

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská



Mihi cura futuri

Náhradní porosty smrku pichlavého v Jizerských horách a jejich přeměna bukem lesním

Doktorská disertační práce

Vypracoval:

Ing. Ondřej Špulák

Katedra pěstování lesů

Opočno

Duben 2009

Doktorská disertační práce

Název: Náhradní porosty smrku pichlavého v Jizerských horách
a jejich přeměna bukem lesním

Doktorand: Ing. Ondřej Špulák

Školitel: Prof. Ing. Ivo Kupka, CSc.

Školitel specialista: Doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.

Školící pracoviště: Katedra pěstování lesů
Fakulta lesnická a dřevařská
Česká zemědělská univerzita v Praze

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předkládanou doktorskou disertační práci vypracoval samostatně s použitím uvedených pramenů.

V Opočně dne.....

Ondřej Špulák

Zpracování disertační práce v letech 2004–2008 proběhlo v rámci řešení rezortního výzkumného záměru MZE 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“. Finalizace disertační práce v roce 2009 byla zahrnuta do řešení výzkumného záměru MZE 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“. Oba výzkumné záměry jsou garantovány Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumnou stanicí v Opočně.

Poděkování

Děkuji svému školiteli Prof. Ing. Ivo Kupkovi, CSc. a školiteli specialistovi Doc. RNDr. Marianovi Slodičákovi, CSc. za veškerou podporu, rady a diskuze při zpracování této disertační práce.

Děkuji také Ing. V. Balcarovi, CSc. a výzkumným dědicům Ing. H. Kriegla, CSc. za propůjčení dat morfologických měření v prosadbách buku. Dík patří i kolegům z Výzkumné stanice v Opočně, kteří mi pomohli při sběru dat a kteří při různých debatách třeba i bezděky ovlivnili vývoj této práce.

V neposlední řadě děkuji také své ženě a dětem. Při zpracování tohoto spisu jsem je nejednou připravil o čas a často i trpělivost, které bych jinak mohl věnovat jim.

Obsah

1. ÚVOD	7
2. ROZBOR PROBLEMATIKY	8
2.1. Vznik porostů náhradních dřevin	8
2.1.1. Imisní kalamita	8
2.1.2. Vliv imisní kalamity na lesní ekosystémy	8
2.1.2.1. <i>Vliv na vegetaci</i>	8
2.1.2.2. <i>Vliv na lesní půdy</i>	9
2.1.2.3. <i>Vliv na půdní faunu</i>	10
2.1.2.4. <i>Změna mikroklimatu</i>	11
2.1.3. Porosty náhradních dřevin (PND)	12
2.1.3.1. <i>Funkce porostů náhradních dřevin</i>	12
2.1.3.2. <i>Dřeviny porostů náhradních dřevin</i>	12
2.2. Přeměny porostů náhradních dřevin	13
2.2.1. Předpoklady přeměn	13
2.2.2. Prosadby jako metoda přeměn	13
2.2.2.1. <i>Terminologické vymezení</i>	14
2.3. Modelová zájmová oblast Jizerské hory	14
2.3.1. Geologické poměry a geomorfologie	15
2.3.2. Klimatické a hydrologické poměry	16
2.3.3. Půdní poměry	17
2.3.4. Stanovištní podmínky	17
2.3.5. Porostní poměry	18
2.3.5.1. <i>Vývoj porostních poměrů</i>	18
2.3.5.2. <i>Současné porostní poměry</i>	19
2.3.6. Imisní a kůrovcová kalamita v Jizerských horách	20
2.3.6.1. <i>Vývoj imisní a kůrovcové kalamity v Jizerských horách</i>	20
2.3.6.2. <i>Likvidace imisní kalamity v Jizerských horách</i>	21
2.4. Modelové dřeviny	22
2.4.1. Smrk pichlavý (SMP)	22
2.4.1.1. <i>Původ a historie introdukce</i>	22
2.4.1.2. <i>Vlastnosti smrku pichlavého jako náhradní dřeviny</i>	23
2.4.1.3. <i>Využití smrku pichlavého jako náhradní dřeviny</i>	24
2.4.2. Buk lesní	25
2.4.2.1. <i>Areál</i>	25
2.4.2.2. <i>Ekologické vlastnosti dřeviny</i>	25
2.4.2.3. <i>Lesní společenstva s bukem</i>	27
2.5. Dosavadní výsledky výzkumu prosadieb bukem lesním	28
2.6. Faktory ovlivňující úspěšnost obnovy	29
2.6.1. Světlo	29
2.6.2. Teplota	30
2.6.3. Srážky	31
2.6.4. Půda	32

2.6.5. Přízemní vegetace.....	32
2.6.5.1. Možnosti ochrany proti buření	33
2.6.6. Zvěř.....	33
2.6.6.1. Možnosti ochrany proti zvěři.....	33
2.6.7. Myšovití hlodavci	34
2.6.7.1. Možnosti ochrany proti myšovitým.....	34
2.7. Odezva fyziologického stavu rostlin – fluorescence chlorofylu	35
2.7.1. Základy fluorescence chlorofylu	35
2.7.2. Základní principy měření.....	36
2.7.3. Využití metody hodnocení fluorescence chlorofylu.....	37
2.7.4. Přístroj Imaging PAM 2000	37
3. CÍL PRÁCE	39
4. METODIKA ŘEŠENÍ.....	41
4.1. Výzkumné plochy (VP)	41
4.1.1. Výzkumná plocha Jizerka II.....	42
4.1.2. Výzkumná plocha Ořešník	42
4.1.3. Výzkumná plocha Paličnick 1 a 2	42
4.1.4. Výzkumná plocha Plochý.....	43
4.1.5. Výzkumná plocha Předěl.....	44
4.1.6. Výzkumná plocha Smrk	44
4.1.7. Výzkumná plocha Lesní bouda	44
4.2. Metody	45
4.2.1. Metody sledování růstu a vývoje smrku pichlavého	45
4.2.2. Hodnocení mikroklimatického působení jehličnatých porostů náhradních dřevin.....	46
4.2.2.1. Šetření světelných poměrů.....	46
4.2.2.2. Šetření teplotních poměrů.....	47
4.2.3. Šetření půdních poměrů.....	47
4.2.3.1. Pedochemická analýza	47
4.2.3.2. Půdní vlhkost	48
4.2.4. Morfologická šetření v prosadbách buku	48
4.2.5. Fyziologická šetření v prosadbách buku a šetření bilance živin	49
4.3. Statistické zpracování dat.....	50
5. VÝSLEDKY	51
5.1. Růst a vývoj náhradních porostů smrku pichlavého	51
5.1.1. Růst a stabilita porostů smrku pichlavého.....	51
5.1.1.1. Výzkumná plocha Plochý (8. LVS)	51
5.1.1.2. Výzkumná plocha Ořešník (7. LVS).....	52
5.1.1.3. Výzkumná plocha Smrk (6. LVS).....	53
5.1.2. Alometrické vztahy.....	55
5.1.3. Prostorová analýza.....	56
5.1.4. Akumulace dendromasy	57
5.1.4.1. Biomasa vzorníků	57
5.1.4.2. Větve s jehličím.....	57

5.1.4.3. Kmen s kůrou.....	58
5.1.4.4. Zásoba živin v porostu.....	59
5.1.5. Dílčí závěr.....	60
5.2. Hodnocení mikroklimatického působení jehličnatých porostů náhradních dřevin.....	61
5.2.1. Šetření světelných poměrů.....	61
5.2.2. Šetření teplotních poměrů.....	61
5.2.2.1. Malá porostní mezera.....	61
5.2.2.2. Okraj koruny smrku pichlavého	62
5.2.2.3. Výškový gradient.....	64
5.2.3. Dílčí závěr.....	68
5.3. Šetření půdních poměrů.....	69
5.3.1. Porovnání stavu půdy pod smrkem pichlavým a třtinou chloupkatou	69
5.3.2. Půdní vlhkost	71
5.3.2.1. Lokalita Ořešník	71
5.3.2.2. Lokalita Plochý.....	72
5.3.3. Dílčí závěr.....	72
5.4. Šetření v prosadbách buku	74
5.4.1. Mortalita a morfologická šetření buku	74
5.4.1.1. Celková mortalita	74
5.4.1.2. Mortalita podle vzdáleností od kmene nejbližšího smrku.....	77
5.4.1.3. Mortalita prosadeb podle směrů výsadby	78
5.4.1.4. Výškový vývoj.....	79
5.4.1.5. Vývoj indexu vertikálního vzrůstu.....	84
5.4.1.6. Možnosti ochrany sazenic korunami smrku pichlavého před okusem,	85
5.4.1.7. Dílčí závěr	86
5.4.2. Fyziologická šetření v prosadbách buku a šetření bilance živin	87
5.4.2.1. Variabilita listů mladých prosadeb buku vzhledem ke světelným podmínkám	87
5.4.2.2. Adaptace sazenic první rok po výsadbě na VP Lesní bouda.....	89
5.4.2.3. Dílčí závěr	91
6. DISKUZE	92
6.1. Růst a vývoj náhradních porostů smrku pichlavého	92
6.2. Mikroklimatické působení jehličnatých porostů náhradních dřevin.....	94
6.3. Půdní poměry	95
6.4. Mortalita a růst buku	96
6.5. Fyziologická reakce buku a živinová bilance.....	99
7. ZÁVĚR.....	101
7.1. Doporučení pro lesnickou praxi.....	104
7.2. Doporučení pro lesnický výzkum.....	105
8. LITERATURA	106
9. PŘÍLOHY	121

1. ÚVOD

Jedním z problémů, se kterými se potýká české lesnictví, je přeměna porostů náhradních dřevin v oblastech, které byly v průběhu druhé poloviny 20. století významně poškozeny dopadem vysokých koncentrací imisních látek (zvláště Krušné hory, Jizerské hory a Orlické hory). Porosty náhradních dřevin (náhradní porosty) jsou porosty, jejichž skladba, zejména pak skladba dřevinná, byla dočasně upravena s ohledem na nepříznivé antropogenní ovlivnění růstového prostředí (Poleno et al. 1994). I když náhradní porosty jako důsledek imisní kalamity vznikaly nejen v České republice, ale také např. v bývalém Východním Německu (Helbig, Ranft 1983, Kateb et al. 2004, Hering, Irrgang 2005) a i tam se zabývají vnášením cílových dřevin do imisemi postižených oblastí, u nás je tento problém ojedinělý svou velkou rozlohou – v roce 2001 bylo v ČR celkem cca 60 tis. ha porostů náhradních dřevin (MZe ČR 2002).

Na základě dosavadních šetření problematiky přeměn jehličnatých náhradních porostů prosadbami¹ listnatých dřevin (např. Balcar 2000, Balcar, Kacálek 2001, Balcar, Kacálek 2003, Balcar, Kacálek 2008) byla stanovena základní pravidla pro využití krycího efektu náhradních dřevin, formovaná v průběhu zpracování této disertační práce formou metodiky (Balcar et al. 2007). Z literatury zabývající se touto problematikou (Vacek et al. 2000, Balcar, Kacálek 2003, Balcar, Špulák 2006) však vyplývají nezodpovězené nebo pouze nastíněné souvislosti, např. optimální prostorové uspořádání prosadby vzhledem k stanovištním a porostním poměrům, bližší kvantifikace pozitivního efektu krytu a upřesnění typu a míry hlavních pro výsadbu stresujících faktorů. Dále zjištění doby, kdy i kultury ve vyšších polohách odrostou vlivu nepříznivého přízemního mikroklimatu, blízkost stromů náhradních dřevin bude mít spíše negativní účinky a bukové výsadby bude třeba vhodným způsobem uvolňovat.

Velice málo prozkoumanou oblastí je také fyziologie jedinců prosadby, jejíž znalost může blíže vysvětlit a kvantifikovat tzv. šok z přesazení, ale i růstové reakce. Na šoku z přesazení se podílejí změny mikroklimatu oproti podmínkám v době pěstování ve školkách. Metoda měření fluorescence chlorofylu byla například uplatňována pro hodnocení vlivu vysoké teploty, mrazu, vodního stresu, fyziologie slunných a stinných listů a jejich adaptace na změněné podmínky apod. (Mohammed et al. 1995, 2003). Proto lze předpokládat účelné využití těchto metod i pro výše zmíněný cíl.

Výzkum prováděný v rámci zpracování této disertační práce si klade za cíl doplnit poznatky o růstu mladého porostu smrku pichlavého a zpřesnit informace o ekologických souvislostech vnášení cílové dřeviny buku do jehličnatých porostů náhradních dřevin.

¹ Prosadbou rozumíme umělé vnášení sazenic do existujícího porostu podobného věku (blíže viz kapitola 2.2.2.1).

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1. VZNIK POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

2.1.1. IMISNÍ KALAMITA

Největší škody na lesích působily do 50. let 20. století klimatické vlivy (Průša 2001). S rozvojem průmyslové činnosti od poloviny dvacátého století dochází k mohutné emisi odpadových látek do ovzduší a následnému poškozování živých organismů i neživých objektů. Imisní škody na lesích, dříve lokálního rázu (vyjma Krušných hor), dostávají koncem sedmdesátých let oblastní charakter, někdy i bez zřetelné vazby na emisní zdroje. Poškozeny byly především horské oblasti na severu České republiky (Balcar et al. 1994).

2.1.2. VLIV IMISNÍ KALAMITY NA LESNÍ EKOSYSTÉMY

2.1.2.1. Vliv na vegetaci

Různé strukturní a funkční složky lesních ekosystémů jsou různě citlivé k imisím a jejich narušení se také projevuje rozdílně ve funkční a druhové struktuře biocenózy. Například velmi citlivou složkou jsou epifytické lišejníky, které mohou sloužit k monitorování a k predikci vývoje poškození lesa, jde totiž o informace „komplexní“ a sumační, ovšem nespecifické (Samek 1982). Vysoká citlivost lišejníků k imisím je známa již více než sto let, kdy Nylander (1866 in Anděl 1998) poprvé popsal ústup lišejníků ze znečištěných oblastí. V době zvýšeného vlivu imisí zmizely z lesních ekosystémů citlivé druhy lišejníků, především pak druhy rodu *Lotara*, *Usnea*, *Alectoria* a *Cetraria*, vyskytující se dnes již jen výjimečně v nejvíce chráněných polohách. Ustupuje také mechové patro a jeho druhové složení se zjednodušuje (Balcar et al. 1994).

Na vývoji přízemní vegetace se vlivy imisí projevují buď přímo nebo zprostředkovaně, a to zvláště v porostech s vyšším stupněm poškození. Dochází k prosvětlování porostů, odumírání jedinců a přízemní patro svým rozvojem nabývá charakteru světlostních nebo pasekových stádií (Balcar et al. 1994).

K výrazným vegetačním změnám od počátku 80. let 20. století docházelo i v bylinném patře květnatých, bikových i acidofilních horských bučin, smrčín a druhotných smrkových porostů. Dynamika změn byla tím výraznější, čím byl rozpad porostů rychlejší a geologický podklad chudší. Ve fázích intenzivního rozpadu se silně zvyšovala pokryvnost buřeně, docházelo k postupnému druhovému ochuzení. Na holinách po vytěžených porostech převládly podle stanoviště druhy (Möllerová et al. 2004) třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa* (Chaix) J.F. Gmelin), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa* (L.) Drejer) a papratka horská (*Athyrium distentifolium* Opiz). Ostatní dříve zastoupené druhy dnes chybí vůbec, nebo se vyskytují již jen sporadicky. Byl pozorován i úbytek borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.). Vysvětlení příčin není snadné, lze však, mimo změny světelných a hydrických podmínek holin, shodně jako u lesních porostů usuzovat na nepříznivé vlivy imisí přímo na tyto druhy a na indikaci silného dopadu imisí na půdní poměry (Balcar et al. 1994).

Škodliviny obsažené v ovzduší a vertikálních i horizontálních srážkách poškozují především asimilační orgány lesních dřevin. Narušují jejich ochrannou povrchovou vrstvu a způsobují vyplavování hořčiku obsaženého v chlorofylu a ztrátu dalších biogenních

prvků, zejména draslíku, vápníku a fosforu (Vavroušek et al. 1989). Při kontaktu fytotoxických aerosolů s listy rostlin dochází ke vzniku vážných nekrot, poškozená pletiva mohou dokonce vypadávat z okolních zdravých pletiv a listy se stávají děravými – tzv. „shot hole“ efekt (Holub in Gregorová et al. 2006). Rozdílná reakce jednotlivých druhů dřevin na imisní zatížení je ovlivněna celou řadou faktorů vnějších, jako jsou imise a ostatní růstové podmínky, i faktorů vnitřních, např. specifické vlastnosti lokálních populací i individuů a jejich změny v průběhu ontogeneze i v cyklech ročních a denních (Balcar 1986).

Imise škodlivin, především oxidu siřičitého, narušují také vodní režim rostlin. Tyto změny lze v podstatě charakterizovat třemi fázemi (Materna 1978a): od počátku vlivu imisí dochází k zvýšení výdeje vody vzestupem transpirace, v druhé fázi nastává výdej vody odumírajícím pletivem, ve třetí dochází k vysychání odumřelého pletiva.

Imise poškozují asimilační a dýchací orgány jehličnatých dřevin, které odumírají a předčasně opadávají. U smrků klesá počet ročníků jehličí z typických 7–9 u stromů žijících v optimálních podmínkách na 1–3 ročníky, u borovice ze 3–4 ročníků často až na 1 ročník (Vavroušek et al. 1989). Dřeviny s opadavými listy nebo jehlicemi ve svých asimilačních orgánech kumulují škodliviny pouze v průběhu jednoho vegetačního období, pravděpodobně proto jsou vůči vlivu imisí obecně podstatně odolnější (Vavroušek et al. 1989).

V imisemi poškozených a oslabených porostech docházelo k přemnožení živočišných škůdců, kterým se tak naskytly příhodné podmínky. Jde např. o obaleče modřínového, hryzce mokřadního, hřebenuli horskou, ploskohřbetku smrkovou, pilatku smrkovou, kůrovce, bejlmorku borovou, bekyni mnišku a mšice na bucích (Skuhřavý 1982). V 80. letech se nejen v Jizerských horách kalamitně přemnožil obaleč modřínový (*Zeiraphera diniana* Hbn.).

2.1.2.2. Vliv na lesní půdy

Imise působí na lesní půdu jak opadem kontaminovaných rostlinných (příp. živočišných) orgánů, přímým spadem látek znečišťujících ovzduším, především v tuhé a kapalné formě a sorpcí plyných sloučenin půdním povrchem (Materna, Lochman 1988).

Depozicí imisních částic na zemském povrchu může docházet ke změnám obsahu minerálních látek v půdě a ve vodě. Některé polutanty, jako např. oxid siřičitý a aerosoly, jsou schopny rozpouštět se v dešťových srážkách a vytvářet tak leptavé kyseliny (např. kyselina sírová či kyselina chlorovodíková aj.). Srážky s vysokým obsahem síranových iontů (SO_4^{2-}) se díky kationům H^+ stávají kyselými a svým chemismem působí negativně nejen na povrch rostlin, ale snižují také pH půdy (Holub in Gregorová et al. 2006).

Chemické působení imisních sloučenin má nepříznivý vliv na vývoj pedochemických vlastností půdních horizontů. Zvýšený přístup kyselých vodíkových iontů obsahujících uvolněná místa v sorpčním komplexu zapříčiňuje vymývání bazických kationů. Tím dochází k zvýšení výměnné i aktivní půdní acidity (Jonáš et Jonáš 1982). Procesy acidifikace lesních půd mohou mít následující zdroje: 1) přísun rozpuštěných silných kyselin a bází, 2) interní produkce různých kyselin v půdě, 3) asimilace bazických látek biotou, 4) změny průběhu redukčně-oxidačních procesů (Van Breemen 1992, Binkley et al. 1989).

Acidifikace lesních půd v horských oblastech je způsobena kombinací různých faktorů. Má na ní vliv typ vegetace, atmosférická depozice, podloží, nadmořská výška aj. (Borůvka et

al. 2005). Změny půdního pH vlivem kyselého spadu jsou dány jednak pufrací schopností půdy, jednak výchozím stavem pH. Ze samotné podstaty charakteristiky půdní reakce je zřejmé, že ke změně pH mezi 3,5 až 2,5 je potřeba řádově více protonů než mezi 4,5 a 3,5 (Materna, Lochman 1988). Okyselování půdního prostředí způsobuje jak depozice protonů (H^+), tak jejich produkce při půdně biologických procesech, jednak při humifikaci a rozkladu opadu (půdní organické hmoty) a také při přeměnách amonného dusíku (NH_4^+) na nitráty (NO_3^-). Při příjmu NO_3^- rostlinami jsou ionty H^+ z půdního prostředí naopak vylučovány. Jestliže jsou však vzniklé nitráty z půdy odtékající vodou vymyty, nastává narušení rovnováhy a další okyselení půdy. K těmto procesům dochází především v půdách horských lesních ekosystémů s vysokým spadem dusíku a promyvným vodním režimem (vysokým odtokem vody) (Lochman et al. 2004). K vyplavování bází v horských polohách přispívá také spolupůsobení kyselého nadložního humusu.

Změny v chemismu sledovaných lesních půd se týkají především snižování zásoby bazických kationů v rhizosféře. V horských polohách na podzolovaných půdách se tyto změny projeví téměř v celém profilu a i ve spodině nepřekročilo nasycení sorpčního komplexu 10 %. Na plochách v nižších vegetačních stupních s půdními typy kambizemí probíhá ochuzování sorpčního komplexu o kationty Ca, Mg i K v rhizosféře, a to v rozdílné intenzitě a hloubce profilu (Lochman et al. 2004).

Kyselá depozice způsobuje půdní změny, které se odrážejí v poškozování kořenového systému a v narušení výživy. K nejdůležitějším dopadům acidifikace půd náležejí tři skupiny reakcí (Podrázský et al. 2003): Jsou to ztráty bází vyplavením z narušených asimilačních orgánů lesních dřevin a z tzv. fyziologického profilu půd, resp. z vrstvy, odkud jsou dřeviny schopny jednotlivé živiny čerpat. Za druhé dochází k aktivizaci toxických půdních složek, především volných forem hliníku, poškozujících kořenový systém lesních dřevin. V lesních půdách dochází k silnému navýšení aktivizace Al oproti půdám travních ekosystémů (Borůvka et al. 2005). A za třetí je to vysoký spad dusíku, který vyvolává relativní deficit jiné živiny, v souvislosti s acidifikací prostředí nejčastěji bází.

Mezi nepřímý dopad imisí na lesní půdy patří zhutnění půdního povrchu vlivem mechanizačních prostředků při mýcení a vyklizování dřeva a nebezpečí introskeletové eroze. Na lesní půdě začíná proces introskeletové eroze nejčastěji smýcením lesních porostů a bývá obvykle umocněn soustředěním dřeva. Na extrémně skeletovitých a slunných lokalitách se introskeletová eroze objevuje dokonce již v progresivní fázi odumírání lesního stromoví následkem působení škodlivých činitelů (Šach 1999).

Z nedostatku informací o chemických pochodech v půdě bylo v Krušných horách velkoplošně přistoupeno k shrnování kyselého nadložního humusu do valů a výsadbě dřevin do obnažené vrstvy. V současné době dochází k opětovnému rozhrnování zbytků těchto valů za účelem navrácení pro rostliny dostupných živin (např. Mauer, Tesař 2005, Vohralík 2005).

2.1.2.3. Vliv na půdní faunu

Atmosférické polutanty jsou pro půdní živočichy toxické přímo, nebo vyvolávají změny pH půdy, které mají na zoedafon komplexní vliv (Rusek 2002). Přímý vliv imisí na živočišnou půdní složku je méně významný než nepřímé dopady přes klesající pH půdního prostředí, uvolňování některých toxických kovů, zabuření a mikroklima. Zoedafon podílející se na mineralizaci organických sloučenin v půdě zahrnuje široké spektrum taxonomických skupin, od druhů acidofilních po druhy preferující alkalické hodnoty pH.

Vliv acidifikace se tedy nemusí projevit jen změnami celkového množství živočišné složky, ale i posuny dominance v rámci jednotlivých skupin (Kula, Matoušek 2004).

2.1.2.4. Změna mikroklimatu

Velkoplošné odumírání lesních porostů vlivem imisí a jejich následná těžba vedla k výrazným a specifickým změnám bioklimatických dějů, které ovlivnily prostředí jak přímo na kalamitních holinách, tak nepřímo i ve více méně širokém okolí postižených lesů (Krečmer 1982). Z hlediska obnovy lesa mezi nejdůležitější změny patří:

- Změna radiačních poměrů, zejména výrazná změna odrazivosti aktivního povrchu (albeda) a změna podmínek dlouhovlnného vyzařování vlivem odlišných biofyzikálních vlastností změněného povrchu. Na holinách dochází k výraznějšímu nočnímu ochlazování, vzniká tak ohrožení výsadeb nízkými teplotami. V nerovném terénu to znamená také posilu tvorby mrazových jezer a kotlin, již sklon terénu okolo 5° vytváří podmínky pro stékání ochlazeného vzduchu a výraznou diferenciaci mikroklimatu v noční době (Krečmer 1982).
- Změny podílu jednotlivých složek sumárního výparu lesních ekosystémů. Ve smrkových porostech dochází k poklesu podílu transpirace a intercepce dřevin a nárůstu evapotranspirace bušeně a k celkovému snížení výparu (cf. Kantor 1992). V bukových porostech lze předpokládat vyrovnanou vodní bilanci (cf. Kantor 1995).
- Změna poměrů proudění vzduchu změnou drsnosti podkladu. Při velkoplošné likvidaci smrčín, které patří k nejdrsnějším povrchům podle meteorologických kritérií, klesá ukazatel drsnosti povrchu zhruba na 1/100 až 1/500 původní hodnoty. Dochází proto ke zvýšení průměrné rychlosti proudění vzduchu při omezení dynamické turbulence. Z toho plynou především důležité ekologické efekty, např. změna charakteru ukládání sněhu (Krečmer 1982).
- Změna akumulace a tání sněhu oproti porostnímu i mýtinovému mikroklimatu normálních obnovních sečí. Jde o dřívější nástup tání a jeho větší intenzitu se zvýrazněním vlivu expozice na jakost sněhu a průběh tání v členitém terénu. Z ekologického hlediska to znamená zvýšení vlivu nepříznivých činitelů předjarního a jarního období na jedince obnovy (Krečmer 1982).
- Při destrukci porostů dochází k podstatnému snížení retenční schopnosti lokality, k rychlejšímu povrchovému odtoku srážek a prudšímu tání sněhu. Odumírání lesů tak na jedné straně zvyšuje nebezpečí povodní, přispívá ke ztrátám lesní i zemědělské půdy erozí, zvyšuje znečištění vody a vede k zanášení vodních nádrží. Na druhé straně se snižují průtoky v suchých obdobích, dochází ke zhoršování samočisticích vlastností vodních toků a rostou obtíže při zásobování vodou (Vavroušek et al. 1989).

Projevy nepříznivého mikroklimatu se zesilují se stoupající nadmořskou výškou a působením imisí (Mráček et al. 1985).

Destrukci lesa se rovněž oslabují nebo zanikají jeho funkce filtrační a klimatotvorné, protože zdravé stromy absorbují značné množství prachu i plyných látek (včetně CO₂ a SO₂), obohacují vzduch fytoncidy a jinými sloučeninami s bakteriocidními nebo bakteriostatickými účinky, přispívají k ionizaci vzduchu a tvoří velmi účinnou překážku hluku (Vavroušek et al. 1989).

2.1.3. POROSTY NÁHRADNÍCH DŘEVIN (PND)

Jako „náhradní“ je označována dřevina v lesních porostech, ve kterých se s ní v daném aktuálním rozsahu v cílové druhové skladbě nepočítá. Označení „náhradní“ je dáno funkčností, nikoliv druhem dřeviny (Slodičák et al. 2005).

Největší rozlohy porostů náhradních dřevin jsou ve východním Krušnohoří – 25 000 ha a v Jizerských hrách – 5 000 ha (Balcar 2001). Celková rozloha PND vysazených v Jizerských horách, Krkonoších a Krušných horách byla cca 45 000 ha (Vacek et al. 2000).

2.1.3.1. Funkce porostů náhradních dřevin

Porosty náhradních dřevin vznikly v sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století v imisemi silně poškozených oblastech (zvláště v Krušných a Jizerských horách), na lokalitách, kde nebylo možné nahradit rozpadající se porosty vhodnými cílovými dřevinami (Kubelka et al. 1992, Smejkal et al. 1994).

S porosty náhradních dřevin se počítalo po dobu zvýšeného působení imisí, s perspektivou pozdějších přeměn na porosty cílové, lépe vyhovující aktuálním celospolečenským i produkčním požadavkům (Mráček et al. 1985, Slodičák et al. 2005, z německé strany Krušných hor např. Pfalz 1994). V těchto porostech se počítalo s relativně odolnými dřevinami k imisím i ostatním činitelům prostředí, které však nepatří k druhům, jejichž zastoupení by za „normálních“ okolností přicházelo v úvahu ve větším rozsahu (Šindelář 1982).

Cílem zakládání PND bylo zachování kontinuity lesních porostů, plnicích alespoň nejdůležitější ekologické funkce v dané oblasti (funkce půdoochranné a vodohospodářské) – (Tesař 1982, Slodičák et al. 2005, Hering, Irrgang 2005). Současně měly tyto náhradní porosty vytvořit podmínky pro pozdější přeměny s využitím náročnějších biologicky a ekonomicky cennějších dřevin (Šindelář 1982). U porostů náhradních dřevin, zvláště jehličnatých, se nepředpokládalo, že dojde k rychlé změně stanovištních podmínek (Mauer et al. 2005).

2.1.3.2. Dřeviny porostů náhradních dřevin

Jako náhradní byly sázeny jak domácí dřeviny s pionýrskou růstovou strategií, tak i dřeviny introdukované, hlavně neopadavé jehličnany. Od porostů listnatých dřevin byl očekáván příznivý vliv na půdu a rychlé zalesnění volných ploch, jehličnany měly do určité míry nahradit ztráty na dřevní produkci a lépe zabezpečovat některé funkce mimoprodukční (Materna 1978). Ne vždy dodržovaným pravidlem bylo dávat přednost domácím dřevinám. Teprve pokud by tyto dřeviny na určitou funkci nepostačily, mělo být přistoupeno k cílené introdukci, ovšem při maximálním vyloučení poznaných rizik (Tesař 1982).

K založení PND byla odzkoušena celá řada dřevin. Z introdukovaných to byly zvláště smrk pichlavý (*Picea pungens* Engelm.), borovice černá (*Pinus nigra* J.F. Arnold) a borovice pokroucená (*P. contorta* Loudon). Ze smrků byly dále zkoušeny druhy (Šindelář 1982, Ferda 1982 aj.): smrk černý (*Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns et Poggenb), smrk Engelmannův (*P. engelmannii* Engelm.), smrk sivý (*P. galuca* (Moench) Voss) a smrk červený (*P. rubens* Sarg.), z borovic pak dále (Vacek et al. 2000) borovice Murrayova

(*P. murrayana* Balf.), borovice rumelská (*P. peuce* Griseb.), zkoušela se i borovice limba (*Pinus cembra* L. – Jirgle et al. 1983).

Z domácích dřevin byly využívány osiky (*Populus tremula* L.), břízy (*Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. aj.), jeřáby (hlavně *Sorbus aucuparia* L.), olše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench, *Duschekia alnobetula* (Ehrh.) Pouzar), modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) a borovice kleč (*Pinus mugo* Turra) aj. (Tesař 1982, Lokvenc, Štursa 1984, Vacek et al. 2000).

Nejrozšířenějšími dřevinami PND u nás se staly smrk pichlavý, modřín opadavý, jeřáb ptačí, bříza bělokorá, olše lepkavá, olše zelená, kosodřevina a borovice blatka (Smejkal et al. 1994, Pěnička et al. 2007). Pro srovnání největší zastoupení v porostech náhradních dřevin na německé straně Krušných hor má modřín opadavý (zhruba 25% podíl – Pfalz 1994).

2.2. PŘEMĚNY POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

2.2.1. PŘEDPOKLADY PŘEMĚN

Vzhledem k poklesu imisní zátěže a k tomu, že náhradní dřeviny nelze z ekologického a produkčního hlediska považovat za optimální – zdaleka neplní funkci produkční a optimálně ani funkce celospolečenské, často jsou labilní – je třeba v porostech náhradních dřevin postupně změnit druhovou skladbu ve prospěch dřevin cílových. U většiny PND se nepředpokládá delší obmýtí než 60–80 roků (Slodičák et al. 2005).

I když se uvádí (např. Kriegel 2001, Kriegel 2002a), a v některých případech bohužel i bez uvážení konkrétních podmínek realizuje, možnost přeměny PND přímou metodou (celoplošná náhrada nevhodné druhové skladby s výsadbou cílových druhů dřevin), je velice vhodné využít možností krycího efektu stávajícího porostu pro výsadby. Krycí efekt byl experimentálně dokázán v řadě prací (Balcar 2000, Balcar, Kacálek 2003, Kacálek, Balcar 2004, Balcar, Špulák 2006, Balcar, Kacálek 2008). Proto je vhodnější a mnohem účinnější metodou přeměn přeměna nepřímá výchovou stávajícího porostu se současnou prosadbou cílovými dřevinami do porostních mezer. Tento přístup vyžaduje péči o kvalitní jedince se současným odstraněním stromků netvárných a nadbytečných (Kriegel 2001).

V závislosti na stanovištních podmínkách by měly být tyto porosty nahrazeny z velké části autochtonním smrkem ztepilým a dále dřevinami zvyšujícími stabilitu porostů, případně zlepšujícími půdní poměry. Jsou to hlavně buk lesní, javor klen a jedle bělokorá, v nejvyšších a klimatickým stresům nejvíce exponovaných polohách bříza (zejména pýřitá, bříza karpatská), jeřáb ptačí a kleč horská, v nižších polohách jilm horský, jasan ztepilý, popřípadě i lípa srdčitá (Vacek in Slodičák et al. 2005). Na lokalitách bez tlaku zvěře lze reálně počítat i s doplněním druhové skladby přirozenou obnovou sukcesích druhů dřevin (Podrázský 1995, Podrázský 1999, Podrázský, Ulbrichová 2001).

2.2.2. PROSADBY JAKO METODA PŘEMĚN

V posledních letech sílí snahy o přeměnu porostů náhradních dřevin s využitím prosadeb, tj. prosázením cílovými autochtonními dřevinami, především bukem.

2.2.2.1. Terminologické vymezení

Termín prosadba vznikl jako specifická varianta termínu podsadba. Pro ucelenost uvádíme nejprve vysvětlení termínu podsadba:

Podsadba

Podsadba (podsazování) (angl. underplanting, planting in advance; fr. sous-plantation, plantation en sous-étage; něm. Unterbau, Unterpflanzung – Běle et al. 1992) je umělé vytváření nového porostu sadbou pod clonou staršího (obnovovaného) porostu. Podsadba má opodstatnění zejména při doplňování přirozené obnovy dřevinami, které nemohou z různých důvodů nasemenit v dostatečném rozsahu, nebo dřevinami obnovního cíle, které nejsou zastoupeny v mateřském porostu. Podsadbu lze využít i jako krycí dřeviny především v modřínových, popř. rozvolněných dubových a borových porostech... Podsadba se může uplatnit při obnově lesů v imisních oblastech, kde lze např. úspěšně podsazovat dospívající a dospělé porosty, rozvolněné vytěžením odumřelých a odumírajících stromů dřevinami obnovního cíle (Poleno et al. 1994, Tesař [ed.] 1996).

Definice podsadeb od Karla Gayera pochází z roku 1886, z toho vyplývá, že tento pěstební postup je praktikován již více než 100 let (Weiss a Klaene 2000). Jejich používání je spojeno s poznáním nevýhod jednodruhových dubových porostů. V současné době je to jeden z nejdůležitějších nástrojů k převodům nesmíšených porostů na smíšené, zvláště využívaný při podsadbách buku pod dospělý smrkový porost (Fleder 1991).

Prosadba

V české terminologii nebyla zatím stanovena pevná definice prosadeb. V literatuře se uvádí (Balcar et al. 1999) toto vysvětlení termínu: „Prosadbou rozumíme výsadbu sadebního materiálu do porostů mladých, zpravidla prvního až třetího věkového stupně tj. do věku 30 let“. V podobném smyslu slova se v angličtině používá termín interplanting (též fill-in planting)² nebo fill planting (gap planting)³.

