



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie

Biomasa olše šedé v horských podmínkách a ovlivnění její produkce

Biomass of speckled alder under mountain conditions and the influence of its production

Diplomová práce

Zpracovala: Bc. Jaroslava Pohlová

Vedoucí práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Odborný konzultant: Ing. Ivan Kuneš, Ph.D.

2011



Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra: ekologie

Fakulta životního prostředí

Akademický rok: 2009/2010

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

pro: sl. Jaroslavu Pohlovou

obor: EKOL

Název tématu:

Biomasa olše šedé v horských podmínkách a ovlivnění její produkce

Název tématu v anglickém jazyce:

Biomass of speckled alder under mountain conditions and the influence of its production

Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši týkající se problematiky lesních porostů v Jizerských horách a možnosti uplatnění cílené biologicko-chemické meliorace pro stabilizaci degradovaných stanovišť.

Popište způsob založení pokusné výsadby olše šedé na výzkumné ploše Jizerka, v rámci níž bude studie o biomase vyhotovena.

Zpracujte odebrané stromové vzorníky.

Navrhněte způsob vyhodnocení laboratorních výsledků týkajících se množství biomasy a jejího chemického složení.

Výsledky vyhodnotte.



Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 60 stran

Seznam odborné literatury:


- Bibby C.J., Burgess N.D. & Hill D.A. 1992: Bird Census Techniques. Academic Press, London.
McArthur R.H. & McArthur J.W. 1961: On Bird Species Diversity. Ecology 42: 597-598.
Wiens 1992: The Ecology of Bird Communities. Cambridge University Press, Cambridge.
Palomino D. & Carrascal L.M. 2007: Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. Biological Conservation 140: 100-109.
Slabbekoorn H & Ripmeester E.A.P. 2008: Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. Molecular Ecology 17: 72-83.
Meunier F.D., Verheyden C. & Jouventin, P. 1999: Bird communities of highway verges: Influence of adjacent habitat and roadside management. Acta Oecologica 20/1: 1-13.
Kuitunen, M; Rossi, E; Stenroos, A. 1998: Do highways influence density of land birds? Environmental Management 22/2: 297-302.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: doc. Mgr. M. Šálek, Dr.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011


Prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Vedoucí katedry




Prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.
Děkan

V Praze dne

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Biomasa olše šedé v horských podmínkách a ovlivnění její produkce** vypracovala samostatně za použití odborných literárních zdrojů, které cituji a uvádím v seznamu literatury v závěru práce.

V Praze dne

Jaroslava Pohlová

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Zasadilovi, Ph.D. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Ivanu Kunešovi, Ph.D. za četné cenné rady, organizaci terénních výjezdů a za přátelský a trpělivý přístup. Ing. Martinu Balášovi a Ing. Tereze Koňasové děkuji za pečlivé recenzování práce, Ing. Danielu Zahradníkovi, Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování. Poděkování patří všem členům jizerskohorského výzkumného týmu, bez jejichž pomoci by projekt nemohl být realizován. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při celé době studia.

Práce vznikla za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum (výzkumný projekt QH 92087) a za pomoci Nadace pro záchranu Jizerských hor (výzkumné projekty ZGP 05/2006 a 090105).

Abstrakt

Lesní ekosystémy Jizerských hor byly následkem silné imisní zátěže těžce poškozeny. Na stanoviště vyčerpaná dlouhodobou acidifikací s nevhodnou druhovou skladbou je třeba vysadit cílové dřeviny a porosty druhově obohatit o příměs cílových listnáčů, případně jedle. Uvedené cílové dřeviny však v nepříznivých podmínkách náhorního plata často nelze úspěšně vysadit bez porostů přípravných dřevin, které jsou schopny tlumit klimatické extrémny a svým opadem meliorovat stanoviště. Předkládaná práce se zabývá cíleným podpořením produkce biomasy olše šedé (*Alnus incana* Moench) jakožto přípravné meliorační dřeviny, prostřednictvím ploškového a jamkového přihnojení v horských podmínkách. Experiment byl založen na výzkumné ploše Jizerka na bývalé imisní holině v Jizerských horách v nadmořské výšce 950 m. Sazenice byly vysazeny v roce 2003 ve sponu 2 x 1 m po 50 kusech na 7 plochách. Tři plochy byly kontrolní, dvě plošně a dvě jamkově přihnojené. Pro laboratorní analýzu byly odebrány vzorníkové stromy po páté vegetační sezóně. Meliorační zásah měl největší vliv na množství sušiny a absolutní obsah makroelementů. Váha sušiny průměrných stromů byla u varianty KON 84 g, POV 226 g a JAM 231 g. Absolutní obsah makroelementů v sušině průměrného stromu (nadzemní i podzemní část) pak byl ve variantě POV a JAM 2,6 a 2,5krát (N); 2,4 a 1,6krát (P); 2,0 a 1,7krát (K), 2,0 a 2,1krát (Ca); 2,0 a 1,8krát (Mg); 2,1 a 2,1krát (S) vyšší než jejich hodnoty v kontrolní variantě. Celkově byl tedy absolutní obsah živin POV a JAM 2,3 a 2,2krát vyšší než KON. Z dosažených výsledků vyplývá, že přihnojení mělo na tvorbu biomasy pozitivní vliv. Lze konstatovat, že olše šedá je vhodným přípravným druhem použitelným jak pro tvorbu porostního krytu tak pro obohacování horských degradovaných stanovišť prostřednictvím svého opadu, a to zejména po cílené melioraci.

Klíčová slova: *Alnus incana*, Jizerské hory, meliorace, přípravné dřeviny

Abstract

Forest ecosystems in the Jizera Mountains were heavily damaged due to heavy pollution loads. The sites depleted by long-term acidification and afflicted with inappropriate species composition should be planted with the target tree species and the growth should be diversified by the admixture of target deciduous trees or fir trees. However, in the adverse conditions of the upland plateaux these target tree species can often not be successfully planted without pioneer species growth that are able to dampen the climate extremes and meliorate the site through their waste. This thesis deals with a purposeful support of the biomass production of the gray alder (*Alnus incana* Moench), a pioneer ameliorative species, through the surface treatment and the planting hole treatment in mountain conditions. The experiment was conducted on the research site Jizerka, a former pollution clearing in the Jizera Mountains at an altitude of 950 m a.s.l. The seedlings were planted in 2003 at planting space 2 x 1 m on 7 areas of 50 pieces each. Three of the seven areas served for testing, two for surface treatment and two for planting hole treatment. Five growth seasons after planting and fertilization, six alders from each treatment were taken for laboratory analysis. The most pronounced effects of fertilizing were registered in dry mass quantity and consequently in the absolute amounts of macroelements. The values of dry mass weight of an average tree in the KON, POV and JAM treatments were 84g, 226g and 231g, respectively. The absolute contents of macroelements (aboveground and underground parts) per a tree in the fertilized treatments in the POV and JAM variants were 2.6 and 2.5 times (N) 2.4 and 1.6 times (P), 2.0 and 1.7 times (K), 2.0 and 2.1 times (Ca), 2.0 and 1.8 times (Mg), 2.1 and 2.1 times (S) higher than their respective values in the testing variant. The absolute content of nutrients POV and JAM was 2.3 and 2.2 times higher than KON. The final results imply that additional fertilizing had positive effect on the biomass creation. It can be concluded that the gray alder is a suitable pioneer species both for growth cover creation and for enrichment of depleted mountain sites through the production of its waste, especially after intentional melioration.

Key words: *Alnus incana*, amelioration, Jizerské Mts., pioneer species

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce.....	11
3. Rozbor problematiky – literární rešerše	12
3.1. Problémy přeměn monokultur	12
3.2. Problémy lesů horských oblastí.....	12
3.3. Zatížení Jizerských hor	13
3.4. Emise a imise.....	16
3.4.1. Suchá depozice	17
3.4.2. Mokrý depozice	17
3.4.3. Působení kyselého deště.....	18
3.4.4. Antropogenní zdroje emisí síry a sloučenin dusíku	20
3.4.5. Zdroje imisí působící na lesy Jizerských hor	20
3.4.6. Problémy imisních holin	21
3.5. Biomasa a živiny	22
3.6. Meliorace	25
3.6.1. Chemická meliorace	25
3.6.2. Biologická meliorace.....	27
3.6.3. Samovolná sukcese	28
3.7. Olše šedá(<i>Alnus incana</i> Moench.).....	29
3.7.1. Charakteristika	29
3.7.2. Ekologie	30
3.7.3. Rozšíření.....	30
3.7.4. Využití.....	31
3.7.5. Olše jako přípravná dřevina	32
4. Metodika.....	34
4.1. Charakteristika prostředí výzkumu – Jizerské hory	34
4.1.1. Geomorfologie	34
4.1.2. Klima.....	34
4.1.3. Lesy	35
4.2. Výzkumná plocha Jizerka.....	37
4.3. Založení pokusu.....	38
4.4. Měření výšek stromů a přírůstu	40
4.5. Odběr vzorků	40
4.6. Zpracování	40
4.7. Laboratorní analýza	41
4.8. Statistická analýza	42

4.9.	Modely pro zjištění biomasy z biometrických charakteristik.....	42
5.	Výsledky.....	43
5.1.	Koncentrace jednotlivých makroelementů v sušině nadzemních částech stromů.....	43
5.2.	Koncentrace jednotlivých makroelementů v sušině podzemních částech stromů.....	44
5.3.	Modely pro zjištění biomasy a vypočítané množství biomasy.....	46
5.4.	Absolutní obsah makroelementů v nadzemních částech stromů.....	49
5.5.	Absolutní obsah makroelementů v podzemních částech stromů.....	50
5.6.	Mortalita, výška výsadeb, výškový přírůst.....	51
5.7.	Celkový obsah živin.....	53
6.	Diskuse.....	55
7.	Závěr.....	58
8.	Použité zkratky.....	59
9.	Použitá literatura a literární zdroje.....	59
10.	Přílohy.....	A

1. Úvod

Jizerské hory se nacházejí v jedné z nejvíce znečištěných oblastí na kontinentě (Manczyk 1999), v oblasti tzv. „černého trojúhelníku“ (Křeček, Hořická 2001). V této oblasti od 60. let 20. století elektrárny vypouštěly do ovzduší nejvíce oxidu siřičitého na světě (Hruška, Kopáček 2009). Lesní ekosystémy pak byly následkem silné imisní zátěže těžce poškozeny. K největším škodám v Jizerských horách došlo v hřebenových partiích, kde imisemi oslabené porosty následně podlehly extrémním klimatickým stresům a hmyzím kalamitám (Balcar 1998). Z extrémních podmínek Jizerských hor lze jmenovat drsné klima (Nevrlý 1983; Bubeníčková 1980), plocha silně ovlivněná okyselujícími procesy v důsledku vysokých srážek, přirozeně kyselého podloží (žula), vysoké depozice síry a dusíku, nevhodné hospodaření v lesích, zabuřnění (Borůvka et al. 2005; Drábek et al. 2007).

V dnešní době jsou již holiny z velké části zalesněny, avšak mnohdy introdukovanými a z hlediska ochrany přírody nevhodnými dřevinami – především smrkovými a borovými exoty. Nyní je tedy potřeba přeměny porostů náhradních dřevin na porosty dřevin cílových pro stabilitu a trvanlivost lesních ekosystémů, pro požadavky ochrany přírody apod. (Balcar et al. 1999). Pro zvyšování ekologické stability horských lesů je důležité zavádění dostatečné příměsi stanovištně přirozených listnatých dřevin (Višňák 2001). Avšak zakládání nových lesních porostů na imisních holinách má své specifické problémy, jako je přemnožená zvěř, myšovití hlodavci, hmyz, úspěšná aklimatizace sazenic v často extrémně nepříznivých růstových podmínkách a v neposlední řadě nepříznivé půdní podmínky (Balcar, Podrázský 1995).

Nepříznivé půdní podmínky (vyčerpání stanovišť, snížení organické hmoty v půdě) lze řešit melioračními opatřeními. Proto se v 80. letech (v období zhruba maximální imisní zátěže) v Jizerských horách využívalo provozní vápnění, zejména v lokalitách, kde probíhala obnova lesních porostů (Apltaufer et al. 2004). Výsledky šetření tohoto vápnění však neprokázaly příliš výrazný vliv na stav lesních ekosystémů (Podrázský et al. 2001).

V současné době se kromě meliorace chemické dostává do popředí otázka biologické meliorace lesních půd (Podrázský, Ulbrichová 2003) prostřednictvím přípravných dřevin. Tyto dřeviny působí na půdu a cílové dřeviny mnohem přirozenějším způsobem než chemická meliorace – např. prostřednictvím opadu listů (Granhall 1994), chrání proti mrazu (Zakopal 1958).

Jednou z našich domácích přípravných dřevin je olše šedá. Je to světlomilná, pionýrská dřevina, tolerantní k množství dostupné vody. Snáší půdu chudou na živiny, roste dokonce i na silně kyselých a rašelinných půdách, je nenáročná na klima (Úřadníček, Maděra et al. 2001), nebývá poškozována zvěří, její listí bohaté dusíkem se dobře rozkládá (Fér 1994) a její regenerace je rychlejší než u ušlechtilých listnáčů (Landa 1955). Z těchto důvodů lze předpokládat, že je olše šedá vhodnou přípravnou dřevinou pro drsné podmínky Jizerských hor.

Proto byl v roce 2003 na Výzkumné ploše Jizerka zřízen výsadbový experiment s cílem zjistit, jak olše šedá reaguje tvorbou biomasy na jamkové a povrchové přihnojování na extrémním stanovišti jizerskohorské holiny.

2. Cíle práce

- Prostřednictvím experimentu zjistit, zdali lze cíleně podpořit produkci organické biomasy olše šedé chemickou meliorací, a tím vytvořit přípravný porost za účelem vrácení biomasy do půdy.
- Porovnat účinnost povrchového a jamkového přihnojení.

3. Rozbor problematiky – literární rešerše

3.1. Problémy přeměn monokultur

V současné době je v mnoha zemích ve střední a severní Evropě hlavním cílem lesního hospodářství a politiky převést jehličnaté monokultury na listnaté nebo smíšené lesy (Baumgarten, Teuffel 2005). Stejně tak zásadním předpokladem zvyšování ekologické stability horských lesů je zavádění dostatečné příměsi stanovištně přirozených listnatých dřevin. Tyto dřeviny je nutno do monokultur rovnoměrně přimísovat, nikoliv vysazovat stejnorodé skupinky (Višňák 2001). Přeměna monokultur na smíšené lesy je v současné době z několika důvodů velkým problémem lesního hospodářství a politiky ve střední Evropě. Ačkoliv existují poměrně zřejmé poznatky ve prospěch smíšených lesů (smíšené lesy jsou například odolnější vůči biotickým i abiotickým disturbancím), soukromí vlastníci lesů a lesní ekonomové nepreferují smíšené lesy, protože se domnívají, že jsou tyto lesy méně ziskové. Autoři dále upozorňují, že lesní ekonomie má značné výzkumné mezery a že budoucí výzkum smíšených lesů z pohledu lesního hospodářství bude poměrně dlouhý (Knoke et al. 2008).

Přeměny monokultur mají i jiné problémy než ekonomické. Jak uvádí např. Višňák (2005), možnosti zavádění listnatých dřevin limituje přemnožená zvěř, což vynucuje ochranu výsadeb, jejichž účinnost zůstává otevřenou otázkou. Dalším problémem jsou specifické horské podmínky (viz dále). Kuneš et al. (2010) poukazuje na odrostky, které by do jisté míry mohly čelit problémům extrémních horských stanovišť. V současné době je tento typ sadebního materiálu ve zkušebním a částečně i provozním režimu na extrémních stanovištích v Jizerských horách.

3.2. Problémy lesů horských oblastí

Při přeměnách monokultur je třeba počítat i se specifickými hor. Hlavní podmínkou lesů v horských oblastech jsou vysoké polohy pohoří. Les na alpské hranici je snadno zranitelný, při kolonizaci hor byl mnohde devastován. Podoba horských ekosystémů je měněna globálním vlivem znečištění ovzduší. S poškozováním horských lesů se mění i ekologická situace. Rozhodující ekologický význam pro růst stromů a porostu ve vysokých polohách mají teplotní limity a proudění vzduchu. Toto proudění vytváří spolu se znečištěním v ovzduší „imisi proud“ – fyziologicky účinný násobek koncentrace a rychlosti větru. Imisi proud vyvolává nové rozkladné účinky v lesním komplexu, ve vlastním porostu i v korunovém tělese jednotlivého stromu (Hladík et al. 1993). Poté mohou porosty odumřít, člověk je vykácí, a tak vzniknou holiny.

Pokud už jednou vzniknou holiny, dochází zvláště na nich k silnému synergickému provázání přirozených stresových faktorů s působením imisí a juvenilní dřeviny musí překonávat značný odpor prostředí (Hladík et al. 1993). Hlavním problémem při zakládání nových lesních porostů na kalamitních (imisních) holinách je překonání šoku sazenic z přesazení a úspěšná aklimatizace v často extrémně nepříznivých růstových podmínkách. Kromě imisí, drsného klimatu, zvěře, myšovitých hlodavců a hmyzu se zde podílejí na vysokých ztrátách i nepříznivé půdní podmínky (Balcar, Podrázský 1995). Snížená drsnost povrchu zvyšuje rychlost proudění vzduchu, které se pak stává jako součást imisního proudu přímým stresorem. Také se rozšiřují teplotní amplitudy během dne a zvětšuje se frekvence přízemních pozdních mrazíků (Hladík et al. 1993).

Právě pozdní mrazy jsou jedním z důležitých faktorů limitujících obnovu lesa. Poškozují hlavně stinné a polostinné cílové dřeviny, ale na extrémních stanovištích i některé pionýrské dřeviny. Proto obnova lesa na těchto lokalitách vyžaduje specifická pěstební opatření, umožňující mladým rašícím stromkům překonat kritické období. Z tohoto důvodu je třeba pomocí přípravných dřevin vytvořit prostředí s příznivější teplotní dynamikou (Balcar, Špulák 2006). Např. Balcar (1998) zmiňuje, že ačkoliv byl v původní druhové skladbě lesa (na VP Jizerka¹, v daném případě kyselá oligotrofní bučina) zřejmě zastoupen buk lesní i javor klen, docházelo u těchto dřevin k silnému poškození vlivem drsného klimatu a částečně vlivem myšovitých hlodavců.

Dalším problémem odlesněných částí hor je expanze třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*). Gorham et al. (1979) zmiňují, že tato expanze může pomoci zabránit vysokým ztrátám živin, k nimž dochází po narušení lesního prostředí. Kooljiman et al. (2000) však tuto třtinu popisují jako velmi problematický druh pro přírodní i umělou obnovu. Baláš a Kuneš (2010) však upozorňují na možnost perspektivního využití odrostků na stanovištích se silným tlakem buřeně.

3.3. Zatížení Jizerských hor

Lesní ekosystémy byly v minulosti několikrát poškozeny – jak hmyzími škůdci, tak vlivem člověka.

¹ více o VP Jizerka v kapitole „Výzkumná plocha Jizerka“

3.3.1. Obaleč modřínový

V roce 1977 bylo v Jizerských horách a v části Krkonoš zjištěno přemnožení obaleče modřínového. V roce 1979 byl zaznamenán škodlivý výskyt tohoto škůdce na ploše 4 500 ha. Žírem housenek byly poškozeny smrky všech věkových tříd. Zejména v Jizerských horách byl kritický stav lesních porostů, neboť zde stromy byly citelně oslabeny imisemi (Šrot 1981).

3.3.2. Antropogenní zatížení

V šedesátých letech dvacátého století došlo v Jizerských horách k výraznému poškození porostů spojenému s rozsáhlým odlesněním v důsledku větrné kalamity. V osmdesátých letech propukla kalamita imisní (Fadrhonsová et al. 2003). Apltauer et al. (2006) zmiňují, že za oběť imisní a kůrovcové kalamitě padly tisíce hektarů lesních porostů. Ze studie v Krkonoších z let 1976–1997 vyplývá, že poškození porostů většinou narůstá se stoupající nadmořskou výškou a že imisní stres je provázen zvýšeným výskytem hmyzích škůdců (Vacek, Matějka 1999). Ke škodlivému působení imisí na lesní porosty v centrální části pohorí výrazně přispívají větrné podmínky Jizerských hor (Nevrlý et al. 1983). Červený et al. (1984) uvádějí, že nejvíce jsou imisemi poškozovány stromy na návětrných svazích a hřebenech, kde nepříznivě působí vítr a námraza. Jestliže jsou stromy poškozené klimatickými faktory zasaženy i imisemi, většinou odumírají. Balcar (1998) zmiňuje, že v důsledku likvidace odumírajících lesů vznikly v letech 1975–1990 převážně ve vyšších polohách rozsáhlé kalamitní holiny o celkové rozloze asi 12 000 ha, což představuje odlesnění podstatné části jizerskohorských hřebenů a náhorní plošiny. Odtěžením odumírajících lesů se tak zabránilo přirozenému tlení dřeva, které by mohlo zlepšit kvalitu půdy. Z mrtvé rostlinné hmoty totiž rozkládající komunity provádějí mineralizaci základních prvků a vznik půdní organické hmoty (Swift et al. 1979). Višňák (2001) uvádí, že ideálním postupem obnovy imisně poškozených lesů je obnova pod clonou odumírajícího či odumřelého dřeva. Většina těchto porostů však již byla vytěžena nebo se rozpadla do té míry, že požadované ekologické funkce plní jen částečně.

Od konce osmdesátých let docházelo v zájmové oblasti k postupnému zlepšování zdravotního stavu porostů. V roce 1996 ale došlo k náhlému zhoršení zdravotního stavu porostů vlivem nárazového působení imisí. Toto zhoršení se projevovalo zčervenáním a následnou defoliací posledního ročníku jehličí. U dospělých porostů se zvýšila defoliace, u porostů mladých se zhoršení zdravotního stavu projevilo pouze na některých porostních stěnách. Dalším obdobím zhoršeného stavu v některých lokalitách byly léta 1999–2002, ve většině případů

došlo ke žloutnutí smrkových porostů. Významnou příčinou narušení zdravotního stavu je nedostatečná výživa porostů. Poškození lesních porostů v Jizerských horách se výrazně projevuje na stavu kořenového systému (Fadrhonsová et al. 2003).

V devadesátých letech pak došlo k výraznému poklesu imisní zátěže. Současné problémy zdravotního stavu jsou ale do značné míry důsledkem i pokračováním uvedených kalamit, zejména kvůli narušení mikro- a mezoklimatu porostů ve vrcholových partiích hor a také kvůli degradaci půd (Fadrhonsová et al. 2003). Dalším důvodem současného zdravotního stavu jsou i nevhodná druhová, prostorová a věková skladba porostů, jak se domnívají Apltauer et al. (2006).

Kalamitní plochy se v průběhu devadesátých let podařilo za významného použití náhradních dřevin zalesnit. Jednalo se především o exotické druhy smrků. Měly zabránit vzniku eroze a zajistit vytvoření příznivějšího mikroklimatu pro výsadbu domácích druhů dřevin. Náhorní plošina Jizerských hor je dnes tedy pokryta převážně mladými smrkovými monokulturami, případně náhradními porosty do věku 40 let věku (Apltauer et al. 2006). Balcar et al. (1999) uvádějí, že v důsledku zalesnění imisních holin vznikly v Jizerských horách porosty náhradních dřevin na rozloze ca 5 000 ha.

