Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

Obnova lesa na extrémních horských stanovištích s využitím břízy karpatské

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Lucie Skibková

Vedoucí práce: Ing. Martin Baláš, Ph.D.

2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Obnova lesa na extrémních horských stanovištích s využitím břízy karpatské vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Baláše, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2018

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat Ing. Martinu Balášovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost, poskytnuté rady a za řádné vedení diplomové práce. Dále děkuji své rodině a nejbližším přátelům, kteří mě podporují po celou dobu mého studia.

V Praze dne 20. 4. 2018

ABSTRAKT

Lesy Jizerských hor čelily v minulosti silné imisní kalamitě, která vedla k rozpadu lesních ekosystémů. Vzniklé imisní holiny se podařilo poměrně rychle zalesnit. U nové generace dominantně smrkových porostů je nyní potřebná druhová, věková i strukturální diferenciace. Především extrémní klimatické podmínky, ale i tlak spárkaté zvěře a hlodavců zapříčiňují, že na některých místech je obohacení smrkových porostů o jiné dřevinné druhy velice složitým a náročným úkolem. Jednou z potencionálně vhodných dřevin je bříza karpatská (*Betula carpatica*), řadící se mezi významnou přípravnou dřevinu, vhodnou pro kyselá horská stanoviště, která je však dosud nepříliš probádaným druhem. Hlavním cílem této závěrečné diplomové práce je posouzení prosperity experimentální výsadby založené v roce 2008, která se nachází na území osady Jizerka. Dílčími úkoly bylo navázání na starší měření, provedení další série biometrických šetření, stanovení mortality, analyzování vývoje výškového a tloušťkového přírůstu pro jednotlivé varianty hnojení, odebrání vzorníkových stromů, příprava vzorků pro živinovou analýzu a na základě zjištěných výsledků vyhodnocení lesnického potenciálu břízy karpatské na extrémních horských stanovištích.

Klíčová slova: Betula carpatica; Jizerské hory; obnova lesa; mrazové kotliny; bodové přihnojení; živinové analýzy

ABSTRACT

The Jizera Mountains forests were subject to severe immission calamity that resulted in the destruction of the forest's ecosystem. The areas cleared due to the immission were quickly forested again. However, the new generation of dominantly spruce covered ranges require differentiation in species, age and structure. Extreme climate and the cloven hoof game and rodent actions mean that the enrichment of the spruce forest with other ligneous vegetation is quite difficult and complicated. One of the species that seems to be a good fit is (Betula carpatica) as it is a ligneous vegetation from the family of florae suitable for acidic mountain ranges, however it has never been closely observed as a species. The main aim of this diploma thesis is an assessment of the experimental planting prosperity since 2008, which is located in the area of Jizerka Settlement. Partial tasks include the continuation of older assessments, carrying out biometrical assessments, setting mortality rates, carrying out an analysis of the height and thickness gains for various types of fertilizing options, sampling, preparation of samples for nutrient analysis based on the results of the forestry potential of Betula Carpatica in extreme mountain regions.

Key words: Betula carpatica; Jizera mountains; woodland restoration; frost basins; spot fertilizing; nutrient analysis

OBSAH

1 ÚVOD 9
1.1 CÍLE PRÁCE 9
2 ROZBOR PROBLEMATIKY 10
2.1 JIZERSKÉ HORY 10
2.1.1 VYMEZENÍ ÚZEMÍ 10
2.1.2 GEOLOGIE A GEOMORFOLOGIE 11
2.1.3 PEDOLOGIE 11
2.1.4 KLIMATICKÉ PODMÍNKY 11
2.1.5 HYDROLOGIE 12
2.1.6 LESY JIZERSKÝCH HOR 12
2.1.7 HISTORIE JIZERSKÝCH HOR 13
2.1.8 SOUČASNÁ PROBLEMATIKA LESNÍHO HOSPODAŘENÍ V JIZERSKÝCH HORÁCH 14
2.2 MRAZOVÉ KOTLINY 15
2.3 PŘÍPRAVNÉ DŘEVINY 16
2.4 BŘÍZA KARPATSKÁ 17
2.4.1 PROBLEMATIKA URČOVÁNÍ 17
2.4.2 VÝSKYT BŘÍZY KARPATSKÉ 18
2.4.3 MORFOLOGIE BŘÍZY KARPATSKÉ 18
2.4.4 EKOLOGICKÉ A FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI BŘÍZY KARPATSKÉ 19
2.4.5 VYUŽITÍ BŘÍZY KARPATSKÉ 19
2.5 VÝŽIVA A HNOJENÍ LESNÍCH POROSTŮ 20
2.5.1 VÝŽIVA 20
2.5.2 ŽIVINY 20
2.5.3 ODBĚR A RETENCE ŽIVIN Z PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ 21
2.5.4 NÁVRAT ŽIVIN DO PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ 21
2.5.5 CHEMICKÁ ANALÝZA ŽIVIN 22
2.5.6 HNOJENÍ 22
2.5.7 VÁPNĚNÍ 22
2.5.8 BODOVÉ PŘIHNOJENÍ LESNÍCH KULTUR 23
3 METODIKA 25
3.1 EXPERIMENTÁLNÍ PLOCHA OPLOCENKA JIZERKA-PANELKA 25
3.1.1 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ 25

3.2 PŮVOD SADEBNÍHO MATERIÁLU 25
3.3 VÝSADBA BŘÍZY KARPATSKÉ 25
3.3.1 PRVNÍ ETAPA VÝSADBY 25
3.3.2 PŘIHNOJENÍ KULTUR Z PRVNÍ ETAPY 26
3.3.3 DRUHÁ ETAPA VÝSADBY 27
3.3.4 PŘIHNOJENÍ KULTUR Z DRUHÉ ETAPY 27
3.4 MĚŘENÍ A ZJIŠŤOVÁNÍ DAT V TERÉNU 28
3.5 VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH DAT 28
3.6 ŽIVINOVÁ ANALÝZA 30
4 VÝSLEDKY 32
4.1 MORTALITA 32
4.2 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠEK 33
4.2.1 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 33
4.2.2 STATISTICKÉ TESTOVÁNÍ VÝŠKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 34
4.3 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠŤĚK 36
4.3.1 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 36
4.3.2 STATISTICKÉ TESTOVÁNÍ TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 37
4.4 VÝSLEDKY ŽIVINOVÉ ANALÝZY 39
5 DISKUZE 41
6 ZÁVĚR 43
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 44
8 PŘÍLOHY 49

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 - DRUHOVÁ SKLADBA 13
OBRÁZEK 2 – SCHÉMA KONEČNÉHO USPOŘÁDÁNÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT 28
OBRÁZEK 3 – SCHÉMA ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT 29
OBRÁZEK 4 – VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠEK 33
OBRÁZEK 5 – VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 34
OBRÁZEK 6 – ROZDÍL V PŘÍRŮSTU VÝŠEK KM, KV. 35
OBRÁZEK 7 – VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠŤĚK 36
OBRÁZEK 8 – VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ 37
OBRÁZEK 9 – ROZDÍL V PŘÍRŮSTU TLOŠŤĚK KM, KV 38
OBRÁZEK 10 – ROZDÍL V PŘÍRŮSTU TLOUŠŤĚK F, k 39

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 – ZONACE CHKO JIZERSKÉ HORY 10
TABULKA 2 – LESNÍ VEGETAČNÍ STUPNĚ V JIZERSKÝCH HORÁCH 12
TABULKA 3 – DRUHOVÁ SKLADBA 13
TABULKA 4 – VYBRANÍ JEDINCI PRO ŽIVINOVOU ANALÝZU 30
TABULKA 5 – VÝPOČET HMOTNOSTI NADZEMNÍ BIOMASY 31
TABULKA 6 – CELKOVÁ MORTALITA NA EXPERIMENTÁLNÍ PLOŠE 32
TABULKA 7 – CELKOVÁ ZÁSOBA PRVKŮ NA EXPERIMENTÁLNÍ PLOŠE 40
TABULKA 8 – ZÁSOBA PRVKŮ A PROCENTUÁLNÍ PODÍL JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK 40

1 ÚVOD

Po imisní kalamitě v Jizerských horách, ke které došlo v druhé polovině minulého století, došlo k vytěžení poškozených a odumřelých porostů. Z ekologických, půdoochranných či vodohospodářských důvodů, následovala obnova lesa, která na degradovaných horských stanovištích je vždy limitována extrémními klimatickými a půdními podmínkami, které na území panují, ale také tlakem spárkaté zvěře, hlodavců a jiných biotických činitelů. Většinu území Jizerských hor se podařilo poměrně rychle zalesnit, zde je nyní potřebná druhová, věková i strukturální diferenciace. Na některých místech však pokusy o zalesnění zcela selhaly a bylo nutné zdokonalit lesopěstební technologie a najít potencionálně vhodné dřeviny do horských nepříznivých podmínek. (BALCAR et. al 2013) Jednou z nich je právě bříza karpatská, která byla do té doby jen málo probádaným druhem. Z tohoto důvodu byla na lokalitě Jizerka-Panelka realizována experimentální výsadba, jejíž prosperita je hlavním tématem této diplomové práce, která navazuje na práci bakalářskou.

Pro snazší pochopení problematiky jsou v rešeršní části nejprve shrnuty poznatky týkající se oblasti Jizerských hor. Zvláštní pozornost je věnována specifickému klimatu v mrazových kotlinách. Dále jsou popsány informace o bříze karpatské včetně nastínění problematiky určování jednotlivých taxonů. V závěru této části se věnuji hodnocení výživy a živinových cyklů na základě chemické analýzy jednotlivých částí stromu.

1.1 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je:

- Vyhodnotit současný stav a prosperitu experimentálních výsadeb porostů břízy karpatské *(Betula carpatica)* v Jizerských horách, včetně posouzení vlivu v minulosti provedeného přihnojení.

2 ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1 JIZERSKÉ HORY

2.1.1 VYMEZENÍ ÚZEMÍ

Jizerské hory se nacházejí na severu České republiky. Poměrně velkou částí zasahují i na území Polska (přibližně jednou třetinou), kde se nachází nejvyšší vrchol Wysoka Kopa (1126 m n. m.). Nejvyšším bodem na našem území je Smrk (1124 m n. m.), nejnižším pak hladina řeky Smědé na hranici s Polskem na Frýdlantsku (208 m). Pohoří je modelováno lehce zvlněnou náhorní plošinou s oblými vrcholy a plochými hřbety, pouze ze severní strany klesají hory příkrými srázy. (Slodičák et al. 2005; Vonička et al. 2008)

S platností od 1. ledna 1968 je na území vyhlášená CHKO Jizerské hory, páté nejstarší velkoplošně chráněné území v ČR. Rozloha CHKO je přibližně 374 km^2 a je standardně rozdělena do čtyř zón. Přibližně 11 % spadá do I. zóny, která je nejpřísněji chráněná a spadají sem nejcennější lesní ekosystémy, kam se řadí rašeliniště s podmáčenými smrčinami a rozsáhle bučiny na severních svazích Jizerských hor.

Tabulka 1 - Zonace CHKO Jizerské hory

	I. zóna	%	II. zóna	%	III. zóna	%	IV. zóna	%	CHKO
Celkem ha	3951	10,55	6988	18,6	24236	64,7	2290	6,1	37465

Stávající zonaci schválilo Ministerstvo životního prostředí ČR v roce 1995 a od té doby nebyla nijak upravována. (Karpaš et al. 2014)

Při vyhlášení Krkonošského národního parku v roce 1991 došlo kvůli legislativní chybě k překryvu s CHKO Jizerské hory. Tato chyba nebyla dosud napravena.

2.1.2 GEOLOGIE A GEOMORFOLOGIE

Celek Jizerské hory se z geomorfologického hlediska řadí do provincie Česká vysočina, Krkonošsko-jesenické subprovincie a Krkonošské oblasti, dělící se dále na Smrčskou hornatinu, která zaujímá severovýchodní část pohoří a Jizerskou hornatinu tvořící centrální a jižní část. (Demek 1987) Většinu území představuje regionálně geologická jednotka krkonošsko-jizerské krystalinikum prvohorního stáří. (Chaloupský 1989) Nejrozšířenější horninou zájmového území je žula až granodiorit, převážně výrazně porfyrická, středně zrnitá. Zcela ojediněle se zde nachází třetihorní čedičové vyvřeliny, z nichž je nejnápadnější vrch Bukovec (1005 m). Současná podoba Jizerských hor byla formována silným zvětráváním.

2.1.3 PEDOLOGIE

Nejčastějším půdním typem je kambizem. V nejvyšších partiích se vyskytuje typický podzol, charakteristický pro horské oblasti klimaxových smrčin. Přechod tvoří subtyp podzol kambizemní (nadmořská výška cca 600–900 m n. m.). Půdy jsou silně kyselé v důsledku chudého žulového podloží a vznikem imisních holin, kdy v letech 1950–1980 byl zaznamenán výrazný pokles pH (z rozmezí 4,18–6,00 na 3,53–3,86). Jako opatření ke snížení acidity bylo použito vápnění v různé intenzitě (Slodičák et al. 2005).