S využitím předeslaných skutečností by definice termínu prosadba mohla znít:

Prosadba je umělé vnášení sadebního materiálu lesních dřevin do existujícího porostu zhruba stejného věku, jehož původ může být jak z umělé, tak z přirozené obnovy. Prosadba se nejčastěji používá pro doplnění stávající výsadby (až tyčkoviny) o dřeviny, které v ní z různých důvodů nejsou zastoupeny v dostatečné míře tak, aby bylo dosaženo obnovního cíle. Přitom je často využíván krycí efekt stávajícího porostu. Prosadby se v současné době nejvíce uplatňují při přeměnách porostů náhradních dřevin v horských oblastech.

2.3. MODELOVÁ ZÁJMOVÁ OBLAST JIZERSKÉ HORY

Jizerské hory jsou horskou oblastí Západních Sudet (Krkonosko-jesenické subprovincie), která svou východní třetinou zasahuje na území Polska. S výjimkou jihovýchodní části

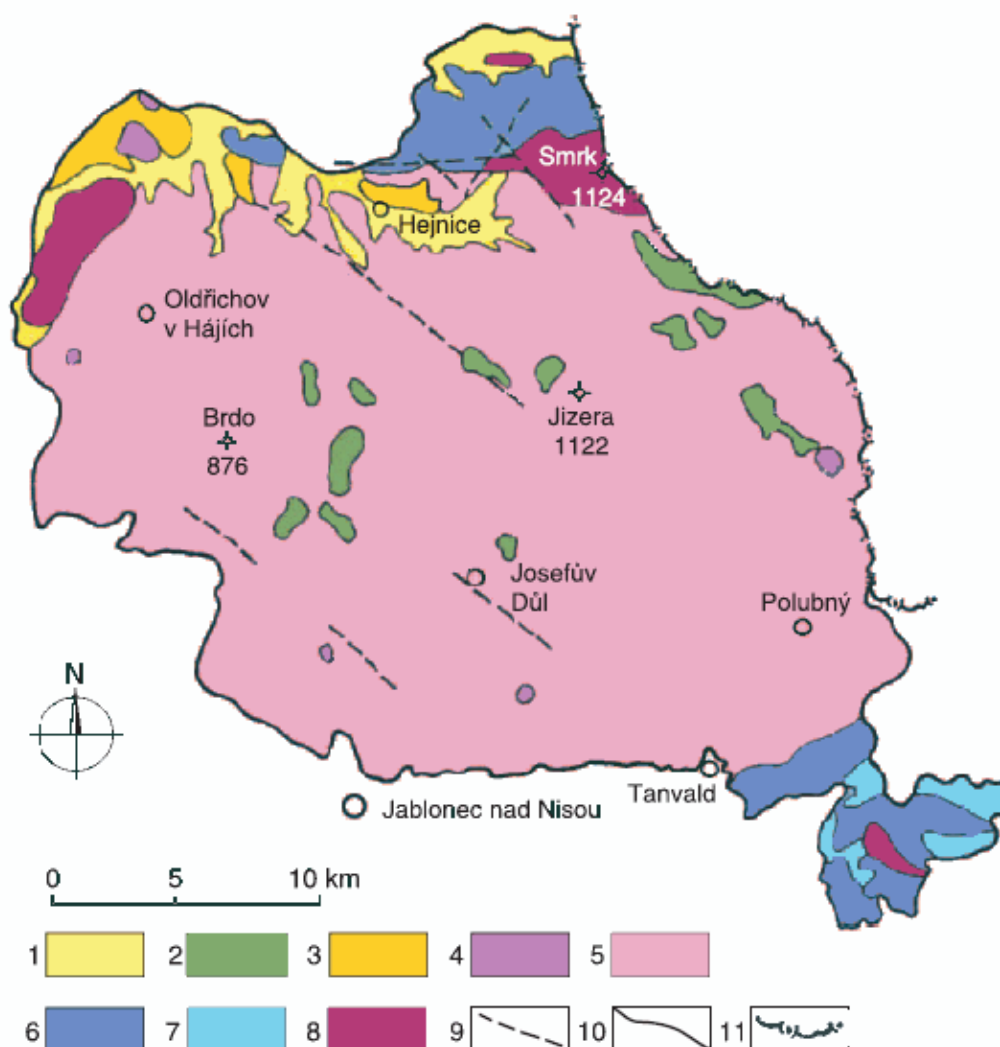
² Interplanting – (Planting young trees among existing natural regeneration or previously planted trees of similar age.) Výsadba sazenic do stávající přirozené obnovy nebo dříve vysazené výsadby podobného věku.

³ Fill planting – (The planting of trees in areas of inadequate stocking to achieve the desired level of stocking, either in plantations or areas of natural regeneration.) Výsadba sazenic v místech nedostatečného zakmenění za účelem dosažení adekvátního zakmenění, prováděná buď v kulturách nebo pro doplnění přirozené obnovy

jsou ostře odlišeny od svého okolí (Plíva, Žlábek 1986). Společně s masivem Ještědu jsou zařazeny do přírodní lesní oblasti (PLO) 21 – Jizerské hory a Ještěd, její hranici definuje příloha č. 1 k vyhlášce 83/1996 Sb.

2.3.1. GEOLOGICKÉ POMĚRY A GEOMORFOLOGIE

Vrcholové části Jizerských hor jsou součástí krkonošsko-jizerského žulového masívu, který společně s krystalickými břidlicemi nižších poloh a podhůří je řazen do krkonošsko-jizerského krystalinika (Chaloupský 1983). Jizerské hory jsou plochá kerná hornatina. Na severu je omezena výrazným až 500 m vysokým zlomovým svahem vůči Frýdlantské pahorkatině. Úpatí západního zlomového svahu sleduje linii Liberec–Mníšek–Dětřichov. Relativní výška tohoto svahu se snižuje od jihu (250 m) k severu (100 m). Jižní hranice proti Liberecké kotlině je méně výrazná. Tyto svahy jsou rozřezány hustou sítí mladých erozních údolí s nevyrovnanými spádovými poměry, které dávají předpoklad pro výskyt četných peřejí a vodopádů (Smejkal et al. 1999).



Obr. 1: Geologická mapa území CHKO Jizerské hory. Čtvrtohory: 1 – štěrkovité a písčité říční sedimenty a svahoviny (balvanité a hlinitokamenité sedimenty), 2 – rašeliniště, 3 – písčité štěrky ledovcového původu; Třetihory: 4 – vulkanity (čedičové horniny); Mladší prvohory: 5 – žuly; Starší prvohory a starohory: 6 – fylity a svory, místy s krystalickými vápenci, 7 – metakvarcity, 8 – jizerské ortoruly; 9 – předpokládané zlomy, 10 – hranice CHKO Jizerské hory, 11 – státní hranice (zdroj Pošmourný, Vítek 2003, upraveno)

Z geomorfologického hlediska můžeme v Jizerských horách odlišit Jizerskou planinu a jizerské hřbety, protažené v jihovýchodním směru (Střední jizerský hřeben, Vlašský hřeben, Vysoký jizerský hřeben). Morfostruktura je velmi pestrá, na poměrně malém území je soustředěno poměrně velké množství různých tvarů (Jirgle et al. 1983). Nejvyššími vrcholy Jizerských hor jsou Smrk (1 124 m n. m.), Jizera (1 122 m n. m.), Černá hora (1 085 m n. m.) a Smědavská hora (1 084 m n. m.). Zaoblené vrcholy a ploché hřbety vyčnívají nad nepříliš zvlněnou náhorní plošinou s širokými údolími, která se rozprostírají ve výšce 800–900 m n. m. (Balcar et al. 1994). Mrazové zvětrávání a soliflukce podmínily vznik skalisek a balvanitých moří (Průša 2001).

Podloží odlišuje Jizerské hory od Frýdlantské pahorkatiny s pleistocenními sedimenty, stejně jako od Lužických hor a Severočeské pískovcové plošiny s turonskými pískovci. Kamenité svahy žulové Černé studnice tvoří hranici proti mírnějšímu terénu a pestré geologické stavbě (břidlice, melafyry, perm) Podkrkonoší. Mezi Jizerskými horami a Krkonošemi tvoří hranici tok Jizery a spojnice Kořenova, Píchovic a Velkých Hamrů v údolí Kamenice (Plíva, Žlábek 1986).

Nejrozšířenější horninou Jizerských hor je žula až granodiorit (obr. 1), převážně výrazně porfyrická, středně zrnitá. Středně zrnitá až drobnozrná biotitická žula se vyskytuje v menší míře (Smědavská hora, pruh mezi Jizerou a Černým vrchem, v okolí Jizerky a jinde) (Slodičák et al. 2005). Ojediněle žulu proráží třetihorní čedičové kužely – nejznámější z nich je Bukovec u Jizerky (olivinický nefelinit) – Chaloupský (1983). Smrk a Kančí vrch mezi Albrechticemi a Zátiším jsou budovány převážně plástevnatou dvojslídnu rulou, jen vrchol a severní úpatí jsou žulové. Ke konečnému utváření Jizerských hor a zaoblení hřbetů došlo na konci třetihor (Plíva, Žlábek 1986). Čtvrtohorní půdotvorné substráty tvoří zvětralinový plášť vzniklý v pleistocénu v podmínkách periglaciálního klimatu. Mocnost zcela rozvolněných hornin se pohybuje do 1 m, ojediněle i přes 2 m (Kulhavý in Slodičák et al. 2005).

2.3.2. KLIMATICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Jizerské hory jsou řazeny do klimatické oblasti mírně teplé (okrsek mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinný) a chladné (okrsek mírně chladný) – Atlas podnebí ČSR (Syrový et al. 1958).

Tab. 1: Víceleté průměry teplot (°C) na stanicích ČHMÚ Desná-Souš a Bedřichov (Balcar in Slodičák et al. 2005)

Období Měsíc	1901–50 Desná-Souš			1901–50 Bedřichov		
	1961–90	1991–03		1961–90	1991–03	
I	-4,9	-5,0	-3,5	-4,8	-4,8	-3,2
II	-4,0	-3,7	-3,1	-4,0	-3,8	-2,7
III	-0,8	-0,8	-0,2	-0,8	-0,8	0,0
IV	3,1	3,2	4,1	3,3	3,3	4,5
V	8,8	8,9	10,7	9,1	9,0	10,5
VI	12,1	12,4	13,0	12,0	12,1	13,0
VII	14,0	13,7	15,1	13,8	13,5	15,0
VIII	13,1	13,4	15,0	12,9	13,3	15,0
IX	9,8	9,9	10,1	9,7	10,0	10,2
X	5,2	5,5	5,5	5,2	6,0	5,6
XI	0,1	0,3	0,7	0,0	0,4	0,7
XII	-3,4	-3,2	-3,3	-3,3	-3,2	-3,1
I–XII	4,4	4,6	5,4	4,4	4,6	5,5

Hřbety Jizerských hor vytváří značnou překážku proudům vlhkého a chladného vzduchu od oceánu – západu a severozápadu, což se projevuje vysokým množstvím srážek (Jirgle et al. 1983, Vacek et al. 2003). Roční průměr kolísá od 800 mm v nejnižších polohách do 1700 mm ve vysokých horských polohách. (Plíva, Žlábek 1986). Průměrná roční teplota se pohybuje od 4,4 do 7,1 °C (průměrné teploty vybraných stanic viz tab. 1). Podle Langova dešťového faktoru jde o klima perhumidní.

Délka vegetační doby v nejnižších polohách kolísá kolem 150 dnů, ve středních partiích okolo 130 dnů a na hřbetech kolem 100 dnů (Plíva, Žlábek 1986). Silnější vítr (5 stupňů Beauforta a více) je častější v zimním období. Vítr přichází nejčastěji z jihovýchodního a jižního sektoru a z protilehlého, tj. ze severozápadního a severního sektoru. Toto proudění je ještě zesíleno totožnou orientací horských hřbetů a údolí (Smejkal et al. 1999).

Četná vrchoviště v mělkých pánvích na náhorní plošině dokládají drsnost klimatu nejvyššího pohoří na dlouhém úseku polské nížiny, otevřené k severu až k Baltskému moři (Průša 2001). Jsou většinou hlavními prameništi vodních toků, jako je Jizera, Smědá, Kamenice, Černá a Lužická Nisa a Ploučnice (Vacek et al. 2003). Jizerské hory byly vyhlášeny chráněnou oblastí přirozené akumulace vod (Smejkal et al. 1999, Průša 2001).

2.3.3. PŮDNÍ POMĚRY

V Jizerských horách je vyvinuta výšková půdní stupňovitost od podhorských až po horské půdy. V nejnižších partiích převládají kambizemě, výše přecházejí do kryptopodzolů a nejvyšší polohy pokrývají podzoly (Vacek et al. 2003). Žulové podloží, které zaujímá rozhodující část Jizerských hor, dává předpoklad pro vznik chudých a mělkých půd. Výjimku tvoří tzv. fojtská žula, která je mírně bazičtější (Jirgle et al. 1983). Nejrozšířenějším půdním typem horské části Jizerských hor jsou podzolované rašelinné kryptopodzoly, které přecházejí v nejvyšších polohách do zrašeliněných humusových podzolů; zrnitostně jsou výrazně hlinitopísčité s větším podílem droliny. Trvale zamokřené půdy přecházejí přes rašelinné a rašelinohumózní gleje do vrchovištních rašelin. Na čedičovém Bukovci jsou až živné, bohaté (eutrofní) kryptopodzoly (Průša 2001).

2.3.4. STANOVIŠTNÍ PODMÍNKY

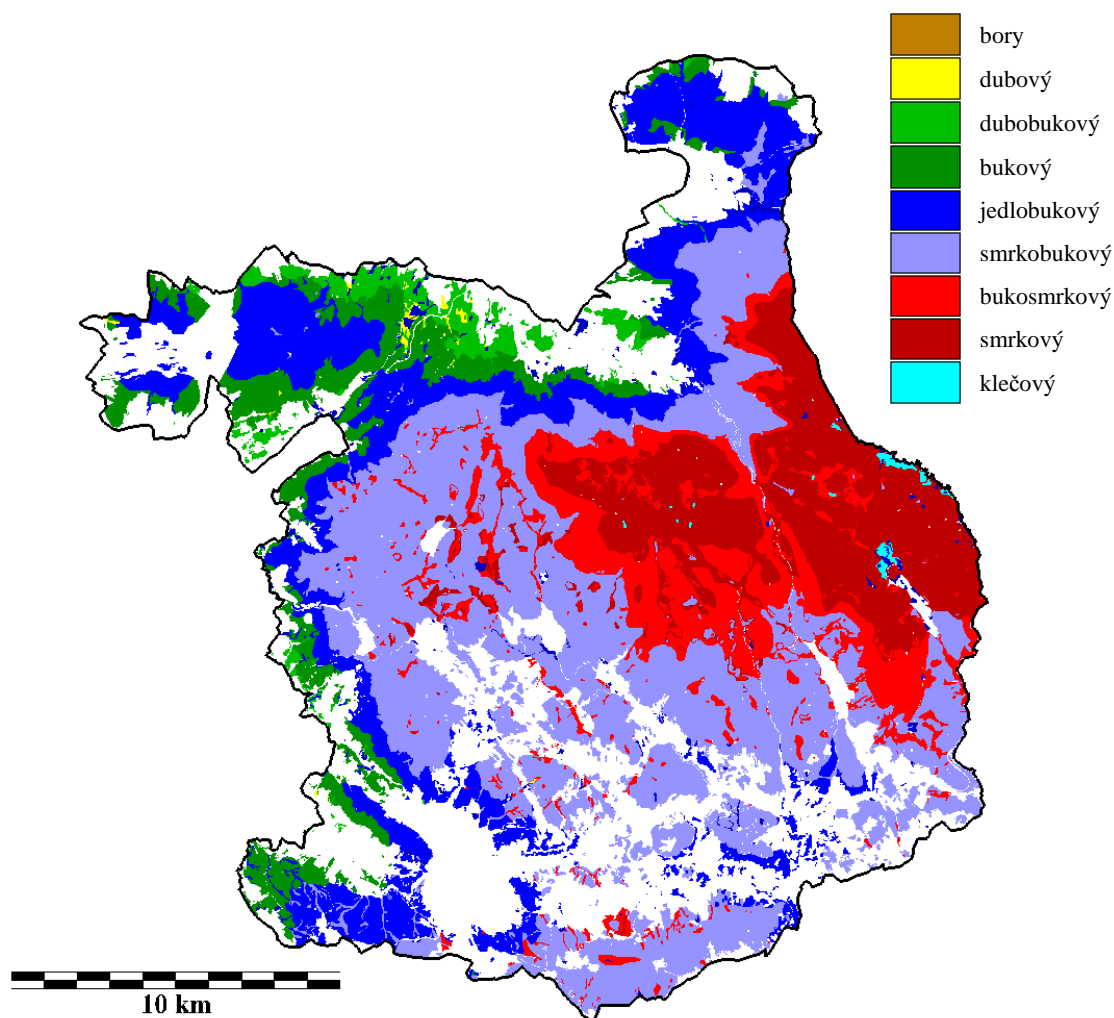
Z hlediska vertikálního členění vegetace se v nejnižších partiích Jizerských hor mozaikovitě nacházely květnaté a bikové bučiny, na ně navazovaly acidofilní horské bučiny, na hřbetech se nacházely podmáčené a klimaxové horské smrčiny a vrchoviště s klečí horskou. Mozaikovitě se v menším rozsahu vyskytovala i další společenstva (Vacek et al. 2003).

Vrcholové partie Jizerských hor zaujímají od 6. – smrkobukového po 8. – smrkový LVS, azonálně se zde vyskytuje i stupeň 9. – klečový (obr. 2). Nejrozšířenější edafickou kategorií je zde kategorie kyselá, následována svěží a N (Smejkal et al. 1999).

2.3.5. POROSTNÍ POMĚRY

2.3.5.1. Vývoj porostních poměrů

Oblast Jizerských hor byla součástí pomezního hvozdu v poměrně vysokých a drsných polohách a nebyla dlouho osídlována, až na několik lužickosrbských osad v údolích. Systematická kolonizace počala ve třináctém století. Tehdy nastalo postupné klučení lesa a jeho přeměna na zemědělskou půdu, les byl zatlačen téměř na dnešní hranice (Smejkal et al. 1999).



Obr. 2: Lesní vegetační stupně části PLO 21a – Jizerské hory (zdroj Matějka in Vacek et al. 2003).

V roce 1401 vznikla první sklárna na Jablonecku, pak následovaly další a tím přibyl výrazný odběratel na palivo, nejen pro sklářské pece, ale též na výrobu potaše nutné při výrobě skla. Některé sklárny postupně zanikaly, když okolní les byl přetěžen, a v zachovalých lesích vznikaly jiné. Tak došlo záhy k vytěžení lesa v přístupných polohách a podél vodních toků, a již počátkem 16. století se začalo uvažovat o šetření dřívím v přístupných lesích podhůří. Těžba dřeva pro milíře, sklárny a kovohutě výrazně stoupala, koncem století dochází k vývozu dříví do Saska. Počátkem 18. století již těžba dřeva zasáhla vrcholové partie hor, jelikož v nižších polohách byl značný nedostatek mytných porostů (Smejkal et al. 1999). Smíšené a prostorově značně rozrůzněné porosty

začaly být systematicky nahrazovány rychle rostoucími kulturami smrku nepůvodní provenience, stejně jako přirozené smrčiny centrální části pohoří. Poměrně záhy se objevují prvky ekologických kalamit (např. masový výskyt kůrovce, bekyně a ploskohřbetky a větrné kalamity). Snahy lesníků v 20. století tuto situaci řešit pěstováním ekologicky stabilnějších porostů přírodě bližšího charakteru zůstaly v absolutní většině pouze v oblasti teoretických úvah (Pelc 1999).

2.3.5.2. Současné porostní poměry

Hospodaření v nedávné minulosti bylo orientováno na protěžování smrku v jedlobukovém a smrkobukovém LVS, kde byly vysázeny smrkové porosty nevhodné provenience (osivo kupované z Rakouska) – Průša 2001. Původní kvalitní ekotypy smrku se dochovaly jen na náhorních plošinách a zejména pak na rašeliništích, kde docházelo k přirozenému zmlazování a hospodařilo se výběrně (Vacek et al. 1994).

Ke zvláštnostem oblasti patří bukové hospodářství na propustných drovinových půdách granodioritu, kde smrk byl přirozeně potlačován bukem pro nedostatek vláhy v propustné půdě. Dnes jsou původní bukové porosty, často hospodářsky přestarlé, rozšířeny především na strmých severních svazích Jizerských hor (Průša 2001).

Tab. 2: Dřevinná skladba v zájmovém území Jizerských hor podle LHP LHC Frýdlant (od 1. 1. 2002) a LHC Jablonec (od 1. 1. 2003) – (Slodičák et al. 2005)

Dřevina	Výměra (ha)	%
SM	7 916,68	73,7
SMP	1 639,86	15,25
KOS	379,29	3,53
BK	329,59	3,07
JR	109,12	1,01
BR	103,48	0,96
MD	100,04	0,93
BOX	45,58	0,42
OL	25,73	0,24
KL	25,21	0,23
SMO	20,58	0,19
DB	17,20	0,16
JD	9,14	0,08
BO	7,18	0,07
Ostatní *	14,25	0,14
<i>Celkem</i>	<i>10 742,92</i>	<i>100</i>

*SMC, BOP, OLZ, BRP, LP, DBC, JIV, JLH, SMX, VR, JS, JV, TS, JL, OS

Lesní porosty náhorní plošiny Jizerských hor jsou z velké části porosty 1. až 4. věkového stupně (cca 84 %). Podle LHP pro LHC Frýdlant s platností 1. 1. 2002 – 31. 12. 2011 a pro LHC Jablonec nad Nisou s platností od 1. 1. 2003 – 31. 12. 2012 je zde druhové složení lesů sice pestré, ale výrazně v něm převládá smrk ztepilý (cca 74 %) a smrk pichlavý (15 %). Významný je podíl kosodřeviny (3,5 %) a buku (3,1 %). Porosty jeřábu, břízy a modřínu se pohybují zhruba po 1 % výměry a výměra dalších dřevin představuje jednotky nebo desítky hektarů redukované porostní plochy. Jedná se většinou o skupinovou nebo jednotlivou příměs k převládajícímu smrku ztepilému nebo smrku pichlavému (tab. 2). Celé území bylo výrazně postiženo imisí a kůrovcovou kalamitou v osmdesátých letech a poměrně velká plocha 3. a 4. věkového stupně je pozůstatkem větrných kalamit let šedesátých. Pásmo ohrožení imisími C bylo vylišeno na 24,2 %, pásmo ohrožení B na 61,6 % a pásmo ohrožení imisími A na 14,2 % zájmového území (Slodičák et al. 2005).

2.3.6. IMISNÍ A KŮROVCOVÁ KALAMITA V JIZERSKÝCH HORÁCH

2.3.6.1. Vývoj imisní a kůrovcové kalamity v Jizerských horách

První doklady, prokazující škodlivý vliv imisí na lesní porosty v Jizerských horách, pocházejí už z roku 1958 (Materna 1967). Tehdy bylo zjištěno poškozování jedle a zhoršení zdravotního stavu smrkových porostů v okrajích a návětrných místech na LZ Frýdlant, polesí Albrechtice. Rozbory asimilačních orgánů prokázaly vliv SO₂ a jako pravděpodobný zdroj byla označena elektrárna Hirschfelde, nacházející se v blízkosti naší hranice. V dalších letech došlo k nárůstu emitujících zdrojů jak na území bývalé PLR (v roce 1963 spuštěna elektrárna Turosszów – Vinš, Pospíšil, Kučera 1982), tak bývalé NDR, na celkovém stavu znečištění ovzduší se však podílely i domácí zdroje (Jirgle et al. 1983).

Změny v habitu smrkových porostů postupně nabývaly na intenzitě a plošném rozsahu. V roce 1964 provedl ÚHÚL – Pobočka Jablonec – orientační šetření, při kterém bylo zjištěno, že z celkové redukované plochy porostů celé oblasti Jizerských hor se nachází v poškození 1. stupně 6 % plochy a 2. stupně 1 % plochy (Jirgle et al. 1983).

V roce 1968 a opakovaně v r. 1975 se odebrala série vzorků pro listové analýzy z hřebenové části území a západních svahů, kde chyběly informace o znečištění ovzduší. Na základě analýz bylo konstatováno mírné zvýšení obsahů síry na všech lokalitách odběrné trasy, což ukazovalo na vliv nižších koncentrací plyných sloučenin síry (Smejkal et al. 1999).

Na základě vývrtů, odebraných celkem na 30 smrkových výzkumných plochách v roce 1970, byly konstatovány produkční ztráty korespondující s exponovaností jednotlivých ploch vůči imisím. Pokles přírůstu odpovídal slabému a silnému poškození porostů imisemi v oblasti Krušných hor v období 1954–1963, velmi silné poškození zde nebylo zatím zaznamenáno (Vinš et al. 1982).

Tab. 3: Vývoj poškození zásob (v % zásob) v letech 1971 – 1981 (Jirgle et al. 1983).

Rok	Stupeň poškození					Celkem
	1	2	3	5	0	
1971	82,8	15,0	2,2	-	-	100
1978	26,7	57,2	14,1	2,0	-	100
1980	20,7	29,9	36,6	11,2	1,6	100
1981	14,6	20,7	40,1	21,5	3,1	100

První komplexní šetření zdravotního stavu porostů bylo provedeno ÚHÚL v roce 1971 a v dalších letech v něm bylo periodicky pokračováno (Jirgle et al. 1983). Z výsledků šetření je patrný postupný posun poškození do vyšších stupňů (tab. 3).

V polovině sedmdesátých let dospěl stav poškození do stádia, kdy bylo rozhodnuto o vylišení pásem ohrožení lesních porostů,

podobně jako již dříve v Krušných horách. Pásma ohrožení byla vymezena VÚHLM pracoviště Ústí nad Labem v roce 1976 a postupně několikrát korigována (Smejkal et al. 1999).

Výrazný vzestup imisních škod nastal v letech 1977–1979, a to v souvislosti s klimatickými výkyvy. K nejintenzivnějšímu poškození lesních porostů docházelo v západní části Jizerských hor vzdálené cca 5–10 km od emisních zdrojů – Kančí vrch, Stržový vrch, na severních svazích a v hřebenových partiích Vysokého jizerského hřebene – Smědavská hora, Jizera (Balcar et al. 1994). Podobně tomu bylo i v severozápadní části Ještědského hřbetu. V důsledku imisí oslabené smrkové porosty byly napadeny obalečem modřínovým (Jirgle et al. 1983), který se do té doby projevoval na smrku jen zcela nevýznamně (Průša 2001). Postup destrukce lesních ekosystémů (převážně smrčín) značně urychlovalo následné přemnožení lýkožrouta smrkového (Smejkal et al. 1999). Nejvíce

byly postiženy klimaticky exponované hřbetní partie v nadmořské výšce nad 900 m (Vacek et al. 2003).

Ke sledování změn půdních vlastností bylo ÚHÚL v roce 1980 založeno 23 trvalých zkusných ploch, na nichž bylo v roce 1985 a 1990 opakováno šetření. Ze srovnání rozborů je zřetelný pokles půdní kyselosti (Smejkal et al. 1999).

2.3.6.2. Likvidace imisní kalamity v Jizerských horách

Mimořádně prudký průběh ekologické katastrofy byl způsoben souběhem škod imisemi, větrných kalamit, žíru obaleče modřínového, ploskohřbetky smrkové a lýkožrouta smrkového, vliv měly i nadměrné stavy spárkaté zvěře, nasazení těžké mechanizace s úmyslem zachránit dřevní hmotu a dodatečným zalesňováním holin jehličnatými exotami. Tím došlo k okyselení půd, ztrátě humusu, introskeletové a rýhové erozi, ke ztrátě mikro i mezoklimatu, silnému zabuřnění a ke ztížení obnovy (Cipra 2001).

Vlivem imisně ekologické kalamity došlo v Jizerských horách k velkému úbytku dospívajících a dospělých, zejména pak smrkových porostů, a tím i celkových porostních zásob (Vacek et al. 2003). Imisemi bylo poškozeno více než 90 % lesů a vytěženo bylo 1,5 milionu m³ dřeva (Navrátil, Růžička 2002).

V důsledku kalamity se ve vyšších polohách hor na ploše cca 6 000 ha rozpadly smrkové porosty. Vznikl závažný problém s obnovou lesních porostů na kalamitních holinách, mj. v důsledku rychlého zabuřnění převážně třtinou *Calamagrostis villosa* (Chaix) J. F. Gmelin (Březina et al. 1997).

Ve značné míře (cca 3 000 ha) bylo zalesňováno smrkovými a borovými exoty – převážně smrkem pichlavým (Smejkal et al. 1999). Navíc výchova v těchto porostech, vzniklých po imisně ekologické kalamitě, byla naprosto nedostatečná. V pásmu ohrožení imisemi A a B se téměř neprováděla (Vacek et al. 2003). Ke snížení acidity půd byl velkoplošně aplikován mletý vápenec. Na rozdíl od Krušných hor nebyla použita buldozerová příprava půdy. V důsledku enormních těžeb a také nedostatečné transportní sítě, dlouhých přibližovacích vzdáleností a převážně traktorového soustředování dříví však i zde docházelo k erozi půd (Faiman et al. 1990).

V souvislosti s rozsáhlým odlesněním v důsledku imisně ekologické kalamity došlo k významným změnám v mikroklimatu a rozšíření některých druhů rostlin a živočichů. Nápadný je zejména značný ústup borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.) a nástup třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*), která tvoří na otevřených plochách nepříjemnou buřeň s mocným, hustým drnem (Smejkal et al. 1999), který značně omezuje šíření cílových druhů dřevin (cf. Vacek, Souček 2001). Nástup travinných společenstev s třtinou chloupkatou byl podle Pelce (1999) podpořen i leteckým vápněním.

Tab. 4: Porovnání plochy jednotlivých věkových stupňů (ha) s posunem o deset let rozdílu mezi porovnávanými daty LHP z let 1983 a 1993 (Navrátil, Růžička 2002)

Věk. st.	Holina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10+	
1983	286	1 826	1 470	898	442	781	929	1 143	1 095	1 237	4 493	
Věk. st.	Holina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11+
1993	599	6 307	1 216	1 510	745	339	656	668	563	468	346	1 183
rozdl		-610	+40	-153	-103	-125	-261	-580	-627	-901	-3 310	

Z porovnání plochy jednotlivých věkových stupňů s posunem o deset let rozdílu mezi porovnávanými daty LHP z let 1983 a 1993 (tab. 4) je patrný vzrůstající úbytek plochy starších věkových stupňů. Zajímavý je velký úbytek plochy prvního věkového stupně z roku 1983, který by měl teoreticky přejít celý do druhého věkového stupně v r. 1993. Jedná se o úbytek 610 ha (tedy přibližně o třetinu), který se dá vysvětlit obtížnými podmínkami pro zalesňování, které díky vysokému nezdaru probíhalo opakovaně (Navrátil, Růžička 2002). Na úhynu sazenic se podílelo většinou několik činitelů působících současně nebo následně. Jako příčiny úhynu kultur se uváděla buřeň, sucho, drobní hlodavci, pozdní mráz, zvěř, změny růstového prostředí vlivem imisí a nedostatečná kvalita sazenic provedeného zalesnění (Smejkal et al. 1999). Výrazný je úbytek také porostů v mýtním věku.

Dnes na náhorním platu převládají mladé kultury a mlaziny s různým zastoupením náhradních dřevin (Navrátil, Růžička 2002).

Po částečném zlepšení imisní situace započala snaha o přeměnu porostů, a to nejprve porostů s výskytem smrkových a borových exot (Balcar et al. 1999).

Porosty smrku pichlavého společně s porosty dalších smrkových a borových exot byly navrženy jako nejnaléhavější PND pro přeměny (Slodičák et al. 2005). Tvoří podstatnou většinu PND ve vyšších polohách zájmového území (85 %) a s jejich zastoupením v cílové skladbě se nepočítá. Dále podle naléhavosti to jsou porosty břízy a jeřábu (případně olše), porosty modřínu opadavého a nejmenší naléhavost je udávána u porostů kleče a blatky.

Úplná přeměna porostů smrku pichlavého (a dalších smrkových a borových exot) by měla být podle autorů upřednostňována hlavně v nižších CHS, kde je očekávána vyšší produkční účinnost porostů cílových dřevin.

2.4. MODELOVÉ DŘEVINY

2.4.1. SMRK PICHLAVÝ (SMP)

2.4.1.1. Původ a historie introdukce

Smrk pichlavý (*Picea pungens* Engelm.) pochází ze západní části Severní Ameriky. Jeho přirozený výskyt je omezen na centrální a jižní část Skalických hor (Rocky Mountains). Přestože existují různé barevné varianty tohoto druhu, poddruhy, variety nebo formy se nerozlišují (FEIS 2007). I přes značně široký areál přirozeného rozšíření této dřeviny neexistuje alespoň rámcová informace o původu osiva, které bylo využito pro zakládání porostů náhradní dřeviny SMP u nás („komerční směs“).

Smrk pichlavý se ve svém přirozeném areálu vyskytuje jako dominantní nebo kodominantní druh rozlohou nevelkých porostů, i jako vtroušená dřevina (FEIS 2007). V původním regionu roste v úzkých pásech podél toků, na čerstvých půdách ovlivněných tekoucí, okysličenou vodou, v hlubokých kaňonech i na říčních aluviích v širokých údolích (Remeš et al. 2002). Hlavními druhy společných porostů jsou smrk Engelmannův (*Picea engelmannii* Engelm.), jedle ojíňená (*Abies concolor* (Gord. et Glend.) Hildebr.) a douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco). V příbřežní oblasti tvoří SMP porosty společně s topoly (*Populus angustifolia* James, *P. balsamifera* L.). Smrk pichlavý se často chová jako dlouhověký druh sukcesních stádií lesních porostů a je velice odolný vůči okusu. Jeho dřevoprodukční hodnota je v domovině ceněna velice málo, větší

význam se příkládá ekologickému krytu pro zvěř a rekreační funkci jeho porostů (FEIS 2007).

V Evropě je pěstován od roku 1862 (Skalická, Skalický 1988), stejní autoři uvádějí první doklad introdukce u nás z roku 1910 (Jezeří), avšak Lokvenc (1989) našel v historických pramenech záznam o používání SMP společně s dalšími dřevinami pro pokusné výsadby v Krkonoších již v roce 1908. Je to nejčastěji pěstovaný smrk našich parků, veřejných i soukromých zahrad (tzv. stříbrný smrk) a jednou z nejrozšířenějších dřevin PND v imisních oblastech.

Ze zkušenosti z oblasti přirozeného rozšíření smrku pichlavého vyplývá, že v podmínkách českých hor rostoucí stejnorodé porosty SMP často neodpovídají jeho skutečným ekologickým nárokům (Remeš et al. 2002).

2.4.1.2. Vlastnosti smrku pichlavého jako náhradní dřeviny

Smrk pichlavý je velmi odolný vůči imisím (zvláště v juvenilním stádiu), suchu a mrazu – raší později než smrk ztepilý (Skalický, Skalická 1988), což byl hlavní důvod pro jeho použití jako dřeviny náhradních porostů. Další výhodou pro použití bylo i jeho zpravidla minimální poškozování zvěří (Remeš 2002, Novák, Slodičák 2004).

Citlivě reaguje na zlepšování půdního prostředí vápněním a především hnojením (Jirgle 1982, Podrázský 1997).

Růst SMP je proti smrku ztepilému značně pomalejší a celková produkce dřevní hmoty podstatně nižší (Šika 1976), růstovými křivkami jsou si však obě dřeviny blízké (Jirgle 1982). Dřevo je méně kvalitní, nemá výrazné využití, dokonce i z hlediska chemického zpracování je nevhodné (Remeš et al. 2002), i když se uvažovalo o možnosti využití na výrobu celulózy (Šika 1976). Určitý ekonomický význam má tato dřevina při výrobě ozdobného klestu a vánočních stromků (Remeš et al. 2002). V současné době se uvažuje i o jeho zpracování na štěpku.

Smrk pichlavý jako přirozeně víceméně solitérní dřevina (Mráček et al. 1985) nevytváří dokonalé lesní prostředí. Zapojené porosty jsou nestabilní, zpravidla podléhají klimatickým vlivům – sněhové či větrné polomy, většinou vrškové zlomy a vývraty (Slodičák 2001). Časté je poškození pozdním mrazem (Mráček et al. 1985, Slodičák 2001 aj.). Vytváří extrémně povrchový kořenový systém, větší část kořenů se rozprostírá pouze v prvním humusovém horizontu (Mauer et al. 2005). Extrémně mělký kořenový systém predisponuje tuto dřevinu vůči stresu suchem (Slodičák 2001). Ke stejnému závěru došel již Šika (1976) rozborem letokruhových indexů.