V současné době zdravotní stav lesních porostů v Jizerských horách není optimální. Na poškození se však již nepodílí znečištění ovzduší takovou měrou jako v osmdesátých letech dvacátého století. Přesto toto znečištění není zcela zanedbatelné (Fadrhonsová et al. 2003). Stále jsou zde překračovány kritické zátěže kombinované depozice síry a dusíku a ani výhled do budoucna není příznivý, zejména u depozic dusíku (Apltauer et al. 2006). Jedním z hlavních problémů je v současné době výživa porostů. Dřeviny jsou negativně ovlivňovány nedostatkem bazických živin v dlouhodobě zatěžovaných půdách a nedostatečnými parametry kořenového systému, kterým živiny přijímají. Novák a Slodičák (2002) uvádějí, že pod přímým vlivem imisí jsou v současné době všechny lesní porosty Jizerských hor a že téměř třetina z těchto porostů leží v pásmu ohrožení imisemi B².

² Do pásma ohrožení B se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením v příznivějších podmínkách, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během šesti až deseti let (vyhláška MZe č. 78/1996 Sb. §1)

3.4. Emise a imise

Emise jsou definovány jako vypouštění nebo únik příměsí do atmosféry – primární znečišťování ovzduší (Sobíšek et al. 1993). V emisích se do ovzduší dostávají látky v plynném, kapalném a pevném skupenství. V těchto formách nebo ve formě aerosolu mohou proniknout až k půdnímu povrchu. Značná část podléhá během transportu změnám. Tyto změny jsou významné z hlediska vlivu na půdu. Oxid siřičitý se v atmosféře postupně oxiduje na oxid sírový. Změnám rovněž podléhají sloučeniny dusíku (pro vegetaci je nejdůležitější tvorba ozónu). Zdrojem emisí je průmysl, doprava a jiné druhy lidské činnosti (Materna in Lhotský et al. 1987).

Imise jsou pak množství znečišťujících příměsí přecházejících z ovzduší na příjemce. Jejich mírou je koncentrace cizorodé látky v ovzduší, vyjadřovaná hmotností na objem nebo hmotnost příměsí na 1 kg vzduchu (Sobíšek et al. 1993). Imise ovlivňují stav a vývoj lesních půd dvěma způsoby: přímým působením škodlivých látek na půdu a změnami, které působí na vegetaci a které mohou dále ovlivnit stav půd (Materna in Lhotský et al. 1987). Při imisním zatížení se velmi uplatňují „anemoorografické systémy“ (Jeník 1961), kdy je proudění vzduchových mas, obsahujících znečišťující příměsí, usměřováno tvarem terénu (údolí ve směru převládajících větrů). To má za následek usnadnění transportu imisí do centrálních částí pohoří a značný nárůst koncentrací znečišťujících látek v některých lokalitách vzdálených od zdroje znečištění. Zvláštním případem degradačních stadií lesních ekosystémů jsou imisní degradační stadia. Jejich degradační vývoj je způsoben imisemi látek a je odlišný podle toho, která látka ze znečištěného ovzduší převládá, podle stanovištních podmínek a podle toho, který ekosystém je postižen (Materna in Lhotský et al. 1987).

Materna (in Lhotský et al. 1987) uvádí příklad vývoje na smrčínách ovlivněných oxidem siřičitým:

- ovlivnění (nedá se prokázat poškození, v některých případech se projevuje stimulace růstu)
- latentní poškození (oslabení porostů, první produkční ztráty)
- rozpad porostů
- úplné odumření

Mezi počátkem působení imisí a posledním stadiem uplyne mnoho let až několik desetiletí.

3.4.1. Suchá depozice

Suchý spad je dán sedimentací a absorpcí plynů půdou, vegetací, vodními tělesy a podobně (Samek 1984). Plynné znečišťující sloučeniny se usazují na povrchu půdy (absorpcí nebo adsorpcí). Velmi rychle probíhá sorpce fluorovodíku, naopak pomalu sorpce oxidů dusíku. Povrch lesní půdy je specifický – lesní humus je vysoce kyselý a opad, drť i surový humus tvoří poměrně velké úlomky organické hmoty s relativně malým sorpčním povrchem. Vlhký humus sorbuje SO_2 podstatně rychleji než suchý (samotná vodní plocha přijímá SO_2 rychlostí $2,2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$). Rovněž s rychlostí pohybu atmosféry stoupá i rychlost sorpce. Povrch minerální půdy přijímá SO_2 několikanásobně rychleji. Ještě rychlejší depozice je pak na povrchu půd povápněných (až $1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) (Materna in Lhotský et al. 1987). SO_2 a síranový aerosol z atmosféry se sorbují na povrch vegetace, kde SO_2 oxiduje na H_2SO_4 , která se při nejbližším dešti opláchne do půdy. Nejeftivnější schopnost záchytu suché depozice síry mají smrkové monokultury (jejich jehličí má ideální hydrodynamické vlastnosti). Listnaté dřeviny pak mají tuto schopnost výrazně nižší (Hruška et al. 1999).

Největší část tuhých částic emitovaných do ovzduší se usazuje v bližším okolí zdroje. Díky technice se množství spadu i těchto oblastech podstatně snižuje. Z průmyslové činnosti převažuje popílek, který obsahuje ve značném množství některé prvky, které jsou ve vyšších koncentracích pro rostliny nebezpečné (Hruška et al. 1999).

3.4.2. Mokrý depozice

Mokrý spad je množství látek, které se dostane na povrch země (včetně vegetace apod.) se srážkami (Samek 1984). Oxid siřičitý a oxidy dusíku jsou v atmosféře a na povrchu vegetace oxidovány za vzniku kyseliny sírové (H_2SO_4) a kyseliny dusičné (HNO_3). Přítomnost těchto kyselin pak snižuje pH srážek. Poté po dopadu takto okyselených srážek na povrch startuje kyselá srážková voda řetěz reakcí vedoucích k okyselení půd a povrchových vod – acidifikace (Hruška et al. 1999). Atmosférické srážky neovlivněné lidskou činností jsou jen velmi slabě kyselé (pH cca 5–6). Naproti tomu se ještě v nedávné době hodnoty kyselých dešťů pohybovaly v rozmezí pH 3,5–4,5. Jelikož je pH logaritmická veličina, jsou kyselé deště při jeho poklesu o dvě jednotky přibližně stonásobně větším zdrojem kyselin pro zemský povrch než přirozená atmosférická depozice (Hruška, Kopáček 2009).

V ČR v procesu okyselování půd hraje nejdůležitější roli kyselina sírová. Kromě "mokrých depozic" (kyselý déšť) se v oblastech s vysokými koncentracemi SO₂ uplatňuje i již zmiňovaná "suchá depozice" síry (v tomto kontextu se rozumí průměrné roční koncentrace vyšší než 3–5 μg.m⁻³) (Hruška et al. 1999).

3.4.3. Působení kyselého deště

Za počátek odhalení účinků kyselého deště, ve smyslu účinků kyselých depozic, se všeobecně považuje článek švédského vědce Svante Odéna z roku 1967. V osmdesátých letech dvacátého století se vědci soustředili na lesy. Prokázali, že poškození a odumírání rozsáhlých lesních ploch ve střední Evropě rovněž souvisí s kyselou atmosférickou depozicí a je výsledkem okyselení půd a přímého působení vysokých koncentrací polutantů v ovzduší (Hruška, Kopáček 2009).

Acidifikace je půdní degradační proces, který je závažný pro lesní půdy na celém světě (Likens et al 1996). Hlavními problémy působení kyselého deště jsou: přímé poškození lesů, dlouhodobé okyselení půd a hliníková toxicita (Hruška et al. 2009a), neboť acidifikace vede k mobilizaci hliníku (Mulder, Stein 1994). Vymezení oblastí s půdami narušenými acidifikací a nutriční degradací je vidět v Příloze 1. V důsledku toxicity hliníku v minerální půdě je tedy fyziologický půdní profil omezen pouze na horizonty s vysokým obsahem organických látek. Proto je třeba zachování nenarušené vrstvy humusu. Zatímco vysokou aciditu jemné kořánky lesních dřevin v prostřední organických horizontů toleruje, v minerálních horizontech odumírá. Proto je žádoucí úprava chemismu především v minerální zemině – např. vápněním (Ulrich 1986).

Prvním mechanismem poškození dřevin je přímý kontakt velmi koncentrovaného SO₂ s asimilačními orgány – u smrku poškodí chlorofyl a jehličí uschne – tzv. akutní poškození. Toto se nejvíce uplatňuje v oblastech s extrémně vysokými koncentracemi SO₂ v ovzduší. Imisní epizoda může být velmi krátká. Při vhodném počasí stačí k akutnímu poškození, vedoucímu k odumření stromu, desítky minut. Tento mechanismus ustupuje, ale může způsobovat škody i nadále v bezprostředním okolí velkých zdrojů (Hruška et al. 2009a).

Druhým mechanismem je mechanismus "půdní". Půdy jsou vyčerpány (mají málo vápníku a hořčíku), jsou příliš kyselé a půdní voda obsahuje vysoké koncentrace toxických kovů mobilizovaných kyselým deštěm, zejména hliníku. Strom pak hyne následkem nedostatku živin a postupné otravy hliníkem z půdního roztoku (záleží i na poměru mezi vápníkem

a hliníkem) (Hruška et al. 1999). Dlouhodobá expozice hliníku způsobuje útlum růstu, výživy (Ca, Mg, P), nedostatek vody a další fyziologické stresy v důsledku nerovnováhy fytohormonů (Horst 1995). Hliník se v půdách a horninách běžně vyskytuje, je jedním z nejvíce zastoupených prvků. Jakmile se ale půdy okyselí, hliník se velmi rychle rozpouští a v rozpuštěném stavu působí jako buněčný jed. Pokud okyselení klesne, hliník se zpátky sráží do nerozpustných sloučenin (Hruška et al. 2009a). Tejnecký et al. (2010) ovšem uvádějí, že se hliník velmi dobře váže v kyselém smrkovém humusu, a vznikají tak méně toxické komplexy s organickými látkami.

Další příčinou poškození také mohou být disproporce ve výživě stromu. Kyselé deště jsou totiž dobrým hnojivem, protože obsahují množství dusíku ze zemědělství a ze spalovacích procesů. Naopak je v půdě nedostatek hořčíku (nezbytná součást chlorofylu). Strom má tedy nadbytek dusíku, ale málo hořčíku. Rychle přirůstá, hořčík do nových jehlic si musí půjčovat ze starších, které žloutnou a opadávají (Hruška et al. 1999).

Problémy spojené s acidifikací půd nevyřeší ani výrazný pokles emisí. Je to z toho důvodu, že vedle množství depozice rozhodují o stupni acidifikace i další faktory. Jedním z těchto faktorů jsou přirozené vlastnosti půd, zejména množství bazických kationtů (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) v iontově-výměnném komplexu půd. Jejich celkové množství určuje odolnost vůči kyselé depozici, zdrojem jich je zvětrávání podložních hornin. Čím více je v půdách těchto bazických kationtů, tím jsou půdy odolnější – mohou déle neutralizovat kyselý vstup z atmosféry (Krám et al. 1997). Nejméně odolné jsou horské půdy, jelikož mají malou mocnost a přirozeně nízké množství bazických kationtů. Drsné klima a vysoká kyselá depozice pak přispívají k tomu, proč se devastující vliv kyselých dešťů nejdříve objevuje v horských oblastech. Dalším důležitým faktorem, ovlivňujícím půdní acidifikaci, je kvalita opadu (Hruška et al. 1999).

Hruška et al. (2009a) konstatují, že vlivem kyselého deště a vysokých koncentrací SO_2 v ovzduší uhynulo nebo bylo v ČR výrazně poškozeno několik desítek tisíc hektarů lesů. Přesný údaj zjistit nelze, neboť lze těžko odlišit účinek dlouhodobého stresu vlivem sucha, hmyzích škůdců či větrných kalamit. Ale je velmi pravděpodobné, že rozsah těchto poškození by byl bez spolupůsobení kyselého deště mnohem nižší. Dále uvádějí, že bude k poškození docházet i v budoucnu, protože účinky acidifikace se projevují až po dekádách působení. Autoři očekávají problémy i v blízké budoucnosti, protože po zalesnění holin nevhodnými

smrkovými monokulturami se budou půdy dále zkyselovat, což způsobí pravděpodobně novou etapu chřadnutí smrkových lesů.

V dnešní době kyselý déšť ztratil na intenzitě, ale i současná úroveň udrží některé oblasti ve stadiu chronické kyselosti po mnoho dalších desetiletí. Velkou roli v okyselování hraje způsob lesnického hospodaření. Tam, kde se pěstují smrkové monokultury na citlivých stanovištích, můžeme očekávat problémy i v budoucnu (Hruška et al. 2009b).

3.4.4. Antropogenní zdroje emisí síry a sloučenin dusíku

Sloučeniny dusíku

NO_x

Hlavními antropogenními zdroji jsou spalovací procesy. Hlavním zdrojem NO_x ovšem není dusík, který je obsažen v palivu, ale oxidace vzdušného N₂ při vysokých teplotách. Z toho vyplývá, že záleží nejen na množství spotřebovaného paliva, ale i na způsobu jeho spálení (teplota, přebytek vzduchu) (Hruška, Kopáček 2009).

NH₃

Hlavním zdrojem emisí NH₃ je rozklad organických dusíkatých látek. Většina antropogenních emisí tohoto plynu pochází ze zemědělské činnosti (Hruška, Kopáček 2009).

Sloučeniny síry

Ve 20. stol. se hlavním zdrojem SO₂ stalo především spalování fosilních paliv, jichž je síra přirozenou součástí. Dalším významným zdrojem jsou spalování hnědého uhlí (dominuje) a průmyslové výroby zpracovávající síru a sirmé rudy. Bývalé Československo produkovalo 1,5 mil. tun S za rok (Hruška, Kopáček 2009).

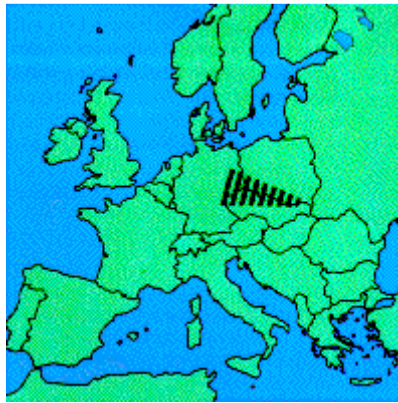
Vývoj hlavních emisních zdrojů SO₂ na území bývalého Československa viz Příloha 2. Vývoje měrných emisí SO₂, NO_x a NH₃ v bývalém Československu viz Příloha 3.

3.4.5. Zdroje imisí působící na lesy Jizerských hor

K největším emisním zdrojům, které ovlivňovaly lesy Jizerských hor (a Krkonoš), patřily elektrárny v Polsku a NDR. Polská tepelná elektrárna Turów dodnes patří k největším znečišťovatelům.

Dle Křečka a Hořické (2001) jsou Jizerské hory součástí tzv. „černého trojúhelníku“ – epicentra kyselé atmosférické depozice v Evropě (především sírany ze spalování lignitu).

„Černý trojúhelník“ se nachází na pomezí České Republiky, Polska a Německa (Saska) (obrázek 1). Jedná se o jednu z nejvíce průmyslových oblastí Evropy. Je to jedna z nejvíce znečištěných oblastí na kontinentě – sužovaná po desetiletí dusivým uhelným prachem emitovaným elektrárnami a výtopnami. Zdrojem znečištění je v první řadě hnědé uhlí těžené v lokalitě (Manczyk 1999). Hruška a Kopáček (2009) uvádějí, že tato oblast byla od 60. let 20. století známá jako místo, kde komíny elektráren chrlily do ovzduší nejvíce oxidu siřičitého na světě.



Obrázek 1: černý trojúhelník (SAZP 2011)

3.4.6. Problémy imisních holin

Imisní holiny mají své specifické problémy. Krečmer (1984) uvádí, že následkem imisních kalamit dochází ke změnám mikroklimatu a mezoklimatu. Dochází k těmto změnám:

- změny radiačních poměrů (např. při záměně smrčín náhradními porosty břízy vzroste albedo podkladu o 90 %)
- proudění vzduchu v přízemí postižených oblastí obecně zesiluje
- je omezeno zadržování atmosférických srážek na povrchu vegetační pokrývky území zmenšením její povrchové plochy (např. při přeměně smrčín na březové porosty klesne úhrnná intercepce o 50–70 %)
- snižuje se výdej vody na transpiraci lesních biocenóz při záměně smrkových porostů za porosty náhradních dřevin
- omezuje se tvorba horizontálních srážek z horských mlh

Uvedené změny pak vedou těmto jevům:

- zvýšená ekologická zátěž rostlinstva
- snížení retenční kapacity a retardačních účinků vegetační pokrývky území na srážkové vody včetně vody ze sněhových pokrývek
- snížení výdeje vody celkovým výparem
- zvýšení zásob vody ve sněhové pokrývce a k odlišnému tání sněhu
- případná redistribuce sněhu a zásob vody
- snížení průměrné nabídky vody k odtoku v polohách nad 700 m n. m. vlivem poklesu horizontálních srážek z mlhy v lesích

3.5. Biomasa a živiny

Zde jsou uvedeny stručné informace o základních živinách. Informace jsou čerpány převážně z publikace Materna (1963):

Dusík (N)

Většina dusíku je v rostlině v organické formě, kde je většina poutána v bílkovinách. Nejbohatší na bílkoviny jsou ve většině případů aktivně rostoucí části, dosti bohatá jsou i semena. Obsah bílkovin v rostlině je značně závislý i na podmínkách stanoviště, na dusíkaté výživě a výživě ostatními prvky. Nedostatek dusíku se u rostlin projevuje zejména celkovým snížením vzrůstu, redukcí kořenů a zmenšením listů. Listy jsou pak žlutozelené, starší rychle žloutnou a odumírají. Podrázský (2001) uvádí, že změny při dlouhotrvajícím nedostatku postupují k mladším částem koruny. Rostliny předčasně kvetou, ale počet květů je malý. Dále také rostlina nasazuje málo plodů, které jsou špatně vyvinuté.

Fosfor (P)

Fosfor je součástí nukleových kyselin. Je také obsažen v důležitých meziproduktech při metabolismu v živých buňkách. Fosfor je obsažen v pletivech ve formě organické i anorganické. Hromadí se v nejmladších částech rostliny, v semenech a v jemných koříncích. Rostlina přijímá tento prvek z půdy ve formě fosforečnanů. Jestliže je nedostatek fosforu, listy dostávají modrozelenou až nafialovělou barvu, která také souvisí s nadbytkem chlorofylu. Rostliny krňejí, nenasazují semena a při silném nedostatku hynou.

Draslík (K)

Draslík se pravděpodobně v rostlinách vyskytuje pouze v anorganické formě. Jeho většina nebo úplně všechn je v rostlinných pletivech ve formě rozpustné ve vodě. Z toho důvodu je v dosti značném rozsahu vyplavován dešťovými srážkami z listů a z jehličí. Většina prvku se hromadí v místech aktivního růstu. Draslík spolu s vápníkem a hořčíkem nepřímo ovlivňuje vodní režim rostliny. Také pravděpodobně přispívá k neutralizaci organických kyselin vytvořených organismem. Nedostatek tohoto prvku celkově nepříznivě ovlivňuje vzrůst rostlin a silně brzdí tvorbu plodů a semen. Jestliže je ho silný nedostatek, jsou význačné barevné změny na asimilačních orgánech (rozšiřují se žluté, později hnědé skvrny; postižené pletivo později odumírá). Výhony nedostatečně dřevnatí, při silnějším nedostatku odumírají (Podrázský, 2001). Rostliny, které jsou tímto prvkem vyživené nedostatečně, jdou náchylnější k různým chorobám a citlivější k nepříznivým klimatickým činitelům. Z těchto důvodů je pro udržení zdravé rostliny dostatek draslíku nezbytný.

Vápník (Ca)

Vápník ovlivňuje v kořenech příjem živin z okolního prostředí a má rozhodující vliv na vývoj kořenového systému. V rostlinách se především hromadí v nervatuře. Vápník je v rostlinách obsažen v organických i anorganických formách. Hromadí se v asimilačních orgánech s jejich stárnutím. Mladé listy tedy mívají nejmenší obsah vápníku. Nedostatek vápníku se projevuje především krnáním kořenů, odumíráním kořenových špiček, snížením vzrůstu a chlorózou starších listů. Při nadbytku vápníku se snižuje příjem draslíku a fosforu z půdy, nepříznivý poměr mezi vápníkem a hořčíkem způsobuje chlorózu asimilačních orgánů. Může být také narušen příjem a metabolismus železa. Podrázský (2001) zmiňuje, že nedostatek vápníku je jen v silně kyselých půdách a substrátech.

Hořčík (Mg)

Tento prvek je v rostlině součástí molekuly chlorofylu, větší část je obsažena v různých jiných formách. Také se účastní na stavbě některých enzymů. Hořčík má také význam ve vodním režimu rostlin a pravděpodobně i při příjmu fosforu z půdy a jeho rozmístování. Jeho rozložení je rovnoměrné, rovněž rozdíly mezi mladými a starými asimilačními orgány nejsou výrazné. Nedostatek hořčíku je provázen snížením obsahu chlorofylu, žloutnutím listů (později barva zlatožlutá) a u jehlic výrazným žloutnutím jejich špiček. Dále se kvůli poruše vodního režimu projevují příznaky vadnutí a listy předčasně od okrajů odumírají. Nedostatek

hořčíku také naruší metabolismus glycidů, dalších rostlinných barviv, vitamínu C i dalších látek.

Síra (S)

Tento prvek se velmi intenzivně účastní metabolismu rostlin. V rostlinách se vyskytuje ve formě minerální a v organických sloučeninách. V rostlinách se síra nejvíce nachází v asimilačních orgánech. Nároky na ní jsou u jednotlivých rostlin velmi různé. Při nedostatku tohoto prvku žloutnou asimilační orgány (nedostatek chlorofylu). Nervatura je světlejší než pletivo (Podrázský 2001). Při zvýšeném nedostatku listy rostlin krněji, zmenšuje se kořenový systém a snižuje se plodnost rostlin.

Podrázský (2001) konstatuje, že kromě absolutních hodnot obsahu jednotlivých živin je důležitý i jejich vzájemný poměr. Jako příklad uvádí, že pro dobrý růst lesních dřevin je vyžadován vyrovnaný příjem dusíku a síry v poměru 10 : 1 pro zajištění bezproblémové syntézy proteinů.

