

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

KATEDRA PĚSTOVÁNÍ LESA



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Prosperita výsadeb jeřábu ptačího na
náhorním platu Jizerských hor**

Zuzana Hubená

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivan Kuneš Ph.D.



Fakulta lesnická
a dřevařská

Zadání diplomové práce

Česká zemědělská univerzita v Praze
Katedra: Pěstování lesa

Fakulta lesnická a dřevařská
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: slečnu **Zuzanu Hubenou**

obor: **Lesní inženýrství**

Název tématu:

Prosperita výsadeb jeřábu ptačího na náhorním platu Jizerských hor

Název tématu v anglickém jazyce:

Growth performance of rowan on the summit plateau of the Jizera Mts.

Zásady pro vypracování:

Vypracujte stručnou úvodní rešerši k tématu práce.

Proveďte biometrická měření v rámci terénních experimentálních výsadeb: zjišťování mortality výsadeb, výšky a výškového přírůstu.

Získané údaje začleňte do stávající databáze a vyhodnoťte je.

Diskutujte výsledky a formulujte závěry svého výzkumu.



Rozsah grafických prací:
dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy:
min 30 s.

Seznam odborné literatury:

- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V., 1994. Založení výsadbového experimentu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu, 39, č. 2, s. 1-7
- KUNEŠ, I., BURDA, P., ŠEDLBAUEROVÁ, J., ZADINA, J. 2006. 10 000 listnáčů pro Jizerské hory. In: *Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností* /Sborník z mezinárodní vědecké konference konané 5. až 6. 9. 2006 v Opočně, Eds.: Jurásek, Novák, Slodičák/. VÚLHM, Opočno, s: 77 – 87. ISBN 80-86461-71-8
- KUNEŠ, I., BURDA, P., 2007. Vnášení listnaté příměsi do mladých smrkových porostů na zalesněných imisních holinách našich hor. In: *Zvyšování druhové pestrosti lesů* /Sborník k odbornému semináři České lesnické společnosti, konanému 30.8.2007 ve Vysokém Mýtě/ Mze, ČLS, Praha, s. 35-39. ISBN 978-80-02-01943-5
- SLODIČÁK, M. (Ed.), et al., 2005. Lesnické hospodaření v Jizerských horách. *Forestry Management in the Jizerské hory Mts.* Lesy České republiky a Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Hradec Králové a Jíloviště – Strnady, 232 s. ISBN: 80-86945-00-6 (LČR), resp. ISBN: 80- 86461-51-3 (VÚLHM).

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

Konzultant diplomové práce:
Ing. Kateřina Millerová

Datum zadání diplomové práce:
12.5.2010

Termín odevzdání diplomové práce:
30.4.2011



...prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.....
Vedoucí katedry

. prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.
Děkan

V Praze dne .12.5.2010.....

Zadání diplomové práce

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Prosperita výsadeb jeřábu ptačího na náhorním platu Jizerských hor“ zpracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Boskovicích dne 22. dubna 2011

Poděkování

Zvláštní poděkování patří vedoucímu diplomové práce, **Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D.** za uvedení do současné problematiky v Jizerských horách. Dále děkuji za podněty a cenné rady vedoucí k sepsání této práce, v jejíž zpracování vidím přínos nejen pro sebe samotnou, ale také pro další navazující výzkumné účely v Jizerských horách.

Děkuji Ing. Kateřině Millerové za odborné konzultace, cenné rady a připomínky, korekturu a morální podporu.

Děkuji Ing. Martinu Balášovi, Bc. Kristýně Pospíšilové a Bc. Jaroslavě Pohlové za spolupráci v terénu a velké dávky optimismu.

Za navození rodinné pohody při zpracování diplomové práce děkuji svým rodičům.

Práce vznikla za podpory Nadace pro záchranu a obnovu Jizerských hor (projekt ZGP 090105), za příspěví Interní grantové agentury Fakulty lesnické a dřevařské v Praze (grant č. 200943120010 a č. 200843120024) a za příspěví prostředků z projektu Národní agentury zemědělského výzkumu QH 92087.

V Boskovicích dne 22. dubna 2011

Abstrakt

Autor: Zuzana Hubená

Klíčová slova: Jeřáb ptačí, *Sorbus aucuparia*, Jizerské hory, výzkumná plocha, imisní poškození, náhradní dřevina, obnova, odrostky, vospělý sadební materiál

Druhovú skladbu Jizerských hor je z větší části tvořena jehličnatými porosty, které v průběhu minulých let nebyly schopny odolávat náporům imisního poškození. Proto zde vznikaly výzkumné plochy tvořené listnatými dřevinami, aby mohly přispět k regeneraci i následnému vývoji budoucích generací lesních porostů.

Cílem práce bylo na podkladě dat získaných měřeními výsadeb jeřábu ptačího založených na holině vyhodnotit úspěšnost jejich odrůstání a tedy následné plnění požadované mimoprodukční funkce. Výsadby se rozprostírají na výzkumné ploše U Celní cesty. Ta se spolu s dalšíma dvěma výzkumnými plochami nachází v centrální části Jizerských hor. U všech výzkumných ploch převládají kyselá a svěží stanoviště 6. – 7. LVS. Na první výzkumné ploše Jizerka, která byla založena na kalamitní holině, se vysázelo 100 prostokořenných odrostků, na výzkumnou plochu Kleč bylo vysázeno 47 prostokořenných odrostků. Výzkumná plocha U Celní cesty byla založena o dva roky později než předešlé plochy a bylo zde vysazeno 153 prostokořenných odrostků.

Jeřáb ptačí je využíván jako náhradní dřevina zejména ve vysokohorských oblastech, kde dokáže vytvářet funkční porosty. Aby se zvýšila pravděpodobnost příznivého vývoje takových náhradních porostů, odborníci hledají řešení, jak poškozené vysokohorské oblasti obnovit. Pro zdárnou obnovu je nutné vybrat vhodný typ sadebního materiálu. Výzkumná plocha U Celní cesty je zalesněna vospělým sadebním materiálem, ke kterému se aplikovalo hnojivo z řady Silvamix. Tato plocha má kontrolní řady, které jsou ponechány bez stimulace hnojivem. U všech jedinců byla měřena výška nadzemní části, průměrný výškový přírůst, průměr kořenového krčku, hodnotila se mortalita. Jednotlivé porovnávané varianty byly statisticky vyhodnoceny. Dosavadní výsledky potvrdily, že speciální sadební materiál typ odrostek vykazuje nižší mortalitu a vyšší výškový přírůst než standardní sadební materiál. Rozdíly mezi hnojenou a nehnojenou variantou nejsou zatím statisticky průkazné.

Abstract

Author: Zuzana Hubená

Keywords: *Sorbus Aucuparia*, Jizerské hory Mts., research area, pollution load, forest regeneration, special planting stock, mature planting stock

Jizerské hory Mts. species composition is largely made up of coniferous forests, which during a few years have not been able to resist pollution load. Therefore, in the established research areas with deciduous trees. Deciduous trees contribute to the regeneration and subsequent developments of future forests.

The aim of the work was to analyse the Access of *Sorbus aucuparia* growing up, and so demanded non productive functions, acquired by measuring of planting of *Sorbus aucuparia*, based on the glade. Planting stocks are located to the research area U Celní cesty. This area is with other areas located in the central part of the Jizerské hory Mts. In all research areas dominate acid and fresh habitat 6. – 7. vegetation degree. The first research area Jizerka which was established on gale disaster area where it was planted 100 bare root seedlings, the research area Kleč was planted 47 bare root seedlings. Research area U Celní cesty was established two years later than last research area. There was planted 153 bare root seedlings.

Sorbus aucuparia is used as a substitute tree species especially in mountain areas where it can create functional growth. Experts seek solutions for the successful development and forest regeneration of degraded mountain areas. For successful forest reproduction is necessary to select appropriate seedlings. Research area U Celní cesty is reforested special planting stocks. Special planting stocks were fertilizer SILVAMIX MG. This area has a control lines that aren't fertilized. All subjects were measured these parameters: stem height, increment, root collar, mortality. Individual measurements were statistically evaluated. The current results confirmed that a special planting stock has lower mortality and higher height increment than the standard planting material.

Obsah

1	Úvod a cíl práce	8
2	Rozbor problematiky	9
2.1	Obecná charakteristika PLO Jizerské hory a Ještěd	9
2.2	Druhovú skladbu lesních dřevin PLO Jizerské hory a Ještěd.....	11
2.3	Historicky doložené rozšíření dřevin v Jizerských horách.....	14
2.4	Negativní vlivy na lesní prostředí Jizerských hor	15
2.5	Imisní poškození Jizerských hor	16
2.5.1	Složky imisní zátěže.....	19
2.5.2	Půdní poměry v imisních oblastech	23
2.6	Vápnění v imisních oblastech	27
2.6.1	Vhodnost použití vápnění	29
2.6.2	Zkušenosti s vápněním u nás i v zahraničí	33
2.6.3	Účinnost vápnění na vrstvu nadložního humusu	37
2.6.4	Způsoby a formy vápnění.....	41
2.7	Obnova imisních oblastí.....	46
2.7.1	Podsady imisně poškozených porostů	47
2.7.2	Charakteristika porostů náhradních dřevin	48
2.7.3	Předpoklady úspěšné obnovy	48
2.7.4	Jeřáb ptačí – <i>Sorbus aucuparia</i>	50
2.7.5	Význam jeřábu ptačího pro imisní oblast	51
2.8	Volba sadebního materiálu v imisních oblastech.....	54
2.8.1	Klady a zápory speciálního sadebního materiálu.....	56
3	Metodika	57
3.1	Vymezení zájmového území.....	57
3.2	Založení výzkumných ploch.....	59
3.3	Aplikace vápnění na výzkumných plochách	59

3.4	Metody měření a vyhodnocení výsledků.....	60
4	Vyhodnocení výsledků	63
4.1	Výška nadzemní části sadebního materiálu	63
4.2	Výškové přírůsty sadebního materiálu	64
4.3	Průměr kořenového krčku	65
4.4	Mortalita sadebního materiálu	66
4.5	Statistická průkaznost	67
5	Diskuse.....	67
6	Závěr.....	71
7	Literatura.....	73
8	Přílohy.....	788

1 Úvod a cíl práce

Lesní ekosystémy jsou nedílnou součástí naší společnosti a mají kladný vliv na její vývoj. Jaký vliv má však naše společnost na vývoj lesa?

Původně byly lesní porosty ovlivňovány působením klimatu a lidskými aktivitami ať už v malé či velké míře. Lidé využívali les primárně pro jeho produkční schopnost, ale narůstající populace kladla na les čím dál tím větší nároky. Rozšiřující se osidlování a rozvoj zemědělství mělo doposud kontinuální průběh, ten byl urychlen průmyslovou revolucí, která přinesla radikální změny. Změny se projevovaly postupným úbytkem přirozené lesnatosti, což vedlo k zakládání nepůvodních porostů. Na většině území se pěstovaly monokulturní lesy, které byly vzdáleny přírodní druhové, prostorové a genetické skladbě a zřídka odpovídaly stanovištním a regionálním podmínkám. Tyto nedostatky se v lesním hospodaření a ochraně přírody začaly značně projevovat. Ukázkovým vzorem ve vývoji lesa jsou Jizerské hory, tedy jejich původní a současný stav.

Jizerské hory mají spolu s našimi ostatními horskými komplexy společnou jednu velmi zásadní věc, všechny nesou následky imisního poškození, způsobeného lidskou činností. To se stalo předmětem intenzivního lesnického výzkumu s jasným cílem zlepšit stav pozměněné krajiny. Krajina Jizerských hor je charakteristická svými zachovalými unikátními ekosystémy, proto se stala předmětem zájmu soustředěného na funkce mimoprodukční, funkce produkční je vedlejší. Podstatné je zachovat kvalitní lesní porosty a zlepšit stav poškozených porostů Jizerských hor. Lesnictví tak prochází změnami, které jsou přípravou pro lepší budoucnost. Pro lesní hospodáře to znamená vysokou odpovědnost jak naložit s tak významným komplexem.

Nejvýznamnějšími mimoprodukčními funkcemi v Jizerských horách jsou vodohospodářská, půdoochrana, protierozní, ochrana přírody, ekologicko-stabilizační a rekreační. Produkční funkce byla ovlivněna imisní a kůrovcovou kalamitou. V osmdesátých letech zanechala stopy na vrcholových partiích hor. Tyto partie zaujímají rozlohu 14 600 ha. V roce 1983 činilo celkovou zásobu dřeva 2 583 000 m³ a po deseti letech byla zásoba stejného území pouhých 1 063 000 m³ (OPRL). Na poškozených plochách dnes převládají mladé kultury a mlaziny s různým zastoupením dřevin. Dřeviny jsou vybírány dle původního zastoupení a také jsou voleny náhradní dřeviny, plnicí zpevňující a meliorační funkci. To by mělo vést

k příznivému vlivu na ekologickou stabilitu lesních porostů a tím i snížení rizika dalších kalamit.

Odumírání lesních komplexů vlivem imisí postavilo lesníky do nelehké pozice, jak tomuto odumírání zabránit nebo jej alespoň omezit a zajistit obnovu rozsáhlých kalamitních holin. V původních porostech docházelo k přirozené obnově, avšak horský těžce prostupný terén v současnosti neumožňuje tak efektivní zalesnění. Proto je úspěšnost umělé obnovy zajištěna výběrem náhradních dřevin, především břízy karpatské a jeřábu ptačího, u nichž se předpokládá vyšší odolnost vůči imisím. Tyto dřeviny lze z ekologického i produkčního hlediska považovat za optimální. Nemůžeme však s jistotou říci, že se tato volba dřevin v budoucnosti projeví kladně. Příkladem může být volba smrku pichlavého, který byl v minulosti zvolen jako náhradní dřevina v imisních oblastech. V dalším vývoji porostů náhradních dřevin se však projevila řada nesouladů s původními úvahami a byl označen za zcela nevyhovující. Lze však ovlivnit výběr kvalitního sadebního materiálu. Dobrý sadební materiál zajistí snížení ztrát při zalesňování a také zaručí založení zdravých a stabilních porostů. Ke správné volbě takového materiálu přispívá norma Sadební materiál lesních dřevin (ČSN 482115). Norma stanovuje standardní sadební materiál, ale nestanovuje jeho typ a velikost pro jednotlivé dřeviny. Použití kvalitního sadebního materiálu je dalším pilířem pro postup na záchranu genofondu lesních dřevin Jizerských hor.

Tato práce by měla přispět k porozumění souvislostí týkajících se zalesňování kalamitních holin v extrémních klimatických a stanovištních podmínkách Jizerských hor. Cílem je hledání optimálních postupů při obnově porostů jeřábem ptačím a zhodnocení jeho výsadeb na výzkumné ploše U Celní cesty. Dalším cílem je zjistit, který typ sadebního materiálu je pro imisně poškozenou horskou oblast vhodný a zda má na jeho odrůstání vliv přihnojování hnojivem SILVAMIX MG či nikoliv.

2 Rozbor problematiky

2.1 Obecná charakteristika PLO Jizerské hory a Ještěd

Přírodní lesní oblast Jizerské hory a Ještěd řadí DEMEK (1987) do Krkonošské oblasti, v jejímž rámci vylisuje 8 celků. Dva celky – Ještědsko – kozákovský hřbet a Jizerské hory – zasahují do LO 21. Jizerské hory a Ještěd leží na pomezí severních Čech a jižního Polska. Část pohoří se spolu s nejvyšším vrcholem Wysoka Kopa

nachází na území Polska. Nejvyšší vrcholem na české straně pohoří je Smrk (1124 m n. m). Vůdčí horninou dnešního masivu jsou granitové horniny - žuly, na několika místech masivu prorážejí na povrch i čedičové výlevy. V důsledku mrazového zvětrávání vznikla řada typických útvarů jako mrazové sruby, skalní hradby, skalní mísy a skalní hříby. Reliéf v centrální části tvoří rozsáhlé plošinné útvary s četnými depresiemi a svahy prostoupenými hustou sítí mladých erozních údolí s nevyrovnanými spádovými poměry. Jizerské hory jsou samostatnou geomorfologickou jednotkou masivu Krkonošsko – jesenické subprovincie, která je rozdělena na Smrčskou hornatinu a hlavní Jizerskou hornatinu. Jizerské hory uchvacují svým drsným severským rázem.

Územím hor prochází hlavní evropské rozvodí. Vody z povodí Jizery a Ploučnice jsou odváděny do Severního moře, z povodí Lužické Nisy, Smědé a Kwisy do Baltického moře. Vrcholové partie jsou tvořeny rozsáhlými komplexy tzv. Rašelišti Jizery, jež jsou zcela unikátní a z nichž pramení velká část vodotečí. Hory mají velký vodohospodářský význam, a proto byly v roce 1978 vyhlášeny Chráněnou oblastí přirozené akumulace vod (CHOPAV). Svými vodními zdroji a prostřednictvím řeky Jizery zásobují pitnou vodou téměř pětinu Čech. Přínosem jsou také zdroje léčivých a stolních minerálních vod. Tyto vodní zdroje kladou vysoké nároky na hospodaření a vyplývají z nich i četná omezení pro využití chemických prostředků při ochraně a pěstování lesa.

Klimatické podmínky jsou ovlivněny polohou pohoří ve středu Evropy. Střídavý terén na malé rozloze způsobuje jejich velkou proměnlivost. Tu podmiňuje také expozice terénu a sklon svahu. Jizerské hory se řadí k mírně chladným oblastem a svým srážkovým úhrnem drží evropský rekord v denním úhrnu srážek (800 – 1700 mm/rok). Rekordní bývají také měsíční a roční úhrny srážek. Sníh v této oblasti začíná padat velmi brzy a také déle zůstává. V nejvyšších partiích hor dosahuje mocnosti až 300 cm.

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 4–7°C, v nadmořských výškách nad 900 m dosahují pod 4°C a v 1100 m jen 3 °C. Na exponovaných stanovištích působí rozsáhlé polomy vichřice. V této oblasti jsou časté teplotní inverze. Výrazné inverzní polohy jsou na zamokřených a rašelinných lokalitách. Vrstva studeného vzduchu dosahuje mocnosti od několika decimetrů až po několik metrů. Pozdní a časně mrazy, které jsou pro vegetaci nebezpečné, se objevují nejčastěji v květnu a v září. V Jizerských

horách jsou závažným negativním faktorem pro obnovu lesa, proto je jako obranné opatření vysazováno větší množství sadebního materiálu typu poloodrostky a odrostky. SVOBODA (1952) ve svém měření uvádí, že rozsáhlá odlesnění mají výrazný vliv na změnu teplot. Průměrná roční teplota půdního povrchu v porostu *Calamagrostis* ve srovnání s teplotou půdního povrchu v lese je vyšší, průměrná roční maxima jsou vyšší, absolutní maxima jsou vyšší. Z pěstebníhohlediska jsou v porostu třtiny absolutní minima nižší, četnost mrazových dnů je vyšší a četnost jarních a podzimních mrazů je rovněž vyšší. Ledovka a námraza se objevuje od 600 m n. m., ohrožen je smrkobukový (6.) a bukosmrkový (7.) vegetační stupeň. Délka vegetační doby klesá s rostoucí nadmořskou výškou v intervalu 180 – 120 dní.

Zastoupení lesních společenstev v CHKO Jizerské hory je asi 73% a pokrývají tak 269 km². Některé části lesních porostů jsou velmi poškozené, na druhou stranu se dodnes zachovala řada unikátních původních porostů, které zatím nejsou ve výrazném ohrožení. Zbylou částí CHKO je nelesní krajina, kterou tvoří louky a pastviny. Ty jsou ohroženy degradací půdního prostředí díky útlumu zemědělství.

2.2 Druhová skladba lesních dřevin PLO Jizerské hory a Ještěd

Původní porosty byly smíšené, s převahou listnatých dřevin a jedle, druhově diferencované podle přirozené vegetační stupňovitosti. Porosty, které se zachovaly, jsou specifické a unikátní. Klimaxové smrčiny se nacházely pouze na minerálních stanovištích nejvyšších poloh a na podmáčených stanovištích vrchovišť. Jejich podstatným rysem je nedotčenost člověkem i imisním poškozením, proto by měla být vyvíjena snaha o zachování takového stavu. Prapůvodní porosty tvořily především bukové pralesy a jedliny, svažité plochy území kryly typické suťové porosty s bukem, jilmem, javorem klenem a jasanem. Nejzápadnější okraje pohoří kryly chudé borové porosty. Mezi původní přirozené porosty patří komplexy bučin na severních partiích hor, zbytky klimaxových smrčín, společenstva rašelinišť, ojediněle se vyskytuje horský smrk. Společenstva rašelinišť se řadí mezi nejstarší dochované ekosystémy Jizerských hor. Složení vrchovištních fytocenóz se za posledních 8 – 10 000 let nepatrně změnilo a současný genofond lze pokládat za převážně autochtonní.

Současná dřevinná skladba není optimální a stále je v ní patrný nevhodný způsob hospodaření z minulých let, kdy se vysazovaly smrkové porosty na nepůvodních

stanovištích mimo jeho přirozený areál a ve všech vegetačních stupních. NĚMEC (1956) uvádí, že se takový způsob hospodaření s nesmíšenými porosty borovými a smrkovými rozvíjel od dob Marie Terezie a byla vyloučena příměs listnatých dřevin. Toto rozhodnutí podnítilo učení saské lesnické školy, jejíž teorie nabádaly využívat lesní půdu k nejvyššímu výnosu dřeva. Tyto teorie jsou dnes odsunuty do pozadí, jelikož se projevila také negativa a produkční funkce již není primární. Partie porostů Jizerských hor, které byly atakovány houbovými patogeny, větrnými, hmyzími a sněhovými kalamitami a výrazným imisním poškozením se svojí převážně monokulturní dřevinnou skladbou projevily jako nestabilní. K obnovení a udržení stabilních lesních ekosystémů Jizerských hor je třeba zvýšit druhovou diverzitu lesních porostů a využívat kvalitní sadební materiál na správných stanovištích. Smrk zaujímá v současnosti v Jizerských horách téměř osmdesátiprocentní zastoupení. Dubobukový, jedlobukový a smrkobukový stupeň tvoří souhrnně 73%. Smrkový stupeň tvoří 15% a bukosmrkový stupeň tvoří 12% (PELC 1999).

Přehled o výskytu lesních vegetačních stupňů je uveden v tabulce č. 1, kde je zřetelná dominance smrkových porostů.

Tab. č.1: Zastoupení lesních vegetačních stupňů v PLO 21 - Jizerské hory a Ještěd

Lesní vegetační stupeň	21 a Jizerské hory		21 b Ještěd		LO 21 celkem	
	výměra ha	zastoupení %	výměra ha	zastoupení %	výměra ha	zastoupení %
33 dubobukový	969	3,0	1105	15,9	2074	5,3
44 bukový	3161	9,7	1383	19,9	4544	11,5
55 jedlobukový	6182	19,0	2634	37,9	8816	22,3
66 smrkobukový	14100	43,3	1687	24,2	15787	40,0
77 bukosmrkový	3121	9,6	132	1,9	3253	8,2
88 smrkový	5013	15,4	19	0,2	5032	12,7
Σ	32546	100,0	6960	100,0	39506	100,0

Zdroj: OPRL PLO 21

Buk lesní byl původně druhou nejrozšířenější dřevinou Jizerských hor. Bukové porosty byly odtěžovány pro sklářský průmysl již v 16. století a postupně nahrazovány smrkem. Buk se dříve vyskytoval i v náhorních plošinách, kde byl ekologicky nejprospěšnější. Vliv škodlivého spadu imisí způsobil acidifikaci půdy, rozklad humusu, změnu vodního režimu a tím se stala stanoviště pro buk nepříznivá. Tím se zvýšila mortalita buku a kyselá zabařenělá stanoviště se stala nevhodná pro další zalesňování. Limitujícím faktorem je také zvěř, před kterou je nutná individuální

ochrana i ve vysokých horských polohách. Pro dosažení úspěšného odrůstání buku ve vyšších polohách by se mělo dodržovat jeho ekologické krytí a po dosažení dvou metrů a více jej uvolnit. Nyní se zastoupení buku pohybuje kolem 10% (OPRL).

S nárůstem kalamitních holin a rozvolněním porostů se situace v Jizerských horách zhoršila. V tomto naléhavém stavu se začaly provádět přeměny poškozených porostů, aby nové porosty odpovídaly druhovou skladbou a také věkovou a prostorovou strukturou. Zaváděly se porosty náhradních dřevin, které by měly zlepšit růstové podmínky pro budoucí porosty. Jednou z náhradních dřevin byl smrk pichlavý, který se do imisemi poškozených Jizerských hor jevil jako vhodný adept. Dnes je zastoupen třemi procenty, avšak snahou je jeho počty snížit. Jeho výhodou je rezistence vůči oxidům síry a okusu zvěří, nicméně nedokáže vytvářet funkční zapojené porosty a také negativně ovlivňuje chemismus půd. Proto se jako náhradní dřeviny zdají vhodnější naše domácí dřeviny, jejichž ekologické nároky vyhovují imisním lokalitám.

Modřín opadavý spolu s ostatními dřevinami tvoří osm procent zastoupení. Jedle, která tvořila původně 25 % lesů Jizerských hor, zcela vymizela.

