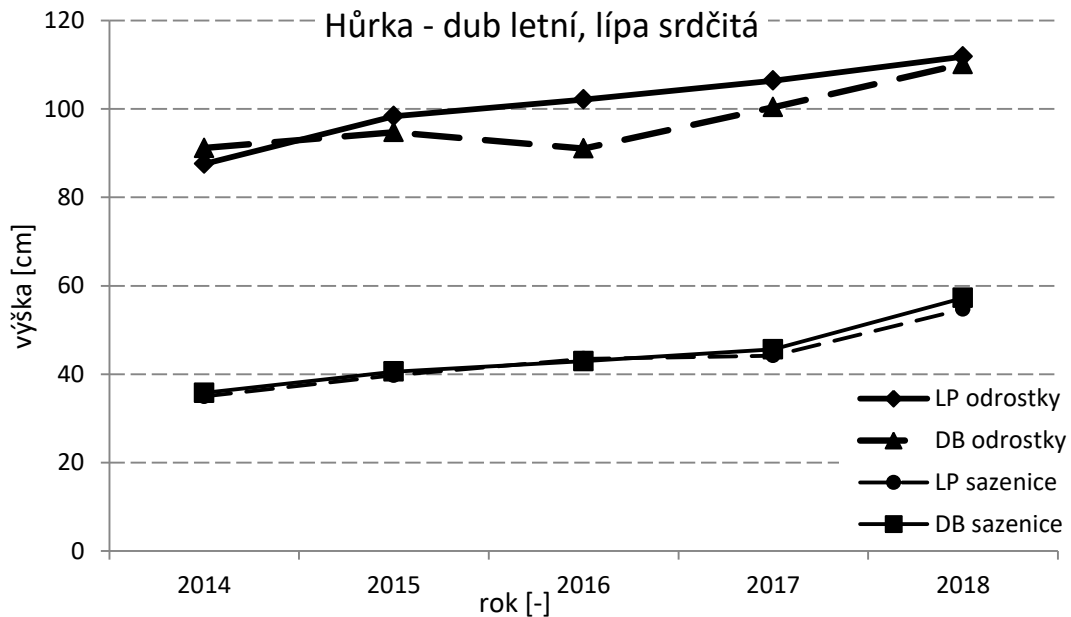
Pro testování růstové dynamiky tří dimenzí sadebního materiálu dubu a pro porovnání růstové dynamiky poloodrostků jabloně, dubu a třešně pro lokalitu Kozí Hory byl zvolen Kruskal-Wallisův test. Pro všechny ostatní testy byl použit Mann-Whitneyův U test. Ve všech testech byla testována hypotéza H_0 – přírůsty jsou shodné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Analýza míry mortality byla provedena pomocí mnohonásobného porovnání pro data s binomickým rozdělením. Tato metoda byla přejata z článku AGRESTI *et al.* (2008). Testována byla hypotéza H_0 – mortalita je shodná na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

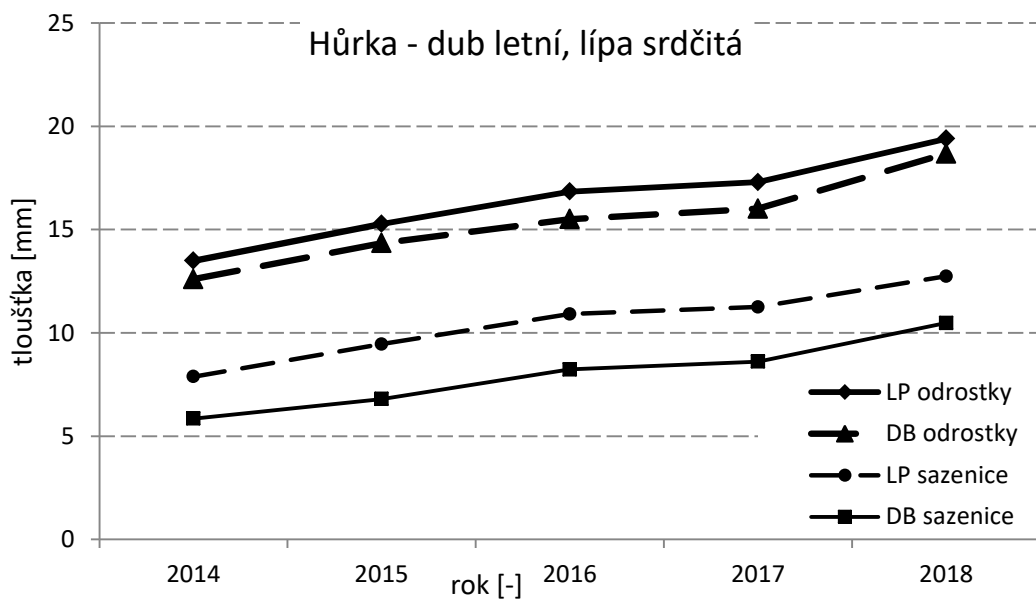
5. Výsledky

5.1. Lokalita Hůrka

V následujících grafech jsou vyneseny průměrné výšky (obrázek 2) a tloušťky (obrázek 3) odrostků a sazenic dubu letního a lípy srdčité v příslušných letech měření (jako rok 2014 je označeno měření, které proběhlo na jaře 2015 před začátkem vegetační sezóny).



Obrázek 2 Vývoj průměrné výšky sadebního materiálu dřevin v rozmezí let 2014-2018 Hůrka (DB- dub letní, LP- lípa srdčitá)



Obrázek 3 vývoj průměrné tloušťky sadebního materiálu dřevin v rozmezí let 2014-2018 Hůrka (DB- dub letní, LP- lípa srdčitá)

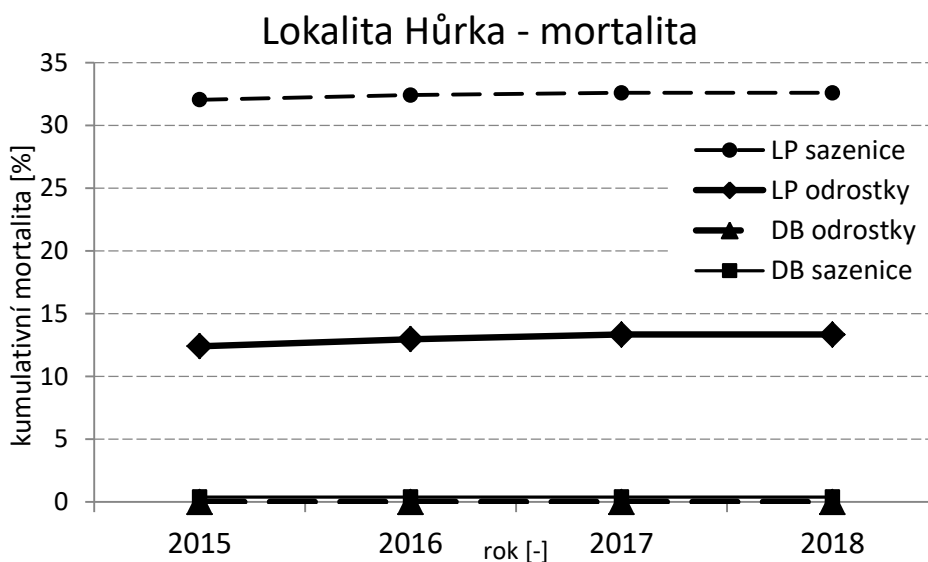
5.1.1. Mortalita

V následující tabulce jsou zaneseny počty a procenta uhynulých jedinců od výsadby k roku 2018. Pro sadební materiál dubu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v mortalitě ($p = 0,91$). Pro všechny ostatní varianty byl rozdíl statisticky významný ($p < 0,05$).

Přiložený graf znázorňuje kumulativní mortalitu v průběhu let od výsadby.

Tabulka 1 Mortalita výsadby Hůrka k roku 2018

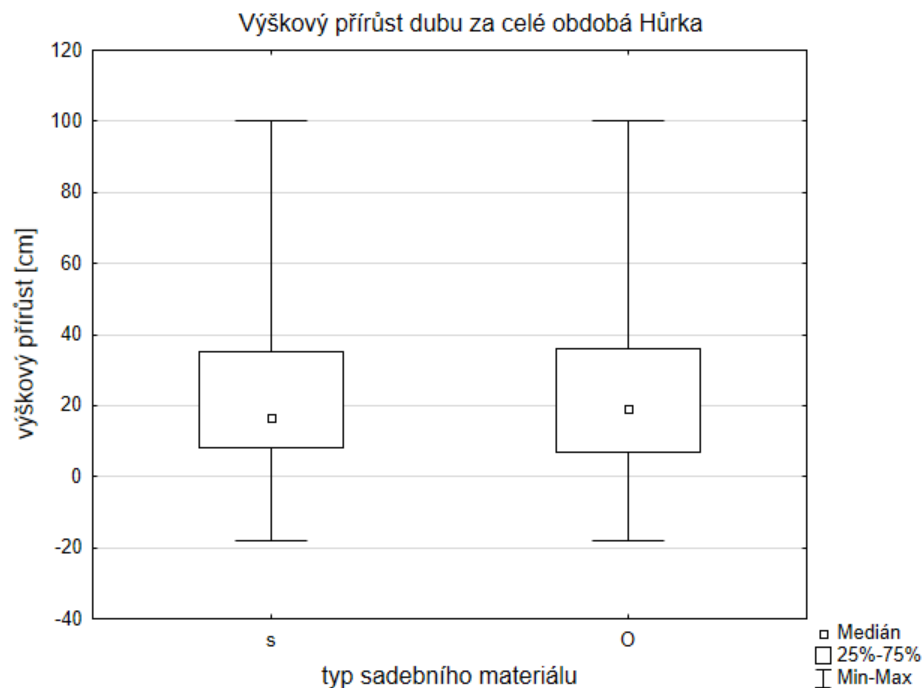
Mortalita výsadby Hůrka				
dřevina	typ sadebního materiálu	celkem vysázeno	mortalita 2014-2018	
lípa srdčitá	odrostky	540	72	13,3%
	sazenice	540	176	32,6%
dub letní	odrostky	284	0	0,0%
	sazenice	255	1	0,4%
celkem		1619	249	15,4%



Obrázek 4 kumulativní mortalita na lokalitě Hůrka v období 2014–2018 (DB- dub letní, LP lípa srdčitá)