Studium výživy rostlin – listová analýza

Analýza listů využívá zjištění, že existuje vztah mezi výživou dřeviny určitým prvkem a jeho koncentrací v asimilačních orgánech. Koncentrace určité živiny v asimilačních orgánech se pohybuje v poměrně úzkých mezích. Je možno prokázat za jinak normálních okolností vztah mezi koncentrací živin v asimilačních orgánech a jejím vzrůstem. Ve vztahu mezi koncentrací živiny v listech a vzrůstem dřeviny je možno pozorovat určité fáze. V případě, že se zlepšuje výživa daným prvkem hnojením, zůstává zpočátku koncentrace živiny v listech na původní hladině. Vzrůst se rychle zlepšuje nebo hladina jen pomalu stoupá se stupňujícím se vzrůstem. V následující fázi se zlepšující se výživou stoupá rychle jak koncentrace živiny v jehličí, tak i vzrůst dřeviny. Ve fázi poslední pak konečně vzrůstá koncentrace živiny v listech, aniž by se dále zlepšoval vzrůst – dochází k „luxusní spotřebě“, kdy dřevina přijímá živinu, aniž by ji mohla plně využít. Avšak od určité hranice se projevuje nadbytek prvku ve výživě nepříznivě, až toxicky. Jsou-li tedy známy koncentrace živiny v listech, které odpovídají jednotlivým fázím, je možné posoudit i stav výživy dřeviny a z toho odvodit i návrh na vhodné hnojení. Ovšem vyhodnocování výsledků chemických analýz není zcela úplně jednoduché, neboť vzrůst není závislý jen na koncentraci jedné živiny, ale i na vzájemném harmonickém poměru živin a na podmínkách vnějšího prostředí (Materna 1963).

3.6. Meliorace

Biologická a chemická meliorace patří mezi hlavní nástroje používané k obnově degradovaných lokalit (Podrázský et al. 2003). Meliorační zásah musí v první fázi odstranit následky dlouhodobé degradace a vyloučit bezprostřední příčiny degradačních pochodů. Ve fázi druhé musí zintenzivnit procesy transformace látek a energií, které byly degradací zpomaleny či utlumeny a dále musí zvětšit objem tvorby biomasy (zintenzivnění látkového koloběhu, vhodné druhové složení, druhová pestrost) (Lhotský et al. 1987).

3.6.1. Chemická meliorace

Aplikace melioračních hmot může poměrně významně pomoci ke zdárnému odrůstání kultur. Význam tohoto roste na stanovištích s nízkou půdní úrodností (Lhotský et al. 1987, Němec 1950).

Bazické horniny

Z bazických mouček hornin použitelných i pro hnojení v lesních porostech se doporučují: čedič, diabas, amfibolit, gabro, andezit, melafyr a spilit. Při výsadbě mohou příznivě působit i jiné bazické moučky, které nemají vysoký obsah vápníku, ale převládá v nich jiná rostlinná výživa – např. žnělce a další vyvřeliny (Materna 1963). Němec (1956) ještě doporučuje amfibolity, gabrodiority a felfosfyrity, pokud obsahují dostatečné množství vápníku a hořčíku. Bazické moučky působí výhradně pomalu a dlouhodobě. Zásadně se používají pouze při výsadbě k základnímu hnojení. Z důvodů účinnosti je žádoucí, aby byl materiál co nejjemnější. Tyto bazické moučky obsahují základní živiny a větší nebo menší množství stopových prvků (Materna 1963). Také působí i zásaditou reakcí, paralyzující kyselost degradovaných lesních půd (Němec 1956).

Bazické horniny jsou takové, které mají obsah SiO_2 nižší než 52 %. Nejlépe vyhovují horniny obsahující méně než 45 % SiO_2 , jejichž obsah CaO se pohybuje kolem 10 % nebo jsou vápníkem ještě bohatší (Němec 1956).

Vápenatá hnojiva

Z vápenatých hnojiv se ke hnojení v přirozeném stavu používají: mletý vápenec, dolomitický vápenec, práškovitý travertin, různé slíny a opuky. Tyto materiály se mechanicky upraví

pro použití ke hnojení. Nejrozšířenější je mletý vápenec – z důvodu jeho kvality a použitelnosti. Jeho hlavním vlivem je snížení kyselé půdní reakce, a tím i usnadnění biologických procesů v půdě, mineralizace dusíkatých sloučenin a dále zpřístupnění kyseliny fosforečné (Materna 1963). Podrázský (1992) uvádí, že dosavadní výsledky podporují představu o zásadním vlivu jemnosti mletí melioračních vápenců na jejich účinnost.

Amfibolit

Amfibolity mají vysoký obsah vápníku a převážně i hořčíku, také obsahují vyhovující množství draslíku, jsou chudší na obsah fosforu než bazické vyvřeliny (Němec 1956).

Průmyslová hnojiva

Vzhledem k tomu, že aplikace hnojiv v lesním hospodářství musí být snadná a bývá jednorázová, jsou hledány prostředky, které by spojily jednorázový charakter aplikace a potřebu dlouhodobého účinku jedním zásahem. U nás se používají např. hnojiva řady Silvamix – s proměnlivou a poměrně vyváženou skladbou, předpokládaným dlouhodobým účinkem a různou formou (tablety, prášková forma, výhledově i brikety a granule) (Podrázský et al. 1999). Předností těchto hnojiv proti silikátové horninové moučce je nesrovnatelně jednodušší a levnější doprava a aplikace (Kuneš et al 2008). Někteří autoři docházejí k odlišným závěrům, co se týče efektivnosti využití tabletových hnojiv. Záleží na individuálních podmínkách, kde se hnojiva používají (Vavříček 2000). O zkušenostech s používáním hnojivých tablet k přihnojování lesních výsadeb různých druhů a typů těchto hnojiv od různých výrobců v minulosti se zmiňuje např. Nárovec (2004). Jejich aplikace doprovázela idea nejprve tzv. startovacího, později zásobního hnojení výsadeb. Autor uvádí, že se v posledních letech snižuje poptávka LH po tabletových hnojivech.

Provozní vápnění v Jizerských horách

Vápnění je významnou součástí systémů obnovy imisních holin (Podrázský 1994). Zejména ve vyšších polohách Jizerských hor se používalo vápnění jako standardní způsob chemické meliorace půd v oblastech pod vlivem imisí. Ošetřovány byly zejména lokality, kde probíhala obnova lesních porostů. Primárním cílem byla tedy úspěšnější a rychlejší obnova. Většina ploch byla vápněna v 80. letech (v období zhruba maximální imisní zátěže). Apltauer et al. (2004) uvádějí, že byla vápněna prakticky všechna stanoviště bez ohledu na jejich typ. Výsledky šetření tohoto vápnění neprokázaly (až na výjimky) příliš výrazný vliv na stav

lesních ekosystémů (Podrázský et al. 2001). Proto je tyto postupy pro racionální využití finančních prostředků nutno zamítnout. Naproti tomu se v nejexponovanější části Orlických hor aplikace přesně cílených dávek dolomitického vápence projevila příznivě na stavu lesních půd i na stavu kultur smrku ztepilého (Podrázský 1994). Marschner et al. (1986) však varuje, že se prokázal i negativní vliv vápnění na ostatní složky životního prostředí, zejména na kvalitu vody a dále na ztráty humusu a dusíku.

3.6.2. Biologická meliorace

V současné době se dostává opět do popředí zájmu odborné veřejnosti otázka biologické meliorace lesních půd. Vliv zejména listnatých dřevin na ostatní složky přírodního prostředí má zlepšit podmínky pro obnovu klimaxových, respektive hospodářských lesů (Podrázský, Ulbrichová 2003). Seifert a Peřina (1956) zmiňují, že je zvláště důležitá změna druhové skladby při ozdravení půd pod monokulturami jehličnanů degradovaných.

Biologická meliorace se provádí prostřednictvím změny dřevinné skladby – používají se tzv. přípravné dřeviny. Přípravné dřeviny (pionýrské) jsou takové, které:

- příznivě působí na půdu a tím i na rostliny (Zakopal 1958) - např. rostlinným opadem nebo pěstováním dřevin symbioticky vázajících dusík (Granhall 1994)
- mají bioklimatické účinky, chrání proti mrazu (Zakopal 1958)
- jsou nenáročné na živiny a vláhu (Peřina, Peška 1956)
- mají přiměřený růst do výšky i šířky (Peřina, Peška 1956)
- vyznačují se přirozenou osídlovací schopností, rychlým růstem v mládí a kratším fyzickým věkem (Vlková et al. 1994)

Jako u všech porostů, i u porostů přípravných dřevin je vhodná vícedruhová skladba, vzhledem k možnosti výskytu neočekávaných druhů poškození specifických pro určitou dřevinu (Balcar 1998). Výsledky dosavadního zkoumání vývoje výsadeb lesních dřevin na Středním Jizerském hřebeni svědčí o dostatečném růstovém potenciálu domácích přípravných dřevin pro obnovu horských kalamitních holin (Balcar 1998). U nás se jako pionýrské dřeviny vysazují např. tyto stromy: bříza, jeřáb, olše zelená, kleč, blatka, modřín (Balcar 1998; Balcar 2005; Ulbrichová et al. 2005) nebo za určitých podmínek javor klen (Chládek, Novotný 2007).

Pro melioraci lesních půd se používají i tzv. „meliorační a zpevňující dřeviny“ (MZD). Základními činiteli ovlivňujícími biologickou melioraci půd pomocí (MZD) jsou (Apltaufer et al. 2004):

- rozložitelnost opadu jednotlivých druhů dřevin a velikost jejich frakcí
- množství produkovaného opadu v závislosti na věku a dřevině
- stanovištní podmínky, zápoj, věk a hustota porostu

Mezi hlavní MZD se v Jizerských horách počítají buk, javor klen, jedle bělokorá, bříza, jeřáb a olše. Zastoupení těchto dřevin bylo sníženo vlivem celé řady činitelů, zejména kvůli rozvíjejícímu se sklářství (potřeba dřeva) a změně způsobů hospodaření (masivní zavádění holosečného hospodářského způsobu). Bez jejich prosazení na odpovídající stanoviště nelze do budoucna počítat se stabilizací vysokohorských lesů v prostoru náhorní plošiny. Předpoklady pro úspěšnou obnovu MZD v Jizerských horách jsou: volba vhodných dřevin, volba stanoviště, ochrana proti zvěři, následná péče, vitalita sadebního materiálu, jeho původ a kvalita výsadby (Apltaufer et al. 2004). Košulič (2003a, 2003b) ve svých článcích upozorňuje na funkční a genetické nedostatečnosti příliš malých populací MZD. MZD se zabývá vyhláška MZe č. 83/1996 Sb, §1.

3.6.3. Samovolná sukcese

Spontánní vegetační sukcese se dostává stále větší pozornosti v různých obnovních projektech. Sukcesním managementem se např. zabýval ve své knize Luken (1990). Podrázský (2001) uvádí, že tento způsob managementu je možný pouze ve vhodných podmínkách. U nás však metoda přirozené obnovy není významným způsobem zdokumentována. Višňák (2001) ve svém článku píše, že se poměrně silná přirozená obnova na mnohých lokalitách dostavuje. Podrázský (2001) však zmiňuje, že většímu využití spontánní sukcese v našich horských oblastech brání vysoké stavy spárkaté zvěře. Chováním spárkaté zvěře při výběru dřevin k okusu se zabýval např. Pépin et al. (2006).

Možnosti přirozené obnovy také omezují specifické horské podmínky. Proto je pro širší využití přirozené obnovy v horských polohách důležité maximálně využívat stávající zmlazení a ve vhodných porostech hospodařit tak, aby se podmínky pro přirozenou obnovu postupně zlepšovaly (Vacek 2001).

3.7. Olše šedá³(*Alnus incana* Moench.)⁴

Následující popis olše šedé je čerpán převážně z těchto zdrojů: Úřadníček a Maděra et al. (2001), Musil a Möllerová (2005)

3.7.1. Charakteristika

Jedná se o 6–20 m vysoký strom (podle Féra 1994, až 25 m), mnohdy jen keř, našich vlhkých podhorských až horských lokalit. Průměr kmene se pohybuje okolo 30–50 cm. Olše šedá se výjimečně dožívá i 100 let. Fér (1994) ovšem uvádí až 150 let!

Koruna je kuželovitá až vejcovitá, hustá a s pravidelným větvením. Kmen je přímý, štíhlý se šedohnědou hladkou borkou (i ve stáří) se zřetelnými lenticelami. Kořenový systém je plochý, bohatě rozvětvený, s dlouhými postranními kořeny. Na tenkých kořenech jsou bakteriální hlízky. Tyto hlízky jsou vyvolány činností symbiotických aktinomycetů z rodu *Frankia*, schopných poutat vzdušný dusík do formy přístupné rostlinám a obohacovat jím výživu obou symbiontů a později půdu prostřednictvím rozkládajících se kořenů a listů.

Výmladnost je velmi bohatá, a to jak na pařezu, tak zejména na kořenových náběžích a povrchových kořenech. Z jednoho exempláře tak může vzniknout celá skupina kmínků ohraničená horizontálním dosahem kořenů původního jedince. Tvorbu výmladků silně omezuje i slabé zastínění. Výmladnost po 10.–15. roce polevuje (Fér 1994).

Letorosty jsou pýřité, olysávající a nelepivé. Pupeny jsou stopkaté, tupě zašpičatělé, šedohnědě plstnaté, nelepivé a kryté dvěma šupinami. Listy jsou střídavé s vejčitou až eliptickou čepelí, 3–9 cm dlouhou a 4–2 cm širokou (Musil 2002), na vrcholu zašpičatělou, šedozelenou, nelepivou, na rubu šedě chlupatou, s 2x pilovitým až mělce laločnatým okrajem. V mládí jsou šedoplstnaté, tmně zelené, na rubu významně šedozelené (Fér 1994). Plstnatý rub později, kromě žilek, olysává. Řapík je 1,5–2,5 cm dlouhý. Listy opadávají na podzim barevně nezměněné.

Olše šedá je jednodomá, anemogamní dřevina, která rozkvétá brzy zjara (v březnu až v dubnu) před rašením listů, přibližně o 1–2 týdny dříve než olše zelená. Plodnost

³ cizí názvy podle Krüssmanna (1978): anglicky: Grey alder; německy: Grauerle, Weisserle; francouzsky: Aune blanc; italsky: Alno bianco

⁴ latinský název olše (*Alnus*) je odvozen z keltského "lan", což v keltštině znamená "soused vodního toku" (Oliva 2007)

se dostavuje již v 6–10 letech. Fér (1994) uvádí dospívání v 15. letech, v zápoji dokonce až ve 25.–35. roce. Semenné roky jsou každoročně nebo ob rok. Samčí jehnědy se nacházejí na konci větví po 3–5, jsou převislé, 7–9 cm dlouhé. Samičí jehnědy (po dozrání plodní šištice) jsou po 4–8 kusech, zralé šištice jsou přisedlé, tvrdé a vejcovité. Plody (ploché, drobné nažky) jsou okrouhlé, opakvejitě až pětihranné, rezavě hnědé a dozrávají v září až v říjnu. Lem nažek je úzký, kožovitý a neprůsvitný (Musil, 2002). Klíčivost semen je 15–30 % a trvá asi rok. Růst je v mládí velmi rychlý, ale velmi záhy ustává (Fér 1994).

3.7.2. Ekologie

Olše šedá je světlomilná, pionýrská dřevina, tolerantní k množství dostupné vody, snáší kolísání hladiny podzemní vody. Fér (1994) konstatuje, že je velmi náročná na světlo, zejména ve své severské oblasti, a v zástínu umírá. Podle Musila in Möllerová (2005) nesnáší, na rozdíl od olše lepkavé, stagnující vodu. Naproti tomu Úradníček a Maděra et al. (2001) uvádějí, že olše šedá snáší záplavy. Je nenáročná na půdu, která ale musí být kyprá a provzdušněná. Z tohoto důvodu jsou jejími obvyklými stanovišti náplavy bystřin, často silně štěrkovité až balvanité a břehy horských potoků. Snáší půdu chudou na živiny, prakticky až jalovou (půda ale musí být kyprá se silným podílem skeletu). Roste dokonce i na silně kyselých a rašelinných půdách – vydrží zde déle než olše lepkavá, ale roste slabě. Nevyhýbá se ani surovým půdám, jak jsou haldy hlušiny z hlubinné těžby.

Na klima je tato dřevina nenáročná, je necitlivá k nízkým zimním teplotám a časným i pozdním mrazům. Daří se jí i v mrazových kotlinách a na jiných exponovaných místech (včetně tzv. nepřipravených půd). Vystačí i s velmi krátkou vegetační dobou – na severu jen 6 týdnů.

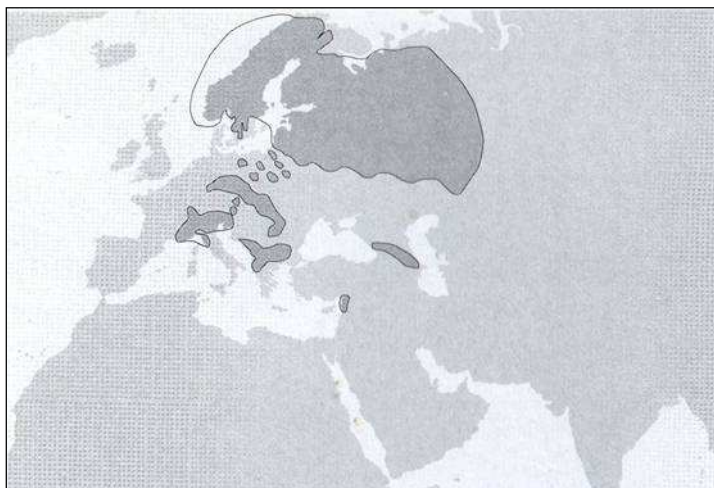
Olše šedá platí za pionýrskou dřevinu, neboť z náletu semen osídluje pohyblivé štěrkové náplavy a surové a nepřipravené půdy. Vyskytuje se ve smíšených porostech, s řadou různých dřevin. Čistě porosty (nebo s některými druhy vrb) tvoří jen na charakteristických lokalitách, které již byly zmíněny. Nebývá poškozována zvěří (ani dobyt看em). Olše šedá se počítá mezi dřeviny zlepšující půdu, neboť se její listí bohatě dusíkem dobře rozkládá (Fér 1994).

3.7.3. Rozšíření

Areál olše šedé je eurosibiřský, který se rozpadá na dvě části – na nížinnou oblast severskou a na horskou oblast středoevropskou. Vyskytuje se v severní (hlavní část areálu), střední,

východní a jižní Evropě a na okraji západní Asie. Na severu je rozšíření víceméně souvislé. Její rychlé rozmnožování umožňuje osídlovat opuštěné pastviny, spáleniska a paseky, na kterých pak vytváří zapojené, přechodné porosty. Plní tu tedy funkci průkopní dřeviny, která připravuje opět půdu smrku, případně borovici (Fér 1994). Ve střední a jihovýchodní Evropě je naopak rozšíření olše šedé jen ostrůvkovitě (obr. 2). V této části areálu se vyskytuje hlavně na březích potoků, bystřin a řek v pásnu bučin a smrčin. Podél těchto horských potoků sestupuje někdy i do roviny, kde pak nezřídka vytváří přirozené křížence s olší lepkavou. I v těchto horských oblastech je dřevinou průkopní, v dalším průběhu ji vystřídají porosty borovice, modřínu nebo smrku (Fér 1994). V Evropě se nachází nejjihněji v Albánii, v Asii je to v Libanonu.

U nás se hojně vyskytuje ve všech horských a podhorských oblastech, zejména v submontánním a montánním vegetačním stupni, s maximem v 1000 m n. m. v Krkonoších.



Obrázek 2: Rozšíření olše šedé (Úředníček in Maděra 2001)

3.7.4. Využití

Jedná se o významnou meliorační dřevinu na chudých a degradovaných půdách. Již bylo zmíněno, že je to také pionýrská dřevina, proto se používá při zalesňování neplodných ploch tam, kde jiné dřeviny selhávají. Dále je to dřevina přípravná, krycí a výchovná. Také má význam jako raná včelí pastva, neboť kvete dřív než olše lepkavá. Její dřevo (měkké, lehké, málo trvanlivé) se používalo k řezbářským účelům, kůra v koželužství a barvířství.

Obecně vzato rychle roste, brzy kryje půdu, zlepšuje její strukturu a zvyšuje v ní obsah dusíku (Fér 1994).

3.7.5. Olše jako přípravná dřevina

Vlastnosti olší, které zvýšily jejich používání jako přípravných dřevin, jsou následující: snadné získávání semene, snadné pěstování ve školkách a velká produkce sazenic, snadná výsadba šterbinovou sadbou, menší poškozování zvěří a rychlý růst. Olše je také schopna se přizpůsobit po určitou dobu i stanovištním typům, které jsou opakem jejího přirozeného výskytu (Peřina, Peška 1956). Je-li olše vysazena jako dostatečně silná dvouletka, zpravidla nepotřebuje ošetření (vyžínání atd.). Je okusována a ohryzávána jen výjimečně, jestliže k tomu dojde, je regenerace rychlejší než u ušlechtilých listnáčů. Snáší půdu nejhorší kvality, nemá nároky na vlhkost (Landa 1955). Peřina a Peška (1956) upozorňují, že olše usměrňuje tvorbu dusičnanů tím markantněji, čím více pokrývá půdu. Jestliže je přikrytí půdy nedokonalé, působí na půdu velmi málo a v některých případech nepůsobí vůbec. Proto by z hlediska zvyšování jejího melioračního účinku bylo vhodné olši vysazovat v hustém sponu a po několika letech růstu ji zkracovat. Seifert a Peška (1956) uvádějí tvorbu 38 mg dusičnanů v 1 kg půdy při plném zakrytí, kdežto při řídkém sponu a při nedokonalém zakrytí pouze 0,6 mg v 1 kg půdy. Dále je nutno pro příznivý výsledek nutno správně volit pro jednotlivé případy spon sazenic, poměr smíšení s pomocnými i cílovými dřevinami, dobu a způsob výsadby jednotlivých dřevin. Na Opočensku se osvědčila kombinace olše a smrku (Peřina, Peška 1956).

Pěňčík (1955) nabádá k opatrnosti při používání olše jako přípravné dřeviny. Podle jeho zkušeností se zalesňováním holin na nevhodných půdách brzo ustává její počáteční rychlý růst, porost se prosvětluje a zasychá. Proto je třeba s ní nebo vzápětí vysazovat i zamýšlené cílové druhy, které se začnou plně rozrůstat většinou poté, co olše začnou ustupovat. Autor zmiňuje, že je nutné brát zřetel na možnosti přípravných druhů, nejlepším vodítkem je při tom přirozený výskyt té které dřeviny. Ovšem uvádí, že se však často nedá vyhnout příměsí stanovištně nevhodných dřevin z nedostatku vhodnějších druhů. Takovéto druhy z porostu postupně vymizí, ale splní svůj úkol. Němec (1950) také uvádí, že olši nelze považovat za dřevinu na živiny nenáročnou. Olše je podle rozborů Bauera ([ca. 1912] in Němec 1950) dřevinou vyžadující určitou zásobu živin v půdě, hlavně vápna. Na „váпно“ je olše vyloženě náročná.