Cílová druhová skladba by měla vycházet z původního zastoupení dřevin a zároveň je třeba najít vhodné řešení, jak dosáhnout zdravých, stabilních, geneticky odpovídajících a druhově pestrých porostů. K dosažení rovnováhy lesních ekosystémů Jizerských hor je třeba trvale udržitelného hospodářství a respektování přírodních zákonitostí. Cílem by měla být také regenerace degradovaných půd, aby se vytvořily lepší podmínky pro náhradní dřeviny a tím i lepší možnosti pro odrůstání nových generací lesa.

V Jizerských horách v důsledku vysoké zátěže znečištěným ovzduším a stresem abiotického i biotického původu (sucho, sníh, hmyz aj.) došlo k odumírání lesních porostů. Do těchto vysokohorských poloh jsou vhodné porosty náhradních dřevin, které plní v první řadě mimoprodukční funkce.

Doporučené postupy pro záchranu jizerských lesních ekosystémů jsou zejména:

- obnovní postupy se zastoupením náhradních dřevin nejméně 30%
- přeměny porostů smrkových exot, smrk pichlavý je zastoupen třemi procenty, jeho podíl v cílové skladbě by měl být nulový

- buk lesní by měl dosáhnout 30% zastoupení a spolu s javorem klenem a jedlí bělokorou vytvářet stabilní a meliorační složku porostů
- smrk ztepilý by měl být hlavní cílovou dřevinou, jeho zastoupení by se mělo pohybovat kolem 50% a měl by nahradit ztráty na dřevní produkci
- použití slunných (pionýrských) listnáčů zejména pro jejich pozitivní meliorační a stabilizační vliv na nově zakládané porosty. Bříza karpatská, bříza pýřitá, olše zelená, šedá a lepkavá, osika, *jeřáb*, a vrby jsou tolerantní vůči klimatickým změnám a nenáročné na trofnost půdy
- nezbytná je důsledná ochrana kultur *jeřábu* a břízy před zvěří a hlodavci - pro výsadbu nových porostů se doporučuje použít silnější sadební materiál o výšce 50 – 70 cm než bývá doporučováno pro vysokohorské polohy již od 30 cm výše (LOKVENC ET AL. 1992), případně obalovaný sadební materiál s dobře vyvinutým kořenovým systémem, nutná je kontrola a vylepšování výsadeb (LESNICKÝ PRŮVODCE, 3/2007).

Tab. č. 2: Současné zastoupení dřevin

Dřevina	SM	SMO	BO	MD	KOL	HOL	BK	DB	JV	JS	BR	LP	OL	TP	OST.L
%	67,9	7,3	1,6	2,5	0,7	2,3	10	0,8	0,9	0,5	3,4	0,2	0,7	0,1	0,8

Zdroj: OPRL PLO 21

2.3 Historicky doložené rozšíření dřevin v Jizerských horách

Vhodné podmínky pro šíření lesů nastaly až v době poledové tj. 8000 – 2500 let př. n. l.. Po počátečním období březo – borových lesů, následném šíření lísky a dalším rozvoji lesů v subboreálu, se v VIII. vegetační periodě (2 500 – 500 př. n. l.) vytvářejí vegetační stupně, jak je známe dnes. Z pylových analýz se pro toto období pro Jizerské hory nad 750 m n. m. uvádí zastoupení: smrk 32%, kleč 32%, buk 17%, jedle 11%. Pro IX. vegetační periodu, starší subatlantik (500 př. n. l. – 1 300 n. l), který se vyznačoval mírným kolísáním vlhčích a sušších fází, vcelku ale klimatem poněkud vlhčím a chladnějším než dnes, je uváděno zastoupení dřevin pro Jizerské hory nad 750 m. n. m: smrk 29%, kleč 21%, buk 17%, jedle 23% (OPRL).

Písemné historické prameny uvádějí pro panství Smržovka (URBÁŘ 1687) dřeviny v následujícím pořadí: JD – SM – BK, „podrobný popis“ z roku 1732 pro liberecké panství, revír Kateřinky: BK – JD – SM, pro frýdlantské panství, revír Dětrichov: JD

– BK – SM – KL – OL, revír Bílý Potok na prvním místě smrk. URBÁŘ (1566) uvádí z okolí Hodkovic: JD – SM – DB – OL – BO – BŘ – VR.

V horách přirozený výskyt smrku není samozřejmě zpochybňován, je proto spíše zajímavé rozšíření jedle a buku v horských podmínkách. Nejstarší známka v tomto ohledu je z roku 1578, kdy se konala prohlídka hranic u Jizerky u Bukovce, a v deskách zemských bylo poznamenáno, že se zmíněná hora tak jmenuje „pro tu příčinu, že na této hoře všecko dříví bukové jest“. V „Podrobném popisu všech dolních a horských lesů“ z r. 1732 se uvádí, že „na Ptačích kupách, Černé hoře a ve Weissbichtu jsou krásné buky, jedle a smrky“, že v revíru Bílý potok bylo v „předních horách“ smrkové, jedlové a bukové dříví značně vytěženo, v „zadních horách“ v údolí mezi horou a Jizerou a řekou Jizerou jest ještě zásoba jedlí a smrků. Důležitý je popis Jindřichovského lesa, v němž se uvádí, že „po větrolomech v roce 1712 má les něco málo jedlí, smrku a buku“. Je tedy zřejmé, že se v této lokalitě přirozeně vyskytoval (OPRL).

2.4 Negativní vlivy na lesní prostředí Jizerských hor

- a) Nadměrně vysoká výsadba smrku ztepilého, vznik mniškovin hlavně v oblasti severní části Ještědu, vznik smrkových monokultur po větrných kalamitách.
- b) Působení průmyslových imisí z Německa a Polska intenzivně od 70. let. Stanovená pásma ohrožení imisemi:
 - Pásmo A plocha cca 1.540 ha/4 %
 - Pásmo B plocha cca 10.750 ha/27 %
 - Pásmo C plocha cca 32.430 ha/59 %
- c) Z toho vyplynula imisní a následně kůrovcová kalamita, doprovázená větrnými polomy, gradací ploskohřbetky smrkové a obaleče modřínového.
- d) Silné zastoupení náhradních dřevin smrkových a částečně borových exot – celková výměra cca 2.800 ha (více než 30% 1. věkového stupně).
- e) Smrkovým hospodařením snižená horní hranice buku.
- f) Současné zastoupení hlavních dřevin velmi vzdáleno přirozené skladbě: smrk ztepilý – 68%, smrkové + borové exoty – 7,5%, buk lesní – 10%, břízy – 3%, modřín evropský – 2,5%, borovice lesní – 1,2%, jedle bělokorá 0,2%.

- g) Jako následek kalamit silně nevyrovnané rozložení věkových stupňů: 1. věkový stupeň cca 23% celkové plochy oblasti.
- h) Nedostatečná výchova smrkových mlazin a tyčkovin, v imisním pásmu A, B téměř nulová.
- i) Vysoké škody na kulturách na plošně neúměrně rozsáhlých, nechráněných územích: zvěř, buřin, mráz, myšovití, sucho.
- j) Dlouhodobě neúměrné vysoké stavy zvěře, hlavně jelení.
- k) Škody na lesních cestách a na lesní půdě vzniklé nevhodnými způsoby přibližování dřevní hmoty při řešení rozsáhlých kalamitních těžeb – vznik erozních rýh a rozsáhlá plošná eroze.
- l) Škody na lesních porostech a cestách neusměrňovaným pohybem rekreatantů a sportovců v okolí sjezdových a běžeckých tratí a cyklostezek a nevhodnými zásahy do porostů při rekonstrukcích a rozšiřování sportovních zařízení (OPRL).

2.5 Imisní poškození Jizerských hor

Poškození Jizerských hor bylo poprvé zaznamenáno v padesátých letech dvacátého století. Zdrojem znečištění byly emise oxidu siřičitého z velkých tepelných elektráren v okolí Žitavy na území Německa a Polska. Množství emisí SO₂ stouplu v průběhu dvou decenií více než desetkrát. V roce 1957 bylo zaznamenáno 45 tis. t a v roce 1980 bylo toto množství převyšeno na 500 tis. t a úměrně tomu stouplu i poškození porostů. I přes významný pokles imisního zatížení Jizerských hor a snížení původců znečištění je stav i nadále ohrožen. Příčinou je vyčerpání odolnostního potenciálu, takže může škodit i nižší koncentrace škodlivin (vstup kyselých depozic z emisí SO₂ a NO_x) v kombinaci s krátkodobými nepříznivými klimatickými situacemi (HADAŠ 2001).

Poškození porostů imisemi je klasifikováno dle fenotypové stupnice VÚHLM. Klasifikační systém podle vyhl. 78/1996 se skládá ze dvou stupnic, které napomáhají rozlišit stupeň poškození porostů nebo jednotlivého stromu a vyhodnotit vývoj škod za delší období. Jelikož smrkové porosty zaujímají převážnou část (69%) z celkové plochy porostní půdy lesní oblasti Jizerských hor, uvedené hodnoty se týkají právě smrkových porostů, které vykazují známky imisního poškození.

Tab. č. 3: Míra poškození imisemi – stav k 30. IV. 1996

Nepoškozeno		24% z celkové porostní plochy SM
Poškozeno	I stup.	40%
	II stup.	23%
	IIIA stup.	3%
	IIIB stup.	1%
	IV A stup.	1%
	IV B stup.	1%

Zdroj: OPRL PLO 21

Co je příčinou příznivějšího stavu imisního poškození?

Po roce 1989, v souvislosti s politickými změnami, došlo v tehdejší Československu k zásadnímu obratu v politice životního prostředí. V České republice musela všechna stávající zařízení splňovat do roku 1998 nové přísné emisní limity, srovnatelné s předpisy Evropské unie. Zařízení, která byla vybudovaná po roce 1990, musela splňovat přísné emisní limity od uvedení do provozu. Tak došlo k zásadnímu zlepšení kvality ovzduší, velmi účinná byla zejména opatření ke snižování emisí velkých elektráren. V Oblastním plánu rozvoje lesů přírodní lesní oblasti 21 je uvedeno, že hlavním zdrojem emitující největší objem sloučenin síry byly tepelné elektrárny ležící na území Polské republiky a Spolkové republiky Německo. Pro představu, elektrárna SRN Hagenwerden, pod kterou spadají tři elektrárny, byla schopna vyprodukovat v plném provozu 279 tis. t SO₂/rok. V roce 1992 byl ukončen provoz Hagenwerder I., snížen výkon o 50% u elektrárny Hagenwerder II. a u elektrárny Hagenwerder III. o 70%. V době provozu Elektrárny SRN Boxberg bylo rozloženo 350 – 400 tis. t SO₂ za rok. Od roku 1992, byl její výkon snížen o 50%. Elektrárna PR Turoszow vyprodukovala 150 tis. t. SO₂ za rok. V roce 1998 byly naměřeny emise ze zdrojů REZZO 1 – 3 okresů Liberec a Jablonec, které jsou nejbliže Jizerským horám, 7,6 tis. t SO₂ (OPRL). V severních Čechách nebylo od roku 1998 zapotřebí vyhlašovat smogový poplach (Anonym 2001).

Pokles imisních koncentrací SO₂ a NO_x depozičních toků síry a dusíku není ovlivněn jen poklesem emisí, ale i meteorologickými podmínkami, umožňující rozptyl škodlivin v ovzduší. Meteorologické podmínky jsou zde chápány jako výsledek působení různých cirkulačních procesů na směr a rychlost větru a na teplotní zvrstvení atmosféry. Cirkulační procesy jsou rozděleny podle rozložení hlavních

tlakových útvarů – tlakové níže a tlakové výše do tzv. katalogu povětrnostních situací. Rozložení tlakových útvarů určuje směr proudění, které charakterizuje vlastnosti přemisťování vzduchové hmoty i s následnými meteorologickými podmínkami. Dle katalogu je každý den vyhodnocena povětrnostní situace a ta napomáhá spolu s výskytem nepříznivých rozptylových podmínek určit typ povětrnostní situace, při které dochází k výskytu smogových situací. Příkladem může být situace v Krušných horách, kde poslední zima, která měla zvýšený počet nepříznivých rozptylových podmínek, byla v roce 1995 – 1996. Od roku 1995 – 1996 byl zaznamenán trend poklesu počtu dnů s nepříznivými rozptylovými podmínkami a příznivě se projevil ve snižování imisních koncentrací SO₂, NO_x i depozičních toků síry a dusíku (HADAŠ 2002).

V roce 2002 popsal HADAŠ prognózu o vývoji emisí následovně:

Na základě prognózy vývoje emisí SO₂, NO_x lze očekávat, že ovzduší na území ČR bude v letech 2005-2010 ročně zatěžováno z bezprostředně sousedících států ve střední Evropě asi 3.8 mil tun SO₂ a 3.5 mil tun NO_x. Vzhledem k charakteru trendu vývoje nepříznivých rozptylových podmínek v zimních obdobích, který je vyjádřen polynomem 6. stupně, se nyní nacházíme v minimu. Avšak je pravděpodobné, že v případě výskytu podobných nepříznivých rozptylových podmínek, např. jako v zimě 1995-96, může dojít ke zvýšení imisních koncentrací SO₂, NO_x i depozičních toků síry a dusíku. Proto nelze vyloučit situace, které mohou vyvolat nové odumírání lesních porostů a tím i zvýšení objemů nahodilých těžeb způsobených imisemi.

K odumírání lesních porostů v Jizerských horách dochází nejvíce v nejvyšších partiích, kde je nejvíce patrná acidifikace a nutriční degradace půd. To je způsobeno depozicemi okyselujících sloučenin z atmosféry a také depozicemi eutrofizujících sloučenin dusíku. Tyto sloučeniny jsou hlavní příčinou současného odumírání a poškozování porostů. Jejich nadměrné množství působí přímo i nepřímo na lesní porosty.

Nepřímé účinky škodlivých sloučenin znemožňují samovolnou regeneraci půdního fondu, který ovlivňuje výživu porostů a snižuje jejich odolnost vůči jiným stresovým faktorům. Stresové faktory rozděluje MARTÍNKOVÁ ET AL. (2000) na primární, sekundární a terciární. Povětrnostní, srážkové a teplotní výkyvy řadí mezi primární stresové faktory, vodní deficity v rostlině v důsledku poškození vodivých drah kmene

řadí do sekundárních a do terciárních spadají fytopatogenní aspekty. Tato série stresů je v krajních případech synergického působení zodpovědná za chřadnutí kultur i mladých porostů. Půdní fond je narušován zejména dusíkem, který vymývá bazické živiny. Podle HADAŠE (2004) jsou Jizerské hory s převažujícím žulovým podložím z hlediska acidifikace nejvíce zranitelné, protože dochází k narušování pufrací schopnosti půd při poměrně nízké dávce kyselých depozic. Dále v půdě dochází k ovlivnění půdních organismů, k uvolňování toxických kovů, které mají společně za následek poškození kořenového systému a mykorhiz a tedy zapříčiňují nejen špatný příjem živin, ale také vznik patogenů kořene. Dochází k nevyzrállosti pletiv a porosty jsou snáze napadány biotickými i klimatickými činiteli. Příkladem zhoršené tolerance lesních porostů vůči náporům imisí, větrných škůdců či žiru hmyzích škůdců může být situace, která zasáhla Jizerské hory v roce 1992. Plocha vytěžených a poškozených porostů přesáhla 9000 ha, plocha ponechaných porostů činila 600 ha, kalamitní holiny tvořili 800 ha (PRŮŠA 2001).

Přímé účinky imisí mají dopad na konkrétní části dřeviny a na fotosyntetické procesy. Dochází k porušení asimilačních orgánů, k ovlivnění pohlavních rozmnožovacích orgánů, tedy i k narušení opylení a zrání semen. Zhoršená životaschopnost semene způsobuje prodlevu mezi semennými roky. Takle přímá poškození mají dopad na reprodukci lesních porostů, proto je obnova lesních porostů v imisních oblastech trvalým problémem.

2.5.1 Složky imisní zátěže

Současná úroveň znečištění ovzduší v oblasti Jizerských hor je po redukci emisních zdrojů v polovině devadesátých let poměrně stabilní, ale i přesto stále není vyloučeno ohrožení lesních ekosystémů složkami imisní zátěže.

Síra

Mezi škodlivé látky, které pronikají spaliny do ovzduší, patří oxidy síry. Síra se v uhlí vyskytuje ve formě anorganických sloučenin a z větší části ve formě organických sloučenin. Organické látky se spalováním oxidují na oxid siřičitý (SO₂). Tyto spaliny jsou unášeny komínem do ovzduší, kde z nich působením vlhkosti a slunečního záření vzniká kyselina sírová. Ta v podobě kyselých dešťů překyseluje půdu. V přírodě se síra nachází v řadě sloučenin v čisté formě. Některé bakterie

využívají energii uvolňovanou při oxidaci pro své životní pochody. Síra je součástí nerostů a hornin, půdy, rostlin i atmosféry. Vstup tohoto prvku kořeny do rostliny z půdního prostředí je víceméně stabilní a je závislý na obsahu síranu v půdě. Přijímaná množství jsou malá a během vegetačního období nedochází k výrazným výkyvům. Vstup síry listy souvisí přímo úměrně s jejím obsahem v atmosféře. Na rozdíl od vstupu kořeny je příjem listovým z ovzduší proměnlivý. Vliv imisí se může projevit nedostatkem síranu v půdě (důsledek zakyselení půdy a vymývání síranů, včetně bazických kationtů), ale i jeho nadbytkem (KULA, HRDLIČKA 2004). Vstup redistribuací ze starších pletiv (staré listy, opad, dřevní hmota) hraje důležitou roli v metabolismu rostlin. Z atmosféry se síra na zemský povrch dostává v podobě mokrých a suchých depozic.

Mokrá depozice zaznamenala po roce 1997 pokles o 40% pod hodnotu 50 000 t. ve srovnání s výsledky naměřenými od roku 1994 – 1997. Tato klesající tendence pokračovala až do roku 1999. Od roku 2000 zůstaly stejné hodnoty jako v roce 1999 (s výjimkou depozic v roce 2003, kdy byl výrazně nižší úhrn srážek). Suchá depozice síry od roku 1998 – 1999 měla hodnoty o 45% nižší, než byly průměrné hodnoty naměřené v letech 1995 – 1997. V roce 2000 – 2005 projevila stagnaci. Suchá depozice tvoří na území České republiky zhruba 2/3 celkové depozice a je rozhodujícím faktorem okyselování zalesněných oblastí. Roční depozice síry se ve srážkách pohybovala v rozmezí 15 – 51 kg S ha⁻¹. Vzhledem k tomu, že se v daných podmínkách za kritickou považuje celková roční depozice kolem 8 kg (ÄGREN 1993), lze současný stav imisní zátěže považovat za neúnosný, vedoucí k degradaci půdy (SLODIČÁK, BALCAR 2005). Jizerské hory jsou jednou z horských oblastí, kde celková depozice síry vykazuje maximální hodnoty.

Přímé poškození oxidy síry se projevuje:

- strukturálními změnami jehlic
- porušením voskové vrstvy na povrchu jehlic
- popálením asimilačních orgánů
- zvýšenou defoliací
- změnami fotosyntetických pigmentů
- ovlivnění produkce a klíčivosti semen

Nepřímé poškození oxidy síry:

- acidifikace půd
- ovlivnění půdních mykorhizních poměrů
- ovlivnění bylinné vegetace

Dusík

Oxidy dusíku jsou rovněž látky ohrožující zdravotní stav lesních porostů. Vznikají při spalování uhlí i mazutu za vysokých teplot. Oxid dusíku, měnící se na dioxid dusíku NO₂ je spolu s dusitany a oxidem dusitým souhrnně nazýván oxidy dusíku (NO_x). Oxidy dusíku umocňují škodlivost oxidu siřičitého a stejně jako on poškozují lesní ekosystémy. Snižování oxidů dusíku je řešeno například fluidními ohništi, ve kterých dochází ke spalování při nižších teplotách. Oxidy dusíku ovlivňují lesní porosty jednak přímým akutním účinkem a nepřímo působením přes půdní acidifikaci, kdy dochází k obohacování půdního dusíku a stupňování úrovně kyselé depozice H⁺. Od roku 1994 měly průměrné roční koncentrace NO_x sestupnou tendenci. Limitní hodnota těchto koncentrací pro ochranu lesních ekosystémů je 30 mg.m⁻³ a ta nebyla od počátku měření překročena (SLODIČÁK, BALCAR 2005).

Ozón

Je velice reaktivní plynná molekula, nacházející se v zemské atmosféře. Molekuly ozónu se stávají ze tří atomů kyslíku (O_3). Je velmi reaktivním plynem s vysokými oxidačními účinky a ochraňuje zemský povrch před nebezpečným ultrafialovým zářením (UV) z vesmíru. UV záření má nebezpečnou složku C (vlnová délka pod 290 nm) a složku B (vlnová délka 290 – 315 nm). Ozón je složkou nízké atmosféry a jeho největší obsah v atmosféře je do 48 km nad zemí. Má dvojí podobu.

Troposférický ozón vznikající složitými chemickými reakcemi oxidací dusíku s těkavými organickými sloučeninami za horkých letních dnů a bezvětrí se vyskytuje těsně nad zemským povrchem a nazývá se také suchý smog. Zdrojem jeho vzniku je průmysl a spalování fosilních paliv. Jeho rozptyl je do 10 km nad zemským povrchem. Druhým typem je stratosférický ozón, který se nachází ve Stratosféře a to od 10 do 50 km nad zemským povrchem. Ten je vytvářen ultrafialovým zářením. Vznik ozónu probíhá pomocí paprsku ultrafialového záření, který dopadne přímo na molekulu kyslíku a molekula se rozdělí na excitované atomy. Atom kyslíku v excitovaném stavu narazí do dalšího atomu a vznikne ozón – molekula se třemi atomy kyslíku. Další reakce probíhá mezi ozónem a volnými atomy kyslíku, jež jsou velmi nestabilní, proto velice ochotně reagují s dusíkem, vodíkem, chlórem a brómem nacházejícími se v zemské atmosféře, kde se opět rozkládají.

Množství ozónu je ovlivněno řadou přírodních cyklů, změnou ročních období, změnou ve směru větru nebo sopečnou činností. Pro posouzení vlivu ozónu na lesní dřeviny se využívá expoziční index AOT 40, který charakterizuje kumulativní dávku působení hodinových koncentrací převyšujících 40 ppb (přibližně $80 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v průběhu dne 8 hodin a v době vegetační sezóny 6 měsíců. Pro lesní dřeviny je udávána jako riziková hodnota tohoto indexu 10 ppm – h (asi 10 000 ppb – h), nebo kumulativní hodnota 18000/rok.

Poškození ozónem se projevuje:

- porušení funkce buněčných membrán
- nekrotickými skvrnami na osluněných listech
- zpomalením fotosyntézy
- zmírnění přírůstu rostlin
- klesá efektivní využití vody

- vyšší náchylnost na napadení škůdci a chorobami
- snižuje se kvalita půdy

Koncentrace ozónu v ovzduší, naměřená v roce 2003 v Jizerských horách zhruba trojnásobně překračovaly kritickou hranici a vyvolávaly symptomy poškození na listech listnáčů i jehličnanů (limit AOT 40 = 18 000 mg O₃ m⁻³ hod⁻¹, zátěž 62 000 mg O₃ m⁻³ hod⁻¹). Testované výsadby lesních dřevin prokázaly výskyt četných listových chloróz a také značné poškození komplexním stresem prostředí, zejména suchem a hmyzem. (SLODIČÁK, BALCAR 2005).

Halogenuhlovodíky

Uhlovodíky, chlóry a fluóry, které sem řadíme, se dostávají do atmosféry spalováním plastů, uhlí, celulózy a při vypařování organických rozpouštědel a také jsou součástí látek užívaných k ochraně rostlin. Fluor je velmi silné oxidační činidlo, které je více toxické než SO₂.

Poškození fluórem se projevuje:

- okrajovými nekrózami na listech a jehličí
- změnami v rovnováze živin
- destrukcí a deformací buněk mezofylu

Přítomnost fluóru v Jizerských horách je považována za imisní složku vedlejší (SLODIČÁK, BALCAR 2005).

2.5.2 Půdní poměry v imisních oblastech

Významným faktorem pro vývoj lesních ekosystémů horských a podhorských poloh je půdní prostředí strukturované dlouhodobým vývojem a působením širokého spektra klimatických, exogeodynamických, biologických a ekologických procesů. Půda je nejsvrchnější vrstva zemského povrchu, která je prostoupená vodou, vzduchem, organismy a je produktem přeměn minerálních a organických látek. Dá se také označit jako disperzní systém pevné, kapalné a plynné fáze, kdy pevnou fází tvoří 50%, kapalnou 20-30% a plynnou 25-30%. Pevná fáze obsahuje organickou a minerální složku, kdy minerální podíl převažuje nad organickým (45% – 5%). Organický podíl obsahuje živou organickou hmotu – edafon a odumřelou organickou hmotu – humus. O důležitosti humusové složky bude kapitola níže popsána. Ke vzniku půdy dochází působením půdotvorných faktorů, které podmiňují půdotvorné

procesy. Půdotvorné faktory, mezi které se řadí půdotvorný substrát, klima, biologické faktory, reliéf, čas, činnost člověka aj. mohou mít negativní dopad na její vývoj a kvalitu a tedy dopad na existenci lesních porostů. Na lesní porosty působí od dvacátého století některé půdotvorné faktory spíše negativně a omezují je ve zdárném odrůstání. Proto se hledají řešení, jak dosáhnout uspokojivého stavu půd, který by zajistil existenci i vývoj zdravých porostů a zmírnil jejich chřadnutí.