Na asimilačních orgánech SMP jsou velice často konstatovány barevné změny – žloutnutí (Remeš 2002, Slodičák et al. 2002), zřejmě v důsledku postupného zapojování porostů a nedostatku některých živin, především hořčíku. Následně často dochází k ztrátě postiženého ročníků jehličí (Slodičák 2001, Slodičák et al. 2005).

Podobně jako řada dalších dřevin trpí SMP deformacemi kořenového systému v případě nesprávně provedené výsadby. Takovéto deformace zhoršují zdravotní stav a stabilitu porostů, které jsou často celoplošně infikovány václavkou, objevuje se i kořenovník. Zdraví i poškození jedinci SMP mají nízkou životnost jemných kořenů (Mauer et al. 2005).

Smrk pichlavý bývá poškozován námrazou (Šika 1976, Podrázský 1997) i extrémním mokrým sněhem (Šika 1976, Špulák 2007), časté jsou vrcholové zlomy a deformace (Slodičák et al. 2002).

Smrk pichlavý se vyznačuje negativním vlivem na lesní půdy. Nekryje dostatečně půdu, nebrání jejímu vysychání a chemicky ji zhoršuje (Kantor 1989, Podrázský 1997, Remeš 2002). Opad je zhruba stejně nepříznivý jako v případě smrku ztepilého, jeho množství je pak minimální. Na lokalitách se zachovalým humusem postupuje další degradace odpovídající poměrům na holinách (Remeš et al. 2002).

Na SMP bylo v České republice zjištěno jen malé spektrum hmyzích škůdců (Kula 1999). Je zde uváděna korovnice zelená (*Sacchiphantes viridis* Ratz.) a mšice *Elatobium abietinum* (Walk.). Podle výskytu v sousedních zemích se u nás předpokládá i severoamerická minující makadlovka *Coleotechnites piceallea* (Kearf.). K dalším zástupcům fytofágního hmyzu se řadí *Epinotia tedella* (L.) a *Panolis flammea* (Schiff.).

2.4.1.3. Využití smrku pichlavého jako náhradní dřeviny

Jako dřevina náhradních porostů byl SMP využíván od začátku 70. let (Jirgle 1982), jinde je uváděn již rok 1967/68 (Slodičák et al. 2002). V letech 1972–1974 byly v Krušných horách založeny první poloprovozní pokusné výsadby SMP, na kterých se periodicky sledoval vývoj (Jirgle 1982). V Jizerských horách byly VÚLHM založeny první dvě pokusné plochy smrkových exot v roce 1976 na LZ Frýdlant a LZ Nisa. Nejlepší vývoj prokazovaly smrk pichlavý a smrk černý (Jirgle et al. 1983). Na základě krušnohorských zkušeností byl SMP vysazován od roku 1983 i v Orlických horách. Výsadby zde byly prováděny většinou v nadmořských výškách nad 1 000 m (Lokvenc, Souček 2000).

Jako náhradní dřevina byl SMP vysazován vzhledem k velké toleranci k různorodosti půdních podmínek, kromě půd suchých a zamokřených (Mráček et al. 1985). Naproti tomu jinde se uvádí (Remeš et al. 2002), že zvláště byl zdůrazňován jeho význam na stanovištích po smýcení smrkových porostů, ovlivněných do značné míry zamokřením. Další vlastností, která byla oporou pro zavádění SMP, byla v juvenilním stádiu ověřená schopnost snášet vysoké imisní zatížení působené oxidem siřičitým, a to i v kombinaci s klimatickými stresy, a jen malé poškození spárkatou zvěří (Kubelka et al. 1992). K dalším uváděným důvodům patří poměrně snadné pěstování ve velkých školkařských porostech (Remeš et al. 2002). Za významnou vlastnost byla také zmiňována ochrana sněhových zásob a zpomalení odtoku jarních vod. Zdálo se, že je to dřevina s nejmenšími ztrátami při obnově (Materna 1978).

Od počátku byla proti výsadbě uvedena celá řada výhrad (např. Jirgle 1982, Šindelář 1982). Oprávněně se namítalo, že SMP nevytváří zapojené porosty, růstově zaostává za všemi ostatními dřevinami a neskýtá předpoklady půdoochranné funkce (Podrázský 1997).

V porostech SMP se počítalo i s produkcí dřevní hmoty výraznější než u břízy a jeřábu, doba obmýetí se odhadovala na 80 let (Vacek et al. 2003). Názory na produkci nebyly jednoznačné, někteří autoři uvádějí, že porosty SMP měly plnit pouze funkce ekologické (cf. Balcar, Navrátil 2006).

Vývoj kultur smrku pichlavého byl zpočátku ve všech pohořích hodnocen kladně (cf. Balcar, Navrátil 2006). Už na konci sedmdesátých let však vznikly pochybnosti o účelnosti výsadeb SMP do náhradních porostů – o jeho odolnosti k současnému a hlavně očekávanému imisnímu zatížení. V roce 1977 a 1979 se projevilo v Krušných horách i jiných imisních oblastech mimořádně silné zrezivění smrkových porostů, podobající se akutnímu poškození imisemi. Po provedeném šetření o vývoji starších výsadeb SMP bylo však konstatováno, že kultury smrku mají vcelku dobrý vývoj, že jsou dostatečně odolné k současnému imisnímu zatížení a že mají i určité rezervy pro další zvýšení imisní hladiny

(Materna 1978, Jirgle 1982). Rovněž byla konstatována možnost zvýšení jeho vitality, výškového přírůstu a snížení ztrát pomocí vápnění a přihnojení (Jirgle 1982).

Oproti původním předpokladům se v dalším vývoji PND projevila řada nesouladů. Jejich hlavním důvodem je nerespektování ekologických nároků této dřeviny (viz kapitola 2.4.1.2). Pokud byl sazen na lokality ovlivněné vodou, jednalo se pouze o stagnující vodní hladinu zvýšenou v důsledku zamokření na holosecích, na kterých často později došlo ke změnám vláhových poměrů (Remeš et al. 2002).

Při doporučeních k pěstování porostů SMP je kladen důraz hlavně na výchovu, kterou je vhodné skloubit s přeměnami nebo rekonstrukcemi (Novák, Slodičák 2004). První výchovný zásah je potřebné v porostech SMP provést v době zapojování. Tento zásah může být kombinovaný (selektivní i schematický), vzniklé mezery se mohou doplnit cílovými dřevinami odpovídajícími stanovišti. Při zásazích se podporují přimíšené cílové dřeviny (smrk ztepilý, buk, modřín). Další výchovné zásahy se opakují v souladu s potřebami přeměn (Slodičák 2001, Slodičák et al. 2005).

2.4.2. BUK LESNÍ

2.4.2.1. Areál

Přirozený areál buku zaujímá celou západní Evropu, kromě větší části Španělska, a jeho severní hranice probíhá od jižního Skotska přes jižní část Švédska. Východní hranice probíhá od Kaliningradu, prochází Polskem, Volyní, Podolím a Bukovinou. Na jihu je buk vázán na horské polohy, proto chybí v maďarské a rumunské rovině. Na Balkánském poloostrově je zastoupen ve spodní části všech pohoří, v Itálii v celých Apeninách, pohoří severní Sicílie a na Korsice (cf. Fér 1994).

Otto (1994) uvádí, že v severní části Německa se buk přirozeně vyskytuje až na mořském břehu, zatímco na jihu je stromem pahorkatin a hor. Uvádí příklady výškového rozpětí výskytu buku: v Severním Harzu dosahuje cca 600 m n. m., v jižním jde o 200 m výše, ve Schwarzwaldu se nachází od 150 do 1 500 m, v Bavorském lese do 1 300 m a v Severních Alpách od 300 do 1 700 m n. m. Výškové optimum v České republice je asi od 500 do 800 m n.m., vyskytuje se však zhruba od 300 do 1 000 m n.m. (Koblížek 1990). Provenienční výzkum proměnlivosti druhu (např. Šindelář 2001) se odrazil v pravidlech upravujících přenos osiva v rámci současné legislativy (Vyhláška č. 139/2004 Sb).

2.4.2.2. Ekologické vlastnosti dřeviny

Buk je dřevinou oceánického a suboceánického klimatu, citlivou k suchu a pozdním mrazům. Jeho optimum je na čerstvě vlhkých, dobře provzdušněných, humózních a minerálně bohatých půdách. Optimum ročních srážek je 800–1 000 mm (Koblížek 1990). V nížinách pro nedostatek srážek většinou chybí. Limitujícími jsou srážky v období květen až září pod 250 mm a vegetační doba kratší než 5 měsíců (Otto 1994). Nesnáší záplavy, stanoviště s vysokou spodní vodou, silně oglejené a ulehlé půdy, ale i mělké půdy bez možností růstu kořenů šterbinami. Neroste také na chudých a suchých písčitých půdách a v mrazových kotlinách (Koblížek 1990, Otto 1994).

Buk, po tisu a jedli, patří k dřevinám s dobrou schopností snášet zástin, zvláště v mládí (Úradníček et al. 2001). Avšak nedostatek i nadbytek světla v tomto stádiu má z hlediska odrůstání a tvárnosti jedinců neblahý vliv. Obnova tvárných jedinců je podmíněna

přítomností přirozených hustých nárostů. Sousedská konkurence je předpokladem uspokojivého čištění bukových kmenů a nelze bez ní dosáhnout hospodářského cíle – maximální délku hladkého kmene s co možná vyrovnanou šířkou letokruhů po celý život stromu, což je podmínkou optimálního ekonomického zhodnocení bukového dřeva (Indruch 1985). Bukové nárosty se dokáží rychle adaptovat na změnu světelného požitku způsobenou uvolněním mateřského porostu a bezprostředně reagují zvýšeným výškovým přírůstem.

Buk lesní je v odborné literatuře řazen ke dřevinám středně tolerantním vůči imisím (cf. Vacek 1993). Poškození buku však nepůsobí jen imise, ale i mnoho nepříznivých biotických činitelů (sucho, mráz) i biotických škůdců – z hmyzu je to např. mšice buková (*Phyllaphis fagi* L.), červec bukový (*Cryptococcus fagisuga* Lind.), z parazitických hub troudnatec korytovitý (*Fomes fometarius* [L.: Fr.] Fr.) a dřevomor kořenový (*Hypoxylon deustum* [Hoffm.] Grev.). Imise mohou působit v kombinaci s těmito činiteli.

Z biotických faktorů majících vliv na odrůstání je možno uvést původce skvrnitosti a odumírání listů starších bukových sazenic, houbu *Apiognomonina errabunda* (Roberge ex Desm.) s konidiovým stádiem *Gloeosporium fagicolum* (Pass.), která však nebývá příliš častá (cf. Švestka et al. 1998).

Semenné roky se opakují v obdobích 5–10letých, v nepříznivých podmínkách i 9–12letých (Fér 1994). V dobrém semenném roce spadne 2–5 mil. kusů bukovic na 1 ha, při středních a slabších úrodách 50–600 tis. bukovic (cf. Vacek, Mareš 1985). Semena rozšiřují ptáci a drobní savci.

Výmladková schopnost buku je celkem malá. Zvěř s oblibou buk okusuje, tak na výsadbách vznikají velké škody (Úradníček et al. 2001). Výrazné škody, zvláště v imisních oblastech, způsobují také myšovití hlodavci (např. Krieger, Bartoš 2004).

Důležitou vlastností buku je jeho meliorační funkce. Z výzkumů na výzkumné ploše Trutnov (Kantor 1989), v kterých bylo posuzováno osm základních charakteristik půd, vyšla jako melioračně nejúčinnější směs osika + buk (srovnatelně s jívou), buk samotný byl vyhodnocen jako dřevina s dobrým melioračním účinkem. Naproti tomu smrk ztepilý, smrk pichlavý, smrk omorika a borovice vejmutovka byly zařazeny do skupiny dřevin zhoršujících svým opadem kvalitu humusu. Podrázský (2000) prokázal kladný vliv smíšených porostů s bukem oproti smrkovým porostům na tvorbu a transformaci půdní organické hmoty. Je to způsobeno především intenzivním příjmem živin, tvorbou opadu s jejich podstatně vyšším obsahem a vyšší biologickou aktivitou půdy pod těmito porosty. Jednoznačně patrný je příznivý vliv buku na reakci půdy; ta stoupá v řadě smrkové – smíšené – bukové porosty. Je to patrné v horizontech A a do jisté míry i B, jak vyplývá z výzkumu v Krkonoších (Podrázský 1996).

Výsledky kladného působení buku na půdu ve srovnání se smrkem jsou známy i ze zahraničí. Není však pravidlem, že by bylo zjištěno kladné působení ve všech sledovaných parametrech.

Ze souhrnné studie shromažďující výsledky ze třech výzkumných sérií porovnávacích půdní vlastností pod dospívajícími porosty buku a smrku v Německu (Heinze et al. 2000) vyplývají průkazně vyšší hodnoty pH v hrabance a v prvním minerálním horizontu pod bukovými porosty. Poměr C/N v nadložním humusu byl ve všech případech příznivější (nižší) v bukovém porostu, vyšší zde byla hloubka i intenzita prokořenění a také aktivita půdní makrofauny. Nejednotné výsledky byly zjištěny v obsahu vápníku a draslíku, kde byl v jednom případě zjištěn příznivější stav pod smrkem. Půda pod srovnávacími porosty byla hutnější a pod bukem zasakovala voda neprůkazně rychleji. Pod bukovými porosty

bylo nižší množství nadložního humusu než pod smrkovými, v jednom případě byla porovnávána i rychlost rozkladu jehličnatého a listnatého opadu, rychlost však byla proti očekávání vyšší pod smrkem. Autoři navrhují tento poznatek přezkoumat. Také Ellenberg (1986 in Peters 1997) však uvádí, že bukové a dubové listy jsou nejpomaleji rozkladatelné, jejich rozklad trvá 3 roky.

Práce porovnávající rychlost a kvalitu rozkladu opadu smrku a buku v opadových pytlích (vzorky o srovnatelné suché hmotnosti) pod různými porostními poměry v severním Německu (Albers et al. 2004) dospěla k závěru, že v bukových porostech je daleko příznivější prostředí pro dekompozici opadu, ať již bukového či smrkového. Smrkový opad se obecně rozkládal rychleji než bukový, rychlejší rozklad ale nebyl spojen s vyšší koncentrací dusíku, ten byl více akumulován v bukových listech. Rozdíly v rozkladu mezi bukovým a smrkovým opadem byly nejvyšší v bukovém, nižší ve smíšeném a nejnižší v smrkovém porostu. Podle mikrobiální biomasy byly bukové listy příznivější pro výskyt mikroorganismů než smrkové jehličí. Příznivější podmínky pro rozklad opadu byly také v mladších (30 let) než dospělých (120 let) porostech. Studie uzavírá, že akumulace opadu ve smrkových porostech není dána horší schopností jehličí se rozložit, ale nepříznivými přírodními podmínkami ve vrstvách opadu, na které je smrkové jehličí více citlivé než bukové listy.

Ze studie zabývající se půdní respirací v smrkovém, bukovém a smíšeném porostu v nadmořské výšce 380 m v Německu (Borken, Beese 2005) vyplynul zásadní význam druhového složení na půdní respiraci. Ta byla nejvyšší v čistě bukovém porostu a nejnižší v porostu smrkovém. Se zvyšujícím se podílem buku rostl podíl srážek v porostu a zvyšovala se půdní teplota. Také mikrobiální biomasa a respirace v organických horizontech stoupala od smrkového k bukovému porostu, z čehož vyplynula zvýšená dekompozice opadu pod bukem. Obrat organického uhlíku v horizontech humusu pod bukem byl téměř čtyřikrát rychlejší než pod smrkem (5,5 let proti 20,6 rokům).

Z práce zabývající se vyplavováním kovů z lesních půd ve vztahu k druhům stromového patra v jižním Švédsku (Bergkvist 1987) opět vyplývá vyšší pH půdy pod bukovými než pod smrkovými porosty (nejvyšší bylo vyhodnoceno na obnovované ploše výsadbou na holinu po smrkových porostech smýcených 11 a 8 let před zahájením pokusu). Také acidifikace půdy a vyplavování kovů bylo pod bukem nižší. Chemismus kambiémie pod smrkem a bukem se liší – zatímco pod smrkem je půdní acidita pufovaná (buffered) vyplavováním hliníků, pod bukovými porosty je hlavní pufovačnická reakce soustředěna na uvolňování bází. Studie je uzavřena tvrzením, že použití méně okyselujících druhů dřevin než je smrk zvláště v oblastech pod vlivem imisí snižuje ztráty živin z půdy a snižuje půdní acidifikaci. V případě nižších koncentrací imisí klesá i okyselující vliv smrku.

2.4.2.3. Lesní společenstva s bukem

Buk je přirozenou součástí lesů od nížin až do hor. Svými více jak 60 % tvořil nejrozšířenější dřevinu v ČR. V současné době zastoupení buku přesahuje pouze 6 %, přičemž cílem lesního hospodářství je ho zvýšit na 18 % (MZe ČR 2002).

V podmínkách ČR je buk lesní dřevinou s velmi širokou ekologickou amplitudou. Je přirozenou součástí lesních ekosystémů od 2. (1.) do 7. (8.) LVS. Dominantní složkou přirozených lesních společenstev bývá zejména v 3.–6. LVS. V těchto stupních roste v širokém spektru edafických kategorií od extrémních, kyselých, živných až po obohacené v početných různorodých společenstvech. Tato společenstva se vyznačují velmi rozmanitou bylinnou vegetací, která do různé míry ovlivňuje průběh přirozené obnovy.

Zastoupení buku lesního v druhové skladbě lesních porostů je podle modelů hospodářských opatření plánováno ve většině hospodářských souborů, kromě stanovišť ovlivněných vodou. S převládajícím podílem buku se počítá především v různých variantách bukového hospodářství (Špulák 2005).

2.5. DOSAVADNÍ VÝSLEDKY VÝZKUMU PROSADEB BUKEM LESNÍM

Závažným problémem při rekonstrukcích PND je v první řadě výběr optimálních technologií. Jedná se hlavně o odpověď na otázku, zda mají být porosty před rekonstrukcí připravovány například proředěním, vyřezáním koridorů, volných plošek, celoplošným smýcením nebo zda se mají zásahy ve stávajících porostech odložit na dobu odrůstání nově zakládaných kultur (prosadeb). K tomu je nezbytná znalost optimální vzdálenosti mezi stromy porostu náhradních dřevin a novou výsadbou, tj. vzdálenosti při které převažuje pozitivní vliv ekologického krytí nad negativním působením kompetice (cf. Balcar et al. 1999).

V tomto směru už výzkum poukázal na několik aspektů, kterých je třeba si při přeměnách všimnout:

- Výsadby dřevin (především listnatých) je třeba chránit před poškozením zvěří, dalšími škůdci a nepříznivými vlivy (Vacek et al. 1994, Jurásek 2002).
- Při prosadbách, ale i běžných výsadbách buku je velice častý dvou až tříletý šok z přesazení (Kacálek, Balcar 2001, Kriegel 2002, Kriegel, Bartoš 2004). Lepší zdravotní stav byl sledován u prosadeb založených obalovanou sadbou (Kriegel 2002).
- I půdy s velmi silně kyselou výměnnou půdní reakcí nejsou důvodem pro zhoršování zdravotního stavu výsadeb listnáčů (Kriegel, Bartoš 2004).
- Ve vyšších polohách je nutné počítat s vysokými ztrátami. Kacálek a Balcar (2001) vyhodnocovali mj. ztráty v průběhu čtyř let po výsadbě buku na pokusných výsadbách v Jizerských horách. Konstatovali, že ztráty za čtyři roky po výsadbě na lokalitách v hřebenové části hor se pohybovaly mezi 42–64 % a byly výrazně vyšší než na lokalitách níže položených (13–44 %). Kromě stresu působenému mikroklimatickými a půdními podmínkami se na mortalitě významnou měrou podílely i ztráty působené myšovitými hlodavci.
- Při přeměnách PND je nanejvýš účelné maximálně využít možnosti jejich ekologického krytí. Zvláště na lokalitách postihovaných teplotními stresi, kde obnova lesa vyžaduje specifická pěstební opatření umožňující novým výsadbám překonat kritické období, kdy jsou rašící stromky malého vzrůstu poškozovány přízemní vrstvou podchlazeného vzduchu, mohou náhradní dřeviny účelně plnit funkci dřevin přípravných (cf. Balcar, Špulák 2006).
- Byly konstatovány rozdíly v ovlivnění nově zakládaných výsadeb různými druhy náhradních dřevin (Kacálek, Balcar 2001, Balcar, Kacálek 2003).
- Byl prokázán pozitivní krycí efekt stávajících přeměňovaných PND (smrku pichlavého) v případě pozdních mrazů v podmínkách vyšších poloh Jizerských hor (Balcar 2000, Balcar, Kacálek 2003, Kacálek, Balcar 2004, Balcar, Špulák 2006). Z výsledků měření v průběhu mrazové epizody poškozující výsadby testovaných cílových dřevin (mj. buku) bylo konstatováno snížení mrazových teplot pod korunami

neopadavých jehličnanů (smrk, kleč) v přízemní vrstvě (30 cm nad terénem) až o 2,5 °C a zkrácení doby vystavení mrazu cca o 2 hodiny (Balcar, Špulák 2006).

- Krycí efekt se projevuje lepším odrůstáním buků (Kacálek, Balcar 2001, Balcar, Kacálek 2001, Kacálek, Balcar 2004 atd.). V klimaticky exponované části hor (výzkumné plochy Ořešník a Plochy) byl v některých letech konstatován statisticky průkazně vyšší výškový přírůst buků vysazených blíže k jedincům náhradní dřeviny SMP, zatímco v nižších polohách byl tento poměr opačný (Balcar, Kacálek 2008).

Je zřejmé, že technologické postupy při přeměnách porostů náhradních dřevin vyžadují diferenciaci jak podle růstových podmínek, tak i podle druhu a aktuálního stavu porostů náhradních dřevin (Kacálek, Balcar 2001, Balcar, Špulák 2006).

2.6. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ÚSPĚŠNOST OBNOVY

2.6.1. SVĚTLO

Světlo jako ekologický faktor není z hlediska produkce lesních porostů zpravidla uvažováno, neboť v porovnání s volnou plochou dostávají koruny úrovnových a nadúrovnových stromů (které v podstatě rozhodují o produkci) plný světelný požitek. Rozhodující význam světla lze konstatovat v souvislosti s přirozenou obnovou (Agestam et al. 2003), ale i při umělém vnášení dřevin do porostu.

S přežíváním a odrůstáním dřevin v zástinu (např. náletu pod mateřským porostem, podsadeb apod.) souvisí tzv. kompenzační bod fotosyntézy – stupeň osvětlení, při kterém rostlina poutá stejné množství energie fotosyntézou jako vydá dýcháním (Remeš et al. 1999). Čistý příjem fotosyntetizující jednotky (primární produkce) je tak nulový. Z hlediska přežití autotrofního organismu se musí úroveň ozáření pohybovat v průměru nad tímto kompenzačním bodem a celková denní produkce musí kompenzovat denní

Tab. 5: Kompenzační bod fotosyntézy pro slunné a stinné listy jednotlivých dřevin (podle Wecka 1955 a Assmanna 1961 in Kramer 1988).

Dřevina	Slunné listy (lux)	Stinné listy (lux)
bříza	1000	400
jasan	700	150
buk	500	150
smrk	1150	350
jedle	550	350

i noční ztráty dýcháním. Minimální hodnota záření, při níž mohou různé rostliny ještě přežít, se různí. U sciofytů se kompenzační bod pohybuje kolem hodnoty 2,5 W.m⁻² (250 luxů), u heliofytů pak v rozmezí 9–20 W.m⁻² (880–2 000 luxů) (Podrázský 1999a). Hodnota kompenzačního bodu je odvislá nejen od druhu rostliny (dřeviny), jeho obecných světlostních nároků, ale i podle fáze vývinu jedince, stupně zralosti konkrétního asimilačního orgánu, jeho adaptace na světelné podmínky (tab. 5)

a podle působení ostatních faktorů prostředí. Podle Wecka (1955 in Kamen 1988) je kompenzační bod u sazenic velice nízký, pro břízu udává kolem 0,80 %, pro jasan kolem 0,50 % a pro buk okolo 0,25 % průměrného plného denního osvitu. Naproti tomu u starých stromů se kompenzační bod pohybuje podstatně výše: u břízy kolem 20 %, u jasanu kolem 13 % a u buku okolo 8 % celkového ozáření.

Na druhou stranu vysoká intenzita záření může působit na rostliny fotoinhibičně. Zpracování velkých dávek absorbované radiační energie v chloroplastech je pro všechny rostliny velmi nebezpečná operace, neboť v relativně uzavřeném prostoru s vysokou koncentrací kyslíku se vytvářejí silná oxidační i redukční činidla, která mohou poškodit velmi jemné struktury tylakoidní membrány. Vlivem vysokých dávek záření dochází

k závažným změnám struktury a funkce fotosyntetického aparátu – souhrnně jsou označovány jako fotoinhibice. Projevují se snížením maximální rychlosti fotosyntézy. Toto snížení bývá obvykle plně vratné, i když až po několika hodinách či dnech (Gloser 1998). Fotoinhibice se projevuje zvláště u rostlin adaptovaných na tmu (Einhorn et al. 2004).

Podle výzkumů (Einhorn et al. 2004) má buk vyšší sklony k fotoinhibici než například jasan. Ve studii se však neukázal žádný negativní vliv na akumulaci celkové biomasy těchto jedinců buku.

Díky poměrně vysokému podílu přímého záření prostupujícího porostními mezerami v dospělém porostu kolísá množství světla dopadající na půdu v porostu jak prostorově, tak časově. Podle velikosti kotlíku se může blížit až hodnotám na volné ploše (Sagheb-Talebi 1996). Množství a kvalita světla také kolísá podle polohy měření v různých částech porostních mezer. Přirozeně to souvisí s expozicí, sklonem svahu, výškou porostu a velikostí mezer. Za běžných podmínek je severní strana kotlíků (poloha exponovaná z jihu) ozářena nejsilněji. Na druhém místě je západní strana (na východ exponovaná poloha), následovaná východní stranou. Celkově nejméně ozářená je strana jižní (cf. Sagheb-Talebi 1996). Ponge a Ferdy (1997) zjistili větší význam světla na podzemní než na nadzemní část semenáčků buku v porostní mezeře bukového porostu. Na mikrostanovištích, na které dopadalo během rána přímé slunce, byl kořenový systém mělký a také nižší podíl mykorrhizy.

Míra relativní ozářenosti má vliv na vývoj výsadeb buku. Wickel et al. (1998) zjistili na výzkumných plochách podsadeb buku na saské straně východní části Krušných hor nejvyšší výškový přírůst pětiletých sazenic při relativní ozářenosti oproti holé ploše 40–50 % (15–30 cm). Při ozářenosti 10–20 % byl výškový přírůst výrazně redukován, i přesto vykazoval část buků v těchto světelných podmínkách ještě přírůst 15–20 cm. Výrazně byl však navýšen podíl plagiotropně rostoucích jedinců.

2.6.2. TEPLOTA

Teplo vytváří potenciální stav pro průběh životních funkcí rostlin. Teplota je jedním z nejvýznamnějších růstových faktorů, neboť limituje nejen aktivní růstové procesy v průběhu vegetační doby, ale i biochemické změny probíhající v meristematických pletivech v době vegetačního klidu (Remeš et al. 1999). Faktor teplo závisí na klimatu, zvláště na množství a charakteru slunečního záření (Kamer 1988). Ekosystém přijímá tepelnou energii z přímého a odraženého dlouhovlnného slunečního záření. V důsledku energetických vztahů mezi rostlinou a prostředím je teplota rostlin závislá na teplotě prostředí a naopak. Rozdíly mezi teplotou vzduchu a povrchem rostlin jsou jen malé a jen při přímém oslunění může být teplota rostlin o 2 až 8°C vyšší (např. Hamerlynck, Knapp 1994).

Pro teplotní charakteristiku lokality je kromě průměrných teplot (denních, měsíčních, za vegetační období, ročních) důležitá celá řada dalších teplotních charakteristik. Z nich hraje významnou roli rozsah, amplituda teplot a výskyt i velikost maximálních a minimálních hodnot a délka trvání jejich působení (Podrázský 1999a).

Pozdní přízemní mrazy jsou všeobecně považovány za významný stresující faktor poškozující výsadby méně mrazuvzdorných cílových dřevin, například buku (Kubelka et al. 1992, Lokvenc et al. 1992, Smejkal et al. 1994).

Poškození rostlin mrazem je obvykle spojeno s tvorbou ledu, poškozením buněk ledovými krystalky, a mrazovou dehydratací buněk. Nejčastěji dochází k tvorbě ledu v apoplastu,

tedy především v buněčných stěnách a xylému. Voda v apoplastu začíná běžně mrznout při teplotách -1 až -3 °C, v závislosti na obsahu látek, které snižují bod tuhnutí. Pokud nejsou přítomna vhodná krystalizační jádra, zůstává voda v apoplastu v tekutém podchlazeném stavu (v krajním případě až do teploty -38 °C) – stav v zimních měsících. I druhy, které jsou v zimním období vysoce odolné (např. naše jehličnany), utrpí v letních měsících vážná poškození při náhlém poklesu teplot pod -3 až -4 °C (Gloser 1998).

Teplotní charakteristika závisí především na klimatu, na slunečním záření, nadmořské výšce, reliéfu terénu a vlastnostech (stavu) půdy (Sagheb-Talebi 1996).

Brechtel (1963) zjistil vztah mezi relativním ozářením a teplotou vzduchu a zařadil relativní ozářenost jako ekologický indikátor teplotních poměrů. Podle Krečmera (1966) svítí slunce nejintenzivněji na jihozápadním až severozápadním okraji porostních mezer, kde se již od rána na nejdéle ozářených místech vyskytuje nejvyšší teplota vzduchu. Dále popisuje, že v měsíci březnu až říjnu je severní strana (tzn. poloha exponovaná z jihu) nejteplejší poloha kotlíkových holých sečí. Od května do srpna lze pozorovat vysoké teploty i uprostřed sečí, které se v měsíci červnu blíží hodnotám na severním okraji. Průměrná teplota jižní strany vykazuje v létě nejnižší hodnoty. Na západní straně dosahují teploty svého maxima dopoledne, na východní a západní straně kolem 14 a na jižní kolem 15 hodiny.

Extrémní teploty, jak letní tak zimní, se v lesních porostech snižují. Teplota světlin, když nejsou příliš velké, je během dne shodná s teplotou okolního porostu. V noci klesá níže (vlivem nočního vyzařování), často pod úroveň rosného bodu, což je velice výhodné z hlediska zásobení vodou v sušších oblastech, zejména při obnově lesa (Remeš et al. 1999).

2.6.3. SRÁŽKY

Voda je pro rostliny nezbytná, je to faktor životně důležitý pro jejich existenci, růst, vývoj a rozhodujícím způsobem určuje i primární produkci lesních ekosystémů. Podmiňuje průběh a úroveň jakýchkoli fyziologických procesů, spojených s minerální výživou, fotosyntézou a růstem (Podrázský 1999a). Faktor voda zahrnuje nejen srážky samotné, ale také vlhkost vzduchu a půdy (Kramer 1988).

Nároky lesních porostů (vegetace obecně) závisejí na jejich stavu, denním a ročním období, ostatních abiotických faktorech prostředí (teplota, pohyb vzduchu, vlhkost vzduchu, nabídka živin), biotických faktorech a vlastní struktuře porostů. Vliv hydrických parametrů se kombinuje s vlivem teploty, neboť oba faktory spolu v přírodních podmínkách úzce souvisejí (Podrázský 1999a).

Množství vody disponibilní pro jednotlivé porosty (segmenty ekosystémů) je výrazně modifikováno lokálními podmínkami: reliéfem terénu, polohou na návětrné a závětrné straně vyvýšenin, výskytem horizontálních srážek, sklonem ovlivňujícím odtokové poměry, nadmořskou výškou, se kterou se zvyšuje srážkový úhrn a mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy, ovlivňujícími vsak. Mimořádný je pozitivní význam povrchového humusu pro zásak, a stejně tak i vlastního půdního humusu a půdní textury pro vytváření vhodné struktury pro rychlý vsak a retenci vody v půdě (Podrázský 1999a).

2.6.4. PŮDA

Půda je významnou složkou lesních ekosystémů, která má rozhodující vliv na stabilitu a produkci. Poznání jejího stavu a dynamiky je významné z hlediska poznání vývojových tendencí v biosféře (acidifikace, degradace ekosystémů), v hospodářsky využívaných lesích roste význam půdy jako produkčního faktoru (Podrázský 1999a).

Z hlediska charakteru půd je důležitá jak půdní struktura, tak chemické složení půd. Půdní struktura určuje fyzikální vlastnosti půdy, schopnost zadržování vody, propustnost pro vodu a obsah vzduchu v půdě. Z početných chemických prvků a sloučenin organické a anorganické složky půdy je pro růst vyšších rostlin nepostradatelných zhruba 16 (Kramer 1988).

Ve vztahu k lesnímu porostu (dřevinné složce) se půda podílí na struktuře a funkci lesního ekosystému jako prostředí pro mechanickou podporu lesních dřevin, zdroj vody pro transpiraci rostlin, zdroj minerálních živin pro rostliny (Podrázský 1999a).

Z hlediska vzájemného ovlivnění půdního prostředí dřevinou je důležitý opad. Kvalita opadu lesních dřevin má určující význam pro celou řadu půdních procesů vedoucích k vytváření humusových forem. Určována je především obsahem živin, který determinuje i jejich potenciální vhodnost jako půdotvorného substrátu a substrátu pro vznik nadložního i vlastního půdního humusu. Jednoduchým parametrem rozlišujícím rozložitelnost opadu jednotlivých dřevin je poměr C/N. Relativní rychlost dekompozice opadu vždy nesouhlasí zcela přesně s těmito údaji, rámcově je však respektuje (Podrázský 1999a).

Důležitý je vztah mezi stanovištními charakteristikami a půdní vlhkostí. Parker (1982) vytvořil tzv. topografický index relativní vlhkosti pro horské polohy (Topographic Relative Moisture Index – TRMI), jako skalární součin čtyř parametrů: topografické pozice, orientace svahu, strmost a charakter svahu.

Při porovnání devíti druhů dřevin a jejich směsí používaných v PND z výzkumných ploch na objektu Trutnov byl zjištěn nejnižší podíl sušiny humusu u SMP společně s vrbou jívou ze všech variant. Naproti tomu měrná vlhkost a maximální kapilární kapacita byla v těchto porostech nejvyšší (Samec, Urban, Kiswa 2005). Nejnižší akumulace nadložního humusu a nejvyšší vlhkost byla z totožné plochy konstatována již dříve (Podrázský 1995).

2.6.5. PŘÍZEMNÍ VEGETACE

Významným faktorem ovlivňujícím úspěch obnovy je bylinná vegetace – buřeň. Některé druhy, které se v bylinném patru vyskytují, negativně ovlivňují především přípravu půdy pro výsadby a růst vysázených sazenic. V imisních oblastech se projevují určité vývojové změny působené prosvětlením porostů před jejich smýcením, imisemi a změnami chemismu půd. Většinou se zde nevyskytují typická paseková stádia vegetace s vrbkou úzkolistou, starčeky, malínkem apod., ale nastupují travní společenstva s převládající třtinou chloupkatou a metličkou křivolakou (Lokvenc et al. 1992).

V mnoha pracích je prezentován zejména negativní vliv porostů třtiny pro přežívání a odrůstání bukových výsadeb (Janík 1998, Vacek, Souček 2001, Smejkal et al. 1999, Cípra 2001, Březina et al. 1997, Kriegel 2002a). Je popisována jak konkurence v kořenovém, tak nadzemním prostoru – stíněním i mechanicky zaleháváním především za spolupůsobení sněhu (např. Lokvenc et al. 1992).

Význam třtiny však nemusí být jen záporný. Například při studiu významu porostů třtiny po odumření porostů vlivem imisí v Moravskoslezských Beskydech zjistil Fiala et al.

(2005) pozitivní vliv třtiny na půdní prostředí. Rychlý růst trávy vedl k rychlé formaci nadzemní i podzemní biomasy a velké akumulaci dusíku. V průběhu třetího a čtvrtého roku experimentu poklesla acidita a vodivost lysimetrické vody pod těmito travními porosty, stejně jako vyplavování dusíku. Z tříletého sledování vyplynulo, že stanoviště s porostem třtiny mírně zlepšují půdní vlastnosti: zvýšilo se pH a obsah Ca^{2+} a Mg^{2+} v půdě a snížilo se vyplavování dusíku.