Nicméně Peřina a Peška (1956) konstatují, že olše obohacuje půdu dusíkem. Na jejích kořenech se nacházejí hlízky tvořené symbiotickými aktinomycety z rodu *Frankia*, které jsou schopny poutat vzdušný dusík. To pak kompenzuje omezené podmínky pro výživu a hraje

důležitou roli při přijímání obou prvků a při produkci biomasy. Monzón a Azcón (2001) zjistili, že je mykorhizou značně posílen kromě dusíku i příjem fosforu. V jejich pokusu mykorhiza posílila účinnost P, ale nebyla tak důležitá pro efektivitu využití N. Také v listech olše je vysoký obsah dusíku (cca 4,5 % N v sušině), jejichž opadem se tvoří vrstva živinami bohatého živného humusu (Němec 1950). Podrázský a Ulbrichová (2003) uvádějí, že jestliže vegetace není schopna využít vyšší nabídky dusíku, je zvýšená tendence vyplavování nitrátů. To pak může vést k acidifikaci, k dalším ztrátám bází a k ochuzení stanoviště. Také není zanedbatelná ani možnost urychlené mineralizace nadložního humusu, která je v daných podmínkách nežádoucím jevem. Z těchto důvodů lze proto výsadbu dusík fixujících dřevin na imisních holinách s intaktní humusovou vrstvou doporučit pouze v případě, že jsou zde zároveň přítomny dřeviny s vyššími požadavky na tuto živinu, vykazující její deficit. Na lokalitách s degradovanou vrstvou nadložního humusu je výsadba plně oprávněná.

4. Metodika

4.1. Charakteristika prostředí výzkumu – Jizerské hory

V kapitole je uvedena základní charakteristika Jizerských hor s důrazem na lesy.

4.1.1. Geomorfologie

Jizerské hory jsou tvořeny samostatnou geomorfologickou jednotkou masivu Krkonoško–Jesenické subprovincie. Od okolních geomorfologických jednotek jsou velmi ostře odděleny (Nevrlý 1983). Nacházejí se severozápadně od Krkonoš a mají tvar podobný elipse. Jizerské hory mají v podstatě čelní, a tím i nechráněnou polohu na špičce Krkonoško–Jesenické subprovincie. V důsledku toho je toto pohoří vystaveno působení vzduchových hmot různého charakteru přicházejících ze západu (Bubeníčková 1980).

Ve vrcholových partiích Jizerských hor jsou četné zarovnané povrchy. Svahy Jizerských hor jsou mnohde velmi prudké. Na jihu Jizerské hory vcelku plynule přecházejí do Liberecké kotliny (Nevrlý et al. 1983; Bubeníčková 1980). Nejvyšší hora Jizerských hor je Wysoka Kopa (1 127 m). Za centrální část Jizerských hor se považuje rozsáhlá náhorní plošinu ve výšce cca 900 m. Nejnižší místo Jizerských hor se nachází v Raspenavě v nadmořské výšce 325 m (Bubeníčková 1980; Pošmourný, Vítek 2003). Morfostruktura Jizerských hor je na relativně malém území (cca 380 km²) skutečně pestrá. Vzdušné toky jsou v důsledku tohoto (významnou roli hraje i jejich geometrické rozložení v krajině) deformovány (Bubeníčková, 1980).

4.1.2. Klima

Klima Jizerských hor má drsný ráz. Zásadní vliv na něj mají geografická poloha a reliéf. Žádná orografická překážka nebrání postupu vzduchových hmot ze severozápadu až severovýchodu směrem od Severního a Baltského moře. Klima také výrazně ovlivňuje velká mnohotvárnost krajiny, expozice svahů, horninové podloží. Výrazný vliv na mezo– i makroklimatické poměry má také aktivní povrch – četná rašeliniště v centrální části Jizerských hor způsobují vnitrojizerskou inverzi, která zdrsňuje zdejší klima. K ovlivnění klimatu samozřejmě dochází i vlivem průmyslových aglomerací, jež vytvářejí tepelné ostrovy, a také větších vodních ploch, jako je např. přehrada Bedřichov (Bubeníčková 1980; Nevrlý et al. 1983).

Průměrná roční teplota zalesněné části Jizerských hor je přibližně 4,5 °C s poměrně malými denními výkyvy. V oblasti pahorkatiny dosahuje průměrná roční teplota asi 7,5 °C. Počet dní, kdy teplota klesá pod bod mrazu, je 180, ledových dnů je zde 80. Nejteplejším měsícem je červenec, mezi nejstudenější měsíce patří leden, ale i únor a prosinec. (Bubeníčková 1979; Bubeníčková, Kulasová 2006). Nejchladnější pozorovanou oblastí české části pohoří je Jizerka, nejvýše položená horská osada (880 m n. m.). V důsledku nahromadění studeného vzduchu (ochlazeného nočním vyzařováním) na dně plochého údolí, za přispění studeného proudění a množství rašelinného pokryvu v oblasti zde v nočních a ranních hodinách dochází k hlubokému poklesu teploty (i v létě) (Bubeníčková, Kulasová 2006). V roce 1940 byla na Jizerce naměřena teplota -42 °C, což se značně blíží českému mrazovému rekordu z roku 1929 (Nevrlý et al. 1983).

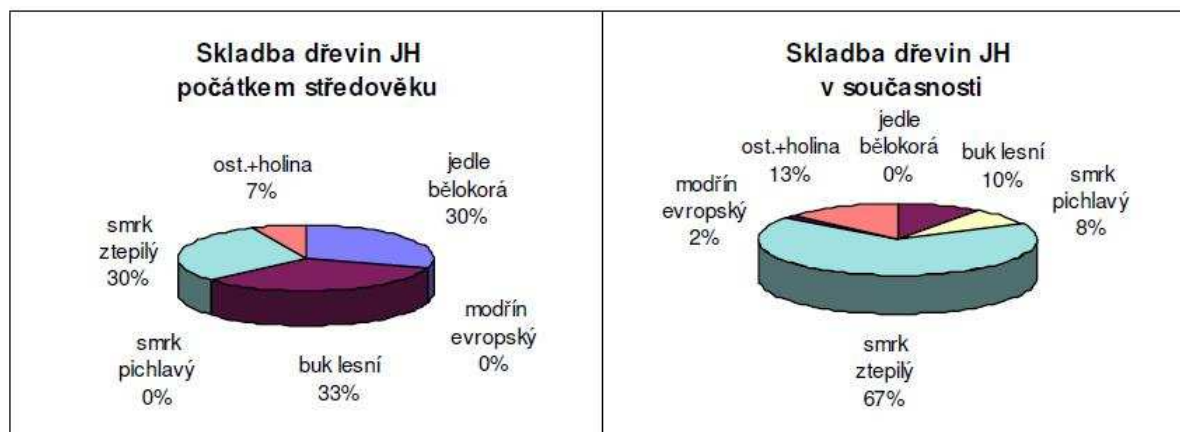
Větrné proudění je plně přizpůsobeno reliéfu jizerskohorského prostoru. Dochází zde k velkoplošné cirkulaci: obtékání a přetékání vzduchu přes pohoří. Obtékání a přetékání vzduchu přes pohoří výraznou měrou ovlivňují místní větry uvnitř masívu, neboť nerovnoměrně zahřívají a ochlazují vzduch (Brázdil 1987; Bubeníčková 1980). Uplatňují se zde anemoorografické systémy (Bubeníčková 1980).

Jizerské hory patří k nejdeštivějším oblastem v České republice. Vyskytují se zde extrémní srážky, o čemž svědčí i mnoho českých rekordů ve srážkových úhrnech (Brázdil et al. 2005). Dle Kulasové a Bubeníčkové (2006) se zvýšily dlouhodobé roční srážkové úhrny v období let 1991–2004 na Souši o 100 mm oproti 1901–1950 (díky navýšení zimních srážek), naopak v Bedřichově se snížily téměř o 200 mm (snížily se jak letní, tak zimní srážky). Největší dlouhodobé průměrné měsíční srážky jsou v červenci a v srpnu. V dlouhodobém průměru jsou pak nejmenší srážkové úhrny v únoru, v březnu, někdy i v říjnu. Sněhová pokrývka v Jizerských horách leží v průměru 140–160 dnů v roce. Často dosahuje ve vyšších polohách na konci zimy v průměru kolem 150 cm výšky, někdy i přes 300 cm (Kulasová 2005; Kulasová, Bubeníčková 2006).

4.1.3. Lesy

Lesnatost krajiny masívu Jizerských hor přesahuje 90 % (Navrátil, Růžička 2001). Tyto lesy reprezentují největší hodnoty přírodního prostředí, ale i ekologicky závažný problém (Pelc 1999). Plošně nejvýznamnějšími SLT jsou 7K, 7R, 8Z, 8K, 8S, 8G, 8R a 8T (Višňák 2005).

Genofond dřevin v Jizerských horách byl ovlivněn zejména změnou dřevinné skladby v minulosti, imisní zátěží, odtěžováním porostů uznaných ke sklizni osiva, odtěžováním autochtonních porostů, odtěžováním stresolerantních jedinců, snížením fruktifikace porostů a zhoršením podmínek pro přirozenou obnovu (Plán péče 1997). Srovnání skladby dřevin je na obr. 3. Dalším problémem je nevhodná hustota porostů a velké plochy stejnověkových porostů (Apltaufer et al. 2004).



Obrázek 3: Srovnání přibližného zastoupení vybraných druh dřevin Jizerských hor (Plán péče 1997)

Balcar (1998) uvádí, že podle inventarizace ÚHÚL činily v letech 1983–1992 průměrné zalesňovací ztráty v celé oblasti Jizerských hor 59 % - včetně ekologicky příznivějších lokalit v nižších polohách. Přeměny porostů náhradních dřevin v přírodní lesní oblasti 21 (Jizerské hory a Ještěd) patří k prvořadým úkolům lesního hospodářství a ochrany přírody v oblasti severních Čech, a to vzhledem k jejich značné rozloze (ca 5 000 ha) a významu území. Z ekologického hlediska je prioritní rekonstrukce porostů introdukovaných, stanovištně a sozologicky⁵ nevhodných dřevin – především smrkových a borových exot - např. smrk pichlavý⁶ (*Picea pungens* Engelm.), smrk černý (*Picea mariana* Mill.) nebo borovice pokroucená (*Pinus contorta* London). V druhé etapě rekonstrukcí budou přeměňovány porosty břízy, jeřábu, borovice kleče, borovice blatky, modřínu a olše (Balcar et al. 1999).

V současné době se v oblasti Jizerských hor zvyšuje potřeba výchovných a obnovných zásahů, jelikož se velké plochy mladých porostů náhradních dřevin a smrku ztepilého začínají plošně zapojovat. Úkolem lesních hospodářů je tedy přeměna porostů náhradních dřevin

⁵ sozologie – „sozo“= chránit; věda zabývající se ochranou přírody a jejích zdrojů (Lawniczak 2009)

⁶ o ekologické a lesnické nevhodnosti vysazování této dřeviny pro obnovu lesa se zmiňuje např. Remeš et al. (2002)

na porosty dřevin cílových, které by ještě lépe vyhovovaly současným požadavkům na les kladeným – požadavek stability a trvanlivosti lesních ekosystémů, požadavky ochrany přírody aj. (Balcar et al. 1999). Balcar (2001) považuje za významné okruhy problematiky umělé obnovy: volbu dřevin pro zalesňování kalamitních holin; podsadby a podsíje; podporu výsadeb melioračními a fyto-melioračními opatřeními; využití zbytků po těžbě pro obnovu; obnovu a ochranu výsadeb na stanovištích s nebezpečím eroze; obnovu lesa na půdách s buldozerovou přípravou půdy; přeměny (rekonstrukce) porostů náhradních dřevin; pěstební technologie obnovy porostů v blízkosti horní hranice lesa. Rovněž je aktuální otázka chemické meliorace a její možný dopad na zdravotní stav porostů a půdy (Apltauer et al. 2006).

Dále je v celé CHKO Jizerské hory nutné počítat s přechodem na tzv. přírodě blízké hospodářství, které by v této oblasti mělo být zárukou dlouhodobé udržitelnosti lesa (Apltauer et al. 2004). Jak zmiňují Van Miegroet a Johnson (2009) je udržitelné využívání přírodních zdrojů možné pouze tehdy, pokud je praxe hospodaření zakotvená v základech pedologie a ekologie a reflektují důkladné pochopení interakcí procesů mezi půdou a rostlinou a koloběhem živin.

Vývoj stavu lesů v Jizerských horách lze shrnout schématem uvedeným Višňákem (2001): hynoucí les → holina → jehličnatá kultura (často s uplatněním exotů). Autor uvádí, že se toto schéma vyhnulo alespoň malým enklávám přírodovědně významnějších porostů.

4.2. Výzkumná plocha Jizerka

VP Jizerka byla založena v roce 1990 na imisní holině na vrcholu a přilehlém jihozápadním svahu Středního Jizerského hřebene, GPS souřadnice jsou: 50°49'38"N, 15°21'14"E (Příloha 5). Tato pokusná plocha je pod správou VÚLHM, VS Opočno. Nachází se v průměrné nadmořské výšce 960 m n. m., přibližně 1 km severně vzdušnou čarou od osady Jizerka nedaleko hranic s Polskem (Balcar, Podrázský 1994). Průměrná teplota stanoviště (z let 1996–2007) je 5,1 °C, průměrné roční srážky (z let 1994–2007) činí 1 093 mm (Balcar, Kacálek 2008). Stanoviště je řazeno do lesního typu kyselá smrčina třtinová (8K2), do hospodářského souboru 721 a do pásma imisního ohrožení B. Půdním typem je zde horský humusový podzol, geologické podloží je tvořeno biotitickou žulou (Balcar, Podrázský 1994).

Cílem výzkumné činnosti na ploše je zkoumání experimentálních výsadeb přibližně třiceti druhů stromů (převážně domácích, ale i introdukovaných). Většina ploch (opakování) má rozměry 10 x 10 m a je na nich vysázeno 50 ks stromů ve sponu 2 x 1 m. Celá výzkumná plocha je oplocena. Některé výsadby byly založeny např. za účelem testování sadebního materiálu různého původu nebo pro vyzkoušení počáteční podpory sazenic přihnojením. U výsadeb se každoročně provádí zhodnocení zdravotního stavu (poškození, mortalita), u některých se měří biometrické veličiny apod. (Balcar 2003).

V letech 1993–1996 byly na ploše klasickým srážkoměrem měřeny s týdenní expoziční dobou celoroční srážky. Na ploše byla v roce 1996 instalována automatická stanice NOEL2000, která v hodinových intervalech měří teplotu vzduchu (ve výšce 200 cm a 30 cm nad povrchem), teplotu půdy (20 cm pod povrchem), sluneční radiaci a směr a rychlost větru. Dále zaznamenává v jednodenních intervalech srážky a půdní vlhkost. Rozbory půdy jsou prováděny v několikaletých intervalech. V jednoletých intervalech je pomocí listové analýzy zkoumána výživa některých druhů. Imisní zátěž testovaných výsadeb sirnými sloučeninami je měřena během celého roku kontaktní sumační metodou s týdenními termíny expozice. Ovlivnění dřevin imisemi je také sledováno pomocí chemických analýz asimilačních orgánů vybraných monitoračních dřevin (jeřáb ptačí, smrk ztepilý) (Balcar 2003).

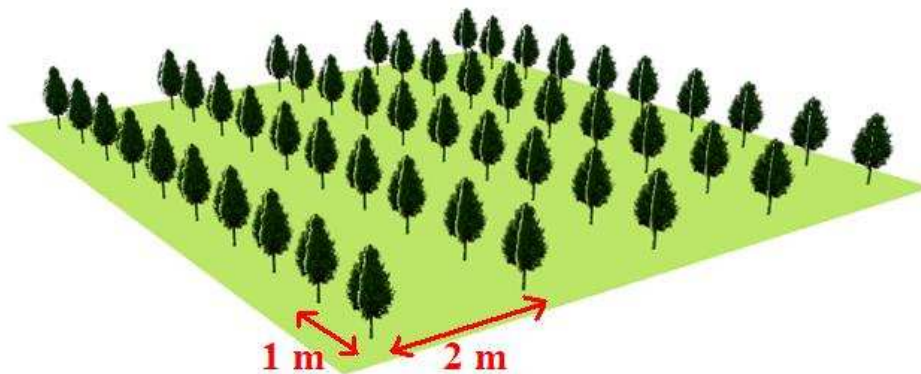
4.3. Založení pokusu

Pokus s olší šedou byl založen v květnu v roce 2003 na oplocené ploše na jihozápadním svahu VP Jizerka. Schéma je znázorněno v Příloze 4. Byly použity jednoleté, prostokořenné semenáčky o výšce nadzemní části 36–50 cm a tloušťce kořenového krčku 5 mm. Původ sadebního materiálu je PLO 21, 6. LVS, evidenční číslo uznané jednotky pro sběr N-OLS-000-21-6-LB.

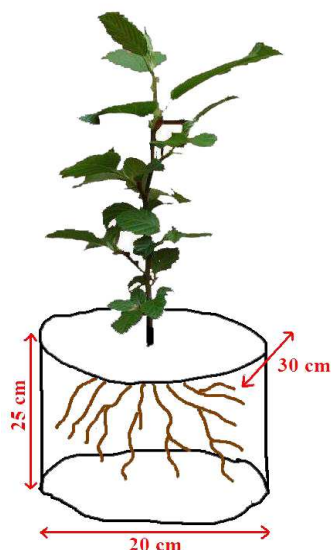
Bylo zasazeno celkem 350 sazenic místního původu ve sponu 2 x 1 m po 50 kusech (obr. 4) na celkem 7 plochách (opakováních). Tři parcely byly kontrolní – varianta „kontrola“ (KON). U dvou ploch bylo aplikováno 0,5 kg moučky vápenného dolomitu a 1,0 kg amfibolitového odprašku na povrch půdy v kruzích o průměru 0,5 m kolem každé sazenice - varianta „povrch“ (POV) (Příloha 6). U zbylých dvou opakování byl dolomit a amfibolit ve stejném množství a poměru jako u varianty POV aplikován do jamky – varianta „jamka“ (JAM). Přibližné rozměry jamek byly: $l = 30$ cm; $s = 20$ cm a $h = 25$ cm (obr. 5). Drcený dolomitický vápenec obsahoval 56,7 % CaCO_3 a 39,4 % MgCO_3 a 93 % částic bylo menších než 1 mm. Amfibolitový odprašek obsahoval 11,11 % CaO , 7,31 % MgO , 0,18 % P_2O_5 a 0,23 % K_2O

a 45,5 % částic bylo menších než 0,06 mm, 46,6 % bylo mezi 0,06 a 0,1 mm, 6,3 % částic mezi 0,1 a 0,6 mm a 1,6 % větších než 0,6 mm v průměru.

Horninové moučky byly aplikovány samostatně (nikoliv jako směs). U aplikace do jamek byl zvolen vzhledem k velmi suchému a teplému počasí tento postup: do jamky byl nasypán dolomit a promísen s částí vykopané půdy, přičemž vlastní kořeny sazenice ale byly přihrnuty převážně nedotčenou půdou, takže nedošlo ke snížení vlhkosti použitím suché dolomitové moučky. U většiny sazenic tudíž přívápněný substrát tvořil spíše blízké okolí kořenů, do kterého se tyto mohly rozrůstat. Po zahrnutí kořenového systému se nasypal do již z části zahrnuté jamky amfibolitový odprašek, který se ještě zakryl slabou vrstvičkou zbývající půdy. Do svrchnější části se aplikoval amfibolit, jelikož ho bylo více a mohl by výrazně ovlivnit vlhkost půdy v nejbližším okolí kořenového systému, což by bylo velmi riskantní vzhledem k suchému počasí, které v době výsadby panovalo.



Obrázek 4: Design jedné plochy pokusu



Obrázek 5: Schéma rozměrů jamky

Pozn.: Na stejné výsadbě se rovněž zjišťuje mortalita, výškový přírůst, tloušťka v krčku a průměr koruny (v pozdějších letech).

4.4. Měření výšek stromů a přírůstu

Výška stromů byla každoročně od výsadby měřena s přesností na 1 cm. Za velikost přírůstu se považuje rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími měřeními. Mohou se tedy ukázat i záporné hodnoty, pokud se strom např. zlomil nebo byl ohnutý.

4.5. Odběr vzorků

Vzorníkové stromy byly odebrány po pěti vegetačních sezónách od výsadby (v roce 2007), šest kusů z každé varianty, včetně kořenů (Příloha 7,8). Stromy byly podrobeny destruktivní analýze – byly odděleny listy, větve, kůra a kmen. Z každé této části z každého vzorníku byly náhodně odebrány vzorky pro analýzu.

4.6. Zpracování

Každý kořenový systém byl důkladně opláchnut a rozčleněn na kořeny o průměru menším než 0,2 cm, kořeny v rozmezí 0,2–0,5 cm, na kořeny v rozmezí 0,5–1 cm a na kořeny větší než 1 cm v průměru. Vzorek listů byl náhodně odebrán ze směsi všech listů patřících do příslušných vzorníků. Podobně byly náhodně odebrány vzorky pro analýzu kůry a větví. Drť z kmene byla získána pomocí nebozezu. Tato drť z bazální, střední a apikální části příslušného kmene byla sloučena v jednom vzorku. Kořenové systémy byly celé pečlivě vykopány. Vedlejší kořeny (pod 2 mm v průměru) byly vzaty pouze jako reprezentativní

vzorky pro chemickou analýzu, jelikož byly zapojeny do okolní trávy, a proto je nebylo možné zcela vyhloubit. Každá kořenová sekce pak byla rozmělněna a usušena při 70 °C do konstantní hmotnosti. Poté byly v laboratoři provedeny chemické analýzy.

4.7. Laboratorní analýza

Použité metody popsal Zbíral (2002), jejich stručný popis je uveden níže:

Jeden gram tkáňového vzorku byl mineralizován pomocí kyseliny sírové za oxidačního efektu peroxidu vodíku (30% roztok) až bylo dosaženo čisté mineralizované hmoty. Po ochlazení byl produkt mineralizace přenesen do 100ml odměrné baňky a objem byl doplněn deionizovanou vodou. Směs byla při míchání filtrována za použití střední hustoty filtračního papíru a sesbírána do lahve. Laboratorní vzorky pro analýzu obsahu makroelementů pak byly vyrobené ze sesbírané přefiltrované tekutiny.

N

Koncentrace dusíku byla stanovena v destilátoru. Amoniak uvolněný z laboratorního vzorku po přidání hydroxidu draselného byl sebrán v destilační jímce obsahující odměrný vzorek kyseliny sírové. Následovala titrace odměrným roztokem hydroxidu sodného.

P

Koncentrace fosforu byla kvantifikována pomocí spektrofotometrie za použití přístroje Spekol 210.

K, Ca, Mg

Stanovení draslíku, vápníku a hořčíku bylo provedeno pomocí atomového absorpčního spektrofotometru Varian SpectrAA-400 Plus.

S

Koncentrace síry byla stanovena mokrou cestou ze vzorků tkáně s kyselinou dusičnou a chloristou. Produkt mineralizace byl zředěn deionizovanou vodou a filtrovaný. Filtrát byl zahříván a byl vysrážen síran barnatý přidáním roztoku chloridu barnatého. Získaný roztok byl opět filtrován a sraženina byla pečlivě promyta vroucí vodou, sušena, žhána a zvážena. Ze zapsaných hmotností byl vypočítán obsah síry.