Aktivita lidí vedou ke ztrátám zpětných vazeb v lesích. Již v 18. století byla na lese závislá spousta řemesel, proto zásahy jako žďáření, klučení, hrabání steliva i velkoplošné těžby mohly už tenkrát způsobit rozsáhlé disbalance látkových toků v lesních půdách (SKOŘEPA 2006). Lesní porosty, přirozené nebo uměle založené, jsou dodnes antropogenním působením trvale ovlivňovány. Dochází k cílené přeměně druhové skladby, k výchově porostů, odlesňování či zalesňování, k exportu biomasy, k degradaci a odnosu povrchových vrstev půd, k depozici imisních látek a stále častějším klimatickým změnám. Tím je neustále narušována rovnováha lesních ekosystémů, které se stávají nestabilní, hůř se vypořádávají se zásahy člověka a jsou náchylné na extrémní teplotní a srážkové výkyvy, hmyzí kalamity nebo houbová napadení.

Imise, jeden ze základních negativních antropogenních faktorů nadnárodního rozměru způsobují acidifikaci a eutrofizaci půd. Jejich vlivy byly v půdě pozorovány díky poklesům pH a vymýváním živin. Tyto změny v lesní půdě začaly být v 70. a 80. letech aktivněji sledovány na řadě lokalit a zjištěné výsledky naznačovaly, že imisní spady ovlivní lesní ekosystémy v následujících letech na celém území České republiky (LOCHMAN ET AL. 1985). I v Jizerských horách se chemické parametry lesních půd změnily. Obrovská množství emitovaných acidifikantů byla v podobě depozice příčinou ekologické katastrofy, která zapříčinila odumření smrkových porostů a následné odlesnění vrcholových partií hor. Na odlesněných plochách expandovaly velice rychle porosty trav a vznikly imisní holiny. Tyto holiny jsou opět postupně zalesňovány, ale znesnadňují to půdy, které jsou silně poškozeny acidifikací (PAVLŮ ET AL. 2007).

Jak k acidifikaci dochází? Acidifikace je dlouhodobý a kumulativní proces, který se dynamicky vyvíjí. Teprve po určité době se projevují příznaky procesů, které již dlouhodobě probíhají. Kyselina sírová a dusičná, které jsou obsaženy ve srážkové vodě, snižují pH srážek. Po dopadu na zemský povrch startuje kyselá srážková voda

řetěz reakcí, vedoucí k okyselení půd a podzemních vod, tedy k acidifikaci. Přesný mechanismus poškozování a odumírání porostů jako následek působení kyselého deště není dodnes znám. Existuje několik základních hypotéz mechanismu odumírání stromů a konkrétní příčina na konkrétním místě je obvykle kombinací více mechanismů.

Při prvním rychlém mechanismu dochází k přímému kontaktu velmi koncentrovaného SO₂ s asimilačními orgány, poškodí chlorofyl a dojde k uschnutí – tzv. akutní poškození. Při vhodném počasí stačí k akutnímu poškození pár desítek minut. Další mechanismy jsou pomalé – tzv. chronické.

Druhý mechanismus se nazývá půdní, kdy jsou půdy vyčerpány (mají málo vápníku a hořčíku), jsou příliš kyselé a půdní voda obsahuje vysoké koncentrace toxických kovů mobilizovaných kyselým deštěm, zejména hliníku. Strom hyne následkem nedostatku živin a postupné otravy hliníkem z půdního roztoku. Nerozhoduje jen absolutní koncentrace hliníku, ale jeho poměr s vápníkem. Čím je poměr mezi nimi nižší, tím hůř.

Třetí příčinou poškození mohou být i disproporce ve výživě stromu. Kyselé deště jsou dobrým hnojivem, protože obsahují množství dusíku ze zemědělství (amoniak) a ze spalovacích procesů (NO_x). Naopak se půdě nedostává hořčík, který je nezbytnou součástí chlorofylu. Strom má nadbytek dusíku, nedostatek hořčíku. Rychle přirůstá, hořčík si musí půjčovat z jiných asimilačních orgánů a ty žloutnou a opadávají. Zajímavým příkladem jsou smrky v imisních oblastech, které vykazují větší přírůsty než smrky v oblastech nepoškozených, ale jejich mechanické vlastnosti dřeva jsou špatné. Všechny popsané mechanismy lesní porosty oslabují, ale zřídka způsobují úhyn. Ten zapříčiní obvykle klimatický stres nebo hmyzí škůdce (HRUŠKA 1999).

SAMEC, VAVŘÍČEK A MACKŮ (2008) vidí popis acidifikace lesních půd (ALP) složitý v tom, že je třeba oddělovat metodicky vlivy na půdní vodu a vlivy na pevnou složku půdy. Půda je třífázové těleso, složené z pevných částí, půdního roztoku a plynů. ALP silně souvisí s okyselením půdního roztoku. V půdním roztoku je rozpuštěno asi 0,2 % přístupných živin (výměnných bází), které se mohou snadno vymýt. Necelá 2 % jsou pro půdní biotu v nepřístupných formách, ale v 98% výměnných bází je poutáno na pevné koloidní půdní částice. Vlivy ALP se zpravidla projevují právě odběrem výměnných bází z koloidních částic (sorpčního komplexu).

Tento proces je vratný dokud má charakter výměn. Zlepšení stavu půd je možné teprve s doplněním přirozených zásob těchto výměnných živin.

Faktory, které rozhodují o stupni acidifikace, jsou přirozené vlastnosti půd, zejména množství bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) v iontově-výměnném komplexu půd. Jejich hlavním zdrojem v půdách je zvětrávání podložních hornin a jejich celkové množství určuje odolnost vůči kyselé depozici. Čím více je v půdách bazických kationtů, tím jsou půdy odolnější, protože mohou déle neutralizovat kyselý vstup z atmosféry (HRUŠKA, KRÁM, SCHWARZ 1999). Nejméně odolné jsou horské půdy, které mají malou mocnost a přirozeně nízké množství bazických kationtů. To je, spolu s drsným klimatem a vysokou kyselou depozicí, důvod, proč se devastující vliv kyselých dešťů nejdříve objevuje v horských oblastech. Dalším důležitým faktorem, ovlivňujícím půdní acidifikaci, je kvalita opadu, tedy vedle velikosti depozice další funkce druhové skladby porostu (HRUŠKA 1999).

K výraznému zlepšení acidifikace mohou přispět přeměny smrkových porostů na listnaté porosty nebo na převážně listnaté porosty všude tam, kde smrkové porosty svým úhynem jasně prokazují neschopnost přijmout současný stav půd a ovzduší a kde není předpoklad dostatečného snížení atmosférické depozice (SCHWARZ 1998). Dalším kladem listnatých porostů je, že nepatrně zvýší poměr hliníku a vápníku v půdní vodě a je tak šance, že se půdy začnou regenerovat. Snížení vstupu kyselosti do půd může ovlivnit také nižší schopnost zachytu suché depozice síry korunami listnáčů. Velký přínos má i daleko příznivější chemismus rozkladu listnatého opadu. Acidifikace znamená pro půdu postupnou ztrátu schopnosti neutralizovat kyselé vstupy. Kromě acidifikace způsobené imisními složkami, existuje také přirozená acidifikace, která v důsledku autoprolýzy vody reaguje s atmosférickými plyny (zejména CO_2) a v důsledku tvorby biogenních kyselin (H^+). Zásadní změnu v přirozeném okyselování přinesly právě kyselé deště. K tomu, aby se půdy vyrovnaly se změnami pH mají tzv. puфраční schopnost.

Puфраční schopnost půd je schopnost půdy udržet si pH, jestliže se do půdního roztoku uvolňují kationty nebo anionty. Rozhodující význam vnímavosti půd vůči acidifikaci mají tzv. puфраční zóny (SAMEC, VAVŘÍČEK, MACKŮ 2008), nazývány také pásma, která jsou popsána dle látkových zdrojů a mohou tlumit kyselé vstupy. Dle ULRICHA (1986) se rozdělují na puфраční intervaly:

- pH 6,2-8,6: karbonátový ->Ca (HCO₃)₂
- pH >5: silikátový ->jílové minerály (zvýšení KVK)
- pH >4,2: iontovýměnný
 - s jílovými minerály -> Al(OH)^{(3-x)+x} (snížení KVK)
 - s oxidy Mn -> Mn²⁺
 - s mezimřížkovým Al ->Al-hydroxosulfát
- pH >4,2: hliníkový -> Al³⁺ v roztoku
- pH >3,8: hlinito-železitý -> Al³⁺ v roztoku, Fe (OH)₃
- železitý: uvolnění ferrihydritu, Fe³⁺, destrukce jílu

Každý soubor lesních typů (SLT) má osobitou pufrací schopnost odvislou od minerální síly půdy. Nejsilnější jsou ekologické řady živná a obohacená humusem. Velmi slabé jsou naopak SLT řad podmáčené a extrémní. Stabilní jsou půdy v uhličitanovém intervalu a železitém. V přirozeně kyselých půdách nejčastěji dochází ke změnám výměnného a hliníkového pásma v důsledku porušené tvorby humusu. V těchto přirozených kyselých, svěžích a oglejených stanovištích je velmi rychlá regenerace půdní pufrace (SAMEC, VAVŘÍČEK, MACKŮ 2008). V Krušných horách činí roční kyselá depozice síry a dusíku, převedená na kyselé vodíkové ionty 3000 – 5000 mol.H⁺ na 1 hektar ročně, přičemž půda v daném geologickém složení je schopna pufrvat zhruba jen 1500 mol.H⁺ na 1 hektar ročně. Proto je opět potřeba vápnit v imisních oblastech (BADALÍK 2006).

2.6 Vápnění v imisních oblastech

Špatný stav kultur cílových i náhradních porostů, pronikavě zhoršený stav lesních půd i jejich velkoplošná degradace vyvolaly potřebu zlepšit jejich charakteristiky na úroveň, která umožní obnovu a vegetování lesních dřevin. Jako příčina se předpokládá nepříznivý stav půdní složky, proto se přistoupilo k využití různých opatření chemické meliorace (PODRÁZSKÝ 2006). Tato opatření jsou rozdělována na přímá a nepřímá.

Přímá lze označit i jako hnojení, tzv. hnojení přímé, při němž se dodávají živiny ve formě především minerálních hnojiv, které přijímají rostliny a obohacují cykly živin. Toto opatření způsobuje rychlé, většinou však krátkodobé zlepšení zdravotního stavu

lesních dřevin. Nepřímá opatření jsou chápána jako vápnění, tzv. nepřímé hnojení, díky němuž je ovlivněn půdní chemismus, zaváděním látek na bázi karbonátů, hydroxidů a oxidů vápníku a hořčíku (PODRÁZSKÝ 2006). MATERNA (1990) rozděluje hnojiva pro lesnické účely stručněji: buď na základě chemického složení přípravku, související s účelem použití nebo na základě jejich působení. Jako hnojiva mohou být chápány i herbicidní prostředky (PROCHÁZKA ET AL. 1997). Rostliny jsou schopny přijmout a metabolicky využít celkově dvacet jedna prvků (C, O, H, N, P, Na, K, Ca, Mg, Mn, S, Al, Be, Fe, Zn, B, Ba, Li, Sc, Si, Sr), z nichž Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ mají význam jako půdní makroelementy a C, N a P jsou důležitou součástí ekosystémového toku biomasy (REJŠEK 1999). Specifické vstupy hnojiv a chemickou melioraci vyžadují především porosty lesních dřevin na zdevastovaná stanoviště. Pro účely těchto přípravných resp. náhradních porostů jsou často voleny druhy pionýrské a ekologicky nenáročné (LOKVENC 1984).

Vápnění lesních půd, prodělalo během téměř sta let značný vývoj a v lesních hospodářstvích plnilo různé funkce. První pokusy s vápněním jsou známé již z 19. století, kdy šlo primárně o zvýšení produkce lesních porostů na nekvalitních půdách. V 80. letech 20. století, kdy nastala problematika znečištění ovzduší, se začalo aplikovat vápnění velkoplošně v oblastech, kde se lesy s působením škodlivin těžce snášely. Cílem bylo udržet základní vlastnosti půd a obnova degradovaných půdních stanovišť. V roce 1989 byl dokonce vydán vládní úkol, který nařizoval ročně ošetřit nejméně 30 000 ha a upotřebit přitom 100 000 t vápenatých látek, čímž se rozuměl hrubě drcený dolomitický vápenec (PODRÁZSKÝ 1996). Plošné letecké vápnění se nejvíce projevilo v letech 1978 – 1991, kdy bylo potřeba soustředit posyp na území s nejvyšším stupněm poškození. Jednalo se o území na náhorních hercynských plošinách, tedy o Krušné hory (62 000 ha), Jizerské hory (8 000 ha), Krkonoše (7400 ha), Orlické hory (2 800 ha) a izolovaně zásahy proběhly také v Jeseníkách a Moravskoslezských Beskydech. Snižováním produkce oxidu siřičitého, který se jevil jako nejvýraznější nebezpečí pro zdravotní stav lesních porostů, se zdálo, že již vápnění nebude třeba. V roce 1996 došlo k dosud poslednímu plošnému vápnění v Krušných horách. V roce 1999 se ukázalo, že přestože přímé imisní poškození při relativně nízké produkci škodlivin odeznívá, dlouhodobě zatěžované půdy stále představují významné riziko pro zdravotní stav lesů (ŠRÁMEK ET AL 2006).

Aktuální stav lesních porostů i lesních půd poukazuje na to, že není ideální vápnění, jehož vhodnost použití je stále předmětem diskuzí mezi odbornou veřejností, je opět široce využívaným opatřením. V imisně poškozených lesních ekosystémech dochází k degradaci půdního prostředí a narušení toku živin, proto je nutné v co nejkratší době změnit hospodaření tak, aby umožnilo alespoň částečnou samovolnou regeneraci půd (HRUŠKA, CIENCIALA 2002). Vápnění napomáhá snížení acidity půd a zvýšení zásoby živin, má i řadu dalších kladů, ale i záporů, o nichž je zmínka níže. Vápnění zůstává chemickou meliorací, která může příznivě ovlivnit stav lesních porostů i lesních půd. Jako pronikavý zásah do životných cyklů lesního ekosystému vyžaduje přísné zvážení bezpečnosti a oprávněnosti aplikace v každém jednotlivém případě, ale nemělo by být zavrhováno jen proto, že bylo v minulosti používáno nevhodným způsobem (PODRÁZSKÝ 1996).

2.6.1 Vhodnost použití vápnění

Před zahájením radikálních zákroků do půdního prostředí je dobré komplexní posouzení jejich stavu, je nutné posoudit veškeré jejich půdní charakteristiky, tj. charakteristiky morfologické, pedofyzikální (hydrofyzikální) a pedochemické. Pedochemické charakteristiky umožní posoudit míru degradace půdní složky a vyvodit nápravná opatření. Při vlastním hodnocení lesních půd a potřeby jejich meliorace pak je nutno posoudit dva komplexy půdních vlastností:

- míru mechanického narušení stanoviště (zachování půdní struktury a vrstvy nadložního humusu), vycházíme z předpokladu vhodnosti přirozených pedomorfologických a pedofyzikálních charakteristik daného lesního ekosystému na daném stanovišti před působením imisí a jinými antropogenními poruchami
- pedochemické charakteristiky, půdní reakci, stav sorpčního komplexu a eventuálně i obsah živin, ty charakterizují půdní změny (degradaci, melioraci) z hlediska biogeochemických cyklů autogenního a alogenního původu (PODRÁZSKÝ 2001).

Vápnění vytváří podmínky kvalitní výživy umělým a pravidelným dodáváním biogenních prvků, které jsou ve výrazném nedostatku v imisně poškozených lokalitách. Vápník jako takový významnou měrou ovlivňuje tvorbu a růst kořenového systému, zvláště kořenového vlášení (BALÍK 1993). Pro kořenový systém může vytvořit podmínky, které podpoří rozvoj kořenových patogenů jako václavka nebo

kořenovník (PODRÁZSKÝ 2002). Jeho nedostatek a potřeba vápnit lesní porosty se projeví na zbarvení jejich asimilačního aparátu a v obsahu živin v něm. Dochází k odumírání vrcholových částí výhonů a k svinování čepelí nejmladších listů. Konce výhonů a listů jsou někdy hákovitě zahnuté, příznaky komplikované, častý souběh s deficitem jiných živin (Mg) (PODRÁZSKÝ 2001). V projektu VÚHLM Jíloviště – Strnady jsou popsány projevy nárazového působení imisí na jehličnatý porost v Jizerských horách (1996) doslova barvitě, kdy jehličí zčervená a následně dojde k opadu posledního ročníku jehličí. V letech 1999 – 2002 se na jiných lokalitách Jizerských hor projevovaly porosty žloutnutím jehličí u druhé a třetí věkové třídy. Poškození se projevovalo nejen v náhorních platech. Nejvíce se poškození projevovalo v oblastech, které nebyly v minulosti vápněny. HRUŠKA, CIENCIALA (2002) uvádí, že by se dodávání deficitních živin mělo podporovat v dobře indikovaných případech nebo opatrným kompenzačním vápněním malými dávkami rychle rozpustného dolomitického vápence. Pro jakékoliv zásahy je nutno zásadně používat materiály neobsahující dusík, kterého je v současnosti v poškozených půdách nadbytek a další jeho vstup je nežádoucí. Problematický prvek je například hořčík, který se dodává formou kapalných hořečnatých hnojiv na žloutnoucí smrkové porosty, přecházející v současné době do fáze odumírání. Dále je nutné odpovědně stanovit dávku a počet opakování aplikace a to i s ohledem na stupeň narašení či růstu letorostů, aby nedošlo k poškození mladých letorostů vysokou koncentrací hnojiv. Výhodou kapalných hnojiv je okamžitý účinek, nezaručují však dlouhodobost působení. Musí být tedy doplněna dodáním melioračních látek do lesní půdy. Nejpoužívanější jsou v tomto případě aplikace dolomitického vápence, respektive vápnitého dolomitu s vysokým obsahem hořčíku. K revitalizaci poškození prokazatelně přispěje přidáním dalších bazických prvků, zlepšením výživy porostů a zpřístupněním prvků ze sorpčního komplexu změnou pH.

Vliv vápnění se ve většině případů začne ve výživě porostů projevovat až po určité době – zhruba po dvou letech. Jeho příznivé působení je poměrně dlouhodobé, příznivé účinky na půdní poměry se projevují ještě po deseti letech (ŠRÁMEK 2002). NEUHÖFEROVÁ (2006) uvádí měřitelné zlepšení po leteckém vápnění po pěti letech. Dlouhodobá účinnost vápnění je široce diskutovaným tématem. Dosavadní výsledky analýz půd prokazují poměrně malou efektivitu daných provozních opatření a velice omezené trvání. Při dávce 2-3 t/ha vápence se předpokládá účinnost maximálně několik let, při větších dávkách o něco déle (KUNEŠ, ULBRICHOVÁ,

PODRÁZSKÝ 2003). Tato ne vždy výhodná dlouhodobá účinnost se dobře uplatní v extrémně narušených oblastech, kde se koncentrace škodlivých látek udržuje dlouhodobě, jak uvádí HRUŠKA A CIENCIALA v příspěvku „Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd- limitující faktor současného lesnictví IV. z roku 2002: I při redukci emisí, imisí a depozice se bude v těchto oblastech při současném obhospodařování acidifikace půd buď mírně prohlubovat anebo bude současný stav konzervován na několik příštích desetiletí. Nejenže vápnění dokáže působit dlouhodobě, ale má do jisté míry vliv i na následující generace porostů, proto je označována jako prevence „novodobého“ poškození lesů.

Vhodnost použití vápnění je předmětem spekulací. Důvodem jsou četná rizika a negativa, která tímto razantním zásahem mohou nastat. V případě užití dolomitického vápence je dodáváno pouze určité spektrum živin (především vápník s hořčíkem) do úzkého půdního profilu – do humusové vrstvy. Tímto způsobem může za určitých podmínek dojít k nevyváženosti těchto prvků s ostatními živinami, k nerovnováze živin mezi povrchem půdy a hlubšími horizonty, k urychlení rozkladu humusu a vyplavení některých živin. V oblastech se zvýšenou depozicí dusíku může dojít ke zvýšené mobilizaci dusičnanů v půdách a až k jejich vyplavení do spodních vod (ŠRÁMEK 2002).

Aby byla co nejvíce využita funkce vápnění a zároveň potlačeny jeho možné negativní vedlejší účinky, rozhoduje o jeho používání řada orgánů. Ty stanovují určitá omezení: vápnění se nesmí používat v oblastech rašelinišť, chráněných území, na živných stanovištích a také tam, kde jsou podmáčené půdy. Z praktického hlediska jsou na základě prováděcí vyhlášky č. 78/1996 Sb., k zákonu č. 289/1995 Sb. lesy rozděleny dle tzv. pásem ohrožení, což jsou území s obdobnou dynamikou zhoršování zdravotního stavu lesních porostů charakterizované stupněm poškození těchto porostů imisemi. Dále byla vytvořena rajonizace ČR podle oblastí různého stupně narušení půd. Výsledkem je vytvoření čtyř základních skupin: extrémně narušených půd (2% plochy ČR); silně narušených půd (12% plochy ČR); středně narušených půd (53% plochy ČR); mírně narušených půd (32% plochy ČR). Každá skupina vyžaduje jiná opatření a má jinou naléhavost.

Pro extrémně narušené lokality jsou omezení pro vápnění následující: Vápnění by se nemělo užívat tam kde:

- je depozice N klasifikována jako velmi vysoká (>20 kg/ha/rok);
- je poměr C/N v humusu nižší než 25.

Účinnějším, i když pomalejším mechanismem nápravy je v zóně extrémně narušených půd změna cílové skladby dřevin na smíšené, či pokud je to klimaticky únosné, na čistě listnaté porosty. Důvodem je zejména:

- nutnost snížit atmosférickou depozici síry a dusíku - jak bylo popsáno v předchozích částech, smrkové porosty akcelerují a zvyšují celkovou depozici. Touto cestou je možné depozici výrazně snížit;
- změnu cílové druhové skladby je třeba prosazovat nejen při obnově, ale i během výchovných zásahů. Faktorem, který negativně ovlivňuje snahu o zvýšení zastoupení listnatých dřevin, je tlak vysoké zvěře, její stavy je v této oblasti nutno razantně snížit;
- listnaté dřeviny, zejména buk, jsou mnohem odolnější než smrk k hliníkové toxicitě půdy. Kritické poměry Bc/Al pro bukové porosty jsou mnohem nižší než pro smrky, buky tak mohou změněné půdní podmínky snášet podstatně lépe než smrky;
- listnaté porosty obnoví rozklad opadu, který je v acidifikovaných smrčinách velmi inhibován a kde je v opadu imobilizováno značné množství bazických kationtů.

Kromě změny druhové skladby je třeba posuzovat i jiná opatření:

- zakládání a udržování rozvolněné formy lesa s nízkým zakmeněním, aby celkový příjem bazických kationtů stromy byl pokud možno nízký a neubíral půdě neutralizační potenciál, daný obvykle nízkými rychlostmi zvětrávání;
- maximální prodloužení doby obmýtlí a zabránění holosečným způsobům těžby (zabránění rychlé mineralizaci humusu a jeho nitrifikaci s rizikem uvolnění kyseliny dusičné);
- z lesa vyvážet při případné těžbě pouze kmeny bez kůry;

- veškeré zbytky po těžbě ponechávat na místě, nepálit, ale ponechat k volné dekompozici (návrat bazických kationtů do půd, podpora přirozené obnovy);
- krátkodobě uvažovat s využíváním alternativních způsobů hospodaření, jako jsou: přechodné bezlesí na základě výjimky ze zákona v kombinaci s využíváním přípravných dřevin i keřovitého charakteru;
- aplikace specifických zalesňovacích postupů využívajících speciální technologie zalesnění (použití odrostků, nezbytná výživa k jednotlivým sazenicím, ochrana proti zvěři atd.)

V zóně silného narušení je vápnění a dodávání živin vyloučeno. Přednější je obnovit a podpořit přirozenou regenerační schopnost půd, která je z hlediska dlouhodobého časového horizontu možná pomocí lesotechnického opatření. Také z ekonomického hlediska je žádoucí zvolit tuto variantu. Pěstební postupy musí podporovat významné zvýšení druhové a prostorové diverzity lesa. Nápravné zásahy v této zóně, se shodují s návrhy v extrémně narušených lokalitách.

Zóna středně narušených půd má nejvyšší plošné zastoupení ze jmenovaných skupin, proto se předpokládá, že bude v budoucnu hlavní oblastí moderního lesnictví, kde se uplatní veškeré poznatky a postupy přírodě blízkého a dlouhodobě udržitelného hospodaření. Ekologická valence těchto území je poměrně široká a umožňuje nejrůznější lesopěstební opatření a úpravy. Je nutno respektovat přirozené stanovištní podmínky a na základě typologie volit správné dřeviny. Stabilita lesa bude v budoucnu pravděpodobně ovlivněna klimatickými změnami. Významné pro toto území je ponechání biomasy.

Mírně narušené zóny jsou acidifikací a rizikem úbytku živin téměř nedotčeny. Půdy mají velkou mocnost a rychlost zvětrávání je vysoká. V budoucnu mohou být ohroženy agrochemikáliemi a splachy, jelikož se jedná o zóny, kde je intenzivní zemědělské využití krajiny (HRUŠKA, CIENCIALA 2002).