2.6.5.1. Možnosti ochrany proti buření

Cílem ochrany lesních kultur před buření je vytvořit vzájemně rovnovážné konkurenční prostředí mezi cílovou dřevinou a bylinným vegetačním krytem. Vegetační kryt se stává nežádoucí pouze v případě, kdy potlačuje vitalitu cílové dřeviny (Švestka et al. 1998).

Ochrana proti buření vyžaduje diferencovaný přístup podle jejího druhu, druhu ošetřované dřeviny, velikosti a rychlosti růstu sazenic (Lokvenc et al. 1992). K mechanickým způsobům regulace růstu buřeně patří mulčování, vyžínání, drcení a skrývka buřeně (Švestka et al. 1998). Vyžínání (případně ošlapávání) je nezbytné v porostu třtiny chloupkaté a křovištní, ale i maliníku, starčeků, kapradin, devětsilu apod., a to až do doby, kdy sazenice odrostou nad hladinu porostu, jejíž výše je asi 50 až 70 cm (Lokvenc et al. 1992). Mechanický zásah proti buření je vhodné uskutečnit v plné vegetaci před rozkvětem, tak dojde k jejímu maximálnímu oslabení. Zejména u trav je potom nezbytné ošetření ještě před nástupem zimy, aby se vyloučilo zalehnutí sazenic.

Další možností hubení a omezování růstu buřeně je využití chemických přípravků – herbicidů. Předpokladem je dostatečná odborná znalost a zvážení všech předností i rizik aplikace (Švestka et al. 1998).

2.6.6. ZVĚŘ

Na výsadbách škodí zvěř nejvíce okusem pupenů a letorostů. Poškození vzniká opakovaným letním a zimním okusem v kulturách, dokud terminální vrchol neodroste z dosahu zvěře. Postranní okus není pro stromek tak nebezpečný jako okus terminálního výhonu (Uhlířová et al. 2004). Symptom se vyskytuje ve větší míře tam, kde je buk přítomen jako vtroušená dřevina a kde není dostatečně chráněn před zvěří. Dalším méně častým způsobem poškozování je vytahování sazenic (dubu, kleče, popř. smrku a borovice) zvěří ze země, aniž by je konzumovala (Švestka et al. 1998).

Při porovnání výsadeb buku a jedinců z přirozené obnovy vzhledem k atraktivnosti pro zvěř dospěl Suchant et al. (2000) k závěru, že v místech s nižším tlakem zvěře jsou jedinci z výsadeb prokazatelně více poškozováni, v oblasti s vyšším okusem jsou pak rozdíly mezi variantami minimální.

2.6.6.1. Možnosti ochrany proti zvěři

Podle Švestky (et al. 1998) lze způsoby ochrany proti zvěři rozdělit do čtyř skupin. Nejprve je to biologická ochrana, kam patří zvyšování přirozené úživnosti prostředí (proces v případě přeměny PND velice zdoluhavý), myslivecké hospodaření (jak úprava stavů zvěře, tak péče o zvěř) a preventivní doplňování složek potravy, které zvěř potřebuje (Anderle 1949). Dále je to biotechnická ochrana, do které patří např. stavba přezimovacích objektů. Je dokázáno, že tímto opatřením, kdy se v přezimovacích objektech zachytí až $\frac{3}{4}$

zimních stavů jelení zvěře, se výrazně sníží škody způsobované touto zvěří. Za třetí jsou to způsoby mechanické ochrany: bránění přístupu zvěře ke dřevinám nebo k jejich ohroženým částem technickými prostředky. Mezi nejběžnější způsoby mechanické ochrany výsadeb patří oplocenky, individuální oplocení a chrániče. Poslední skupinou je chemická ochrana, při které v případě výsadeb připadají v úvahu repelenty – odpuzovadla, aplikovaná nátěrem či postřikem terminálního výhonu. Protože při dlouhodobém používání si může zvěř na repelent navyknout, je nutné jejich sortiment neustále doplňovat a obměňovat.

2.6.7. MYŠOVITÍ HLODAVCI

Výraznými škůdci působícími na výsadby buku jsou drobní hlodavci (Švestka et al. 1998, Flousek 1999, Kriegel, Bartoš 2004, Kateb et al. 2004). Kůra kmínků je ohryzána, nejčastěji ve spodní části, a to nad zemí i pod ní. Ohryz zasahuje často až do dřeva a jsou na něm patrné stopy po drobných zubech. Kmínek může být pod povrchem i přehryzán (Uhlířová et al. 2004).

Mezi nejčastější hrabošovitě hlodavce (Uhlířová et al. 2004) patří hraboš mokřadní (*Microtus agrestis* L.), hraboš polní (*M. arvalis* Pall.) a norník rudý (*Clethrionomys glareolus* Schreiber).

Ochrana před myšovitými hraboši je dosti obtížná, neboť některé druhy vrhají mláďata 4 až 6krát ročně a mláďata jsou většinou už po 7 až 8 týdnech opět schopna se rozmnožovat. Některé druhy (např. hraboš polní nebo hraboš mokřadní) se periodicky přemnožují v 3 až 4letých cyklech. Mnohé zákonitosti, např. tohoto cyklického přemnožování, však v imisemi narušených ekosystémech přestaly platit. Přemnožení hraboše mokřadního v Krušných horách bylo navíc překvapením, neboť do té doby tento hraboš platil v ČR za vzácného živočicha. Zde se stal hlavní překážkou obnovy imisemi poškozených porostů, zejména bukových výsadeb (Švestka et al. 1998).

Z šetření poškození výsadeb 14 druhů dřevin v Krkonoších v období gradace hraboše mokřadního (Flousek 1999) vyšel jako nejpoškozovanější dřevina buk lesní (83 %). Následovaly další dřeviny v pořadí: jeřáb ptačí (53 %), javor klen (42 %), vrby (35 %), bříza bradavičnatá (5 %), topol osika (4 %), olše zelená (3 %), smrk ztepilý (pod 1 %). U ostatních dřevin (modřín opadavý, smrk pichlavý a omorika, borovice pokroucená, kleč a blatka) nebylo zjištěno žádné poškození. Průměrné poškození dvou nejcitlivějších dřevin za období 1985–1995 dosáhlo u buku lesního 26 % a u jeřábu ptačího 9 %. Zajímavým a podstatným zjištěním bylo i to, že klen byl dle očekávání častěji poškozen v porostu třtiny chloupkaté, naopak buk více trpěl na volném prostranství (Flousek 1999).

Švestka (et al. 1998) uvádí, že podle jejich šetření hraboš mokřadní v současné době napadá i dříve odolné smrky pichlavé, jeřáby apod. a odolává mu zatím jen bříza a smrk omorika.

2.6.7.1. Možnosti ochrany proti myšovitým

Metody ochrany před myšovitými hlodavci lze rozdělit do následujících skupin: mechanická ochrana, biologická a chemická. Ideálním způsobem mechanické ochrany z hlediska účinnosti je individuální ochrana sazenic listnatých dřevin ("límce" kolem sazenic, mělce zapuštěné do země a sahající do výšky asi 50 cm). Přestože uvedený způsob ochrany je časově a finančně náročný, bylo by vhodné jej využívat alespoň při

nerozsáhlých výsadbách buku a kleny na imisních holinách ve vyšších nadmořských výškách (Flousek 1999). Z biologické ochrany posilování přirozených nepřátel hrabošů mokřadních vyvěšováním hnízdních budek pro dravce (především poštolka obecná) a sovy (především sýc rousný) může omezit početnost hlodavců (ne však zabránit jejich gradační fázi) a tím i snížit rozsah škod na výsadbách. Teoretickou metodou je také změna struktury vegetace – celoplošné odstranění vysokostébelných porostů třtiny chloupkaté (*C. villosa*), a tak likvidace optimálního typu prostředí. Podle Flouska (1999) není účinné maloplošné používání herbicidů a vyžínání trávy kolem stromků – obě činnosti přispívají k vytváření mozaikovitě struktury vegetace, vyhovující početnému výskytu hraboše mokřadního. Mezi metody chemické ochrany spadá u nás v praxi pravděpodobně nevyužívaná aplikace repelentních nátěrů na bázi pachu hraboších predátorů – lišky, hranostaje, kolčavy aj. (Sullivan et al. 1988). Maloplošné aplikace rodenticidů nedosahují očekávaný stupeň účinnosti a mohou pouze krátkodobě ochránit plošně nerozsáhlé výsadby atraktivních dřevin. Ošetřené oblasti jsou do 1–2 měsíců po použití rodenticidu obsazeny hrabošem mokřadním ve zhruba stejné početnosti (v případě populačního maxima nelze vyloučit i početní nárůst). Navíc nelze opominout razantní vliv některých preparátů na necílové organismy – vysoká toxicita i pro jiné teplokrevné živočichy (Flousek 1999). Při aplikaci chemických přípravků se často po určité době objevuje resistance vůči použitým přípravkům a navíc některé druhy jen nerady přijímají návnadu – např. hryzec vodní (Švestka et al. 1998).

2.7. ODEZVA FYZIOLOGICKÉHO STAVU ROSTLIN – FLUORESCENCE CHLOROFYLU

Pro růst a celkovou prosperitu rostlin je důležitá jejich dobrá fyziologická kondice. Morfologická a fyziologická kvalita sazenice se odráží v toleranci ke klimatickým výkyvům, v tvorbě asimilačního aparátu, v schopnosti reagovat na podněty záření (včetně sklonu k fotoinhibici) atd.

Analýza fluorescence chlorofylu se stala moderní metodou hodnocení fyziologického stavu rostlin. Fluorescence chlorofylu, jestliže je adekvátně měřena a analyzována, umožňuje podat detailní informaci o tom, co se děje uvnitř fotosyntetizujícího organismu (Schreiber 2004). Tato metoda nalézá své uplatnění v mnoha lesnických oborech. Základem aplikace této metody je vztah fluorescence chlorofylu ke kapacitě fotosyntézy (Špulák, Martincová 2006). Měření fluorescence chlorofylu je rychlá, nedestruktivní, kvantitativní a diagnostická metoda a je dobře srovnatelná s jinými metodami hodnocení kvality fotosyntetických procesů. Dobře se uplatní především tam, kde jsou požadována opakovaná nedestruktivní hodnocení stejného rostlinného materiálu (Mohammed et al. 1995).

2.7.1. ZÁKLADY FLUORESCENCE CHLOROFYLU

Při dopadu slunečního záření na list je část energie odražena, část je přenesena do rostlinného pletiva a část absorbována. Rostliny absorbují mnohem více světelné energie, než potřebují. Ve skutečnosti pouze méně než 20 % fotosynteticky aktivního záření absorbovaného listem je skutečně upotřebeno pro fotosyntézu. Protože nadbytečná energie může vést k poškození asimilačních pletiv, rostliny využívají důmyslné procesy známé jako zhášení (quenching), aby přebytečnou energii odstranily. Jsou známé 3 typy zhášení. První je zhášení fotochemické (qP), které závisí na energii využitě pro fotosyntézu,

nefotochemické zhášení (q_N) je energie přeměněná na teplo a fluorescenční zhášení (q_F) je energie vyzařovaná jako fluorescence (Mohammed et al. 2003).

Největší množství absorbované energie je vydáno ve formě tepla (q_N – 75 až 97 %), jako fluorescenční světlo je vyzářeno mnohem menší množství (3 až 5 %). Obecně je fluorescence chlorofylu v obráceném vztahu k fotosyntéze, to znamená, čím je kvalitnější průběh fotosyntézy, tím nižší je energie vyzářená ve formě fluorescence. Výjimku tvoří situace, kdy za stresu nebo za střední až vysoké radiace převládne nefotochemické zhášení. Pletiva tak, aby odstranila nadbytečnou energii, zvýší tvorbu tepla, což v počátečních až středních stádiích stresu vede k poklesu fluorescenčního vyzařování. Relativní rovnováha mezi třemi hlavními mechanismy spotřeby energie – fotosyntéza, produkce tepla a fluorescence – tak určuje aktuální průběh reakce pozorovaný při měření fluorescence chlorofylu (Mohammed et al. 2003, Ritchie, Landis 2005).

Teoretické základy uvedených procesů na biochemické úrovni a metody měření fluorescence chlorofylu je možno nalézt v řadě základních fyziologických prací (Schreiber et al. 1986, 1995, Maxwell, Johnson 2000, Roháček 2002, Rosenquist, van Kooten 2003, Soukupová, Roháček 2005, Lichtenthaler et al. 2005).

2.7.2. ZÁKLADNÍ PRINCIPY MĚŘENÍ

Nejčastějším způsobem využití metody měření fluorescence chlorofylu je sledování reakce na osvětlení u listů adaptovaných na tmou. Listy jsou před měřením ponechávány ve tmě po dobu minimálně 20 minut. To zajistí, že všechny chlorofyl je v základním (tzn. klidovém) stavu a dráhy přenosu elektronů jsou čisté před tím, než dojde k zachycení světelného impulsu. V tomto stádiu dosahuje fluorescence minimální (základní) hodnoty (F_0). Po silném, saturačním, ozáření dochází velmi rychle (100 až 200 milisekund) k zaplnění všech akceptorů a reakčních center fotosystému elektrony a fluorescence se zvyšuje k maximální hodnotě (F_m). Následuje aktivace fotochemických procesů (3–5 sekund). Energie elektronů je postupně odváděna, ukládána do vysoce energetických vazeb a následně využívána k asimilaci CO_2 . Tím se uvolňuje prostor pro další příjem energie. Postupně se vytváří ustálený stav příjmu a zpracování energie (po 3–5 minutách – Lichtenthaler et al. 2005).

Grafické znázornění průběhu intenzity emise fluorescence po osvětlení vzorku adaptovaného na tmou proti času je označováno jako indukční (Kautského) křivka. Tato křivka má několik diagnostických prvků, ale nejdůležitějším z nich je poměr F_v/F_m , kde F_v je tak zvaná proměnlivá fluorescence vypočítaná jako rozdíl mezi F_m a F_0 . Maximální (optimální) kvantový výtěžek fluorescence, jak se poměr F_v/F_m označuje, poskytuje přesný odhad účinnosti celého procesu fotosyntézy. Parametr F_v/F_m je nejčastěji citovaný výsledek měření fluorescence chlorofylu, neboť se zjišťuje poměrně snadno a rychle (Špulák, Martincová 2006).

Kromě sledování reakce na světlo u listů adaptovaných na tmou je měření fluorescence chlorofylu využíváno i při zjišťování reakce listů přizpůsobených ke světlu na zvyšující se intenzitu ozáření. Základní sledovanou charakteristikou je v tomto případě tzv. fotosyntetický transport elektronů (ETR). Fotosyntetický transport elektronů se zvyšuje se stoupající intenzitou světla k maximu a potom klesá. Může být citlivým indikátorem stresu; typickým příznakem je redukce ETR při saturační intenzitě světla (Mohammed et al. 2003).

Parametr ETR je používán zejména proto, že jeho křivky mají obdobný průběh jako křivky fotosyntetické fixace CO₂ (Strand, Lundmark 1995).

2.7.3. VYUŽITÍ METODY HODNOCENÍ FLUORESCENCE CHLOROFYLU

Hodnocení fluorescence chlorofylu našlo široké uplatnění ve fyziologickém a ekologickém výzkumu. Tato metoda může poskytnout zejména údaje o schopnosti rostlin tolerovat stresy prostředí a o rozsahu, v jakém tyto stresy poškozují fotosyntetický aparát (Maxwell a Johnson 2000). Uplatňuje se například při sledování vlivu vysoké teploty, mrazu (zejména v kombinaci s vysokou radiací) nebo vodního stresu. Významným stresorem je znečištění ovzduší. Měření fluorescence chlorofylu je často využívanou metodou při zjišťování účinků imisí, především ozonu, na asimilační aparát rostlin. Vzhledem ke zvyšující se koncentraci oxidu uhličitého v ovzduší je aktuální i hodnocení reakcí rostlin na jeho zvýšení. Podrobný přehled oblastí využití fluorescence chlorofylu v lesnickém výzkumu uvádí například Mohammed (Mohammed et al. 1995, 2003) nebo Binder (Binder et al. 1997). Účinky krátkodobých a dlouhodobě působících stresů porovnávají Fracheboud a Leipner (2003).

Dalším okruhem využívání fluorescence chlorofylu je sledování rozdílů fyziologie slunných a stinných listů a jejich adaptace na změněné podmínky (Einhorn et al. 2004, Gamper et al. 2000, Lichtenthaler et al. 2000, Naidu, DeLucia 1997). Zajímavostí může být i sledování fotosyntetické aktivity pupenů a kmínků buku lesního v průběhu zimy (Larcher, Nagele 1992).

Fluorescence chlorofylu je využívána i pro hodnocení fyziologické kvality sadebního materiálu. Byla zjištěna dobrá shoda při porovnání s jinými metodami používanými v současné době (měření elektrické vodivosti výluhů, růstový potenciál kořenů, vodní potenciál měřený pomocí tlakové komory, přítomnost vizuálních symptomů poškození) (Mohammed et al. 1995, Gillies, Binder 1997, Perks et al. 2001). Proto byla tato metoda zařazena jako standardní provozní postup při zjišťování kvality sadebního materiálu v laboratořích Oregonské státní univerzity (Sampson et al. 1997).

Při hodnocení fluorescence chlorofylu je třeba brát v úvahu skutečnost, že, stejně jako řada dalších fyziologických procesů, i fotosyntéza a fluorescence vykazují značnou sezónní a v menší míře i denní dynamiku. Sezónní dynamika se i u neopadavých druhů vyznačuje výrazným poklesem parametrů fluorescence v době nástupu dormance v porovnání s obdobím aktivního růstu. Na jaře dochází opět k výraznému zvyšování fluorescence v souvislosti s obnovou fotosyntetické aktivity (Hawkins a Lister 1985, Repo et al. 2004).

2.7.4. PŘÍSTROJ IMAGING PAM 2000

Přístroj Imaging-PAM 2000 (výrobce Heinz Walz GmbH) je založen na principu modulace amplitudy pulsu (PAM – Pulse Amplitude Modulation), to znamená na proměnlivé amplitudě a/nebo intenzitě světelných impulsů.

Základní varianta systému Imaging-PAM 2000 se skládá z řídicí jednotky spojené na jedné straně s CCD kamerou a osvitovým LED kruhem kolem jejího objektivu, obojí připevněno na stolním stativu, na druhé straně pak propojené s počítačem (notebookem) s nainstalovaným obslužně analytickým softwarem ImagingWin. Kruh LED diod modrého barevného spektra vyzařuje slabé impulsy měřicího světla, sloužícího pro hodnocení fluorescenční reakce. Tyto diody slouží také k emisi silnějších impulsů aktinického světla

(světla ovlivňujícího chod fotosyntézy) a saturačních impulsů, způsobujících přechodné nasycení reakčních center ve fotosystému 2. Menší počet diod vyzařujících světlo v červené a téměř infračervené části spektra slouží pak k hodnocení absorptivity (podílu červeného světla absorbovaného hodnoceným vzorkem).

Průběh pokusu lze v rámci pravidel daných přístrojem i fyziologickou podstatou měření libovolně modifikovat – lze volit intenzitu, dobu trvání i sled impulsů vyzařovaných kruhem diod (Walz 2003). V průběhu měření snímá kamera plochu vzorku 17×22 mm až 26×34 mm o rozlišení 640×480 bodů v určitém vlnovém spektru. Program celou plochu obrazu průběžně vyhodnocuje, vypočítává základní parametry fluorescence a zobrazuje je formou falešné barevné škály. Volba zobrazovaných parametrů ovlivňuje okamžité dopočítávání parametrů odvozených a jejich zobrazení rovněž falešnou barevnou škálou. Uživatel na vzorku definuje oblasti zájmu (AOI), přičemž průměry zvolených parametrů těchto oblastí jsou v průběhu měření vynášeny do grafu a lze je vyexportovat pro další zpracování.

Velkou výhodou přístroje je možnost uložení výsledků měření v podobě specifického formátu vícestránkového obrazu (.pim) a jeho následného zpracování (volba jiných AOI, parametrů pro export apod.). Správně provedené měření tak může být zdrojem informací kdykoliv v budoucnu.

3. CÍL PRÁCE

Přeměny porostů náhradních dřevin, jeden z pozůstatků likvidace imisní kalamity z 2. poloviny 20. století, jsou aktuálním úkolem lesního hospodářství. Po Krušných horách jsou Jizerské hory druhou oblastí s největším zastoupením náhradních porostů u nás. Převažující rozlohu náhradních porostů v nich zauímají porosty se smrkem pichlavým, jejichž výměra dosahuje 1 640 ha (Slodičák et al. 2005). Hlavními dřevinami cílové druhové skladby v těchto polohách jsou smrk ztepilý, s jehož zaváděním nejsou a při dodržení technologických postupů se ani neočekávají výraznější problémy, a buk lesní.

S vývojem náhradních porostů smrku pichlavého se na některých lokalitách začala projevat vyšší náchylnost k poškození vrcholovými zlomy (např. Novák a Slodičák 2004) a zhoršování zdravotního stavu smrku. Práci hodnotících vývoj těchto porostů je k dispozici minimálně, pro znalost vývoje porostního prostředí prosadů je však účelné soustředit se i na porost náhradní dřeviny. Vzhledem k energetické krizi se v současnosti objevily snahy v rámci rekonstrukce porostů zužitkovat biomasu naakumulovanou v tyčkovinách smrku pichlavého na energetickou štěpku. Při odstranění biomasy je však nebezpečí ochuzení stanoviště o živiny v minimu, jak upozorňuje studie Slodičáka a Nováka (2008a) z Krušných hor. Z Jizerských hor není doposud žádná práce na toto téma k dispozici, proto považujeme za účelné informace doplnit.

V několika studiích, na základě jednotlivých měření teplot či poškození pozdním mrazem, byl prokázán pozitivní krycí efekt interiéru korun stávajících přeměňovaných porostů náhradní dřeviny smrku pichlavého na tlumení klimatických extrémů ve vyšších polohách (Kacálek, Balcar 2004, Balcar, Špulák 2006, Balcar, Kacálek 2008). Doposud však nejsou k dispozici data hodnotící průběh teplot v konkrétních polohách těchto porostů. Nové technické možnosti zachycení teplotních diferencí dávají příležitost nahlédnout do těchto souvislostí.

Dosavadní studie hodnotí půdoochrannou funkci porostu smrku pichlavého v porovnání s ostatními dřevinami jako negativní (např. Kantor 1989, Moravčík, Podrázský 1993, Podrázský et al. 2005). O vodní bilanci pod porostem SMP existuje velice málo informací. V Jizerských horách na plochách, na kterých zalesnění končilo nezdarem, se jako hlavní druh buřeně projevuje třtina chloupkatá. Nabízí se tedy otázka, jaký je vliv smrku pichlavého na půdu v porovnání s plochou ponechanou bez obnovy, na které třtina expandovala.

V roce 1995 byla v Jizerských horách založena série výzkumných ploch zaměřených na sledování prosperity prosadů buku do porostu smrku. Část z těchto ploch byla již vyhodnocena (např. Balcar a Kacálek 2008) a stala se základem pro formulace metodiky přeměn PND (Balcar et al. 2007). Jednotný přístup k hodnocení všech ploch, které jsou na tomto území k dispozici, by mohl přinést zpřesnění znalosti o dané problematice včetně konkretizace doporučení pro lesnickou praxi.

Málo prozkoumanou oblastí je také fyziologie jedinců prosadů, jejíž znalost může blíže vysvětlit a kvantifikovat tzv. šok z přesazení, ale i růstové reakce. Na šoku z přesazení se podílí změny mikroklimatu oproti podmínkám v době napěstování ve školkách. Vzhledem k charakteru prosadů a prosazovaných porostů se mikroklimatické podmínky jednotlivých buků mohou lišit.

Na základě uvážení těchto skutečností byly stanoveny cíle práce:

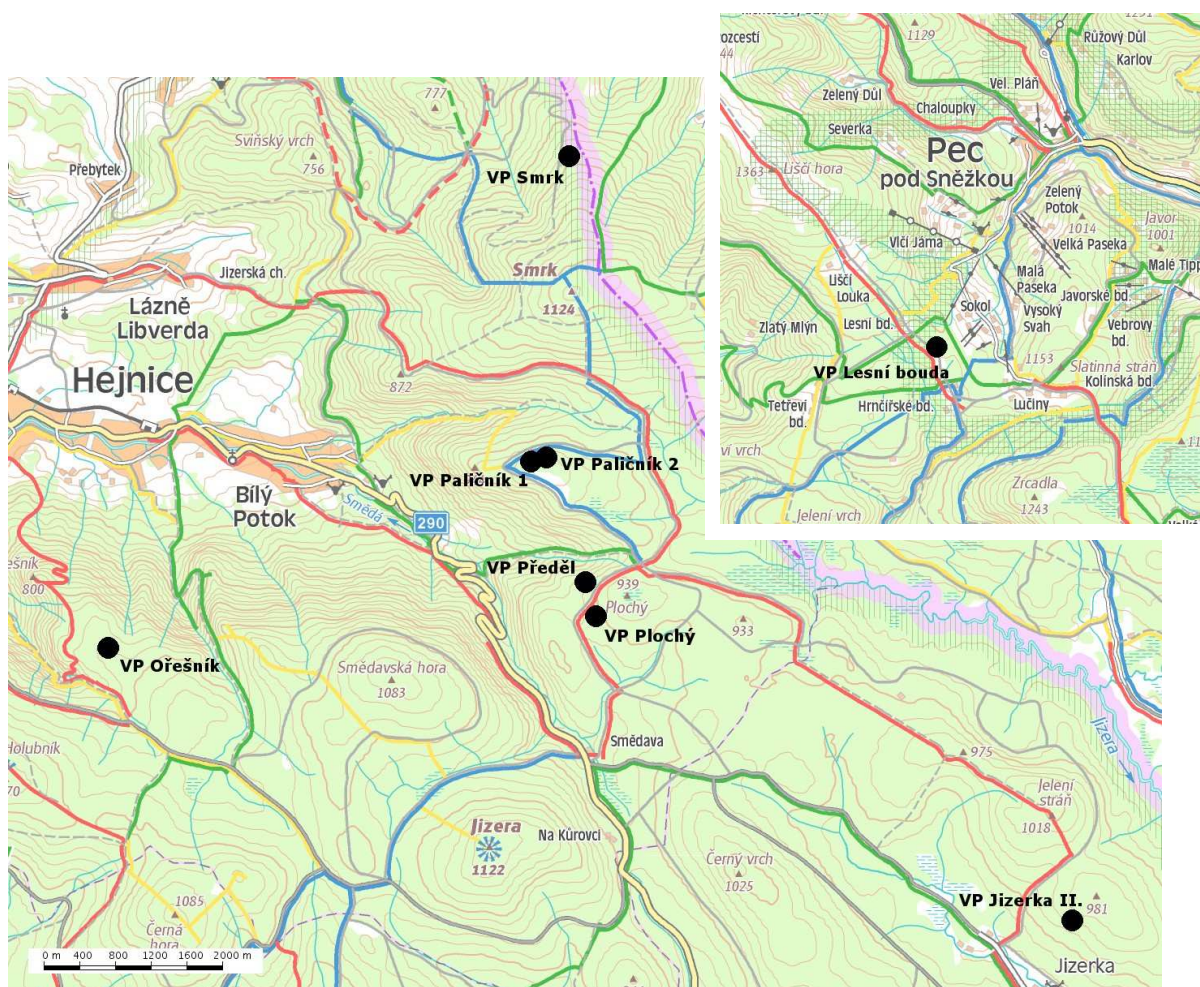
- stanovit závislosti růstu a vývoje smrku pichlavého v porostech náhradních dřevin vzhledem k možnostem ekologického krytu, stanovit potenciál akumulace dendromasy mladého porostu smrku pichlavého a živin v ní obsažených a vyhodnotit limity případného zužitkování biomasy,
- vyhodnotit mikroklimatické působení jehličnatých porostů náhradních dřevin na příkladě smrku pichlavého (borovice kleče) ve vztahu k jedincům prosadeb,
- vyhodnotit vliv mladého porostu smrku pichlavého na holorganické horizonty půdy v porovnání s porostem třtiny chloupkaté,
- vyhodnotit mortalitu a morfologický vývoj vybraných prosadeb buku lesního do porostů smrku pichlavého ve vztahu k jejich poloze a stavu porostu smrku,
- stanovit fyziologickou odezvu buku lesního na výsadbu do náhradních porostů ve vztahu k prostorovým souvislostem a vyhodnotit vliv přístupnosti světla na obsah živin v asimilačním aparátu,
- a následně konkretizovat zásady pro úspěšné vnášení listnaté cílové dřeviny, reprezentované bukem, do náhradních porostů jehličnatých dřevin, reprezentovaných smrkem pichlavým.

4. METODIKA ŘEŠENÍ

4.1. VÝZKUMNÉ PLOCHY (VP)

Výzkumná šetření byla prováděna v rámci stávajících ploch Výzkumné stanice Opočno zaměřených na sledování prosperity prosadů buku lesního (BK) do porostů jehličnatých dřevin, založených převážně v roce 1995 pracovníky Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Ing. Vratislavem Balcarem, CSc. a Ing. Horstem Kriegelem, CSc. (obr. 3, tab. 6). Blíže k rozdílné filozofii výzkumu viz kapitola 4.2.4.

V roce 2007 byl založen dílčí pokus zaměřený na ověření a upřesnění souvislostí prosadů, z organizačních důvodů umístěný na VP Lesní bouda v Krkonoších (plocha je blíže dostupná a systematicky sledována v pravidelných 14denních intervalech). Z pracovní-taktických důvodů byla v rámci plochy Lesní bouda již dříve zahájena ekologická šetření zaměřená na posouzení teplotních souvislostí prosadů smrku. Vzhledem k relativní blízkosti Jizerských hor a k příslušnosti Krkonoš ke krkonoško-jizerskému krystaliniku (Chaloupský 1989) lze předpokládat velice blízké ekologické souvislosti a principy otázek týkajících se prosadů.



Obr. 3: Schematické znázornění polohy výzkumných ploch prosadů buku zahrnutých v této práci.

Tab. 6: Výzkumné plochy s bukovými prosadbami zahrnuté v této práci.

Oblast	Výzkumná plocha	Porost	Nadm. výška	SLT	Poloha	Plocha (ha)	Svah	PND	Vysazeno
Jizerské hory	Jizerka II	257B2b + 257A2	960 m	8K	hřebenová	0,15	JZ, 3 %	SMP	J 2001
	Ořešník	460B2a	870 m	7K	hřebenová	0,13	SZ, 5 %	SMP	J 1996
	Paličnick 1	221A2a/1	940 m	7K	vyšší svahová	0,04	SSZ, 7 %	SMZ	1995
	Paličnick 2	221A2a/1	940 m	7K	vyšší svahová	0,04	SSZ, 7 %	SMP, SMZ	1995
	Plochý	236A3a	880 m	8K	hřebenová	0,12	Z, 5 %	SMP	P 1995
	Předěl	233E2	880 m	7K	vyšší svahová	0,14	SZ, 5 %	SMP, SMZ	1995
	Smrk	141F2/1	820 m	6K	střední svahová	0,12	SZ, 20 %	SMP, JR	J 1996
Krkonoše	Lesní bouda	501B2	1 080 m	8K	hřebenová	0,09	JZ, 1 %	SMZ, SMP	P 2007

Pozn.: PND – porost náhradní dřeviny, J – jarní výsadba, P – podzimní výsadba.

4.1.1. VÝZKUMNÁ PLOCHA JIZERKA II

Výzkumná plocha Jizerka II byla založena v roce 2001 v porostu cca 2 m vysokého smrku pichlavého v nadmořské výšce 960 m, SLT 8K. Cílem výzkumu je sledování vývoje prosadů krytokořenných sazenic buku (vysazeno 144 kusů) a klenu (146 kusů) vysazených do těsné blízkosti korun SMP na neoplocené ploše a posouzení možnosti ochrany sazenic korunami SMP před okusem zvěří. Každoročně je sledován růst, zdravotní stav, mortalita výsad. Vzhledem k zaměření této studie je při zpracování vývoje výsadby pozornost věnována pouze buku, avšak situace klenu je v podstatě totožná.

4.1.2. VÝZKUMNÁ PLOCHA OŘEŠNÍK

Výzkumná plocha Ořešník (870 m n. m., 5% sklon SZ svahu, 7K, 0,13 ha, Balcar, Kacálek 2003) byla založena na podzim roku 1995 výsadbou 444 jedinců buku do porostu smrku pichlavého o průměrné výšce 2,1 m a hustotě porostu 1 700 jedinců na hektar. Cílem výzkumu je sledování prosperity těchto prosadů. Výzkumná plocha je v těsné blízkosti dospělého bukového žebra na SV. Na podzim roku 1997 došlo k vylepšení 216 sazenicemi. Původ i charakteristika sazenic byla shodná s VP Plochý. Výzkumná plocha byla v roce 2005 rozdělena na dvě varianty s polohovým opakováním, kde jedna slouží jako kontrola (cca 0,07 ha) a ve druhé byl proveden výchovný zásah s ohledem na prosazené jedince buku (0,06 ha), průměrná hustota porostu poklesla na 1 360 ks na 1 ha. V roce 2008 na VP rostlo 181 buků o průměrné výšce 158 cm.

4.1.3. VÝZKUMNÁ PLOCHA PALIČNÍK 1 A 2

Výzkumné plochy Paličnick 1 a 2 byly založeny na podzim roku 1995 v nadmořské výšce 930 m, SLT 7K. Plochy jsou od sebe vzdáleny cca 60 m. Cílem výzkumu je sledování vývoje prosadů buku bez individuální ochrany a vysazených do plastových chráničů. Do oplocenek o velikosti 0,04 ha (20 × 20 m) ve cca 10 let starém porostu smrku ztepilého (Paličnick 1, h₉₅ = 1,7 m, hustota 2 725 jedinců na 1 ha) a smrku pichlavého s jednotlivě vtroušeným smrkem ztepilým (Paličnick 2, h₉₅ = 1,6 m, 2 875 jedinců na 1 ha) byly vysázeny sazenice buku lesního (1/1 PE) a javoru klenu (1/1 PE). Pro vyšší vlhkost

výzkumné plochy Paličník 1 zde byla volena sadba kopečková, na ploše 2 bylo sázeno do jamek, v pravidelném sponu 130×115 cm. Na ploše 1 bylo vysázeno 86 kusů buků bez individuální ochrany, na ploše 2 pak 140 jedinců. (Počty javorů byly výrazně nižší a spolu s vysokou mortalitou vylučují kvalitní zpracování, také proto se jimi naše práce nezabývá.) Měření bylo zahájeno v souřadnicích (bez označení jedinců).

K individuálnímu měření očíslovaných jedinců bylo přistoupeno v roce 1998 po vylepšení výsadby neuchovanými počty jedinců. Na předchozí měření nebylo možné z technických důvodů navázat. Po vylepšení na ploše Paličník 1 bylo očíslováno 113 buků, na ploše 2 pak 130 buků. Popis měřených parametrů viz kapitola 4.2.4.

V roce 2003 bylo přistoupeno k individuálnímu odstranění smrků utlačujících listnáče, případně jejich vyvětvení. V roce 2007 dosahovala průměrná výška porostu smrku na VP 1 cca 5,9 m a hustota 1 925 ks na 1 ha, na ploše VP 2 cca 4,8 m a hustota 2 200 ks na 1 ha. Smrkový porost na VP 1 je v současnosti kompaktnější – se sníženou prostupností pro světlo v porovnání s VP 2.

4.1.4. VÝZKUMNÁ PLOCHA PLOCHÝ

Výzkumná plocha Plochý (880 m n. m., 5% sklon Z svahu, 8K, 0,12 ha, Balcar, Kacálek 2003) byla založena v roce 1995. Cílem výzkumu je sledování prosperity prosadeb buku. Do porostu smrku pichlavého s vtroušeným smrkem ztepilým (obr. 4) o průměrné výšce 2,2 m a hustotě porostu kolem 2 350 jedinců na 1 ha bylo na podzim vysázeno 473 obalovaných dvouletých sazenic buků (PE 1/1) jizerskohorského původu standardních rozměrů (Balcar, Kacálek 2003). Výsadba byla na jaře 1998 vylepšena 118 sazenicemi. Byly sázeny do jamek o rozměrech 35×35 cm a hloubce 20 cm, spon při výsadbě byl zhruba 2×1 m, pokud možno pravidelně, tedy i do těsné blízkosti jedinců SMP. V porostu SMP nebyl za období sledování prováděn žádný uvolňovací zásah, došlo však k výraznému poškození (vrcholové zlomy) v zimě 2005–06. V roce 2007 byly odstraněny či vrškovány (po výčetní výšce) smrky zlomy výrazněji poškozené. V roce 2008 na ploše rostlo (či alespoň žilo) 222 jedinců buku o průměrné výšce 89 cm.