4.8. Statistická analýza

Pro statistickou analýzu byl použit program Statistica 9.0 (StatSoft, Inc.). K porovnání koncentrací pro jednotlivé vzorky a pro porovnání mortality byl použit Kruskal–Wallis test a Nemenyho vícenásobné porovnání. K analýze přírůstků byl použit Mann–Whitney U test. Statistické postupy popsali Hill a Lewicky (2007). Hmotnosti sušiny [g] a celkového množství živin [g], které závisí na váze sušiny, nebyly statisticky testovány, protože sušina byla vypočítána s použitím funkcí biomasy na základě biometrických charakteristik, které přímo ovlivňují množství biomasy stromu.

4.9. Modely pro zjištění biomasy z biometrických charakteristik

Podle následujících funkcí byl modelován vztah mezi průměrem bází kmínku, výškou stromu a celkovou váhou biomasy [g] v nadzemní a v podzemní části stromu:

$$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0)}, \quad (1)$$

$$B = e^{(b_0 + b_1 \ln h)}, \quad (2)$$

$$B = e^{(b_0 + b_1 \ln d_0 + b_2 \ln h)}, \quad (3)$$

kde B je sušina, B_0 , B_1 a B_2 jsou koeficienty, d_0 je průměr bází kmínku [mm] a h je výška stromů [m]. Tyto obecné formy funkcí jsou analogické s funkcemi uvedenými v publikaci Pajtík et al. (2008), nicméně na rozdíl od něj nebyl využit λ korekční faktor navržený Marklundem ex Pajtík et al. (2008), protože v našem případě koeficienty funkce byly přizpůsobeny nelineární regresi. Model byl vytvořen v programu S-Plus 6.1.

Průměrné hodnoty výšky stromu a průměry bází stromů zaznamenaných u varianty KON, POV a JAM byly vloženy do vybraného nejvhodnějšího modelu.

5. Výsledky

5.1. Koncentrace jednotlivých makroelementů v sušině nadzemních částech stromů

Výsledky koncentrací sušiny v nadzemních částech vzorníků shrnuje tabulka č. 1.

Listy

Statisticky významný rozdíl byl prokázán u koncentrace S – její koncentrace byla vyšší u varianty JAM oproti variantě POV. Koncentrace N byla ve všech variantách srovnatelná. Povrchově přihnojená varianta měla mírně zvýšenou koncentraci P, obě další varianty byly srovnatelné. Koncentrace K byla opět u všech variant přibližně stejná. Koncentrace Ca a Mg zaznamenala mírný nárůst u obou přihnojených variant oproti variantě kontrolní.

Větve

Kruskal–Wallis test zaznamenal výrazné rozdíly u koncentrací N, P a K mezi jednotlivými variantami. Povrchově přihnojená varianta obsahovala výrazně vyšší koncentrace těchto makroelementů oproti variantám KON a JAM. Následné Nemenyho vícenásobné porovnání však určilo jako statisticky významný pouze rozdíl v koncentraci K mezi variantami POV a JAM – varianta POV měla vyšší koncentraci K. U koncentrací Ca a Mg je patrné malé navýšení u varianty POV. Koncentrace S byla nejmenší u varianty POV.

Kůra

U varianty JAM byla koncentrace P a Mg výrazně nižší, koncentrace Ca naopak vyšší. Přesto však Kruskal-Wallis test nezaznamenal žádný významný rozdíl. Koncentrace variant N, K a S byly srovnatelné.

Kmínek

Významný rozdíl mezi variantami byl zaznamenán u koncentrací K a Mg. U obou makroelementů se statisticky významně lišili varianty KON a JAM – varianta KON měla vyšší koncentraci K i Mg.

Tabulka 1: Průměrná koncentrace jednotlivých makroelementů [%] v sušině a jejich směrodatná odchylka (SD) v nadzemních částech vzorníků včetně výsledků statistické analýzy

Část stromu	Prvek	N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]		
Listy	Varianta	p-value	0,8159	0,6104	0,9898	0,3370	0,5318	0,0302*	
	KON	mean	2,60a	0,072a	0,42a	0,71a	0,332a	0,173ab	
		sd	0,318	0,0259	0,058	0,141	0,0486	0,0198	
	POV	mean	2,63a	0,087a	0,43a	0,78a	0,363a	0,153a	
		sd	0,193	0,0266	0,050	0,151	0,0571	0,0110	
	JAM	mean	2,67a	0,071a	0,42a	0,83a	0,363a	0,185b	
		sd	0,280	0,0271	0,065	0,054	0,0626	0,0170	
	Větve	Varianta	p-value	0,0480*	0,0351*	0,0232*	0,1156	0,0513	0,3207
		KON	mean	0,95a	0,042a	0,24ab	0,25a	0,106a	0,154a
			sd	0,139	0,012	0,017	0,079	0,0217	0,0195
		POV	mean	1,20a	0,068a	0,30b	0,31a	0,137a	0,147a
			sd	0,152	0,022	0,036	0,067	0,0177	0,0130
JAM		mean	0,96a	0,041a	0,23a	0,29a	0,103a	0,122a	
		sd	0,182	0,019	0,044	0,066	0,0252	0,0377	
Kůra		Varianta	p-value	0,4012	0,3838	0,0981	0,1027	0,1844	0,6022
		KON	mean	1,31a	0,007a	0,27a	0,54a	0,148a	0,136a
			sd	0,147	0,0081	0,020	0,201	0,0186	0,0097
		POV	mean	1,40a	0,008a	0,27a	0,57a	0,149a	0,128a
			sd	0,087	0,0063	0,017	0,071	0,0081	0,0139
	JAM	mean	1,33a	0,002a	0,24a	0,70a	0,131a	0,130a	
		sd	0,106	0,0012	0,029	0,110	0,0202	0,0131	
	Kmínek	Varianta	p-value	0,1208	0,5223	0,0130*	0,1774	0,0185*	0,2447
		KON	mean	0,39a	0,009a	0,16b	0,11a	0,060b	0,123a
			sd	0,053	0,0056	0,010	0,018	0,0070	0,0244
		POV	mean	0,36a	0,012a	0,14ab	0,09a	0,049ab	0,104a
			sd	0,021	0,0079	0,008	0,010	0,0068	0,0285
JAM		mean	0,34a	0,007a	0,13a	0,10a	0,050a	0,134a	
		sd	0,027	0,0043	0,019	0,008	0,0043	0,0210	

mean – průměr; sd – směrodatná odchylka; p-value – výsledek Kruskal-Wallis analýzy (celkový rozdíl); * významný celkový rozdíl; průměrné hodnoty ve sloupcích tabulky následované různými písmeny jsou výrazně odlišné od sebe navzájem na $\alpha = 0,05$ (výsledky vícenásobného porovnání Nemenyho metodou)

5.2. Koncentrace jednotlivých makroelementů v sušině podzemních částech stromů

Výsledky koncentrací sušiny v podzemních částech vzorníků shrnuje tabulka č. 2.

Kořeny o průměru 0,0–0,2 cm

Významné rozdíly byly zaznamenány v koncentraci Ca a Mg, kde se statisticky významně zvýšila koncentrace obou makroelementů u varianty POV oproti variantě KON. Koncentrace obou prvků byla zvýšena i u varianty JAM, ovšem méně, než u varianty POV. Koncentrace N byla u varianty POV mírně nižší oproti zbývajícím variantám. Koncentrace P, K a S byly ve všech variantách podobné.

Kořeny o průměru 0,2–0,5 cm

V této kořenové frakci nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Všechny varianty byly srovnatelné.

Kořeny o průměru 0,5–1,0 cm

Byly zaznamenány rozdíly mezi variantami u koncentrací K, Ca, Mg a S. Koncentrace K je statisticky významně vyšší u varianty KON oproti variantě JAM, koncentrace Ca je statisticky významně vyšší u varianty POV oproti variantě KON. Koncentrace Mg a S jsou statisticky významně vyšší u varianty POV oproti variantě JAM. U koncentrace N je patrné její snížení u přihnojených variant, rovněž koncentrace P je mírně větší u kontrolní varianty.

Kořeny o průměru 1,0+ cm

Kruskal-Wallis test zaznamenal výrazné rozdíly u koncentrací N, Mg a S. Nemenyho vícenásobné porovnání však určilo jako statisticky významný pouze rozdíl ve variantách u koncentrace Mg a S. Varianta JAM má významně nižší koncentraci Mg a S vůči variantě POV i KON. Koncentrace P byla u varianty JAM nižší než u ostatních variant. Koncentrace K a Ca byla u všech variant srovnatelná.

Tabulka 2 Průměrná koncentrace jednotlivých makroelementů [%] v sušině a jejich směrodatná odchylka (SD) v podzemních částech vzorníků včetně výsledků statistické analýzy

Část kořenů	Prvek		N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]
Kořeny 0,0–0,2 cm	Varianta	p-value	0,600	0,4027	0,3368	0,0137*	0,0273*	0,2083
	KON	mean	1,25a	0,049a	0,28a	0,06a	0,111a	0,145a
		sd	0,253	0,0171	0,056	0,034	0,0175	0,0467
	POV	mean	1,17a	0,051a	0,27a	0,16b	0,167b	0,131a
		sd	0,166	0,0111	0,049	0,068	0,0372	0,0228
	JAM	mean	1,24a	0,041a	0,23a	0,12ab	0,132ab	0,166a
sd		0,109	0,0136	0,058	0,071	0,0312	0,0328	
Kořeny 0,2–0,5 cm	Varianta	p-value	0,6412	0,4690	0,1161	0,2407	0,3657	0,605
	KON	mean	1,05a	0,036a	0,25a	0,15a	0,108a	0,129a
		sd	0,194	0,0107	0,034	0,213	0,0332	0,0309
	POV	mean	1,02a	0,038a	0,28a	0,10a	0,139a	0,132a
		sd	0,227	0,0106	0,060	0,046	0,0417	0,0175
	JAM	mean	1,00a	0,028a	0,22a	0,13a	0,123a	0,139a
sd		0,100	0,0101	0,040	0,053	0,0301	0,0322	
Kořeny 0,5–1,0 cm	Varianta	p-value	0,0644	0,4186	0,0250*	0,0142*	0,0114*	0,0050*
	KON	mean	1,08a	0,038a	0,30b	0,06a	0,115ab	0,113ab
		sd	0,212	0,0195	0,057	0,040	0,0159	0,0298
	POV	mean	0,84a	0,026a	0,23ab	0,21b	0,161b	0,131b
		sd	0,156	0,0066	0,026	0,194	0,0165	0,0105
	JAM	mean	0,84a	0,026a	0,21a	0,14ab	0,100a	0,092a
sd		0,183	0,0094	0,064	0,046	0,0367	0,0043	
Kořeny 1+ cm	Varianta	p-value	0,0380*	0,1045	0,0642	0,2491	0,0146*	0,0062*
	KON	mean	0,63a	0,008a	0,17a	0,14a	0,069b	0,078b
		sd	0,097	0,0061	0,030	0,066	0,0098	0,0410
	POV	mean	0,60a	0,008a	0,16a	0,11a	0,068b	0,090b
		sd	0,078	0,0072	0,017	0,031	0,0066	0,0111
	JAM	mean	0,51a	0,003a	0,13a	0,13a	0,051a	0,020a
sd		0,052	0,0032	0,027	0,031	0,0088	0,0072	
Část kořenů	Prvek		N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]

mean – průměr; sd – směrodatná odchylka; p-value – výsledek Kruskal-Wallis analýzy (celkový rozdíl); * významný celkový rozdíl; průměrné hodnoty ve sloupcích tabulky následované různými písmeny jsou výrazně odlišné od sebe navzájem na $\alpha = 0,05$ (výsledky vícenásobného porovnání Nemenyho metodou)

5.3. Modely pro zjištění biomasy a vypočítané množství biomasy

Výsledky modelů (1), (2) a (3) uvedených v metodice pro jednotlivé části stromu (nadzemní i podzemní) jsou shrnuty v tabulce 3.

Výsledky ukazují, že jednotlivé modely data kvantifikují dobře. Nejlepších výsledků bylo dosaženo použitím obou prognostických proměnných – výšky stromu a průměru bází kmínků (model 3) – koeficienty determinace se pohybovaly od 0,4972 do 0,8697 a hladiny významnosti regresního modelu byly většinou nižší než 0,001. Podobné výsledky poskytuje model 1 (kde je jedinou prognostickou proměnnou průměr bází kmínků). Použití modelu 2, kde je jedinou proměnnou výška stromu, mělo za následek podstatně nižší hodnoty

koeficientu determinace. Ovšem i v tomto modelu jsou kromě kořenů o průměru 0,2–0,5 cm všechny regresní modely statisticky významné.

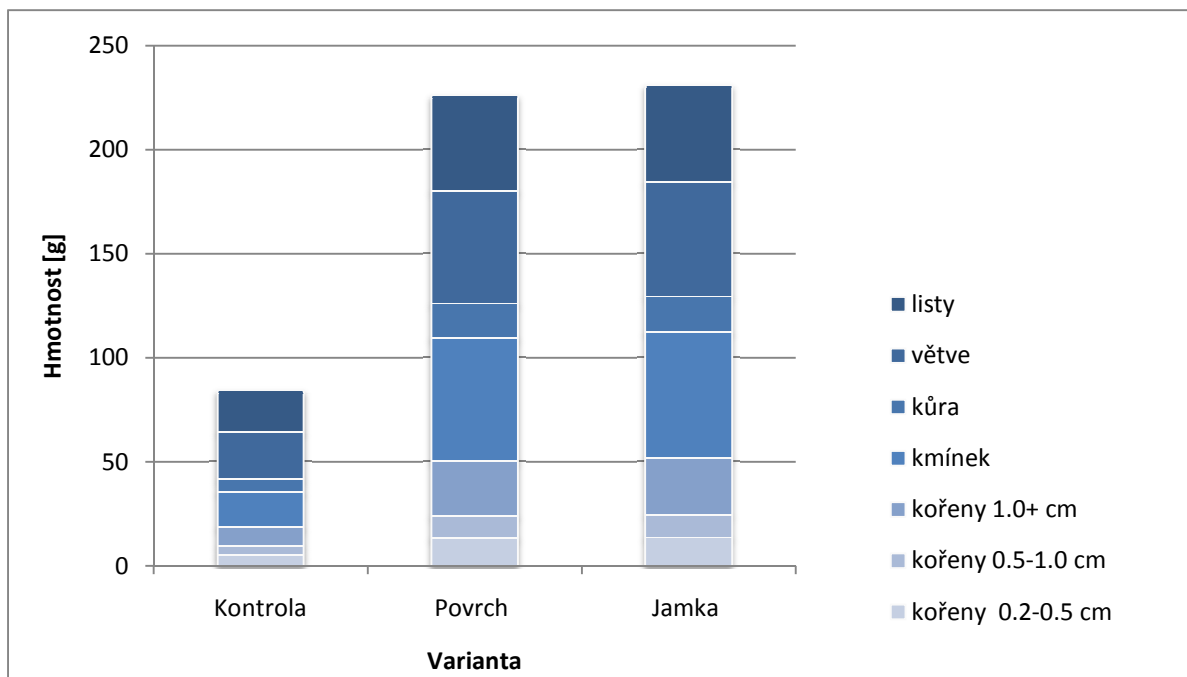
Tabulka 3: Regresní koeficienty (B_0 , B_1 a B_2), jejich směrodatné chyby (SE), koeficient determinace (R^2), hladina významnosti regresního modelu (p-value) a standardní chyba (RSE).

Eq.	Část stromu	b_0	SE(b_0)	b_1	SE(b_1)	b_2	SE(b_2)	R^2	p-value	RSE
(1)	Listy	-2,0513	1,3507	1,9070	0,4542			0,6689	<0,001	8,272
	Větve	-2,1501	1,4086	1,9948	0,4732			0,6875	<0,001	9,865
	Kůra	-4,5853	1,3318	2,4303	0,4458			0,7721	<0,001	2,599
	Kmínek	-5,2547	1,3842	3,0602	0,4616			0,8612	<0,001	7,449
	Kořeny 0,2–0,5 cm	-4,2446	2,1662	2,2223	0,7262			0,5480	0,004	3,417
	Kořeny 0,5–1,0 cm	-4,6226	2,3649	2,2781	0,7925			0,4861	0,006	2,965
	Kořeny 1,0+ cm	-4,4888	2,4092	2,5623	0,8057			0,5677	0,002	7,360
(2)	Listy	2,9600	0,2440			1,3060	0,5070	0,3295	0,043	10,92
	Větve	3,1014	0,2504			1,3506	0,5186	0,3360	0,040	13,01
	Kůra	1,5275	0,2264			2,2984	0,4461	0,6970	<0,001	2,894
	Kmínek	2,6012	0,2675			2,5650	0,5217	0,6752	<0,001	10,55
	Kořeny 0,2–0,5 cm	1,6191	0,3357			1,4858	0,6892	0,2697	0,089	4,054
	Kořeny 0,5–1,0 cm	1,2347	0,3767			1,8663	0,7568	0,3405	0,038	3,313
	Kořeny 1,0+ cm	1,8284	0,3793			2,6958	0,7365	0,6085	0,001	7,094
(3)	Listy	-5,8408	1,7593	3,4548	0,6699	-1,7370	0,6542	0,8146	<0,001	7,170
	Větve	-5,4337	1,8865	3,3376	0,7171	-1,5130	0,6955	0,7955	<0,001	8,930
	Kůra	-2,8917	1,8851	1,7246	0,7141	0,8523	0,6759	0,8000	<0,001	2,552
	Kmínek	-4,4389	1,7822	2,7177	0,6568	0,4271	0,5830	0,8697	<0,001	7,563
	Kořeny 0,2–0,5 cm	-7,6020	2,9290	3,6040	1,1060	-1,6060	1,0580	0,6173	0,001	3,306
	Kořeny 0,5–1,0 cm	-6,0009	3,4393	2,8457	1,3007	-0,6580	1,2357	0,4972	0,005	3,037
	Kořeny 1,0+ cm	-1,2530	3,4000	1,1970	1,2850	1,7240	1,2100	0,6480	0,001	7,134

Eq. – rovnice modelu podle funkcí (1), (2) a (3)

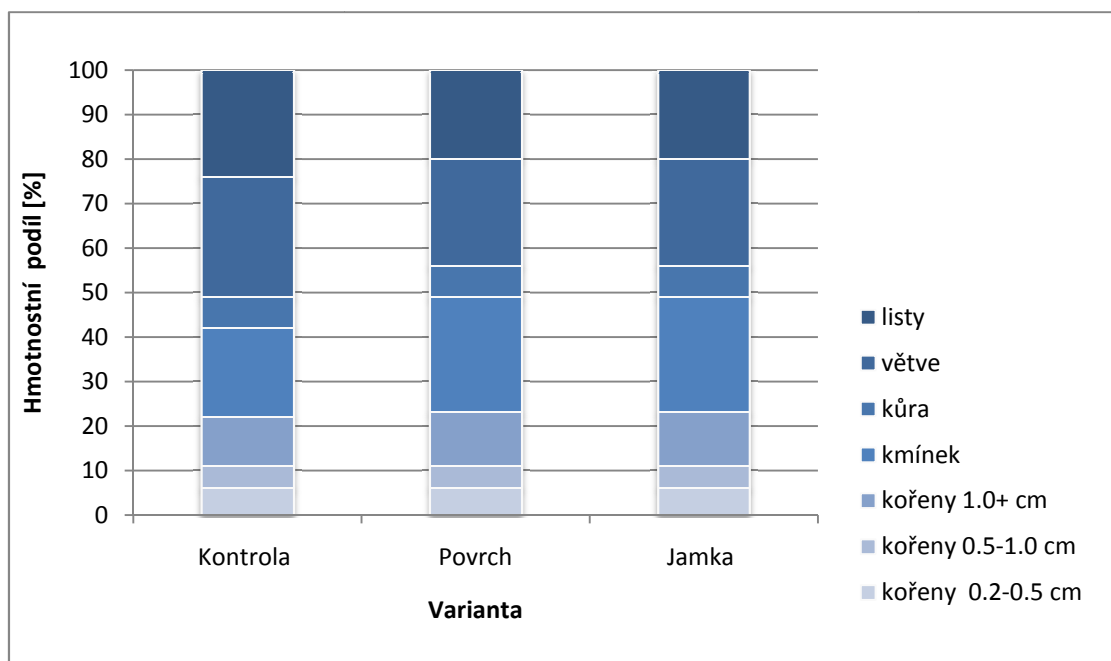
Pro výpočty množství biomasy [g] v jednotlivých částech stromu byl tedy vybrán jako nejvhodnější model 3. Do modelu byly vloženy průměrné výšky a střední hodnoty průměru bází kmínků pro jednotlivé varianty. Průměrná výška byla u varianty KON 1,191 m, POV 1,661 m a JAM 1,671 m. Střední hodnota průměru bází kmínků byla u varianty KON 14,1 mm, POV 21,2 mm a JAM 21,4 mm. Z toho vyplývá, že střední hodnoty výšky a průměru bází kmínků byly u přihnojených variant výrazně vyšší oproti kontrolní variantě.

Obrázek 6 znázorňuje, že hnojení pět let po výsadbě výrazně podporovalo produkci biomasy. Hmotnost sušiny nahromaděné v průměrném stromu kontrolní varianty činila 84 g, v povrchově přihnojené variantě 226 g a ve variantě přihnojené do jamky 231 g.



Obrázek 6: Vypočítaná hmotnost sušiny na strom u všech variant

Z obrázku 7 je patrné, že přihnojení zvětšilo podíl kmenového dřeva a snížilo podíl listů v sušině celého stromu (zahrnující listů), ačkoliv průměrné stromy přihnojených variant produkovaly více než dvakrát tak víc listů než kontrolní varianta. Největší zásoba sušiny u kontrolní varianty je ve větvích (27 %), v listech (24 %) a v kmínku (20 %). U varianty POV i JAM je největší zásoby sušiny v kmínku (26 %), ve větvích (24 %) a v listech (20 %). Podíl kořenů se po přihnojení v podstatě nezměnil.



Obrázek 7: Hmotnostní podíl sušiny jednotlivých částí stromu u jednotlivých variant

5.4. Absolutní obsah makroelementů v nadzemních částech stromů

Absolutní obsah makroelementů vázaných v jednotlivých částech stromu nad povrchem je shrnut v tabulce 4. Výsledky vznikly pronásobením množství biomasy koncentrací jednotlivých prvků v jednotlivých částech stromu.

Listy

Přihnojené varianty obsahovaly více než dvakrát tolik zásob N než kontrolní varianta. Absolutní obsah P a K byl u všech variant srovnatelný, obsah Ca a Mg byl u přihnojených variant vyšší. Absolutní obsah S byl nejvyšší u varianty JAM.

Větve

Obě přihnojené varianty obsahovaly téměř dvojnásobně vyšší zásoby všech zkoumaných prvků oproti KON.

Kůra

Absolutní obsah N, K, Ca, Mg, S v kůře byl v přihnojených variantách téměř dvakrát vyšší než ve variantě kontrolní. Obsah P byl třikrát vyšší v povrchově přihnojené variantě oproti variantám JAM a KON.

Kmínek

V kmínku je zřejmý téměř trojnásobný nárůst u všech zkoumaných makroelementů u přihnojených variant oproti kontrolní variantě.