2.6.2 Zkušenosti s vápněním u nás i v zahraničí

Pro plánování vápnění jako základního prostředku plošné chemické meliorace je nutné dodržovat současné metodické pokyny pro výběr ploch. Ty spolu s pravidelnými odběry půdy, které provádí z pověření Ministerstva zemědělství ÚKZÚZ a VÚLHM, představují dostatečný podklad pro jejich systematické plánování

v horizontu cca 5 let. Prioritou vápnění je zmírnění důsledku acidifikace, proto se výběr ploch vybírá přednostně o kritéria půdních vlastností a výživy, nikoliv přímo o zdravotní stav porostů. Aplikace hnojení při výsadbě, rekonstrukci porostů a pro podporu cílových lesnických dřevin lze opřít jen o osvědčené postupy. Chemické meliorace pro odstranění případného akutního poškození lesních porostů je nutné připravit vždy na základě aktuálního posouzení konkrétního problému (SLODIČÁK 2007).

Vápnění imisních holin na vysoko položených horských lokalitách v extrémních imisně – ekologických podmínkách není ve světě běžné, dokonce se nikde neprovádí, a je zakázáno. MORAVČÍK, CIENCIALA, HRUŠKA (2002) uvádějí, že zonace České republiky by napomohla vymezit oblasti, kde se předpokládá pozitivní efekt vápnění. Zonace explicitně doporučuje aplikaci vápnění jen pro oblasti extrémně narušených půd. V méně narušených oblastech jsou doporučovány pouze postupy biologické meliorace, tedy změny prostorové a druhové skladby lesa. Na našem území bylo založeno několik výzkumných ploch, na kterých se získávají výsledky použitelné pro lesnickou praxi. Tyto výzkumné plochy se soustřeďují právě na aplikaci jemného a hrubého dolomitického vápence, jaká je jeho vhodnost použití a jeho účinky na pedochemické vlastnosti a jak se projevuje rozdíl mezi jemnou a hrubou zrnitostní frakcí.

MORAVČÍK, HRUŠKA, CIENCIALA (2002) viděli v roce 2000 vápnění a hnojení jako jediné schůdné řešení pro nápravu náhle zhoršeného stavu silně poškozených porostů. Pro vápnění v roce 2000 byl používán vápenec o velikosti zrn do 4 mm. Tento materiál může obsahovat až 50% zrn o velikosti nad 1 mm. Materiál o velikosti zrn nad 1 mm je přitom hodnocen jako málo vhodný. Vhodnost použití jemného dolomitického vápence formulovali KUNEŠ, ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ (2003) ve svých výsledcích z experimentální plochy v Orlických horách, která se nacházela v nejvyšších imisně poškozených partiích Velké Deštné (1115 m. n. m, 8. LVS.). Lesním typem je jeřábová smrčina borůvková na svazích (8Z2), půdní typ je podzol organozemní. Došlo k výraznému odbourání horizontů nadložního humusu. Ve srovnání s provozní aplikací vápnění, prováděnou do konce 80. let minulého století, je prokazatelný jasný a z hlediska půdního chemismu pozitivní efekt vápnění na experimentální ploše. To je dáno především ruční aplikací přesně definované dávky jemného vápence. Naproti tomu aplikace hrubých materiálů v minulosti nevedla

k žádoucím výsledkům. Laboratorní i terénní pokusy jasně prokázaly závislost účinnosti vápenců na jejich zrnitosti, v první řadě na obsahu frakce pod 1 mm s optimem velikosti zrn 0,2–0,5 mm. Tyto předběžné výsledky potvrdily i nejnovější práce. Mimořádnou pozornost si v daných podmínkách zaslouží i potenciální negativní dopady vápnění - na dané lokalitě se začíná projevovat negativní ovlivnění cyklu dusíku vápněním. Z výzkumu vyplynulo, že pečlivě provedené opatření má výrazný vliv na pedochemické vlastnosti lesní půdy, dále při povrchové aplikaci se maximum účinků dosahuje v nejsvrchnější vrstvě nadložního humusu v období 8–10 let, hlouběji (horizonty H, A) v období 10–15 let, to vše při stanovišti odpovídající dávce meliorační hmoty, do 10 t/ha účinné látky. Výsledky, resp. velikost půdních změn, jednoznačně závisí na dávce jemného vápence s velikostí zrn pod 1 mm. Intenzita změn sorpčního komplexu vrcholí s časovým odstupem 2–5 let po změnách půdní reakce, bez většího vlivu dávky melioračních hmot. Pro minimalizaci nežádoucích dopadů vápnění je zapotřebí maximálně rychlé založení a vytvoření zapojeného porostu přípravných nebo cílových dřevin.

Zkušenosti s vápněním, které poskytly zajímavé výsledky, jsou známy také z vůbec prvních výzkumných ploch v západních a jižních Čechách, prováděné v padesátých letech. Jedná se o padesátiletý smrkový porost na chudém stanovišti s velmi kyselou půdou a kaolinickém podzolu. Kromě draslíku byly všechny živiny pod kritickou hranicí, mimo to se již tehdy v celkově málo přírůstavých smrkových porostech v celém lesním komplexu vyskytovaly zřetelné poruchy výživy hořčíkem, tj. žloutnutí starších ročníků jehličí ve stoupající intenzitě se stářím. Surový, ulehlý humus byl velmi chudý, s nízkým obsahem dusíku (0,95 – 1,15%) a všech dalších biogenních prvků. Poměr C/N 35 ukazoval na velmi nepříznivé podmínky i pro dusíkatou výživu porostů. Vápnění v dávce asi 4 t/ha vyvolalo značné oživení humusové vrstvy. Zlepšilo se zachvojení, zvýšila se hmotnost asimilačního aparátu i výživa porostů a zřetelně stoupl běžný přírůst porostů na výčetní kruhové základně o více než 100 %. Koncentrace dusíku v jehličí zůstala sice na stejné úrovni jako před zásahem, zvýšila se však koncentrace vápníku i hořčíku a poněkud stoupla i koncentrace fosforu v jehličí. Je pravděpodobné, že se na příznivém výsledku podílel nejen nepřímý vliv vápnění, tj. dusík uvolněný aktivizací humusu, ale i přímý vliv vápníku a hořčíku, který použitý materiál také obsahoval. Dva další pokusy, z toho jeden na Šumavě v oblasti Železné Rudy, druhý v oblasti Horšovského Týna prokázaly, že ještě 30 let po vápnění se projevuje zvýšená mikrobiální aktivita v humusu, aniž by se však snížila

významně zásoba humusu na půdním povrchu (LETTL 1991). Tyto výsledky odpovídají zahraničním poznatkům z Německa nebo Skandinávských zemí. Také rychlejší rozklad humusu se dostavuje jen na některých humusových typech. Dále se ověřilo, že zvýšenou koncentrací vápníku a jeho vliv lze prokázat ještě 30 let po aplikaci a v humusové vrstvě a v povrchové vrstvě minerální půdy (MATERNA 2001).

Vliv vápnění byl zkoumán také na čtrnácti dlouhodobě sledovaných plochách v Jizerských horách, které byly předmětem zkoumání řady autorů. Jedním z nich je PAVLŮ ET AL., který se pro účely studia chemické degradace v oblasti půd silně ovlivněné kyselou depozicí, zaměřil na tři výzkumné plochy. V letech 1986 – 1999 se zvýšilo pH na vápněných i kontrolních plochách. U vápněných ploch bylo zvýšení rychlejší. V roce 1991 byl rozdíl mezi vápněnou a kontrolní plochou 0,5 stupně pH. Tento rozdíl už ale v roce 1999 nebyl zaznamenán (BORŮVKA ET AL 2005). Z tohoto studia plyne, že vápnění i vegetační kryt má výraznější vliv spíše v nadložních horizontech a v hlubších horizontech jsou si hodnoty půdních charakteristik podobné. Podrobněji se o půdní reakci těchto sledovaných ploch zmiňují také PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ, REMEŠ (2001), kdy v roce 1986 bylo pH aktivní (ve vodním výluhu) patrně vyšší na vápněných lokalitách, v případě horizontu A dosáhly rozdíly hodnoty až 0,7 stupně pH. Tato pedochemická charakteristika se v odstupu třinácti let v průměru obou typů ploch nějak výrazně nezměnila. V důsledku poklesu imisní zátěže a rozrůstání travní vegetace, se pH na všech plochách zvýšila. MARTINKOVÁ, GEBAUER (2003) ve svých výsledcích uvádějí, že zastoupení plochy pryskyřičných kanálek u povrchových kořenů ve dřevě je zhruba dvojnásobný na plochách nevápněných oproti vápněným (2,17% oproti 0,54%), což by pro nevápněné plochy znamenalo zlepšení obranného systému.

První zahraniční pokusy s vápněním jsou známy z poloviny devatenáctého století z Německa, na počátku dvacátého století pak ze skandinávských zemí, jejichž cílem bylo zvýšení přírůstků lesních porostů. Na pokusných plochách v skandinávských zemích byly zjištěny střídavé vlivy vápnění na smrkové a borové porosty, rozdíly u různě starých porostů, ale obecné zvýšení přírůstků nebylo potvrzeno. Došlo ke zvýšení množství organické hmoty na půdním povrchu. Je pravděpodobné, že tato reakce porostů souvisí s metabolismem dusíku v humusové vrstvě a množstvím tohoto prvku, které zůstává dřevinám při stimulaci mikrobiálního života v organickém horizontu k dispozici. Proto na stanovištích, kde byla dostupná větší

zásoba dusíku, pokles přírůstků se nezaznamenal nebo se zvýšil. Tyto střídavé reakce lesních porostů byly také v Německu, kde velké dávky vápence, páleného vápna a vápenaté strusky měli drastický dopad na stav půdy (MATERNA 2001).

Pokusy s vápněním a mnohostranná diskuze o jeho vhodnosti použití jsou úzce spjaty také s jeho vlivem na humusovou složku půdy, jejíž kvalitu limituje acidifikace. Tím je znemožněna obnova a vývoj lesních porostů.

2.6.3 Účinnost vápnění na vrstvu nadložního humusu

Humus je označován jako komplex mrtvých organických látek původu mikrobiálního, rostlinného a živočišného, které jsou v různém stupni rozkladu a v různém stupni humifikace. Povaha a složení humusu podléhají neustálým změnám a jsou výsledkem působení okolního prostředí. Na tvorbu humusu mají vliv také klimatické podmínky, matečná hornina a půdní reakce. Významný pro tvorbu humusu a koloběh živin je opad, zejména v našich imisně poškozených Jizerských horách. V listnatých lesích mírného pásma se maximum opadu (80 – 90%) dostává na povrch půdy v září a listopadu, v jehličnatých lesích se tvoří nejvíce opadu na jaře a na podzim (KLIMO 2003).

Humus a jeho forma, má klíčový význam pro:

- růst lesních dřevin, vývoj kořenového systému, celkový charakter půdy a rozhodující měrou podmiňuje stav a dynamiku lesních ekosystémů
- humusová vrstva představuje ochranu před toxickým působením některých látek, jež jsou uvolňovány acidifikací do půdního prostředí (např. sloučeniny hliníku, manganu, těžké kovy). Její odstranění vede k výsadbě sazenic do toxického prostředí minerální půdy (PODRÁZSKÝ A KOL. 2001)
- cílem lesopěstebních meliorací je maximální šetření vrstvy nadložního humusu (PODRÁZSKÝ a kol. 2001).

Humusové formy a jejich terminologie jsou často zaměňovány. Zásadní rozdíl je v jejich vzniku. Povrchový neboli nadložní humus je organická hmota na povrchu půdy, u které ještě nedošlo k téměř žádnému procesu rozkladu – k humifikaci. Humus pravý již tímto procesem prošel. Označení určité formy humusu se vztahuje na tvorbu povrchového humusu, případně celého humusového profilu jako celku, tj. rozumí se tím nejen zvláště fyzikální nebo chemické rysy této půdní vrstvy, ale také zvláštní vývoj profilu se všemi jeho horizonty, jejich vnitřní strukturu i biologickou

aktivitu. Humusový profil má krom povrchového humusu také organominerální horizont „A“ a velmi hodnotné produkty humifikačních procesů, tzv. huminové kyseliny. Tyto heterocyklické dusíkaté sloučeniny, výrazně ovlivňují úrodnost půdy, také kationovou výměnnou kapacitu, strukturu půd a vysokou pufruční kapacitu půd. Jsou odolné vůči mineralizaci. Fulvokyseliny se vyskytují v půdách s vysokým obsahem surového povrchového humusu a působí jako destrukční faktor na minerální půdní podíl. Převaha fulvokyselin ovlivňuje aciditu půdního roztoku a jeho a jeho destrukční účinek podmiňuje zejména průběh podzolizačního procesu. MÜLLER (2000) rozděluje povrchový humus do těchto kategorií:

- MOR – syrový humus, je charakteristický silným hromaděním organických zbytků na povrchu půdy, v podmínkách chladného klimatu, pod rostlinnými společenstvy s nepříznivým poměrem dusíku C/N (30) v jejich opadu, kdy probíhají značně omezené procesy mineralizace i humifikace organických zbytků. Je nejméně příznivou formou povrchového humusu, zpomaluje koloběh živin mezi lesním porostem a půdním prostředím značnou akumulací zejména dusíku v organické, pro rostliny nepřístupné formě. Vyskytují se zde tři horizonty (L, F, H), přičemž je častá ostrá hranice mezi vrstvou minerální půdy a organickou. „L“ je tvořen relativně čerstvými rostlinnými částmi, dobře rozeznatelnými. „F“ horizont je tvořen částečně rozloženými zbytky, „H“ horizont představuje pokročilou fázi rozkladu a humifikace. Tyto horizonty nejsou ovlivněny vodou. Naopak horizont „O“ se vyskytuje na vodou ovlivněných stanovištích, v terénních depresích a rašeliništích. Horizont „A“ tvoří nejsvrchnější vrstvu minerální půdy. Obsahuje méně než 17% organického uhlíku (30% humusu, obsah humusu = obsah uhlíku \times 1,724) (PODRÁZSKÝ 2001).
- MULL – zcela opačné vlastnosti a podmínky vzniku než syrový humus, vzniká pod porostem, kde opad má poměr dusíku C/N (30), stanoviště mírného až teplého půdního klimatu, na půdách s dobrým obsahem jílu i živin, s vyrovnanými podmínkami vodního režimu a dobrým provzdušněním. Významný je bohatý výskyt přizemní vegetace, který provzdušňuje opad i půdu a poskytuje dobře rozložitelné organické zbytky. Probíhá zde částečný proces mineralizace a tvorba huminových kyselin, které spolu s minerálními koloidy vytváří humuso – minerální vrstvu. Tato forma je velmi bohatá na půdní

faunu, např. na žížaly, které se podílejí na vytváření půdních agregátů promícháváním organické a minerální složky. Některé horizonty se vyskytují v určitém ročním období. Nejsilnější horizont L se vyskytuje koncem podzimu, případně na jaře, celoročně se vyskytuje horizont F a horizont H v této formě chybí.

- MODER – je přechodná humusová forma, jejíž rozklad podmiňuje významnou, ale ne úplnou mineralizaci a humifikaci organických zbytků. Důležitou roli hraje vlhkost stanoviště a provzdušnění opadu. Vysoká vlhkost a slehlost opadu, který by se vyvíjel do mull formy, působí zpomalení rozkladu a tvorby formy moder. Dle toho, zda se přechodná forma humusu vyvíjí spíše k surovému humusu, je označována jako mor – moder, jestliže se vyvíjí k formě mullové, je to mull – moder.

Nabízí se otázka, jakou měrou se mění humusová složka po aplikaci vápnění? Má tento krok spíše kladný či negativní dopad? Tento recept na snížení acidifikace přináší velká rizika, zejména velmi rychlou mineralizaci humusu a následně změny v C/N poměrech, rychlé uvolnění organicky vázaného N ve formě kyseliny dusičné, následně acidifikaci a eutrofizaci prostředí. Z hlediska půdní struktury a i přirozených zdrojů Ca a Mg, které leží v minerálním horizontu půdy, je nejvhodnější zapravovat malé dávky právě do minerální vrstvy, aby nebyly dotčeny vlastnosti humusu. Zejména humus je vápněním velmi negativně ovlivňován a je nutno si uvědomit, že kořenové systémy v acidifikovaných lokalitách leží zejména v humusových horizontech. MURACH A SCHUNEMANN (1985) prokázali zvýšený růst a redistribuci jemných a středních kořenů v nadložním humusu. Šest let po vápnění se zvýšilo množství mykorhizních kořenů v nadložní vrstvě humusu i v horní vrstvě minerální půdy (NOWOTNY ET AL., 1998). Ve většině půd tvoří humus hlavní zdroj pro sorpční komplex a je schopen vázat bilančně největší zásoby živin. Nároky lesa na příjem živin jsou řádově vyšší, než může nabídnout zvětrávání půdních minerálů. Došlo-li k narušení procesů tvorby humusu a úbytkům v jeho zásobě, staly se půdy i les mnohem citlivější na kyselé vstupy. Významné snížení zásob půdního humusu se projevuje sníženou vodní retencí půd, což se projevuje například v horských lesích v důsledku jejich rozvolnění a odtěžením. Jiná je situace v pahorkatinách a nížinách. Zde je přirozeně vznik koloidního humusu velmi rychlý a rychlá je i jeho ztráta.

Úbytek humusu v pahorkatinných lesních půdách může mít větší dopady než úbytky v relativně zachovalejších horských polohách (SAMEC, VAVŘÍČEK, MACKŮ 2008).

Vápnění má kladný vliv na existenci a aktivitu půdních mikroorganismů. Díky nim se zvyšují mineralizační aktivity v půdě a zejména ve vrstvě nadložního humusu je zvýšena přístupnost živin. Podmínkou optimálního využití působení vápnění je přítomnost vitálního porostu lesních dřevin, které poutají produkty rozkladu humusu a brzdí tak explozivní charakter půdních reakcí úpravou prostředí (PODRÁZSKÝ 2006).

Vliv vápnění na humusovou vrstvu byl pozorován v Jizerských horách. V roce 1986 byl proveden průzkum svrchních vrstev půdy, horizontu nadložního humusu (H) a minerálního profilu (10cm). Plochy byly ošetřeny dolomitickým vápencem zejména v lesních typech kyselé řady. Všechny se vyznačují hloubkou humusového horizontu 5 – 20 cm, a obsahem humusu 34 – 52%. Vápnění bylo místy spojeno s mechanizovanou přípravou půdy finskými bránami nebo bagrem. K melioraci byly použity dva typy vápenců - velmi hrubozrnný pro leteckou aplikaci (frakce nad 1 mm - 92,6 %, 0,5-1 mm - 3 %, pod 0,5 mm - 4,4 %) a jemnější pro pozemní vápnění (tzv. Slušovický - frakce nad 1 mm - 45,2 %, 0,5-1 mm - 14,4 %, pod 0,5 mm - 40,4 %). Do roku 1999 byl v humusových horizontech ještě výraznější pokles obsahu dusíku, především na vápněných variantách byla tato tendence vyjádřena drasticky. V minerálním horizontu se naopak obsah dusíku mírně na vápněných variantách zvýšil, což reflektuje nárůst obsahu humusu, jímž je tento prvek především poután. Obsahy živin v půdě byly obecně na vápněných variantách poněkud vyšší, což je způsobeno zrychlenou mineralizací humusu a tím i relativním zvýšením koncentrace živin (PODRÁZSKÝ, ULBIRCHOVÁ, REMEŠ 2001).

Pokud máme dosáhnout stavu regradace půd a obnovit cykly tvorby humusu, je třeba najít vhodný kompromis mezi tím, jak vápnění aplikovat, aby se zároveň humusu dál vyvíjel. VAVŘÍČEK (2008) uvádí, že vápnění nepodporuje proces humifikace. Teprve obnova humusové zásoby zajišťuje optimální zásobu živin, retenci a prostředí pro biologické procesy. Naopak IMMER ET AL., (1993) tvrdí, že v klimaticky příznivějších podmínkách dokáže vápnění stimulovat humifikaci a přispět ke změně humusových forem z moderu až na mullový moder. Pokud jde o horské chladné, humidní polohy, má zde vápnění minimální efekt (VAVŘÍČEK 1997). Další dopady na vývoj humusu mají prováděné výchovné zásahy a jejich intenzita (KLIMO 2003).

Vápněním se na jedné straně krátkodobě zvýší pH půdy a látková bilance, ale zaktivují se půdní bakterie, které konzumují část dostupného organického detritu (SAMEC, VAVŘÍČEK, MACKŮ 2008).

2.6.4 Způsoby a formy vápnění

Vápnění představuje metodu, pomocí které lze vyrovnat nerovnováhu v půdním prostředí a zlepšit extrémní imisní podmínky lesních ekosystémů. O tom, že už samotná půdní výživa, jedna ze základních potřeb lesních dřevin není v optimu, nás přesvědčuje jejich současný stav. Lesní porosty nejsou schopny takové regenerace, aby se dokázaly vyrovnat s tak výraznými antropogenními zásahy člověka. Na to už je, jak se říká, příroda příliš krátká, a proto člověk, pokud na přírodu vyvíjel negativní tlak, musí nyní projevit naopak tlak pozitivní.

Vápnění je široce využíváno pro regradaci a rekultivaci devastovaných a degradovaných stanovišť, pro zvyšování produkční schopnosti lesních půd, dokáže zlepšit podmínky pro výsadby lesních dřevin na náročnějších stanovištích a zvyšuje vitalitu lesních porostů v imisních oblastech (PODRÁZSKÝ 2006).

Forma pro realizaci hnojiv může být různá: kapalná, pevná, prášková, tabletovaná a jinak tvarovaná, ryze průmyslová nebo založená na aplikaci různých přírodě bližších materiálů: mouček, drtí, hornin, biologických a jiných materiálů a odpadů (PODRÁZSKÝ 2006). Neexistuje však univerzální způsob, který by našel využití pro všechny stanoviště s různou intenzitou poškození a zanechal požadovaný efekt se stejnou intenzitou po určitý časový rámeček. Také vedlejší účinky mají rozdílný charakter. Výběr ploch pro hnojení přihlíží ke zdravotnímu stavu porostů, k typologii, výživa se stanovuje na základě chemických analýz půdy a odebrání vzorků asimilačních orgánů cílových lesních dřevin. Tato vodítka se zejména v počátcích vápnění nezohledňovala. Vápnění je prováděno letecky celoplošně nebo individuálním přísunem živin v lesních porostech.

1. Celoplošné vápnění:

Celoplošně lze vápnit letecky nebo pozemně. Pozemně se vápní pomocí autocisteren nebo rozmetadel. Letecké vápnění realizuje například LČR v rozsahu cca 5000 ha (4000 – 6600 ha) ročně, toto opatření je realizováno na základě usnesení vlády ČR (532/2000 a 22/2004) a je plně řízeno a financováno ministerstvem zemědělství.

Rozhodujícím kritériem pro letecké vápnění je podlimitní hodnota obsahu bazických živin Mg a Ca, K aj. (ZEZULA 2006). Letecky můžeme rozptylovat mletý dolomitický vápenec (3t/ha), mikromletý vápenec, granulovaný vápenec a tekutá hnojiva. Na vrtulníku je umístěno podvěsné rozmetací zařízení. Orientačně vyzkoušeno v Krušných horách (viz. 2.5) k ochraně půdy před kyselým spadem. Realizace vápnění probíhala pomocí rozmetadel jak v kulturách, tak na volných plochách. Rozmetadlo však nemělo požadovaný efekt. Od konce 70. let do roku 1991 se začalo ve velkém, vápenaté materiály se pomocí vrtulníků aplikovaly na více než 60 tis. ha. Průměrná dávka činila 4 t/ha (KUBELKA 1992). Tekutá hnojiva doporučuje NÁROVEC (1995) pro specifické případy hnojení lesů, např. pro mimořádně cenné ochranné porosty v nepřístupných terénních poměrech, kdy je požadovaná účinnost zásahu. Tekutá hnojiva mají tu nevýhodu, že mohou poškozovat vyšší koncentrací asimilační orgány, musí se brát ohled na stupeň narašení letorostů. Při vyšším srážkovém úhrnu se mohou splavovat do půdy. Také nedokážou pokrýt celkovou potřebu ekosystému (HRUŠKA, CIENCIALA 2002). Naopak okamžitě dodávají hořčík.

Pneumatická aplikace je rakouská technologie, pomocí které se mikromletý dolomit aplikuje z rozčleňovacích linek do porostu (BALEK 2006). Z této aplikace vznikly obavy, že má negativní dopad na hmyz (ucpávání tracheí). Cenově je tato aplikace podobná leteckému vápnění, nesplňuje však ekologická kritéria a je organizačně a technologicky náročná. Nebezpečné je také příliš rychlé uvolňování.

Jako nevhodné se jeví aplikace pomocí frézování – velmi drahé či pomocí bagru typu Menzi – Muk – nevýhodou je potřeba rozčleňovat porost a ohrožení stromů odřením.