Obr. 4: Charakter výzkumné plochy Plochý v době výsadby buku a v roce 2007.

4.1.5. VÝZKUMNÁ PLOCHA PŘEDĚL

Výzkumná plocha Předěl (tzv. Předěl II) byla založena v roce 1995 v nadmořské výšce 880 m, velikost 0,14 ha (40 × 35 m), SLT 7K. Plocha leží nedaleko VP Plochy. Cílem je sledování prosadeb buku. Do oplocenky s cca 16 let starým porostem směsi smrku pichlavého (cca 970 ks na 1 ha) se smrkem ztepilým (cca 590 ks na 1 ha) bylo vysázeno pravděpodobně (zjišťováno až v roce 1997 při měření souřadnic) 134 sazenic buku (1/1 PE) v pravidelném sponu, z nich 10 bylo vysazeno do tubusů. Díky smíšení dvou druhů dřevin vykazoval porost smrku v porovnání s ostatními výzkumnými plochami v průběhu vývoje nižší homogenitu. Z důvodu vysoké mortality buku (pravděpodobně 53 %) byla výsadba v roce 1998 vylepšena dosadbou 91 buků, celkový počet živých tedy byl 150 bez ochrany. V témže roce bylo přistoupeno k číslování buků a zaznamenána příslušnost jedinců k původní či nové výsadbě. V roce 2001 byly na ploše vyvětvěny všechny smrky, o rok později došlo k vytěžení několika smrků z nejhustší části a jedinců s vrcholovými zlomy, takže hustota porostu byla snížena na cca 940 jedinců smrku pichlavého a 530 jedinců smrku ztepilého (SMZ). V zimě 2005–06 došlo k poškození části smrků vrcholovými zlomy. Průměrná výška v roce 2007 byla u SMZ cca 6,0 m a u SMP cca 4,7 m. Popis parametrů měřených na prosadbách viz výše (kapitola 4.1.3).

4.1.6. VÝZKUMNÁ PLOCHA SMRK

Výzkumná plocha Smrk byla založena na jaře roku 1996 (0,12 ha plochy velké oplocenky, nadmořská výška 820 m, soubor lesních typů 6K, SZ expozice se sklonem 20 %, Balcar, Kacálek 2003). Cílem výzkumu na této ploše je sledování prosperity prosadeb buku a jedle. Do smíšené mlaziny jeřábu (JR) a smrku pichlavého (hustota porostu SMP byla cca 1 080 ks na 1 ha) bylo prosázeno ve sponu zhruba 2 × 1 metr 252 krytokořenných poloodrostků buku lesního jizerskohorského původu (Balcar, Kacálek 2003) o průměrné výšce 62,5 cm. V roce 1997 byla výsadba vylepšena cca 67 sazenicemi buku (průměrná výška 34,7 cm).

Na porost JR byl v průběhu pěstování aplikován razantní zásah (odstranění téměř veškerých jedinců), projevila se však výrazná pařezová výmladnost a současná (2007) hustota jeřábových kmínků o průměrné výšce 204 cm je kolem 9 000 na 1 ha. Současně byli pravděpodobně redukováni i neprosperující jedinci SMP.

4.1.7. VÝZKUMNÁ PLOCHA LESNÍ BOUDA

Výzkumná plocha Lesní bouda o velikosti necelé 2 ha byla založena v roce 1986 na rozsáhlé imisní holině ve vrcholové části Liščího hřebenu, jihovýchodně od Liščí hory v nadmořské výšce 1 080 m (JZ expozice, sklon 2%, SLT 8K, blíže o ploše viz Kriegel 1995). Hlavním cílem výzkumu je sledování odrůstání dřevin ve sponových pokusech.

Prosadbový pokus na VP byl založen na podzim roku 2007. Porost SMZ a SMP s jednotlivě vtroušeným jeřábem a břízou o hustotě 2 400 jedinců po hektaru a střední výšce 2,4 m byl prosázen prostokořennými sazenicemi buku o průměrné výšce 50 cm. Pro výsadbu byla přednostně volena vyvýšená místa, sazenice byly umísťovány jak na volnou plochu, tak k okraji korun a pod koruny smrků. Z celkového počtu 300 vysazených jedinců jich bylo 44 vysazeno pod korunu smrku, 44 do těsné blízkosti korun (okraj) a zbytek v různé vzdálenosti od smrku.

4.2. METODY

4.2.1. METODY SLEDOVÁNÍ RŮSTU A VÝVOJE SMRKU PICHLAVÉHO

Růst a vývoj porostů smrku pichlavého byl sledován na morfologických parametrech stromů a porostů na výzkumných plochách běžnými biometrickými metodami.

Hlavní morfologická a strukturální šetření v porostech SMP byla zahájena v roce 2006 na VP Plochý a Ořešník (tab. 6, širší popis viz kapitola 4.1), v létě 2007 bylo provedeno šetření také na VP Smrk. Jedinci smrku pichlavého byly očíslovány, zpětně byl odečten jejich výškový přírůst, změřena tloušťka 1,3 m nad terénem, výška nasazení zelené koruny a vývoj šířky koruny 1,3 m nad terénem ve čtyřech na sebe kolmých směrech dle světových stran. Dále bylo zaznamenáno poškození a u vybraného souboru jedinců odhadnuto olistění horní, střední a spodní části koruny. Na ploše Smrk prošla kompletním měřením jen vybraná část SMP. U výzkumných ploch Plochý a Ořešník byla odečtena horizontální struktura porostu (viz také kapitola 4.2.4).



Obr. 5: Evidované svazky přeslenů vzorníků smrku pichlavého před transportem.

Podrobnější analýza se soustředila na VP Plochý, která svým charakterem představuje klimaticky nejextrémnější lokalitu. V roce 2007 bylo v terénu analyzováno 19 vzorníků smrku pichlavých poškozených zlomy v zimě 2005–06 a odebrány z nich kotouče ve výčetní výšce pro vyhodnocení tloušťkového přírůstu. Dále bylo odebráno 7 vzorníků z úrovně porostu na komplexní produkční a chemickou analýzu (obr. 5). Vzorníky byly celkově proměřeny (výškový vývoj, tloušťka kmene nad jednotlivými přesleny, délka větví v přeslenech, poslední přírůst větví a olistění). U čtyř z těchto vzorníků byly odebrány veškeré jednoleté výhony po jednotlivých přeslenech, analyzována jejich sušina a proveden chemický rozbor jehličí na základní živiny (N, P, K, Ca, Mg), křemík a síru. Ze vzorníků byly odebrány větve po trojici přeslenů a zvážena jejich živá hmotnost i sušina, u vzorků zjištěn obsah prvků. U kmene byla zjišťována živá hmotnost, odebrány vzorky (kotouče) na čele, v polovině délky a ve výšce, kde tloušťka dosahovala 7 cm a 5 cm. U vzorků byla analyzována sušina a proveden chemický rozbor.

V rámci zpracování dat byly hledány korelační závislosti mezi jednotlivými měřeními veličinami, vztahy mezi dendrometrickými charakteristikami a mechanickým poškozením.

Na podkladě předešlých výpočtů byl v závislosti na hustotě porostu modelově charakterizován růstový vývoj jedinců smrku pichlavého a vývoj tvaru koruny včetně přibližné akumulace biomasy v jednotlivých komponentech porostu.

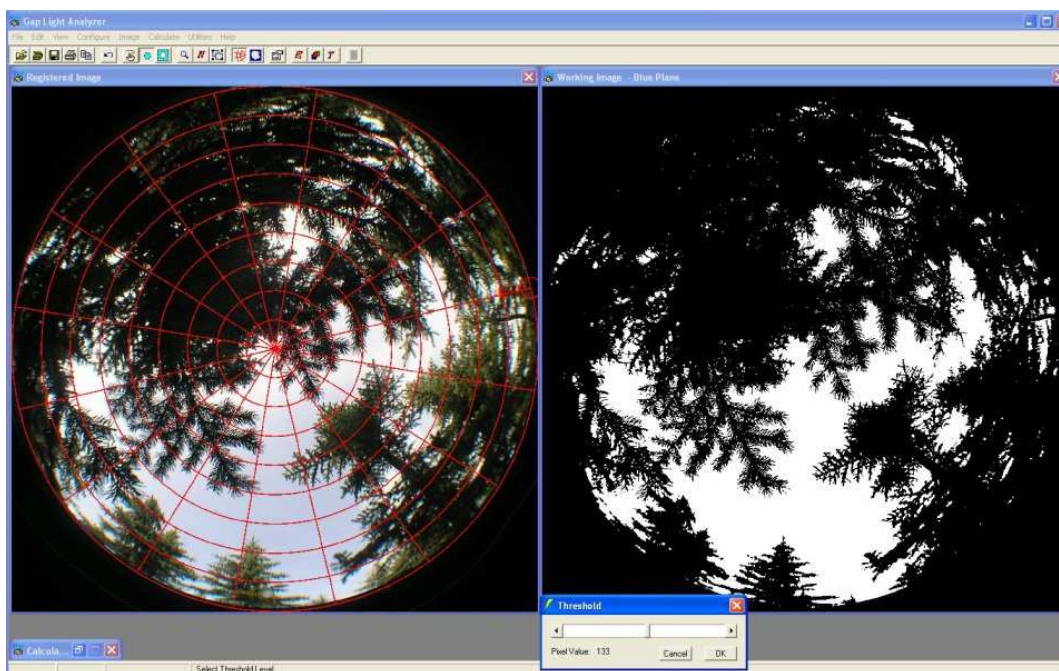
4.2.2. HODNOCENÍ MIKROKLIMATICKÉHO PŮSOBENÍ JEHLIČNATÝCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

Při hodnocení mikroklimatického působení jehličnatých porostů náhradních dřevin jsme se zaměřili na šetření světelných a teplotních poměrů jako hlavních faktorů ovlivňujících prosperitu obnovy.

4.2.2.1. Šetření světelných poměrů

Hodnocení světelných poměrů bylo pojata jako nástroj pro vyhodnocení parametrů prosadeb (přizpůsobení asimilačního aparátu) či prostředí (půdní vlhkost).

V létě 2007 bylo provedeno hodnocení světelných poměrů metodou hemisferické fotografie korunového prostoru (viz např. Rich 1990, Frazer et al. 1997) u bukových prosadeb na VP Plochy analyzovaných v rámci hodnocení variability asimilačního aparátu (viz kapitola 4.2.5). Fotografie (celkem 2 snímky z 34 poloh) byly snímány v místě polohy hodnocených buků ve výšce cca 80 cm nad zemí (zhruba průměrná výška vzorníků). Snímky byly analyzovány programem Gap Light Analyzer verze 2.0 (obr. 6, Frazer et al. 1999).



Obr. 6: Analýza hemisferické fotografie v programu Gap Light Analyzer verze 2.0.

V témže roce (dne 22. 5. 2007) byl na VP Ořešník proveden pokusně transekt měření půdní vlhkosti v horizontu A (viz kapitola 4.2.3.2). Nad místem měření byla vyfotografována dvojice snímků hemisferické fotografie (2 snímky v každé poloze) se

stabilizovaným severem cca 0,5 m nad zemí. Snímky byly zpracovány shodným způsobem.

4.2.2.2. Šetření teplotních poměrů

Teplotní poměry prezentované v této práci byly šetřeny v rámci tří variant s odlišným designem pokusu, zaměřených na průběh teplot v rámci malé porostní mezery v tyčkovině SMP, na rozdíly teplot při obvodu koruny SMP podle světových stran a na průběh teplot ve výškách nad zemí.

Malá porostní mezera

Sledování teplotních diferencí v rámci malé porostní mezery (cca 260 × 420 cm), s delší osou ve směru přibližně S–J, probíhalo v období 13. 7. 2006 až 2. 11. 2006 v porostu smrku pichlavého na výzkumné ploše Plochý. Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 40 cm nad zemí, tři čidla zachycovala situaci pod korunou, 3 čidla okraj korun a 2 čidla střed mezery. Teploty byly zaznamenávány v hodinových intervalech.

Okraj koruny SMP

Měření teplot na VP Jizerka II probíhalo v období od 10. 5. do 13. 7. 2006. Cílem měření bylo zachytit průběh teplot podle světových stran v rámci obvodu koruny pravidelného, hluboce zavětřeného, cca 20letého smrku pichlavého (výška 3,94 m, výčetní tloušťka 8,9 cm, průměr koruny ve výčetní výšce 206 cm a při zemi 248 cm). Nejbližší okolní stromky obdobných dimenzí byly vzdáleny 3,5 a více metrů. Teplotní čidla (datalogger firmy Comet) byla umístěna ve výšce 50 cm nad zemí po obvodu koruny ve směrech S, V, J a Z. Interval záznamu byl 1 hodina.

Výškový gradient

V létě 2007 bylo na modelové lokalitě Lesní bouda v Krkonoších, představující extrémní horské stanoviště, zahájeno měření teplotního výškového gradientu. Trojice teplotních čidel (meteorologická stanice firmy Noel) byla umístěna cca 40 cm od jižní strany „porostní stěny“ tvořené dvěma stýkajícími se keři borovice kleče (výška cca 120 cm), ve výškách 30 cm, 60 cm a 90 cm nad zemí. V období od 2. 8. 2007 do 22. 11. 2007 byly teploty měřeny v intervalu 15 min., dále v zimním období do 25. 4. 2008 v hodinovém intervalu, poté opět v intervalu 15 min. Pro účely této práce byl zpracován rok měření (od 3. 8. 2007 do 2. 8. 2008).

4.2.3. ŠETŘENÍ PŮDNÍCH POMĚRŮ

4.2.3.1. Pedochemická analýza

Pro posouzení vlivu porostů náhradní dřeviny smrku pichlavého na půdu v porovnání se zabuřenělou plochou (hlavním druhem buřeně byla třtina chloupkatá) byla v roce 2006 poblíž VP Plochý v náhodně směřovaných transektech odebrána série sedmi půdních sond v každé variantě. Kovovým rámečkem 25 × 25 cm byly odebrány humusové horizonty a první minerální horizont. Vzorky byly předány na zvolené fyzikální a chemické rozborů:

sušina, aktivní a výměnná acidita, obsah živin metodou Mehlich III. (Mehlich 1984), charakteristiky sorpčního komplexu podle Kappena (Kappen 1929), oxidovatelný uhlík (Springer-Klee), celkový obsah dusíku (Kjedahl) a výměnná titrační acidita.

4.2.3.2. Půdní vlhkost

Šetření půdní vlhkosti ve vztahu k poloze a krytu korun (stínění korunami) smrku pichlavého probíhalo současně s vyhodnocením světelných poměrů dne 22. 5. 2007 na VP Ořešník (viz kap. 4.2.2.1). Měření ve svrchní části horizontu A (Ah) bylo provedeno půdním vlhkoměrem HH2 Moisture Meter se sondou ML2x (firma Delta-T Device, obr. 7) podél nejdelší hrany výzkumné plochy (směr JV–SZ). V každém z 31 míst transektu o délce cca 50 m, při rozestupu sond po 1,5 m, bylo provedeno 6–9 měření po obvodu sondy 20 × 20 cm (vyšší počet byl volen v závislosti k variabilitě naměřených hodnot). Pro každou sondu byla zaznamenána poloha vůči jedincům SMP (v koruně, na okraji, v mezeře).

Podle stejné metodiky proběhlo dne 23. 5. 2007 a 13. 6. 2007 měření půdní vlhkosti svrchní části horizontu A v transektu 7 sond v porostu smrku pichlavého a 7 sond na volnu (porost třtiny) na lokalitě Plochý (v blízkosti výzkumné plochy). Ve smrku pichlavém byla opět zaznamenána poloha vůči korunám stromů.



Obr. 7: HH2 Moisture Meter se sondou ML2x.

4.2.4. MORFOLOGICKÁ ŠETŘENÍ V PROSADBÁCH BUKU

Prosadbové výzkumné plochy, jejichž data byla pro zpracování k dispozici, pocházely díky svým zakladatelům ze dvou (myšlenkově si mnohdy vzdálenějších) koncepcí řešení dané problematiky. Výzkumné plochy Plochý, Ořešník, Smrk a Jizerka II byly krátce po založení očíslovány a každoročně zde byl měřen výškový přírůst (tzn. délka nejdelšího výhonu po natažení), případné poškození, několikrát v ranných letech pak tloušťka kořenového krčku a poloha vůči nejbližšímu jedinci prosazovaného porostu. V případě poškození terminálu stromku, zlomu nebo okusu byla pak přepisována maximální dosažená výška do doby, než stromek výšku znovu přerostl, nebo zahynul. Uvolňovací zásah do porostu smrku pichlavého nebyl dlouhodobě prováděn.

Na VP Paličník 1 a 2 a Předěl bylo k číslování jedinců přistoupeno až po vylepšování, tzn. po několika letech náhodného (vzorníkového) měření, mnohdy chybí přesné údaje

o výsadbě či vylepšování. Od doby číslování zde každoročně probíhá měření výšek (jako kolmé vzdálenosti od povrchu země k terminálnímu pupenu, tzv. celková výška), je zaznamenáváno poškození a v prvních letech byl několikrát změřen kořenový krček. Smrky pichlavé byly jednotlivě operativně odstraňovány, vyvětčovány či komoleny.

Pro sjednocení přístupů základního měření bylo přistoupeno na všech výše zmíněných výzkumných plochách k měření jak celkové výšky, jako kolmé vzdálenosti od země po terminální pupen, tak výšky, jako délky terminálního výhonu od země. Poměr těchto veličin, nazvaný index vertikálního vzrůstu, může korespondovat mj. s přístupem světla. Jeho hodnota se pohybuje mezi 0 (stromek leží) a 1 (absolutně svislý růst). Na VP Plochý, Ořešník, Jizerka a Smrk byla pak od roku 2007 měřena skutečná výška i u jedinců poškozených, ne opisována maximální dosažená výška.

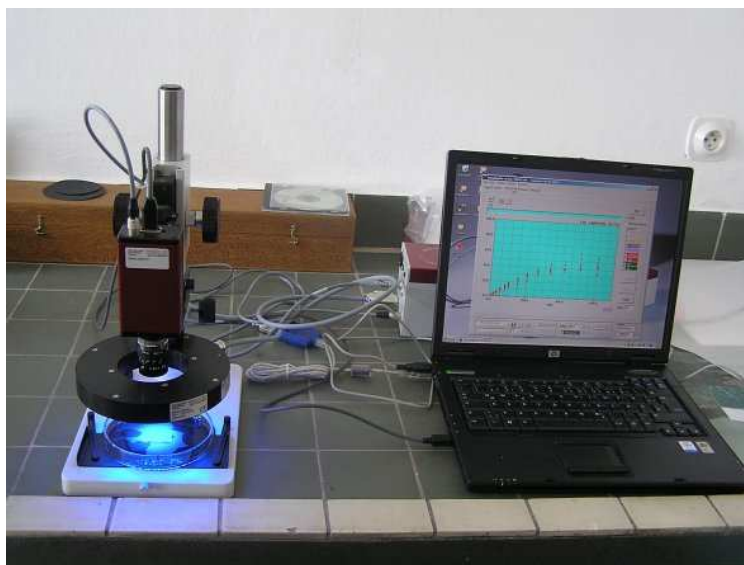
Na nově založené prosadbové ploše na VP Lesní bouda byly buky očíslovány, při vstupním měření v roce 2008 byla změřena jejich výsadbová výška, aktuální výška, zdravotní stav, poloha vůči až 3 nejbližším smrkům (příp. jiným „prvkům“ s předpokládanou funkcí potenciálního krytu) a u vzorku jedinců tloušťka kořenového krčku.

Na VP Plochý a Ořešník byl aktualizován a zpřesněn polohový plán vytvořený v nejbližších letech po výsadbě. Polohový plán společně s plánem polohy jedinců smrku byl využit pro základní analýzy růstu a prostorových vztahů.

V průběhu zpracování byly hledány vztahy mezi mortalitou a růstem buků a jejich polohou vůči nejbližšímu jedinci smrku pichlavého. Vzhledem k omezeným počtům jedinců buku na výzkumných plochách byly analýzy prováděny jako jednofaktorové.

4.2.5. FYZIOLOGICKÁ ŠETŘENÍ V PROSADBÁCH BUKU A ŠETŘENÍ BILANCE ŽIVIN

Šetření fyziologického stavu se zaměřila na hodnocení fotosyntézy metodou měření fluorescence chlorofylu u listů buku přístrojem Imaging-Pam (firma Walz, obr. 8). Hodnoceny byly skupiny buků rostoucích v různých polohách vůči jedincům smrku



Obr. 8: Přístroj na měření fluorescence chlorofylu Imaging-PAM 2000.

pichlavého. Po adaptaci listů na tmu byl změřen maximální výtěžek fluorescence Fv/Fm a absorptivita (absorptivity), následovala měření rychlé kinetiky a světelné křivky (Walz 2003, kapitola 2.7).

Bilance živin byla stanovena na základě chemické analýzy listů buku, při které byl v laboratoři Tomáš (Opočno) stanoven obsah sušiny, živin (N, P, K, Ca, Mg, S) a křemíku. Vzorky byly mineralizovány, celková koncentrace dusíku byla analyzována podle metodiky Kjeldahla, fosfor byl stanoven kolorimetricky, draslík atomovým absorpčním spektrofotometrem, vápník a hořčík atomovou absorpcí po dodání lanthanu, síra a křemík Balksovou metodou.

Na VP Plochy byly v létě 2007 odebrány vzorky listů z horní části koruny srovnatelně vysokých 10 dvanáctiletých jedinců prosadeb buku rostoucích pod korunou SMP a 10 jedinců rostoucích v mezerách. Do následujícího dne byly buky uschovány v lednici. Na těchto vzorcích byla provedena analýza fluorescence chlorofylu. Celkem bylo zanalyzováno 44 listů na variantu, tzn. 3–5 listů na sazenici. Měření bylo prováděno současně u 2 listů z každé varianty. Dále byl odebrán veškerý asimilační aparát 11 přibližně průměrných jedinců buku rostoucích pod korunou, na okraji koruny a v mezerách (celkem 33 jedinců). Byla zjišťována plocha asimilačního aparátu a parametry průměrného listu (naskenování a program ImageJ 1.38x) a proveden rozbor obsahu sušiny a živin podle metodiky výše. Šetření bylo navázáno na měření světelných poměrů metodou hemisferické fotografie (kapitola 4.2.2.1).

Na VP Lesní bouda byly v srpnu 2008, následující rok po výsadbě, odebrány vzorky asimilačního aparátu po šesti jedincích buku lesního ve variantách mezera, okraj koruny a koruna na analýzu fluorescence chlorofylu podle metodiky výše (z každého jedince bylo měřeno 5 listů) a v září vzorky listů po 11 jedincích ze stejných variant na kvantitativní a chemickou analýzu (živiny – N, P, K, Ca, Mg). Chemická analýza musela být z důvodu malého množství sušiny provedena u směsných vzorků ze 3 až 4 jedinců buku.

V rámci vyhodnocení byly zjišťovány vztahy mezi parametry fluorescence chlorofylu, obsahem živin a růstovými parametry sazenic, případně světelnými podmínkami prostředí.

4.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

V závislosti na charakteru zpracovávaných dat bylo statistické zpracování provedeno s použitím testů parametrických (t-test, confidence) a neparametrických (Kruskal-Wallisova jednofaktorová ANOVA, hierarchická vícefaktorová ANOVA s Tukeyho testem), není-li stanoveno jinak, tak na hladině významnosti 0,95. V případě zpracování půdních analýz byla pro výpočet průměrných hodnot použita Hornova metoda (Horn's quantile based method, Meloun et al. 1998). Software použitý pro analýzy byl Excel, NCSS a/nebo QC-Expert.

5. VÝSLEDKY

5.1. RŮST A VÝVOJ NÁHRADNÍCH POROSTŮ SMRKU PICHLAVÉHO

5.1.1. RŮST A STABILITA POROSTŮ SMRKU PICHLAVÉHO

Výzkum růstu a stability porostů SMP byl v Jizerských horách sledován na třech výzkumných plochách: Plochý, Ořešník a Smrk (tab. 6, 7).

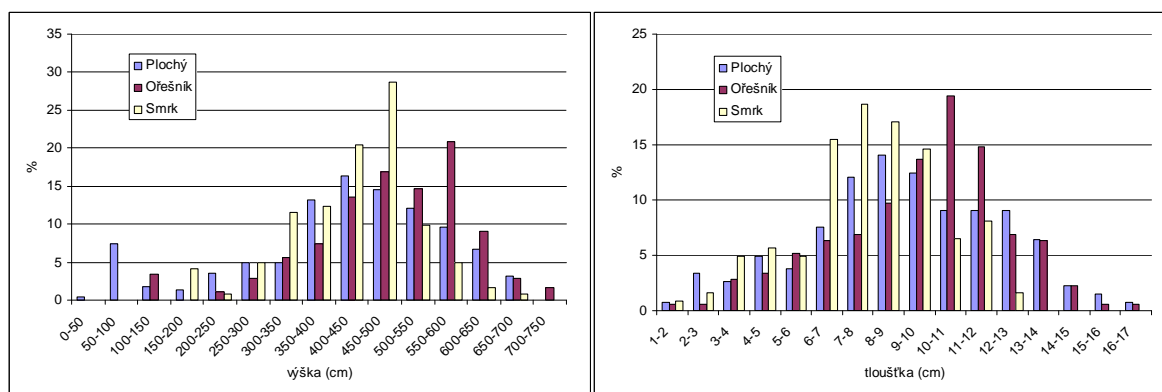
Tab. 7: Základní údaje o porostu smrku pichlavého na výzkumných plochách.

Výzkumná plocha	SLT	Založení/ vylepšování období cca	1996		2006	
			hustota	výška (m)	hustota	výška (m)
Plochý	8K	1984–1989	2 350	2,2	2 340	4,43
Ořešník	7K	1984–1989	1 700	2,1	1 520 / 1 260*	5,12
Smrk	6K	1987–1990	1 080	1,2	950	4,22

* část bez zásahu / část se zásahem

5.1.1.1. Výzkumná plocha Plochý (8. LVS)

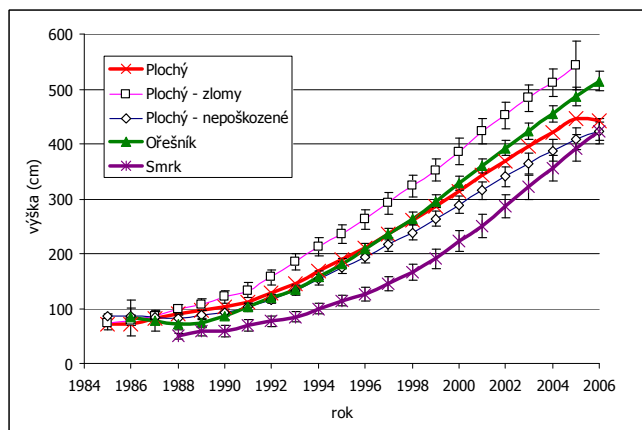
Na VP Plochý byla v období 1996–2006 zaznamenána minimální mortalita SMP (okolo 2 %). V roce 2006 byla hustota porostu na lokalitě Plochý 2 340 jedinců na hektar, průměrná vzdálenost mezi jedinci tak dosahovala 2,1 m, porost byl převážně zapojený. Průměrná výška v roce 2005 byla 4,3 m, s nejvyšším zastoupením výšek v rozmezí 4,0 až 4,5 m (obr. 9). Zima 2005–2006 způsobila v porostu značné škody (zlomy – 26 %, nalomení – 2 %, ohnutí kmene – 14 %) – bez poškození zůstalo 58 % stromů s průměrnou výškou 3,96 m. Poškozeny byly předrůstavé stromy (průměrná výška v předchozím roce 5,4 m), které od roku 1990 měly průkazně intenzivnější výškový vývoj (obr. 10), vedoucí k jejich nižší stabilitě (obr. 11). Průměrná výška zlomu byla 3,08 m. V roce 2006 dosáhla průměrná tloušťka porostu 9,0 cm (směrodatná odchylka - S_x 3,1), výčetní kruhová základna byla $15,6 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Průměrný štíhlostní kvocient dosahoval 53, výška a výčetní tloušťka vykazovaly relativně těsný vztah (obr. 11).



Obr. 9: Rozložení výšek (vlevo) a tlouštěk (vpravo) smrků pichlavých v roce 2005 na VP Plochý a VP Ořešník a v roce 2006 na VP Smrk.

Porovnáním tvaru koruny podle světových stran bylo zjištěno, že nejdelší průměrná větev směřuje na jih a nejkratší na západ (tab. 8). Průměrný pětiletý periodický tloušťkový přírůst se pohyboval v rozmezí 0,34 až 0,61 cm. Výška nasazení živé koruny byla průměrně 57 cm nad zemí. Při zpracování nebyl zjištěn vztah mezi výškou nasazení koruny a výškou, tloušťkou jedince, ani vzdáleností k nejbližšímu sousednímu smrku, naproti tomu vztah výšky stromu a poloměru koruny v 1,3 m byl relativně těsný (obr. 12).

V průběhu posledních několika let se na lokalitě projevuje výrazné zhoršení zdravotního stavu porostu – snížení olistění. V roce 2006 byla zaznamenána průměrně 34,9% defoliace (Sx 9,91 %, u horních dvou třetin koruny 35,4 %).

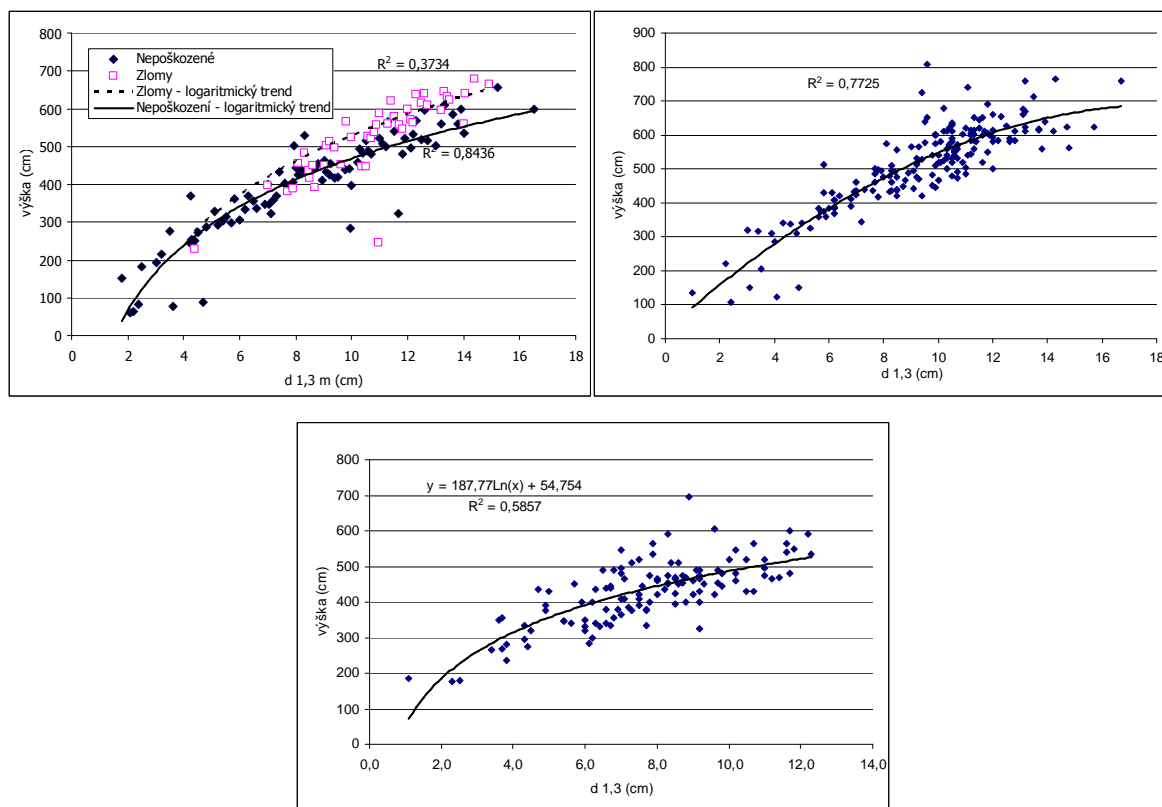


Obr. 10: Vývoj průměrné výšky smrku pichlavého na lokalitě Plochý (všech, nepoškozených a zlomených jedinců), Ořešník a Smrk s intervaly spolehlivosti ($\alpha = 0,05$).

5.1.1.2. Výzkumná plocha Ořešník (7. LVS)

Hustota porostu smrku pichlavého poklesla přirozenou mortalitou mezi lety 1996 a 2006 na kontrole o 10 % na 1 523 jedinců na 1 ha, na částech uvolněných pak byla v roce 2005 redukována na 1 262 jedinců na 1 ha (viz obr. II. v příloze – kapitola 9). Představuje to průměrnou vzdálenost mezi nejbližšími jedinci 2,6 a 2,8 m, na kontrolní části pak zapojování porostu. Vlivem extrémní zimy 2005–06 zde nebylo zaznamenáno žádné poškození zlomy či deformace, smrky zde vykazují výrazně lepší zdravotní stav (průměrná defoliace v roce 2006 dosahovala 20 %, u horních dvou třetin koruny pouze 17,5 %).

Vzhledem k tomu, že až do roku 2005 (rozdělení na část se zásahem a část kontrolní) byla výzkumná plocha vedena jednotně v bezzásadovém režimu, je zde většina popisovaných parametrů prezentována pro plochu jako celek. Průměrná výška porostu v roce 2006 byla 5,1 m, v roce 2005 to bylo 4,9 m, o 57 cm více, než na VP Plochý. Výškový růst byl průkazně vyšší než u smrků na VP Plochý od roku 2004. Průměrná tloušťka byla 9,5 cm, opět vyšší, než na předchozí ploše – (obr. 9, 10). Průměrná výška nasazení koruny byla i přes nižší hustotu porostu výše, 72 cm nad zemí. Na kontrole byla výčetní kruhová základna $11,3 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, část po zásahu ji měla sníženou o 17 % na $9,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$. Štíhlostní kvocient středního kmene měl hodnotu 56, vztah mezi výškou a poloměrem koruny nebyl příliš těsný (obr. 11). Z délky větví ve výčetní výšce v roce 2006 vyplývá, že koruna průkazně více přirůstala na jih oproti rozšiřování koruny na sever a východ (tab. 8). Nejkratší průměrná větev rostla na východ.



Obr. 11: Vztah mezi tloušťkou v 1,3 m a výškou stromu v roce 2006 u nepoškozených a zlomy poškozených jedinců na VP Plochý (vlevo), Ořešník (vpravo) a Smrk (dole). Proloženo logaritmičnými spojniciemi trendu.

Tab. 8: Průměrná délka větví ve výčetní výšce (1,3 m) s ohledem na světové strany a hodnoty spolehlivosti na VP Plochý, Ořešník a Smrk v letech 2004–06, resp. 2005–07.