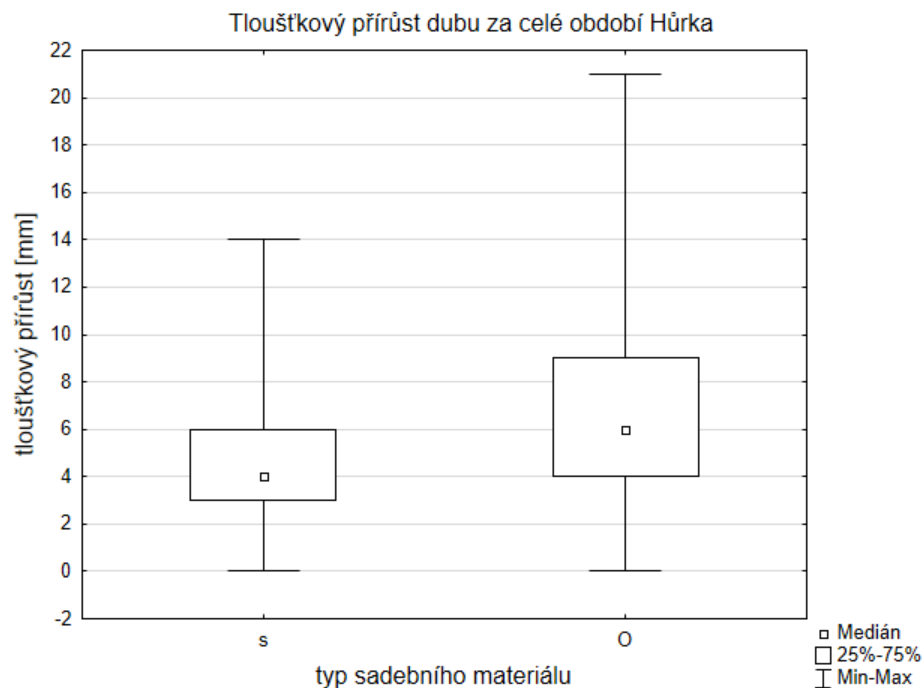
5.2. Statistické testy na lokalitě Hůrka

5.2.1. Sadební materiál dubu letního



Obrázek 5 Výškový přírůst sazenic a odrostků dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)

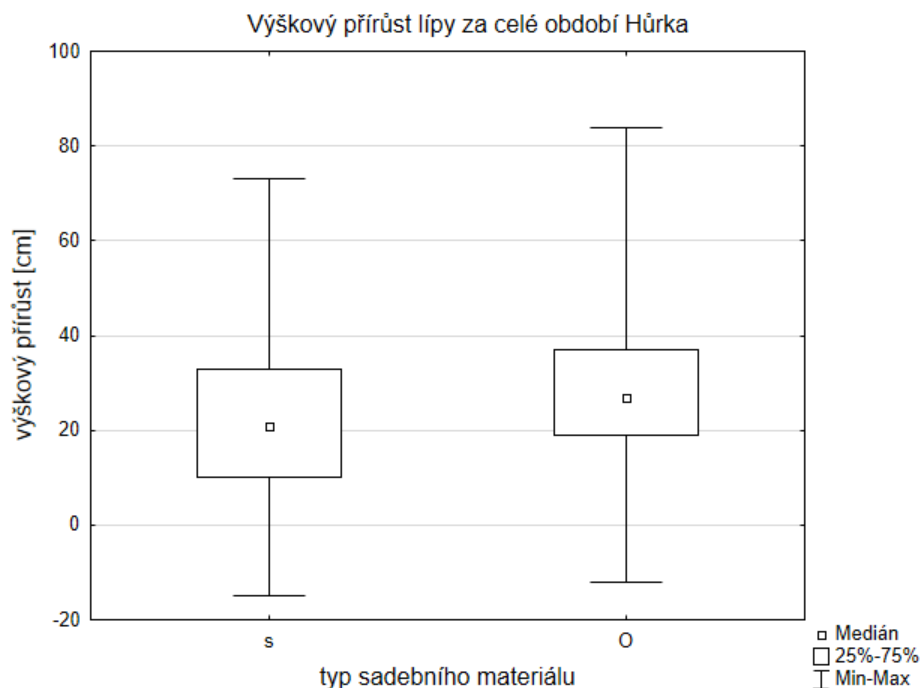
Výškový přírůst se na hladině významnosti nelišil ($p = 0,75$). Průměrný přírůst pro sazenice byl 22 cm. Průměr přírůstu pro odrostky byl 23,5 cm.



Obrázek 6 Tloušťkový přírůst sazenic a odrostků dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)

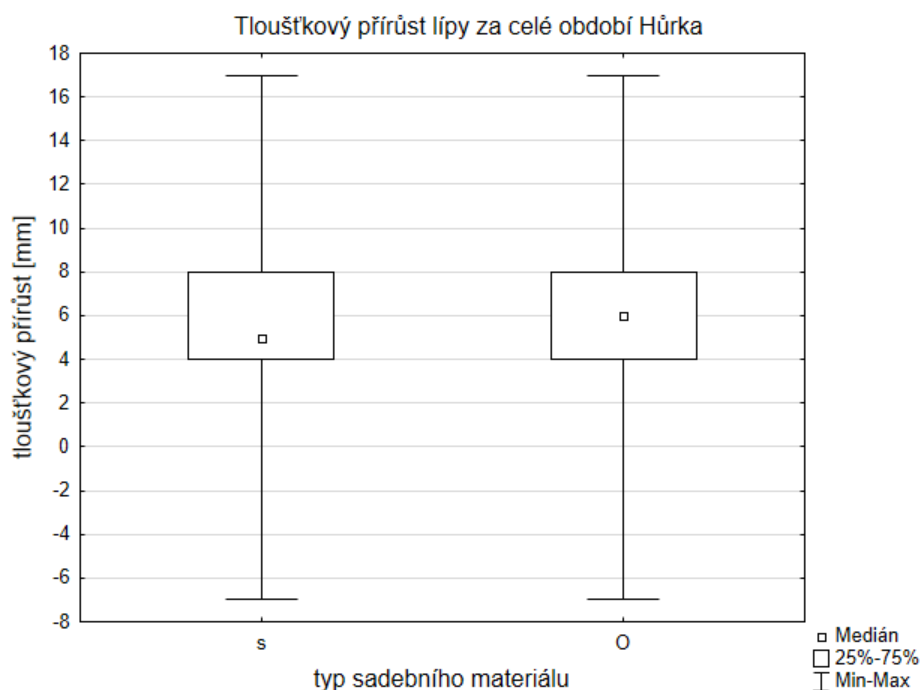
Tloušťkový přírůst se na statistické hladině významnosti lišil ($p < 0,05$). Tloušťkový přírůst odrostků (průměr 6,6 mm) byl vyšší než přírůst sazenic (průměr 4,4 mm).

5.2.2. Sadební materiál lípy srdčité



Obrázek 7 Výškový přírůst sazenic a odrostků lípy srdčité za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)

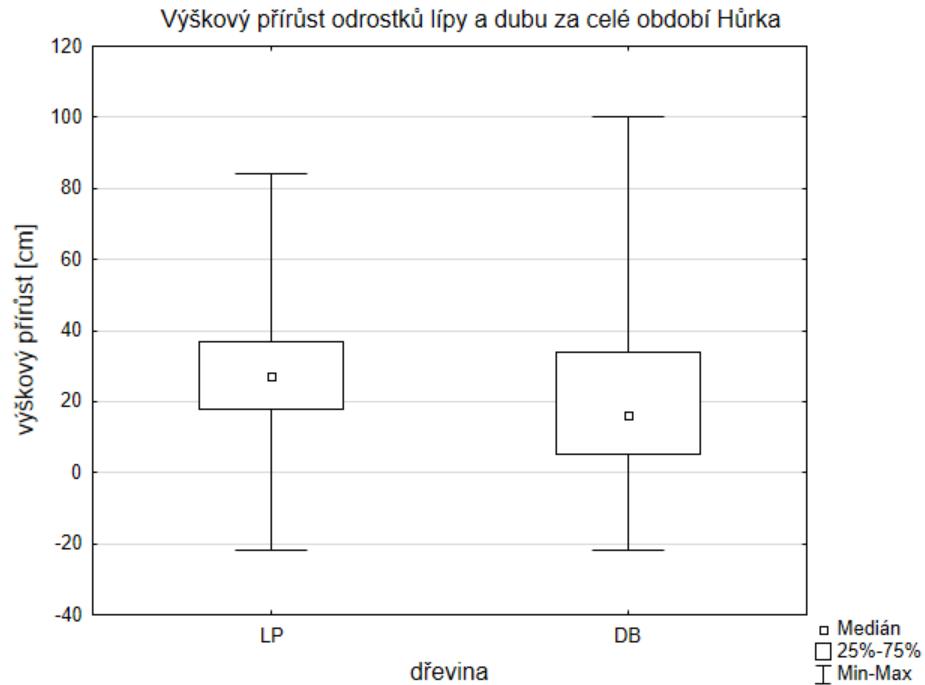
Ve výškovém přírůstu byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Výškový přírůst odrostků (průměr 28,7 cm) byl vyšší než přírůst sazenic (průměr 22,3 cm).



Obrázek 8 Tloušťkový přírůst sazenic a odrostků lípy srdčité za období 2014–2018 Hůrka (s- sazenice, O- odrostek)

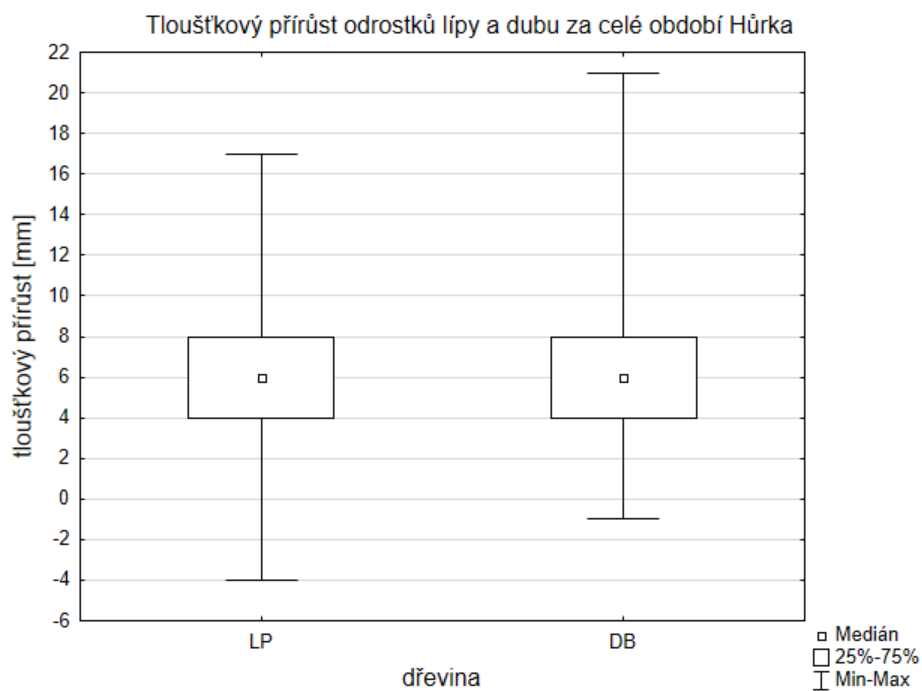
V tloušťkovém přírůstu byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Tloušťkový přírůst odrostků (průměr 6,5 mm) byl vyšší než přírůst sazenic (průměr 5,6 mm).