2. Individuální vápnění:

Individuálním vápněním se rozumí pozemní aplikace k jednotlivému sadebnímu materiálu. Přistoupilo se k němu zejména pro jejich hospodárnost a efektivnost. Jednou z běžných variant individuálního vápnění jsou tableťovaná hnojiva. U nás i v zahraničí jich bylo vyvinuto celá řada od firem Chemie Linz, Silvaco Praha, Ecolab Znojmo aj. a výsledky byly vždy výrazně protichůdné (VAVŘÍČEK 2000). Dávkování se doporučuje 20 – 40 gramů hnojivé hmoty, což odpovídá 2 – 3 tabletám. Tableťovaná hnojiva se aplikují vedle kořenového systému nebo na dno jamky. Při nedodržení zásad – tj. vzdálenost od kořenového krčku a hloubka aplikace – může dojít k deformaci kořenového systému, jeho malé rozvinutí aj. (BALEK 2006).

NÁROVEC (1995) uvádí, že aplikace na dno jamky v době výsadby může poškozovat sazenice vysokou koncentrací solí v půdním roztoku při nepříznivém průběhu počasí po aplikaci. Naopak doporučuje individuální aplikace na miskou.

Na výzkumných plochách, které jsou předmětem této práce, se testuje tabletované hnojivo SILVAMIX MG.

Hnojiva SILVAMIX

Jsou speciální, lesnická ekologická a pomalu rozpustná tabletovaná hnojiva. Byla vyvinuta pro dlouhodobá řešení nedostatku živin v degradovaných lesních půdách. Nejsou určena pro zvyšování produkce dřevní hmoty. Jejich předností je jejich ekologičnost a dlouhodobě ověřená kvalita. PODRÁZSKÝ, KUPKA 1999 uvádí, že jejich výhodou jsou také menší požadavky na přesnost provedení zásahů. Používají se pro revitalizaci silně degradovaných lesních půd.

Složky hnojiva SILVAMIX MG

Tab. č. 4: Složky živin - SILVAMIX MG

Složení	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Σ
%	9,0	13,0	6,0	17,0	45,0

První pokusné plochy, na kterých se aplikoval vápenec do jamkových výsadeb, založil Němec, aby zjistil, do jaké míry ovlivní obnovu smrku a náročnějších listnatých dřevin. Spolu s vápencem byla aplikována moučka bazických hornin. Tento pokus měl pouze orientační funkci, proto netrval dlouho, ale stejný autor získal pozitivní výsledky na ploše v Tisé. Zde se zřetelně kladně projevilo přirůstání smrku a modřínu (MATERNA 2001).

Záporné stránky plošného vápnění:

- rozptyl materiálu je nerovnoměrný, koncentrace Ca tak může překročit stanovené dávky
- přímou aplikací na půdní povrch dochází k neefektivnímu využívání hnojiv
- dochází k nežádoucímu rozvoji travních společenstev → zvýšené náklady na ožínání

- pokud je žádána bezprašná aplikace mletého vápence, je nutno vlhčit, či použít granulovaný vápenec
- nutný souhlas s provedením leteckého ošetření od příslušné pověřené obce, Správy CHKO nebo MŽP ČR
- Natura 2000 zásadně omezuje vápnění (tvrzení o poškození půdní a epigeické fauně).

Kladné stránky plošného vápnění:

- menší pracnost
- náklady na leteckou aplikaci jsou ve srovnání s manuální aplikací podstatně nižší. 1 ha leteckého vápnění stojí cca 7500 Kč vč. DPH (BALEK 2006)

Kladné stránky tabletovaných hnojiv:

- aplikace přímo do půdy
- urychlení zajištění kultury při dostatečném nárůstu biomasy a kořenového systému ve vyhovujících podmínkách → snížení nákladů na pěstební činnost
- nejsou náročná na realizaci a přípravu a schválení (ZEZULA 2006)

Záporné stránky a účinky tabletovaných hnojiv:

- sadební materiál v počáteční růstové fázi využije živiny minimálně (LOKVENC 1987)
- vliv hnojiva je nízký na sadební materiál, který není dostatečně aklimatizován v novém prostředí (VÚHLM OPOČNO 1987)
- technologická a organizační náročnost
- manuální aplikace vápence je v dávce 3-5 t/ha jsou o cca 50% dražší než letecká aplikace (BALEK 2006)
- přihnojený prostokořenný sadební materiál do jamky, nevykazoval v extrémních podmínkách, kde je nutná stimulace růstů, žádný nebo nepatrný přírůst v porovnání s nehnojenými plochami (FIEDLER 1983)
- sadební materiál i při použití tabletovaných hnojiv hůře odolává náporu buřeně (CROS A GABRIELSON 1981)

- při zapracování hnojiva do půdy dochází k poškození kořenů (NÁROVEC 1990)

Aplikace vápenatých látek v podmínkách velkoplošných holin a také v odumřelých a odumírajících porostech je v Evropských zemích českým specifikem. V zahraničí, pokud se k němu z důvodu mírnění imisního poškození přistupovalo, šlo o opatření ke zvýšení vitality poškozených, stále žijících porostů, s dobrou prognózou životnosti. Vápnění holin či porostů s výrazně sníženou vitalitou bylo např. v SRN nebo Rakousku zakázáno, či nedoporučováno. Tento rozdíl je díky odlišné intenzitě imisního poškození porostů v jednotlivých zemích a také v odlišném přístupu environmentálních otázek a v lesnickém výzkumu (PODRÁZSKÝ 1998).

Vápněním bylo v západní Evropě hnojeno již kolem jednoho milionu ha (ZEZULA 2006). První zahraniční pokusy s vápněním jsou známy z poloviny devatenáctého století z Německa, na počátku dvacátého století pak ze skandinávských zemí, jejichž cílem bylo zvýšení přírůstků lesních porostů. Na pokusných plochách v skandinávských zemích byly zjištěny střídavé vlivy vápnění na smrkové a borové porosty, rozdíly u různě starých porostů, ale obecné zvýšení přírůstků nebylo potvrzeno. Došlo ke zvýšení množství organické hmoty na půdním povrchu. Je pravděpodobné, že tato reakce porostů souvisí s metabolismem dusíku v humusové vrstvě a množstvím tohoto prvku, které zůstává dřevinám při stimulaci mikrobiálního života v organickém horizontu k dispozici. Proto na stanovištích, kde byla dostupná větší zásoba dusíku, došlo ke zvýšení přírůstku nebo nebyl zaznamenán jeho pokles. Tyto střídavé reakce lesních porostů byly také v Německu, kde velké dávky vápence, páleného vápna a vápenaté strusky měli drastický dopad na stav půdy (MATERNA 2001).

Níže uvedené tabulky lépe specifikují potřebu vápnění:

Tab. č. 5: Potřeba vápnění dle půd

Obsah	Druh půdy			Potřeba vápnění
	lehká	střední	těžká	
	Obsah Ca ($\text{mg} \times \text{kg}^{-1}$)			
Velmi nízký	do 500	do 900	do 1600	vysoká
Nízký	501 - 1000	901 - 1400	1601 - 2100	střední
Vyhovující	1001 - 1600	1401 - 2100	2101 - 2800	malá
Dobrý	1601 - 2100	2101 - 3000	2801 - 3900	udržovací
Vysoký	nad 2101	nad 3001	nad 3901	žádná

2.7 Obnova imisních oblastí

Obnova lesa je pěstební opatření, které má zaručit nové pokolení lesních dřevin. V imisních oblastech je tvrdým oříškem, jelikož se odumřelé lesní komplexy nejsou schopny přirozeně obnovovat, podléhají extrémním podmínkám a jejich nevhodná druhová skladba vyžaduje úpravu. Jednou z podmínek pro přirozenou obnovu generativní je ujmoutí semene v příznivém porostním klimatu a ve vhodném půdním prostředí. Tyto příznivé podmínky jsou potřebné pro všechna vývojová stádia lesa. Na degradovaných půdách a ve znečištěném prostředí, je zdárný vývoj téměř nemožný a celkový charakter a struktura lesních porostů je pozměněna, proto se obnovuje převážně uměle.

V Jizerských horách nelze přirozenou obnovu ve stávajících podmínkách realizovat, umělá nebo kombinovaná obnova však může pomoci podmínky vytvářet. Obě umožňují správnou volbu dřeviny na základě jejích vlastností. Při volbě dřeviny jsou rozhodující její požadavky na minerální živiny, hloubku půdy, půdní a vzdušnou vlhkost, citlivost dřeviny na stupeň degradace půdy, požadavky dřeviny na dynamiku ovzduší aj.

S přirozenou, kombinovanou a umělou obnovou v Jizerských horách se potýkají lesníci již řadu let - 4 stacionáry od roku 1988 (SLODIČÁK 2004), ať už se jedná o experimenty nebo provozní postupy v různých stanovištích a porostních podmínkách ve vrcholových partiích. Komplikace s obnovou vzechávají ze způsobu řešení imisní kalamity osmdesátých let. Na tisících hektarech holin po vytěžených porostech se zalesňovalo náhradními exotickými dřevinami, hlavními byli smrk pichlavý, smrk omorika a borovice pokroucená. Naposledy došlo k výsadbě smrku

pichlavého v roce 1994. Po změně imisních podmínek a po postupném odrůstání porostů náhradních dřevin stoupá potřeba naléhavosti lesopěstebních opatření vedoucích k přeměně dřevinné skladby. Při nižších podílech je možné dosáhnout přeměn postupnými výchovnými zásahy, nejsou proto nutná speciální opatření – prosadby, podsadby, masivní výřez dřevin. Vliv náhradních dřevin není v současnosti zcela jasný. Naléhavost lesopěstebních opatření spočívá také v uplatnění vyššího podílu melioračních a zpevňujících dřevin, pro které je kryt náhradních dřevin velmi výhodný. Náhradní dřevina poskytuje pro některé porosty krycí funkci, ale pro cílovou dřevinnou skladbu je nežádoucí.

Meliorační a zpevňující dřeviny v Jizerských horách se dají považovat za klíčové složky porostu, s jejichž pomocí lze dosáhnout stabilizace vysokohorských lesů v prostoru náhorní plošiny. Buk, javor klen, jedle bělokorá, bříza, *jeřáb* a olše, mohou zajistit nejen svým opadem, ale i jako stabilizační složka eliminaci dlouhodobé acidifikace a naplnění funkčního potenciálu horských lesů. Hlavním cílem je snaha zvýšit podíl melioračních zpevňujících dřevin pro jejich nedostatek v náhorním platu. V porovnání MZD s cílovou dřevinnou skladbou je jasný jejich naprostý nedostatek, zejména v oblasti náhorního platu by měli tvořit 10 – 15% (APLTAUER, CIENCIALA, CUDLÍN, HUŠEK, HRUŠKA, PODRÁZSKÝ, VRŠOVSKÝ 2004).

Za důležité pro účely obnovy Jizerských hor považuje (SLODIČÁK ET AL. 2005) tyto okruhy:

- podsadby porostů poškozených imisně ekologickými stresy
- zalesňování v extrémních ekologických poměrech
- tvorba porostních směsí při maloplošné umělé obnově
- příprava rekonstrukcí, tj. přímé odstranění náhradního porostu v kotlicích, násecích a proředěním podsadbou (OPRL).

2.7.1 Podsadby imisně poškozených porostů

Jedním z cílů k dosažení stabilního lesa Jizerských hor je zvýšení podílu listnatých dřevin. Již v 19. století GAYER (1880) označuje podsadby jako prostředek k dosažení smíšeného lesa. Jako podsadbu nazýváme sadbu přímo pod clonu staršího porostu nebo také vedle takového porostu v jeho nitru na malých ploškách. Doporučují se pro porosty s nevhodnou dřevinnou skladbou, nevhodné provenience, silně poškozené, rozvrácené nebo potenciálně ekologicky ohrožené (VACEK, LOKVENC, SOUČEK

1995). Už počátkem 19. století se zjistilo, že prosvětlený porost přináší více ztrát než užitku a že je třeba dbát na půdní kryt a postačující hustotu porostu. Podsadby jsou jednou z nejvíce biologických možností umělé obnovy lesa, která stimuluje jeho reprodukci. Podsadby se užívají jako pomocné dřeviny s krycí a meliorační funkcí, výchovnou funkcí, pro zahuštění porostu, kde byla užitá výběrová seč, pro obnovu prořídých porostů, pro budování prvků vnějšího zpevnění porostu (MAUER 2001). Další použití navrhuje SLODIČÁK ET AL. (2005) pro porosty s ochrannou funkcí, poškozené porosty imisí, námrazou, aj., pro porosty ohrožené introskeletovou erozí, na vodou ovlivněných stanovištích. K obnově podsadbami přicházejí v úvahu porosty středních a vyšších věkových tříd, kde zápoj poklesl na 40 – 60% (SLODIČÁK 2005). Vhodné dřeviny pro podsadby – stinné a stín snášející dřeviny, pionýrské dřeviny.

2.7.2 Charakteristika porostů náhradních dřevin

Porosty náhradních dřevin (PND) začaly být hojně upotřebovány v imisně poškozených oblastech zejména pro jejich schopnost omezeně růst a vytvářet porosty i v silně pozmeněných růstových podmínkách, kde původní dřeviny odumírají. Jedná se zpravidla o dřeviny s vysokou odolností vůči imisím a jsou zaváděny i do oblastí s nejvyšším imisním ohrožením (TESAŘ ET AL. 1996). Cílem zakládání PND bylo zachování kontinuity porostů a udržení alespoň půdoochranné a vodohospodářské funkce. Vzhledem k předpokládané nízké stabilitě a omezenému plnění produkčních a mimoprodukčních funkcí (ve srovnání s cílovými dřevinami) nebyly PND považovány za definitivní řešení kritické imisní situace, ale za přípravnou fázi pro nadcházející porosty. Listnaté náhradní dřeviny, s pionýrskou růstovou strategií, mají příznivý vliv na půdu.

2.7.3 Předpoklady úspěšné obnovy

Pro úspěšnou obnovu MZD v podmínkách náhorní plošiny Jizerských hor byly odvozeny tyto předpoklady:

- volba vhodných melioračních dřevin
- kvalitní výsadby vitálních a nepoškozených sazenic
- podpora přirozeného zmlazení všech listnatých dřevin, i těch tzv. plevelných bříza, *jeřáb*, jíva, osika, olše
- volba vhodného stanoviště v závislosti na dřevině a stavbě prosazovaného porostu (věk, hustota, dřevina)

- volba nejvhodnějšího způsobu smíšení dle místních podmínek a dřeviny především skupinové, moučkovité, pruhové
- volba nejvhodnějšího způsobu ochrany proti zvěři v závislosti na stanovišti především systém malých oplocenek
- jasně vypracovaný plán péče o výsadby po jejich zajištění

Způsoby vnášení MZD do prostoru náhorní plošiny Jizerských hor:

- vnášení pomocí prosadieb mladých náhradních porostů a smrkových monokultur sníženým hektarovým počtem sazenic
- vnášení pomocí obnovních prvků plným hektarovým počtem sazenic ve všech typech porostů
- vnášení pomocí podsadieb pod umírající nebo obnovované porosty
- příprava stanovišť a podpora přirozeného zmlazení pionýrských dřevin počítaných mezi MZD
- podpora mladých MZD výchovnými opatřeními na úkor stávající převládající dřeviny

Zastoupení listnatých dřevin v Jizerských horách má dva protipóly. Severní svahy hor obrůstají největšími komplexy bukových lesů v Čechách, na druhé straně je velký nedostatek listnáčů v porostech náhorní plošiny. Minimální zastoupení MZD dle Vyhlášky č. 83/96 Sb. je v těchto nejvyšších partiích předepsáno pouze do 1%, cílové zastoupení je předepsáno 10 – 15%. V polohách, kde jsou lesní porosty nejvíce porušeny, ukládá dlouhodobý plán jejich nejnižší zastoupení. Tato skutečnost vyplývá z představy, že se na vrcholech hor listnáčům nemůže dařit, když historický výzkum dokládá výsledky o náhorní plošině smíšeného lesa se zastoupením buku, smrku a jedle. V přirozené skladbě se udává podíl listnáčů např. v SLT 8K okolo 1%. V cílové skladbě je doporučeno přibližně 10% zastoupení *jeřábu*, buku a břízy. Tyto údaje lze považovat za věrohodné, protože např. ve výzkumné ploše Jizerka v 8. lesním vegetačním stupni většina listnatých dřevin normálně odrůstá. Meliorační funkce listnatých dřevin se může plně projevit při zastoupení přibližně 30%, dosáhnout však takového zastoupení je problém (NEUHÖFFEROVÁ 2004).

2.7.4 Jeřáb ptačí – *Sorbus aucuparia*

Popis

Tato stromovitá dřevina, řidčeji keř z čeledi Růžovitých se dorůstá 10 – 15 m výšky a jeho průměr kmene dosahuje až 50 cm. Borka je šedě zbarvena s hladkou texturou. Olistění je řídké, soustředěné při okraji koruny. Listy jsou střídavě uspořádány, lichozpeřené, kopinatého tvaru s pilovitým okrajem. Jejich zbarvení se liší. V mládí je modrozelené a obvykle pýřité, později tmavozelené a lysé. Na podzim se zbarvují do červena. Pupeny mají vejcovitý tvar do špičky, koncový je větší než postranní. Bílé nažloutlé květy rozkvétají od května do června. Plodem je šarlatově červená malvička, někdy vybarvená spíše do oranžova, vytvářející převislé chomáče. Plodný je v deseti až patnácti letech. Je schopen se dožít až 100 let.

Ekologie

Jedná se o světlomilnou dřevinu, která v mládí snese i zastíněné prostředí. Roste ve světlých lesích i na jejich okrajích, na pasekách, skalách i ruderalizovaných stanovištích, ale můžeme jej spatřit také v alejích podél komunikací, pro jeho vysokou estetičnost. Díky své růstové pionýrské strategii dokáže obsadit i méně vhodná stanoviště. Osidluje také uzavřené porosty nebo dokáže zaplnit spodní etáž. Stářím ale narůstají nároky na světlo, proto se vyskytuje v řídkých porostech či jednotlivě ve volných prostranstvích. Je nenáročný na příjem vody, roste i na vysychavých stanovištích. Roste většinou na chudých půdách s kyselou reakcí. Jeřáb je velice přizpůsobivá dřevina, která je nenáročná a nepotlačuje okolní dřeviny, naopak jejich růst podporuje. Její nenáročnost spočívá i v klimatických podmínkách, jejichž proměnlivost snáší dobře. Špatně snáší zasolení. Jeřáb se považuje za krátkověkou dřevinu, ale existují i 200 – 280 let staří jedinci (LOKVENC, VACEK 1993). Také je označován jako horský jasan.

Rozšíření

Jeřáb je rozšířen po celé Evropě, ve Skandinávii až po Nordkap. Na Islandu roste jako keř. Jeho areál sahá až k západní Sibiři a do Malé Asie, jižní hranice má na severu afrických států, na jihovýchod sahá až ke Kaspickému moři, jihozápadně až na Pyrenejský poloostrov. Žádný domácí druh nemá tak velké vertikální rozpětí, od mořských břehů po náhorní plato horského lesa. Že se mu daří ve vyšších polohách je známo i ve Skandinávii – do 1500 m. n. m nebo v Alpách – 2300 m. n. m. V Severní

Americe roste na území od jihovýchodu Aljašky po Floridu, když tam byl kdysi zavlečen jako okrasný druh (ANDRŠ 2000). U nás roste hojně po celém území mimo subalpínské Vysoké Sudety. Nachází ve všech pásmech, v nížinách i v klečovém pásmu. Tvoří pravidelnou příměs v horských smrčínách. Jeho široký rozptyl je důkazem toho, že má velmi nízké nároky.

2.7.5 Význam jeřábu ptačího pro imisní oblast

Jeřáb ptačí býval v lesnictví nevýraznou dřevinou, jejíž podíl v lese i mimo něj byl značně omezován. Historické prameny vyzdvihují jeřáb jako lék, který znali již staří Řekové. Dnes jeho kvality opět nabývají na významu a zdá se, že může být lékem pro imisemi poškozené porosty.

Význam v lesnictví získal v době, kdy zejména hospodářsky cenné dřeviny začaly podléhat chřadnutí vlivem imisního působení. Začal plnit funkci přípravné dřeviny v náhradních porostech imisních oblastí. Jeho předností je velmi široká ekologická valence, odolnost vůči klimatickým výkyvům a vysoká tolerance vůči znečištění ovzduší. Významné je také to, že jako listnáč může zmírnit aciditu půdy. Pro listnaté dřeviny je uváděno zmírnění až o 1,3 stupně pH, průměrně o 0,7 stupně pH, dále zvyšuje zásobu bazických kationtů (CIENCIALA, MORAVČÍK 2005). Jeho bohatý opad má schopnost rychlého rozkladu v poměru C/N 28: 1 (ŠARMAN 2004), ale zase charakter jeho opadu není tak příznivý jako např. opad břízy, vrby, osiky, olše (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2001). Jeřáb má na rozdíl od jiných listnatých dřevin tu výhodu, že není náročný na obsah živin a proto nepotřebuje chemickou přípravu, stejně jako bříza a vrby (SLODIČÁK, BALCAR 2005). Jeho kladný vliv na půdu zmiňuje i TESAŘ, BAJZA (1999) nebo ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ (2001). Biomasa, kterou je jeřáb schopen vyprodukovat, obsahuje mnoho vázaného fosforu a draslíku (MORAVČÍK, PODRÁZSKÝ 1992).

Jeřáb ptačí nejenže přímo ovlivňuje chemismus půdy, ale také ovlivňuje půdní erozi. Svými pružnými a pevnými kořeny odolává tlaku při sesouvání půdy. Střední délka kořenů je 3 – 6 m, střední hloubka 30 – 100 m a hustota rozvětvení kořenů je 100 m na 1 m². Další výhodou jeřábu coby listnaté dřeviny je, že dokáže přivádět srážkovou vodu do půdy (ŠACH 2005). V zimních měsících nedochází k poškození sněhem. Větší nebezpečí mu hrozí z jinovatky a námrazy, ale ve srovnání s břízou je mírnější. K výraznějšímu poškození jeřábu v zimních měsících je známé z Krušných hor při

dlouhodobé inverzní situaci. Sledovaná plocha vykazovala vyšší poškození u břízy (39 %) a u jeřábu bylo nižší (19 %).

Poškození abiotickými faktory není tak násilné, jako škody způsobené jelení zvěří a myšovitými. Myši, pro které je jeřáb atraktivní, dokážou způsobit velký rozsah škod. Takto poškozený jeřáb se doporučuje seříznout a nechat zmladit. Zajímavé je zjištění, že při výsadbě odrostků působí někdy větší škody hryzec. O velmi vysokém poškození myšovitými se zmiňuje ANDRŠ (2000), kdy v Krušných horách opakovaně poškozovaly výsadby jeřábu. Důvodem jejich výskytu byla vysoká sněhová pokrývka a velké plošné zatravnění. V této práci je uvedeno, že vápnění má podpůrné účinky na zvýšení růstu travnatých ploch. Může z toho být vyvozena úvaha, že vápněním dáváme také větší šanci myšovitými k poškozování jeřábu. Jelení zvěř také začleňuje jeřáb do svého potravního řetězce a loupe jej po celý rok, patrně pro jeho výživnou kůru plnou vody. Loupáním však působí značné škody, kdy se jeřáb proměňuje k nepoznání a ze stromu se mění na křovitý útvar. Na druhou stranu svým působením v porostu dělá jeřáb službu ostatním dřevinám, na které se zvěř nesoustřeďuje a plní tak funkci užitečné dočasné výplně. Naopak SLODIČÁK ET AL. 2007 uvádí, že v porosty jeřábu ptačího spolu s ostatními melioračními dřevinami v Krušných horách prosperují dobře, ale limitující pro zdárné odrůstání je tlak zvěře. Odrostlé jeřáboviny i silným poškozením loupáním dokážou odolávat. Obecně jsou škody zvěří výrazný limitující faktor pro zavádění listnatých porostů.

Další užitek, přináší jeřáb svou porostotvornou schopností a napomáhá vytvářet mikrostrukturu porostů (TESAŘ, BAJZA 1999). Jeřáb není schopen vytvářet hustý zapojený porost, vytváří spíše porosty řidší. Své opodstatnění ale má. O tom, jak je výrazný rozdíl mezi soliterně rostoucím jeřábem nebo jak ovlivňuje typ stanoviště jeho růst, uvádí ANDRŠ 2000. V některých oblastech Německa, předepisují nové lesní hospodářské plány vyšší podíl jeřábu při obnově lesa. Například v pohoří Harz 20 – 40%. To už je vážný důvod, proč vědět více o růstu jeřábu. Intenzivní růst začíná mezi 4. až 6. rokem. Na hlinitých stanovištích je roční přírůst 65 cm, na zamokřených stanovištích méně než 20 cm. Hustota porostu jeřáb neovlivňuje. Na výsadbách jeřábu v počtu 150 ks/ar, dosáhly jeřáby ve věku 4 let průměrně výšku 165 cm. Osaměle rostoucí na stejném stanovišti dosáhly průměrně 190 cm. Na okolní stromy má jeřáb pozitivní vliv. Další zkušenosti na pohoří Harz jsou s výsadbami 28 000 ks sazenic jeřábu, olše lepkavé a šedé. Po pěti letech po výsadbě vykazoval jeřáb

nejmenší úhyn, a to 7,3 %. Pod ochranou starého porostu to bylo 5 %, na volné ploše 10 %. Od druhého roku se již počet uhynulých sazenic nezvyšoval. Pod “deštníkem” starého porostu měl jeřáb o 50 % vyšší výškový přírůst. Škody způsobené žírem myši dosahovaly “pod deštníkem” jen 25 % toho, co bylo na volné ploše. Z výzkumu v Orlických horách CHLÁDEK, NOVOTNÝ (2005) se jeřáb jeví jako vhodná přípravná dřevina na holinu i do porostu.