Orientace	Plochý						Ořešník						Smrk					
	Průměrná délka (cm)			Confidence ($\alpha = 0,05$)			Průměrná délka (cm)			Confidence ($\alpha = 0,05$)			Průměrná délka (cm)			Confidence ($\alpha = 0,05$)		
	04	05	06	04	05	06	04	05	06	04	05	06	05	06	č. 07	05	06	č. 07
S	86,3ab	91,9a	93,0ab	3,5	3,6	4,7	96,5a	102,1a	110,1a	4,1	4,2	5,3	96,8	100,0	114,5	4,55	6,10	5,86
V	89,6ab	95,1ab	97,0ab	3,5	3,6	4,6	96,7a	104,5a	108,8a	4,4	4,6	6,2	98,1	101,5	113,6	6,08	5,95	6,97
J	93,3a	99,3b	101,1a	3,5	3,5	4,3	106,7b	113,3b	121,3b	4,5	4,4	5,3	97,2	101,0	111,0	6,36	6,83	7,35
Z	85,2b	90,8a	92,4b	3,3	3,4	4,2	102,7ab	109,4ab	118,1ab	3,8	3,9	5,0	99,3	107,6	115,5	6,26	6,59	8,50

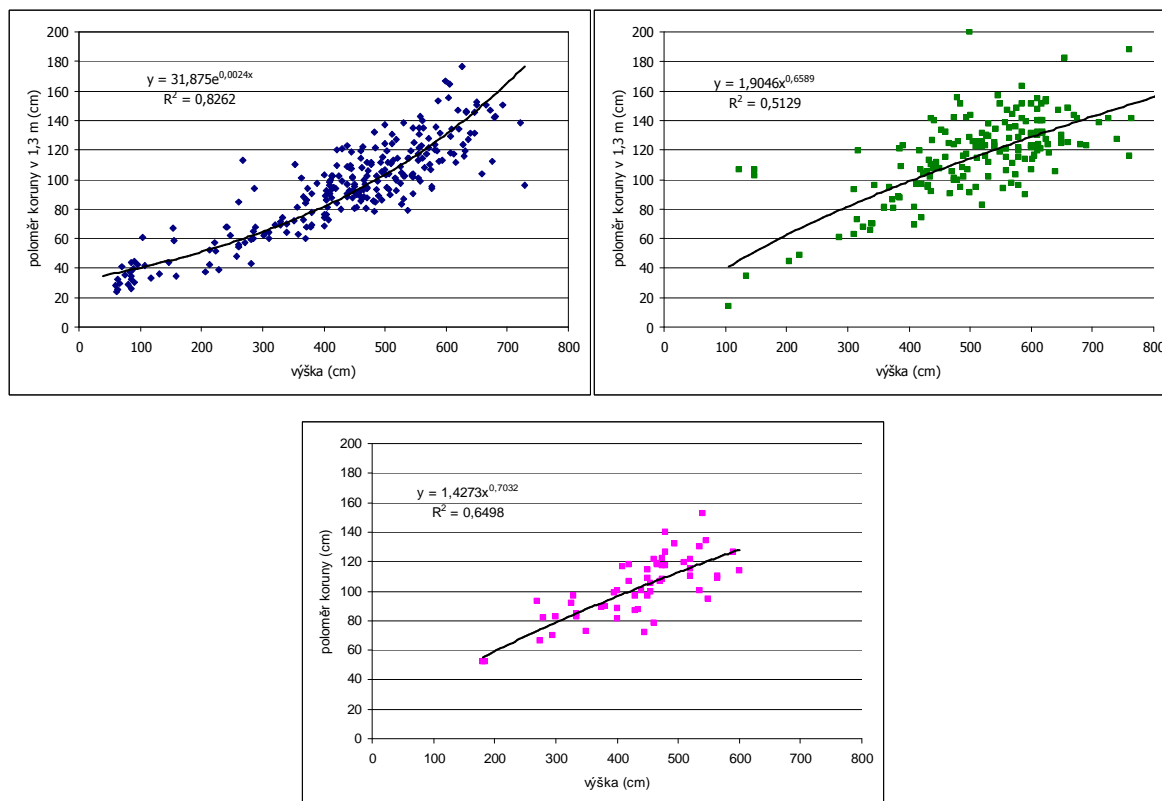
Pozn.: č. 07 = červen 2007.

5.1.1.3. Výzkumná plocha Smrk (6. LVS)

Pravděpodobně z důvodu výchovného zásahu poklesla hustota porostu smrku pichlavého na výzkumné ploše Smrk od roku 1995 o 12 % na 950 jedinců na hektar v roce 2006. Současně na ploše rostlo cca 9 000 ks.ha⁻¹ jeřábových výmladků o průměrné výšce 2 m (a prosadby). Největší četnost tloušťek SMP byla v roce 2006 soustředěna okolo střední hodnoty (7,9 cm), průměrná výška dosahovala 4,2 m s maximálním zastoupením výšek v rozmezí 4,5 a 5,0 m (obr. 9).

Výškový vývoj smrku na této ploše byl, při uvážení cca 4letého věkového náskoku výše položených ploch (dřívější založení porostů) srovnatelný s růstem smrku na VP Ořešník (obr. 10). Avšak zdravotní stav smrků z hlediska olistění na lokalitě Smrk byl opět příznivější, průměrná defoliace do 14 %. Vliv na to může mít jak nižší nadmořská výška

a nižší hustota porostu, tak příměs dalších dřevin zlepšujících mikroklima stanoviště. Porost se vyznačoval také vyšší stabilitou – vztah mezi tloušťkou a výškou má plošší charakter, než je tomu v případě výše položených ploch (obr. 11), průměrný štíhlostní kvocient byl 59. Vztah mezi výškou a poloměrem koruny byl slabý, svým charakterem podobný smrkům pichlavým na VP Ořešník (obr. 12).

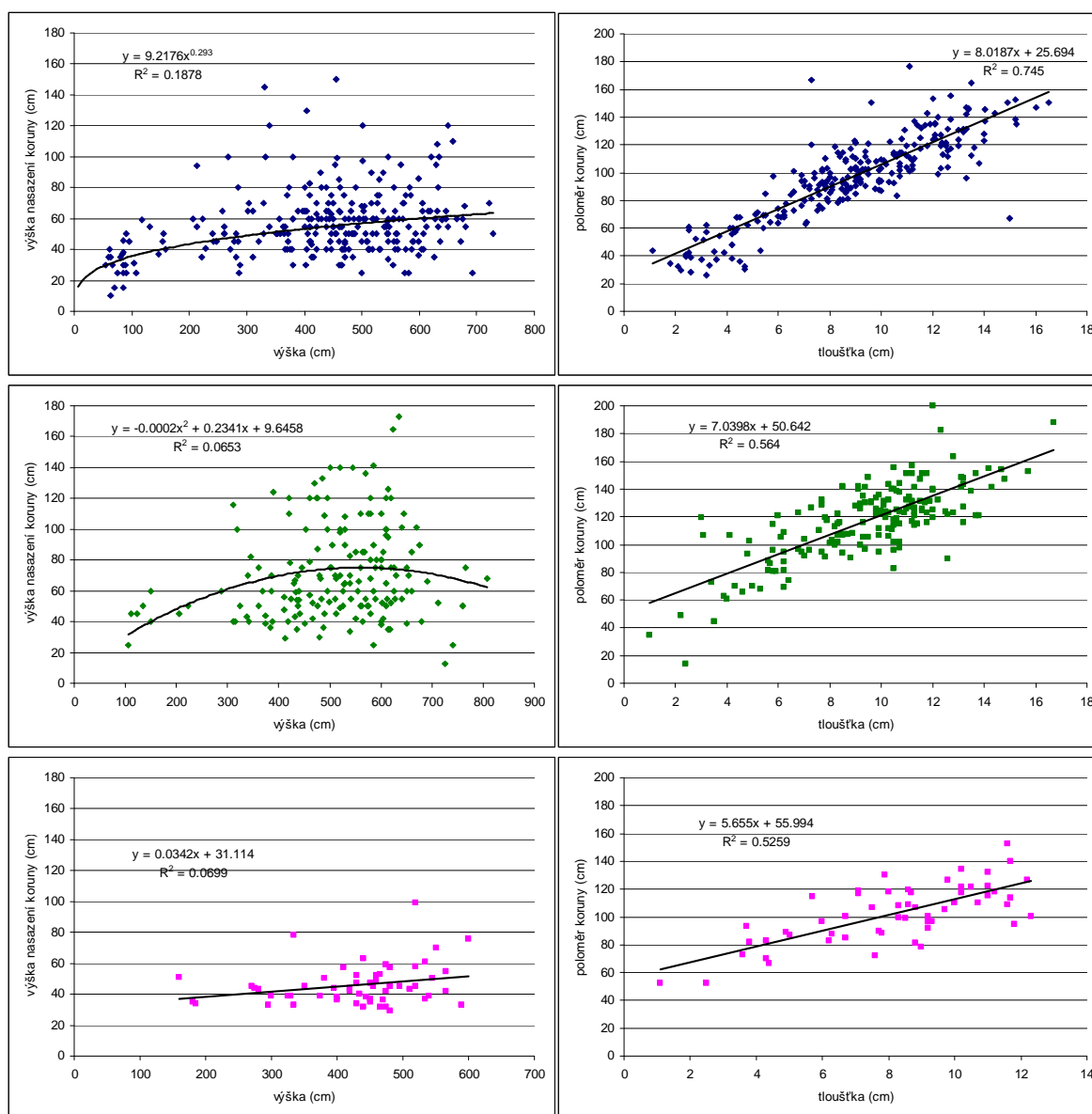


Obr. 12: Vztah mezi výškou a poloměrem koruny ve výčetní výšce v roce 2006 na VP Plochy (vlevo), Ořešník (vpravo) a Smrk (dole).

Na rozdíl od výše analyzovaných ploch směřovala nejdelší boční větev ve výčetní výšce v r. 2006 na západ (107,6 cm) a nejkratší na sever (100,0 cm; souhlasně s Ořešníkem), avšak rozdíly byly malé a statisticky neprůkazné. Koruny do všech směrů zahájily v roce 2007 intenzivní růst, a tak došlo v červnu prakticky k vyrovnání délkových rozdílů (tab. 8).

5.1.2. ALOMETRICKÉ VZTAHY

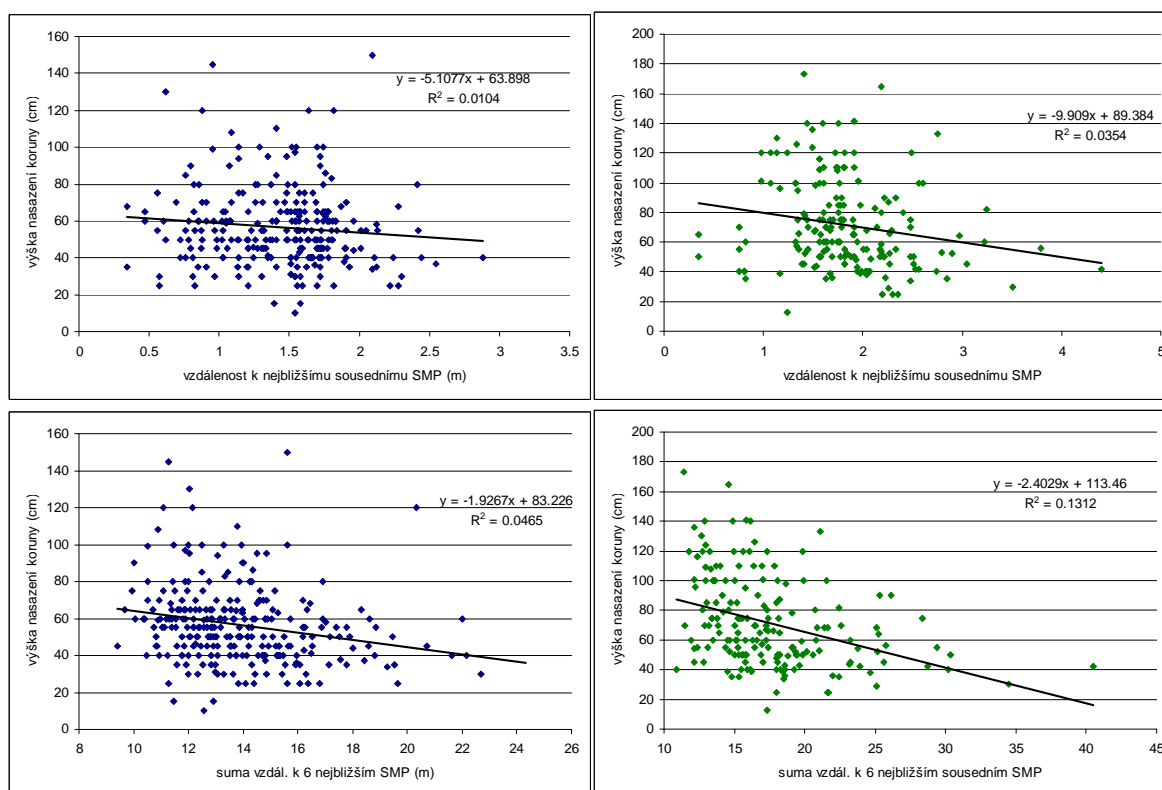
Analýzou vztahů mezi dendrometrickými veličinami na výzkumných plochách Plochý, Ořešník a Smrk nebyla zjištěna prakticky žádná korelace tloušťky a výšky nasazení koruny a velice slabý vztah mezi výškou a výškou nasazení koruny (jako výška nasazení koruny byla brána střední výška nejnižších větví) na všech sledovaných plochách. Nejmenšího rozptylu dosáhly hodnoty na VP Smrk (obr. 13). Byla však zjištěna relativně dobrá korelace tloušťky stromu s poloměrem koruny, kdy sklon trendů je na sledovaných plochách obdobný bez ohledu na hustotu porostu.



Obr. 13: Vztah výšky stromu k výšce nasazení koruny a tloušťky v 1,3 m k poloměru koruny SMP na výzkumné ploše Plochý (nahore), Ořešník (uprostřed) a Smrk (dole).

5.1.3. PROSTOROVÁ ANALÝZA

Na základě polohopisných plánů byly vypočteny prostorové vztahy mezi sousedními smrky na plochách Plochý a Ořešník. Vzdálenost mezi nejbližším sousedním jedincem, případně suma vzdáleností mezi 2 až 6 nejbližšími sousedy byly korelovány s hodnotenými parametry stromu (výška, tloušťka, šířka koruny, výška nasazení koruny), avšak nebyly zjištěny žádné statisticky významné vztahy. Naznačen byl vztah, že výška nasazení koruny klesá s rostoucí vzdáleností nejbližšího i sumy více nejbližších jedinců (obr. 14). Nebyly zjištěny vztahy mezi vzdáleností 1 až 6 nejbližších sousedů a délkou větví v 1,3 m, výškou nebo tloušťkou.



Obr. 14: Vztah vzdálenosti od smrku pichlavého k nejbližšímu jedinci smrku pichlavého a sumy vzdáleností k 6 nejbližším na ploše Plochý (vlevo) a Ořešník (vpravo) k výšce nasazení koruny v roce 2006.

5.1.4. AKUMULACE DENDROMASY

5.1.4.1. Biomasa vzorníků

Analyzované vzorníky smrku pichlavého, odebrané v roce 2007 na výzkumné ploše Plochý, měly průměrnou výšku 480 cm, tloušťku 10,45 cm a výšku nasazení koruny 78 cm. Celková hmotnost v čerstvém stavu u analyzovaných vzorníků se pohybovala v rozpětí 40,7 až 94,1 kg (průměr 57,1 kg), z čehož 48 až 60 % tvořila hmota větví s jehličím (průměr 52 %) – tabulka 9. V sušině to představovalo 16,4 až 40,7 kg biomasy stromu (průměr 26,1 kg), tedy celkem 43,3 až 48,8 % hmotnosti stromu tvořila sušina. Relativně více sušiny bylo obsaženo ve větvích s jehličím (48,5 až 56,1 %) než ve kmene s kůrou (35,9 až 41,7 %).

Tab. 9: Hmotnost čerstvé dendromasy (kg), hmotnost sušiny (kg) a podíl sušiny k čerstvé hmotnosti kmene, větví a celého vzorníku SMP (%) odebraných na lokalitě Plochý v roce 2007.

Vzorník	Kmen (vč. kůry)			Větve (vč. jehličí)			Celkem		
	Čerstvá	Sušina	%	Čerstvá	Sušina	%	Čerstvá	Sušina	%
1	34,97	14,28	40,8	35,94	18,06	50,3	70,91	32,34	45,6
2	21,32	8,15	38,2	31,47	17,61	56,0	52,79	25,76	48,8
3	30,14	11,97	39,7	28,00	14,62	52,2	58,14	26,58	45,7
4	22,37	9,34	41,7	24,81	12,04	48,5	47,18	21,38	45,3
123	47,25	16,97	35,9	46,86	23,75	50,7	94,11	40,72	43,3
199	17,12	6,68	39,0	18,88	9,66	51,2	35,99	16,35	45,4
216	19,43	7,36	37,9	21,36	11,99	56,1	40,78	19,35	47,5
Průměr	27,51	10,68	38,8	29,62	15,39	52,0	57,13	26,07	45,6

Průměrná hmotnost sušiny dřeva kmene vzorníků (8,43 kg, tzn. 31,0 % sušiny) byla srovnatelná se sušinou větví (8,57 kg, tzn. 31,5 %). Kůra kmene tvořila průměrně 8,7 % sušiny stromu. Velice vyrovnaný podíl z celkové hmotnosti měla sušina jehličí – rozpětí se pohybovalo mezi 25,1 % až 29,8 % s průměrem 27,2 %.

5.1.4.2. Větve s jehličím

Hmotnost sušiny dřeva větví (v kůře) i jehličí 1. až 5. přeslenu byla několikanásobně nižší než u následující pětice přeslenu a ta u dřeva nižší než hmotnost přeslenu 11. až 15. přeslenu. Naproti tomu u sušiny jehličí byla, až na vzorník č. 16, již vždy menší hmotnost u přeslenu 11. až 15. oproti skupině 6. až 10. přeslenu.

Z chemické analýzy dřeva větví vyplynul pokles zastoupení vybraných prvků směrem od horní po spodní část koruny. Průkazně klesal obsah N, těsně neprůkazně P, avšak u skupiny 11. až 15. přeslenu se již fosfor dostal pod hranici přesnosti metody. Pokles obsahu draslíku byl vysoce průkazný, vyskytoval se i u hořčíku a síry, avšak neprůkazně (tab. 10).

Tab. 10: Obsah základních živin, síry a křemíku ve dřevě větví v kůře (A) a v jehličí (B) podle skupin přeslenů (v %).

Skupina přeslenů	N		P		K		Ca		Mg		S		Si		
	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	
A	1.–5.	0,816a	0,304	0,023	0,009	0,365a	0,052	0,308	0,073	0,062	0,012	0,072	0,013	0,065	0,025
	6.–10.	0,489b	0,078	0,011	0,003	0,213b	0,026	0,308	0,040	0,051	0,005	0,069	0,014	0,077	0,021
	11.–15.	0,326c	0,030	0,001*	-	0,115c	0,015	0,410	0,042	0,044	0,007	0,067	0,013	0,083	0,030
	Průměr	0,478	0,210	0,009	0,009	0,193	0,110	0,335	0,043	0,048	0,009	0,069	0,002	0,074	0,007
B	1.–5.	1,257	0,151	0,059	0,017	0,378	0,040	0,390a	0,154	0,066	0,008	0,196	0,034	0,479	0,007
	6.–10.	1,210	0,142	0,046	0,009	0,353	0,050	0,605ab	0,135	0,077	0,012	0,159	0,027	0,575	0,020
	11.–15.	1,185	0,112	0,061	0,040	0,365	0,044	0,778a	0,138	0,094	0,016	0,155	0,031	0,637	0,076
	Průměr	1,192	0,051	0,051	0,010	0,363	0,009	0,614	0,143	0,078	0,010	0,169	0,016	0,579	0,062

*pod hranicí přesnosti metody

Analýzou jehličí byla zjištěna závislost obsahu živin na výšce v koruně. S výškou v koruně průkazně narůstal obsah Ca a neprůkazně Mg a neprůkazně klesal obsah N. Zajímavý je nárůst obsahu křemíku směrem od horní do spodní části koruny jak ve dřevě větví, tak v jehličí.

5.1.4.3. Kmen s kůrou

Obsahy živin v kůře násobně převyšovaly obsahy ve dřevě (tab. 11). Zvláště významné to bylo u fosforu, kde hodnoty ve dřevě nedosahovaly ani minima zachytitelného metodou analýzy. V rámci výškového profilu kmenem bylo zjištěno, že v kůře horní části stromu je oproti bázi akumulováno relativně více N, P, K a Mg. Průkazný rozdíl se ukázal ve všech případech minimálně mezi kůrou v místě o tloušťce 5 cm a na čele kmene (tab. 11). Také hořík ve dřevě vykazoval podobný poměr, obsah draslíku však byl v horní části nejnižší. Naproti tomu rozdíly mezi chemismem dřeva podle výšky na kmeni byly pouze minimální.

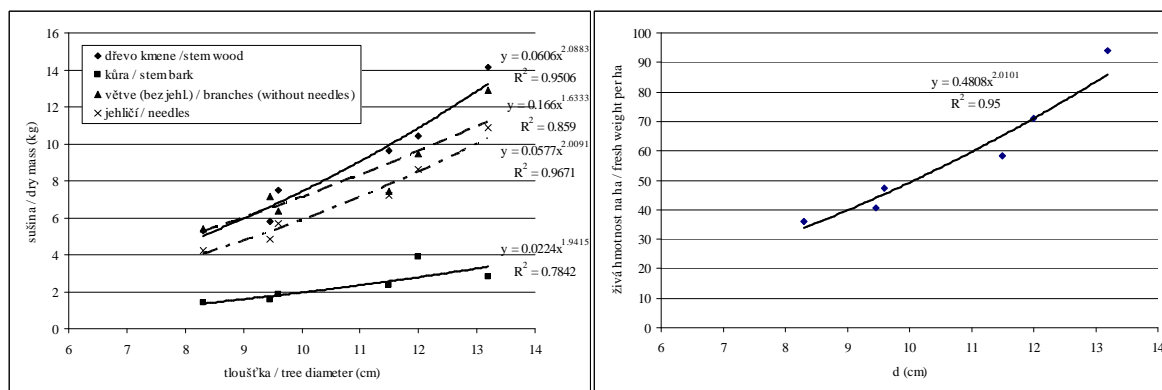
V kůře hroubí průměrného vzorníku bylo nahromaděno od 67 % (u P) po 83 % (u Ca) celkového obsahu prvků v kůře, v dřevě hroubí pak od 83 % (u Mg) po 89 % (u K) celkových prvků v dřevě kmene (tab. 11).

Tab. 11: Základní živiny, S a Si v kůře (A) a ve dřevě (B) kmene (v %) podle jednotlivých částí kmene (v místě s tloušťkou 5 cm, na horním čepu, ve středu kmene a na čele kmene). Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Část	N		P		K		Ca		Mg		S		Si	
	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x	Prům.	s_x
5 cm	0,583a	0,078	0,029a	0,016	0,316a	0,042	0,609	0,178	0,082a	0,013	0,055	0,018	0,072	0,034
Čep	0,552ab	0,145	0,024a	0,015	0,303a	0,045	0,749	0,179	0,080a	0,013	0,051	0,012	0,087	0,022
A Střed	0,455b	0,070	0,012ab	0,013	0,260ab	0,057	0,800	0,101	0,069a	0,009	0,054	0,016	0,073	0,011
Čelo	0,378c	0,027	0,007b	0,007	0,226b	0,040	0,699	0,080	0,052b	0,008	0,047	0,013	0,049	0,015
Průměr	0,492	0,081	0,018	0,009	0,276	0,036	0,714	0,070	0,071	0,012	0,052	0,003	0,070	0,014
5 cm	0,091	0,008	-	-	0,060	0,008	0,087	0,007	0,015	0,001	0,045	0,052	0,026	0,015
Čep	0,097	0,012	-	-	0,081	0,011	0,070	0,013	0,010	0,002	0,058	0,055	0,024	0,020
B Střed	0,085	0,010	-	-	0,071	0,006	0,084	0,007	0,012	0,002	0,043	0,023	0,027	0,014
Čelo	0,099	0,012	-	-	0,071	0,011	0,084	0,012	0,014	0,002	0,045	0,050	0,033	0,006
Průměr	0,093	0,005	-	-	0,071	0,007	0,081	0,007	0,012	0,002	0,048	0,006	0,028	0,003

5.1.4.4. Zásoba živin v porostu

Modelové křivky vypočítané na základě vztahů mezi tloušťkou vzorníků, čerstvou hmotností stromů a sušinou zkoumaných komponent – dřeva kmene, kůry kmene, dřeva větví s kůrou a jehličí – byly základem pro výpočet porostních charakteristik (obr. 15).



Obr. 15: Vztah mezi výčetní tloušťkou a sušinou jednotlivých částí stromu (vlevo) a mezi výčetní tloušťkou a čerstvou hmotností stromu (vpravo).

Celková biomasa dřeva kmene a větví porostu, vypočítaná na základě vztahových křivek, byla velice blízka (14,9 a 14,1 t na 1 ha), markantní rozdíly však vykazoval obsah živin v nich akumulovaných (tab. 12).

Tab. 12: Celková zásoba prvků v nadzemní biomase tyčkoviny smrku pichlavého ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a %) pro skutečnou hustotu porostu 2 300 jedinců na hektar vypočtená na základě vztahových trendů (obr. 15), sušina a čerstvá hmotnost průměrného jedince (kg).

	Sušina										Čerstvá hmotnost Celkem
	Dřevo kmene	%	Kůra	%	Větvě	%	Jehličí	%	Celkem	%	
Hmotnost	14 904	33,3	3 903	8,7	14 113	31,6	11 780	26,4	44 700	100,0	98 394
N	13,8	5,7	19,2	8,0	67,5	28,0	140,4	58,3	240,9	100,0	
P	0,1*	1,2	0,7	8,6	1,3	16,0	6,0	74,1	8,1	100,0	
K	10,6	11,6	10,8	11,8	27,3	29,9	42,8	46,8	91,4	100,0	
Ca	12,1	7,6	27,9	17,5	47,3	29,6	72,4	45,3	159,7	100,0	
Mg	1,9	9,2	2,8	13,6	6,8	33,0	9,2	44,7	20,6	100,0	
S	7,1	18,3	2,0	5,2	9,7	25,0	19,9	51,3	38,8	100,0	
Si	4,1	4,8	2,7	3,2	10,4	12,2	68,2	79,8	85,5	100,0	
Prům. strom	6,48	33,3	1,7	8,7	6,14	31,6	5,12	26,3	19,44	100,0	42,78

*obsah pod hranicí přesnosti metody chemické analýzy

Nejmenší hmotnost biomasy porostu SMP byla v našem pokusu soustředěna v kůře (pouze 4,0 t na 1 ha), kromě síry a křemíku zde bylo nahromaděno v porovnání se dřevem více analyzovaných prvků. Významný je tento rozdíl zvláště u vápníku (27,9 kg oproti 12,1 kg na 1 ha).

Hlavní zásoba živin (45 % hořčíku až 74 % fosforu), ale i síry (51 %) a křemíku (80 %) v biomase porostu byla soustředěna v jehličí, menší objemy pak obsahovaly větve, kůra a nejméně prvků v porostu je uloženo ve dřevě kmene (tab. 12). Celkově byla v nadzemní biomase zjištěna velice nízká zásoba fosforu (jen 8,1 kg.ha⁻¹).

5.1.5. DÍLČÍ ZÁVĚR

Analýza růstu a stability porostů smrku pichlavého na sledovaných výzkumných plochách ukázala schopnost přirozeně solitérní dřeviny smrku pichlavého se při běžné výchozí hustotě 1700 až 2300 jedinců na 1 ha ve věku cca 15 let bez výchovných zásahů v podmínkách vyšších horských poloh zapojovat – průměrná délka větví ve výčetní výšce se blíží polovině průměrné vzdálenosti mezi jedinci. Díky nerovnoměrnému rozložení stromů pak některé části vykazují již postupující zvyšování zápoje. Dále byl zjištěn snížený růstový potenciál této dřeviny v 8. LVS (průměrný periodický výškový přírůst za posledních 5 let byl oproti porostům v 6. a 7. LVS až o 10 cm nižší) a náchylnost zvláště předrůstavých jedinců k poškození sněhovými zlomy. Zapojení porostu přináší jak zvyšování nasazení živé části koruny, tak v kombinaci s extremitou stanoviště i celkové zhoršování zdravotního stavu porostu a tak lze pro sníženou vitalitu očekávat sníženou životnost smrků pichlavých ve smrkovém lesním vegetačním stupni. Byl prokázán relativně těsný vztah mezi výškou (tloušťkou) a poloměrem koruny smrků pichlavých, vztah mezi výškou a výškou nasazení koruny je minimální. Koruna smrku se více rozrůstá jižním směrem, rozdíly jsou však malé, se stoupajícím LVS přírůst bočních větví klesá. Přímý vztah vzdálenosti mezi jedinci smrku a výšky nasazení koruny či dalšími parametry stromu se nepotvrdil.

Z analýzy dendromasy vyplývá, že sušina mladého jedince smrku pichlavého ve smrkovém lesním vegetačním stupni v Jizerských horách tvořila 43 až 49 % čerstvé hmotnosti stromu. Největší procentický obsah živin v ní je uložen v hmotě jehličí (průměrně 1,19 % N, 0,05 % P, 0,36 % K, 0,61 % Ca a 0,08 % Mg) a nejmenší ve dřevě kmene (0,09 % N, méně než 0,001 % P, 0,07 % K, 0,08 % Ca a 0,01 % Mg). Bylo zjištěno rozdílné zastoupení živin podle výšky na stromě: směrem od spodní do horní části koruny narůstal obsah N, P, K, Mg i S ve dřevě větví (s kůrou), s výškou rostl také obsah Ca a Mg a klesal obsah N, P a K v jehličí. S výškou na kmeni narůstal i obsah N, P, K a Mg v kůře. Z hlediska celkového objemu dvacetiletého porostu o hustotě 2 300 ks na hektar pak nejvíce živin obsahuje jehličí (od 45 % u Mg a Ca po 74 % u P), následované hmotou větví v kůře, kůrou kmene a nejméně živin je akumulováno ve dřevě kmene (od 1 % u P po 12 % u K). Limitním prvkem stanoviště s minimálním zastoupením jak v biomase, tak v půdě byl fosfor.

5.2. HODNOCENÍ MIKROKLIMATICKÉHO PŮSOBNÍ JEHLIČNATÝCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

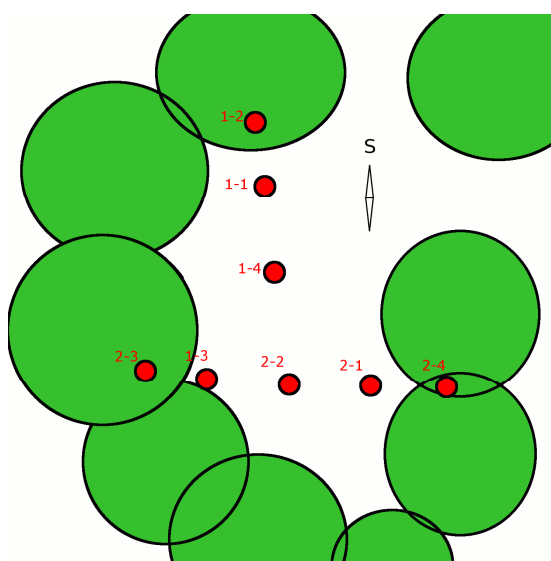
5.2.1. ŠETŘENÍ SVĚTELNÝCH POMĚRŮ

Hodnocení světelných poměrů mladého porostu smrku pichlavého sloužilo jako prostředek pro vyhodnocení fyziologických vlastností prosadeb (kapitola 5.4.2) a vztahu stínění prostředí k půdní vlhkosti (kapitola 5.3.2), proto o něm zmínku naleznete v příslušných pasážích.

5.2.2. ŠETŘENÍ TEPLOTNÍCH POMĚRŮ

5.2.2.1. Malá porostní mezera

Mrazové teploty se v hodnocené porostní mezeře v porostu smrku pichlavého na lokalitě Plochý (situaci čidel viz obr. 16) za sledované období vyskytly pouze v noci z 16. na 17. 10. a v nočních hodinách od 30. 10. do 2. 11. 2006. V této práci byly hodnoceny průměry hodnot čidel umístěných v polohách mezera (čidla 1-4 a 2-2), okraj koruny (1-1, 1-3 a 2-1) a pod korunou.



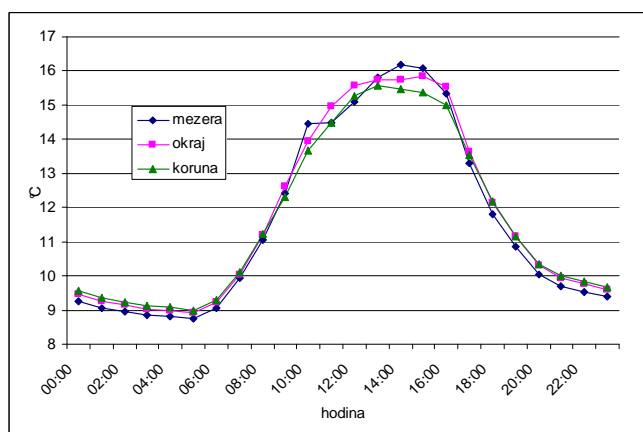
Obr. 16: Náčrt porostní situace umístění čidel v porostní mezeře na lokalitě Plochý.

Mezi soubory dat nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl, průměrnými teplotami za sledované období se polohy prakticky nelišily, pouze v mezeře byla teplota o 0,1 °C nižší (tab. 13). Nižší směrodatná odchylka pod korunou naznačuje větší vyrovnanost průběhu teplot v této poloze. Celková suma teplot byla nejnižší v mezeře, o 0,6 % vyšší pod korunou a o 1,1 % vyšší na okraji. Stejný poměr sum teplot byl i v případě posuzování pouze kladných teplot. Dále bylo zaznamenáno mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot (nočních mrazíků) směrem do krytu koruny.

Tab. 13: Souhrnné charakteristiky teplot (°C) na lokalitě Plochý za sledované období (13. 7. 2006 až 2. 11. 2006) podle polohy v porostu.

	Mezera	Okraj	Koruna
Průměr	11,58	11,74	11,66
Sm. odchylka	5,65	5,61	5,38
Suma celkem	31 101,4	31 515,5	31 297,5
Suma kladných	31 210,3	31 620,3	31 395,6
Suma záporných	-108,9	-104,8	-98,1
Počet záporných	44	43	40

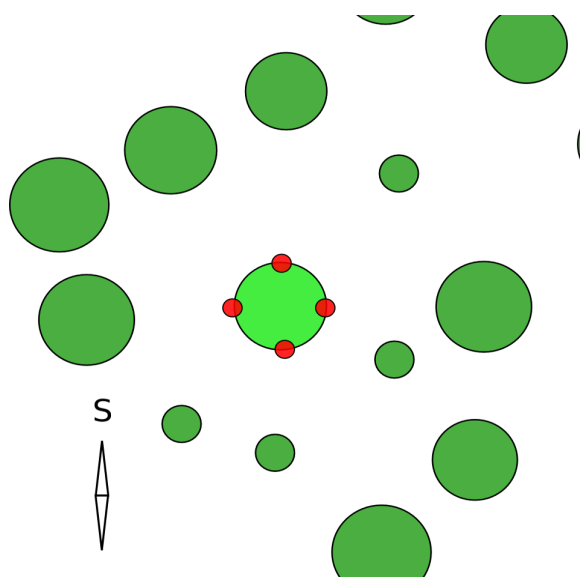
Z hlediska průměrného dne ukazují za sledované období noční teploty v mezeře nižší hodnoty, než je tomu v ostatních polohách (o 0,2 °C oproti okraji a o téměř 0,3 °C oproti koruně) – obr. 17. Ráno nastává rychlejší navyšování teploty při okraji koruny než pod korunou. Dopoledne a také v časném odpoledni byly vlivem přímého slunečního svitu nejvyšší průměrné teploty v mezeře – až o 0,4 °C vyšší než na okraji a o 0,7 °C než v koruně. Celkově lze konstatovat, že interiér koruny průměrně vykazoval nejvyrovnanější průběh teplot (amplituda o 0,9 °C menší než v mezeře).



Obr. 17: Teploty průměrného dne v malé porostní mezeře na lokalitě Plochý podle polohy v porostu.

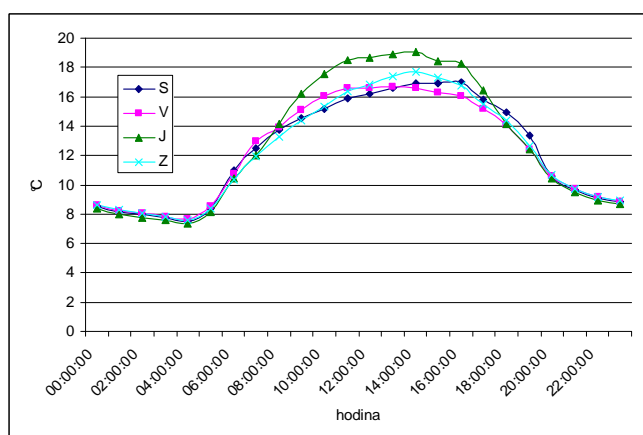
5.2.2.2. Okraj koruny smrku pichlavého

Porovnání průběhu teplot při okraji koruny smrku pichlavého na lokalitě Jizerka II (obr. 18) za období od 10. 5. do 13. 7. 2006 neprokázalo signifikantní rozdíly mezi polohami ($P = 0,071$). Z hlediska průměrných hodnot i sumy teplot se výrazněji vyčleňovala řada měření na jižní straně koruny (tab. 14), na jihu byl také vždy nejvyšší denní průměr (až o 1,45 °C) a suma teplot (až o 13 %). Výjimečnost na jih obrácené strany koruny lze vyčíst také z průběhu teplot průměrného dne (obr. 19), kdy se vlivem slunečního záření mezi 9. a 17. hodinou teploty na jižní straně vyšplhaly nad hodnoty na ostatních polohách, a to až o 2,5 °C.