5.2.3. Odrostky lípy srdčité a dubu letního



Obrázek 9 Výškový přírůst odrostků lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB-dub letní)

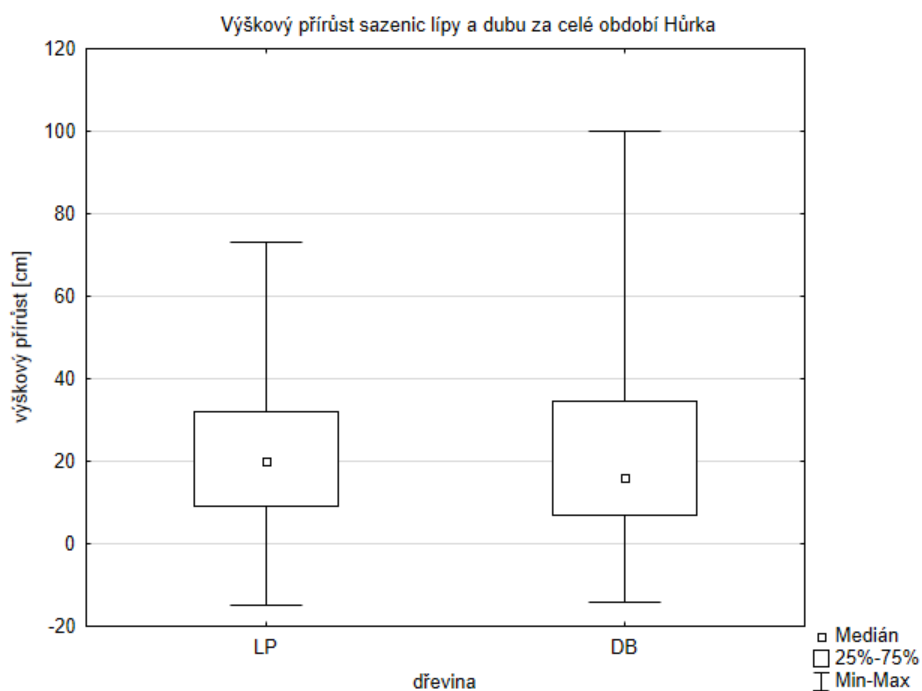
Rozdíl mezi výškovým přírůstem odrostků lípy srdčité a dubu letního byl statisticky významný ($p < 0,05$). Výškový přírůst odrostků lípy srdčité (průměr 27,5 cm) byl vyšší než přírůst odrostků dubu letního (průměr 16,5 cm).



Obrázek 10 Tloušťkový přírůst odrostků lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)

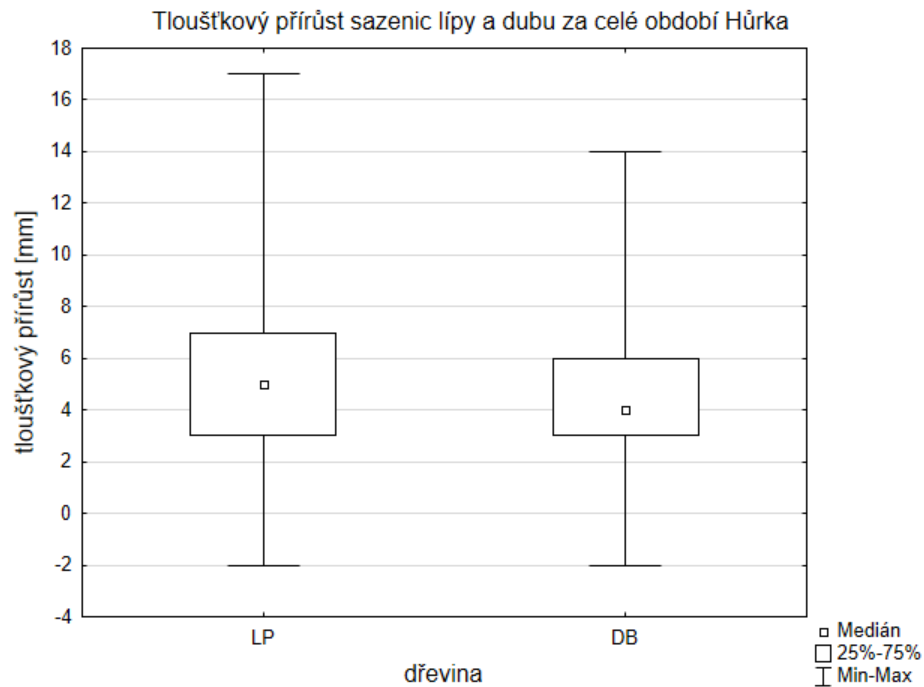
Tloušťkový přírůst odrostků lípy srdčité a dubu letního se na hladině významnosti nelišil ($p = 0,24$). Pro dub i lípu byl zjištěn průměrný tloušťkový přírůst 6,38 mm po zaokrouhlení.

5.2.4. Sazenice lípy srdčité a dubu letního



Obrázek 11 Výškový přírůst sazenic lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB- dub letní)

Rozdíl mezi výškovým přírůstem sazenic lípy srdčité a dubu letního byl statisticky nevýznamný ($p = 0,38$). Průměr výškového přírůstu sazenic lípy srdčité vyšel 21,3 cm. Průměr přírůstu sazenic dubu letního vyšel 21,8 cm.

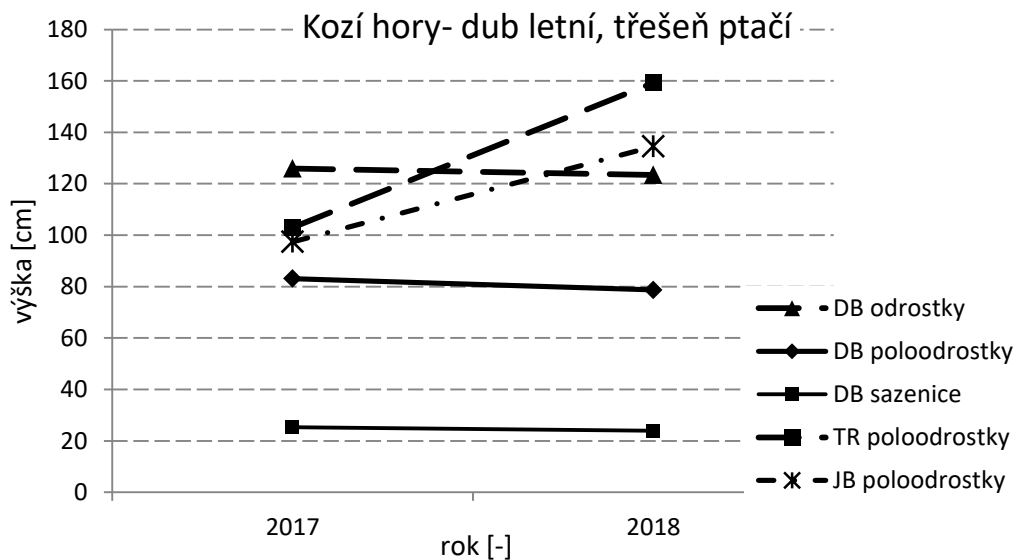


Obrázek 12 Tloušťkový přírůst sazenic lípy srdčité a dubu letního za období 2014–2018 Hůrka (LP-lípa srdčitá, DB-dub letní)

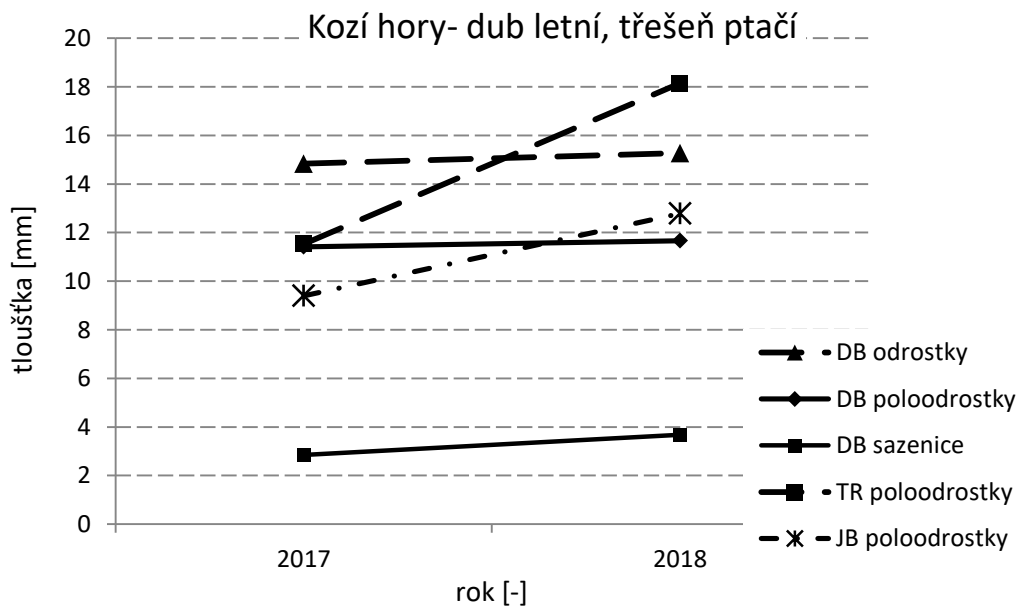
Rozdíl mezi tloušťkovým přírůstem sazenic lípy srdčité a dubu letního byl statisticky významný ($p = 0,003$). Průměrný tloušťkový přírůst sazenic dubu letního (4,65 mm) byl nižší než průměrný tloušťkový přírůst sazenic lípy srdčité (5,37 mm).

5.3. Lokalita Kozí Hory

V následujících grafech jsou vyneseny průměrné výšky a tloušťky tří použitých dimenzí sadebního materiálu dubu letního a poloodrostků třešně ptačí a jabloně lesní po výsadbě roku 2017 a na podzim roku 2018.