2.1.4 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Klima v Jizerských horách patří mezi mírně chladné a roční úhrny srážek, dosahují až 1300–1800 mm, patří k jedněm z nejvyšších na území České republiky, což je způsobeno exponovanou polohou vůči vlhkému větrnému severozápadnímu proudění. Prvenství má tato oblast i v maximálním denním úhrnu z roku 1897, kdy bylo naměřeno 345,0 mm na Nové Louce (Kulasová et al. 2006). Hodnoty měřené na středním Jizerském hřebenu v letech 1994–2010 udávají průměrnou roční teplotu 5 °C (měřeno 200 cm nad terénem) a průměrný úhrn srážek 1 135 mm za rok. (Balcar et. al 2012) Avšak klimatické podmínky jsou na území značně rozdílné v závislosti na nadmořské výšce a členitosti terénu. Specifikem jsou teplotní inverze v údolích např. Jizery a Jizerky (přibližně 850 m n. m.), kde se vyskytují přízemní

mrazy v průběhu celého roku (Slodičák et al. 2005). Problematika tzv. mrazových kotlin je podrobněji zpracována v kapitole 2.2. Sněhová pokrývka zde leží nejčastěji od listopadu až do dubna a její výška extrémně kolísá v rozmezí 45–232 cm (měřeno v letech 1998–2005) (Balcar et al. 2012). Délka vegetační doby klesá s rostoucí nadmořskou výškou, průměrně trvá 150 až 100 dní (Slodičák et al 2005).

2.1.5 HYDROLOGIE

Oblastí prochází rozvodí mezi Severním a Blatským mořem. S ohledem na množství spadlých srážek je zde velmi bohatá říční síť a území je vodohospodářsky velice významné. Nacházejí se zde dvě chráněné oblasti přirozené akumulace vod, a to Jizerské hory a Severočeská křída, která zasahuje zájmové území pouze okrajově. V reakci na ničivé povodně zde již na počátku 20. století začala výstavba řady vodních nádrží, které dnes slouží i jako zdroj pitné vody (vodní nádrž Souš a Josefův důl). Na náhorní plošině vznikla četná rašeliniště, která můžeme považovat za jedinou přirozenou vodní plochu.

2.1.6 LESY JIZERSKÝCH HOR

Česká republika se dělí na 41 přírodních lesních oblastí, které jsou rozděleny podle klimatických, geologických, orografických a fytogeografických podmínek. Jizerské hory spadají do 21. oblasti s názvem Jizerské hory a Ještěd o výměře 53 680 ha a lesnatostí 74 %. Je zde vylišený 3.–8. lesní vegetační stupeň.

Tabulka 2 - Lesní vegetační stupně v Jizerských horách

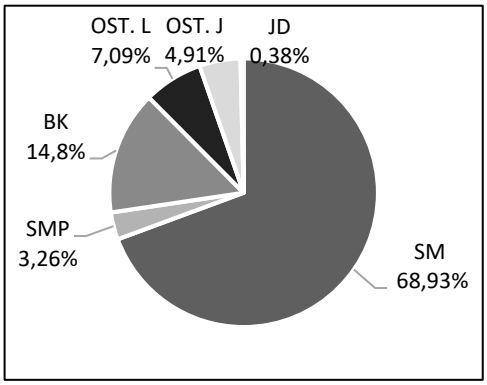
LVS - číslo a název		Výměra	Zastoupení	Nadmořská výška
		ha	%	m n. m.
3	Dubobukový	2 074	5	< 450
4	Bukový	4 544	12	420–500
5	Jedlobukový	8 816	22	500–640
6	Smrkobukový	15 787	40	600–820
7	Bukosmrkový	3 253	8	800–960
8	Smrkový	5 032	13	> 850

Přechody LVS jsou většinou pozvolné. Nejrozsáhlejší je v Jizerských horách 6. smrkobukový lesní vegetační stupeň, který zaujímá 40 % zalesněné plochy. Do kategorie lesů hospodářských je řazeno 45 % území plochy, lesy ochranné představují 8 % a lesy zvláštního určení 47 %. Současná druhová a věková skladba není ideální. Nejvíce jsou zde zastoupeny stejnověké porosty smrku ztepilého. Vyskytují se zde i nepůvodní druhy, zejména smrk pichlavý, který zde byl vysazován z důvodu vyšší tolerance k imisím. Od začátku 90. let se začíná s postupnou rekonstrukcí stávajících porostů na dřevinnou skladbu domácího původu. Postupně se usiluje zejména o zvýšení podílu jedle bělokoré a listnatých dřevin, které urychlují koloběh živin a vytvářejí příznivější formy humusu za současného odstranění introdukovaných smrkových exotů (Kuneš et al. 2011).

Tabulka 3 - Druhová skladba

dřevina	porostní plocha %
smrk ztepilý	68,93
smrkové exoty	3,26
buk lesní	14,80
ostatní listnaté	7,09
ostatní jehličnaté	4,91
jedle	0,38
holina	0,63

Grag č. 1 – Druhová skladba



Obrázek 1 - Druhová skladba

2.1.7 HISTORIE JIZERSKÝCH HOR

V 9. století byly Jizerské hory jen velice řídce osídleny a zásahy do lesních porostů probíhaly pouze za účelem získání dřeva na stavby a topení. Prvními stálými obyvateli tehdy byli Lužičtí Srbové. Charakter místního osídlení se proměnil až v 15. století. Hlavním zdrojem obživy se stal sklářský průmysl, těžba dřeva či textilní výroba a tlak na lesní ekosystém se začal zvyšovat. Změna druhové skladby a větší zásah do lesního prostředí je však datován až ke konci 18. století v závislosti na rozvoji sklářského průmyslu v Jizerských horách spolu s prvním použitím plošných těžeb. Už tehdy byla snaha o umělé zalesnění a v polovině 19. století je již na území zájmové oblasti výrazná převaha smrku. Zvýšená spotřeba semene byla zajištěna nákupem z jiných, často velmi vzdálených oblastí (Rakousko, Německo). V období po druhé světové válce pokračuje trend maximálního využití přirozené obnovy. V důsledku smrkových

monokultur se častěji v průběhu 20. století vyskytují větrné kalamity, které vrcholí v 60. letech, kdy je převážná část Jizerských hor zasažena silnými vichřicemi vanoucími z neobvyklého jihovýchodního až jižního směru. Vznikají tak kalamitní holiny, které se každým rokem rozšiřují (Karpaš et al. 1951). Oblast je dále zasažena imisní kalamitou, která graduje na přelomu 70.–80. let. Hlavní negativní vliv má oxid siřičitý z tepelných elektráren na území Polska, Německa i České republiky. Následné přemnožení obaleče modřínového a kůrovce urychlilo velkoplošný rozpad smrkových porostů na celé náhorní plošině Jizerských hor. Koncem 80. let byly velkokapacitní těžby ukončeny a započalo se s lesní obnovou. Díky malé odolnosti domácího smrku ztepilého vůči imisím se dominantní dřevinou při obnově po rozpadu lesních ekosystémů stal smrk pichlavý. Vysazen byl na území o výměře 1 639 ha (15 % řešeného území), tedy v menší míře, než tomu bylo v Krušných horách, avšak i tak se jedná o nezanedbatelný rozsah. V průběhu 90. let se přírodní poměry začaly pozvolna zlepšovat. Emise oxidu siřičitého klesly přibližně o 87 % na území celé České republiky, přesto problémem zůstává silná degradace půdy, což je rizikem pro stav lesních porostů do budoucna. (Slodičák et al. 2005).

2.1.8 SOUČASNÁ PROBLEMATIKA LESNÍHO HOSPODAŘENÍ V JIZERSKÝCH HORÁCH

Naprostá většina území byla po imisní kalamitě poměrně rychle zalesněna, aby byla zabezpečena ekologická, půdoochranná či vodohospodářská funkce lesa (Tesař 1982, Peřina et al. 1984). Hlavním problémem nové generace porostů je nepříznivá věková, strukturní i druhová skladba, která je náchylná ke škodám způsobeným abiotickými činiteli, hmyzími škůdci a houbovými patogeny. Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1.6 Lesy Jizerských hor, je snaha zejména postupně redukovat geograficky nepůvodní druhy, geneticky nevhodné porosty smrku ztepilého a zároveň obohacovat porosty původními druhy, které zvyšují stabilitu porostu a zlepšují půdní poměry. To jsou zejména dřeviny jako buk lesní, javor klen a jedle bělokorá. V nejvyšších a v nejvíce extrémních polohách je to bříza karpatská, jeřáb ptačí, popřípadě kleč horská, a naopak v nižších polohách se vysazuje například jasan ztepilý či jilm horský. Ukázalo se však, že vzhledem k drsnému klimatu a půdním podmínkám je druhové obohacení porostů, zejména na vrcholových hřebenech hor, velice obtížné a na některých místech zcela selhalo. Navíc jsou tyto dřeviny velice atraktivní pro různé druhy hlodavců a jsou preferovány spárkatou zvěří, jejíž stavy se v posledních letech na území Jizerských hor snížily, ale stále představují pro obnovu listnatých dřevin významný problém. Za velice citlivé dřeviny,

zejména k pozdním přízemním mrazům, které poškozují vyrašený asimilační materiál a terminální výhony, je považován například buk lesní nebo javor klen (Slodičák et al. 2005).

2.2 MRAZOVÉ KOTLINY

Nacházejí se v uzavřených mělkých údolích ve vyšších nadmořských výškách, kde se stékající studený vzduch z blízkých vrcholů a hřebenů hromadí a vytváří zde tzv. jezero studeného vzduchu (Geiger 1950). Vzniká v průběhu radiačního ochlazování, které probíhá nejčastěji v noci za jasného počasí, kdy převládá dlouhovlnné vyzařování například ze země nad slunečním krátkovlnným zářením. V průběhu nočního radiačního počasí se přízemní vrstva o tloušťce několika málo desítek centimetrů rychle ochlazuje. Studený vzduch je těžší než vzduch teplý a díky gravitační síle, stéká a hromadí se v údolí. Zde pak vrstva studeného vzduchu dosahuje několika metrů i více (Balcar et al. 2011). Jelikož je údolí uzavřené, ať už přírodní či umělou překážkou, je omezeno místní odtékání vzduchu a pokud zde vítr nedosahuje dostatečné intenzity, aby se studený vzduch promísil se vzduchem teplejším, vytvoří se ideální podmínky pro noční pokles teplot, které mohou dosahovat až mrazových hodnot. Mráz se zde tedy může vyskytnout i v případě, kdy se na vrcholech díky větrným turbulencím nevyskytuje ani mráz přízemní. Jev jezera studeného vzduchu nám může prozradit vyskytující se nízká přízemní mlha, která vznikne, když se ochladí vzduch na rosný bod (Munzar et al. 1989), tedy na teplotu, při které je relativní vlhkost vzduchu 100 %, vzduch je tedy maximálně nasycen a dochází ke kondenzaci. V České republice se silné mrazové kotliny nacházejí na Jizerce v Jizerských horách v nadmořské výšce 800 až 900 m, místo experimentální výsadby břízy karpatské, nebo např. na Šumavě na lokalitách Jezerní slať, Rokytská slať či horská Kvilda v nadmořské výšce přibližně 1000 m. Běžný výskyt mrazových kotlin je pak například v Alpách, Karpatech či pohořích Balkánského poloostrova.

K poklesu teplot po bod mrazu dochází na těchto lokalitách v průběhu celého roku a kvůli nahromaděnému studenému vzduchu do výšky několika metrů, mráz nezasahuje pouze bylinné patro, ale poškozuje lesní dřeviny ve vegetační i mimovegetační době, kdy jsou dřeviny vystaveny extrémním mrazům bez sněhové přikrývky. V oblastech které jsou zatíženy extrémními mrazovými stresy se obnova lesních porostů provádí ve dvou fázích. V první fázi je třeba založit přípravný porost z odolných dřevin, do jejichž krytu budou vnášeny dřeviny cílové druhové skladby jako fáze druhá (Balcar et al. 2011).

2.3 PŘÍPRAVNÉ DŘEVINY

Tyto dřeviny mají snížené nároky na stanovištní podmínky a jsou schopné odolat extrémům prostředí. Patří jsem především dřeviny s pionýrskou životní strategií. Podle Backmanova růstového zákonu se rozlišují tři růstové typy. (1) Typ s rovnoměrným růstem po celý život. (2) Časově prostorový typ, kdy je růst zpočátku pomalý, později kulminuje a dlouho zůstává na úrovni, pak pomalu stárne. Tato dlouhověkost je typická pro klimaxové, cílové dřeviny. (3) Prostorově časový typ, který naopak zpočátku roste rychleji, brzy kulminuje a poměrně brzy ochabuje. Rychlé stárnutí a krátkověkost je charakteristická právě pro pionýrské dřeviny (Košulič 2008).