Jeřábové porosty hodnotí také VACEK (2001) do tří kategorií:

- velmi dobře – vhodnost pro horské klima, odolnost proti plynným imisím, odolnost proti zimnímu vysychání, přirozená porostotvorná schopnost, růst v mládí a zajištění kultur
- dobře – odolnost proti kyselým dešťům, odolnost proti souběhu imisí a povětrnostních podmínek, odolnost proti útlaku buření, meliorační účinnost
- neutrálně – odolnost proti poškozování zvěří, odolnost proti zamokření půdy, odolnost proti sesouvání sněhu.

Význam jeřábu, jak již bylo zmíněno, spočívá zejména v jeho schopnosti vytvořit vhodné mikroklima pro obnovu dalších dřevin a v jeho relativně nízké kompetiční schopnosti. To umožňuje obnovu klimaxových (resp. hospodářských) lesů při odeznění zdrojů akutního a silného chronického poškozování lesních dřevin. Pro podsadby, které jsou také účelné pro obnovu lesa je využití jeřábu ideální, je tolerantní k zastínění. Ve sborníku z celostátní konference – Možnosti obnovy a zvýšení stability porostů v oblastech pod vlivem imisí (1988) se uvádí, že je jeřáb jedinou dřevinou k podsadbám a podsíjím v netěžitelných a těžko přístupných smrkových porostech (Obří důl, Labský důl aj).

Jeřáb, který se díky své široké ekologické valenci dokáže dobře začlenit do lesního ekosystému, se však v imisních oblastech nedokáže až tak dobře aklimatizovat. Jak uvádí MAUER, PALÁTOVÁ (2004), v oblastech s vyšší imisní zátěží, v pásmu ohrožení A, vytváří jeřáb povrchový kořenový systém s funkční endomykorhizou, v pásmu ohrožení C - kotevní kořenový systém s funkční ektomykorhizou. Jeřáb je schopen vytvářet různou architektoniku kořenového systému a běžně vytváří funkční endomykorhizu i ektomykorhizu. Rozdílně utvořený kořenový systém v těchto imisních oblastech je toho dokladem. Ektomykorhizní kořenový systém lesních

dřevin reaguje na acidifikaci půdy a na meliorační vápnění a hnojení. Tyto změny v pH a v zásobení bázemi a dusíkem v půdním profilu vyvolávají odpovídající změny v prokořenění, množství a větvení jemných kořenů a ektomykorhiz (LEPŠOVÁ 2003). Jeřáb utváří povrchový kořenový systém také pod vlivem zvýšené hladiny spodní vody nebo v případě, že je půda toxická, což vysvětluje jeho utváření takové kořenového systému v imisních oblastech. Tyto změny však nemají vliv na snížení jeho vitality. Kořenový systém jeřábu proto může být dobrým indikátorem pro toxicitu půdy a to lze považovat za jeho kladný význam pro imisní oblast.

2.8 Volba sadebního materiálu v imisních oblastech

Zákon č. 289/2005 Sb. ukládá vlastníkovu lesa povinnost obnovovat lesní porosty stanovištně vhodnými dřevinami a vychovávat je včas a soustavně tak, aby se zlepšoval jejich stav, zvyšovala odolnost a zlepšovalo plnění funkcí lesa. Jedním ze základních požadavků úspěšného založení porostů je kvalitní sadební materiál, u kterého hraje významnou roli genetická kvalita (původ), morfologická kvalita, fyziologická kvalita a zdravotní stav. Na sadební materiál je třeba brát zřetel nejen při výběru, ale i manipulaci. Jeho kořenový systém je velmi náchylný na vysokou rychlost proudění vzduchu a sluneční záření, což má za následek odumírání a vysoušení jemných kořínků. Právě jemné kořínky mají vliv na úspěšnou ujímavost a růst sadebního materiálu.

Kořenový systém je všestranným základem stromu. Zajišťuje příjem živin, vody a mechanickou stabilitu. Pokud není přirozeně rozvinut, může to vést nejen k mechanické nestabilitě stromu, ale i k chřadnutí a odumírání celých porostů. Dokladovat to lze v Krušných, Orlických i Jizerských horách (MAUER, PALÁTOVÁ 2004). Pro úspěšnou ujímavost sadebního materiálu, doporučuje MAUER (1998) dodávání co nejlepší půdy ke kořenům, bezprostředně dávat organickou hmotu, nejlépe humus (hrabanku) s obsahem mykorhizní houby, dostatek živin zajišťovat přihnojováním. Jaká je však správná míra hnojení, aby nedošlo k poškození mykorhizy a jemných kořenů? Mykorhiza má velký význam. Zejména její schopnost kumulovat přijaté látky, je na degradovaných stanovištích zvláště ceněna. Právě v době nedostatku živin dokáže tyto látky předávat hostitelské rostlině. Německý autor MOHR uvádí, že na existenci mykorhizních hub má vliv dusík a že ji ničí. Tato hypotéza není nijak potvrzena. O škodlivém vlivu dusíku hovoří i VOGT et al. 1993 a to, že jeho vysoká koncentrace ničí jemné kořeny. Symbiotická rovnováha mezi

kořeny a mykorhizou je třeba, ale může být narušena již v počáteční fázi deteriorizace prostředí (SOBOTKA 1964). Také MATZNER (1996) uvádí, že na výskyt mykorhiz má vliv stresové prostředí. Stresové prostředí ovlivňuje i tvorbu jemných kořenů. U kořenového systému se nepřipouští jakákoliv deformace. Jeho přirozená architektonika je ovlivněna zejména v počátečním stadiu růstu. V důsledku nepečlivé a nesprávné výsadby mohou vznikat tvarové odchylky v uspořádání a směru růstu kořenového systému (MAUER a PALÁTOVÁ 2004a). Tyto tzv. deformace mohou mít pro další růst dřeviny i následných porostů nepříznivé důsledky (MAUER 1984).

Špatně provedená výsadba se trvale odráží na životnosti porostu a je velmi důležité v narušených porostech dbát na kvalitu kořenového systému. K nejzávažnějším deformacím kořenového systému po výsadbě dochází při nerespektování stanovištních podmínek, při nevhodné přípravě stanoviště a při nevhodném hnojení. Při hnojení záleží na vhodném umístění tablet, aby se k nim kořeny stáčely rovnoměrně. Kontrola a rozložení kořenového systému by se měla stát rovnocenným kritériem zajištění kultur (MAUER, PALÁTOVÁ 2004).

Při samotné výsadbě se doporučuje, aby vytvořený otvor neměl hladké stěny a suchý povrch. Fixace rostlin po výsadbě pomocí opěrných kůlů by měla být minimální, po dobu kotvení max. 2 roky. Nižší počet sadebního materiálu na hektar plochy umožňuje od samého začátku založení kultury volný růst koruny, dobrý vývoj asimilačního aparátu a hluboké zavětvení, které s vyvinutým kořenovým systémem zajišťuje stabilitu porostů (MAUER 1985).

Velmi vysoké nároky na kvalitu sadebního materiálu jsou v imisních oblastech a v náhorních platech horských poloh. Je zde upřednostněn speciální sadební materiál lesních dřevin s důrazem na parametry kořenového systému. Hlavní zastoupení má v těchto oblastech smrk ztepilý, jedle, modřín, kleč a limba, z listnáčů hlavně javor klen a *jeřáb*. Volí se nejvyspělejší sadební materiál, který má dispozice nejrychleji odrůstat nepříznivým podmínkám. Nedoporučuje se uměle prohlubovat rhizosféru, sadební materiál neutápět a sázet tak, aby byl sadební materiál v hloubce přirozeného rozložení kořenů (MAUER 1985). Speciálně pro výsadbu odrostků MAUER (1998) doporučuje zajistit kontakt všech kořenů s půdou třepáním a postupným zhutňováním přidávané půdy (každý zhutněný povrch musí být mechanicky narušen, aby nepůsobil jako nepropustná vrstva).

Speciálním sadebním materiálem MAUER (1998) definuje poloodrostek a odrostek:

Poloodrostek - rostlina předpěstovaná zpravidla dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů nebo přesazením do obalu, případně kombinací těchto operací, s nadzemní částí o výšce od 51 – 120 cm, případně s tvarovanou korunou.

Odrostek – rostlina vypěstovaná minimálně dvojnásobným školkováním, podřezáváním kořenů nebo přesazením do obalu, případně kombinací těchto operací, s nadzemní částí o výšce od 121 – 250 cm s tvarovanou korunou.

Používání sadebního materiálu s velkou nadzemní částí má v lesním hospodářství dlouhou tradici. Již v 16. stol. si byli lesníci vědomi jejich předností, nedostatků a možných rizik při výsadbě.

2.8.1 Klady a zápory speciálního sadebního materiálu

Kladné stránky poloodrostků a odrostků:

- vzhledem k výšce nadzemní části se mohou asimilační orgány po výsadbě ihned dostat mimo zónu působení mrazu, buřene a zvěře
- v optimálních podmínkách má sadební materiál intenzivní přírůst a kultura může být rychle zajištěna
- možnost snížení počtu vysázeného sadebního materiálu

Nedostatky poloodrostků a odrostků:

- náročné na manipulaci, sadební materiál, zejména kořenový systém rychle vysychá
- nejsou-li zajištěny optimální podmínky (při manipulaci, výsadbě a po výsadbě), nastávají až 100% ztráty
- nevhodné do horších půdních a expozičních podmínek, nevhodné na sušší a suchem ohrožená stanoviště
- je výrazně zúžen genofond (způsoby pěstování a malým počtem vysazovaných rostlin)
- nákladnější doprava
- vyšší cena

3 Metodika

3.1 Vymezení zájmového území

Předmětem zkoumání byl experiment týkající se výsadeb jeřábu ptačího na výzkumné ploše U Celní cesty. Spolu s ostatními výzkumnými plochami, Jizerka a Kleč, byla založena na základě nevyhovující dynamiky tamních lesních porostů, které odrůstají na nevyhovujících degradovaných půdách, čímž je narušena i jejich výživa. Na základě těchto skutečností je snahou zodpovídat otázky vhodnosti použití vápnění na takové porosty.

Předkládaná práce uvádí výsledky měření získané vyhodnocením experimentů na výzkumné ploše U Celní cesty, které navazují na práci Prosperita experimentálních výsadeb jeřábu ptačího v Jizerských horách. Proto je v této práci uveden také podrobnější popis zbylých dvou ploch, které budou v budoucnu předmětem dalšího zkoumání a vyhodnocování experimentů, zejména také porovnávání dosavadních naměřených dat. Výsledky zahrnují účinky hnojiv řady SILVAMIX MG na odrůstání a vývoj kultur jeřábu ptačího v náhorním platu Jizerských hor, který je přípravnou dřevinou v náhradních porostech. Dále také zahrnují porovnání mezi standardním sadebním materiálem a speciálním sadebním materiálem.

První ze třech sledovaných ploch, je výzkumná plocha Jizerka, která je situována v „reprezentativním“ úseku imisní oblasti, tedy na holině po silně poškozené smrkové kmenovině v náhorním platu Jizerských hor. Přesněji se jedná o JZ část Středního Jizerského hřebene na území LS Nové město pod Smrkem v porostu 257 B7. Tato plocha byla založena v roce 1990 a byla silně zatížena vlivem průmyslových imisí (PODRÁZSKÝ 1998). Její tvar je obdélníkový, o rozměrech 260 × 120 m, a stabilizována je drátěným pletivem. Cílem založení této plochy bylo získání více poznatků o prosperitě výsadeb lesních dřevin, které jsou perspektivní pro obnovu rozsáhlých imisních lokalit Jizerských hor. Na vybraných družích byla pozorována reakce na přihnojování horninovými moučkami. Součástí bylo také měření klimatických prvků (teplota, záření, srážky, vítr, půdní vlhkost) a imisní zátěže (depozice sirných sloučenin, mokrá depozice imisních látek, koncentrace ozonu, oxidu siřičitého a oxidu dusičitého). Výsadby byly prováděny od roku 1990 – 2003. Prosperita byla hodnocena na základě výsledků biometrických měření a sledování zdravotního stavu a mortality.

Geologické podloží je žulové, sklon terénu je 10%. Nadmořská výška lokality je 960 m, průměrná roční teplota se pohybuje kolem 4 – 5°C, průměrný srážkový úhrn činí 1300 mm. Lesní typ je 8K2, kyselá smrčina třtinová, HS jako 721 – přirozené smrkové hospodářství pod vlivem imisí. Půdní typ byl determinován jako horský humusový podzol (klasifikace ÚHUL), nebo typický až organozemní podzol (klasifikace MKSP). Průměrná roční koncentrace SO₂ se pohybuje kolem 25 µg/m³ vzduchu. Pro vyhodnocování stavu růstových podmínek pro dřeviny je měřena suchá depozice sirných sloučenin kontaktní sumační metodou, mokrá depozice látek imisního původu (NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, K, Mg, Ca, Cl⁻, F⁻) analýzami srážek a množství srážek v týdenních intervalech. Od roku 1996 jsou na ploše sledovány vybrané klimatické prvky – teplota vzduchu a půdy, srážky, radiace, směr a rychlost větru a vlhkost půdy). Informaci o půdních podmínkách doplňují půdní analýzy (BALCAR 1999).

Druhým zájmovým územím je výzkumná plocha Kleč, která se nachází v severozápadním cípu obce Jizerka, u jihovýchodního okraje rašeliniště Malé Jizerské louky. Porost, pod který spadá je označen 357 D3/2 (2002). Plocha byla založena v roce 2005. Cílem založení této plochy bylo sledování vývoje podsadeb JR, BR, BRK, SMZ a KOS, v porostu KOS a BL na extrémní lokalitě údolí Jizerky. Předmětem zkoumání je vzájemná korelace původních i nově založených porostů, růst, zdravotní stav a mortalita výsadby. Kontinuálně je prováděno měření teploty půdy a vzduchu. Plocha má tvar čtverce, o rozměrech 50 × 50 m, je stabilizována horským drátěným pletivem a leží na rovinatém terénu. Její umístění má nevýhodu v tom, že je ovlivňována přízemními mrazy i v letních měsících (BALCAR, ŠPULÁK 2006). Geologické podloží je žulové. Nachází se v nadmořské výšce 850 m. Spadá pod HS 021 a soubor lesních typů je 8S – svěží smrčina.

Třetí výzkumná plocha U Celní cesty má také svá specifika. Místo pro založení bylo zvoleno pod vrchem Bukovec, který tvoří dominantu horské osady Jizerka. Je výrazný nejen z geologického hlediska, ale také pro své pestré zastoupení dřevinné skladby (bukové, smíšené i jehličnaté porosty). Výzkumná plocha u tzv. Celní cesty vznikla v roce 2007, byla na ní provedena výsadba jeřábu ptačího. Jedná se o stanoviště ovlivněné vodou, ve výrazné mrazové kotlině. Nadmořské výška je 860 m. n. m, lesní typ 8K2 – kyselá smrčina borůvková. Jeřáby byly vysazovány formou dvojsadeb, kdy ke každému odrostku náležela jedna sazenice standardní velikosti.

3.2 Založení výzkumných ploch

Realizace výsadeb jeřábu ptačího na výzkumných plochách byla zahájena v roce 2005. V tomto roce byla započata výsadba na výzkumných plochách Jizerka a Kleč. Pro výsadbu byly zvoleny speciální sazenice, u kterých je pro podmínky horských imisních oblastí zásadní kvalita. V obou případech se jednalo o prostokořenný sadební materiál, typ odrostek. Odrostky byly šestileté, vypěstovány trojnásobným školčováním. Parametry odrostků, tedy výška nadzemní části činila 150 cm a tloušťka kořenového krčku byla více než 14 mm. Sadební materiál podléhá Vyhlášce č. 139/2004 Sb., která stanovuje 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. Původem je Přírodní lesní oblast 21 – Jizerské hory a Ještěd, lesní vegetační stupeň osmý. Výsadba byla provedena klasickým jamkovým způsobem. Pro lepší mechanickou stabilizaci byl sadební materiál upevněn pomocí pružné plastové pásky k dřevěnému kůlu (5 × 8 cm) ve třech bodech. Výsadba i upevnění kůlů byly provedeny poctivě, což je v nepříliš optimálních horských podmínkách žádoucí.

Výsadba na výzkumné ploše Jizerka byla rozdělena do čtyř parcel s označením I21, I22, I25 a I26. Jednotlivé plochy měly rozlohu 100 m². Pro Jizerku bylo uplatněno 100 ks odrostků.

Na výzkumné ploše Kleč bylo vysazeno 47 ks odrostků v roce 2005. Parametry odrostků byly měřeny poprvé v roce 2009 a následně v roce 2010.

Výsadba U Celní cesty byla spuštěna na podzim v roce 2007. Výška nadzemní části sadebního materiálu jeřábu činila 135 cm. Výsadba formou dvojsadeb byla zvolena za účelem porovnání dvou různých typů sadebního materiálu na jednom stanovišti (viz schéma výzkumné plochy – příloha č. 2). Shodné růstové podmínky umožňují vyhodnotit vitalitu a mortalitu obou typů sadebního materiálu a lepší orientaci ve volbě sadebního materiálu pro obnovu lesních porostů v imisních oblastech. Celkem bylo vysázeno 300 ks odrostků a 293 standardního sadebního materiálu.

3.3 Aplikace vápnění na výzkumných plochách

Výzkumná plocha Jizerka byla poprvé hnojena dne 14. 5. 2009. Hnojení proběhlo u poloviny výsadeb, tj. u dvou parcel, zbylé dvě parcely výsadeb byly ponechány přirozenému vývoji jako kontrolní plochy (viz. Příloha č. 1). Pro hnojení bylo zvoleno

hnojivo SILVAMIX MG, dávka 30 g na jednoho jedince. Dávka byla rozdělena na 3 ks tablet po 10 g, které se rovnoměrně rozmístily do vrcholů rovnostranného trojúhelníka kolem jedince. Vzdálenost umístění hnojiva od kořenového krčku byla 20 – 30 cm a tableta se zaváděla 5 – 10 cm pod povrch půdy. Přihnojení se provedlo u vitálních jedinců na parcelách I22 a I26. Na I22 hnojeno 23 jedinců, na I26 všech 24 jedinců.

Na výzkumné ploše U Celní cesty bylo hnojení prováděno 13. 5. 2009. Plocha s výsadbami byla rozdělena na řady. Řady byly rozčleněny tak, že několik řad vedle sebe jdoucích bylo hnojeno a střídavě několik řad po sobě jdoucích bylo kontrolními řadami bez hnojení. V řadách byly vysázeny odrostky „X“ i standardní sadební materiál „x“ (viz. Příloha. č. 2). V hnojených řadách se postupovalo obdobně jako na výzkumné ploše Jizerka. K jednotlivcům bylo aplikováno hnojivo SILVAMIX MG, dávka 30 g/jedinec, tj. 3 ks tablet po 10 g byly rozmístěny do vrcholů rovnostranného trojúhelníka kolem jedince. U odrostků byly tablety ve vzdálenosti 20 – 30 cm od kořenového krčku a zapraveny do půdy 5 – 10 cm, u standardního sadebního materiálu byla vzdálenost od kořenového krčku menší – tj. 15 – 25 cm, hloubka stejná jako u odrostků. Hnojivo tedy bylo aplikováno celkem k 152 ks odrostků a 131 ks standardního sadebního materiálu.

Na výzkumné ploše Kleč zatím nebylo doposud provedeno žádné vápnění.

3.4 Metody měření a vyhodnocení výsledků

Na výzkumných plochách byly měřeny tyto parametry: výška nadzemní části sadebního materiálu, průměr kořenového krčku, výškový přírůst, dále se zjišťoval počet vitálních jedinců, tedy i jejich mortalita a prováděl se odběr biologických vzorků pro listové analýzy. Tato práce navazuje na předešlá naměřená data, která byla shromažďována obecně od roku 2005, přičemž sběr dat neprobíhal na všech třech plochách stejně, ale vždy jen vybrané potřebné parametry. Na VÚHLM Jizerka se měřilo od roku 2005, na výzkumné ploše U Celní cesty začalo měření v roce 2007, na výzkumné ploše Kleč v roce 2005. Předmětem práce Prosperita výsadeb jeřábu ptačího na náhorním platu Jizerských hor je zhodnotit nově nasbíraná data z roku 2010 a porovnat je s dosavadními výsledky. V tomto roce bylo provedeno biometrické měření výšky nadzemní části, kořenového krčku, výškového přírůstu a mortality výsadeb. Měření jeřábu ptačího na výzkumné ploše Jizerka bylo prováděno každoročně od roku 2005 – 2010, z toho hnojení proběhlo jen v roce 2009. Na

výzkumné ploše U Celní cesty bylo měření zahájeno v roce 2007 a probíhalo každoročně do roku 2010. Hnojení proběhlo v roce 2009. Na výzkumné ploše Kleč bylo měření prováděno od roku 2005 – 2010, hnojení zatím nebylo aplikováno.

Jednotlivé měřené parametry jsou definovány jako:

Výška nadzemní části se rozumí jako svislá výška v cm, která se měří dvoumetrovou latí s přesností na 1 cm, od povrchu terénu ke špičce terminálního pupene. Pro lepší přehlednost a systematičnost je prováděna kontrola s předcházejícími naměřenými daty. Součástí měření výšky bylo i změření posledního přírůstu (cm).

Tloušťka kořenové krčku se udává v cm, měření se provádělo těsně nad povrchem půdy pomocí průměrky.

Zdravotní stav sadebního materiálu byl hodnocen dle následujících kategorií:

A - Vynikající stav, výrazný výškový přírůst, plná vitalita.

B - V relativně dobrém stavu, s výškovým přírůstem, který nemusí být vysoký, strom je vitální, s perspektivou příznivého vývoje do budoucna.

C - Bez významnějšího přírůstu, snižená vitalita, ale zelená velká většina stromu, s perspektivou přežití, byť může po několik let živořit a nepřirůstat.

D - Chřadnoucí, např. suchý vrchol, zelená jen spodní část, evidentně není vitální. Pravděpodobně uschne nebo bude dlouhodobě živořit.

E – Suchý.

Mechanické poškození sadebního materiálu bylo hodnoceno dle následujících kategorií:

0 – Bez poškození

1 - Vrcholový zlom, bez významnějšího vlivu na růst a vitalitu stromu.

2 - Zlom (nalomení) v horní polovině stromu, nalomení se pravděpodobně zacelí.

3 - Zlom (nalomení) v dolní polovině stromu, část nad nalomením pravděpodobně uschne.

4 - Zlom u země, nevylučuje se možnost "pařezové" výmladnosti.

Získaná data byla zpracována v tabulkovém procesoru Microsoft Excel a v programu pro analýzu dat STATISTICA 9, jejichž výstupy jsou vyhodnoceny ve výsledcích. Výsledky byly přehledně uspořádány do tabulek a v některých případech i do grafů.

První vyhodnocení dat na výzkumné ploše U Celní cesty vycházelo z biometrické charakteristiky - výška nadzemní části standardního sadebního materiálu a sadebního materiálu typ odrostek, z hnojené i nehnojené varianty. Do měření byla započtena data prvotní výsadby z roku 2007 – 2010 a porovnávaly se rozdíly výšek v jednotlivých letech. Pro upřesnění dat byla vypočtena také směrodatná odchylka (SO), která vypovídá o vzájemné odlišnosti mezi jednotlivými hodnotami zkoumaného souboru výšek. V našem případě se jedná o směrodatnou odchylku výběrovou. Testování byli pouze vitální jedinci. Z výšek nadzemní části sadebního materiálu byly vypočteny průměrné hodnoty výškových přírůstků, které nabývaly z převážné části kladných hodnot. Záporné hodnoty přírůstků byly do vyhodnocení zahrnuty také. Z průměru jednotlivých přírůstků byl vypočten periodický přírůstek.

Přírůstky se testovaly statisticky pomocí Mann-Whitney U Testu, pro všechny varianty, tento parametr je nezávislý na ostatních parametrech. Varianty odrostek+kontrola, normální standardní sadební materiál (SAMA)+kontrola, odrostek+hnojeno, normální SAMA+hnojeno, byly hodnoceny neparametrickou analýzou, i přesto, že se nejedná o standardní postup ve statistice. Neparametrická analýza je v případě přírůstků vhodná proto, že je méně citlivá k záporným hodnotám a zachovává relace mezi reálnou výškou výsadeb a jejími změnami. Pro porovnání nezávislých skupin byla zvolena standardně kritická hladina významnosti 0,05. Dle úzus je tato hladina dostačující. Dále se přírůstky vyhodnocovaly v souladu s průměrem kořenového krčku, v tabulce přírůstků sloupec značen PK.

Průměrná tloušťka kořenového krčku byla měřena v roce 2008 a 2010. V roce 2009 se neprovádělo. Pro vyhodnocení byla zvolena dvouparametrická nezávislá analýza. Porovnávány byly hnojené a nehnojené řady.

Jednotlivé (4) varianty byly rozděleny do dvou parametrů, u kterých se zjišťovala statistická průkaznost (p) podle Mann-Whitney U Testu. Do prvního parametru byly zahrnuty přihnojené (odrostky+ standardní SAMA)spolu s nehnojenými (odrostky+ standardní SAMA). Nehnojené řady jsou v tabulkovém zobrazení vyjádřeny jako

„kontrola“. Tento parametr byl srovnán s druhým parametrem, tj. odrostky (nehnojené+hnojené) a standardní SAMA (nehnojený+hnojený).