Obrázek 13 Vývoj průměrné výšky sadebního materiálu dubu, třešně a jabloně mezi lety 2017 a 2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)



Obrázek 14 vývoj průměrné tloušťky sadebního materiálu dubu, třešně a jabloně mezi lety 2017 a 2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)

5.3.1. Mortalita

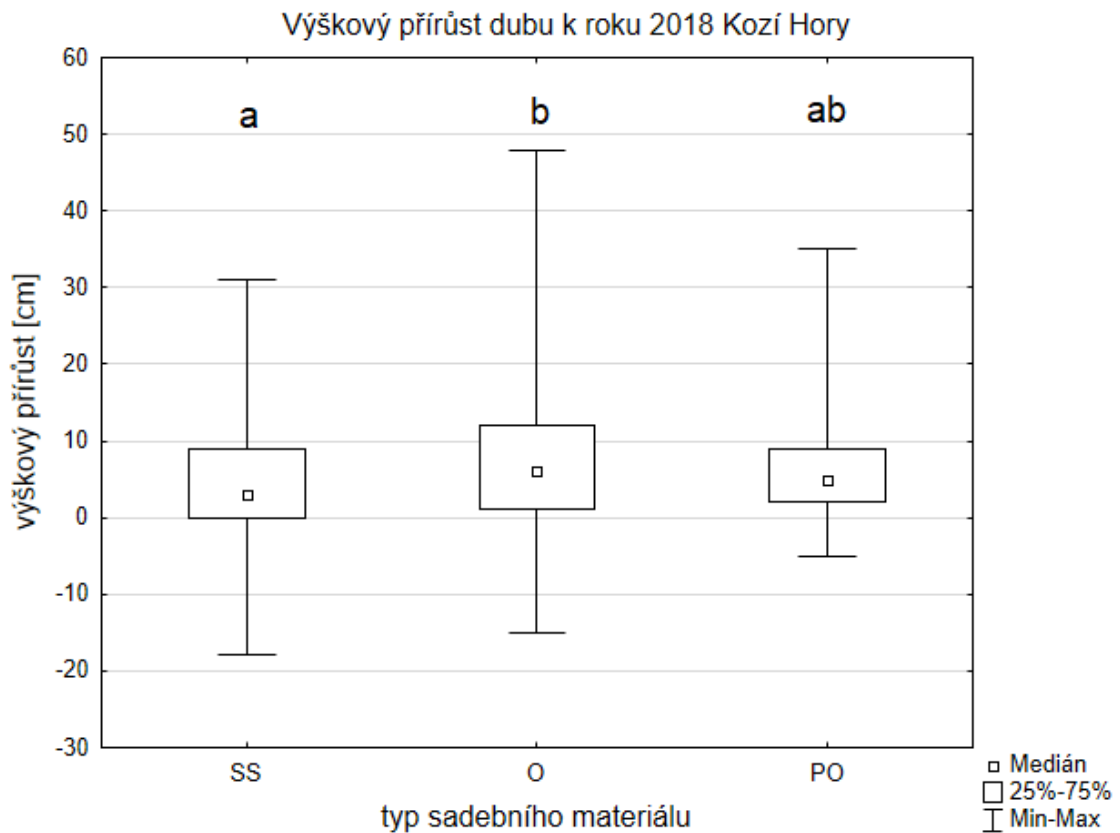
Do následující tabulky je zaneseno poškození jedinců při ožínání a jejich mortalita. Pro všechny varianty dubu byly rozdíly statisticky významné ($p < 0,05$). Statisticky nevýznamný rozdíl byl zjištěn mezi poloodrostky jabloně a třešně ($p = 1$).

Tabulka 2 Mortalita a poškození ožínáním výsadby Kozí Hory k roku 2018

Mortalita a poškození ožínáním výsadby Kozí Hory						
dřevina	typ sadebního materiálu	celkem vysázeno	poškozeno ožínáním		mortalita	
dub letní	odrostky	304	26	8,6%	11	3,6%
	poloodrostky	282	51	18,1%	29	10,3%
	sazenice	298	194	65,1%	134	45,0%
třešeň ptačí	poloodrostky	94	0	0,0%	1	1,1%
Jabloň lesní	poloodrostky	94	0	0,0%	1	1,1%
celkem		1072	271	25,3%	176	16,4%

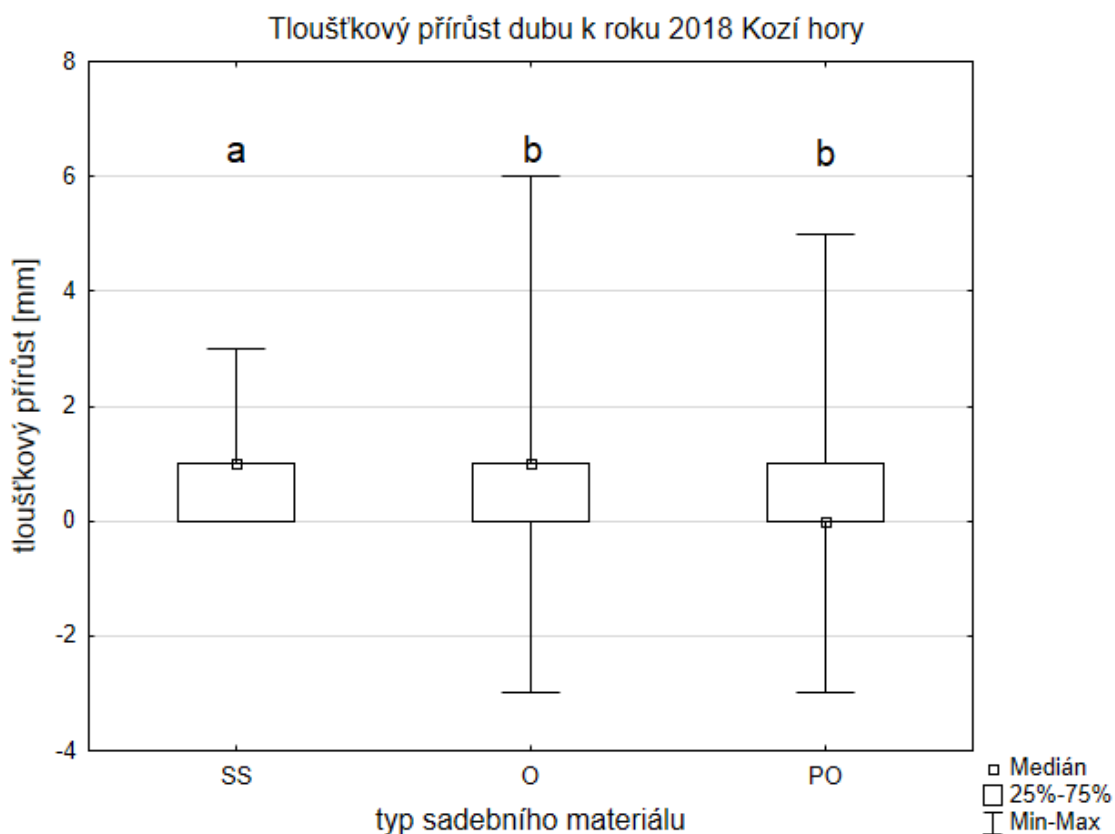
5.4. Statistické testy na lokalitě Kozí Hory

5.4.1. Sadební materiál dubu letního



Obrázek 15 Výškový přírůst tří dimenzí sadebního materiálu dubu letního za období 2017-2018 Kozí Hory (SS- sazenice, O- odrostek, PO- poloodrostek)

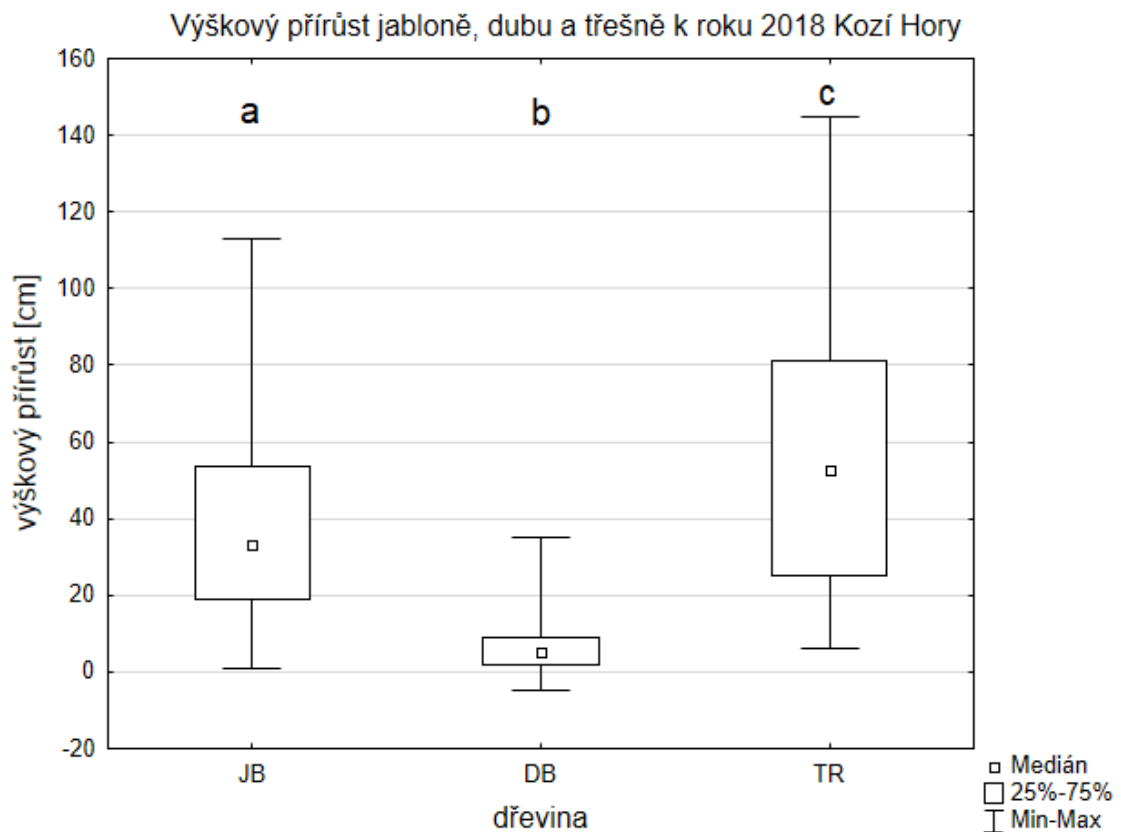
Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán mezi sazenicemi a odrostky ($p = 0,006$). Výškový přírůst odrostků (průměr 7,7 cm) je vyšší než přírůst sazenic (průměr 4,2 cm). Průměrný přírůst poloodrostků byl 6,6 cm. Rozdíl výškového přírůstu mezi poloodrostky a odrostky nebyl statisticky významný ($p = 0,78$). Významný nebyl ani rozdíl mezi poloodrostky a sazenicemi ($p = 0,14$).