Pionýrské dřeviny obecně snášejí přímé oslunění, extrémní výkyvy teplot i srážek. Rovněž se vyznačují vysokou plodností, která u nich nastupuje poměrně v nízkém věku, často mezi 10. – 15. rokem života. Semena se šíří nejčastěji větrem, tedy anemochorně, mívají dobrou klíčivost a vyklíčené semenáčky mají schopnost odrůstat i v nepříznivých podmínkách (Kravka et al. 2012). Příkladem jsou bříza bělokorá a pýřitá, topol osika a jeřáb ptačí, které jsou považovány za univerzální pionýrské dřeviny, které jsou schopny se vyrovnat prakticky s jakýmkoliv typem stanoviště v celém rozpětí nadmořských výšek, které u nás připadají v úvahu (Slodičák a Novák 2008). Dále se jedná o olše, vrby, modřín a na konkrétních stanovištích i smrk a borovice (Souček et al. 2016)

Od přípravného porostu se očekává rychlé vytvoření porostního zápoje a tím snížení extremity klimatu holých ploch, jako je omezení přímého slunečního záření, teplotních extrémů, snížení rychlosti proudění větru, omezení konkurence buřeně, udržení nebo zlepšení podmínek svrchních půdních vrstev, konktrétně úpravu vodního režimu, prokořenění, snížení rizika eroze půdy. Úprava prostředí pak umožní přirozenou nebo umělou obnovu náročnějších cílových dřevin. (Souček et. al 2016) Tento postup dvoufázové obnovy byl v minulosti využíván zejména v horských polohách v souvislosti s obnovou lesa na holinách po imisních těžbách (Jirgle 1979, Šindelář 1982, Slodičák et al. 2008). Přípravné porosty mají ale využití například i při zalesňování zemědělských půd. Způsob a termín odstranění přípravného porostu se může měnit v závislosti na stanovištních a porostních podmínkách a vlastnostech cílových dřevin (Souček et al. 2016).

Na experimentální zkusné ploše, která byla předmětem měření, byla jako přípravná dřevina použita bříza karpatská, její charakteristika je shrnuta v následující kapitole.

2.4 BŘÍZA KARPATSKÁ

2.4.1 PROBLEMATIKA URČOVÁNÍ

Bříza nebyla v minulosti považována za hospodářsky významnou dřevinu, z tohoto důvodu nebyla věnována příliš velká pozornost ani taxonomické problematice. Poměrně nedávno narostla potřeba rozlišovat jednotlivé druhy, a to v souvislosti s rozpadem přípravných březových porostů např. v Krušných horách. Celkem se na našem území vyskytuje sedm druhů bříz, ale pouze tři jsou lesnicky významné, jedná se o břízu pýřitou *(Betula pubescenes)*, břízu bělokorou *(Betula pendula)* a břízu karpatskou *(Betula carpatica)* (Buriánek et al. 2014). Břízy patří mezi druhy s vysokou variabilitou morfologických znaků, které se dají obtížně rozlišit, zejména u drobných taxonů. Pomocí průtokové cytometrie lze jednoznačně určit druhy diploidní, mezi které například patří *Betula pendula, Betula nana* a druhy tetraploidní například *Betula pubescens, Betula carpatica, Betula petraea* (Karlík et al. 2010). Je velice složité jednotlivé taxony určit a rozlišit podrobněji, zejména u tetraploidních druhů z důvodu časté vnitrodruhové variability a výskytu různých hybridních populací (Elkington 1968, Karlík 2010). Zaměříme-li se na břízu karpatskou, její původ se podle různých autorů liší. Zda se jedná o kříženec *Betula pubescenes* a *Betula pendula* (Adler et al. 1994) či *Betula odorata* a *Betula pendula* (Sýkora 1983) nebo *Betula pubescenes* a *Betula nana.* (Janovská 2004) není jisté. Někteří břízu karpatskou nevylišují ani jako samostatný druh, ale pouze jako poddruh břízy pýřité. (Rothmaler 2005). Různý počet chromozomů napříč populacemi může značit, že tento druh mohl vzniknout opakovaně v různých oblastech (Brown et al. 1977). K tomuto závěru přispívá i vysoká lokální variabilita morfologických znaků, zejména tvaru listu (Jentys-Szaferowa 1950). Ale je pravděpodobné, že dobré mechanické a fyziologické vlastnosti, hlavně vysokou odolnost vůči mrazu a sněhu, bříza karpatská zdědila od severských rodičovských druhů (*Betula odorata*, popřípadě *Betula tortuosa*) (Sýkora 1983). V této bakalářské práci však budu vylišovat břízu karpatskou jako samostatný taxon, přestože situace není zcela přehledná a vyžaduje další zkoumání.

2.4.2 VÝSKYT BŘÍZY KARPATSKÉ

Bříza karpatská je ostrůvkovitě rozšířená v pohořích západní a střední Evropy, od Portugalska až po Rumunsko. Na území České republiky se vyskytuje v Krkonoších, Hrubém Jeseníku, velice charakteristická je pro území Jizerských hor. Dále je zaznamenán výskyt na Šumavě spolu s *Betula petraea* či ve Slavkovském lese (Karlík 2010). Vyskytuje se přirozeně na velice extrémních stanovištích, a to na dvou ekotypech, které jsou svými podmínkami zcela odlišné. Prvním typem jsou kamenitá a suťovitá stanoviště, jako například lavinové dráhy, kde bývá silná sněhová pokrývka (Krkonoše). Druhým typem jsou podmáčené půdy až rašeliniště, kde je tento druh schopný odolávat nízkému pH, malému obsahu půdního vzduchu, trvalému zamokření či silným pozdním mrazům (Jizerské hory).

2.4.3 MORFOLOGIE BŘÍZY KARPATSKÉ

Bříza karpatská je popisována jako keř až stromek s nepravidelnou korunou a s kmínky v průměru 20 cm. Dorůstá výšky maximálně 15 m. Borka má barvu bílou, žlutavou, červenavě hnědou, šedou či černou (Úřadníček 2009). Letorosty jsou plstnaté, ale olysávají během vegetační sezóny. Čepel listu má vejčitý tvar, nejširší je přibližně uprostřed a dlouhá je 2,5–6,0 cm. Na rubu je list plstnatý a opět během vegetační sezony olysává, chlupy zůstávají pouze na žilkách. Okraje listu jsou 2x pilovitě vroubkované (Buriánek 2014). Na základě tohoto morfologického znaku nelze jednotlivé tetraploidní druhy rozlišit, přestože se tvar listu často k determinaci určitého taxonu využívá (Ešnerová et al. 2013). Květem jsou samčí a samičí jehnědy, které se vyskytují na každém jedinci současně, jedná se tedy o jednodomou dřevinu. Samčí květy krátce po vypylení opadávají, samičí se během vegetační sezony přeměňuji na plody. Plodem jsou jednosemenné okřídlené nažky s podpůrnými trojlaločnými šupinami. U břízy karpatské jsou všechny laloky přibližně stejně velké a směřují nahoru. Křídlatý lem je v porovnání se samotnou nažkou jen o málo širší, což může napomáhat k určení tohoto druhu v terénu (Buriánek et al. 2014).

2.4.4 EKOLOGICKÉ A FYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI BŘÍZY KARPATSKÉ

Tato dřevina je charakteristická světlomilností, celkem dobře snáší šok z přesazení a v mládí poměrně rychle přirůstá jako i ostatní druhy bříz. Její fyziologické a ekologické nároky jsou však od ostatních druhů zcela odlišné (Balcar et al. 2010). Roste v podmínkách s velkým množstvím spadlých srážek, snáší dobře velmi krátkou vegetační dobu i dlouho ležící sněhovou pokrývku. Je velice mrazuvzdorná a je schopná tvořit plazivé formy. Stavba dřeva výborně odolává těžkému sněhu a bez poškození se ohýbá. K růstu vyžaduje volnou plochu. Tato fakta dokazují, že bříza karpatská je druh s velkým potenciálem lesnického využití, zejména na extrémních horských stanovištích, a může být využit při obnově a druhové diferenciaci jehličnatých porostů v těchto lokalitách. Jde o druh, který je v aktuálním červeném seznamu zařazen v kategorii C4b = vzácnější taxon vyžadující pozornost, nedostatečně prozkoumaný (Grulich 2012).

2.4.5 VYUŽITÍ BŘÍZY KARPATSKÉ

Bříza karpatská je považována za vhodnou přípravnou dřevinu pro kyselá horská stanoviště. Pokud je chráněná před zvěří, vykazuje nízkou míru úmrtnosti a poměrně rychlý počáteční růst. Poskytuje kryt, který je nezbytný pro opětovné vysazení citlivějších druhů dřevin, a má vysoký meliorační potenciál díky svému každoročnímu opadu, který má pozitivní vliv na koloběh živin a organické hmoty v ekosystému. (Kuneš et al. 2007). Přestože už dříve byla bříza karpatská doporučována jako meliorační dřevina, vhodná na zalesnění imisních holin, často byla nahrazena břízou bělokorou. Ta se i přes počáteční úspěšné odrůstání neosvědčila. Důsledkem extrémního zimního počasí se na jaře 1997 projevilo poškození březových porostů ve všech horských oblastech na severu republiky, nejvýrazněji však v Krušných horách (Lomský et al. 2004). Porosty břízy bělokoré zde začaly velkoplošně odumírat a chřadnout, docházelo k prosychání korun až celkové defoliaci, která souvisí s hnilobou kmene a kořenového systému (Mauer et al. 2003). Na základě experimentální výsadby, založené roku 1993 v Jizerských horách, kdy se porovnávala výsadba břízy karpatské se sousední břízou bělokorou, lze konstatovat, že bříza bělokorá není k výsadbě do vyšších poloh vhodná. Bříza karpatská je proti tomu schopná v těchto extrémních podmínkách prosperovat (Balcar 2010). Dále bylo zjištěno, že bříza karpatská a bříza pýřitá mají silnější epikutikulární vrstvu na listech

než bříza bělokorá, a tudíž jsou odolnější k imisnímu stresu i nepříznivým klimatickým podmínkám (Bednářová E. 2002).

2.5 VÝŽIVA A HNOJENÍ LESNÍCH POROSTŮ

2.5.1 VÝŽIVA

Výživa je soubor biochemických či biogeochemických procesů, kterými organismy, v našem případě lesní dřeviny, přijímají organické a anorganické látky potřebné pro svůj život. Tyto procesy jako je koloběh látek (živin), tok energie a organické hmoty, determinují funkci lesních ekosystémů. Pokud jsou živiny dodávány uměle, za účelem zvýšení zásoby v ekosystému, nazýváme to hnojením.

2.5.2 ŽIVINY

Živiny jsou chemické prvky, nezbytné pro život organismů. Jsou součástí stavebních látek rostlinných těl, zúčastňují se metabolických dějů, tzv. živinových cyklů, a označují se jako biogenní prvky. V užším pojetí jsou biogenní prvky ty, které rostliny získávají především z půdního prostředí. Mezi ně nepatří významné prvky jako uhlík (C), vodík (H) a kyslík (O), jež jsou podstatnou částí uhlovodíků, které jsou nositeli organického života a tvoří 96 % hmotnosti těl v sušině. Tyto tři prvky rostlina získává především hydrolýzou vody a z ovzduší. Díky svému velkému obsahu v organismech jsou označovány jako makroelementy. K dalším nezbytným makroelementům, jejichž obsah se často vyjadřuje v řádech procent, patří dusík (N) jako součást aminokyselin, fosfor (P), součást fosfátů a energeticky bohatých vazeb, a další živiny, jako je draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg) a síra (S). Rostliny, včetně lesních dřevin, se vyznačují různými nároky na přijímané živiny, a to i v rámci jednoho druhu, které se navíc mění během růstu a vývoje dřeviny. Významná je sezónní proměnlivost v příjmu a využívání živin, kdy ve vegetačním období je příjem intenzivní oproti období vegetačního klidu. Důležitý fakt týkající se živin je také to, že jednotlivé prvky, nezbytné v malém množství, se mohou stát toxickými při zvýšené koncentraci v prostředí.

2.5.3 ODBĚR A RETENCE ŽIVIN Z PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ

Lesní dřeviny získávají většinu živin z půdy pomocí kořenového systému, a to hlavně jemnými kořínky ve vrstvě nadložního humusu, zejména na chudších stanovištích, přičemž existují různé způsoby přijímání živin:

- Pasivně spolu s tokem vody podmíněným transpirací rostliny
- Difuzí živin z vodních roztoků, kdy se živiny pohybují z míst vyšší koncentrace do míst s koncentrací nižší
- Pomocí mykorhiz

Vztah mezi odběrem a zásobou živin je velice komplikovaný. Závisí na mnoho okolnostech, jako je poutání živin v půdě, minerální síle půdy, stupni zvětrání, mikroklimatických podmínkách či na rozložení kořenů v půdním profilu. Obecně je absorpce živin podmíněna druhovým složením ekosystému, stanovištními podmínkami a věkem porostu (Podrázský et al. 2015).

2.5.4 NÁVRAT ŽIVIN DO PŮDNÍHO PROSTŘEDÍ

Živiny odebrané rostlinnou složkou ekosystému se po určité době a v určité míře navracejí zpět do půdního prostředí. Základní způsoby jsou:

- Opad, jako nejvýznamnější součást jak z hlediska objemu, tak i významu.
    - Nadzemní – odumřelé asimilační orgány, semena, plody apod.
    - Podzemní – odumírání kořenů
- Extrakce a vyplavení z biomasy
- Konzumace jako součást potravního řetězce

2.5.5 CHEMICKÁ ANALÝZA ŽIVIN

V současné době jsou tyto údaje získávány především pro ekosystémové studie, které souvisí s nápravami poruch výživy hnojením (Podrázský et al. 2015). Stanovuje se obsah základních živin (N, P, K, Ca, Mg). Provádí se zvlášť pro jednotlivé orgány a cílem je kvantifikovat množství živin, které zkoumaný porost poutá a zároveň stanovuje, jaké množství živin je navráceno do půdy pomocí opadu asimilačních orgánů.