Obr. 18: Náčrt situace umístění teplotních čidel na ploše Jizerka II.

Test minimálních denních teplot nevykazoval žádný vztah k poloze vůči světlovým stranám, u denních maxim byla pravděpodobnost výskytu rozdílu vyšší ($P = 0,091$) a poukazovala opět na vyšší teploty na jih obrácené straně koruny. Také v jednotlivých hodinách se teploty v různých polohách statisticky nelišily.



Obr. 19: Průměrný den za období měření (10. 5. do 13. 7. 2006) při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II. (S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.).

Tab. 14: Souhrnné charakteristiky teplot ($^{\circ}\text{C}$) při obvodu koruny SMP na lokalitě Jizerka II.

Orientace	S	V	J	Z
Průměr	12,37	12,34	12,90	12,38
Sm. odchylka	6,78	6,74	7,57	6,73
Suma	18 944,9	18 902,7	19 763,1	18 973,3
Suma kladných	18 963,3	18 918,0	19 785,0	18 987,4
Počet záporných (ks)	17	18	19	16
Suma záporných	-18,4	-15,3	-21,9	-14,1

Pozn.: S – severní strana, J – jižní strana koruny atd.

Při posouzení sum kladných a záporných teplot vykazovala jižní pozice nejextrémnější polohu – suma kladných teplot byla nejvyšší a suma záporných nejnižší (tab. 14). Porovnání průběhu kladných teplot vykazovalo hodnotu blízkou kritické hodnotě 95% pravděpodobnosti ($P = 0,059$), v případě záporných teplot nebyl rozdíl významný.

5.2.2.3. Výškový gradient

Z analýzy průběhu teplot ve sledovaných vrstvách vzduchu nad zemí (30 cm, 60 cm a 90 cm) na VP Lesní bouda (obr. 20) vyplynulo, že průměrná roční teplota byla nejvyšší v přízemní vrstvě (7,53 °C) a klesala s výškou nad zemí (7,19 °C ve výšce 90 cm) – tab. 15. Z přehledu průměrných měsíčních teplot však vyplývá, že hlavní vliv na zvýšení průměru při zemi měly zimní měsíce, kdy průměrná měsíční teplota ve 30 cm byla i o více než 1 °C výše než v 60 cm nad zemí (tab. 16). Opačný trend nastal v dubnu, kdy postupné odtávání umožnilo ohřev horních čidel, a v srpnu (v 32. až 34. týdnu).



Obr. 20: Umístění teplotních čidel ve výškovém gradientu na VP Lesní bouda.

Tab. 15: Hromadné teplotní charakteristiky pro modelový rok a pro období bez sněhu z měření výškového gradientu na VP Lesní bouda.

Období	Výška nad zemí						
	90 cm		60 cm		30 cm		
	°C	%	°C	%	°C	%	
Rok	Průměr	7,19	100	7,3	101,3	7,5	104,7
	Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
	Minimum	-13,9	100	-7,0	50,4	-6,9	49,6
	Suma	172 502,7	100	174 664,5	101,3	180 578,2	104,7
	Suma kladných	185 925,1	100	183 856,8	98,9	184 252,3	99,1
	Suma záporných	-13 422,3	100	-9 192,2	68,5	-3 674,1	27,4
	Počet záporných	4 471	100	4 399	98,4	3 516	78,6
Bez sněhu	Průměr	9,8	100	9,7	99,1	9,7	99,4
	Maximum	31,4	100	32,2	102,5	33,6	107,0
	Minimum	-6,6	100	-7,0	106,1	-6,9	104,5
	Suma	182 401,8	100	180 812,6	99,1	181 384,5	99,4
	Suma kladných	184 093,9	100	182 712,1	99,2	183 293,2	99,6
	Suma záporných	-1 692,1	100	-1 899,5	112,3	-1 908,6	112,8
	Počet záporných	929	100	1 030	110,9	1 041	112,1

Pozn.: Období bez sněhu – od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008.

Také maximální a minimální teploty v zimě byly ovlivněny vrstvou sněhu (tab. 16). Porovnáním denních minim a maxim byla, kromě období se sněhem, zjištěna vyšší teplotní amplituda v přízemní vrstvě vzduchu. Oproti 60 cm nad zemí to bylo až o 3,1 °C, průměrně o 0,7 °C, oproti 90 cm nad zemí pak až o 5,6 °C, průměrně o 1,5 °C. Rozšíření amplitudy bylo oboustranné, výraznější byla jak denní maxima, tak minima.

Tab. 16: Průměrné, maximální a minimální měsíční teploty výškového gradientu na VP Lesní bouda (90, 60 a 30 cm nad zemí).

Měsíc	Průměr			Maximum			Minimum		
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
1	-2,57	-1,41	-0,35	0,9	0,1	0,3	-8,1	-3,8	-1,4
2	-1,54	-0,68	-0,02	3,2	0,2	0,3	-6,3	-2,6	-0,9
3	-0,02	0,16	0,30	1,1	0,2	0,3	-1,3	0,1	0,3
4	3,87	3,42	2,66	16,0	15,8	14,9	-7,1	-4,9	-2,4
5	9,46	9,39	9,44	28,5	29,0	30,3	-2,1	-2,5	-2,7
6	12,69	12,60	12,66	27,6	27,9	29,3	-0,6	-0,5	-0,8
7	13,29	13,26	13,35	31,4	32,2	33,6	1,8	1,7	1,7
8	13,60	13,47	13,38	29,2	30,0	30,8	-1,3	-1,6	-1,7
9	7,54	7,47	7,58	21,3	21,9	23,0	-1,1	-1,5	-1,3
10	3,90	3,80	3,90	18,8	19,9	20,9	-6,6	-7,0	-6,9
11	-1,75	-1,13	0,29	10,4	11,0	11,7	-13,9	-5,1	-3,8
12	-3,87	-2,39	-0,68	5,8	0,1	0,4	-12,7	-5,8	-2,1
Rok	7,19	7,28	7,53	31,4	32,2	33,6	-13,9	-7,0	-6,9

Průměrná teplota období bez sněhu (od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008) se mezi čidly lišila nepatrně, také celková suma teplot se prakticky nelišila (do

1 %) – tab. 15. Zajímavý je rozdíl v součtu i počtu záporných teplot: nejmenší suma byla dle očekávání zaznamenána ve výšce 90 cm, nižší polohy měly sumu shodně o 12 % nižší.

Tab. 17: Četnost rozdílů teplot mezi měřeními v 15minutových intervalech za období bez sněhu výškového gradientu na VP Lesní bouda.

Rozdíl teplot °C	Výška nad zemí		
	90 cm	60 cm	30 cm
-6 – -5	1	4	5
-5 – -4	8	9	15
-4 – -3	42	42	47
-3 – -2	141	158	163
-2 – -1	773	775	829
-1 – 0	7 243	7 322	7 253
0 – 1	6 454	6 340	6 313
1 – 2	959	1 041	1 056
2 – 3	158	164	181
3 – 4	57	67	59
4 – 5	11	12	26
5 – 6	1	3	5
6 – 7	1	2	3
7 – 8			1
<i>Celkový součet</i>	<i>15 956</i>	<i>15 939</i>	<i>15 849</i>

Pozn.: Období bez sněhu – od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008). Z hodnocení byly vypuštěny záznamy beze změn teplot (0 °C). Záporné hodnoty značí pokles teplot mezi termíny měření, kladné nárůst.

V průběhu měření v období bez sněhu byl zaznamenán významný rozdíl mezi změnami teplot v 15min. intervalu v různých výškách nad povrchem země. S klesající výškou mírně klesal podíl dvou po sobě následujících měření beze změny teploty a narůstal podíl výraznějších teplotních zvrátů, a to jak směrem ke kladným, tak i záporným teplotám (tab. 17). Byly vybrány periody s teplotami pod bodem mrazu a vyhodnocena četnost teplot pod nulou a nižších než -1 °C. Z hodnocení vyplývá nižší počet záporných měření ve výšce 90 cm oproti nižším vrstvám vzduchu (o 10 % ve výšce 60 cm a 12 % ve výšce 30 cm). V případě teplot nižších než -1 °C byl počet záporných hodnot v 90 cm téměř shodně menší o 12 % od obou níže postavených teplotních čidel (tab. 17, 18).



Obr. A: Stahování dat ze staničky Noel na VP Lesní bouda.

Tab. 18: Počet mrazových teplot a počet mrazových teplot s teplotou nižší než $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ v jednotlivé dny na VP Lesní bouda.

Datum	Mrazové teploty celkem			Mrazové teploty $< -1\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	Výška nad zemí					
	90 cm	60 cm	30 cm	90 cm	60 cm	30 cm
28.8.2007		1	1			
29.8.2007	24	25	25	10	15	18
30.8.2007	9	12	15	4	4	6
16.9.2007		2	1			
19.9.2007	17	19	18		3	1
20.9.2007	11	13	12	2	6	4
6.10.2007	18	22	22	2	7	15
7.10.2007	5	8	9	3	5	5
8.10.2007	11	15	16	4	8	8
9.10.2007	26	26	27	19	25	24
10.10.2007	25	29	29	11	13	13
11.10.2007	28	30	30	27	28	29
13.10.2007	27	28	27	27	27	27
14.10.2007	61	61	62	57	59	60
15.10.2007	29	29	29	20	28	28
18.10.2007	23	24	22	6	7	6
19.10.2007	78	78	76	60	67	55
20.10.2007	67	66	61	45	45	34
21.10.2007	76	76	74	69	69	68
22.10.2007	81	81	81	77	75	73
23.10.2007	50	51	49			
24.10.2007	3	7	3			
31.10.2007	32	33	33	19	22	22
1.11.2007		3	5			
2.11.2007		1	2			
4.11.2007	6	6	4			
5.11.2007	70	72	73	51	53	51
6.11.2007	85	85	84	74	75	73
27.4.2008	14	24	27		10	25
3.5.2008	3	3	3			
4.5.2008	11	12	12	1	6	6
7.5.2008	13	24	28	12	13	13
8.5.2008			3			
9.5.2008		2	5			
10.5.2008	4	15	20			3
11.5.2008	10	21	22			7
19.5.2008	5	7	7			
20.5.2008		1	1			
24.5.2008		5	6			
14.6.2008	3	4	6			
15.6.2008			1			
17.6.2008	4	9	10			
<i>Celkový součet</i>	<i>931</i>	<i>1 032</i>	<i>1 043</i>	<i>602</i>	<i>672</i>	<i>676</i>

Pozn.: Za období bez sněhu – od 3. 8. 2007 do 6. 11. 2007 a od 27. 4. 2008 do 2. 8. 2008.

5.2.3. DÍLČÍ ZÁVĚR

Na základě výsledků šetření teplotních poměrů v malé porostní mezeře o velikosti půl krát jedna porostní výška v porostu smrku pichlavého ve stádiu tyčkovin lze konstatovat, že mezi polohami je nepatrně rozdílný průběh teplot, daný omezeností dopadu přímého slunečního záření. Interiér koruny vykazuje nejvyrovnanější průběh teplot, poloha uprostřed mezery má nejvyšší teplotní amplitudu za sledované období (o 0,9 °C). Pravděpodobně díky vyšší absorptivitě slunečního záření jehličím v poloze při okraji koruny byla v této poloze celková suma teplot nejvyšší (o 1,1 % oproti mezeře). Bylo také zaznamenáno mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot nočních mrazíků směrem do krytu koruny.

Ze sledování průběhu teplot při obvodu jedince smrku pichlavého vyplývá, že na jih obrácená strana koruny zažívá nejextrémnější průběh teplot projevující se v jarním období zvýšením teplotní amplitudy jak směrem ke kladným, tak záporným teplotám a nejvyšším denním průměrem (až o 1,45 °C) a sumou teplot (až o 13 %). Výjimečnost na jih obrácené strany koruny vyplynula také z průběhu teplot průměrného dne sledovaného období, kdy vlivem slunečního záření mezi 9. a 17. hodinou teploty na jižní straně převýšily hodnoty v ostatních polohách (až o 2,5 °C).

Z analýzy teplot ve výškovém gradientu přízemních teplot vyplývá, že kromě sněhového období jsou přízemní vrstvy vzduchu vystaveny silnějším teplotním zvratům, stejně jako silnějšímu působení pozdních mrazů. Mimo období se sněhem byla v přízemní vrstvě vzduchu (30 cm) zjištěna oboustranně rozšířená amplituda teplot (až o 5,6 °C oproti výšce 90 cm nad zemí). S klesající výškou mírně klesal podíl dvou po sobě následujících měření (po 15 min.) beze změny teploty a narůstal podíl výraznějších teplotních zvratů jak směrem ke kladným, tak záporným teplotám. Z hodnocení vyplývá až o 12 % nižší počet záporných měření a teplot nižších než -1 °C ve výšce 90 cm oproti nižším vrstvám vzduchu. V případě sledované lokality tak lze konstatovat snížení výskytu přízemních mrazíků až ve výšce nad 60 cm nad zemí.

5.3. ŠETŘENÍ PŮDNÍCH POMĚRŮ

5.3.1. POROVNÁNÍ STAVU PŮDY POD SMRKEM PICHLAVÝM A TŘTINOU CHLOUPKATOU

Analýzou stavu svrchních půdních horizontů pod mladým porostem smrku pichlavého v porovnání s travním porostem třtiny byla zjištěna průkazně vyšší tloušťka opadu a horizontu Ah pod smrkem a horizontu H pod třtinou. Tloušťka všech humusových horizontů celkem byla průkazně vyšší pod třtinou (tab. 19).

Tab. 19: Tloušťka jednotlivých půdních horizontů (cm) pod smrkem pichlavým a pod travním porostem (třtinou) na lokalitě Plochý. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Horizont	smrk pichlavý		třtina chloupkatá	
	průměr	s_x	průměr	s_x
L	2,86a	0,69	1,93b	0,32
F	2,86	0,83	3,21	0,51
H	3,93a	1,18	6,50b	0,23
Ah	7,29a	1,13	3,79b	1,46
Holorganické horizonty celkem	9,64a	1,78	11,64b	0,47

Půda pod třtinou vykazovala neprůkazně vyšší akumulaci sušiny v horizontech F a H (tab. 22). Celkově bylo pod smrkem nahromaděno 153 tun a pod třtinou 174 tun sušiny na 1 ha. Půdy byly velmi silně kyselé (pH/KCl 3,2 až 3,7), směrem do spodních vrstev se pH snižovalo. Půda pod smrkem vykazovala vyšší variabilitu kyselosti (tab. 20).

Tab. 20: Průměrné hodnoty vybraných pedochemických charakteristik. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Varianta	Horizont	pH /KCl	S (mval.kg ⁻¹)	T (mval.kg ⁻¹)	V (%)	Výměnná acidita (mval.kg ⁻¹)	Výměnný H ⁺ (mval.kg ⁻¹)	Výměnný Al ³⁺ (mval.kg ⁻¹)		
smrk pichlavý	L	P _L	3,7	9,6a	37,3a	27,6	36,4	9,5	23,5	
		R _L	0,4	7,2	13,7	11,4	13,2	8,4	26,4	
	F	P _L	3,3	19,8	70,3	27,3	87,2	9,7	80,7	
		R _L	0,4	7,7	5,9	10,9	57,3	5,6	58,2	
	H	P _L	3,4	12,4	60,1	20,1	125,2	3,8	121,6	
		R _L	0,1	1,4	13,9	2,5	26,7	0,6	26,9	
	Ah	P _L	3,2	8,0	37,6	21,7	102,3	3,0	99,0	
		R _L	0,2	3,1	12,1	6,9	17,1	0,5	17,5	
	třtina chloupkatá	L	P _L	3,6	15,6b	49,6b	33,2	49,1	14,1	35,8
			R _L	0,2	8,4	9,4	19,3	6,3	7,7	13,1
F		P _L	3,5	17,8	67,9	27,2	89,1	9,0	80,0	
		R _L	0,1	2,3	8,0	2,3	11,2	1,3	12,9	
H		P _L	3,4	13,3	59,2	22,4	114,1	5,1	109,4	
		R _L	0,1	4,7	7,6	5,5	15,2	1,0	15,4	
Ah		P _L	3,3	7,1	33,6	21,1	90,8	2,9	87,8	
		R _L	0,1	1,1	5,1	0,6	11,4	0,5	10,1	

P_L – průměrná hodnota vypočítaná Hornovou metodou

R_L – pivotový interval (Pivot Range) vypočítaný Hornovou metodou

S – obsah bází, T – kationtová výměnná kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi

Rozborem byl zjištěn průkazně vyšší obsah výměnných bází v horizontu opadu ve variantě třtina (15,6 a 9,6 mval.kg⁻¹), v ostatních horizontech se tento rozdíl nevyskytoval. Půdy společně vykazovaly nízkou saturaci sorpčního komplexu bázemi, opět s neprůkaznými rozdíly. V horizontu opadu varianty třtina byl nalezen vyšší obsah výměnných vodíkových kationů (14,1 oproti 9,5 mval.kg⁻¹), hodnoty v ostatních horizontech byly srovnatelné. Rozdíly v průměrném obsahu výměnného hliníku byly opět neprůkazné.

Tab. 21: Průměrný obsah živin v půdních horizontech. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Varianta	Horizont		P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Cox (%)	Ntot (%)	
smrk pichlavý	L	P _L	59,0	950,0	1 079,0	250,0	35,4	1,5	
		R _L	66,0	1140,0	350,0	208,0	3,0	0,4	
	F	P _L	38,0	625,0	1 167,0	356,0	33,3	1,7	
		R _L	16,0	218,0	566,0	204,0	3,0	0,3	
	H	P _L	17,0	367,0	797,0	234,0	26,7	1,4	
		R _L	10,0	178,0	122,0	132,0	5,4	0,5	
	Ah	P _L	6,0 ^a	193,0	411,5	103,0	18,7	0,9	
		R _L	6,0	132,0	107,0	64,0	6,2	0,2	
	třtina chloupkatá	L	P _L	63,0	1155,0	1 027,0	317,0	33,0	1,6
			R _L	18,0	394,0	358,0	194,0	14,2	0,3
F		P _L	36,0	682,0	996,0	341,0	33,8	1,7	
		R _L	8,0	276,0	232,0	122,0	2,6	0,2	
H		P _L	14,0	375,0	813,0	192,0	27,8	1,6	
		R _L	4,0	70,0	202,0	16,0	6,5	0,3	
Ah		P _L	3,0 ^b	158,5	468,5	105,0	16,8	0,8	
		R _L	2,0	43,0	41,0	16,0	4,6	0,2	

Pozn.: Cox – oxidovatelný uhlík, Ntot – celkový dusík.

S výjimkou fosforu v horizontu Ah, jehož obsah byl průkazně vyšší pod smrkem pichlavým, nebyly zjištěny signifikantní rozdíly obsahu prvků mezi variantami (tab. 21). Kromě hořčíku procentický obsah prvků výrazně klesal s hloubkou půdy.

Tab. 22: Průměrné obsahy sušiny, živin a humusu v humusových horizontech na hektar (průměry vypočítané Hornovou metodou). Bez průkazných rozdílů.

Varianta	Horizont na 1 ha	Sušina (t)	P (kg)	K (kg)	Ca (kg)	Mg (kg)	Cox (t)	Ntot (t)	Humus (t)
smrk pichlavý	L	7,62	0,45	7,24	8,22	1,90	2,70	0,11	4,58
	F	42,50	1,61	26,56	49,59	15,13	14,15	0,72	24,06
	H	103,12	1,75	37,85	82,19	24,13	27,53	1,44	46,81
	<i>Celkem</i>	<i>153,23</i>	<i>3,82</i>	<i>71,64</i>	<i>140,00</i>	<i>41,16</i>	<i>44,38</i>	<i>2,28</i>	<i>75,45</i>
	třtina chloupkatá	L	7,74	0,49	8,94	7,95	2,45	2,56	0,12
třtina chloupkatá	F	50,69	1,82	34,57	50,49	17,28	17,13	0,86	29,13
	H	115,12	1,61	43,17	93,59	22,10	32,00	1,84	54,41
	<i>Celkem</i>	<i>173,55</i>	<i>3,92</i>	<i>86,68</i>	<i>152,03</i>	<i>41,84</i>	<i>51,69</i>	<i>2,83</i>	<i>87,88</i>

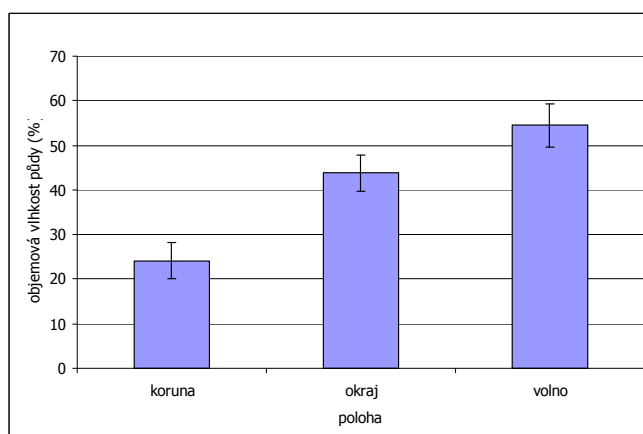
Pozn.: Cox – oxidovatelný uhlík, Ntot – celkový dusík

Při porovnání celkového obsahu prvků v humusových horizontech pod smrkem pichlavým a pod třtinou na hektar nebyly zjištěny žádné průkazné rozdíly (tab. 22). Největší (neprůkazné) rozdíly mezi průměrnými zásobami byly nalezeny u draslíku a vápníku: pod porostem třtiny bylo průměrně (Hornův průměr) o 20 % více draslíku a o 9 % vápníku než pod smrkem, také obsah oxidovatelného uhlíku zde byl o 16 % vyšší. Obsah ostatních prvků se lišil do několika procent.

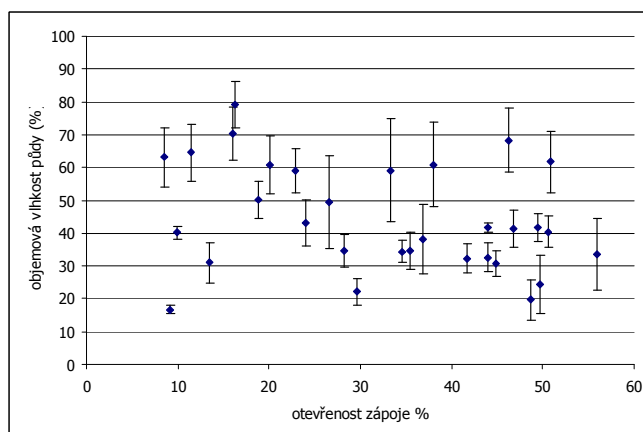
5.3.2. PŮDNÍ VLHKOST

5.3.2.1. Lokalita Ořešník

Při měření půdní vlhkosti svrchní části horizontu A (Ah) v transektu pod porostem smrku pichlavého na VP Ořešník připadlo 47 měrných bodů pod korunu SMP, 96 na okraj koruny a 96 do mezer (na volno). Posouzením průměrné objemové vlhkosti těchto tří poloh byl zjištěn vysoce průkazný vzestupný trend vlhkosti ve směru koruna – okraj koruny – volno (průměrně 24 %, 44 % a 54 %; obr. 21). Naproti tomu nebyl zjištěn žádný vztah vlhkosti a parametru otevřenosti zápoje zjištěného metodou hemisferické fotografie (obr. 22). Vlhkost v rámci jednotlivých sond vykazovala výrazné lokální kolísání.



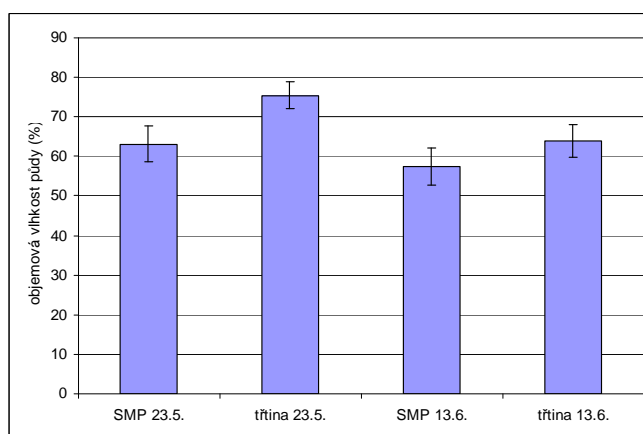
Obr. 21: Průměrná objemová vlhkost svrchní části horizontu A půdy na VP Ořešník podle polohy vůči koruně SMP s intervaly spolehlivosti (confidence, $\alpha = 0,01$).



Obr. 22: Vztah otevřenosti zápoje a objemové vlhkosti svrchní části horizontu A. Úsečky představují intervaly spolehlivosti měření vlhkosti (vypočítané z 6 až 9 měření v jednotlivých sondách).

5.3.2.2. Lokalita Plochý

Z porovnání objemové vlhkosti půdy z měření ve dvou termínech v okolí výzkumné plochy Plochý vyplynula v obou případech vyšší průměrná vlhkost v horizontu A pod porostem třtiny, než pod smrkem pichlavým (obr. 23). Rozdíl byl v prvním termínu o 12 % a ve druhém již pouze o 6 % objemové vlhkosti. V porostu SMP pak byla vždy nejvyšší vlhkost na okraji korun, následovala poloha mezi smrky (na volné ploše bez korunového zápoje) a nejnižší vlhkost jsme zaznamenali pod korunou (tab. 23). V obou termínech měření byla vlhkost v horizontu A v půdě na volné ploše bez korunového zápoje v porostu SMP o cca 20 % nižší, než vlhkost pod porostem třtiny.



Obr. 23: Průměrná objemová vlhkost (%) svrchní části půdního horizontu A pod porostem SMP a třtiny ve dvou termínech měření v roce 2007 na lokalitě Plochý. Úsečky znázorňují intervaly spolehlivosti.

Tab. 23: Průměrná objemová vlhkost (%) horizontu A pod smrkem pichlavého (SMP) ve variantách volno (v mezerách), okraj (při okraji koruny SMP), koruna (pod korunou SMP) a pod porostem třtiny.

	23. 5. 2007				13. 6. 2007			
	SMP		třtina		SMP		třtina	
	průměr	conf.	průměr	conf.	průměr	conf.	průměr	conf.
Průměr	63,13	10,68	75,28	8,72	57,38	9,70	63,89	6,51
Volno	61,59	11,75			50,58	9,74		
Okraj	81,67	6,78			75,78	4,94		
Koruna	51,03	7,52			49,65	7,41		

Pozn.: conf. – hodnota spolehlivosti (confidence).

5.3.3. DÍLČÍ ZÁVĚR

Srovnání charakteristik kvality svrchních půdních horizontů pod smrkem pichlavým a pod třtinou chloupkatou přineslo jen velmi malé rozdíly mezi půdami. Byla zjištěna průkazně vyšší tloušťka opadu a horizontu Ah pod smrkem a humifikačního horizontu pod třtinou, tloušťka všech humusových horizontů celkem byla průkazně vyšší pod třtinou (o 2 cm).

Celkově bylo pod smrkem nahromaděno 153 tun a pod třtinou 174 tun sušiny na 1 ha. Obě půdy byly velmi silně kyselé (pH/KCl 3,2 až 3,7). Byl zjištěn průkazně vyšší obsah výměnných bází v horizontu opadu ve variantě třtina (15,6 a 9,6 mval.kg⁻¹), s výjimkou fosforu v horizontu Ah, jehož obsah byl průkazně vyšší pod smrkem pichlavým, nebyly zjištěny signifikantní rozdíly obsahu prvků mezi variantami. Kromě hořčíku procentický obsah prvků výrazně klesal s hloubkou půdy. I když byly porovnáním celkového obsahu prvků v humusových horizontech pod smrkem pichlavým a pod třtinou na hektar zjištěny průměrné obsahy některých prvků vyšší pod porostem třtiny (až o 20 % u draslíku), rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné. Z hlediska kvality svrchních horizontů půdy tak v současnosti námi studovaný porost smrku pichlavého a třtiny vykazují prakticky srovnatelné podmínky.

Měřením objemové vlhkosti svrchní části horizontu A v mladém porostu smrku pichlavého na VP Ořešník byl zjištěn průkazný nárůst půdní vlhkosti směrem od polohy v koruně do porostních mezer (průměrná vlhkost půdy pod korunou byla 24 %, na okraji koruny 44 % a v mezerách 54 %). Vlhkost půdy neměla žádný vztah k parametru otevřenosti zápoje zjištěnému metodou hemisferické fotografie. Průměrná objemová vlhkost půdy pod porostem třtiny na lokalitě Plochý vykazovala v termínech měření vyšší hodnoty, než polohy v porostu SMP, kde byla nejnižší vlhkost zjištěna opět pod korunami smrků.

5.4. ŠETŘENÍ V PROSADBÁCH BUKU

5.4.1. MORTALITA A MORFOLOGICKÁ ŠETŘENÍ BUKU

Výzkum byl prováděn na šesti výzkumných plochách umístěných v 6. až 8. LVS (tab. 24).

Tab. 24: Základní informace o plochách. Pozn.: S – standardní, P – poloodrostky, 20 % nej. – nejvyšších jedinců. Charakteristika porostu smrku je uvedena v tabulce 7 a kapitole 4.1.

Plocha	SLT	Výsadba		Vylepšení Počet	Mortalita	2007 Prům. výška		Hustota porostu SMP
		Počet	Sadební materiál			vše	20 % nej.	
Plochý	8K	473	S	118	49 %	78,9	109,6	2 340
Ořešník	7K	444	S	216	57 %	158,1	197,2	1 520 / 1 260
Paličnick 1	7K	86	S	?	46 %* a 24 %**	87,5	172,5	1 925 (SMZ)
Paličnick 2	7K	140	S	?	31 %* a 12 %**	150,6	275,1	2 200
Předěl	7K	134	S	91	56 % (53 %* a 26 %**)	124,9	221,2	1 470
Smrk	6K	252	P	67	43 %	371,0	478,2	950

* pravděpodobná mortalita od výsadby po rok vylepšování

** pravděpodobná mortalita od vylepšování

5.4.1.1. Celková mortalita

Výzkumné plochy (kromě VP Jizerka II a Lesní bouda) byly založeny formou důsledného dodržování pravidelného sponu. To se odrazilo v početním rozložení buků vzhledem k nejbližšímu kmenu smrku: na VP Plochý, Ořešník a Paličnick 1 (porost SMZ, sadba kopečková) rostla třetina prosadby po vylepšení ve vzdálenosti 90 – 120 cm od nejbližšího SMP, na VP Paličnick 2 (porost SMP, sadba jamková) pak polovina buků rostla ve vzdálenosti 60 až 120 cm od nejbližšího SMP. Na výzkumné ploše Předěl bylo početní rozložení buků podle vzdáleností rovnoměrnější, pravděpodobně díky většímu sponu se však buky blíže než 90 cm od nejbližšího kmene prakticky nevyskytovaly. Vzhledem k chybám v evidenci jedinců z původní a nové výsadby se jednotně na všech plochách zabýváme až vývojem mortality po vylepšování.

Tab. 25: Počty jedinců (N) v třídách podle vzdálenosti od kmene nejbližšího SMP na VP Plochý v roce 1998 a 2008 a vývoj počtu v průběhu let (%).

Vzdálenost	98 N	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	08 N	
		%											
30–59	36	80,6	75,0	77,8	66,7	66,7	61,1	58,3	58,3	61,1	58,3	21	
60–89	86	79,1	76,7	69,8	59,3	57,0	53,5	52,3	51,2	51,2	51,2	44	
90–119	134	78,4	80,6	71,6	66,4	65,7	61,9	61,2	60,4	59,7	55,2	74	
120–149	70	77,1	82,9	77,1	68,6	64,3	60,0	60,0	60,0	60,0	57,1	40	
150–179	24	79,2	79,2	62,5	62,5	45,8	45,8	33,3	33,3	33,3	33,3	8	
180–209	65	76,9	73,8	69,2	58,5	55,4	44,6	43,1	41,5	43,1	38,5	25	
Celkem	415	78,3	78,6	71,8	63,9	61,0	56,1	54,5	53,7	54,0	51,1	212	

Pozn.: Zahrnuti jsou pouze jedinci, u kterých byl údaj v roce 1996 zaznamenán.

U buků na výzkumné ploše Plochý (8. LVS) se nejvýraznější mortalita projevila v prvním, třetím a čtvrtém roce po vylepšení, poté už byl meziroční úbytek menší, celkem odumřelo 49 % buků z počtu po vylepšení (tab. 25). Na VP Ořešník (7. LVS) byla situace obdobná, opět nejkritičtější byl třetí a čtvrtý rok po vylepšení, celková mortalita byla vyšší – 57 % počtu po vylepšení (tab. 26).

Tab. 26: Počty jedinců (N) v třídách podle vzdálenosti od kmene nejbližšího SMP na VP Ořešník v roce 1998 a 2008 a vývoj počtu v průběhu let (%).

Vzdálenost	98 N	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	08 N
		%										
30–59	33	100,0	93,9	84,8	75,8	69,7	66,7	66,7	63,6	60,6	63,6	21
60–89	78	96,2	93,6	78,2	67,9	65,4	61,5	53,8	52,6	50,0	48,7	38
90–119	145	93,8	86,2	60,7	49,7	45,5	42,8	42,1	41,4	39,3	39,3	57
120–149	90	92,2	82,2	62,2	51,1	48,9	47,8	46,7	44,4	44,4	43,3	39
150–179	30	93,3	83,3	70,0	50,0	46,7	46,7	43,3	43,3	40,0	36,7	11
180–209	34	94,1	82,4	58,8	41,2	38,2	38,2	32,4	32,4	26,5	26,5	9
Celkem	411	94,4	86,9	66,7	54,7	51,3	49,1	46,5	45,3	43,1	42,6	175

Pozn.: Zahřnuti jsou pouze jedinci, u kterých byl údaj v roce 1996 zaznamenán.

Z 86 buků vysazených bez individuální ochrany v roce 1995 na VP Paličnick 1 bylo v roce 1998 nalezeno 27 jedinců, což pravděpodobně znamená mortalitu téměř 70 % (blíže viz kapitola 4.1.3). Celková mortalita od vylepšení byla cca 24 %. Přestože dosadba na plochách Paličnick 1 a 2 byla provedena v roce 1998, z neznámých příčin počet buků, u kterých byla zaznamenána vzdálenost od kmene nejbližšího SM, až do roku 2000 stoupal a ke kolísání počtu docházelo i v následujících letech (tab. 27). Na VP Paličnick 2 byla mortalita v prvních třech letech po výsadbě pravděpodobně pouze 31 %, od vylepšení do roku 2007 pak pouze 12 %. Vzhledem ke kolísání početních údajů není možné korektně zachytit rok zlomu v rychlosti odumírání jedinců.

Tab. 27: Počty jedinců (N) v třídách podle vzdálenosti od kmene nejbližšího SMP na VP Paličnick 1 a 2 v roce 1998 (stav před vylepšováním) až 2000 a 2007 a vývoj počtu v průběhu let (stav v roce 2000 = 100 %).

Plocha	Vzdálenost	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	07 N	
		N			%								
Paličnick 1	60–89	8	18	18	66,7	50,0	61,1	66,7	72,2	72,2	72,2	13	
	90–119	10	32	33	100,0	63,6	84,8	78,8	81,8	81,8	75,8	25	
	120–149	7	17	18	94,4	61,1	88,9	77,8	77,8	72,2	72,2	13	
	150–179	2	13	14	100,0	78,6	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	13	
	180–209		5	6	66,7	66,7	66,7	50,0	33,3	33,3	33,3	2	
	Celkem	27	90	94	88,3	60,6	80,9	77,7	77,7	77,7	75,5	71	
Paličnick 2	30–59	8	9	12	100,0	58,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	12	
	60–89	32	32	38	107,9	84,2	89,5	89,5	94,7	86,8	92,1	35	
	90–119	27	27	30	100,0	90,0	90,0	90,0	93,3	83,3	86,7	26	
	120–149	18	18	21	100,0	71,4	81,0	81,0	85,7	85,7	90,5	19	
	150–179	5	5	5	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	5	
	Celkem	96	97	115	100,0	78,3	87,0	87,0	90,4	85,2	87,8	101	

Pozn.: Zahřnuti jsou pouze jedinci, u kterých byl údaj v roce 2001 zaznamenán.