Obrázek 16 Tloušťkový přírůst tří dimenzí sadebního materiálu dubu letního za období 2017-2018 Kozí Hory (SS- sazenice, O- odrostek, PO- poloodrostek)

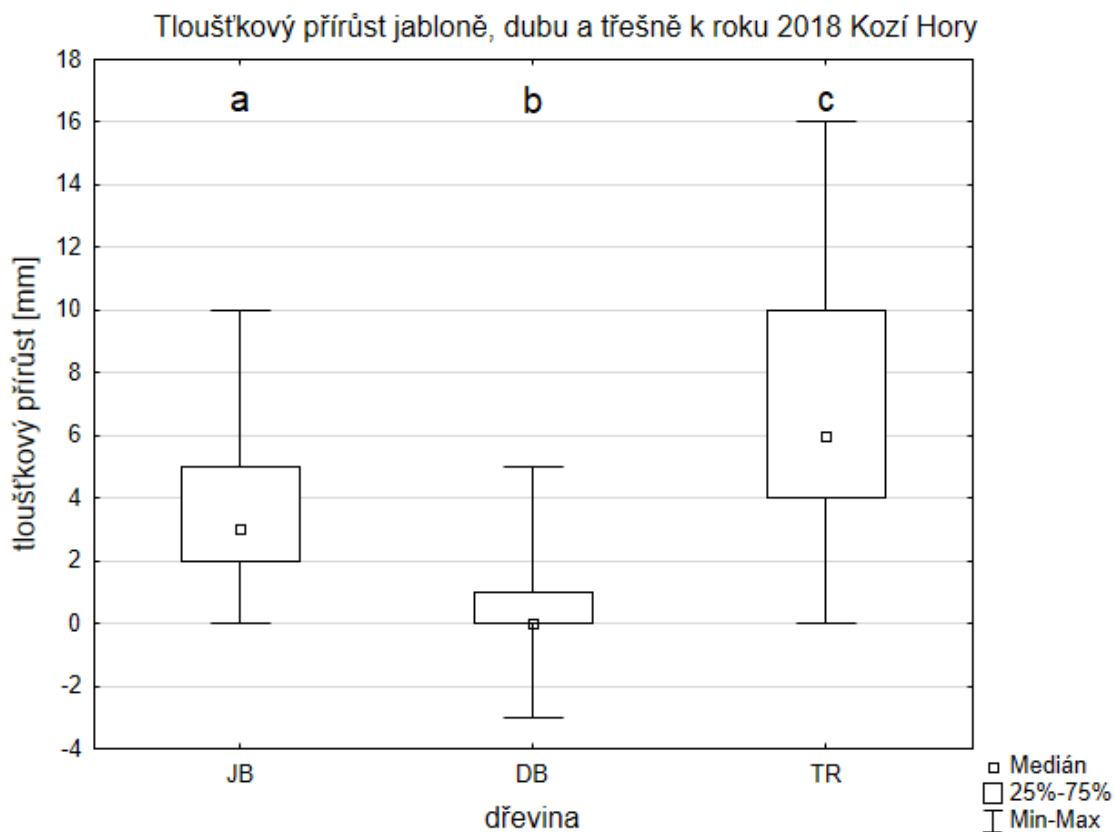
Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán mezi tloušťkovými přírůsty sazenic a odrostků ($p = 0,035$) a mezi přírůsty sazenic a poloodrostků ($p = 0,01$). Tloušťkový přírůst sazenic (průměr 0,95 mm) byl vyšší než přírůst odrostků (průměr 0,76 mm) a také vyšší, než přírůst poloodrostků (průměr 0,63 mm). Rozdíl mezi tloušťkovými přírůsty odrostků a poloodrostků nebyl statisticky významný ($p = 1$).

5.4.2. Poloodrostky jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí



Obrázek 17 Výškový přírůst poloodrostků jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí za období 2017–2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)

Statisticky významný rozdíl ve výškovém přírůstu byl zaznamenán mezi všemi dřevinami ($p < 0,05$). Průměrný výškový přírůst dubu vyšel 6,6 cm. Průměrný výškový přírůst jabloně byl vyšší (37,1 cm). Nejvyšší výškový přírůst vykazovala třešeň (56,4 cm).



Obrázek 18 Tloušťkový přírůst poloodrostků jabloně lesní, dubu letního a třešně ptačí za období 2017–2018 Kozí Hory (JB- jabloň lesní, DB- dub letní, TR- třešeň ptačí)

Statisticky významný rozdíl v tloušťkovém přírůstu byl zaznamenán mezi všemi dřevinami ($p < 0,05$). Průměrný tloušťkový přírůst dubu letního vyšel 0,63 mm. Průměrný výškový přírůst jabloně byl vyšší (3,39 mm). Nejvyšší tloušťkový přírůst vykazovala třešeň (6,57 mm).

6. Diskuze

Mezi cíle práce patří porovnání růstových vlastností sadebního materiálu různých dimenzí a jejich potenciálu při zalesňování. V rámci dvou výsadeb byly porovnány růstové schopnosti různého sadebního materiálu a různých dřevin. Zkoumanou dřevinou na obou lokalitách byl dub letní. Jeho růstové schopnosti byly porovnány s lípou v podmínkách písčitého stanoviště a s třešní a jabloní v podmínkách kyselého stanoviště nižších poloh.

6.1. Lokalita Hůrka

Všechny dimenze výsadby Hůrka I podle BALÁŠE *et al.* (2017) byly pod vlivem šoku z výsadby, který se projevil zastavením výškového přírůstu. Výsledky testů této bakalářské práce toto tvrzení podporují. Na základě vývoje průměrných výšek a tloušťek (obrázek 2 a 3) se lze domnívat, že výsadba začíná šok překonávat, popřípadě k tomu má dobré dispozice. Při zlepšení podnebných podmínek (přerušení série suchých roků) by se mohly přírůsty zvýšit.

Testy použité v rámci této bakalářské práce neměly za cíl tento trend odhalit a bylo by vhodné na něj zaměřit další výzkum, postavený na datech z následujících let.

Podobně jako na lokalitě Kozí Hory proběhla úprava dat vyřazením jedinců s ohybem, suchým terminálním pupenem a výmladkových jedinců. I přes toto opatření zůstali v datovém souboru případy životaschopných jedinců, u kterých došlo k poškození a obnovení růstu v průběhu sledovaného období. Toto poškození znamenalo v případě uschnutí terminálního pupenu snížení výšky životaschopného jedince. V datovém souboru tudíž vznikly záporné hodnoty přírůstu.

6.1.1. Lípa srdčitá

Ve výsadbě na rekultivované písčově se lípa projevila vysokou mírou mortality sadebního materiálu, která postihla zejména sazenice. Lípa je označována za dřevinu, která má střední nároky na půdu a požadavky na příznivý vlhkostní režim (ÚRADNÍČEK, CHMELAR 1998). Pravděpodobně lze příčinu vyšší mortality lípy hledat ve zhoršeném (rozkolísaném) vodním režimu antropozemě a nižším obsahu živin v půdě, který nebyl podpořen aplikací hnojiv. Půdní prostředí tudíž není optimální pro pěstování lípy.

Ke zhoršenému vodnímu režimu půdy je nutno přičíst na srážky chudý rok 2015, který nastal první vegetační sezónou po výsadbě. Působení stresu nedostatkem vody a šok z

výsadby patrně přispěly k vysoké mortalitě sazenic lípy v roce 2015, který byl prakticky jediným rokem, kdy došlo k výraznějšímu úhynu (obrázek 4).

Pozitivně jsou hodnoceny odrostky lípy, jejichž mortalita byla nižší než u sazenic. Odrostky se také vyznačovaly vyšším tloušťkovým i výškovým přírůstem oproti sazenicím. Tyto výsledky je možné interpretovat tak, že se odrostky lépe vyrovnávají s šokem z výsadby i s nepříznivými půdními podmínkami. Oproti sazenicím mají odrostky větší listovou plochu, tudíž mají vyšší výnosy z fotosyntézy, které investují do růstu a pomáhají jim přežít nepříznivé období (suché etapy teplých roků).

6.1.2. Dub letní

Dub letní oproti lípě srdčité na extrémní stanovištní podmínky a výsadbový šok reagoval stagnací růstu. U dubu lze očekávat, že v případě nepříznivých podmínek v kombinaci s výsadbovým šokem téměř zastaví růst nadzemní části a investuje energii do budování kořenového systému, což mu poskytne výhodu na stanovišti s nepříznivým vodním režimem. Po překonání šoku z výsadby lze očekávat u dubu výraznější změnu v rychlosti růstu, která se bude vyvíjet v souvislosti s podnebnými podmínkami. Dub se rovněž vyznačuje pomalým růstem v prvních letech života. Pomalejší přírůst může být výsledkem kombinací všech zmíněných faktorů.

Odrostky dubu se projeví vyšším tloušťkovým přírůstem než sazenice. Výškový přírůst byl do jisté míry ovlivněn nevhodnými podmínkami, které vedle retardace růstu mohly vést k vyšší četnosti ohybů nadzemní části. Vzhledem ke skutečnosti, že ohyby postihovaly zejména odrostky, byl jejich výškový přírůst potlačen a vyrovnal se výškovému přírůstu sazenic.

6.1.3. Porovnání lípy a dubu v podmínkách lokality Hůrka

Při srovnání dřevin bylo zjištěno, že odrostky lípy měly vyšší výškový přírůst oproti odrostkům dubu. Rovněž byl tloušťkový přírůst u sazenic lípy vyšší, než u sazenic dubu. Sadební materiál lípy se na tomto stanovišti vyznačuje lepšími růstovými vlastnostmi než sadební materiál dubu. Je ovšem nezbytné porovnat míru mortality obou dřevin. Mortalita dubu byla v porovnání s mortalitou lípy zanedbatelná. Dub lze na základě mortality hodnotit jako dřevinu s vyšší mírou houževnatosti vůči extrémním podmínkám. Dub je odolnější a jeho použití je vhodnější než použití lípy i za cenu nižšího přírůstu.

6.2. Lokalita Koží Hory

Zásadní vliv na výsledky zpracovaných dat mělo poškození části výsadby při ožínání, ke které ve výzkumné výsadbě nebylo plánováno a bylo provedeno omylem.

Z tabulky 2 je zřejmé, že ožínáním byly poškozeny přednostně sazenice, nižší mírou poloodrostky a nejméně odrostky. S rostoucí výškou se zvyšovala i viditelnost jedince v buřeni a klesalo riziko useknutí při ožínání (GALLO *et al.* 2018). Dále z tabulky 2 vyplývá, že ne všichni jedinci dubu poškození ožínáním uhynuli a ne všechny případy úhynu byly způsobeny useknutím.

Data o přírůstu jsou značně znehodnocena, protože i v případě, že jedinec poškození přežil a vytvořil výmladek, zpravidla nedosahoval rozměrů původního sadebního materiálu. Často se v datovém souboru proto vyskytuje výrazně záporný tloušťkový i výškový přírůst. Kvůli těmto zkresleným hodnotám, které do dat zaneslo pochybení lesního dělníka, byli výmladkoví jedinci vyloučeni ze statistického testování.