2.5.6 HNOJENÍ

Možnosti aplikace hnojivých materiálů v lesnickém sektoru jsou značně široké. Hnojení lesních půd však představuje extrémní opatření, používané v mimořádných situacích. Jednou z nich je právě i aplikace hnojiv v oblastech imisních holin, kde má napomáhat k rychlejšímu odrůstání kultur a znovuvytvoření funkčních lesních ekosystémů (Podrázský 2006). Hnojení se dělí podle různých kritérií. Jedním z hlavních je dělení na hnojení přímé a nepřímé. V případě přímého hnojení, se aplikované živiny přímo zapojují do koloběhu látek. Toto opatření způsobuje rychlé, ale často krátkodobé zlepšení stavu lesních dřevin. Naproti tomu nepřímé hnojení svým vlivem na prostředí zvyšuje biologickou aktivitu a umožňuje větší příjem živin. Klasickým případem nepřímých hnojiv je vápnění. Nevhodné či neúměrné použití však může způsobit nadměrný a nepřirozený rozklad organické hmoty. I jednotlivá hnojiva mohou mít různou formu, např. pevné, tekuté, tabletované, v práškové formě, podle původu se také dělí na organická, průmyslová atp.

V rámci diplomové práce detailněji popíšu vápnění, které bylo používáno v oblastech zájmového území Jizerských hor, a dále bodové přihnojování lesních kultur, které bylo použito na experimentální ploše a jímž se budu zabývat v praktické části.

2.5.7 VÁPNĚNÍ

Je nepřímým hnojením a také nejběžnějším typem chemické meliorace v lesnictví. Je prováděno za účelem zlepšení stavu cílových i přípravných porostů a lesních půd v krátkodobém i dlouhodobém horizontu. Vliv použití vápence se projeví většinou s delším časovým odstupem a předpokládá se, že účinek bude dlouhodobý.

Vápnění v České republice má poměrně dlouhou historii, v průběhu doby se pohled na chemické meliorace lesních půd změnil, měnily se cíle, potřebnost i rozsah zásahů (Šrámek 2012). V největší intenzitě bylo aplikováno v 70. a 80. letech na rozsáhlých imisních oblastech Krušných hor, Jizerských hor, Krkonoš a Orlických hor. Po krátké přestávce v 90. letech, kdy se výrazně zlepšila kvalita ovzduší a lesní porosty v imisních oblastech začaly regenerovat, se tento způsob chemické meliorace začal opět užívat. Příčinou bylo žloutnutí smrkových porostů z důvodu kritického nedostatku hořčíku a dalších bazických prvků v asimilačních orgánech i v půdě. Pouze v letech 2010–2014 bylo zastaveno letecké vápnění z úsporných důvodů, od roku 2015 je opět obnoveno.

Vápnění snižuje extrémní kyselost půdy, kompenzuje účinek kyselého spadu, zamezuje vyplavování živin z půdy, snižuje přístupnost toxického hliníku a manganu, doplňuje zásoby vápníku a hořčíku v lesní půdě a zlepšuje půdní biologickou činnost. Může mít ale i negativní dopad. Zejména při povrchové aplikaci, může dojít ke skokové změně pH, a tím i k narušení biologických procesů (Šrámek 2012). Dramaticky se můžou narušit humusové vrstvy v půdě. Špatný vliv má také na kyselými srážkami vyselektované acidofilní a acidotolerantní druhy edafonu, které po vápnění hynou (Rusek 2001). Dalším nebezpečím je špatný vliv na kořenové systémy. Vápnění např. podporuje rozvoj houbových patogenů jako je václavka nebo kořenovník (Podrázský 2002). Tyto rizika se dají minimalizovat při použití bezpečných dávek a zapracování materiálu přímo do půdy. Použití vápnění má svá pozitiva i rizika a je nutné před zahájením radikálních zákroků, zejména jako je celoplošné vápnění, zvážit bezpečnost aplikace v každém jednotlivém případě na základě podrobné analýzy lokality, stanoviště a lesního porostu.

2.5.8 BODOVÉ PŘIHNOJENÍ LESNÍCH KULTUR

Jedná se o individuální hnojení pozemní aplikací k jednotlivému sadebnímu materiálu. Přistoupilo se k němu zejména pro hospodárnost, efektivnost a eliminaci rizik spojených s velkoplošným hnojením (vápněním). Bodové hnojení lesních kultur má jistá specifika oproti hnojení v zemědělství, zejména se klade důraz na dlouhodobý účinek a jednorázovou snadnou aplikaci (Podrázský et al. 1999). Opakování v naprosté většině případů nepřipadá v úvahu. Hnojiva mohou mít různou formu v podobě tablet, prášku či granulí.

Pomalu působící hnojiva

Označované SRF (slow release fertilizers) jsou založena na dvou principech. Prvním je zakomponování živiny jako prvku do specifické sloučeniny, která se rozkládá pomaleji než jednoduchá forma daného prvku, a to pouze za určitých faktorů nebo jejich kombinací. Těmito faktory může být půdní vlhkost, teplota, půdní pH či působení mikroorganismů. Druhým principem je zapouzdření živiny do kapsle, která účinnou látku pomalu propouští, např. polymery obalovaná hnojiva PCF (polymer coated fertilizers). Tato skupina hnojiv funguje na principu polopropustné membrány, kdy se dovnitř dostane pára, ta zkondenzuje a rozpouští účinnou látku. Díky semipermeabilitě a difuzi se pak živiny dostávají do půdy. Do této skupiny hnojiv s pozvolným uvolňováním řadíme i hnojiva řady Silvamix®, které obsahují všechny základní živiny N, P, K i Mg (Vacek et al. 2009). Hnojiva Silvamix jsou hojně využívaná v lesnictví pro řešení silně degradovaných lesních půd a bylo použito i na experimentální ploše Jizerka-Panelka.

Bodové přihnojování lesních kultur je řešením, pokud nechceme přihnojováním podpořit také buřeň. Také pomáhá snížit mortalitu u sazenic po zalesnění. Na nepříznivých stanovištích ovšem může dojít k tomu, že kořeny z jamky neprorůstají do okolního nepříznivého prostředí, dochází k jejich deformacím a u porostů středního věku k vývratům (Tesař 1986).

3 METODIKA

3.1 EXPERIMENTÁLNÍ PLOCHA OPLOCENKA JIZERKA-PANELKA

3.1.1 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Pokusná výsadba o výměře 5341 m^2, chráněna oplocenkou, je umístěna podél panelové cesty, která se nachází na území osady Jizerka, součást obce Kořenov v Jizerských horách v nadmořské výšce 865 m n. m. Přesné GPS souřadnice jsou N 50°49.15', E 15°21.13'. Jedná se stanoviště v mrazové kotlině, půda je na části plochy ovlivněna vodou. Lesním typem je převážně 8K2 kyselá smrčina borůvková. Výsadba byla zahájena v roce 2008 a probíhala ve dvou etapách. Celkem zde bylo vysazeno 1052 poloodrostků a odrostků břízy karpatské. Bližší informace viz http://listnace.cz/.

3.2 PŮVOD SADEBNÍHO MATERIÁLU

Osivo zajistil Ing. Vladimír Vršovský ze správy CHKO Jizerské hory v roce 2006. Pochází z přírodní lesní oblasti 21 Jizerské hory a Ještěd z 8. smrkového lesního vegetačního stupně. Evidenční číslo uznané jednotky, které zajišťuje identifikaci a označuje původ, je CZ-1-1-BRC-20059-21-8-L. Toto osivo bylo použito pro všechny tři typy použitého sadebního materiálu, tedy standardní obalované sazenice, poloodrostky a odrostky. Poskytnuto bylo dvěma dodavatelům – Ing. Pavel Burda, lesní školky a Suchopýr o.p.s.

3.3 VÝSADBA BŘÍZY KARPATSKÉ

3.3.1 PRVNÍ ETAPA VÝSADBY

První etapa výsadeb byla realizována od 23.10. do 5.11. 2008. Použit byl sadební materiál od dvou pěstitelů (viz kapitola 2.2).

- Standartní obalované sazenice od dodavatele Suchopýr o.p.s. o výšce 25–40 cm a tloušťce 4 mm pěstované dle pěstebního vzorce 1+1k byly dodané ve zhoršené kvalitě

a jevily známky poškození houbovým patogenem. Proto byla vysazena pouze vitálnější část v množství 756 kusů.

- Prostokořenné poloodrostky dodané Ing. Pavlem Burdou pěstované dle pěstebního vzorce 1+0,5–0,5 byly rozdělené do dvou výškových tříd. Celkově bylo vysazeno 440 kusů ve výšce 80–120 cm s tloušťkou v krčku 8 mm a 440 kusů ve výšce 121–150 cm s tloušťkou 10 mm.

Sadební materiál byl sázen střídavě do řad s tím, že každá třetí řada byla vyčleněna pro výsadbu odrostků v druhé etapě. Školka Suchopýr o.p.s. nedodala množství sazenic dle původního projektu. Z tohoto důvodu byla část odrostků od Ing. Pavla Burdy vysazena dříve a pro snazší odlišení se označila jako poloodrostky. Odrostlejší materiál byl pečlivě stabilizován. Experiment byl realizován v poloprovozu, kdy nebylo možné vše ohlídat, a proto rovnoměrné rozložení silnějších jedinců neproběhlo zcela ideálně.

3.3.2 PŘIHNOJENÍ KULTUR Z PRVNÍ ETAPY

Na jaře 14. 5. 2009 proběhlo přihnojení zasazeného materiálu. Sadební materiál Suchopýr zasažen značnou mortalitou, přihnojen nebyl, a vytvářel tak samostatnou variantu. Poloodrostky byly rozděleny na tři varianty.

- Poloodrostky bez přihnojení jako kontrola
- Poloodrostky – Silvamix Forte
- Poloodrostky – Silvamix Forte + P

Poloodrostky bez přihnojení

Do této varianty určené jako kontrola se dostaly i nadprůměrně velké odrostky. Podle výšky byla tedy na jaře 2009 rozdělena přibližně na polovinu a označena jako kontrola menší (KM) a větší (KV).

Poloodrostky Silvamix Forte

Použito bylo hnojivo Silvamix Forte, tedy pomalu rozpustné hnojivo ve složení NPK (MgO) v poměru 17,5 % N s podílem 60 % pomalu rozpustného dusíku z celkového

N, 17,5 % P, 10,5 % K a 9 % MgO. Toto hnojivo bylo aplikované ve formě 10 g tablet, které byly po 3 kusech rozmístěny do vrcholů rovnostranného trojúhelníku kolem stromku ve vzdálenosti 20–30 cm a do hloubky přibližně 5–10 cm.

Poloodrostky Sivamix Forte + P

U těchto poloodrostků došlo ke stejnému přihnojení, které bylo aplikované stejnou formou jako u varianty předchozí. Navíc bylo použito pomalu rozpustné fosforečné hnojivo s vápníkem a hořčíkem Fosmag MK ve formě granulátu, a to v kruzích o průměru cca 50 cm kolem jednotlivých stromků v dávce 30 g na jednotlivý poloodrostek.

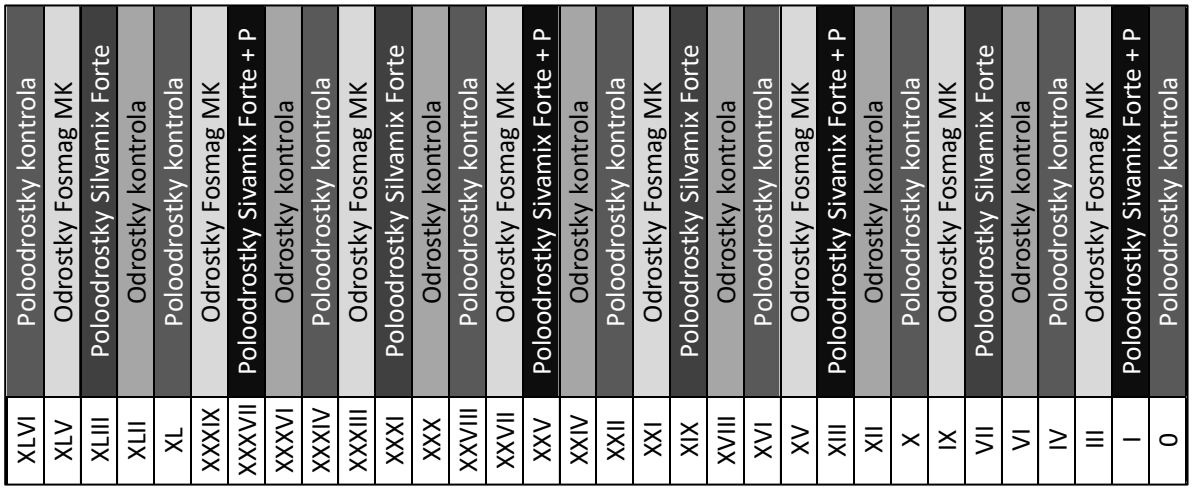
3.3.3 DRUHÁ ETAPA VÝSADBY

Druhá etapa výsadby proběhla na podzim 17.–20. 11. 2009 do předem vyčleněných volných řad. Použity byly prostokořenné odrostky, vypěstované Ing. Pavlem Burdou, o výšce 120–180 cm a tloušťkou v krčku 12 cm. Pěstební vzorec tohoto sadebního materiálu je 1+0,5–0,5+1. Vysázeno bylo 315 kusů, které byly stabilizovány smrkovými kůly 4 x 4 x 180 cm.