Tabulka 4: Absolutní obsah makroelementů [g] vázaných v nadzemních částech stromů

Část stromu	Varianta	Prvek	N [g]	P [g]	K [g]	Ca [g]	Mg [g]	S [g]
Listy	KON	mean	0,519	0,014	0,084	0,141	0,066	0,034
		sd	0,058	0,005	0,011	0,026	0,009	0,004
	POV	mean	1,212	0,017	0,086	0,156	0,072	0,030
		sd	0,081	0,005	0,009	0,028	0,010	0,002
	JAM	mean	1,249	0,014	0,084	0,165	0,072	0,037
		sd	0,119	0,005	0,012	0,010	0,011	0,003
Větve	KON	mean	0,218	0,010	0,055	0,056	0,024	0,035
		sd	0,029	0,003	0,004	0,017	0,005	0,004
	POV	mean	0,651	0,037	0,161	0,167	0,074	0,079
		sd	0,075	0,011	0,018	0,033	0,009	0,006
	JAM	mean	0,528	0,022	0,124	0,159	0,057	0,067
		sd	0,091	0,009	0,022	0,033	0,013	0,019
Kůra	KON	mean	0,081	0,0004	0,017	0,033	0,009	0,008
		sd	0,008	0,0005	0,001	0,011	0,001	0,001
	POV	mean	0,233	0,0013	0,045	0,094	0,025	0,021
		sd	0,013	0,0010	0,003	0,011	0,001	0,002
	JAM	mean	0,226	0,0004	0,040	0,119	0,022	0,022
		sd	0,016	0,0002	0,005	0,017	0,003	0,002
Kmínek	KON	mean	0,0665	0,0015	0,0264	0,0177	0,0100	0,0207
		sd	0,0082	0,0009	0,0016	0,0027	0,0011	0,0038
	POV	mean	0,2111	0,0072	0,0836	0,0541	0,0291	0,0611
		sd	0,0112	0,0042	0,0041	0,0053	0,0037	0,0154
	JAM	mean	0,2084	0,0044	0,0770	0,0618	0,0303	0,0817
		sd	0,0150	0,0024	0,0103	0,0042	0,0024	0,0116
Část stromu	Varianta	Prvek	N [g]	P [g]	K [g]	Ca [g]	Mg [g]	S [g]

5.5. Absolutní obsah makroelementů v podzemních částech stromů

Absolutní obsah makroelementů vázaných v jednotlivých částech stromu pod povrchem je shrnut v tabulce 5. (Byly spočítány absolutní obsahy prvků u kořenů větších než 2 mm v průměru – drobnější kořínky nelze zcela vyhloubit).

Kořeny o průměru 0,2–0,5 cm

Absolutní obsah N, P, K, Mg a S byl u přihnojených variant dvakrát větší než u kontrolní varianty. Obsah Ca byl u varianty KON také mnohem nižší než u variant POV a JAM.

Kořeny o průměru 0,5–1,0 cm

U toho kořenového průměru byl nejmarkantnější rozdíl mezi variantami v obsahu Ca – varianta JAM obsahovala více než sedmkrát a varianta POV dokonce jedenáctkrát víc tohoto makroelementu než varianta KON. Absolutní obsahy N, K, Mg a S byly dvakrát větší v přihnojených variantách oproti kontrolní variantě. V obsahu P byly jen nepatrné rozdíly.

Kořeny o průměru 1,0+ cm

I u tohoto kořenového průměru byl absolutní obsah N, K, Ca a Mg znatelně větší u přihnojených variant (dvakrát až třikrát větší než u kontrolní varianty). Obsah P byl srovnatelný, obsah S byl u varianty POV více než třikrát větší oproti variantám KON a JAM.

Tabulka 5: Absolutní obsah makroelementů [g] vázaných v částech stromu pod povrchem

Část stromu	Varianta	Prvek	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	S (g)
Kořeny 0.2–0.5 cm	KON	mean	0,054	0,002	0,013	0,008	0,006	0,007
		sd	0,009	0,001	0,002	0,010	0,002	0,001
	POV	mean	0,136	0,005	0,037	0,013	0,019	0,018
		sd	0,028	0,001	0,007	0,006	0,005	0,002
	JAM	mean	0,136	0,004	0,029	0,017	0,017	0,019
		sd	0,012	0,001	0,005	0,007	0,004	0,004
Kořeny 0.5–1.0 cm	KON	mean	0,044	0,002	0,012	0,002	0,005	0,005
		sd	0,008	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001
	POV	mean	0,089	0,003	0,024	0,022	0,017	0,014
		sd	0,015	0,001	0,003	0,019	0,002	0,001
	JAM	mean	0,091	0,003	0,023	0,015	0,011	0,010
		sd	0,018	0,001	0,006	0,005	0,004	0,000
Kořeny 1.0+cm	KON	mean	0,058	0,001	0,016	0,013	0,006	0,007
		sd	0,008	0,001	0,003	0,006	0,001	0,003
	POV	mean	0,159	0,002	0,042	0,028	0,018	0,024
		sd	0,019	0,002	0,004	0,008	0,002	0,003
	JAM	mean	0,141	0,001	0,037	0,037	0,014	0,006
		sd	0,013	0,001	0,007	0,008	0,002	0,002
Část stromu	Varianta	Prvek	N (g)	P (g)	K (g)	Ca (g)	Mg (g)	S (g)

5.6. Mortalita, výška výsadeb, výškový přírůst

Tyto tři hodnocené parametry jsou pouze doplňkové, neboť sice úzce souvisejí s biomasou, ale nebyly v této práci stěžejním předmětem výzkumu.

Tabulka 6 podává údaje o vývoji meziroční a celkové mortality. Je patrné, že rozdíl hodnot celkové mortality mezi jednotlivými variantami narůstal. Největší vzestup mortality byl do roku 2007 u varianty KON, nejnižší u JAM. V roce 2007 začal být rozdíl mezi KON a JAM statisticky průkazný.

Tabulka 6: Vývoj celkové (t.m.) a meziroční (a.m.) mortality

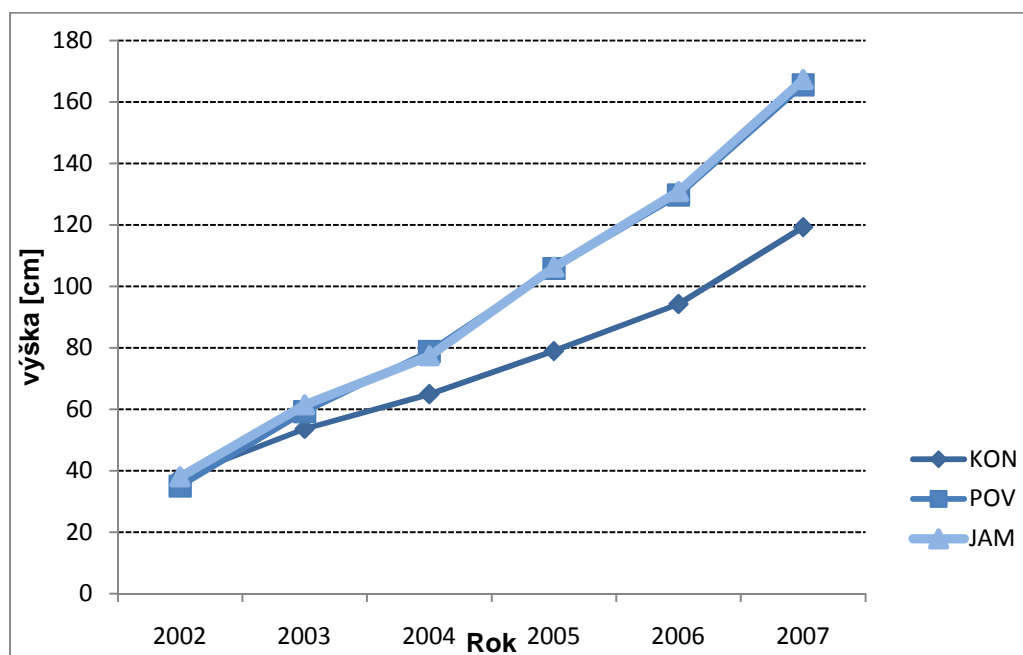
		Mortalita [%]				
Varianta		2003	2004	2005	2006	2007
KON	t.m.	7,4a	15,a	19,5a	23,5a	32,9b
	a.m.	7,4	8,0	4,1	4,0	9,4
POV	t.m.	3,0a	5,9a	13,9a	18,8a	23,8ab
	a.m.	30,0	2,9	8,0	4,9	5,0
JAM	t.m.	3,0a	8,1a	12,1a	13,1a	16,2a
	a.m.	3,0	5,1	4,0	1,0	3,1

Hodnoty následující odlišnými písmeny se statisticky průkazně liší

Aplikace hnojiv pozitivně ovlivnila tempo odrůstání olše šedé (tab. 7). Ačkoli byla průměrná výška varianty KON v době mírně vyšší oproti POV a JAM, hned po první vegetační sezóně obě přihnojené varianty kontrolní předstihly. Až do konce roku 2007 pak byly POV i JAM oproti KON statisticky významně vyšší. Vývoj výšky výsadeb je znázorněn obrázkem 8.

Tabulka 7: Vývoj výškového přírůstu (hodnoty následované různými písmeny se statisticky liší)

		Výškový přírůst [cm]				
Varianta		2003	2004	2005	2006	2007
KON	mean	15,6a	11,3a	14a	15,3a	25a
	sd	10,46	11,5	17,25	13,71	20,62
POV	mean	24,2b	19,6b	27b	23,9b	35,8b
	sd	14,8	13,01	22,66	21,25	22,95
JAM	mean	23,4b	15,9b	28,9b	24,6b	36,4b
	sd	11,44	15,19	21,01	14,31	16,46

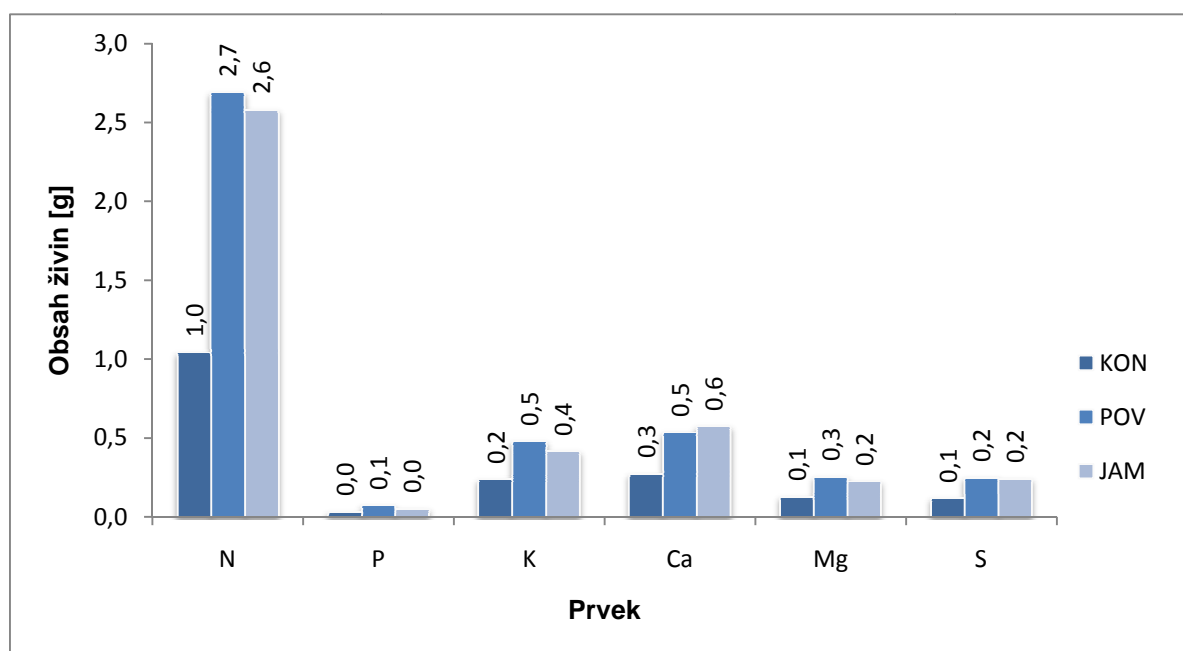


Obrázek 8: Vývoj výšky výsadeb

5.7. Celkový obsah živin

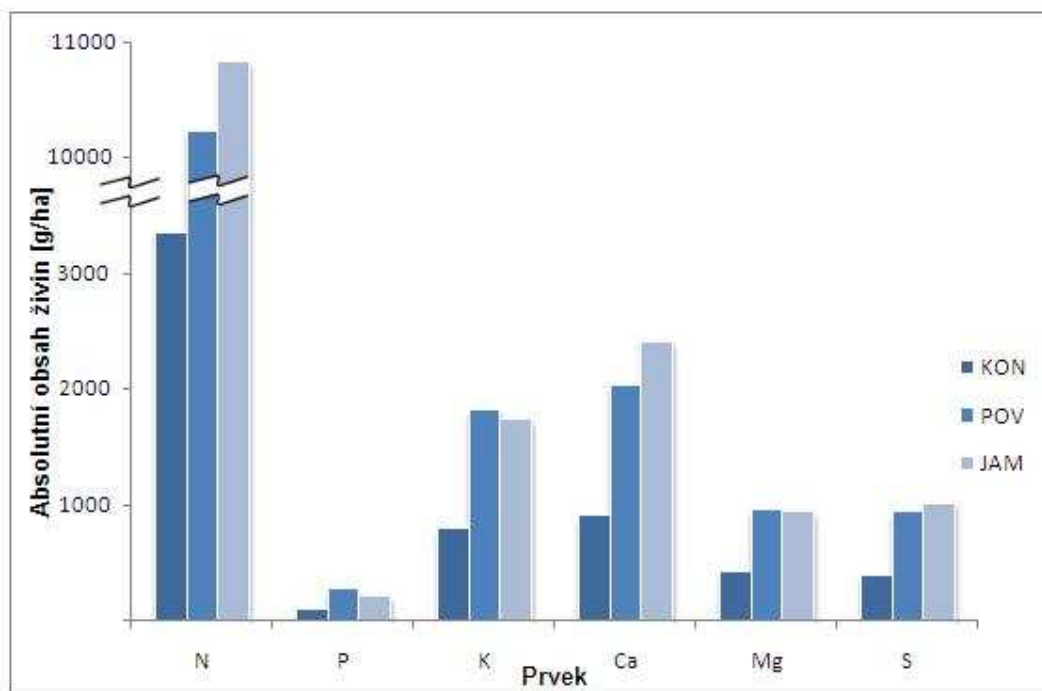
Přihnojené varianty obsahovaly mnohem více zásob N, P, K, Ca, Mg i S (obrázek 9) než KON. Největší rozdíl mezi variantami byl v obsahu N. Absolutní množství P akumulované v olších jsou obecně nízké v poměru k celkovému množství biomasy olše.

Absolutní obsah makroelementů v sušině průměrného stromu byl ve variantě POV a JAM 2,6 a 2,5krát (N); 2,4 a 1,6krát (P); 2,0 a 1,7krát (K), 2,0 a 2,1krát (Ca); 2,0 a 1,8krát (Mg); 2,1 a 2,1krát (S) vyšší než jejich hodnoty v kontrolní variantě.



Obrázek 9: Absolutní obsah živin [g] jednotlivých variant vázaných v celých stromech

Efekt účinnosti přihnojování byl ještě umocněn mortalitou variant (viz kap. 5.6.), která byla ve variantě KON, POV a JAM 67 %, 76 % a 84 %. Rozdíl mezi variantami se ještě navýší, pokud se sušina stromů, které přežily, přepočítá na $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Absolutní obsah živin byl v roce 2007 u variant KON, POV a JAM 282, 859 a 971 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Absolutní obsah živin jednotlivých makroelementů přepočtených na $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ je shrnut v obrázku 10. Jejich obsah byl u variant POV a JAM 3,1 a 3,2krát (N); 2,8 a 2,0krát (P); 2,3 a 2,2krát (K); 2,2 a 2,7krát (Ca) a 2,3 a 2,2krát (Mg) vyšší oproti KON.



Obrázek 10: Absolutní obsah živin přepočítaný na hektar

6. Diskuse

Podle dostupné literatury se olše šedá jeví jako vhodná meliorační dřevina pro degradovaná horská stanoviště v imisních oblastech. Např. Podrázský et al. (2006) zmiňují značný potenciál olše při obnově holorganických vrstev na zemědělských i devastovaných lokalitách v horských polohách. Rovněž jsou potvrzeny meliorační účinky této dřeviny na stanovištích degradovaných buldozerovou přípravou (Podrázský et al. 2003). Myrold a Huss-Danell (2003) také uvádějí možnost používání dusík fixující rostliny ke zlepšení úrodnosti půd ve vysokých zeměpisných šířkách s poměrně krátkou vegetační dobou. Díky využívání dusíku, asimilační účinnosti listů a efektivní struktury koruny a kořenového systému je zajištěna vysoká produkce biomasy olše šedé (Uri et al. 2009).

Cílem provedené meliorace bylo urychlit tvorbu porostu schopného poskytnout ochranný kryt pro podsazované, méně odolné cílové dřeviny, jakými jsou především buk, jedle a klen. Účelem melioračního opatření rovněž bylo zvýšit podíl jednotlivých makroelementů v sušině a tím prostřednictvím opadu obohatit stanoviště o živiny. O zásobování stanoviště cenným organickým materiálem olší se zmiňují např. Huss-Danell a Lundmark (1988). V našem experimentu jsme zkoumali výživu olše šedé a její reakci na přihnojení.

Koncentrace živin

Obecně největší koncentrace N a K byla lokalizována v listech. Ke stejným výsledkům došli i Uri et al. (2002) a Huss-Danell (1986). Rovněž koncentrace Ca, Mg a P byly v našem experimentu nevyšší v listech. Toto se ovšem neshoduje s výsledky Uri et al. (2002), neboť ten uvádí nejvyšší obsah P v kmínku. Naopak v naší studii byla koncentrace všech živin nejnížší právě v kmínku – s výjimkou P, který měl koncentraci v kmínku nepatrně vyšší než v kůře. Listový obsahuje největší množství živin zejména proto, že plní asimilační funkci. Co se týče kořenů, obecně vzato lze říci, že s rostoucím průměrem kořenů koncentrace jednotlivých makroelementů v sušině klesá.

Pokud jde o rozdíly koncentrací mezi jednotlivými variantami pokusu, nelze je jednoduše interpretovat. Statisticky významný pozitivní vliv přihnojení na koncentraci živin v sušině ve srovnání s kontrolou byl zaznamenán pouze u jemných vyživovacích kořínků do velikosti 2 mm, a to u varianty POV (Ca, Mg) a dále u kořínků velikosti 0,5–1,0 cm, rovněž u varianty POV (Ca). V některých případech byla dokonce koncentrace živin v kontrole statisticky průkazně vyšší oproti přihnojeným variantám. V kmínku varianty KON byla statisticky

významně vyšší koncentrace K a Mg v sušině ve srovnání s JAM. Taktéž u kořínků 0,5–1,0 cm koncentrace K.

Relativně malé pozitivní účinky hnojení na koncentraci živin v biomase by mohly být částečně vysvětleny faktem, že se stromy pro analýzu odebíraly po pěti letech po přihnojení. Účinek melioračního zásahu se totiž projevuje jen několik let po jeho aplikaci. Vyšší koncentrace některých prvků v kontrolní variantě může být dána i tzv. „efektem zředění“. Na tento efekt poukazuje např. Lumini et al. (1994). Omezené množství živin je distribuováno do většího množství biomasy, takže je pak nižší koncentrace živin ve více vyvinuté rostlině. Tento efekt by však neměl být příliš výrazný, nebo sice u přihnojených variant došlo k vysokému nárůstu biomasy (Graf 1), ale došlo i k nárůstu absolutního obsahu živin (Graf 3).

Zvýšený obsah S u přihnojených variant může být způsobem „nasátím“ tohoto prvku rychleji rostoucí olší oproti pomaleji rostoucí kontrolní variantě. V povrchu výzkumné plochy je síra naakumulována z předchozích desetiletí imisní zátěže.

Pokud jde koncentraci Ca, v případě olše šedé nejsou kritéria pro hodnocení. Přitom je obsah vápníku velmi důležitý, protože má rozhodující vliv na vývoj kořenového systému. Lze ovšem s přihlédnutím k přivápnění očekávat, že je jeho koncentrace dostačující.

Obsah živin požadovaný olší šedou

Kopiga a Van den Burg (1995) uvedli obsah jednotlivých makroelementů v listech olše šedé pro odhad nedostatku těchto prvků. V našem případě se koncentrace živin v listech mezi přihnojenými variantami a kontrolou příliš nelišily, proto je výživa hodnocena dohromady pro všechny varianty. Z porovnání s Kopigou a Van den Burgem (1995) vyplývá, že se koncentrace N v našem experimentu ve všech variantách pohybuje v normálu navzdory tomu, že vápnění může mít negativní dopad na množství půdního dusíku (Podrázský et al. 2001). Naproti tomu je koncentrace P extrémně nízká a nedostatečné je rovněž zásobení K. V jistém ohledu může být nízká koncentrace P u olše překvapivá, neboť jak ukazuje studie Monzóna a Azcóna (2001), příjem P je u olše šedé značně posílen mykorhizou. Na druhou stranu jsou ale lesní stanoviště v Jizerských horách na fosfor extrémně chudá (Špulák 2009) a v aplikované hnojivé směsi bohužel nebyl přístupného fosforu dostatek. Koncentrace Mg, se pohybovala v optimu.

Poměr živin

Kromě samotného obsahu živin je důležitý i jejich vzájemný poměr. Kopinga a Van den Burg (1995) uvádějí optimální poměr N : P : K : Mg u listnatých dřevin 100 : 10–14 : 50–100 : 10. Olše šedá má poněkud odlišné nároky. Poměr živin (N : P : K) požadovaných touto dřevinou je 100 : 18 : 50 (Ingestad 1981). Z toho vyplývá, že olše v našem experimentu nemají optimální poměr zmíněných živin, zejména poměr N : P. Toto by se mohlo jevit jako problematické, neboť Kopinga a Van den Burg (1995) upozorňují, že i když je na dostatečné úrovni obsah P, K a Mg, tak by mohl být relativní nedostatek těchto prvků, jestliže by byl příliš vysoký podíl N. Nutno však podotknout, že koncentrace Mg se v našich vzornících pohybuje v optimu a dusík zůstává přes antropogenní zátěž na mnoha lokalitách Jizerských hor deficitní živinou. Z nízkého poměru N : P tedy především opět vyplývá deficitní zásobení P.

Biomasa, absolutní obsah živin

Přihnojení pět let po výsadbě průkazně podpořilo produkci biomasy, její nárůst byl u POV a JAM téměř 3krát vyšší než u KON. I přesto ale bylo toto množství výrazně menší, než uvádějí Uri et al. (2002) – rovněž po 5 letech od výsadby. Je však nutno podotknout, že se experiment prováděl v nepříznivých růstových podmínkách (degradovaná půda, horské stanoviště). Naproti tomu experiment výše zmíněného autora byl proveden na příznivější zemědělské půdě a v menším sponu.