Dalším faktorem, který pozměnil datovou strukturu souboru, se stal ohyb. Ohyb postihnul převážně vyšší sadební materiál (odrostky a poloodrostky). Na rozdíl od poškození ožínáním je ohyb přirozený jev a jeho výskyt nebyl systematický. Výrazně postižení jedinci byli také z testů vyloučeni. Vyloučeni byli také jedinci s uschlým terminálním pupenem. I přes úpravu v datovém souboru zůstali jedinci se zápornou hodnotou přírůstu, u kterých nebyl ohyb klasifikován jako významný.

Podmínky lokality byly ovlivněny také extrémním suchem a vysokými teplotami roku 2018. Podobně jako pro lokalitu Hůrka, bylo první vegetační období po výsadbě výrazně sušší.

Výzkumná plocha byla založena na mírně kyselém stanovišti, kde by bez lidského zásahu měla buřeň rozhodující postavení v tlaku na výsadbu. Očekávalo se, že vyšší sadební materiál bude mít díky výškové výhodě před standardními sazenicemi schopnost rychleji odrůst konkurenčnímu vlivu. Rovněž se bude vyznačovat nižší mortalitou oproti sazenicím. Zároveň však bude vyšší měrou ohrožován nedostatkem vody při nepříznivých podmínkách. Spotřeba vody je u vyspělého sadebního materiálu vyšší (GALLO *et al.* 2018).

Vyžínání je nutné použít pouze v případě výsadeb sadebního materiálu běžných rozměrů, který snadno podléhá tlaku buřeně. Vzhledem k riziku poškození malých sazenic useknutím by se vyžínání plochy mělo obecně omezit, popřípadě využít jiných

prostředků ke snížení tlaku buřeně (aplikace herbicidů). Výsadby sadebního materiálu vyšších dimenzí není nutné a ani vhodné vyžínat buřen a zvyšovat tak riziko poškození výsadby. Buřen poskytuje vyššímu sadebnímu materiálu ekologický kryt a nepředstavuje konkurenční hrozbu. Vyžínání tudíž postrádá smysl, naopak výsadbu může ohrozit. Cena PONG je v porovnání se sazenicemi vyšší, na druhou stranu může být použito menšího počtu na hektar. Úmrtnost určitého počtu PONG, který je však v porovnání se sazenicemi menší, zapříčiní potřebu výsadbu doplnit. Jakékoliv poškození výsadby založené pomocí PONG je tudíž provázeno vyššími peněžními škodami.

6.2.1. Dub letní

Výškový přírůst dubu byl do jisté míry omezený výskytem poruch svislého růstu kmene. Nicméně výškový přírůst odrostků byl vyšší, než přírůst sazenic. Výškový přírůst byl v případě poloodrostků také vyšší, než u sazenic, ale bez statisticky významného rozdílu. Statistický významný rozdíl nebyl zaznamenán ani mezi poloodrostky a odrostky. Při porovnání tloušťek byl u sazenic zaznamenán vyšší přírůst, než u PONG. Vyšší tloušťkový přírůst u sazenic oproti PONG byl neočekávaný. Výzkumné práce porovnávající potenciál PONG a sazenice (například KUNEŠ *et al.* 2014) obvykle vyzdvihují vyšší celkový přírůst PONG oproti sazenicím.

K tomuto výsledku dospěli například GALLO *et al.* (2018), kteří testovali poloodrostky buku v prostředí Doupovských hor (425 m n. m.) na živných půdách. Výškový přírůst popisovaný ve studii byl velmi podobný tomu na lokalitě Kozí Hory. Zásadní rozdíl mezi výsadbami spočíval v tloušťkovém přírůstu. Ve zmiňovaném článku byl vyšší tloušťkový přírůst za první rok od výsadby zaznamenán u poloodrostků.

Podobný výsledek vyplývá z práce BALÁŠ *et al.* (2018b), kteří porovnávali sazenice a odrostky lípy srdčité ve výzkumné lokalitě Truba, Kostelec nad Černými lesy (365 m n. m.) v podmínkách bývalé okrasné školky na živném, ale vysýchavém stanovišti. Přírůst vospělého a běžného sadebního materiálu byl srovnatelný, případně mírně vyšší ve prospěch PONG.

Zhoršené podmínky pro využití potenciálu vospělého sadebního materiálu tvoří sucho. Vospělý sadební materiál má vyšší nároky na vodu a je výrazněji ovlivněn jejím nedostatkem (GALLO *et al.* 2018). V souvislosti se suchem byl ovlivněn i přírůst.

Poměr tloušťkového přírůstu může být vyrovnán během dalšího vývoje výsadby, a to v momentě, kdy vyšší sadební materiál překoná šok z výsadby. Současné výsledky bude vhodné porovnat s daty z následujících let.

6.2.2. Porovnání třešně ptačí, jabloně lesní a dubu letního

Již z grafů (obrázek 12 a 13) je patrné, že přírůst třešně a jabloně je vyšší, než přírůst dubu. Statistické testy tuto domněnku potvrdily. Přestože třešeň ptačí je obecně považována za citlivější dřevinu, vyžadující živinově bohatší a vodou dobře zásobenou půdu (Kacálek, Mauer 2017), vykazala na tomto stanovišti již v prvním roce po výsadbě intenzivní růstovou dynamiku, a to i přes mimořádné suchu ve vegetační sezóně. Přírůst u třešně i jabloně byl několika násobně vyšší než u dubu. Ovocné stromky se zcela vyhnuly šoku z výsadby a začaly velmi rychle přirůstat. Někteří jedinci třešně během první vegetační sezóny více než zdvojnásobili svoji výšku. Rozměr poloodrostku stromkům zajistil náskok před buřením a přispěl k rychlému obnovení růstu po výsadbě.

Mortalitu poloodrostků ovocných druhů a dubu není možné objektivně porovnat. Výsadba dubu byla podstatně poškozena ožínáním, kdežto poloodrostky třešně a jabloně se nacházely v jiné oplocence, kde vyžínání nebylo provedeno.

Suchá perioda, která nastala první vegetační sezónu po výsadbě, ovlivnila také buřeň, která nedosahovala takové výšky, aby ohrozila vyšší poloodrostky. Pro poloodrostky tvoří buřeň však spíše ekologický kryt, než konkurenci (GALLO *et al.* 2018). Buřeň snižuje ozářenost půdy a brání nadměrnému vysychání (SOUČEK 2016). Podstatnou část vody, však buřeň také z půdy odebírá (STŘEDA *et al.* 2008).

7. Závěr

Bylo zjištěno, že v podmínkách rekultivované pískovny mají odrostky oproti sazenicím mírně lepší růstové vlastnosti projevující se lepším přírůstem a nižší mortalitou. Při porovnání dřevin se vyšším přírůstem vyznačoval sadební materiál lípy srdčité (*Tilia cordata* Mill.) nad dubem letním (*Quercus robur* L.). Pozitivně však byl hodnocen dub letní, kvůli nižší míře mortality. Pro běžnou praxi by nemohla být doporučena výsadba sazenic lípy, kvůli vysoké mortalitě.

V podmínkách kyselého stanoviště nižších poloh nebyla vyšší růstová schopnost PONG u dubu jednoznačná. Oproti vyššímu výškovému přírůstu odrostků se sazenice vyznačovaly vyšším tloušťkovým přírůstem. V případě použití PONG ve výsadbě je vhodné zvážit jiné postupy ochrany než vyžínání (například aplikaci herbicidů), případně proti buřeni nezasahovat.

Jednoznačně lepšími růstovými vlastnostmi se oproti dubu letnímu (*Quercus robur* L.) vyznačovala třešeň ptačí (*Cerasus avium* (L.) Moench) a jabloň lesní (*Malus sylvestris* Mill.). Při tvorbě porostní směsi by proto měly být zohledněny i ovocné dřeviny. Jak lze soudit z prvního roku od výsadby, je jejich růst výrazně vyšší, než přírůst dubu. Vedle silné meliorační schopnosti obě dřeviny mohou do budoucna nabídnout dobře zpeněžitelné sortimenty.

Pro získání jednoznačných komplexních výsledků je nutné pokračovat ve výzkumu na obou zmíněných lokalitách.

Zásadním problémem lokality Kozí Hory je rozsáhlé nerovnoměrné poškození jedinců dubu ožínáním. Vzhledem k povaze poškození by bylo doplnění výsadby problematické z prostorového i časového hlediska. Jak již z pohledu provedení výsadby, tak s přihlédnutím k faktu, že dosázený sadební materiál by se lišil věkem a pravděpodobně i rozměry od zbytku výsadby a při jeho růstu by panovaly jiné podmínky. Z výzkumného hlediska zajímavý vývoj může nastat zejména v tloušťkové struktuře dubu.

Na lokalitě Hůrka bude pro výzkum růstové dynamiky přínosné popsat nadcházející překonání výsadbového šoku, ke kterému by mohlo dojít v následujících letech, a které by mohlo urychlit přerušování řady suchých roků.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

- AGRESTI A., BINI M., BERTACCINI B., RYU E. (2008): Simultaneous Confidence Intervals for Comparing Binomial Parameters. *Biometrics* 64: 1270–1275.
- AUGUSTO L., RANGER J., BINKLEY D., ROTHE A. (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Annals of Forest Science*, 59 (3): 235–253.
- BALÁŠ M., KUNEŠ I., (2010): Zkušenosti s výsadbou odrostků lesních dřevin v horských polohách. *Lesnická práce*, 89 (10): 20–22., ISSN: 0322-9254
- BALÁŠ M., KUNEŠ I., NÁROVCOVÁ J. (2016): Zkušenosti s použitím přenosného motorového jamkovače při zakládání lesa. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61 (4): 262–270.
- BALÁŠ M., KUNEŠ I., ŠRENK M., KOŇASOVÁ T. (2011): Časová a pracovní náročnost výsadby prostokořenných odrostků listnatých dřevin v horských podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*. 56 (3): 235–243.
- BALÁŠ M., NÁROVCOVÁ J., KUNEŠ I., NÁROVEC V., BURDA P., MACHOVIČ I., ŠIMERDA L. (2018a): Použití listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesnictví. Strnady: VÚLHM, 28 s., ISBN 978-80-7417-146-8
- BALÁŠ M., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ I., BURDA P., MACHOVIČ I., MARTINŮ V. (2018b): Postupy zalesňování degradovaných a rekultivovaných stanovišť s využitím poloodrostků a odrostků nové generace. Strnady: VÚLHM, 75 s., ISBN 978-80-7417-144-4
- BARTOŠ J., JURÁSEK A. (2012): Vývoj štíhlostního kvocientu buku lesního u výsadeb rostoucích v plastových chráničích sazenic. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (1): 16–20.
- BENKOVIČ P. (2010): Znalecký posudek závěrečné zprávy firmy DEKONTA a.s. „Geologické a hydrologické posouzení lokality Hůrka a hodnocení rizika včetně posouzení způsobů ukládání sedimentu vzhledem k jeho geomechanickým vlastnostem a jejich případných změnách v čase“. znalecký posudek č. 033 – 03/2010, 44 s.
- Dostupné také z:
http://www.plananl.cz/www/mestoplananadluznici/fs/zivotni/Plana_znal_pos_Dekonta.pdf [cit. 28. 3. 2019]

BERGER T. W., BERGER P. (2012): Greater accumulation of litter in spruce (*Picea abies*) compared to beech (*Fagus sylvatica*) stands is not a consequence of the inherent recalcitrance of needles. *Plant and Soil*, 358 (1-2): 349–369.