Během prvního roku zaznamenala varianta Suchopýr vysokou mortalitu a téměř přestala existovat, do výsledků tedy nebyla zahrnuta a mezi jednotlivými řadami vzniklo volné místo. Velikost výsadby i počet řad v rámci oplocenky je tedy oproti původnímu projektu a rozvržení nižší.

3.3.4 PŘIHNOJENÍ KULTUR Z DRUHÉ ETAPY

Konečné uspořádání výsadeb v oplocence Jizerka-Panelka vzniklo přihnojením odrostků vysazených v druhé etapě, které proběhlo 11. 5. 2010. V rámci této výsadby tedy vznikly dvě varianty. Odrostky bez přihnojení jako kontrola a odrostky přihnojené hnojivem Fosmag MK, aplikované v dávce 50 g v kruzích o průměru 50 cm kolem stromku ve formě granulátu.



Obrázek 2 - Schéma konečného uspořádání v oplocence „Jizerka-Panelka“

3.4 MĚŘENÍ A ZJIŠŤOVÁNÍ DAT V TERÉNU

Každý vysazený jedinec je označen štítkem, na kterém se nachází číslo řady a pořadové číslo jednotlivého stromku v řadě. Měření a posuzování zdravotního stavu pokusné výsadby je prováděno jednou ročně. První měření se uskutečnilo na jaře, po realizované podzimní výsadbě, každé další měření probíhá po skončení vegetační sezóny. Měřené veličiny jsou tloušťka kořenového krčku, která se měří s přesností na milimetry, a výška jednotlivých stromků s přesností na centimetry od kořenového krčku po nejvyšší vrchol. Dále se zaznamenává zdravotní stav, typ poškození, popřípadě úhyn. Nově se od roku 2015 měří šířka koruny s přesností na cm. Výsledky jsou pečlivě zaznamenávané a porovnávají se s naměřenou hodnotou z předešlého roku, aby se předešlo hrubým chybám. Výsledky se dále vyhodnocují.

3.5 VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH DAT

Základní vyhodnocení a zpracování dat je uskutečněno v programu Microsoft Excel a Statistica 2012. Naměřené hodnoty jsou roztříděny dle jednotlivých variant se zřetelem na použitý sadební materiál a druh přihnojení. Vyhodnocují se základní statistické ukazatele jako například aritmetický průměr, směrodatná odchylka, modus, medián. Posuzuje se mortalita, průběžná výška a průměr v krčku, výškový i tloušťkový přírůst.

Statistické testování proběhlo v programu Statistica 2012. Testovány byly pouze přírůsty, a to z důvodu rozdílné velikosti sazenic při výsadbě. Vždy se testovala nulová hypotéza,

kdy se přírůsty neliší, oproti hypotéze, kdy se přírůsty liší. Testování probíhalo v rámci jednotlivých termínů (roků) výsadby, to znamená, že jedinci vysazení v roce 2008 označení jako poloodrostky a jedinci vysazení v roce 2009 s označením odrostky se považuji za dvě samostatné skupiny a jejich vzájemný vztah nebyl testován.

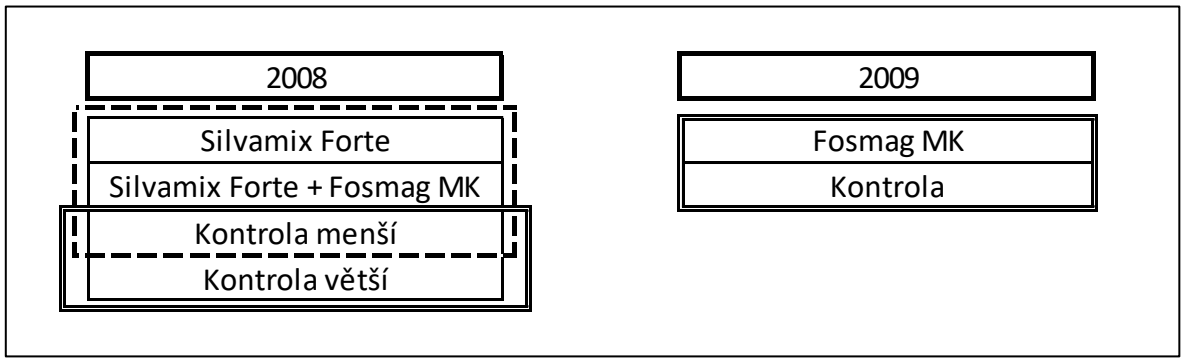
Poloodrostky – výsadba podzim 2008

V rámci této výsadby rozlišujeme celkově čtyři varianty. Poloodrostky přihnojené hnojivem Silvamix Forte (S), poloodrostky přihnojené kombinací hnojiv Slivamix Forte a Fosmag MK (S+F) a kontrolní variantu poloodrostků bez přihnojení, která byla dále rozdělena na kontrolu nižší (KM) a kontrolu vyšší (KV). Statistické testování bylo použito pro porovnání přírůstů mezi S, S+F, KM a dále samostatně pro kontrolní variantu, tedy mezi KM a KV.

Odrostky – výsadba podzim 2009

U této výsadby realizované v druhé etapě vylišujeme varianty pouze dvě, a to odrostky přihnojené hnojivem Fosmag MK a odrostky kontrolní nepřihnojené, které byly navzájem statisticky otestovány.

Pro lepší přehled a orientaci bylo vytvořeno následující schéma.



Obrázek 3 - Schéma jednotlivých variant v rámci provedených výsadeb na lokalitě „Jizerka-Panelka“ a jejich vzájemné statistické testování (pozn. dvojitá čára – Mann–Whitneův U test, čárkovaná čára – Kruskal–Wallisův test).

Do testování nebyli zahrnutí odumřelí jedinci. Pro porovnání dvou nezávislých vzorků byl použit neparametrický Mann–Whitneyův U test na zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro vícenásobné porovnání, byl použit Kruskal–Wallisův test opět na obvyklé hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Pokud v testu vyšel statisticky významný rozdíl, byl vyznačen písmennými indexy do grafu tloušťkových či výškových přírůstů a dále byl zobrazen pomocí krabicového grafu.

3.6 ŽIVINOVÁ ANALÝZA

Odebrání jednotlivých jedinců pro živinovou analýzu proběhlo v srpnu 2016. Náhodně bylo vybráno 18 stromů, které byly odstraněny z porostu a následně dále zpracovány.

Příprava vzorků proběhlo na detašovaném pracovišti ČZU, Truba. Jednotlivé stromy se rozdělily zvlášť do skupin na listy, větve, kůru a kmen. Tento materiál byl vždy zvážen a poté z něho byl odebrán menší vzorek, u kterého byla zaznamenána hmotnost před vysušením i po vysušení. Celková hmotnost vysušeného materiálu, tedy sušiny, byla dopočítána.

Tabulka 4 - Vybraní jedinci pro živinovou analýzu.

poř. č.	č. stromu	varianta	m (g)	h (cm)	d (cm)
1	I-13	SF	641,88	234	4,2
2	I-42	SF	266,16	137	2,5
3	IV-27	KM	1467,00	280	5,1
4	VII-28	SM	384,35	244	2,7
5	VII-35	SM	340,16	150	3
6	X-11	KM	257,98	163	2,9
7	X-13	KM	487,72	203	3,6
8	X-34	KM	530,78	202	3,4
9	XIII-11	SF	298,70	171	2,8
10	XIII-38	SF	225,40	208	2,4
11	XIII-46	SF	264,22	173	2,6
12	XVI-25	KM	377,28	176	3,3
13	XIX-11	SM	163,12	144	2,2
14	XIX-29	SM	609,22	239	3,6
15	XIX-35	SM	73,88	124	1,5
16	XXV-30	SF	318,73	154	3,1
17	XLIII-22	S	264,06	133	2,8
18	XLVI-16	k	109,12	133	1,9

Připravené vzorky jednotlivých částí zpracovala laboratoř Výzkumné stanice Opočno, VÚLHM. Další zpracování probíhalo v programu Microsoft Excel.

Celková hmotnost biomasy na experimentální ploše byla určena nejprve výpočtem průměrné hmotnosti právě jednoho stromu. Hmotnost jedince bylo nutné, kvůli malému vzorku naměřených hmotností, stanovit na základě porovnání průměrných tlouštěk a výšek ze vzorníku a všech stromů na ploše k roku 2017. Následně byla vynásobena celkovým počtem jedinců, kteří se na ploše vyskytují. Poté byla pomocí přímé úměry dopočítána hmotnost biomasy právě

na 1 ha. K přehledu vypočítaných hmotností biomasy ve vysušeném stavu slouží přiložená tabulka č. 5.

Tabulka 5 - Výpočet hmotnosti nadzemní biomasy v suchém stavu (sušiny).

	m - vzorník	m - tloušťky	m - výšky	m - strom	∑ m - ha	∑ m - plocha
listy	0,07	0,08	0,08	0,08	140,25	74,90
větve	0,11	0,13	0,13	0,13	229,14	122,36
kůra	0,05	0,06	0,06	0,06	105,09	56,12
kmen	0,14	0,17	0,17	0,17	300,73	160,60

Území experimentální plochy měří 0,534 ha a vyskytuje se zde 942 živých jedinců, na jeden hektar jich připadá 1764.

4 VÝSLEDKY

4.1 MORTALITA

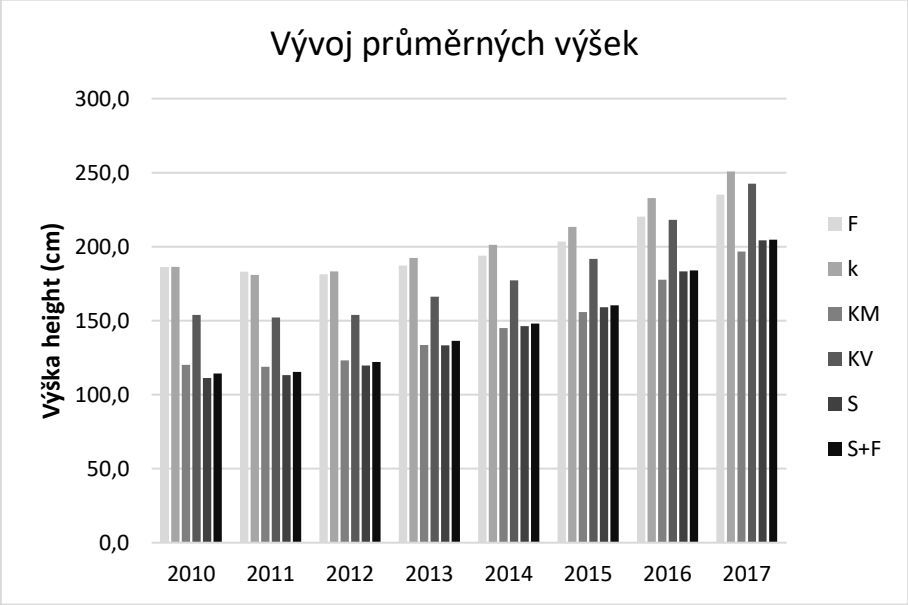
Celková mortalita je s ohledem na extrémní stanovištní podmínky na zkusné ploše relativně nízká a nebyly i přes specifické podmínky zaznamenány žádné významnější ztráty. V roce 2017, tedy 7 let po ukončení veškerých výsadeb na experimentální ploše, je procento úmrtnosti 10,9 %. Vyšší úmrtnost je zaznamenána u sadebního materiálu z druhé etapy výsadby označované jako odrostky, a to především v prvních letech po vysazení, která může být přikládána špatným klimatickým podmínkám při výsadbě a následnému povýsadbovému šoku. Na úmrtnosti se podílí i mechanické poškození biotickými činiteli (jako okus zvěří, poškození hlodavci či žír hmyzu), které bylo nejvýrazněji zaznamenáno v roce 2010 a 2011. Mortalita následně klesá. V posledních dvou letech dosahuje 0,1 %. Vývoj mortality pro jednotlivé varianty je popsaný v tabulce 6.

Tabulka 6 - Celková mortalita na experimentální ploše „Jizerka-Panelka“

	jaro 2009	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	celkem
n	742	741	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057	1057
F	-	-	4	13	5	-	2	-	-	-	24
k	-	-	8	7	10	1	1	1	1	1	28
KM	1	2	5	7	1	1	-	1	-	-	18
KV	-	2	4	4	2	-	2	-	-	-	14
S	3	2	5	-	3	3	2	-	-	-	18
S+F	2	1	3	4	1	-	-	-	-	-	11
n mortalita	6	7	29	35	22	5	7	2	1	1	115
% mortalita	0,8	0,9	2,7	3,3	2,1	0,5	0,7	0,2	0,1	0,1	10,9

4.2 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠEK

Pro úplný přehled je přiložen celkový vývoj průměrných výšek pro jednotlivé varianty vysazených na experimentální ploše. Tento ukazatel však neslouží k porovnání úspěšnosti jednotlivých variant, jelikož už při výsadbě byly použité sazenice poloodrostků a oddrostků, které měly tento parametr výrazně odlišný již od počátku a jak již bylo zmíněno považují se za dvě samostatné skupiny.