Poslední vyhodnocení se týká mortality sadebního materiálu. Mortalita se taktéž hodnotila pomocí statistiky.

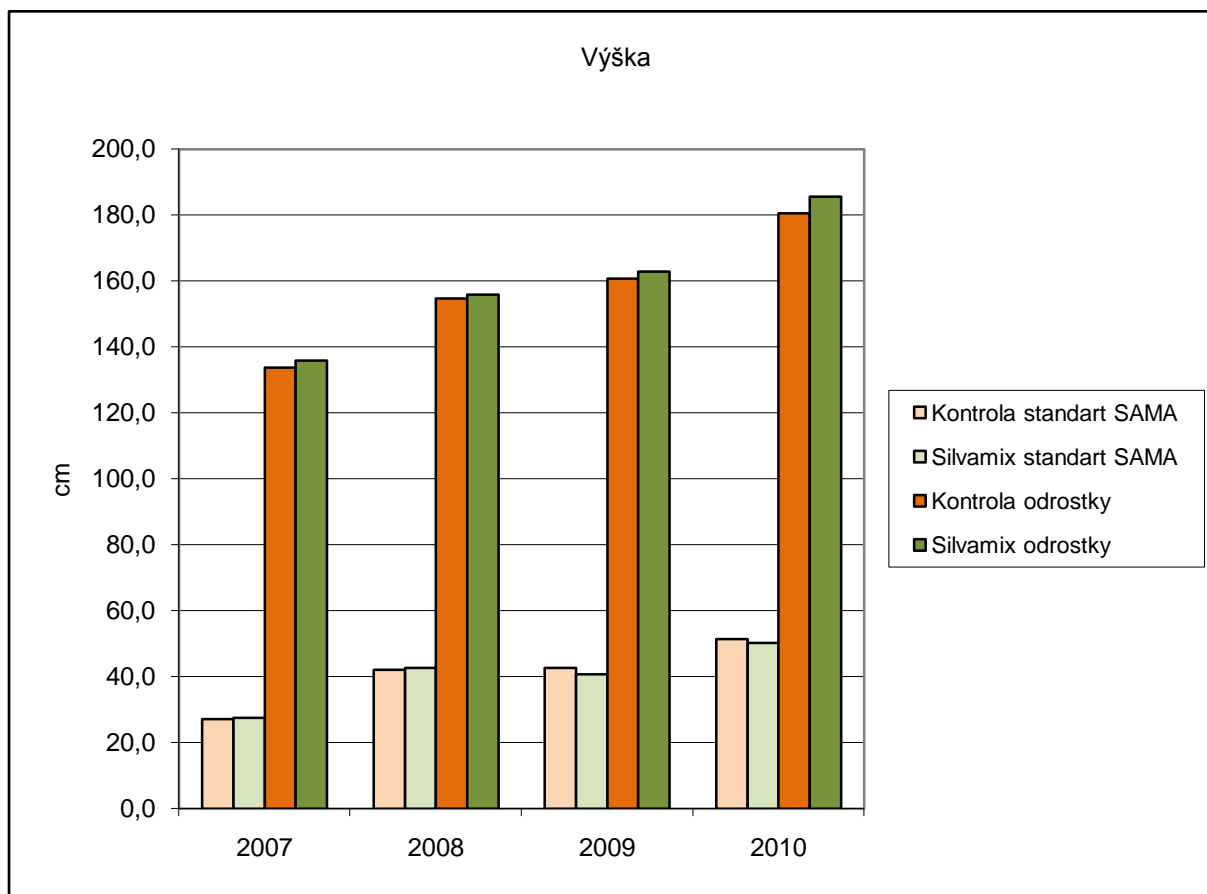
4 Vyhodnocení výsledků

4.1 Výška nadzemní části sadebního materiálu

Sadební materiál (SAMA) jeřábu ptačího vybraný pro výzkumnou plochu U Celní cesty, ležící na náhorním platu Jizerských hor, byl dvojího typu. Standardní sadební materiál o výšce nadzemní části, která měla velmi variabilní nesourodé hodnoty, proto nelze přesně definovat její hranice a speciální sadební materiál typu odrostek o výšce nadzemní části 121 – 250 cm. Číselná hodnota výšky není normou přesně stanovena a také v našem případě, při výsadbě, měla výška jednotlivých kusů sadebního materiálu rozdílné hodnoty. Hodnoty již od počátku měření nebyly jednotné. Proto je porovnání průměrných výšek lépe srovnatelné v případě průměrných přírůstků. Porovnáme-li výšku v jednotlivých letech, pak není významný rozdíl mezi výškami, kdy sadební materiál nebyl vůbec přihnojován, tj. v roce 2007, 2008 a mezi 2009, 2010, kdy již bylo hnojení zahájeno. Vliv hnojení na výšku určitého typu SAMA, u odrostků je ve všech letech na hnojených řadách patrná vyšší výška, tedy hnojeným odrostkům se daří lépe než nehnojeným. U standardního nehnojeného SAMA jsou nepatrně vyšší hodnoty než u hnojeného standardního SAMA.

Tab. č. 6: Vývoj průměrné výšky nadzemní části sadebního materiálu (SAMA) jeřábu ptačího na výzkumné ploše U Celní cesty.

		Výška (cm)			
VARIANTA / ROK		2007	2008	2009	2010
Kontrola standart SAMA	průměr	27,1	42,1	42,8	51,5
	SO	4,19	8,98	15,89	19,05
Silvamix standart SAMA	průměr	27,7	42,7	40,7	50,3
	SO	4,18	9,27	15,33	18,47
Kontrola odrostky	průměr	133,8	154,7	160,8	180,6
	SO	20,69	21,89	33,21	37,73
Silvamix odrostky	průměr	136,0	155,8	163,0	185,7
	SO	20,23	22,29	34,49	39,40



Obr. č. 1: Grafické zpracování vývoje průměrné výšky sadebního materiálu

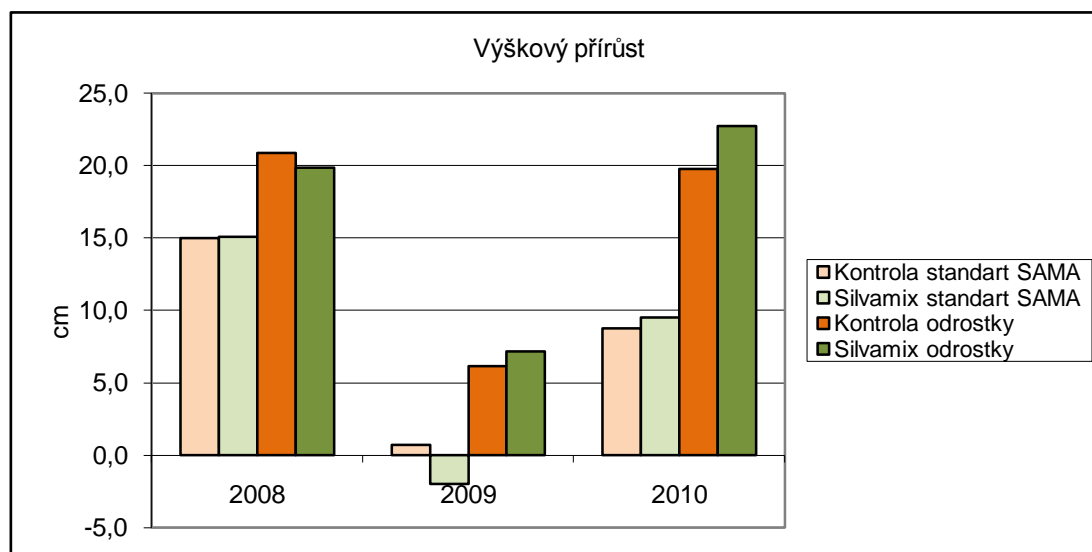
4.2 Výškové přírůsty sadebního materiálu

Průměrný výškový přírůst byl měřen na všech čtyřech variantách, tj. na sadebním materiálu typ odrostek a typ standardní sadební materiál, na hnojeném i nehnojeném. Z testovaných hodnot vyplývá, že rok po výsadbě (tj. v roce 2008) oba typy sadebního materiálu reagovaly zvýšeným přírůstem. Hnojení v tomto roce neproběhlo, ač v grafickém znázornění je znázornění jiné. Znázorňuje pouze rozdíl mezi typem sadebního materiálu. V roce 2009 proběhlo hnojení, zpomalení přírůstu se přičítá šoku z hnojení. V roce 2009 došlo ke stagnaci přirůstání, zejména u standardního SAMA je přírůst minimální, hnojený standardní SAMA nabývá dokonce záporných hodnot. Záporná hodnota se již v dalších měřeních nevyskytuje. Tato hodnota je způsobena zvýšeným poškozením sadebního materiálu zlomy. Odrostky, jejichž přírůst také není výrazný, stále vykazují výraznou převahu nad standardním sadebním materiálem. V roce 2010 má standardní SAMA opět stoupající tendenci přirůstání, odrostky ji mají ještě významnější. Standardní hnojené i nehnojené SAMA

mají podobné hodnoty. Hnojené odrostky v roce 2010 nabývají nejvyšších hodnot. To lze odůvodnit začínajícím působením hnojiva SILVAMIX MG, jehož pomalé rozpouštění v půdě začíná mít vliv na odrůstání sadebního materiálu. Poslední sloupec tabulky zobrazuje relaci mezi přírůstem a kořenovým krčkem, kdy není počítáno s rokem 2009.

Tab. č. 7: Vývoj průměrného výškového přírůstu u dvou typů sadebního materiálu (SAMA) jeřábu ptačího na plochách s použitím SILVAMIX MG a na kontrolních plochách výzkumné plochy U Celní cesty.

Výškový přírůst (cm)					
VARIANTA / ROK		2008	2009	2010	2008-2010PK
Kontrola standart SAMA	průměr	15,0a	0,7a	8,7a	8,1a
	SO	8,62	12,34	9,52	6,27
Silvamix standart SAMA	průměr	15,1a	-2,0a	9,5a	7,6a
	SO	8,40	12,73	9,59	6,25
Kontrola odrostky	průměr	20,9b	6,2b	19,8b	15,6b
	SO	13,14	20,33	16,44	11,40
Silvamix odrostky	průměr	19,9b	7,2b	22,7b	16,6b
	SO	13,59	20,67	11,49	10,72



Obr. č. 2: Grafické zpracování průměrného přírůstu

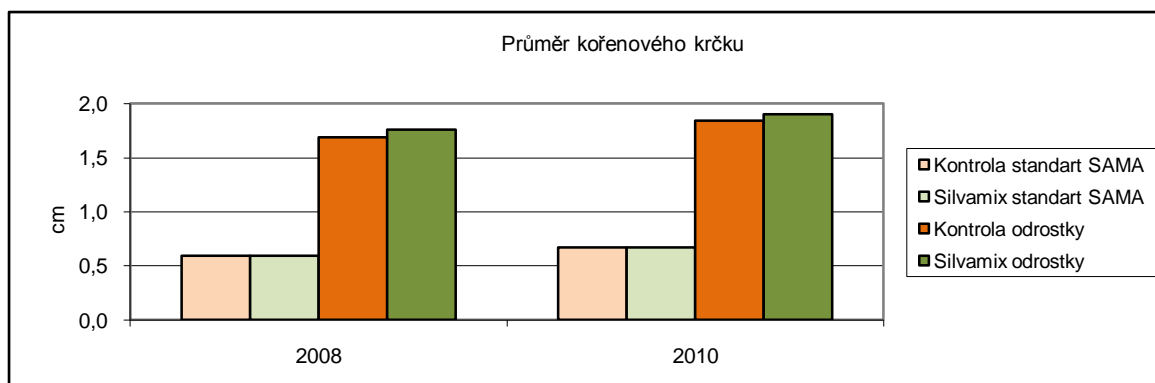
4.3 Průměr kořenového krčku

Jelikož přírůst mezi jednotlivými roky je nepatrný, bylo měření průměru kořenového krčku v roce 2009 vynecháno, tedy v době aplikace hnojiva SILVAMIX MG. Jak je z níže uvedených hodnot zřejmé, přírůst je viditelný až po dvou letech. Od roku 2008

– 2010 přirostl u všech variant o 1 mm bez rozdílu typu sadebního materiálu. Stoupající tendence přírůstu tloušťky krčku v roce 2010 je patrně ovlivněna nástupem působení hnojiva SILVAMIX MG.

Tab. č. 8: Vývoj kořenového krčku u všech variant na výzkumné ploše U Celní cesty.

Průměr kořenového krčku (cm)			
VARIANTA / ROK		2008	2010
Kontrola standart SAMA	průměr	0,6	0,7
	SO	0,10	0,16
Silvamix standart SAMA	průměr	0,6	0,7
	SO	0,11	0,17
Kontrola odrostky	průměr	1,7	1,8
	SO	0,29	0,34
Silvamix odrostky	průměr	1,8	1,9
	SO	0,33	0,37



Obr. č. Grafické zpracování vývoje průměru kořenového krčku

4.4 Mortalita sadebního materiálu

Reálné rozdíly mezi přihnojením jsou patrné až po roce 2009. Varianty pro hodnocení mortality byly vyčleněny až od jara roku 2009, kdy bylo započato vápnění. V letech 2008, 2009 a 2010 je u standardního SAMA viditelná stoupající tendence mortality. U odrostků má také stoupající tendenci. V celkovém porovnání typu sadebního materiálu mezi sebou, mnohem lépe odolává stanovištním podmínkám vyspělejší SAMA – odrostky. U mortality nejsou statisticky průkazné rozdíly, a proto je třeba v budoucích letech sledovat další vývoj.

Tab. č. 9: Mortalita výsadeb jeřábu ptačího na výzkumné ploše U Celní cesty.

Mortalita (%)			
Varianta SAMA / Rok	2008	2009	2010
Kontrola standart	1,03	1,75	2,47
Silvamix standart	1,03	2,40	5,12
Kontrola odrostek	1	1,68	3,041
Silvamix odrostek	1	2,32	2,987

4.5 Statistická průkaznost

Z tabulky je patrné, že statisticky průkazný rozdíl dvojic je mezi typy sadebního materiálu. Hodnoty odrostků a standardního sadebního materiálu jsou vysoce průkazné.

Tab. č. 10: Průkaznosti rozdílů sledovaných dendrometrických charakteristik mezi srovnávanými skupinami, které byly stanoveny dle Mann – Whitney U Testu. Zvýrazněné hodnoty jsou statisticky průkazné na hladině 0,05 i 0,01.

Průkaznost (p) podle Mann-Whitney U Testu					
VARIANTA/ROK	i 2008	i 2009	i 2010	i 2008 - 2010	rozdíl krčku 2010-2008
Přihojeno (st + odr) Kontrola (st + odr)	p 0,000a	0,000a	0,000a	0,000a	0,000a
Odrostky (kont + Silv) Standardní (kont + Silv)	p 0,974b	0,621b	0,103b	0,825b	0,633b

5 Diskuse

Náhorní plato Jizerských hor stále prochází změnami. Dnes už se můžeme odvážit hovořit o tom, že aktivní výzkum a průběh změn s ním spojený povedou ke zdárné obnově těchto imisních holin a jednou snad k plně funkčnímu lesnímu ekosystému. Ačkoliv nejsou zjištěny přesné výsledky z dosavadních výzkumů, existují již postupy, které mají dobré předpoklady k dalšímu uplatnění. Dobrou strategií zůstává zakládání porostů s vysokým podílem listnatých dřevin. Vhodné jsou náhradní porosty tvořené přípravnými dřevinami, v našem případě *jeřábem ptačím*. BALCAR (1998) na imisní holinu doporučuje také břízu pýřitou karpatskou a olši zelenou. Výzkum by se měl z hlediska použitelnosti zaměřit také na olši šedou (KUNEŠ 2001).

Ve značném rozsahu je v imisních oblastech vysazován modřín opadavý, který je použitelný nejen jako složka náhradních porostů, ale také ho lze považovat za součást cílové skladby druhové (ŠINDELÁŘ 1988). Cílem je udržet početní stav všech těchto přípravných dřevin od počátku výsadby, používat vhodná ochranná opatření proti zvěři, udržovat jejich mechanickou stabilitu, v našem případě upevnění ke kůlu s pružným úvazkem, což je současně ochrana proti vytloukání zvěří. Tato opatření jsou nejen na výzkumné ploše U Celní cesty, ale i na ostatních výzkumných plochách samozřejmostí. Jak je z práce patrné, stále není jasné, zda je vhodné uplatnění jejich hnojení či nikoliv.

Jeřáb ptačí je považován za jednu ze zásadních dřevin pro horské lesy. Jeho široká ekologická valence, vysoká tolerance vůči imisnímu poškození, pozitivní vliv na lesní půdu a schopnost tvořit funkční porosty se zatím na výzkumné ploše U Celní cesty potvrzuje. Je třeba brát zřetel na to, že jeho výsadby jsou na počátku výzkumu. Mortalita a zdravotní stav je výsledkem působení celého komplexu faktorů prostředí a jejich interakcí (ŠINDELÁŘ 1988). Prosperita může být hodnocena po delším časovém úseku např. po deseti letech. Příkladem toho, že předčasný optimistický názor na vývoj výsadeb není na místě, je zkušenost lesníků v Krušných horách (KAŇÁK 2004). Do jejich imisních holin byla provedena výsadba našich původních druhů. Snížené emise a mírné zimy měly za následek příznivý vývoj výsadeb, který byl nástupem nepříznivých zim 1995-97 porušen. Došlo ke kolapsu náhradních porostů, objevily se opět rozsáhlé škody na mladých smrkových kulturách a lesníci byli nuceni vysadit nepůvodní, leč odolnější druhy.

BALCAR (1998) uvádí poznatky o obnově hřebenů Jizerských hor také v negativním smyslu. Od roku 1975 do roku 1990 zde vznikly rozsáhlé kalamitní holiny o rozloze asi 12 000 ha. Z provedeného hodnocení, které proběhlo v roce 1990 ohledně dosavadního zalesňování kalamitních holin v Jizerských horách, vyplývá, že výsadby našich domácích dřevin nebyly úspěšné. Kritický stav byl konstatován u kultur břízy a jeřábu, které se na obnově holin měli podílet z 13%, a dosud se nepodařilo tyto kultury zajistit, ač někteří jedinci březové kultury ve věku 2-4 let naznačovali celkem vitální růst a možnosti dalšího pozitivního vývoje. V hodnocení výsledků bylo uvedeno, že v dané oblasti nejsou v současné době k dispozici žádné výzkumné plochy, na kterých by bylo možno hodnotit výsadby, hledat a posuzovat příčiny úspěchů nebo neúspěchů růstu jednotlivých druhů dřevin. Proto byly v roce 1990

založeny pokusné plochy na středním jizerském hřebenu. Od roku 1990 byly založeny nové testované výsadby břízy bělokoré, *jeřábu ptačího* a olše zelené. V prvních třech letech docházelo u výsadeb břízy bělokoré, stejně jako u jiných výsadeb, k vysoké mortalitě (60%), způsobené zejména myšovitými a mechanickým poškozením sněhem. Výsadby jeřábu ptačího dorůstaly v prvních letech velmi rychle. V porovnání s břízou byly v prvních třech letech více poškozeny myšovitými (2/3 jedinců), což znamenalo výraznou redukci růstu. Mortalita byla vysoká, ale díky vysoké regenerační schopnosti jeřábu nižší než u břízy.

S ohledem na tyto uvedené skutečnosti, jsou proto závěry o budoucí životnosti výsadeb na výzkumné ploše U Celní cesty předčasné. Z dosavadní kontroly plochy je zřejmé, že výsadba jeřábu byla provedena dle zásad pro jeho zdárné odrůstání a většina jedinců je vitální. Prozatím se výsadby zdárně vyvíjí. Také se potvrzuje doporučení vysazovat do horských poloh speciální sadební materiál typ odrostek, který má dispozice rychle odrůstat nepříznivým podmínkám v porovnání se standardním SAMA a jeho mortalita je nižší. V případě našeho měření byla tato teorie statisticky potvrzena. Shodný výsledek uvádí také MILLEROVÁ (2009). Životnost odrostků zajisté ale podporují stabilizační kůly, které standardní sadební materiál nepotřebuje. MILLEROVÁ (2008) uvádí, že na naší výzkumné ploše byla v předchozích letech naměřena téměř dvojnásobná mortalita u standardního SAMA v porovnání s odrostky. U standardního SAMA byl příčinou mortality zlom, u odrostků uschnutí. ANDRŠ (2000) uvádí zkušenost s mortalitou výsadeb *jeřábu ptačího* v německém pohoří Harz, kdy byl vysázen spolu s olší šedou a lepkavou v počtu 28 000 ks a vykazoval nejmenší mortalitu za uplynulých 5 let, činila 7,3%. Dobrou zkušenost s odrostky uvádí Kantor (2001). V roce 1983 byly bukové odrostky o výšce 2 až 3 m vysázeny do nově založených smrkových a částečně borových kultur, kde měli tvořit pravidelně rozmístěnou meliorační kostru (spon 10×10 m). Smrk v současné době dorůstá buk, zajímavým poznatkem jsou také kvalitativní znaky buků. Více než 50% odrostků buku vykazuje průběžný kmen a všichni jedinci dobrou vitalitu. Ztráty, poškození a mortalita výsadeb vypovídají také o tom, že v podmínkách náhorního plata Jizerských hor dochází k přirozené selekci a přežívají jen nejsilnější jedinci, což je pro budoucí funkční a stabilní lesní ekosystém žádoucí. Na výzkumné ploše U Celní cesty byly výsadby jeřábu založeny v roce 2007. Výškový přírůst měřený v roce 2008 výsadeb byl v porovnání s následujícími roky poměrně vysoký. U

standardního SAMA byly přírůsty vyrovnané jak na hnojené tak nehnojené variantě. U odrostků byly také poměrně vyrovnané. U odrostků v porovnání se standardním SAMA je přírůst vyšší, ale i počáteční výška je vyšší, jedná se o vyspělejší sadební materiál. V roce 2009 jsou přírůsty nejnižší, viz kapitola 4. Vyhodnocení výsledků. V tomto roce nabývá standardní hnojený sadební materiál dokonce zápornou hodnotu, která je způsobena zlomy. Výsadby ve vysokohorských polohách jsou ohroženy sněhem, větrem, ale také námrazou, tedy zlomy bývají častým jevem. Konkrétně pro tuto problematiku doporučuje KADLUS (1985) pěstební techniku vnášení příměsí jeřábu v rozsahu 20–30% (v mládí hloučkovitou), a to v úrovni popř. v nadúrovni. V porostních okrajích, vystavených vzdušnému proudění, které přináší námrazu, je třeba zvýšit podíl listnáčů až na 50-70% do hloubky 30-50 m. Proto je účelné vysazovat listnáče jako poloodrostky a odrostky v hloučkách. Listnáče trpí námrazou (ledovkou) také, ale dokážou se s ní vypořádat lépe než jehličnany. Pokud je to možné, orientujeme obnovní linie ve směru vzdušného proudění, které přináší námrazu.

Pro zachování relace mezi reálnou výškou a jejími změnami byla záporná hodnota započtena také. Na základě konzultace s odborníky bylo rozhodnuto, že by vyřazením záporných hodnot byla ovlivněna objektivita měření. Pro potřeby měření a vyhodnocování výsledků lze chápat přírůst z dvojího pohledu. V lesnickém naučném slovníku POLENO ET AL. (1994) je definován přírůst jako změna růstové veličiny za určitou dobu, která je výsledkem činnosti kambiálních a terminálních buněk. DRÁPELA označuje přírůst a růst lesních dřevin za zákonitý průběh, kdy se rychlost růstu taxační veličiny mění v závislosti na časovém intervalu. Jelikož v našem případě je přírůst chápán jako změna výšky nadzemní části sadebního materiálu, musíme jej chápat jako konečný výsledek, ať už nabývá kladné či záporné hodnoty. Působí na něj řada faktorů, v našem případě deformace v zimním období nebo poškození zvěří. Reálný (skutečný) výškový přírůst tedy může být menší než původní výška a může také nabývat záporných hodnot. Dle reálného (skutečného) výškového přírůstu rozeznáváme reálnou skutečnou výšku, která je dána převýšením nejvyššího bodu na habitu dřeviny vůči úrovni terénu na patě kmínku a odpovídá skutečnému přírůstu. Rozlišujeme také potencionální výšku, do které se záporné hodnoty nezapočítávají, jedná se o výšku teoretickou (KUNEŠ 2001). V roce 2009 kdy bylo poprvé provedeno hnojení, zůstal přírůst malý. V roce 2010 se přírůst zvýšil, u odrostků byly hodnoty

vyšší než u standardního SAMA. Odrostky mají statisticky významnější přírůst než standardní SAMA a hnojená a nehnojená varianta se ani v jednom případě neliší.