BURDA P., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V., KUNEŠ I., BALÁŠ M., MACHOVIČ I. (2015): Technologie pěstování listnatých poloodrostků a odrostků nové generace v lesních školkách. Strnady: VÚLHM, 56 s., ISBN 978-80-7417-097-3

ČERNÝ A. (1989): Parazitické dřevokazné houby. Praha: ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR, Státní zemědělské nakladatelství, 104 s., ISBN 80-209-0090-X

ČGS (2019a): Geovědní mapy 1 : 50 000, *Esri* Dostupné také z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/> [cit. 27. 3. 2019]

ČGS (2019b): Půdní mapy 1 : 50 000, *Esri* Dostupné také z: <https://mapy.geology.cz/pudy/> [cit. 27. 3. 2019]

DAŇHELKA J., SANDEV M., CRHOVÁ L., SEDLÁKOVÁ K., MOŽNÝ M. (2019): Sucho v roce 2018: Předběžné hodnocení. Praha: ČHMÚ, 85 s. Dostupné také z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2019/Predbezna_zprava_o_suchu_2018.pdf [cit. 9. 4. 2019]

DUŠEK D., SLODIČÁK M., NOVÁK J. (2009): Výchova smrkových porostů a tvorba horizontů nadložního humusu – experiment Vrchmezí v orlických horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 293–299., ISSN 0322-9688

GALLO J., BALÁŠ M., LINDA R., CUKOR J., KUNEŠ I. (2018): Iniciální zhodnocení experimentální výsadby s bukovými poloodrostky nové generace na živném a vysychavém stanovišti v lokalitě Vintířov-Sedlec 39–46 s. *In: BALÁŠ M., PODRÁZSKÝ V., GALLO J. [eds.]: Proceedings of Central European Silviculture*. Praha: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-2866-2

GREMLICA T., CÍLEK V., VRABEC V., ZAVADIL V., LEPŠOVÁ A. (2011): Využívání přirozené a usměrňované ekologické sukcese při rekultivacích území dotčených těžbou nerostných surovin. Praha: Ústav Pro ekopolitiku, o. p. s.

HORA P. (2011): Vztah teploty vzduchu a půdy různých půdních druhů. *In: STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T. [eds.]: Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*. Skalní mlýn, 11 s., ISBN 978-80-86690-87-2

- JENNY H. (1941): Factors of soil formation: A System of Quantitative Pedology. New York: Dover publications, INC, 191 s., ISBN 0-486-68128-9
- JURÁSEK A., BARTOŠ J., LEUGNER J., MARTINCOVÁ J. (2008): Metodika použití plastových chráničů sadebního materiálu lesních dřevin při umělé obnově lesa a zalesňování. Strnady: VÚLHM, 28 s., ISBN 978-80-7417-002-7
- JURÁSEK A., MAUER O., NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. (2012): ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha: ÚNMZ, 24 s.
- KACÁLEK D., MAUER O., PODRÁZSKÝ V., SLODIČÁK M. (2017): Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin: Soil improving and stabilising functions of forest trees. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 300 s., ISBN 978-80-7458-102-1
- KŘÍSTEK J. (2002): Ochrana lesů a přírodního prostředí. Písek: Matice lesnická, 386 s., ISBN 80-86271-08-0
- KUNEŠ I., BALÁŠ M. (2009): Zalesňování extrémních stanovišť s využitím vyspělého sadebního materiálu. In: VACEK S., SIMON J. *et al.* [eds.]: Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, s.r.o., Nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy, 782 s., ISBN 978-80-87154-27-4
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., LINDA R., NÁROVCOVÁ J., GALLO J., NÁROVEC V. (2017): Využití hnojiva s obsahem humátů draselného při obnově lesa na specifických stanovištích 53–60 s. in: JALOVIAR P., SANIGA M. [eds.]: Adaptivný manažment pestovania lesov v procese klimatickej zmeny a globálneho otepľovania. Technická univerzita Zvolen, Zvolen, ISBN 978-80-228-2979-3
- KUNEŠ I., BALÁŠ M., ZAHRADNÍK D., NOVÁKOVÁ O., GALLO J., NÁROVCOVÁ J., DRURY M. (2014): Role of planting stock size and fertilizing in initial growth performance of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) reforestation in a mountain frost hollow. Forest Systems, 23 (2): 272–288., ISSN 2171-5068, eISSN 2171-9845
- LORENC F., KNÍŽEK M., LIŠKA J. (2017): Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2017 a prognóza na rok 2018. Zpravodaj ochrany lesa: Škodliví činitelé v lesích Česka 2017/2018
- LUBOJACKÝ J. (2013): Škody působené větrem. Lesnická práce, 92 (12): příloha 4 s., ISSN: 0322-9254

- MATĚJKA K., PODRÁZSKÝ V., VIEWEGH J., MARTINÍK A. (2015): Srovnání bylinné etáže v porostech douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a v porostech jiných dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 60 (3): 201–210.
- MAUER O., JURÁSEK A. (2015): ČSN 48 2116 Umělá obnova a zalesňování. Praha: ÚNMZ, 24 s.
- MENŠÍK L., FABIÁNEK T., TESAR V., KULHAVÝ J. (2009): Humus conditions and stand characteristics of artificially established young stands in the process of the transformation of spruce monocultures. Journal of Forest Science, 55 (5): 215–223.
- MENTBERGER J. (2002): škodlivé působení buřeně a plevelů *in*: KRÍSTEK [ed.]: Ochrana lesů a životního prostředí. Písek: Matice lesnická s.r.o., 386 s., ISBN 30-86271-08-0
- MÍCHAL I., BUČEK A., HUDEC K., LACINA J., MACKŮ J. (1992): Obnova ekologické stability lesů. Praha: Academia, 169 s., ISBN 80-85368-23-4
- MONDEK J., BALÁŠ M. (2019): Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and its role in the Czech forests. Journal of Forest Science, 65 (2): 41–50.
- MOTTA R. (1996): Impact of wild ungulates on forest regeneration and tree composition of mountain forests in the Western Italian Alps. Forest Ecology and Management, 88 (1–2): 93–98. ISSN 0378-1127.
- MOTTA, R. (2003): Ungulate impact on rowan (*Sorbus aucuparia* L.) and Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) height structure in mountain forests in the eastern Italian Alps. Forest Ecology and Management, 181 (1–2): 139–150 s., ISSN 0378-1127.
- MUSIL I. (2003): Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny. Česká zemědělská univerzita v Praze: 352., ISBN 80-213-0992-X
- MZe (2018): Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky v roce 2017. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 116 s.
- NOVÁK J., SLODIČÁK M. (2004): Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinnings, Journal of forest science, 50 (3): 101–108.
- NOVÁK, J.; DUŠEK D. SLODIČÁK M. (2014): Quantity and quality of litterfall in young oak stands. Journal of forest science, 60 (6): 219–225.

- PODRÁZSKÝ V., PROCHÁZKA J. (2009): Zalesnění zemědělských půd v oblasti Českomoravské vysočiny a obnova vrstvy nadložního humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 54 (2): 78–84.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. (2005): Effect of forest tree species on the humus form state at lower altitudes. Journal of forest science, 51 (2): 60–66.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. (2008a): Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (1): 29–36.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J. (2008b): Rychlost obnovy charakteru lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (2): 89–92.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., HART V., MOSER W. K. (2009): Production and humus form development in forest stands established on agricultural lands – Kostelec nad Černými lesy region. Journal of Forest Science, 55 (7): 299–305.
- PODRÁZSKÝ V., REMEŠ J., KARNET P. (2002): Hodnotová produkce a půdotvorná funkce třešně ptačí. Lesnická práce, 81 (6): 255–257.
- PODRÁZSKÝ V., ŠTĚPÁNÍK R. (2002): Vývoj půd na zalesněných zemědělských plochách- oblast LS Český Rudolec. Zprávy lesnického výzkumu, 47 (2): 57–60.
- POLENO Z. (1996): Přípravné a pomocné dřeviny v lesním hospodářství. Lesnická práce, 75 (1): 16–17., ISSN 0322-9254.
- POLENO Z., VACEK S. *et al.* (2007): Pěstování lesů I: ekologické základy pěstování lesů Praha: Lesnická práce s.r.o., 315 s., ISBN 978-80-87154-07-6
- POLENO Z., VACEK S. *et al.* (2009): Pěstování lesů III: Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o., 951 s., ISBN 978-8087154-34-2
- POLENO Z., VACEK S., *et al.* (2007): Pěstování lesů II: Teoretická východiska pěstování lesů. Praha: Lesnická práce s.r.o., 463 s., ISBN 978-80-87154-09-0
- PRŮŠA E. (1990): Přirozené lesy České republiky. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 248 s., ISBN 80-209-0095-0
- ŘEHOUNKOVÁ K., ŘEHOUNEK J. (2010): Pískovny a štěrkopískovny. *In:* ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., TROPEK R., PRACH K. [eds.]: Ekologická obnova území narušených

těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. České Budějovice: Calla, 178 s. ISBN 978-80-87267-09-7

SKUHRAVÝ V. (2002): Lýkožrout smrkový (*Ips typhographus* (L.)) a jeho kalamity. Praha: Agrospoj, 196 s., ISBN 80-7084-238-5

SLÁVIK M., BAŽANT V. (2016): Dřevařská dendrologie I. Dřeviny nahosemenné-*Gymnospermophytae*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 107 s., ISBN 978-80-213-2622-4

SLODIČÁK M. *et al.* 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy ČR; Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 232 s., ISBN 80-86461-51-3

SLODIČÁK M., KACÁLEK D., MAUER O., DUŠEK D., HOŠKOVÁ K. *et al.* (2017): Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin v CHS borového a smrkového hospodářství. Strnady: VÚLHM, 28 s., ISBN 978-80-7417-153-6

SLOUP, M. (2007): Škody zvěří na lesních porostech. Lesnická práce, 86 (12): 16–19., ISSN 0322-9254.