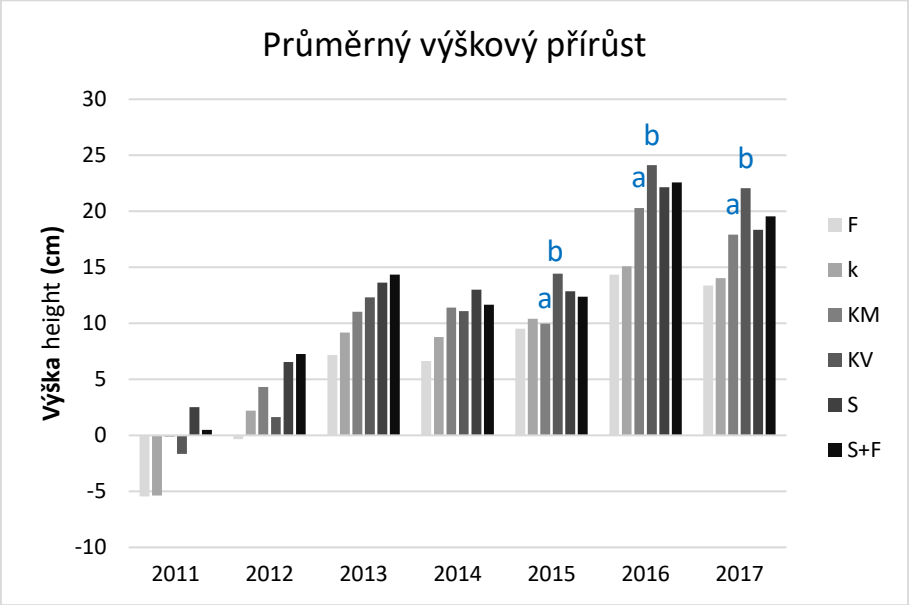


Obrázek 4 - Vývoj průměrných výšek na lokalitě „oplocenka Jizerka-Panelka“ pro jednotlivé varianty (pozn. F – odrostky Fosmag MK, k – odrostky kontrola, KM – poloodrostky kontrola menší, KV – poloodrostky kontrola větší, S – poloodrostky Silvamix Forte, S+F – poloodrostky Silvamix Forte + Fosmag MK).

4.2.1 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH VÝŠKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ

Vývoj průměrných ročních přírůstů je znázorněn na obrázku č. 5, na kterém je zřejmé působení povýsadbového šoku, kdy v prvních dvou letech tento ukazatel nabývá dokonce záporných hodnot. To může být způsobeno zlomem, odumřením vrcholové části sazenice, či chybou měření, pokud je přírůst v daném roce minimální. Nejvýrazněji je tento fenomén patrný u varianty odrostků, může to být přisuzováno už výše popsaným klimatickým podmínkám při výsadbě či například kvalitě sazenic. Po překonání tohoto období výškový přírůst

v jednotlivých letech stoupá, přesto u varianty odrostků nabývá nižších hodnot než u varianty poloodrostků.



Obrázek 5 - Vývoj průměrného výškového přírůstu na lokalitě „oplocenka Jizerka-Panelka“ pro jednotlivé varianty (pozn. F – odrostky Fosmag MK, k – odrostky kontrola, KM – poloodrostky kontrola menší, KV – poloodrostky kontrola větší, S – poloodrostky Silvamix Forte, S+F – poloodrostky Silvamix Forte + Fosmag MK). Průměrné hodnoty, které se od sebe statisticky odlišují na hladině α = 0,05 jsou odlišeny písmennými indexy.

4.2.2 STATISTICKÉ TESTOVÁNÍ VÝŠKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ

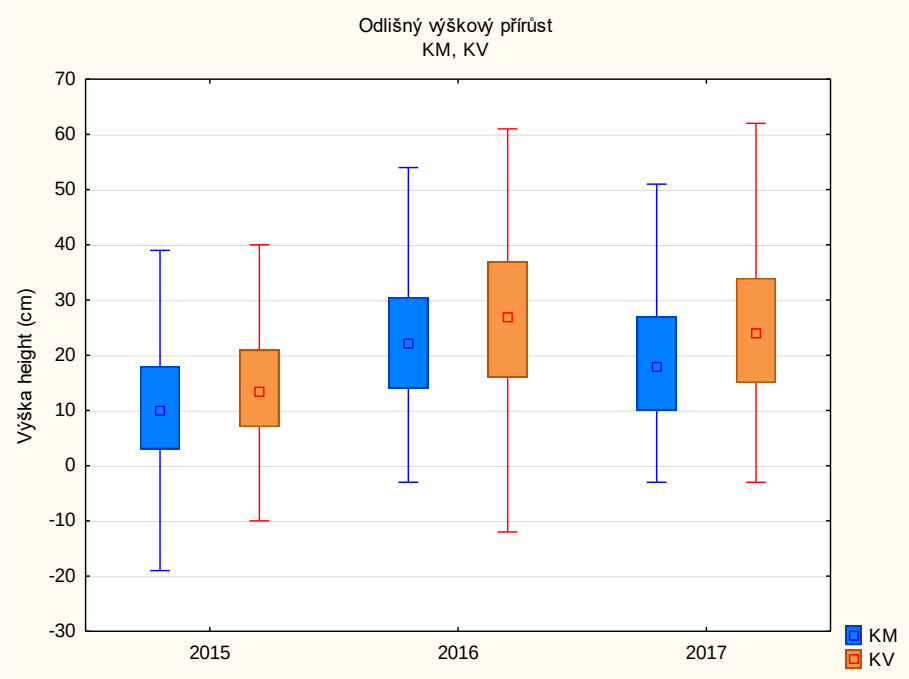
4.2.2.1 POLOODROSTKY – VÝSADBA 2008

Zda je rozdíl přírůstů statistický významný v rámci jednotlivých variant, bylo dále testováno.

U skupiny poloodrostků mezi variantami Silvamix Forte, Silvamix Forte + Fosmag MK a kontrolou menší z první etapy výsadby (označené jako S, S+F, KM) nebyl prokázán žádný statistický rozdíl v průměrných výškových přírůstech na hladině významnosti α = 0,05, tedy s pravděpodobností 95 %. Je důležité podotknout, že u tohoto testování byl použit Kruskal – Wallisův test, pro vícenásobné porovnání.

Další statistický test v rámci této skupiny byl použit na porovnání kontrolních nepřihnojených variant, mezi kontrolou menší (KM) a kontrolou větší (KV). Zde už byl zaznamenán významný statistický rozdíl na hladině významnosti α = 0,05 v roce 2015, 2016 a 2017. Tyto rozdíly jsou

znázorněny v krabicovém grafu (obrázek 6). V grafu Průměrný výškový přírůst (obrázek 5) je tento rozdíl označen modrými písmennými indexy.



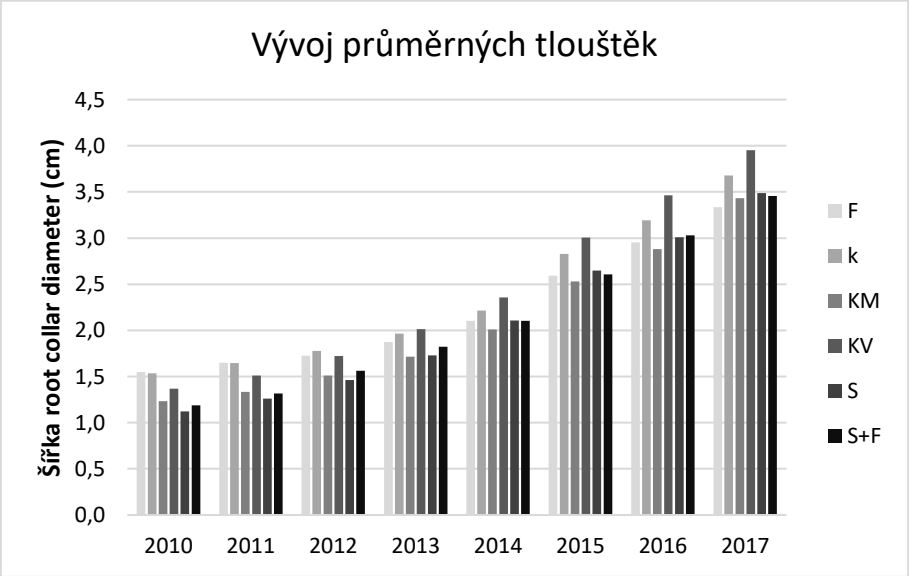
Obrázek 6 - Graficky znázorněný rozdíl v přírůstu výšek mezi variantou KM a KV.

4.2.2.2 ODROSTKY – VÝSADBA 2009

Testovaní rozdílu výškových přírůstů mezi přihnojenými jedinci hnojivem Fosmag MK (F) a nepřihnojenou kontrolou (k), rovněž nepotvrdilo významný statistický rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$.

4.3 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠTĚK

Stejně jako u vývoje průměrných výšek, přikládám do této diplomové práce údaje a vývoji průměrů kořenových krčků pouze z důvodu celkového přehledu a nelze na jeho základě porovnávat úspěšnost jednotlivých variant. Přesto můžeme z obrázku č. 9 usoudit, že je vývoj tlouštěk z počátku velice pozvolný, téměř stagnuje. Větší změny jsou patrné až v posledních letech. Opět může být vývoj kořenových krčků ovlivňován klimatickými podmínkami, šokem z přesazení a dalšími již zmiňovanými aspekty. Nejvyšší průměr kořenového krčku má varianta KV, nepřihnojených vyšších poloodrostků.

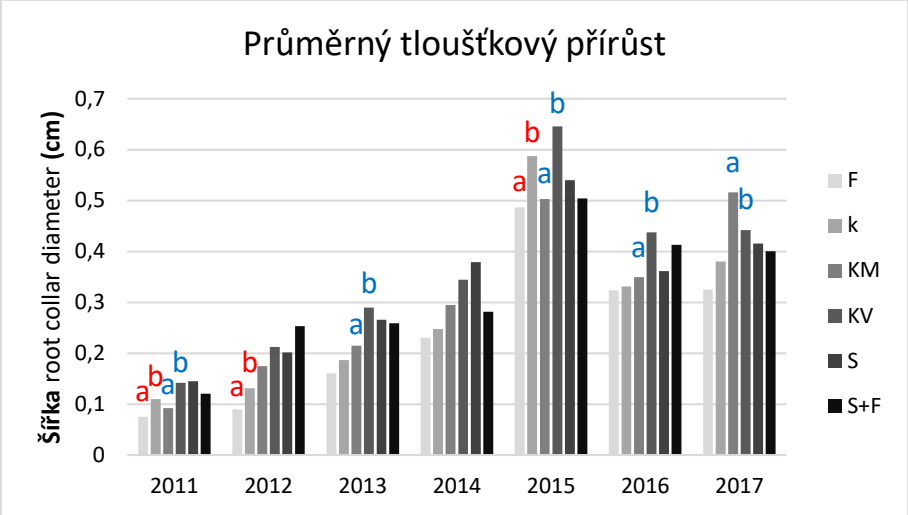


Obrázek 7 - Vývoj průměrných tlouštěk na lokalitě „oplocenka Jizerka-Panelka“ pro jednotlivé varianty (pozn. F – odrostky Fosmag MK, k – odrostky kontrola, KM – poloodrostky kontrola menší, KV – poloodrostky kontrola větší, S – poloodrostky Silvamix Forte, S+F – poloodrostky Silvamix Forte + Fosmag MK).

4.3.1 VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ

Přírůsty na krčku v prvních letech po výsadbě jsou velice nízké, dosahují průměrných hodnot menších než 0,3 cm. Při takto nízkých hodnotách nelze vyloučit nepřesnost měřiče. Z grafu na obrázku č. 8 je dále patrný zvýšený přírůst v roce 2015. Tento výkyv je nejspíše způsobený nezvykle příznivými podmínkami v daném období, jelikož v následujících letech přírůst opět nepatrně klesl. Překonání šoku z přesazení, které bylo tomuto výkyvu přisuzováno v bakalářské

práci, tedy nebylo potvrzeno. Přírůsty na krčku jednotlivých variant byly opět dále statisticky testovány stejnou metodou, jako u přírůstů výškových.