Největší absolutní obsah N v přihnojených variantách byl zjištěn v listech, největší obsah K a P ve větvích. Toto se neshoduje s výsledky Uriho et al. (2002), kteří uvádějí nejvyšší obsah K v listech a P v kmínku.

Porovnání způsobu aplikace meliorantů

Lepší výsledky v koncentraci živin u povrchového přihnojení by mohly být vysvětleny tím, že byl meliorant aplikován na povrch půdy v kruzích o průměru 0,5 m. Tudíž mohly kořenové systémy variant POV lépe kolonizovat okolí, jelikož větší část vedlejších živných kořínků mohla využít zlepšené půdní podmínky. V důsledku toho pak mohl být příjem živin efektivnější v pozdějších letech. Také by to mohlo být dáno zvýšenou mineralizací humusu a mobilizací živin poutaných v organické hmotě, která může být zvýšena následkem přihnojení, jak popisuje např. Nohrstedt (2002).

U jamkové aplikace je luxusní příjem živin omezen na jamku nebo její bezprostřední okolí (Kuneš et al., 2006). Kořeny prorůstající do okolí mimo tuto oblast už přihnojení nemohou využívat, pokud neprorostou do jamky sousedního stromu. Jamková aplikace je citlivější, protože případná rizika chemického působení meliorantu (nadměrná mineralizace, ovlivnění půdní mikrobioty atd.) jsou omezena pouze jamku a živiny v meliorantu jsou dodány tam, kde jich je v době výsadby nejvíce třeba. Je však nutné podotknout, že jamková aplikace je ekonomicky i technicky náročnější než povrchová aplikace.

7. Závěr

Výsadba olše šedé, založená nepříznivých růstových v podmínkách horské imisní holiny, pozitivně reagovala na cílené přihnojení. Nejvýraznější účinky hnojení byly registrovány v sušině a v absolutním množství makroelementů. Akumulace rostlinné biomasy byla po aplikaci meliorantu zhruba třikrát vyšší než na kontrole.

Jamkovou aplikaci lze považovat za citlivější z hlediska ochrany přírody, protože případná rizika chemického působení meliorantu (nadměrná mineralizace, ovlivnění půdní mikrobioty atd.) jsou omezena pouze na jamkový prostor a živiny jsou dodány tam, kde jich je v době výsadby nejvíce třeba. Je však nutné podotknout, že jamková aplikace je ekonomicky i technicky náročnější než povrchová aplikace. Povrchová aplikace „na miskou“ kolem stromků si zachovává citlivost a jak ukázaly výsledky je srovnatelně účinná.

Do budoucna je třeba testovat moderní hnojivé materiály (syntetická pomalu rozpustná hnojiva), jejichž výhoda spočívá nejen v možnosti volby zastoupení jednotlivých živin podle potřeby, ale rovněž v jejich výrazně méně náročné aplikaci (nižší hmotnost). V Jizerských horách by na řadě stanovišť bylo žádoucí využití hnojiv se zvýšeným podílem fosforu a draslíku.

8. Použité zkratky

CHKO Jizerské hory – Chráněná krajinná oblast Jizerské hory

ČR – Česká republika

LH – lesní hospodářství

LVS – lesní vegetační stupeň

MZD – meliorační a zpevňující dřeviny

NDR – Německá demokratická republika

PLO – přírodní lesní oblast

SLT – soubor lesních typů

ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

VP Jizerka – Výzkumná plocha Jizerka

VÚLHM, v. v. i., VS Opočno – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, Výzkumná stanice Opočno

Experiment – varianty vzorníků:

JAM – přihnojení do jamky

KON – kontrola

POV – povrchové přihnojení

9. Použitá literatura a literární zdroje

APLTAUER, J., CIENCIALA, E., CUDLÍN, P., HRUŠKA, J., HUŠEK, J., PODRÁZSKÝ, V., VOPĚNKA, P., VRŠOVSKÝ, V., 2006: Naléhavost lesopěstebních opatření na základě multikriteriální analýzy. Lesnická práce 85 (2).

APLTAUER, J., CIENCIALA, E., CUDLÍN, P., HRUŠKA, J., HUŠEK, J., PODRÁZSKÝ, V., VOPĚNKA, P., VRŠOVSKÝ, V., 2004: Určení naléhavosti lesopěstebních opatření v oblasti jizerskohorské náhorní plošiny. *In: Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor. Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. 11. 2004. KPL FLE ČZU, strana 17–32, ISBN 80-213-1244-0.*

APLTAUER, J., PAŘEZ, J., CIENCIALA, E., 2004: Lesopěstební postupy a jejich diferenciacie na porostní situace. *In: Obnova lesních ekosystémů Jizerských hor. Sborník z konference, Kostelec nad Černými lesy, 23. 11. 2004. KPL FLE ČZU, strana 33–47, ISBN 80-213-1244-0.*

BALÁŠ, M., KUNEŠ, I., 2010: Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. Lesnická práce 89 (11), strana 20–22.

- BALCAR, V., 2005: Olše zelená a borovice blatka v Jizerských horách. Lesnická práce 84 (4).
- BALCAR, V., 2003: Výzkumný demonstrační objekt Jizerka. Informační materiál využitý při terénních exkurzích. Opočno, strojopis, 11 stran.
- BALCAR, V., 2001: Umělá obnova lesních porostů v horských podmínkách. *In: Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia ... Opočno, 13.9.–14.9. 2001. Eds. M. Slodičák, J. Novák. VÚLHM Jíloviště-Strnady, strana 135–138, ISBN 80-86461-13-0.*
- BALCAR, V., 1998: Strategie obnovy lesů na hřebenech Jizerských hor. Lesnická práce 77 (9), strana 338–340.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V., 1995: Zvýšení vitality kultur lesních dřevin aplikací horninových mouček při obnově lesa na kalamitních holinách Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu 40 (3/4), strana 44–49.
- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V., 1994: Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. Zprávy lesnického výzkumu 39 (2), strana 1–7.
- BALCAR, V., KACÁLEK, D., VACEK, S., 1999: Rekonstrukce porostů náhradních dřevin prosadbami buku lesního *Fagus sylvatica* L. *In: Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12.10. – 13.10. 1999. Ed. M. Slodičák. VÚLHM Jíloviště-Strnady, strana 135–140, ISBN 80-902615-4-X.*
- BALCAR, V., ŠPULÁK, O., 2006: Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. *In: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí. Eds. A. Jurásek, J. Novák, M. Slodičák. VÚLHM Jíloviště-Strnady, VS Opočno, 2006, strana 399–407.*
- BALCAR, V., KACÁLEK, D., 2008: Growth and health state of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the ridge area of the Jizerské hory Mts. *Journal of Forest Science* 54 (11): strana 509–518.
- BAUER, H., [ca. 1912]: Zur ausnutzung des chemischen standortsfaktors durch waldpflanzen. *In: Hnojení lesních kultur: Meliorace krnicích kultur a porostů. Nakladatelství Brázda, Praha, strana 156–157.*
- BAUMGARTEN, M, VON TEUFFEL, K., 2005: Nachhaltige Waldwirtschaft in Deutschland. *In: von Teuffel K et al. (eds) Waldumbau. Springer, Berlin, strana 1–10.*
- BORŮVKA L., MLÁDKOVÁ, L., DRÁBEK, O., 2005: Factors controlling spatial distribution of soil acidification and Al forms in forest soils. *Journal of Inorganic Biochemistry* 99, strana 1796–1806.
- BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J., 1987: Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. UJEP, Brno, 298 stran.
- BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L, KAKOST, V., KOTYZA, O., KVĚTOŇ, V, MACKOVÁ, J., MULLER, M., ŠTEKL, J, TOLASZ, R, VALÁŠEK, H., 2005: Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita v Brně ve spolupráci s ČHMÚ, Praha, Brno, 369 stran.

- BUBENÍČKOVÁ, L., 1979: Pravděpodobná maximální srážka na povodí Lužické Nisy a Smědé: dílčí zpráva. ČHMÚ, Praha, 24 stran.
- BUBENÍČKOVÁ, L., 1980: Vliv orografie Jizerských hor na vzdušné proudění a geografické rozložení srážek za vybraných synoptických situací : dílčí zpráva. ČHMÚ, Praha, 43 stran.
- BUBENÍČKOVÁ, L., KULASOVÁ, A., 2006: Sledování počasí v Jizerských horách. *In:* Sborník semináře Stretnutie sneharov - Nová Ves 2006. ČHMÚ, Praha, strana 1–15.
- ČERVENÝ, J., RICHTER, V., LEKEŠ, Z., 1984: Podnebí a vodní režim ČSSR. SZN, Praha, 400 stran.
- DRÁBEK, O., MLÁDKOVÁ, L., BORŮVKA, L., SZÁKOVÁ, J., Nikodem, A., NĚMEČEK, K., 2005: Comparison of water-soluble and exchangeable forms of Al in acid forest soils. *Journal of Inorganic Biochemistry* 99, strana 1788–1795.
- FÉR, F., 1994: Lesnická dendrologie, 2. část. VŠZ – lesnická fakulta ve spolupráci s Maticí lesnickou Písek, Praha, 163 stran. ISBN 80-213-0169-4.
- FADRHONSOVÁ, V., LOMSKÝ, B., MAUER, O., PALÁTOVÁ, E., RYCHNOVSKÁ, A., STOKLASA, M., ŠRÁMEK, V., 2004: Zdravotní stav lesa v Jizerských horách. *In:* Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Ed. Slodičák, M. VÚLHM Jíloviště Strnady, 232 stran.
- GORHAM, E., VITOUSEK, P., M., REINERS, W., A., 1979: The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10, strana 53–84.
- GRANHALL U., 1994: Biological fertilization. *Biomass and Bioenergy*, 6, strana 81–91.
- HILL, T., LEWICKY, P., 2007: STATISTICS Methods and Applications. Tulsa, StatSoft, 800 stran.
- HLADÍK, M., KORPEL, Š., LUKÁČ, T., TESAŘ, V., 1993: Hospodárenie v lesoch horských oblastí. VŠZ a Matice lesnická Písek, Praha, 123 stran.
- HORST, W., J., 1995: The role of the apoplast in aluminium toxicity and resistance of higher plants: a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 158, strana 419–428.
- HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J., 2009: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy 1. Emise a depozice okyselujících sloučenin. *Živa* 2, strana 93–96.
- HRUŠKA, J., OULEHLE, F., KRÁM, P., SKOŘEPOVÁ, I., 2009a: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy 2. Vliv depozic síry a dusíku na půdy a lesy. *Živa* 3, strana 141–144.
- HRUŠKA, J., MAJER, V., KRÁM, P., OULEHLE, F., KOPÁČEK, J., VRBA, J., FOTTOVÁ, D., 2009b: Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy 3. Okyselení potoků a jezer. *Živa* 4, strana 189–192.
- HRUŠKA, J., KRÁM, P., SCHWARZ, O., 1999: KYSELÉ DEŠTĚ STÁLE S NÁMI – Modelování dlouhodobé acidifikace lesních půd. *Lesnická práce* 78 (6).

- HUSS-DANELL, K., LUNDMARK, J., E., 1988: Growth of nitrogen-fixing *Alnus incana* and *Lupinus* spp. for restoration of degenerated forest soil in northern Sweden. *Studia Forestalia Suecica* 181, strana 1–20.
- HUSS-DANELL, K., 1986: Nitrogen in shoot litter, root litter and root exudates from nitrogen-fixing *Alnus incana*. *Plant and Soil* 91 (1), strana 43-49.
- CHLÁDEK, J., NOVOTNÝ, P., 2007: Srovnání potenciálu různých druhů přípravných dřevin pro využití v podmínkách imisní oblasti Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu* 52 (3), strana 226–234.
- INGESTAD, T., 1981: Nutrition and growth of birch and grey alder seedlings in low conductivity solutions and at varied relative rates of nutrient addition. *Psychologia Plantarum* 52 (4), strana 454–466.
- JENÍK, J., 1961: Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. ČSAV, Praha, 412 stran.
- KLÍMOVÁ, E. [ed.], 2001: Rekordy České Republiky-Příroda. Mapa Slovakia Bratislava, s. r. o., Bratislava, 206 stran.
- KNOKE, T., AMMER, CH., STIMM, B., MOSANDL, R., 2008: Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Research* 127 (2), strana 89–101.
- KOLEKTIV (1997): Plán péče o CHKO Jizerské hory. Autorský kolektiv: P. Březina, J. Burda, J. Dolak, Farský, J. Hušek, J. Mejzrová, L. Pavlů, F. Pelc, K. švejdová, P. Vetešník, Z. Vlk, P. Vonička, V. Vršovský, Liberec, září 1997, platnost 1997–2006, prodloužena platnost do roku 2011. 131 stran
- KOOIJMAN, A., M., EMMER, I., M., FANTA, J., SEVINK, J., 2000: Natural regeneration potential of the degraded Krkonoše forests. *Land Degradation and Development* 11, strana 459–473.
- KOPINGA, J., VAN DEN BURG, J., 1995: Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal of Arboriculture*, 21 (1), strana 17–24.
- KOŠULIČ, M. st., 2003a: “Malé populace” melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) I. *Lesnická práce* 82 (1), strana 16–17.
- KOŠULIČ, M. st., 2003b: “Malé populace” melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) II. *Lesnická práce* 82 (2).
- KRÁM, P., HRUŠKA, J., WENNER, B., S., DRISCOLL, C., T., JOHNSON, C., E., 1997: The biogeochemistry of basic cations in two acid-impacted forest catchments with contrasting lithology. *Biogeochemistry* 37 (2), strana 173–202.
- KRÜSSMANN, G., 1978: Evropské dřeviny: Příručka pro přátele přírody. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 187 stran. ISBN 07-084-78.

- KREČMER, V., 1984: Ovlivnění vodohospodářských funkcí lesů. *In: Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi.* Peřina V., et al., SZN, strana 54–63, ISBN 07-118-84-04/40.
- KŘEČEK, J, HOŘICKÁ, Z., 2001: Degradation and recovery of mountain watersheds: the Jizera Mountains, Czech Republic. *Unasylyva* 52 (207), strana 43–49.
- KULASOVÁ, A., 2005: Průběh zim v Jizerských horách podle údajů ze stanice Bedřichov. *In: Sborník semináře Stretnutie sneharov 2005.* SHMÚ, Liptovský Mikuláš, strana 21–24.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., BURDA, P., 2010: Vnášení listnatých odrostků do horských jehličnatých porostů. *Lesnická práce* 89 (10), strana 24–26.
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., BALÁŠ, M., 2008: Porovnání účinků SilvamixU s účinky mletého amfibolitu. *Lesnická práce* 87 (4).
- KUNEŠ, I., BALCAR, V., VYKYPĚLOVÁ, E., ZADINA, J., 2006: Vliv jamkové aplikace moučky dolomitického vápence na půdní prostředí uvnitř sadebních jamek a mimo jamkový prostor v rámci podmínek kyselého horského stanoviště v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu* 51(2), strana 84–91.
- LANDA, M., 1955: Při půdoochranném zalesňování věnujme více pozornost olši. *Lesnická práce* 34 (4), strana 149–151.
- LAWNICZAK, R., 2009: Kartografická prezentace forem ochrany a degradace přírodního prostředí : sozologická mapa v měřítku 1:50 000 [online]. [cit. 2011-01-24]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/nzk/c2-10/lawniczak.htm>.
- LHOTSKÝ, J, FERDA, J., HERYNEK, J, MATERNA, J., POKORNÝ, P., ŠVARC, B., 1987: Degradace lesních půd a jejich meliorace. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 234 stran.
- LIKENS, G.,E., DRISCOLL, C.,T., BUSO, D.,C., 1996: Long-term effects of acid rain: response and recovery of a forest ecosystem. *Science* 272(5259), strana 244–246.
- LUKEN, J.,O., 1990: Directing Ecological Succession. Chapman and Hall, London., 264 stran, ISBN 0-412-34450-5.
- LUMINI, E., BOSCO, M., PUPPI, G., ISOPI, R., FRATTEGANI, M., BURESTI, E., FAVILLI, F., 1994: Field performance of *Alnus Cordata* Loisel (Italien alder) inoculated with *Frankia* and va-mycorrhizal strains in mine-spoil afforestation plots. *Soil Biology and Biochemistry* 26 (5), strana 659–661.
- MANCZYK, H., 1999: The Black Triangle: Reducing Air Pollution in Central Europe [online]. [cit. 2010-03-20]. Dostupné z: <http://www.energy.rochester.edu/pl/blacktriangle/>.

- MARSCHNER, B., STAHR, K., RENGER, M., 1989: Potential hazards of lime application in a damaged pine forest ecosystem in Berlin, Germany. *Water, Air, and Soil Pollution* 48 (1/2), strana 45–57.
- MATERNA, J., 1987. Imisní degradační stadia. *In: Degradace lesních půd a jejich meliorace*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, strana 170–185, ISBN 07-109-87.
- MATERNA, J., 1963: Výživa a hnojení lesních porostů. SZN, Praha, 227 stran.
- MONZÓN, A., AZCÓN, R., 2001: Growth responses and N and P use efficiency of three *Alnus* species as affected by arbuscular-mycorrhizal colonisation. *Plant Growth Regul* 35, strana 97–104.
- MULDER, J., STEIN, A., 1994: The solubility of aluminum in acidic forest soils: long-term changes due to acid deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58 (1), strana 85–94.
- MUSIL, I. et MÖLLEROVÁ, J., 2005: Listnaté dřeviny. (Lesnická dendrologie 2). Česká zemědělská univerzita, FLE, Praha, 82 stran. ISBN 80-213-1367-6.
- MUSIL, I. et HAMERNÍK, J., 2002: Lesnická dendrologie 4. Návody do cvičení. Česká zemědělská univerzita, FLE, Praha, 151 stran. ISBN 80-213-0991-1.
- MYROLD, D. D., HUSS-DANELL, K., 2003: Alder and lupine enhance nitrogen cycling in a degraded forest soil in Northern Sweden. *Plant and Soil* 254, strana 47–56.
- NÁROVEC, V., 2004: Hnojivé tablety v soustavách hnojení lesních kultur. *Lesnická práce* 83 (3).
- NAVRÁTIL, P., RŮŽIČKA, I., 2001: Produkční a mimoprodukční funkce lesní krajiny Jizerských hor. *In: Sborník referátů z mezinárodní konference Současnost a budoucnost lesní krajiny Jizerských hor*, Opočno, 6. -7.6. 2001 [online]. [cit. 2010-03-20]. Dostupné z: <http://sbornikjh.web.cz/visnak.htm>.
- NEVRLÝ, M., KERZELOVÁ, B., RUBÍN, J., SCHEYBAL, J., STUDNIČKA, M., 1983: Jizerské hory: Turistický průvodce ČSSR. Olympia, Praha, 329 stran. ISBN 27-041-83.
- NĚMEC, A., 1956: Meliorace degradovaných lesních půd. 1. vydání, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 291stran.
- NĚMEC, A., 1950: Hnojení lesních kultur: Meliorace krnicích kultur a porostů. Nakladatelství Brázda, Praha, 437 stran.
- NOHRSTEDT, H.-Ö., 2002: Effects of Liming and Fertilization (N, PK) on Chemistry and Nitrogen Turnover in Acidic Forest Soils in SW Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 139 (1–4), strana 343–354.
- NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., 2002: Dlouhodobě sledovaný experiment s porostní výchovou Kristiánov v imisní oblasti Jizerských hor. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47 (2), strana 47–52.
- OLIVA, J., 2007: Seminář dřevo a jeho surovinová základna v ČR. *Lesnická práce* 86 (11).

- PAJTÍK, J., KONOPKA, B., LUKAC, M., 2008: Biomass functions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) trees. *Forest Ecology and Management* 256, strana 1096–1103.
- PELC, F., 1999: Program revitalizace imisně zatížených lesních ekosystémů Jizerských hor. *In: Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12.10. – 13.10. 1999.* Ed. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM, strana 7–18, ISBN 80-902615-4-X.
- PÉPIN, D., RENAUD, P., C., BOSCARDIN, Y., GOULARD, M., MALLET, C., ANGLARD, F., BALLON, P., 2006: Relative impact of browsing by red deer on mixed coniferous and broad-leaved seedlings—An enclosure-based experiment. *Forest Ecology and Management* 222, strana 302–313.
- PEŘINA, V., PEŠKA, R., 1956: K používání olše jako přípravné dřeviny. *Lesnická práce*, 35 (4), strana 148–152.
- PĚNČÍK, J., 1955: Olšová mánie na obzoru? *Lesnická práce*, 34 (9), strana 386–388.
- PODRÁZSKÝ, V., 2001: Účinky melioračních opatření a potenciál jejich využití v imisních oblastech ČR. *In: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí*, strana 103–117. ISBN 80-7212-190-1.
- PODRÁZSKÝ, V., 1994: Význam meliorace lesních půd pro obnovu lesa v imisních oblastech. *Zprávy lesnického výzkumu* 39 (4), strana 53–54.
- PODRÁZSKÝ, V., 1992: Dolomitický vápenec – složení a účinnost. *Zprávy lesnického výzkumu* 37 (4), strana 36–39.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2006: Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu* 51 (4), strana 230–235.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., 2003: Změny půdního chemismu v porostech olše zelené [*Alnus alnobetula* (Ehrh.) C. Koch] v horských oblastech. *Journal of Forest Science* 49 (3), strana 104–107.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2003: Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. *Journal of Forest Science* 49 (4), strana 141-147.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., REMEŠ, J., 2001: Účinnost provozního vápnění v Jizerských horách. *Lesnická práce* 80 (10).
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, I., KRATOCHVÍL J., 1999: Výsledky aplikace hnojiv řady Silvamix. *Lesnická práce* 78 (2).
- POŠMOURNÝ, K., VÍTEK, J., 2003: Jizerské hory: geologie chráněných krajinných oblastí České republiky. Česká geologická služba, Praha, leták.

- REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., 2002: Ekologické nároky a funkční význam smrku pichlavého. *Lesnická práce* 81 (7).
- SAZP, 2011: Implementacia DPZ a GIS v ZP. Slovenská agentura životného prostredia. [online]. [cit. 1.2.2011]. Dostupné z: <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/EDU/obrazky/obr21.gif>.
- SAMEK, V., 1984: Stav a prognóza znečištění ovzduší. *In: Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi*. Peřina V., et al., SZN, strana 7–14, ISBN 07-118-84-04/40.
- SEIFERT, J, PEŘINA, V., 1956: Význam půdní biologie v pěstování lesa. *Lesnická práce* 35 (1), strana 9–13.
- SOBÍŠEK, B. [ed.], 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Academia, MŽP ČR, Praha, 594 stran.
- ŠPULÁK, O, 2009: Produkční potenciál mladého porostu smrku pichlavého a akumulace živin v nadzemní biomase. *Zprávy lesnického výzkumu* 54(2), strana 85–91.
- TEJNECKÝ, V., DRÁBEK, O., BORŮVKA, L., NIKODEM, A., KOPÁČ, J., VOKURKOVÁ, P., ŠEBEK, O., 2010: Seasonal variation of water extractable aluminium forms in acidified forest organic soils under different vegetation cover. *Biochemistry* 101 (1–3), strana 151–163.
- SWIFT M. J., HEAL O. W., ANDERSON J. M., 1979: *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Publications. *Studies in Ecology* 5, 372 stran.
- ŠROT, M., 1981: Kalamitní výskyt obaleče modřínového (*Zeiraphera diniana* Guen.) v Krkonoších a v Jizerských horách. *Opera Corcontica* 18, strana 69–88.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., SLODIČÁK, M, 2005: Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of forest science* 51, strana 54–58.
- ULRICH, B., 1986: Factors affecting the stability of temperate forest ecosystem. *In: 18th IUFRO World Congress, Division 1, Vol. 1, Ljubljana, IUFRO*, strana 121–135.
- URI, V., LÖHMUS, K., KIVISTE, A., AOSAAR, J., 2009: The dynamics of biomass production in relation to foliar and root traits in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forestry* 82 (1), strana 61–74.
- URI, V., TULLUS, H., LÖHMUS, K. , 2002: Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned land. *Forest Ecology and Management* 161 (1-3), strana 169–179.
- ÚŘADNÍČEK, L., MADĚRA, P., KOLIBÁČOVÁ, S., KOBLÍŽEK, J., ŠEFL, J., 2001: *Dřeviny České republiky*. Matice lesnická, Písek, 333 stran. ISBN 80-86271-09-9.