Průměr kořenového krčku není statisticky průkazný. Hnojivo SILVAMIX MG obecně plní v případě našich výsadeb startovací funkci, kdy má zaktivovat jejich růst. Neplní zde produkční funkci. Jeho účinnost je zhruba po dobu pěti let. Zesílení kořenového krčku je patrné až v roce 2010, na což může mít vliv rozpustnost hnojiva. V lesnické literatuře jsem se setkala s úvahou týkající se vztahu mezi vápněním a výskytem myšovitých. Z úvahy vyplývalo, že aplikace vápnění podporuje zatravnění půdního povrchu. Myšovití se zdržují na travnatějších lokalitách. Konkrétní závěry vazby mezi vápněním a zvýšeným výskytem myšovitých však zřejmě nebyly dosud zkoumány. Tato úvaha by mohla být také zajímavou součástí některého experimentu. Náš experiment zabývající se aplikací hnojiva na výsadby je zatím v počátcích. Výzkumná plocha U Celní cesty byla založena v roce 2007 a první přihnojení bylo realizováno v roce 2009. Na výsadbách bylo provedeno první měření, a proto nelze vyvozovat žádné konečné závěry. Z porovnání variant hnojená/nehnojená nejsou dosud statisticky průkazné rozdíly. Jak jsem již uvedla shora, rozdíly se projeví pouze v případě typu sadebního materiálu. Pro označení výsledků za statisticky průkazné obvykle dostačuje, když hodnota průkaznosti (p) klesne pod hladinu významnosti p 0,05.

6 Závěr

V předkládané diplomové práci jsou představeny specifické rysy přírodní lesní oblasti Jizerské hory a Ještěd, počátky lesnictví na jejím území i průběh změn, které lesnictví prodělalo. Celé území bylo v osmdesátých letech 20. století výrazně zasaženo imisně-kůrovcovou kalamitou a v šedesátých letech větrnými kalamitami, zejména v centrální části ve vysokohorských partiích. Z toho důvodu se staly Jizerské hory předmětem dlouhodobých výzkumů, založených na řadě experimentů. Cílem je získat komplexní přehled o možnostech obnovy lesních porostů a o způsobu regenerace degradovaných půd. V současnosti jsou nejrozšířenějšími lesními typy kyselá smrčina třtinová a kyselá buková smrčina třtinová. Výzkumná plocha U Celní cesty se nachází u osady Jizerka pod vrchem Bukovec. Jedná se o extrémní stanoviště s narušenými půdními vlastnostmi, dále je ve výrazné mrazové kotlině a je částečně ovlivněné vodou. Pro takové stanoviště byl potencionální dřevinou *jeřáb ptačí*, který je ceněn

pro své meliorační schopnosti a schopnost zadržovat živiny. Vytváří vhodné mikroklima pro klimaxové dřeviny. Experiment se zabývá výsadbami, které jsou realizovány formou dvojsadeb, odrostek/standardní sadební materiál. Tyto dvojsadby byly rozděleny na řady s aplikací hnojiva SILVAMIX MG a kontrolní nehnojené řady.

Výsledky šetření na výzkumné ploše jednoznačně potvrdily, že speciální sadební materiál typ odrostek má na stanovišti nižší mortalitu než standardní sadební materiál. Dále bylo zjištěno, že je u odrostků patrný vyšší výškový přírůst. Vliv hnojení na měřené parametry je na počátku experimentu, není statisticky průkazný. Takové výsledky opravňují k závěru, že odrostky jsou doposud vhodným opatřením pro obnovu náhorního plata Jizerských hor. Volba *jeřábu ptačího* může zvýšit zastoupení listnatých dřevin a podílet se na přeměnách zbylých smrkových monokultur a svým opadem obohacovat degradované půdy. To je přínosné jak z hlediska ekonomického, tak pro další metody hospodaření v našich imisně poškozených horských oblastech.

7 Literatura

ÄGREN, CH.: The limit of tolerance. In: Critical Loads for Air Pollutants. Göteborg (Sweden), Secretariat on Acid Rain, 1993. 4s.

ANDRŠ, Ilja. Rehabilitace jeřábu. *Lesnická práce*. 2000, 79, 7.

BALCAR, Vratislav. Možnosti obnovy lesů na hřebenech Jizerských hor. *Lesnická práce*. 1998, 8.

BALCAR, Vratislav; ŠPULÁK, Ondřej. Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. In Jurásek et al. *Stabilizace funkcí lesa*. Opočno, 2006.

BALEK, Josef. Strategie obnovy lesa a zvýšení jeho stability v ČR. In *Možnosti obnovy a zvýšení stability lesních porostů v oblastech pod vlivem imisí*. Ústí nad Labem: Dům techniky ČSVTS, 1988. s. 155.

BALÍK, Jiří. *Základy výživy rostlin*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1993. 35 s.

BORŮVKA, Luboš, et al. Prostorové rozložení ukazatelů acidifikace půdy na území Jizerských hor. In NEUHÖFEROVÁ, Pavla. *Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004. s. 160. ISBN 80-213-1244-0.

CIENCIALA, E. – MORAVČÍK, P., 2001. Acidifikace lesních půd a podíl přirozených a antropogenních procesů. In: *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví*. Praha: Česká geologická služba, 153 s. ISBN 80-7075-655-1.

CIENCIALA, E. – HRUŠKA, J., 2001. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví. Praha: Česká geologická služba, 153 s. ISBN 80-7075-655-1.

ČSN 48 2115., (2010): Sadební materiál lesních dřevin. Vydal ÚNMZ.

DRÁPELA, K., Zach, J.: Dendrometrie (dendrochronologie). MZLU Brno, 1995. 150 s. ISBN 80-7157-178-4.

HADAŠ, Pavel. Emise, imise, depoziční toky a poškozování lesních porostů. *Lesnická práce*. 2002, 81, 10.

HADAŠ, Pavel. Stav imisí a depozicí v přírodní lesní oblasti Krušných hor. *Lesnická práce*. 2002, 81, 11.

HADAŠ, P.; LITSCHMANN, T. Změna porostního mikroklimatu vyvolaná plošným odlesněním. In *Bioclimatology and natural hazards : Sborník z mezinárodní vědecké konference*. Slovensko: 2007. ISBN 978-80-228-17-60-8.

HRUŠKA, J. CIENCIALA, E. Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví I. *Lesnická práce*, 11/2001.ročník 80, s. 494

HRUŠKA, Jakub; KRÁM, Pavel; SCHWARZ, Otakar. Kyselé deště stále s námi. *Lesnická práce*. 1999, 78, 6. 256 – 259 s.

CHLÁDEK, J., NOVOTNÝ, P.: Posouzení různých druhů melioračních dřevin z hlediska jejich perspektivního využití v imisní oblasti Orlických hor. In: Meliorační a zpevňující dřeviny – přínos nebo ztráta pro lesní hospodářství? Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy 2. 6. 2005, ed. P. Neuhöferová, 152 s. – KPL FLE ČZU v Praze 2005. s. 29-42.

KADLUS, Zdeněk. *Aktuality v pěstování a ochraně lesů: pomocná kniha pro střední lesnické technické školy*. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985. 135 s.

KANTOR, Petr; PEKLO, Zdeněk. Hodnocení výsadeb odrostků buku na školním polesí Hůrky. *Lesnická práce*. 2001, 80, 10.

KLEČKA, Stanislav. *Poloodrostky a odrostky lesních dřevin: Sborník referátů*. 1. vydání. Praha: Česká lesnická společnost, 1998. 48 s. ISBN 80-02-01236-4.

KLIMO, E. (1993): *Ekologie lesa. /Ekology of the Forest/*. Brno, VŠZ v Brně. 170 s.

KUBELKA, Lubomír. *Obnova lesa v imisemi poškozované oblasti severovýchodního Krušnohoří*. Praha: Ministerstvo Zemědělství, 1992. 133 s.

KUBELKA, L.: Účinnost leteckého vápnění v oblasti Krušných hor. *Lesnická práce*. 1988,67,12.

KULA, E., HRDLIČKA, P. Chemismus břízy v podmínkách měnící se imisní zátěže a nastupující revitalizace. Zpráva IGA MZLU v Brně, Brno, 2004. 22 s.

KUNEŠ, Ivan. *Vliv vápnění a aplikace mouček bazických hornin na růst a vývoj výsadeb lesních dřevin na imisní holině lokality Jizerka*. Praha, 2001. 110 s.

KUNEŠ, Ivan; ULBRICHOVÁ, Iva; PODRÁZSKÝ, Vilém. Působení povrchového vápnění v podmínkách imisních holin. *Lesnická práce*. 2003, 82, 12.

LHOTSKÝ, Jiří. a kol. *Degradace lesních půd a jejich meliorace*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. 206 s. ISBN 07-109-87.

LEPŠOVÁ, Anna. Ektomykorhiza pod vlivem acidifikace, vápnění a hnojení lesa I. - Reakce kořenů a mykorhiz. *Lesnická práce*. 2003, 82, 5.

LOKVENC, T. et al.: Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí: Správa KRNAP, Opočno: VÚLHM, VS Opočno, 1992. 111 s.

LOKVENC, T. – VACEK, S., 1993. Použití autochtonních a zdomácnělých dřevin pro zalesňování imisních holin. In: *Opera Corcontica 30*. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha. ISBN 80-209-0240-6.

MATERNA, Jan. Vápnění - pohled do minulosti. *Lesnická práce*. 2001, 80, 11.

MAUER, Oldřich. *Deteriorizace a rekultivace I*. 1. vydání. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 1985. 190 s. ISBN 55-948-85.

MAUER, Oldřich. *Deteriorizace a rekultivace II*. 1. vydání. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 1985. 190 s. ISBN 55-948-85.

MAUER, Oldřich. Pěstování poloodrostků listnatých dřevin. *Lesnická práce*. 1999, 78, 2.

MAUER, O. – PALÁTOVÁ, E.: Architektonika kořenového systému dřevin horského lesa, In: Pěstování lesů v podmínkách antropicky změněného prostředí. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně a Školní lesní podnik Masarykův les Křtiny, 1999. 217 s.

MAUER, O. - PALÁTOVÁ, E.: Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. In: *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa*. Sborník přednášek z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce* 2004, s. 22 - 26.

MILLEROVÁ, Kateřina. *Prosperita experimentálních výsadeb jeřábu ptačího v Jizerských horách*, 2010. 53 s. Diplomová práce. Česká Zemědělská Univerzita v Praze.

NÁROVEC, V., et al.: Sadební materiál lesních dřevin. 1990.

NĚMEC, Antonín. *Meliorace degradovaných lesních půd*. 1. vydání. Praha: Brázda, Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 1956. 291 s. D-03683.

NEUHÖFFEROVÁ, Pavla. *Využití chemické meliorace v lesním hospodářství: Sborník referátů*. 1. vydání. Praha: Česká Zemědělská Univerzita v Praze, 2006. 132 s. ISBN 80-213-1476-1.

OPRL: Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 21 – Jizerské hory a Ještěd. Platnost 2000 – 2019. UHÚL, pob. Jablonec n. Nis., 1999. 242 s.

PAVLŮ et al. Různé způsoby studia chemické degradace půd v oblasti silně ovlivněné kyselou depozicí. In: *Bioclimatology and natural hazards : Sborník z mezinárodní vědecké konference*, Slovensko: 17 - 20. 10. 2007. ISBN 978-80-228-17-60-8.

PELC, F. (1992): Ekologické aspekty lesního hospodaření v Jizerských horách. In: Sborník k 25 letům Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Liberec, Správa CHKO Jizerské hory 1992. 81 s.

PODRÁZSKÝ, Vilém. a kol. *Možnosti revitalizace lesních půd imisních oblastí*. 1. vydání. Praha: Česká Zemědělská Univerzita v Praze, 2001. 56 s. ISBN 80-213-0745-5.

PODRÁZSKÝ, V. (1996): Vápnění lesů. In: racionální použití průmyslových hnojiv věnované problematice vápnění a hnojení hořčíkem. Sborník z konference ČZU Praha 28. 11. 1996. s. 43 – 47.

PODRÁZSKÝ, Vilém. Vápnění v extrémních stanovištních podmínkách. *Lesnická práce*. 1998, 12.

PODRÁZSKÝ, V. (2001): Výzkum vápnění v imisních oblastech. In: 50 let pěstebního výzkumu v Opočně. Sborník z celostátní konference v Opočně, při příležitosti 80. Výročí vzniku VÚLHM. Jíloviště – Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001. ISBN 80-86461-11-4.

POLENO, Zdeněk. *Lesnický naučný slovník, díl I. a II.*. Praha: Ministerstvo Zemědělství, 1994. 743 s. ISBN 80-7084-111-7.

PRŮŠA, E. 2001. Pěstování lesů na typologických základech. Kostelec nad Černými lesy, *Lesnická práce*: 594 s.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; KRATOCHVÍL, Jiří. Výsledky aplikace hnojiv řady SILVAMIX. *Lesnická práce*. 1999, 78, 2.

REJŠEK, Klement. *Lesnická pedologie: cvičení*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999.

REMEŠ, Jiří; ULBRICHOVÁ, Iva; PODRÁZSKÝ, Vilém. Ekologické nároky a funkční význam smrku pichlavého. *Lesnická práce*. 2002, 81, 7.

REMEŠ, J. – VIEWEGH, J. – PODRÁZSKÝ, V. – VACEK, S., Výsledky aplikace hnojiv řady SILVAMIX v lesních porostech. *Lesnická práce*. 2004, 84, 2.

SAMEC, Pavel; VAVŘÍČEK, Dušan; MACKŮ, Jaromír. Acidifikace versus pufrace lesních půd. *Lesnická práce*. 2008, 87, 5.

SKOŘEPA, Hynek. *Lesy Dražanské vrchoviny*. 1. vydání. Boskovice: Albert, 2006. 153 s. ISBN 80-7326-101-4.

SLODIČÁK, M. a kol. Lesnické hospodaření v Jizerských horách = Forestry management in the Jizerské hory Mts. 1. vydání. Hradec Králové: Lesy České republiky, s.p. a Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2005. 232 s. ISBN 80-86945-00-6 (Hradec Králové), ISBN 80-86461-51-3 (Jíloviště-Strnady).

ŠACH ET AL. Mohou imise i dnes škodit lesním porostům v Orlických horách?. *Lesnická práce*. 1999, 78, 10.

ŠARMAN, J., 2004. Vliv meliorační dřeviny na vlastnosti lehké půdy. In: Dřeviny a lesní půda: biologická meliorace a její využití. Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 2004, FLE ČZU Praha, ISBN 80-213-11460.

ŠRÁMEK, Vít. Žloutnutí smrkových porostů v České republice - nové projevy staré zátěže?. *Lesnická práce*. 2001, 80, 11.

ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., LOMSKÝ, B., 2006. Vápnění lesních porostů v ČR v letech 2000 – 2004, In: Využití chemické meliorace v lesním hospodářství - sborník referátů, ČZU v Praze 23. Března., s. 17 – 21.

ULBRICHOVÁ, I., REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V.: Dynamika stavu lesních půd a výživy výsadeb v imisních oblastech - vliv provozního vápnění. /Dynamics of forest soils and nutrition of plantations in immission areas - practice liming effects/. In. Krajina, les a lesní hospodářství. I. /Sborník z konference 22. a 23. 1. 2001/. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze 2001, s. 123 - 128. ISBN 80-213-0703-X.

VACEK, S., LOKVENC, T., SOUČEK, J.: Podsadby lesních porostů. Metodika použití podsadeb pro obnovu a stabilizaci porostů ohrožených a poškozených imisně ekologickými vlivy, zejména v horských polohách. [Underplanting of forest stands - Techniques for practice]. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací 1995. 31 s.

VAVŘÍČEK, Dušan. Tabletovaná hnojiva Strom-Konifer a Strom-Folixyl a jejich použití v lesním hospodářství - I. *Lesnická práce*. 2000, 79, 7.

TESAŘ, V., BAJZA, R., 1999. Růstové změny nárostů s účastí jeřábu ptačího v horském lese. In: *Zpravodaj Beskydy „Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd“*, Ediční středisko MZLU v Brně, ISBN 80-7157-374-4.

8 Přílohy

Příloha č. 1: Seznam zkratk, tabulek, obrázků.....	79
Příloha č. 2: Schematické zobrazení výzkumné plochy U Celní cesty.....	80
Příloha č. 3: Lokalizace výzkumné plochy U Celní cesty.....	81
Příloha č. 4: Nákres aplikace tabletovaného hnojiva SILVAMIX MG.....	82
Příloha č. 5: Fotodokumentace.....	83

Příloha č. 1: Seznam zkratk, tabulek a obrázků

Podrobnější vysvětlení zkratk

Zkratka		Vysvětlivka
Název	SAMA	Sadební materiál
Název	SO	Směrodatná odchylka

Seznam tabulek

Číslo	Název
Tab. č. 1	Zastoupení lesních vegetačních stupňů v PLO 21
Tab. č. 2	Současné zastoupení dřevin
Tab. č. 3	Míra poškození imisemi
Tab. č. 4	Složky živin - SILVAMIX MG
Tab. č. 5	Potřeba vápnění dle půd
Tab. č. 6	Vývoj průměrné výšky nadzemní části SAMA
Tab. č. 7	Vývoj průměrného výškového přírůstu SAMA
Tab. č. 8	Vývoj kořenového krčku
Tab. č. 9	Mortalita výsadeb jeřábu ptačího
Tab. č. 10	Průkaznosti rozdílů sledovaných dendrometrických charakteristik

Seznam obrázků

Číslo	Název
Obr. č. 1	Grafické zpracování průměrné výšky SAMA
Obr. č. 2	Grafické zpracování průměrného přírůstu
Obr. č. 3	Grafické zpracování vývoje průměru kořenového krčku

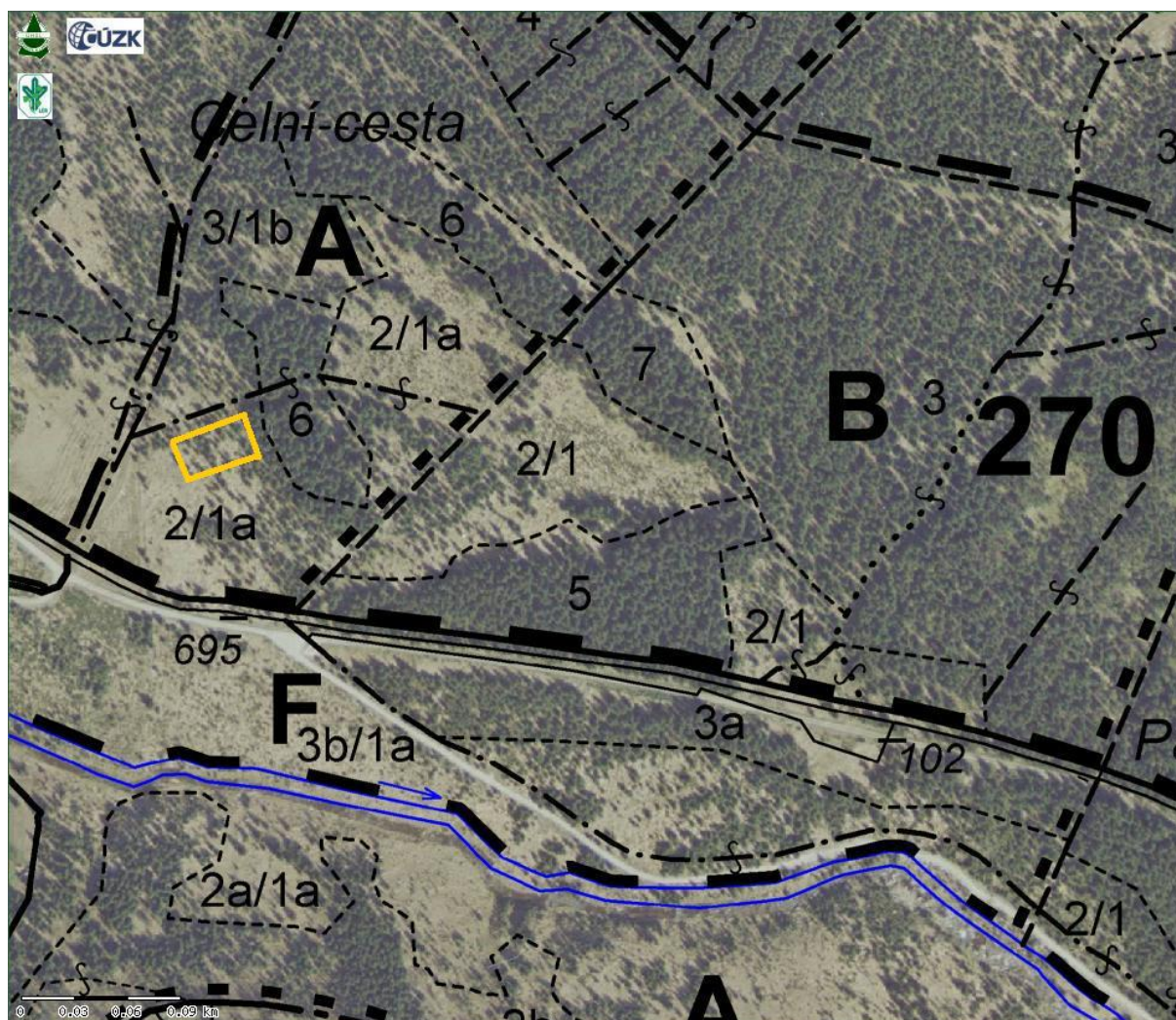
Příloha č. 2:


Schematické zobrazení výzkumné plochy U Celní cesty

Výzkumná plocha U Celní cesty, dvojsadby jeřábu ptačího, řady jsou značeny římskými číslicemi

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
					25	25	25	25		25	25		
	24	24							24	24	24		
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	kontrola												
	hnojeno												
	nevysazen												
1	standard SAMA												
1	odrostky												

Příloha č. 3: Lokalizace výzkumné plochy U Celní cesty

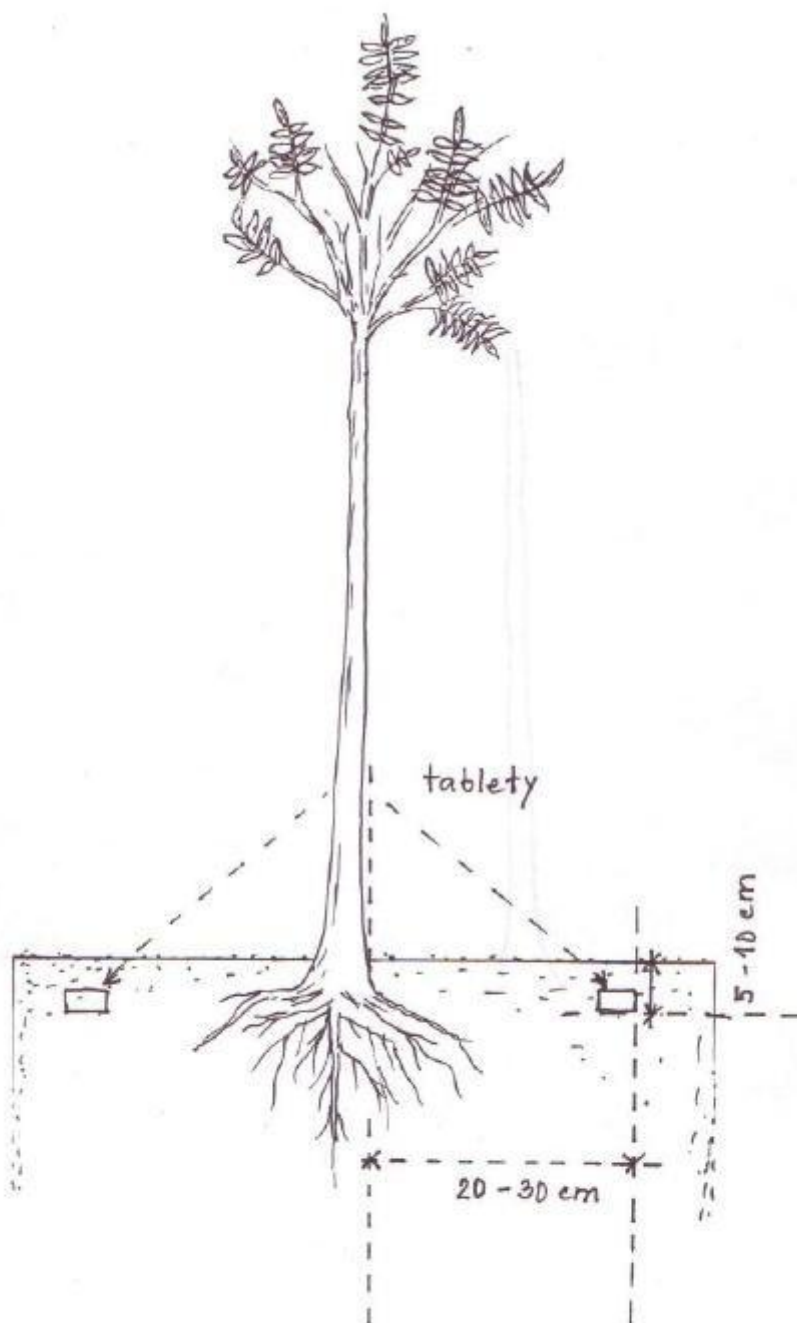


 výzkumná plocha U Celní cesty

Zdroj: ÚHUL

Příloha č. 4:

**Nákres aplikace tabletovaného hnojiva SILVAMIX MG,
pravidelné trojúhelníkové rozmístění tablet**



Autor: Z. Hubená

Příloha č. 5: Fotodokumentace
Přežívající jeřáb ptačí ve smrkové mlazině



FOTO: Z. Hubená



Schopnosti jeřábu ptačího



Výsadba odrostků jeřábu ptačího



FOTO: M. Baláš

Poškození jeřábu ptačího



FOTO: M. Baláš

Odrostky jsou stabilizovány dřevěnými kůly (r. 2010)