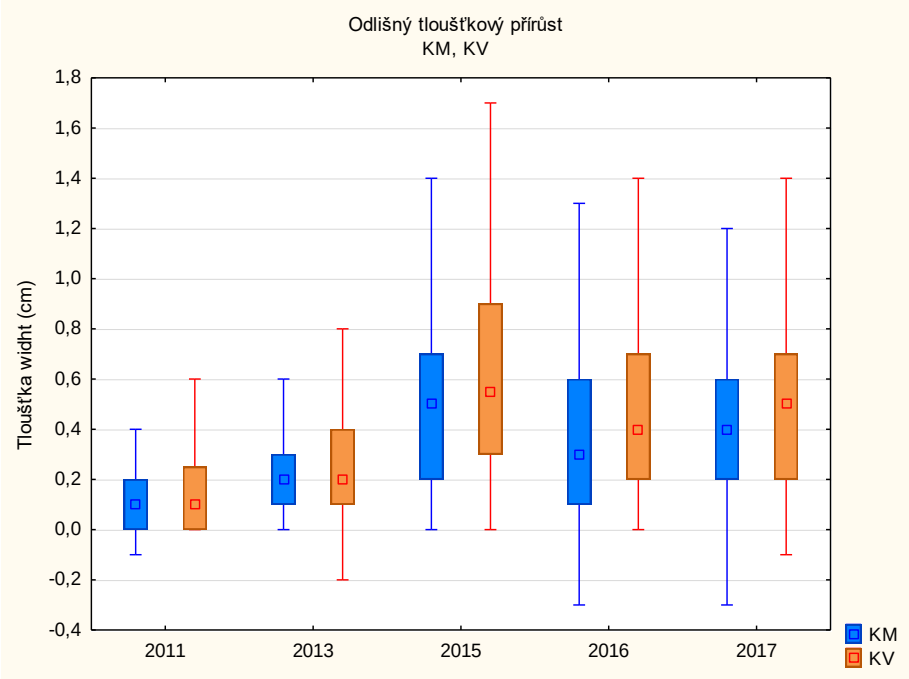
Obrázek 8 - Vývoj průměrných tloušťkových přírůstů na lokalitě „oplocenka Jizerka-Panelka“ pro jednotlivé varianty (pozn. F – odrostky Fosmag MK, k – odrostky kontrola, KM – poloodrostky kontrola menší, KV – poloodrostky kontrola větší, S – poloodrostky Silvamix Forte, S+F – poloodrostky Silvamix Forte + Fosmag MK). Průměrné hodnoty, které se od sebe statisticky odlišují na hladině α = 0,05 jsou rozlišeny písmennými indexy (pozn. každá jednotlivá statisticky testovaná skupina je označena rozdílnou barvou).

4.3.2 STATISTICKÉ TESTOVÁNÍ TLOUŠŤKOVÝCH PŘÍRŮSTŮ

4.3.2.1 POLOODROSTKY – VÝSADBA 2008

V rámci této skupiny byl opět použit test vícenásobného porovnání pro varianty Silvamix Forte, Silvamix Forte + Fosmag MK a kontrolu menší (S, S+F, KM). Avšak ani u tloušťkových přírůstů nebyl tímto statistickým porovnáním zjištěn žádný významný rozdíl na hladině α = 0,05 %

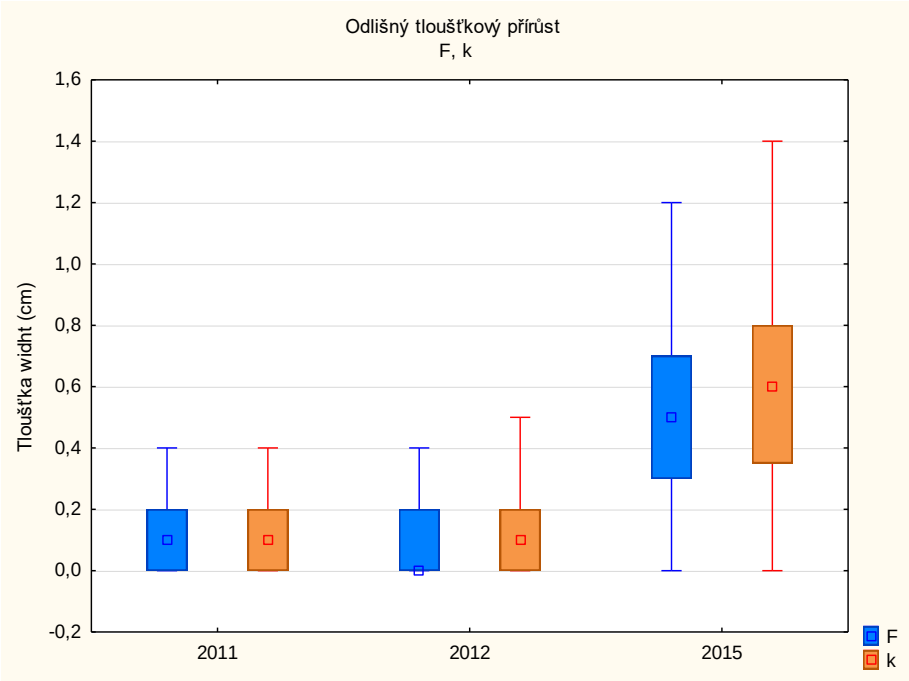
Testem mezi kontrolními variantami KM a KV byl naopak zjištěn významný statistický rozdíl v letech 2011, 2013, 2015, 2016 i 2017. Tyto rozdíly jsou opět vyznačeny písmennými indexy modré barvy, nyní ale v grafu na obrázku č. 9. Níže je také rozdíl znázorněn i graficky.



Obrázek 9 - Graficky znázorněný rozdíl mezi tloušťkovými přírůsty mezi variantou KM a KV.

4.3.2.2 ODROSTKY – VÝSADBA 2009

U tloušťkových přírůstů mezi přihnojenou (F) a kontrolní variantou (k) z druhé etapy, byl také shledán významný statistický rozdíl, a to v letech 2011, 2012, 2015. V grafu na obrázku č. 10 jsou rozdílné hodnoty v tomto případě vyznačeny barvou červenou. Opět přikládám i grafické znázornění.



Obrázek 10 - Graficky znázorněný rozdíl mezi tloušťkovými přírůsty mezi variantou F a k.

4.4 VÝSLEDKY ŽIVINOVÉ ANALÝZY

Nejvíce živin (45 % dusíku, 45 % vápníku, 49 % fosforu, až 60 % hořčíku) je obsaženo v listech, které se každoročně vracejí do oběhu ve formě opadu, jenž může významně měnit vlastnosti půdy. O něco menší objemy obsahují větvě, kde se veškeré prvky pohybují v zastoupení 21–33 %. Poté v kmenech, kde je výrazně zastoupena pouze síra s 38 %. Nejméně prvků se pak nachází v kůře, kde bylo soustředěno i nejméně biomasy. Celková hmotnost sušiny, která se vyskytuje na 1 ha, činí 775,22 kg, z toho celkový obsah živin je 12,25 kg/ha. Hmotnost jednotlivých prvků a jejich suma pro jednotlivé kategorie (listy, větve, kůra a kmen) je vypočítaná v tabulce č. 7.

Tabulka 7 - Celková zásoba prvků v nadzemní biomase ve vysušeném stavu pro skutečnou hustotu 1764 jedinců na hektar udávaná v kg.

	Sušina									
	Listy	**%**	**Větve**	**%**	**Kůra**	**%**	**Kmen**	**%**	**Celkem**	**%**
Hmotnost celkem	140,25	18,09	229,14	29,56	105,09	13,56	300,73	38,79	775,22	100
Hmotnost jedince	0,08	18,09	0,13	29,56	0,06	13,56	0,17	38,79	0,44	100
N	2,73	45,03	1,81	29,85	0,70	11,56	0,82	13,57	6,07	100
P	0,38	49,31	0,22	28,28	0,07	8,86	0,10	13,55	0,76	100
K	0,71	39,99	0,59	33,02	0,21	11,55	0,28	15,44	1,78	100
Ca	0,96	45,31	0,57	27,03	0,43	20,14	0,16	7,52	2,12	100
Mg	0,51	60,56	0,18	21,24	0,07	7,84	0,09	10,36	0,84	100
S	0,17	24,80	0,17	24,58	0,08	12,44	0,26	38,18	0,68	100
∑ Hmotnost	**5,46**		**3,53**		**1,55**		**1,71**		**12,25**	

Pro možnost porovnání výsledků s průměrnou koncentrací živin v rostlinách byla dále zpracována tabulka č. 8. Je zde znázorněný procentuální podíl jednotlivých složek, který je následně přepočítán na objem živin v gramech na 1 kg sušiny.

Tabulka 8 - Průměrná zásoba prvků v nadzemní biomase ve vysušeném stavu (g/kg) a procentuální podíl jednotlivých složek.

	Listy		**Větve**		**Kůra**		**Kmen**	
	%	**g/kg**	**%**	**g/kg**	**%**	**g/kg**	**%**	**g/kg**
N	1,9	19,5	0,8	7,90	0,7	6,67	0,3	2,7
P	0,3	2,7	0,1	0,94	0,1	0,64	0,0	0,3
K	0,5	5,1	0,3	2,57	0,2	1,96	0,1	0,9
Ca	0,7	6,9	0,3	2,50	0,4	4,07	0,1	0,5
Mg	0,4	3,6	0,1	0,78	0,1	0,63	0,0	0,3
S	0,1	1,2	0,1	0,72	0,1	0,80	0,1	0,9

5 DISKUZE

Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že bříza karpatská je dřevina, která vykazuje nízkou mortalitu. V případě zkoumané plochy může být nízká úmrtnost přisuzována použitému sadebnímu materiálu v podobě odrostků a poloodrostků, které mají počáteční výhodu v dostatečné výšce terminálního pupenu, jenž je mimo oblast s nejčastějším výskytem mrazových stresů. Při použití odrostlejších typů sazenic, je důležitá kvalitní stabilizace jako ochrana před deformačními účinky sněhu. Vyšší úmrtnost je zaznamenána pouze v prvních letech po ukončení výsadeb, a to ve větší míře u sadebního materiálu označovaného jako odrostky. Tato vyšší mortalita je přisuzována povýsadbovému šoku, což potvrzuje její snížení a narůst biometrických charakteristik v letech následujících.

Dalším důležitým ukazatelem pro zhodnocení experimentální výsadby je vedle mortality, také výška a tloušťka. U obou charakteristik je patrný z počátku velmi pomalý, téměř stagnující, růst, který se postupně v průběhu let zvyšuje. Z důvodu výrazně odlišné počáteční výšky a tloušťky sazenic z první a druhé etapy výsadby, lze však jednotlivé varianty posuzovat pouze na základě přírůstů těchto ukazatelů.

Celkově nejnižších výškových přírůstů dosahuje varianta odrostků, kdy tento ukazatel první rok po výsadbě nabýval dokonce záporných hodnot. To může být způsobeno zlomem, odumřením vrcholové části sazenice či chybou měření, pokud je přírůst v daném roce minimální, jak už bylo zmíněno v kapitole 4.2.1. Jediný statisticky významný rozdíl, byl mezi nepřihnojenou menší a vetší kontrolní variantou z první etapy výsadby.

Tloušťkový přírůst nabývá hlavně v prvních letech velmi nízkých hodnot, pouze několik milimetrů ročně. Avšak mezi lety 2013 a 2015 stoupl více než dvojnásobně. Tento zjištěný trend však nenabyl trvalého charakteru, a v následující letech opět mírně klesl. I přesto lze tvrdit že tloušťkový přírůst se zvětšuje. Patrný výkyv v roce 2015 byl pravděpodobně způsoben výjimečně příznivými podmínkami v daném období, který však u výškových přírůstů nebyl zaznamenán. Statisticky významný rozdíl mezi přírůsty byl potvrzen mezi přihnojenou (F) a nepřihnojenou variantou (k) u sadebního materiálu označovaných jako odrostky. U poloodrostků, stejně jako u přírůstů výškových, byl statistický rozdíl mezi kontrolou menší (KM) a větší (KV), což může značit různou kvalitu sadebního materiálu.

Dílčím úkolem této diplomové práce bylo posoudit vliv přihnojení na sadební materiál. Přestože by se z výsledných grafů tloušťkových a výškových přírůstů mohlo zdát, že nepřihnojené varianty prosperují na experimentální ploše lépe, statistickým testováním to bylo potvrzeno pouze u skupiny odrostků z druhé etapy výsadby, a to výrazně jen v roce 2015. U skupiny poloodrostků, která byla testována samostatně, nebyl významný statistický rozdíl mezi přihnojenými a nepřihnojenými variantami potvrzen. Z toho lze usuzovat, že v rámci této pokusné výsadby není obsah živin pro břízu karpatskou faktorem limitujícím její prosperitu.

Další posuzovanou charakteristikou byl obsah živin v jednotlivých částech stromu. Celkové průměrné množství živin experimentální výsadby v porovnání s průměrnou koncentrací živin v rostlinách (podle Epstein 1972 a Masin 1966 in Klimo et al. 1994), se vyznačuje výrazným deficitem pro veškeré prvky až na obsah síry na zkusné ploše. Pokud bychom porovnávali pouze množství živin v listech, kde byla soustředěna největší koncentrace důležitých makroelementů na 140, 25 kg sušiny, výsledkem by byl nízký obsah pouze u draslíku (0,5 % vs. průměrných 1,0 %). Ve srovnání s limity, týkající se obsahu živin v listech, které uvádí Kopinga, Van den Burg (1995), z živinové analýzy vyplývá nízký obsah dusíku a draslíku, zatímco koncentrace fosforu a hořčíku je v optimu. Výsledky živinové analýzy jsou srovnatelné s údaji z podobných experimentů v zahraničí (Wang et al. 2000).