- VACEK, S., 2001: Přirozená obnova lesních porostů v horských oblastech. *In: Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia ... Opočno, 13.9.–14.9. 2001. . Eds. M. Slodičák, J. Novák. VÚLHM, Jíloviště-Strnady, strana 205–207, ISBN 80-86461-13-0.*
- VACEK, S., MATĚJKA, K., 1999: The state of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts in years 1976–1997. [Stav lesních porostů na výzkumných plochách v Krkonoších v letech 1976–1997]. *Journal of Forest Science (Lesnictví) 45 (7), strana 291–315.*
- VAN MIEGROET, H., JOHNSON, D., W., 2009: Feedbacks and synergism among biogeochemistry, basic ecology, and forest soil science. *Forest Ecology and Management, 258, strana 2214–2223.*
- VAVŘÍČEK, D., 2000: Tabletová hnojiva Strom-konifer a Strom-folixyl a jejich použití v lesním hospodářství – I. *Lesnická práce 79 (7).*
- VISŇÁK, R., 2005: Lesy v rezervacích centrální části Jizerských hor - Pohled přírodovědce. *Lesnická práce 84 (4).*
- VISŇÁK, R., 2001: Hospodaření v lesích maloplodých chráněných území centrální části Jizerských hor z pohledu přírodovědce. *In: Sborník referátů z mezinárodní konference Současnost a budoucnost lesní krajiny Jizerských hor, Opočno, 6.-7.6. 2001 [online]. [cit. 2010-03-20]. Dostupné z: <http://sbornikjh.sweb.cz/visnak.htm>.*
- VLKOVÁ, V., POLENO, Z., RYBNÍČEK, P., 1994: *Lesnický naučný slovník: 1. díl A–O. Ministerstvo zemědělství, Praha, 743 stran. ISBN 80-7084-111-7.*
- Vyhláška ministerstva zemědělství České republiky č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, v platném znění.
- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 78/1996 Sb., o stanovení pásem ohrožení lesů pod vlivem imisí, v platném znění.
- ZAKOPAL, V., 1958: Přínos břízy pro zalesnění našich kalamitních holin. *Lesnická práce 37 (11), strana 487–491.*
- ZBÍRAL, J., 2002: *Analýza rostlinného materiálu: jednotné pracovní postupy. - Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor, 192 stran. ISBN 80-86548-73-2.*

10.Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 Vymezení oblastí s půdami různě narušenými acidifikací a nutriční degradací

Příloha 2 Historický vývoj hlavních emisních zdrojů SO₂ na území bývalého Československa

Příloha 3 Historický vývoj měrných emisí SO₂, NO_x a NH₃ v bývalém Československu

Příloha 4 Schéma plochy VP Jizerka

Příloha 5 Ortofoto s vyznačením VP Jizerka, umístění polohy v rámci ČR

Příloha 6 Výsadba olše, varianta POV

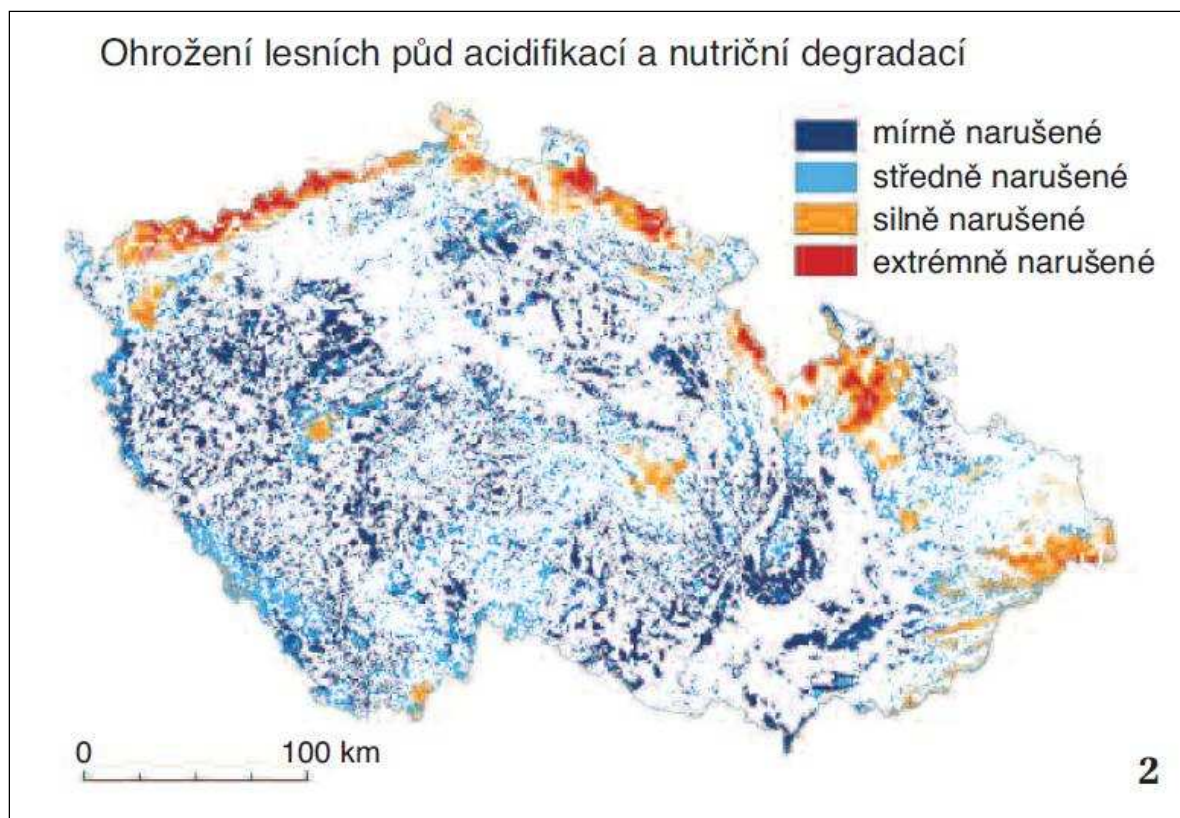
Příloha 7 Vzorníkový strom, varianta KON

Příloha 8 Vzorníkový strom, varianta KON

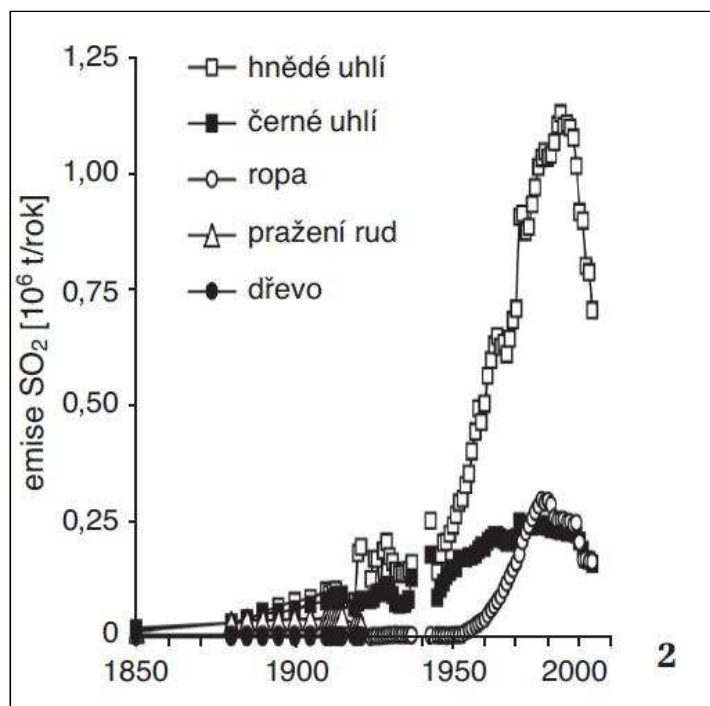
Příloha 9 Stav výsadby v roce 2010, varianta JAM

Příloha 10 Stav výsadby v roce 2010, varianta KON

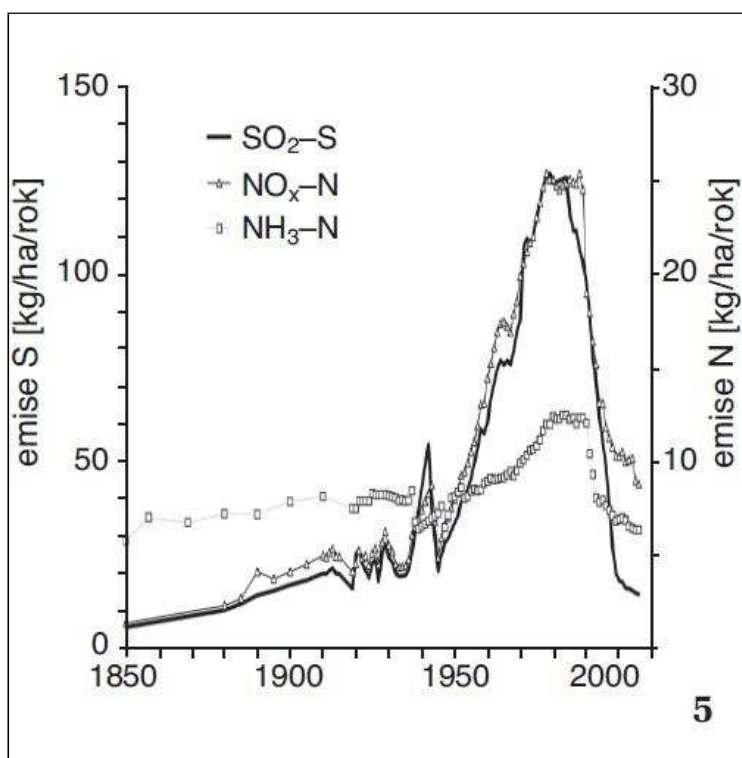
Příloha 11 Stav výsadby v roce 2010, varianta POV



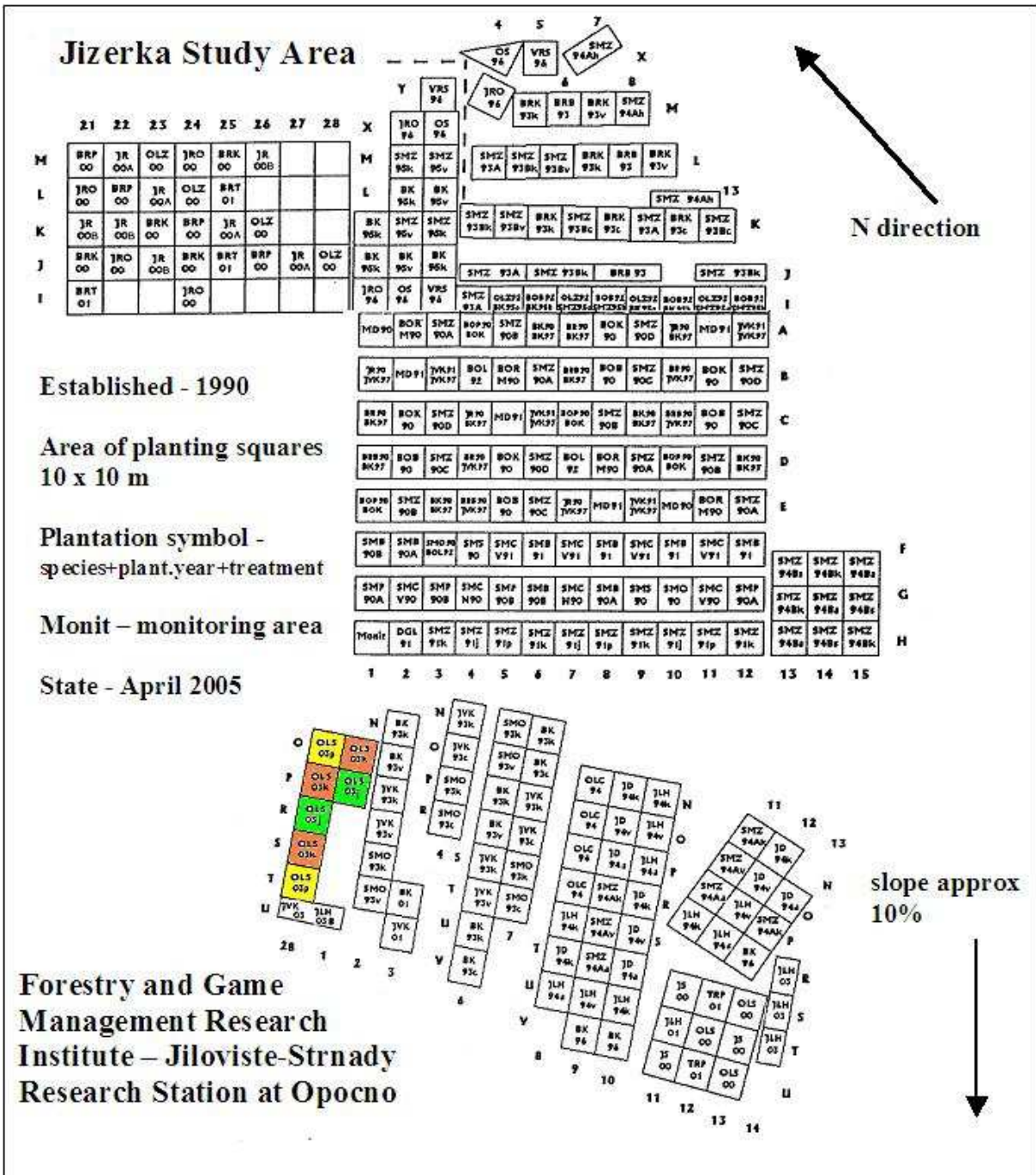
Příloha 1 Vymezení oblastí s půdami různě narušenými acidifikací a nutriční degradací (Hruška et al. 2009a)



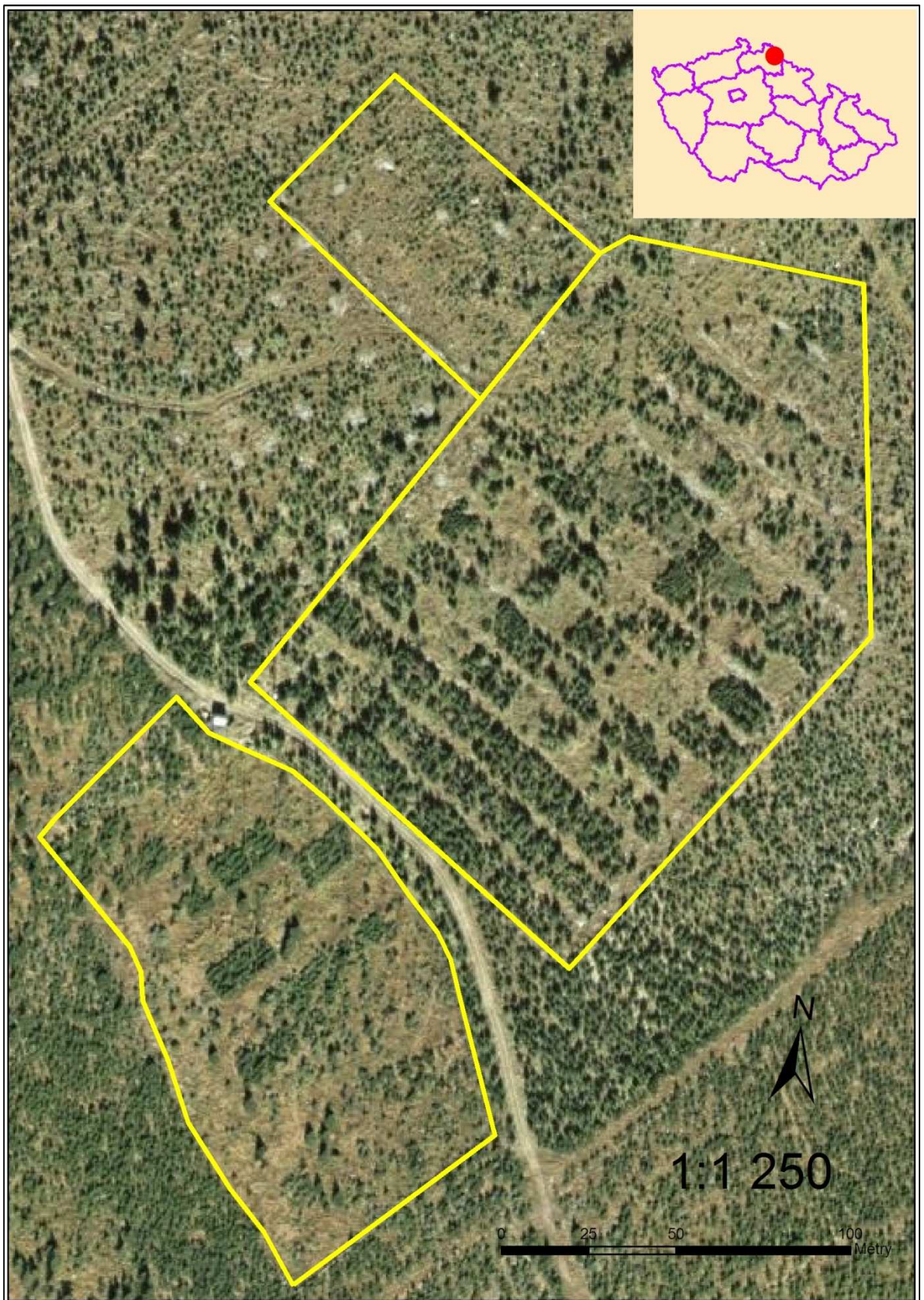
Příloha 2 Historický vývoj hlavních emisních zdrojů SO₂ na území bývalého Československa. Graf je ukončen obdobím rozvoje odsiřování hlavních zdrojů znečištění (Hruška, Kopáček 2009a).



Příloha 3 Historický vývoj měrných emisí SO₂, NO_x a NH₃ v bývalém Československu. (Hruška, Kopáček 2009a).



Příloha 4 Schéma plochy VP Jizerka; žlutě varianta POV, béžově KON a zeleně JAM



Příloha 5 Ortofoto s vyznačením VP Jizerka, umístění polohy v rámci ČR



Příloha 6 Výsadba olše, varianta POV; Foto: Ivan Kuneš



Příloha 8 Vzorníkový strom, varianta KON; Foto: Ivan Kuneš

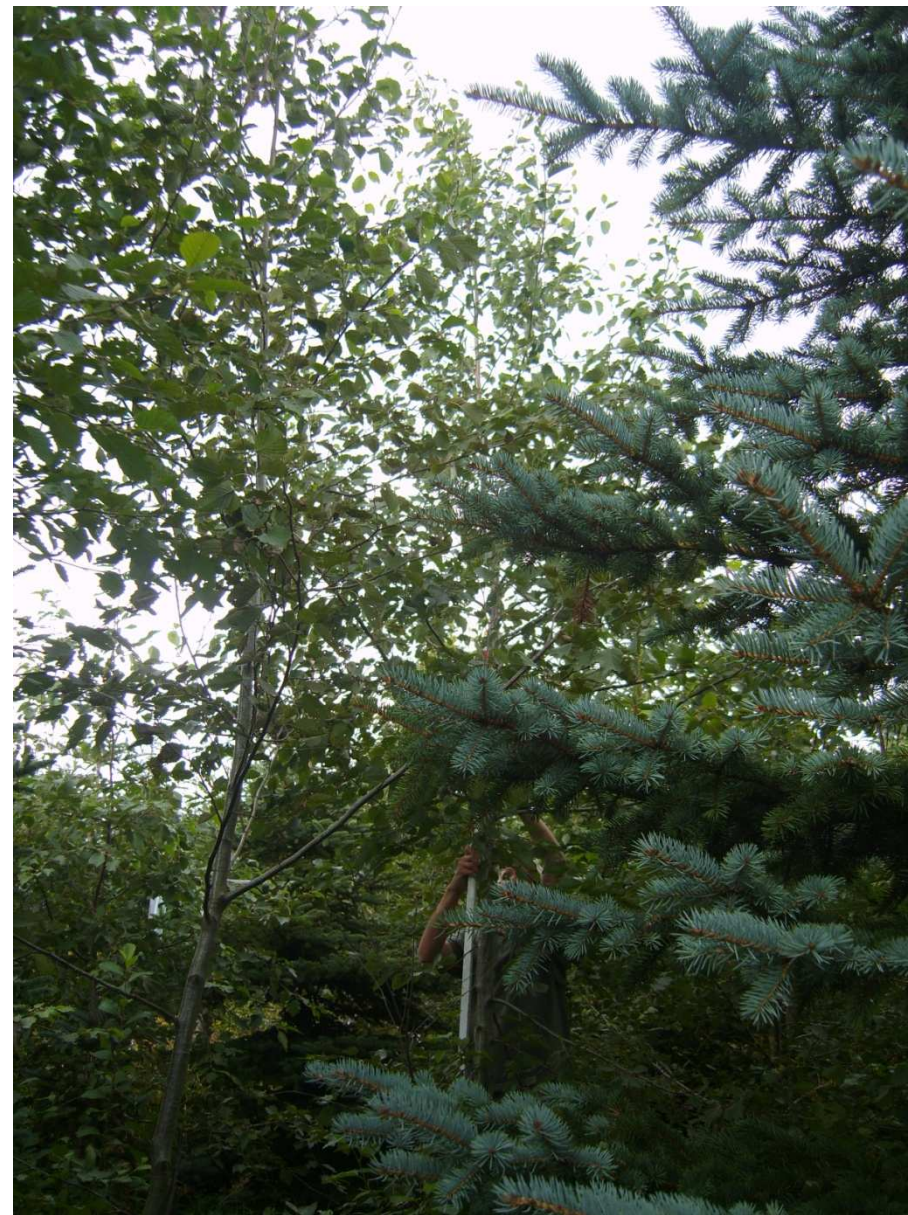


Příloha 7 Vzorníkový strom, varianta KON; Foto: Ivan Kuneš



Příloha 10 Stav výsadby v roce 2010, varianta KON; Foto: Jaroslava Pohlová

H



Příloha 9 Stav výsadby v roce 2010, varianta JAM; Foto: Jaroslava Pohlová



Příloha 11 Stav výsadby v roce 2010, varianta POV; Foto: Jaroslava Pohlová