SOUČEK J. (2016): Vliv pěstebních opatření na porostní mikroklima. Opočno: VÚLHM, 5 s. Dostupné také z: https://www.infodatasys.cz/BiodivLes/sem2016_Soucek.pdf [cit. 9. 4. 2019]

SOUČEK J., TESAŘ V. (2008): Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů: recenzovaná metodika. Opočno: VÚLHM, 37s., ISBN 978-80-7417-000-3

SOUKUP F. (2005): Lesní ochranná služba: *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink václavka smrková Lesnická práce, 84 (10): příloha 4 s., ISSN 0322-9254

SOUKUP F. (2011): Lesní ochranná služba: *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. l. kořenovnik vrstevnatý Lesnická práce, ročník 90 (8): příloha 4 s., ISSN 0322-9254

STARÝ J., KAVINA P., VANĚČEK M., SITENSKÝ I. (2005): Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny. Ministerstvo životního prostředí. Česká geologická služba – Geofond, 213 s., ISBN: 80-7212-352-1

STARÝ J., SITENSKÝ I., MAŠEK D., HODKOVÁ T., VANĚČEK M., *et al.* (2018): Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny 2018. Ministerstvo životního prostředí, ČGS. 368 s. ISBN: 978-80-7075-953-0

- STŘEDA T., LITSCHMANN T., PALÁTOVÁ E. (2008): Vlhkost půdy pod různými typy vegetace v říční krajině. 9 s. *In*: ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T. [eds.]: Bioklimatické aspekty hodnocení procesů v krajině. Mikulov, ISBN 978-80-86690-55-1. Dostupné také z: <http://www.amet.cz/StredaLitschmannPalatova.pdf> [cit. 10. 4. 2019]
- ŠINDELÁŘ J. (1996): Problematika druhové skladby lesních porostů v České republice. *Lesnická práce*, 75 (2): 44–46., ISSN 0322-9254
- ŠOURKOVÁ M., FROUZ J., FETTWEIS U., BENS O., HÜTTL R. et al. (2005): Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed post mining sites near Sokolov (Czech Republic) and near Cottbus (Germany). *Geoderma*, 129 (1–2): 73–80 s.
- ŠPULÁK O., KACÁLEK D. (2016): Vliv skupiny buku ve smrkovém porostu na vlastnosti humusu a půdy, *In*: KACÁLEK D. et al. [eds.]: Proceedings of central European Silviculture. Strnady: VÚLHM, 246 s., ISBN 978-80-7417-112-3
- ŠRŮTKA P., NAKLÁDAL O., JANKOVSKÝ L., ČÍŽKOVÁ D., ČERMÁK P., et al. (2009): hodnocení zdravotního stavu porostů a ochranný management *In*: VACEK S., SIMON J. et al. [eds.]: Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce s.r.o., 782 s., ISBN 978-80-87154-27-4
- TOLASZ, R. [ed.] (2007): Atlas podnebí Česka. Praha a Olomouc: ČHMÚ a Univerzita Palackého, 256 s. ISBN 978-80-86690-26-1
- ÚHÚL (2001a): Textová část oblastního plánu rozvoje přírodní lesní oblast č. 10 Středočeská pahorkatina. Pobočka: Stará Boleslav
- ÚHÚL (2001b): Oblastní plán rozvoje lesů, přírodní lesní oblast 15A Českobudějovická pánev, textová část. Pobočka: České Budějovice
- ÚHÚL Katalog mapových informací, *OpriMap*, Brandýs nad Labem, Dostupné také z: <http://geoportal.uhul.cz/OPRLMap/> [cit. 28. 3. 2019]
- ÚHÚL, Taxonomický klasifikační systém půd v ČR: Půdní typy, subtypy, variety, Brandýs nad Labem, Dostupné také z: http://www.uhul.cz/images/typologie/taxonomicky_klasifikacni_system_pud_v_cr.pdf [cit. 28. 3. 2019]

ÚRADNÍČEK L., CHMELÁŘ J. (1998): Dendrologie lesnická 2. část – Listnáče I. (Angiospermae). Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, dotisk, 167 s. ISBN 80-7157-169-5

VACEK S., BALCAR V. (2004): Sustainable management of mountain forests in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 526–532.

VICENA I. 2002: abiotičtí škodliví činitelé *in*: KRÍSTEK J. [ed.] Ochrana lesů a životního prostředí. Písek: Matice lesnická s r. o., 386 s., ISBN 30-86271-08-0

Vyhláška 139/2004 Sb., Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa *In*: Sběrka zákonů, 23. 4. 2004, ISSN 1211-1244

Vyhláška č. 101/1996 Sb., Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže *In*: Sběrka zákonů, 28. 4. 1996, ISSN 1211-1244

Vyhláška č. 289/2018 Sb. Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů *In*: Sběrka zákonů, 11. 12. 2018, ISSN 1211-1244

ZAHRADNÍK P., KNÍŽEK M. (2007): Lesní ochranná služba: Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) *Lesnická práce: Časopis pro lesnickou vědu a praxi*, 86 (4): 8., ISSN 0322-9254

ZAHRADNÍK P., ZAHRADNÍKOVÁ M. (2018): Zhodnocení současné kůrovcové kalamity v historických souvislostech. 45–58 s. *In*: BYSTRICKÝ R., VACEK Z., [eds.]: 100 let velkých lesních kalamit ve střední Evropě. Harachov: Česká lesnická společnost, z. s. 68 s., ISBN 978-80-02-02821-5

Zákon 44/1988 Sb., Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) *In*: Sběrka zákonů, 19. 4. 1988, ISSN 1211-1244

9. Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 – Výsadba Hůrka I během vegetační sezóny, v levé části jsou patrné duby, uprostřed a v pravé části lípa

Příloha 2 – Meteorologická stanice v lokalitě Hůrka I

Příloha 3 – Jedinci dubu v lokalitě Hůrka I ve vegetačním období

Příloha 4 – výsadba Hůrka I mimo vegetační dobu v zimě v popředí jsou jedinci lípy v pozadí jedinci dubu

Příloha 5 – hloubení výsadbové jamky pomocí motorového jamkovače Stihl BT 121, Kozí Hory II

Příloha 6 – Vysazování vespělého sadebního materiálu do motomanuálně vyhloubené jamky. Kořenový systém je soustředěn pod rostlinu, Kozí Hory II

Příloha 7 – Výsadba Kozí Hory I. V záběru jsou patrné řady s dimenzemi sadebního materiálu dubu letního.

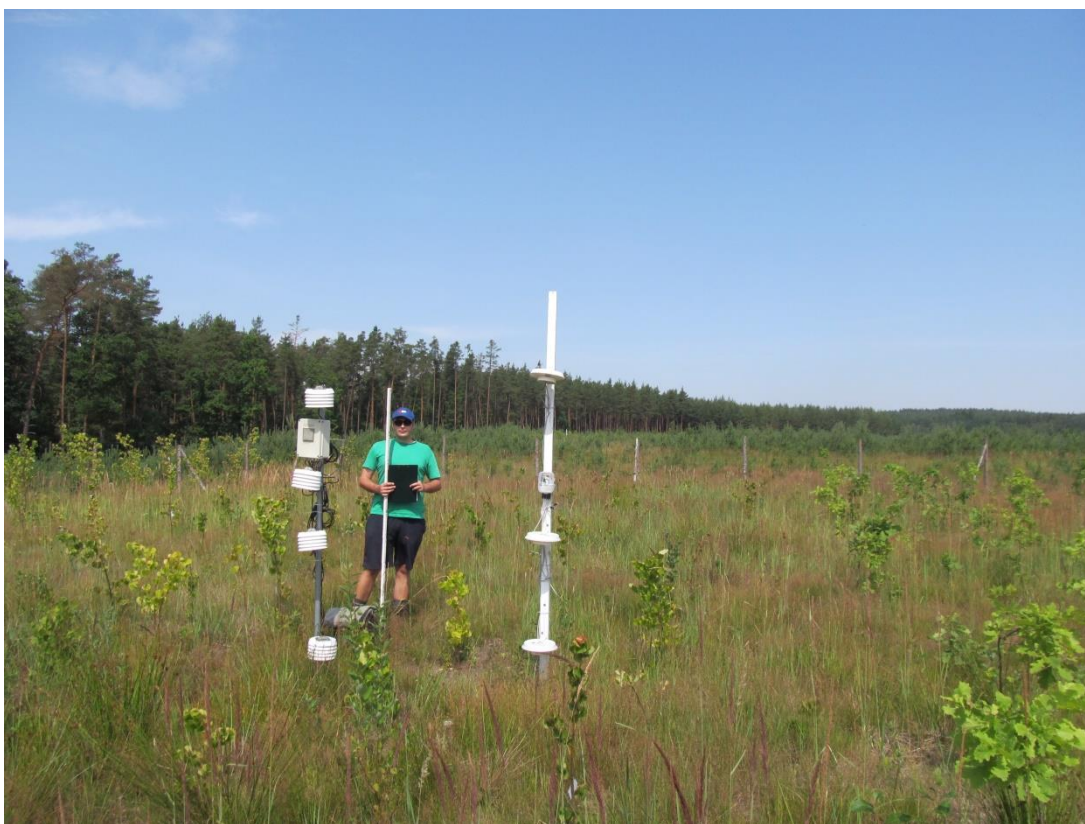
Příloha 8 – Useknutý jedinec dubu letního tvořící výmladek, Kozí Hory II

Příloha 9 – vitální jedinci třešně ptačí, Kozí Hory III

Autorem příložených fotografií je Ing. Martin Baláš



Příloha 1 – Výsadba Hůrka I během vegetační sezóny, v levé části jsou patrné duby, uprostřed a v pravé části lípa



Příloha 2 – Meteorologická stanice v lokalitě Hůrka I



Příloha 3 – Jedinci dubu v lokalitě Hůrka I ve vegetačním období



Příloha 4 – výsadba Hůrka I mimo vegetační dobu v zimě v popředí jsou jedinci lípy v pozadí jedinci dubu



Příloha 5 – hloubení výsadbové jamky pomocí motorového jamkovače Stihl BT 121, Koží Hory II



Příloha 6 – Vysazování vyspělého sadebního materiálu do motomanuálně vyhloubené jamky. Kořenový systém je soustředěn pod rostlinu Koží Hory II



Příloha 7 – Výsadba Kozí Hory I. V záběru jsou patrné řady s dimenzemi sadebního materiálu dubu letního.



Příloha 8 – Useknutý jedinec dubu letního tvořící výmladek, Kozí Hory II.



Príloha 9 – vitální jedinci třešně ptačí, Kozí Hory III