Výzkum potvrzuje, že bříza karpatská je druh schopný odrůstat na degradované půdě s nízkou koncentrací důležitých makroelementů. Zároveň se jedná o dřevinu, která připravuje půdu pro opětovné zavedení citlivějších druhů a stimuluje cyklus organické hmoty a živin v ekosystému svým opadem, který každoročně produkuje (Podrázský et al. 2005). Dobrý růst při současně nízké mortalitě břízy karpatské v Jizerských horách je v souladu s poznatky zjištěnými z experimentální výsadby v Jeseníkách (Špulák et al. 2010).

6 ZÁVĚR

Cílem této navazující diplomové práce bylo zhodnotit stav porostu břízy karpatské na experimentální zkusné ploše Jizerka-Panelka a posoudit, zda je tato přípravná dřevina vhodná pro obnovu lesa na extrémních horských stanovištích. Na základě celkově nízké mortality a zvyšujících se biometrických charakteristik lze soudit, že bříza karpatská je tolerantní dřevinou ke stresům, kterým je na této lokalitě vystavena. Důležité je použití vhodného sadebního materiálu ve formě odrostků a poloodrostků, u kterých je zejména v prvních letech po výsadbě mortalita eliminována. Dále výsledky chemické analýzy prokazují, že se jedná o druh nenáročný na obsah živin v půdě. Díky schopnosti zadržování těchto důležitých prvků v ekosystému se jedná o významnou přípravnou dřevinu, která vytváří funkční porosty v exponovaných horských polohách. V rámci této diplomové práce nebyl dokázán žádný významný vliv aplikovaného přihnojení. Dosud zjištěné výsledky mohou dále pomoci při rozhodování, které by se vztahovalo k obnově degradovaných horských stanovišť.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADLER W., OSWALD K., FISCHER R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Wien.

BALCAR V. (2011): Obnova lesa ve vyšších horských polohách postihovaných extrémními mrazovými stresy: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2011. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-043-0.

BALCAR V. ET AL. (2003): Výzkumný demonstrační objekt Jizerka, 23 let zkušeností s prosperitou dřevin v horských podmínkách. Silviculture in Central Europe: 14th international symposium for silviculture topics discussion. Kostelec nad Černými lesy 2.-3.7.2013. V Praze: Česká zemědělská univerzita, c2013. ISBN 978-80-213-2381-0.

BALCAR V., KACÁLEK D., ŠPULÁK O., KUNEŠ I., DUŠEK D., BALÁŠ M., NOVÁK, J. (2010): Prosperity of pioneer broadleaves and spruce under mountain conditions. Zprávy Lesnického Výzkumu, 55(3), 149-157.

BALCAR V., ŠPULÁK O., KACÁLEK D., KUNEŠ I. (2012): Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka – I. srážky a půdní vlhkost. Zprávy lesnického výzkumu, roč. 57, č. 1, s. 74-81. ISSN: 0322-9688.

BALCAR V., ŠPULÁK O., KACÁLEK D., KUNEŠ I. (2012): Klimatické podmínky na výzkumné ploše Jizerka. – II. teplota, vítr a sluneční svit. Zprávy lesnického výzkumu, roč. 57, č. 2, s. 160-172. ISSN: 0322-9688.

BEDNÁŘOVÁ E. (2002): Reakce různých rodů břízy na imisní zátěž v Krušných horách, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

BROWN I. R., AL-DAWOODY D. M. (1977): Cytotype diversity in population of Betula alba L. New Phytologist, 79: 441-453.

BURIÁNEK V., NOVOTNÝ P., FRÝDL J. (2014): Metodická příručka k určování domácích druhů bříz: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2014. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-081-2.

DEMEK J. (ED.) (1987): Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 pp.

ELKINGTON T. (1968): Introgressive hybridization between Betula nana L. and B. pubescens EHRH. in north-west Iceland. New Phytologist, 67: 109-118.

EŠNEROVÁ J., VÍTÁMVÁS J., KOŇASOVÁ T., KOLÁŘ F., BALÁŠ M., KARLÍK P., ZAHRADNÍK D., KŘÍŽOVÁ (LUKÁŠOVÁ) M., STACHO J., RAŠÁKOVÁ N., STEJSKAL J., KUNEŠ I. (2013): Využití obrysové analýzy při sledování morfologické variability listů rodu bříza (Betula L.). Zprávy lesnického výzkumu, 2013, roč. 58, č. 2, s. 107-114. ISSN: 0322-9688.

GRULICH V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. Preslia : časopis české botanické společnosti, Praha: Česká botanická společnost, 2012, roč. 84, č. 3, s. 631 -645. ISSN 0032 -7786.

CHALOUPSKÝ J. (ED.) (1989): Přehledná geologická mapa Krkonoš a Jizerských hor (1:100000). Ústřední ústav geologický, Praha

JANOVSKÁ V. (2004): Krkonoše v době poledové – vegetace a krajina. In: Štursa J. et al. (eds.): Geoekologické problémy Krkonoš. Sborník z mezinárodní vědecké konference, Szklarska Poreba 5. - 7. 11. 2003. Opera Corcontica, 41: 111–123. Vrchlabí, Správa KRNAP: 316 s. ISBN 80-86418-36-7.

JENTYS-SZAFEROWA J. (1950): Analysis of the collective species Betula alba L. on the basis of leaf measurements. Part II: Betula pubescens Ehrh., B. tortuosa Ledeb., B. carpatica Waldst. et Kit. Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences 1-3, 1-63.

JIRGLE J. (1979): Zhodnocení produkce biomasy v břehových a jeřábových porostech v Krušných horách a jejich vlivu na prostředí. Dílčí závěrečná zpráva (etapa), VÚLHM, s. 50.

KARLÍK P. (2010): Taxonomická problematika bříz Betula L. v České republice se zvláštním zřetelem na drobné taxony z okruhu břízy pýřité Betula pubescens agg. – In Prknová H. (ed.): Bříza – strom roku 2010. Sborník příspěvků z konference. Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 978-80-213-2098-7, pp. 61-65.

KARLÍK P., EŠNEROVÁ J., BALÁŠ M., VÍTÁMVÁS J., KOŇASOVÁ T., KUBEŠOVÁ M., FÉR T., URFUS T., KUNEŠ I., VÍT P. (2010): Problematika určování druhů břízy Betula L. ve světle průtokové cytometrie. - In Prknová H. (ed.): Bříza – strom roku 2010. Sborník příspěvků z konference. Kostelec nad Černými lesy 23. září 2010. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, ISBN 978-80-213-2098-7, pp. 51-56.

KARPAŠ R. (2014): Jizerské hory. 3, O lesích, dřevu a ochraně přírody. Roman Karpaš, Jiří Hušek a kolektiv. Vyd. 1. Liberec: RK, 2014. 520 s. 58.

KLIMO E. ET AL. (1994): Lesnická ekologie, VŠZ, Brno, 170 s.

KOPINGA J., VAN DEN BURG J. (1995): Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. Journal of Arboriculture. 21: 17-24.

KOŠULIČ M. (2008): Dub na kalamitních holinách. Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi, roč. 2008, č. 11, s. 10. ISSN 0322-9254.

KRAVKA M. (2012): Plantáže dřevin pro biomasu, vánoční stromky a zalesňování zemědělských půd: metody vhodné pro malé a střední provozy. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3925-0.

KULASOVÁ A., POBŘÍSLOVÁ J., JIRÁK J., HANCVENCL R., BUBENÍČKOVÁ L., BERCHA Š. (2006): Experimentální hydrologická základna Jizerské hory. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 54 (2). pp. 163-182. ISSN 0042-790.

KUNEŠ I., BALÁŠ M., MILLEROVÁ K., BALCAR V. (2011): Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor, Ministerstvo zemědělství ČR, Těšnov 65/17, Praha 1, 11705, 21.12.2011.

KUNEŠ I., BALCAR V., ZAHRADNÍK D. (2007): Influence of a planting hole application of dolomitic limestone powder and basalt grit on the growth of Carpathian birch (Betula carpatica W. et K.) and soil chemistry in the air-polluted Jizerské hory Mts. Journal of Forest Science, 53; s. 505–515.

LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. (2004): Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. Journal of Forest Science 50.11 (2004): 533–537.

MAUER O., PALÁTOVÁ E. (2003): The role of root system in silverbirch (Betula pendula ROTH) dieback in the air-polluted area of Krušné Mts. Journal of Forest Science, 49: 191-199. ISSN 1212-4834.

MUNZAR J. ET AL. (1989): Malý průvodce meteorologií. Praha, Mladá fronta, 1989. 117 s.

NEUHÖFEROVÁ P. (2005): Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť = The role of biological amelioration in the restoration of forest sites: sborník referátů: Kostelec nad Černými

lesy 17.2.2005. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů, 2005. 136 s. ISBN 80-213-1293-9.

PEŘINA V. ET AL. (1984): Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1984. 176 s.

PODRÁZSKÝ V. (1999): Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix, Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi, roč. 1999, č. 2, s. 70. ISSN 0322-9254.

PODRÁZSKÝ V. (2006): Hlavní možnosti využití hnojení v lesním hospodářství České republiky. In: Příspěvek ve sborníku konference: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství. Praha, 2006, ISBN 80-213-1476-1, s. 7-13.

PODRÁZSKÝ V. ET AL. (2015): Výživa a hnojení lesních porostů. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. ISBN 978-80-213-2597-5.

PODRÁZSKÝ V., ULBRICHOVÁ I., MOSER W.K. (2005): Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou humusu. Zprávy lesnického výzkumu, 50: 75–77.

ROTHMALER W. (2005): Exkursionsflora von Deutschland, Band 4, Gefäßpflanzen, Kritischer Band. – 10th ed., Spektrum Akademischer Verlag, München.

RUSEK, J. (2001): Vliv acidifikace, eutrofizace, lesního hospodaření a vápnění lesních půd napůdní faunu. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující factor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí.159 s. Praha. ISBN 80-7212-190-1.

SKIBKOVÁ L. (2016): Lesnický potenciál břízy karpatské na extrémních horských stanovištích. (Bakalářská práce, KPL, FLD, ČZU).

SLODIČÁK M. ET AL. (2005): Lesnické hospodaření v Jizerských horách. LČR, s. p. Hradec Králové (ISBN 80-86945-00-6), VÚLHM Jíloviště-Strnady (ISBN 80-86461-51-3).

SLODIČÁK M. ET AL. (2008): Lesnické hospodaření v Krušných horách. Lesnická práce, 87, 2008, č. 1, s. 480.

SLODIČÁK M., NOVÁK J. (2008): Nutrients in the aboveground biomass of substitute tree species stand with respect to thinning – blue spruce (Picea pungens Engelm.). Journal of Forest Science, 54, 2008, č. 3, s. 85–91.

SOUČEK J. ET AL. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2016. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-119-2.

SÝKORA T. (1983): Taxonomie a rozšíření bříz okruhu Betula alba v Českém masívu. – Zpr. Čs. Bot. Společ., Praha, 18: 1-14.

ŠINDELÁŘ J. (1982): K druhové skladbě lesních porostů v imisních oblastech. Československá akademie zemědělská, Sborník č. 52: 35-43.

ŠPULÁK O., ALBRECHTOVÁ P., KACÁLEK D., BALCAR V. (2010): Vývoj výsadeb v podmínkách horského hřebene jesníku. Zprávy lesnického výzkumu, 55:264-270

ŠRÁMEK V. (2014): Vápnění lesů v České republice. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Výzkumným ústavem lesního hospodářství, 2014. ISBN 978-80-7434-150-2.

TESAŘ V. (1982): Obnovní cíle a náhradní porosty v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 75–80.

TESAŘ V. (1986): Reakce smrku ztepilého na přihnojení vápencem nebo diabazem při výsadbě do imisní oblasti. In: Vápnění lesních půd v imisních oblastech. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS, s. 36-45.

ÚŘADNÍČEK L. (2009): Dřeviny České republiky. 2., přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-62-5.

VACEK, STANISLAV, ET AL. (2009): Effect of soil chemical properties on growth, foliation and nutrition of Norway spruce stand affected by yellowing in the Bohemian Forest Mts., Czech Republic. European journal of forest research 128.4 (2009): 367-375.

VONIČKA P., VIŠŇÁK R. (2008): Základní charakteristika zkoumaného území Jizerských hor a Frýdlantska. (General characteristics of the study area in the Jizerské hory Mts and Frýdlant region). Sborn. Severočes. Muz., Přír. Vědy, Liberec, 26: 13-33.

WANG J. R. ET AL. (2000): Above-and below-ground biomass and nutrient distribution of a paper birch and subalpine fir mixed-species stand in the Sub-Boreal Spruce zone of British Columbia. Forest Ecology and Management, 130: 1–3: 17–26

8 PŘÍLOHY

Obr. č. 1 - Lokalita „Jizerka-Panelka“ v roce 2009 po dokončení druhé etapy výsadby. Foto: I. Kuneš

Obr. č. 2 - Fotodokumentace experimentální výsadby „Jizerka-Panelka“ v roce 2016. Foto: Jan Vrkoslav

Obr. č. 3 - Lokalita „Jizerka-Panelka“, léto 2016. Foto: Martin Baláš

Obr. č. 4 - Experimentální plocha „Jizerka-Panelka“. Foto: Martin Baláš

Obr. č. 5 - Autorka diplomové práce při odběru vzorníků, určených k živinové analýze. Foto: Martin Baláš