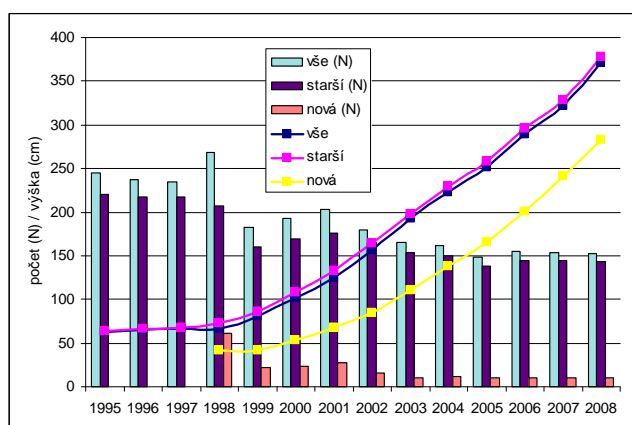
Mortalita původních prosadeb buku na VP Předěl, která dosáhla v roce dosadeb (tzn. 3 roky po výsadbě) cca 53 %, již byla takřka konečná. Naproti tomu mortalita buků z vylepšování se nejvíce projevila ještě 4. a 8. rok po výsadbě a dosáhla cca 43 % (tab. 28).

Tab. 28: Počty jedinců (N) v třídách podle vzdálenosti od kmene nejbližšího SMP na VP Předěl v roce 1998 a 2007 a vývoj počtu v průběhu let (stav 1998 = 100 %) u jedinců z původní výsadby a z vylepšování v roce 1998 (nové).

Varianta	Vzdálenost	98 N	99	00	01	02	03 %	04	05	06	07	07 N
Původní	Celkem	54	94,4	90,7	100,0	87,0	96,3	96,3	98,1	94,4	94,4	51
Nové	90–119	15	93,3	93,3	100,0	73,3	73,3	66,7	66,7	60,0	60,0	9
	120–149	21	100,0	104,8	100,0	57,1	71,4	71,4	76,2	66,7	61,9	13
	150–179	15	100,0	100,0	93,3	33,3	40,0	40,0	46,7	33,3	40,0	6
	180–209	12	100,0	83,3	91,7	66,7	66,7	66,7	75,0	66,7	66,7	8
	210–239	6	83,3	66,7	83,3	50,0	83,3	83,3	83,3	66,7	66,7	4
	Celkem	79	97,5	94,9	96,2	53,2	69,6	68,4	72,2	57,0	57,0	45
Celkem vše		133	97,0	94,0	100,8	68,4	82,7	82,0	85,0	74,4	74,4	99

Pozn.: Zahnuti jsou pouze jedinci, u kterých byl údaj v roce 2001 zaznamenán. Celkem – všichni jedinci, tzn. včetně těch bez označení původu.

Při původní prosadbě na VP Smrk (6. LVS) byly použity poloodrostky. Podle dostupné evidence zde v roce vylepšování rostlo 82 % výsadbového počtu buků, což je výrazně vyšší procento, než u všech výše položených ploch se standardním výsadbovým materiálem. Větší zlom v mortalitě nastal po 4 letech po výsadbě (1999, obr. 24). Kolísání počtu v následujících letech souviselo s nižší úspěšností dohledání pouze přežívajících jedinců, kteří postupně odumřeli. Celková mortalita původní výsadby do roku 2008 však dosáhla 43 %. Buky z vylepšování vykazovaly nejvyšší mortalitu následující rok po výsadbě a pak opět ve 4. roce po výsadbě (obr. 24).



Obr. 24: Vývoj počtu a průměrné výšky živých jedinců výsadby buků z roku 1996 (starší), vylepšování v roce 1998 (nová) a dohromady (vše) na VP Smrk.

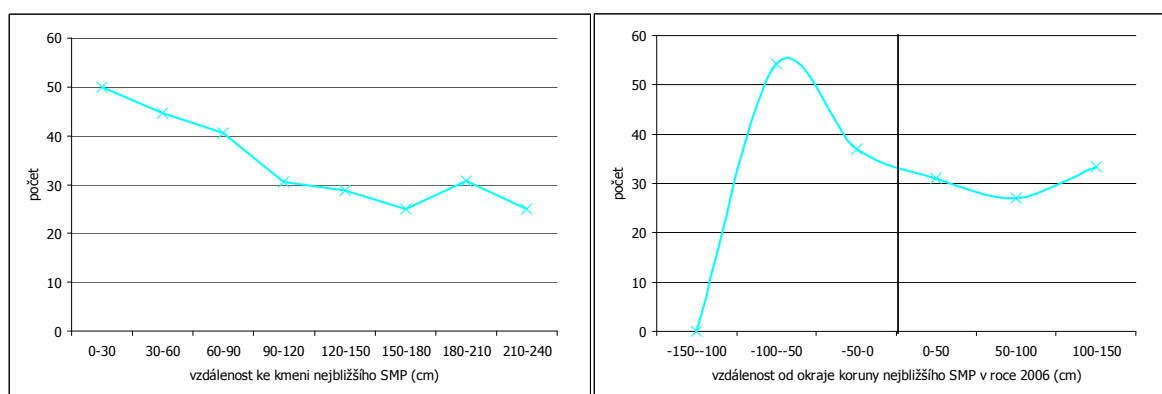
Prostokořenné sazenice buku prosázené do mlaziny smrku ztepilého a pichlavého na klimaticky extrémní výzkumné ploše Lesní bouda (8. LVS) v Krkonoších vykazovaly první rok po podzimní výsadbě mortalitu minimální (do 5,5 %). Vzhledem k tomu, že

u buku šok po výsadbě přetrvává nejčastěji 2–3 roky, je prosperita nového porostu záležitostí následujících let.

5.4.1.2. Mortalita podle vzdáleností od kmene nejbližšího smrku

Při posuzování mortality podle vzdáleností od nejbližšího kmene smrku pichlavého lze říci, že na výzkumné ploše Plochý byla přibližně srovnatelná šance na přežití u buků vysazených se vzdáleností 30 až 150 cm od kmene, mortalita po 30 cm vzdálenostních intervalech zde byla průměrně 44 %. Na VP Ořešník byl zaznamenán trend nárůstu mortality směrem z interiéru koruny do porostních mezer (s výjimkou nejpočetnější skupiny ve vzdálenosti 90–120 cm); zatímco mortalita buků u kmene SMP dosahovala 36 %, ve vzdálenosti 180–210 cm to již bylo cca 74 %. Naproti tomu na VP Paličnick 1 odumřelo nejméně buků od vylepšování u skupiny rostoucí ve vzdálenosti 150–180 cm od nejbližšího kmene smrku ztepilého (pouze cca 7 %), ostatní vzdálenostní intervaly mají svorně mortalitu kolem 26 %. Na VP Paličnick 2 jsme z dostupných dat nezjistili žádnou mortalitu u nejbližších a také nejvzdálenějších buků od kmene SMP, nejvyšší mortalita byla ve střední vzdálenosti mezi těmito polohami (v rozmezí 90–120 cm) a dosáhla 23 %. Z analýzy dat buků z dosadby na VP Předěl vychází mírný pokles mortality směrem od nejbližší vzdálenosti od smrků do mezer, s výjimkou intervalu vzdálenosti 150–179 cm. Na rozdíl od ostatních ploch je zde však minimální vzdálenost buků od kmene smrků vysoká – 90 cm a většina stromků zde roste prakticky mimo podkorunový prostor smrků.

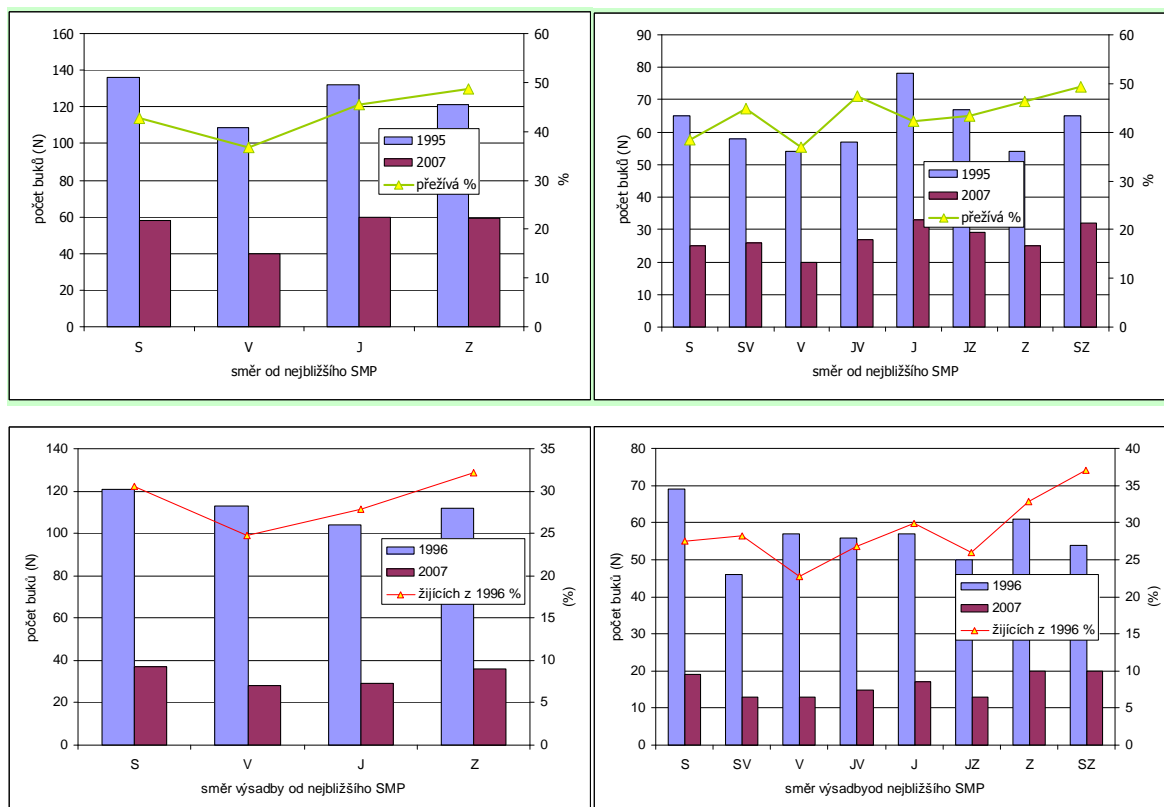
Na VP Plochý byl pozorován pokles podílu poškození myšovitými hlodavci na mortalitě se vzdáleností od kmene SMP – zatímco u kmene z tohoto důvodu uhynulo zhruba 50 %, ve vzdálenost 210–240 cm to bylo už jen 25 % všech odumřelých jedinců (obr. 25). Celková mortalita buku za období 1995–2007 byla 58 %, mortalita způsobená myšovitými pak 24 % původního počtu. Zpracování dat podle vzdálenosti výsadby od okraje koruny v roce 2006 přineslo výsledky obdobné (obr. 25). Naproti tomu na VP Smrk v 6. LVS bylo poškození myšovitými zaznamenáno pouze u 3 % buků. Pravděpodobně to souvisí s celkovým rychlejším zapojením plochy.



Obr. 25: Podíl poškození buků myšovitými hlodavci na počtech odumřelých buků (100 %) podle vzdáleností od kmene nejbližšího SMP (vlevo) a od okraje koruny nejbližšího SMP (vpravo) na VP Plochý. Pozn.: svislá čára značí okraj koruny, záporné – hodnoty prostor pod korunou, kladné – směr do mezer.

5.4.1.3. Mortalita prosadů podle směrů výsadby

Porovnáním mortality podle směrů výsadby vůči nejbližšímu jedinci smrku pichlavého bylo zjištěno, že jak na ploše Plochý tak Ořešník byla nejvyšší mortalita u výsadby vysazených na východ od nejbližšího smrku (obr. 26). Tento výsledek byl potvrzen jak při rozdělení směrů na 4 tak na 8 dílů podle světových stran. Nejvyšší přežívání pak bylo u obou ploch nalezeno v okolí severozápadní strany korun SMP. Na ploše Ořešník je náskok přežívání před ostatními směry výraznější než na ploše Plochý a dosahuje až 14 %.



Obr. 26: Počet buků při výsadbě a v roce 2007 podle směrů (z hlediska světových stran) výsadby vůči nejbližšímu SMP a procento přeživších buků z výsadbového počtu za období sledování na výzkumné ploše Plochý (nahore) a Ořešník (dole).

Tab. 29: Počty buků podle směru výsadby vzhledem k nejbližšímu jedinci SMP na ploše Jizerka II.

Směr	2001	2007	%
S	37	10	27,03
V	20	11	55,00
J	39	11	28,21
Z	41	7	17,07
Celkem	137	39	28,47

Pozn.: 2001 – při výsadbě, 2007 – v roce 2007, % – procento přeživších.

Při posuzování vlivu směru výsadby od nejbližšího SM na VP Jizerka II vychází naproti tomu nejnížší mortalita při východní straně koruny, zhruba srovnatelná je ze severu a jihu a nejvyšší při výsadbě na západní stranu koruny (tab. 29), tedy výsledek v rozporu s výše analyzovanými plochami. Díky výraznému vlivu zmiňovaných faktorů prostředí (viz kapitola 5.4.1.6) na výsadbu a nízkému počtu jedinců však nelze na této ploše směru výsadby přisuzovat vyšší význam.

5.4.1.4. Výškový vývoj

Průměrná výška (h) všech buků na sledovaných výzkumných plochách v roce 2007 byla nejvyšší na výzkumné ploše Smrk v 6. LVS, na které však byl také použit silnější sadbový materiál (322,4 cm), poté následovala plocha Ořešník (158,1 cm) a Paličnick 2 (150,6 cm), nejmenší průměrné výšky buku byly nalezeny na výzkumné ploše Plochy (78,9 cm) – tab. 24. Průměrná výška 20 % nejvyšších jedinců v roce 2007 (z výsadbového počtu) byla také nejvyšší na VP Smrk, poté následovaly opět buky na ploše Paličnick 2. Průměry 20 % nejvyšších na ploše Ořešník byly předstíženy buky na VP Předěl. Vliv na nejvyšší buky na této ploše má jistě nižší homogenita porostu smrku, tzn. větší škála světelných podmínek. Nejnižší výška 20 % nejvyšších jedinců byla nalezena opět na VP Plochy (109,6 cm).

Buky rostoucí ve vzdálenosti 40–80 cm od kmene nejbližšího SM na VP Plochy měly už od roku následujícího po výsadbě průkazně vyšší výšku (h) oproti bukům nejvzdálenějším (tab. 30 A). Tento průkazný rozdíl si, s výkyvy, zachovaly až do roku 2008, kdy nejvyšší průměrnou výšku vykazovaly buky rostoucí v těsné blízkosti kmene (pod korunou) a výška klesala směrem do exteriéru koruny. V období před zimou 2005/06, která na ploše způsobila výrazné poškození vrcholovými zlomy u smrku (kapitola 5.1.1.1), se výrazněji projevoval trend poklesu průměrné výšky podle vzdálenosti od kmene; po živelním rozvolnění porostu SM lze sledovat vyšší variabilitu hodnot (tab. 30 A).

Při porovnání 20 % nejvyšších buků (z výsadbového počtu), které byly nalezeny v celém rozpětí vzdáleností od kmene nejbližšího SM (průměrná vzdálenost 90 cm), se průkazné rozdíly mezi variantami podle vzdálenosti objevily od roku 1999 (tab. 30 B). Postupem času se díky vyšší variabilitě odlišila skupina buků rostoucích 160–200 cm od nejbližšího kmene s nejnižší průměrnou výškou. Výšky v ostatních polohách v roce 2008 byly srovnatelné. Vliv prosvětlení porostu SM vlivem zlomů u nejvyšších buků nebyl tak patrný.

Tab. 30: Vývoj průměrné výšky všech (A) a 20 % nejvyšších buků (B) podle vzdáleností od kmene nejbližšího SMP na VP Plochy. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

A)

Vzdálenost	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	2008*
40–79	30,2	34,5a	37,3a	42,2a	47,7a	55,4a	59,6a	66,2a	73,0a	80,7a	88,9a	96,5a	94,5a	111,1a
80–119	28,2	32,5ab	34,6ab	38,2ab	43,6ab	47,6ab	54,2a	58,9a	65,9a	69,7ab	73,7ab	77,9ab	79,7a	91,3ab
120–159	27,2	30,4ab	31,2ab	33,9bc	37,0bc	39,6bc	41,7b	47,1b	52,8a	56,7bc	63,7bc	68,2bc	69,5ab	79,4ab
160–200	26,6	28,9b	29,6b	32,5c	34,1c	36,1c	35,9b	36,8c	40,0b	44,5c	49,7c	55,3c	59,1b	71,7b
Průměr	28,2	31,9	33,7	37,3	41,9	46,0	50,6	55,5	61,8	66,8	72,5	77,8	78,9	91,6

B)

Vzdálenost	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	2008*	N
40–79	31,5	36,7	40,6	46,9	53,0ab	61,4a	68,6a	76,6a	87,2a	95,4a	104,0a	112,3a	112,2a	134,2a	30
80–119	32,1	38,1	42,8	49,0	55,3a	62,3a	71,2a	77,4a	88,2a	92,8a	101,3a	107,6a	114,6a	130,7a	43
120–159	32,4	35,5	37,2	41,6	44,3ab	52,8ab	57,4ab	67,0ab	80,5a	86,8a	99,5a	110,3a	116,3a	136,5a	11
160–200	32,1	35,7	37,5	41,5	42,2b	43,7b	43,9b	46,1b	50,7b	56,0b	62,0b	69,3b	78,8b	90,0b	12
Průměr	32,0	37,1	40,8	46,6	51,7	58,6	65,3	72,1	82,3	88,3	97,0	104,6	109,6	127,3	96

Pozn.: N – počet jedinců ve vzdálenostních třídách. Zahrnuty buky, u kterých byl údaj o vzdálenosti v roce 1998 zaznamenán. * V roce 2007 a 2008 zahrnuty skutečné, ne maximální dosažené výšky.

Část VP Ořešník, na které byl v roce 2005 proveden výchovný zásah ve SMP, měla shodou okolností už při vylepšování v roce 1999 průměrnou výšku všech v současnosti žijících buků průkazně nižší, než část kontrolní (tab. 31 A). Stromky na kontrolní ploše si svůj výškový náskok udržely až do roku 2008, do roku 2001 průkazný. Signifikantní rozdíly průměrného přírůstu mezi částmi zjištěny nebyly. Relativní přírůst měly buky na současné kontrolní části většinu let vyšší, naproti tomu těsně po zásahu byl zaznamenán vyšší relativní výškový přírůst na ploše se zásahem (tab. 31 A). Jak vyplývá z porovnání relativního přírůstu z 20 % nejvyšších jedinců (z výsadbového počtu), uvolnění mělo pozitivní efekt i na nadprůměrně rostoucí buky (tab. 31 B) – 2 roky před zásahem byly přírůsty na části kontrolní vyšší, po zásahu byly relativní přírůsty vyšší na části prosvětlené. U této skupiny buků se statisticky průkazné rozdíly mezi výškami či přírůsty v průběhu let neprojevíly.

Tab. 31: Vývoj průměrné výšky (h) a průměrného výškového přírůstu (ih) buků na VP Ořešník na části kontrolní a s uvolňovacím zásahem provedeným v roce 2005. A) – vypočteno ze všech živých buků v roce 2008, B) – vypočteno z 20 % nejvyšších buků v roce 2008. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

A)

Varianta		h98	h99	h00	h01	h02	h03	h04	h05	h06	h07	h08	
kontrola	h	cm	62,54	67,05a	72,18a	77,22a	84,69	98,79	112,18	125,58	136,94	150,78	166,53
	ih	cm		4,30	5,28	4,89	7,97	14,22	13,94	13,17	11,77	15,17	15,46
		%		6,88	7,88	6,77	10,32	16,79	14,11	11,74	9,37	11,08	10,25
zásah	h	cm	57,38	59,22b	63,24b	66,71b	73,65	86,79	95,21	104,56	117,31	132,66	150,73
	ih	cm		2,36	4,07	3,38	7,68	14,44	9,48	9,43	11,24	12,35	18,24
		%		4,11	6,88	5,34	11,52	19,60	10,92	9,90	10,75	10,53	13,75

B)

Varianta		h98	h99	h00	h01	h02	h03	h04	h05	h06	h07	h08	
kontrola	h	cm	67,07	72,21	78,54	84,33	93,81	110,22	126,51	142,07	155,15	173,35	190,92
	ih	cm		5,14	6,33	5,79	9,47	16,42	16,29	15,56	13,08	17,65	18,42
		%		7,66	8,77	7,37	11,23	17,50	14,78	12,30	9,21	11,37	10,63
zásah	h	cm	64,20	66,65	72,58	77,55	88,31	107,51	119,44	132,56	147,69	164,85	186,66
	ih	cm		3,02	5,94	4,97	10,76	18,74	11,93	13,11	15,13	17,16	23,11
		%		4,70	8,91	6,84	13,87	21,22	11,10	10,98	11,41	11,62	14,02

Pozn.: svislá čára odděluje roky před zásahem; ih (%) – průměrný relativní výškový přírůst (jako 100 % brána výška v předchozím roce).

Porovnáním průměrného vývoje buků na VP Ořešník podle vzdáleností od kmene nejbližšího smrku nebyly zjištěny signifikantní rozdíly mezi variantami ani částmi plochy (zásah, kontrola), průměry všech vzdálenostních variant se v roce 2008 pohybovaly okolo střední hodnoty (tab. 32 A). Dvacet procent nejvyšších jedinců se vyskytovalo v celém spektru vzdáleností od nejbližšího kmene (průměrná vzdálenost 108 cm) a naznačovalo nižší průměrnou výšku u buků nejbližších, opět neprůkazně (tab. 32 B).

Tab. 32: Vývoj průměrné výšky všech (A) a 20 % nejvyšších buků (B) na VP Ořešník podle vzdáleností od kmene nejbližšího SMP v roce 2005. Bez statistických rozdílů.

A)

Rok Vzdálenost	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
40–79	63,2	64,6	63,5	63,2	68,9	74,8	85,0	89,4	103,4	110,6	122,0	130,4	140,3	153,2
80–119	59,5	61,7	60,8	60,8	64,2	69,3	73,8	81,4	96,2	109,3	118,8	130,8	144,5	159,3
120–159	59,4	62,3	62,8	60,4	61,6	64,7	66,9	74,3	89,7	102,4	115,8	128,1	143,6	163,3
160–200	58,3	61,8	60,6	58,8	59,6	62,6	65,8	71,7	83,1	98,0	110,5	126,3	140,4	159,3
Průměr	60,2	62,5	62,0	61,2	64,4	69,1	74,2	81,1	95,7	107,4	118,7	130,0	143,1	159,0

B)

Rok Vzdálenost	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	N
40–79	65,7	68,2	66,7	71,0	80,7	89,7	100,0	114,0	133,7	144,2	161,0	174,0	190,5	210,5	22
80–119	65,5	68,5	67,2	71,3	76,6	84,6	90,8	104,8	129,3	149,8	166,0	185,6	206,2	230,9	32
120–159	61,8	64,7	66,1	67,9	70,0	74,9	78,0	90,0	112,2	132,2	152,9	168,5	195,3	224,5	21
160–200	58,6	61,0	61,1	63,8	67,8	73,4	77,6	85,9	101,0	123,9	141,0	163,6	186,9	211,6	8
Průměr	63,9	66,6	66,2	69,5	75,0	82,3	88,8	101,8	123,6	141,5	159,1	176,0	197,2	221,9	84

Pozn.: Zahrnuty buky, u kterých byla v roce 1998 vzdálenost zaznamenána. Pozn.: svíslá čára odděluje roky před zásahem; N – počet jedinců v roce 2008.

Na VP Paličník 1 měla v roce 1998 (před vylepšováním) skupina buků rostoucích nejdále od kmene nejbližšího SMZ (160–200 cm) průkazně vyšší výšku (CV), než buky rostoucí blíže (tab. 33). Po vylepšení však byl tento rozdíl setřen, průměrná výška této skupiny buků byla v průběhu let stále nejvyšší, ale neprůkazně. V roce 2007 byla nalezena neprůkazně nejvyšší výška u buků nejbliže u kmene (40–80 cm) bez výrazného trendu směrem od koruny. Naproti tomu však při zpracování buků podle 50 cm vzdáleností od kmene nejbližšího SM byl zaznamenán neprůkazný trend nárůstu střední výšky směrem od kmene (v rozmezí 50–100 cm od kmene 79 cm, 100–150 cm od kmene 89 cm a 150–200 cm od kmene 100 cm). Nízké počty neumožňovaly podrobnou analýzu 20 % nejvyšších jedinců, rostoucích v průměrné vzdálenosti 119 cm.

Na VP Paličník 2 se průkazné rozdíly mezi průměrnou výškou (CV) všech v současnosti žijících buků podle vzdáleností projeví od roku 2001 (tab. 33). S časovou variabilitou ve vzájemné průkaznosti se tak začal projevovat signifikantní pokles průměrné vzdálenosti směrem od vnější části koruny nejbližšího smrku do mezer s tím, že buky u kmene vykazovaly vyšší variabilitu. Pokles byl zaznamenán i v případě rozdělení buků do skupin podle vzdálenosti po 50 cm. Dvacet procent nejvyšších buků rostlo v průměrné vzdálenosti 93 cm.

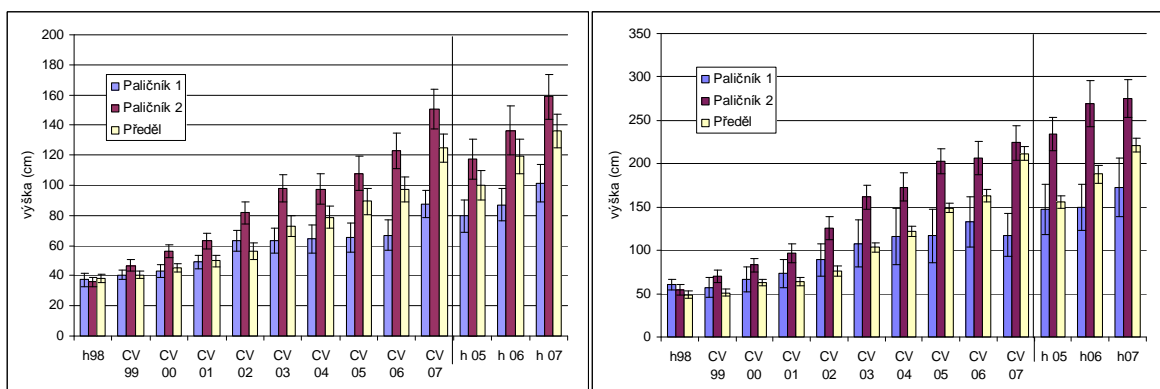
Průkazné rozdíly mezi skupinami podle vzdáleností na VP Předěl byly zjištěny pouze v roce 1999, tedy následující rok po vylepšení (tab. 33). V roce 2007 vykazovaly průměrné výšky neprůkazný dvouvrcholový trend kolísání podle vzdálenosti od nejbližšího kmene. Nejvyšší průměrná výška byla nalezena u jedinců ve vzdálenosti 200–240 cm následovaná skupinou buků 80–120 cm. Dvacet procent nejvyšších jedinců rostlo v roce 2007 průměrně ve vzdálenosti 153 cm od kmene nejbližšího smrku (v rozmezí 80–270 cm). Díky nehomogenitě porostu smrku bylo rozložení buků podle vzdáleností od nejbližšího kmene při výsadbě na této ploše celkově velice široké – 60 až 400 cm.

Tab. 33: Vývoj průměrné výšky (CV a h) všech buků podle vzdálenosti od kmene nejbližšího smrku na výzkumných plochách Paličník 1, Paličník 2 a Předěl. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity.

Plocha	Vzdál.	N	Výška		Celková výška (CV)								N	Výška
			99	98	99	00	01	02	03	04	05	06		
Paličník 1	40-79	10	42,5 ab	38,5	42,3	68,6	69,8	78,4	70,3	78,4	77,6	100,0	8	116,9
	80-119	41	33,6 a	38,7	42,3	45,0	57,0	57,3	57,2	56,3	59,5	81,8	32	95,7
	120-159	21	35,1 a	41,9	46,6	51,1	67,2	64,3	70,1	69,9	71,2	92,0	18	105,1
	160-199	13	59,0 b	45,3	44,2	51,9	66,3	69,5	71,9	78,6	77,3	90,8	11	108,7
	Celkem	90	90	40,5	43,2 a	49,2 a	63,2 a	63,4 a	64,3 a	65,6 a	66,8 a	87,5 a	73	101,7 a
Paličník 2	40-79	31	37,2	48,5	58,9	66,2 a	85,7 a	97,1 a	98,4 a	106,3 ab	115,5 ab	143,7 ab	38	153,0 a
	80-119	36	36,1	46,8	55,7	63,1 ab	81,3 a	103,8 a	99,3 a	112,4 a	136,0 a	164,9 a	35	172,3 a
	120-159	20	34,8	45,2	53,9	58,0 ab	77,8 ab	93,3 ab	93,1 ab	103,3 ab	114,8 ab	139,2 ab	21	147,9 ab
	160-199	5	29,4	38,0	41,0	45,8 b	52,4 b	60,2 b	61,6 b	65,6 b	76,4 b	98,8 b	4	103,0 b
	Celkem	96	97,0	46,7	56,3 b	63,0 b	81,6 b	98,0 b	97,4 b	108,0 b	122,8 b	150,6 b	102	158,7 b
Předěl	40-79	3	31,7	32,8 ab	40,8	40,3	52,0	54,8	63,5	72,5	86,3	114,5	4	121,5
	80-119	26	33,8	35,8 a	44,5	48,1	54,4	72,3	81,3	100,2	108,0	134,7	19	145,8
	120-159	50	40,9	45,0 b	49,3	54,0	57,6	75,0	79,9	87,2	95,6	120,7	39	135,7
	160-199	21	38,2	38,7 ab	40,2	50,2	54,5	75,7	78,0	87,5	89,2	128,3	14	135,8
	200-239	16	37,0	37,6 ab	41,2	46,3	59,0	75,1	87,1	96,9	107,2	137,3	15	141,9
	240-279	5	47,4	42,8 ab	49,2	51,2	59,3	74,2	66,0	75,2	88,4	107,8	5	120,2
Celkem	128	38,2	40,4	45,1 a	49,7 a	56,4 a	72,8 a	78,8 a	89,3 b	97,3 c	124,9 c	99	135,8 c	

Pozn.: Vypuštěny byly skupiny s méně jak 4 jedinci. N – počet jedinců, číslice v hlavičce tabulky značí rok. Díky variabilní úspěšnosti v nalezení živých buků je v několika případech iniciální počet nižší než počet konečný.

Ze vzájemného porovnání vývoje průměrné celkové výšky (CV) na plochách Paličník 1 a 2 a Předěl vyplývá již od roku 2000 průkazně vyšší výšky na ploše Paličník 2 oproti zbývajícím plochám. Buky na VP Předěl postupně zintenzivňují růst a v roce 2005 již plocha Paličník 2 a Předěl spadají do stejné skupiny statistické homogenity (obr. 27). V roce 2007 se průměrné výšky (CV) na všech třech plochách statisticky lišily, výška 20 % nejvyšších jedinců byla na ploše Paličník 2 a Předěl srovnatelná. Významný podíl na dominanci výšek na ploše Paličník 2 bude mít určitě vyšší procento odrůstajících jedinců z původní výsadby než na ploše 1, kteří přestáli šok z přesazení a zahájili výraznější přírůst. Hlavní důvod pro lepší odrůstání však spatřujeme v menší růstové dynamice smrku pichlavého v porovnání se SMZ, a tak menším stupni clonění jejich korunami. Vyvětvení smrků v roce 2001 a odstranění několika smrků v roce 2002 na ploše Předěl nemělo na vývoj celkové výšky všech buků viditelný vliv, u 20 % nejvyšších došlo následující rok k nastartování výškového růstu. Výchovné zásahy provedené v roce 2003 na plochách Paličník 1 a 2 se projevily nejprve ve stagnaci průměrné celkové výšky (pravděpodobně jako důsledek mechanických deformací při těžbě, sněhem u uvolněných buků) a následující rok (Paličník 2) či obrok (Paličník 1) došlo k postupnému zintenzivnění přírůstu (obr. 27).



Obr. 27: Vývoj průměrné výšky všech (vlevo) a 20 % nejvyšších (vpravo) buků na VP Paličnick 1, Paličnick 2 a Předěl (h – výška, měřená jako vzdálenost mezi patou stromku a terminálem po natažení, CV – kolmá výška stromku v normální poloze). Úsečky značí intervaly spolehlivosti.

Na výzkumné ploše Smrk v 6. LVS byl při původní prosadbě použit silnější materiál, poloodrostky s průměrnou výškou 62,5 cm a tloušťkou v roce 1997 9,76 cm. Na výškovém vývoji buků z dosadby je doposud znát původ (pouze sazenice) i věkové zaostání. Celkově buky vykazují od doby překonání šoku z přesazení (cca 3 roky) intenzivní výškový přírůst (kapitola 5.4.1.1, obr. 24), v roce 2008 byla průměrná výška 3,71 m (3,77 m u buků původní výsadby, 2,82 m u buků z vylepšení).

5.4.1.5. Vývoj indexu vertikálního vzrůstu

Bylo zjištěno, že s přibývajícím potenciální ozářeností, ve směru od stinné polohy v koruně smrku přes okraj korun (obr. 28) do mezer, se zvyšuje index vertikálního vzrůstu (poměr svislé výšky stromku k délce nataženého terminálu), tzn. příměstí růstu buků. Konkrétní hodnoty jsou ovlivněny deformacemi v průběhu zimního období (v některých případech také úspěšností v nalezení buků při měření), které ovlivňují střídavou průkaznost rozdílů průměrných indexů mezi skupinami buků podle vzdáleností od nejbližšího smrku (tab. 34). Přesto však lze pozorovat, že na plochách prosvětlenějších (Paličnick 2, Předěl) je vzrůst buků celkově přímější. Zima 2005–06 s vysokými sněhovými srážkami se projevila na celkovém snížení hodnot – na stlačení korun buků k zemi. Během následujícího roku však, pravděpodobně jako důsledek částečného prosvětlení porostů smrku z důvodů zlomů sněhem, buky tuto dočasnou deformaci vyrovnaly, až předčily (tab. 34). Celkově se tak mezi lety zvyšuje příměstí růstu, s výjimkou buků vysazených v těsné blízkosti paty smrku na ploše Plochý, na které prosvětlení porostu nemělo výraznější vliv.

Tab. 34: Vývoj hodnot indexu vertikálního vzrůstu podle vzdáleností od kmene nejbližšího smrku. Rozdílná písmena vyjadřují příslušnost k rozdílné skupině statistické homogenity v rámci plochy.

Plocha	Vzdálenost	2005	2006	2007	2008
Plochý	0–49		0,895 a	0,814	0,726 ab
	50–99		0,762 b	0,802	0,862 a
	100–149		0,754 b	0,811	0,857 a
	150–200		0,840 ab	0,826	0,928 b
	Průměr		0,776	0,810	0,864
Paličnick 1	50–99	0,797 a	0,739	0,847 a	
	100–149	0,783 a	0,761	0,864 a	
	150–199	0,850 a	0,793	0,855 a	
	200–249	0,855	0,815	0,895	
	250–299	0,983 b	0,808	0,972 b	
Průměr	0,808	0,763	0,861		
Paličnick 2	50–99	0,898	0,888	0,912	
	100–149	0,884	0,892	0,926	
	150–199	0,924	0,875	0,962	
	200–249	0,938	0,894	0,958	
	Průměr	0,897	0,889	0,923	
Předěl	50–99	0,870	0,782	0,844 a	
	100–149	0,893	0,812	0,874 a	
	150–199	0,860	0,739	0,929 ab	
	200–249	0,879	0,840	0,971 b	
	Průměr	0,885	0,802	0,897	

Pozn.: Skupina buků rostoucích ve vzdálenosti 200–249 cm od kmene nejbližšího smrku na ploše Paličnick 1 je tvořena pouze 1 jedincem, zde je uvedena pro úplnost.



Obr. 28: Prosperující buk vysazený do blízkosti korun smrku pichlavého (VP Plochý, 2007).

5.4.1.6. Možnosti ochrany sazenic korunami smrku pichlavého před okusem

Pokus na VP Jizerka II, zaměřený na sledování možnosti ochrany sazenic korunami SMP před okusem zvěří, má specifický charakter, proto jeho výsledky uvádím samostatně. Buky prosadeb pod koruny smrků pichlavých či do jejich těsné blízkosti tu vykazovaly výrazný šok z přesazení – během tří let následujících po výsadbě odumřelo 54 % jedinců a do roku 2007 to bylo celkem 72 % (tab. 35). Nejvyšší celková mortalita byla zaznamenána

Tab. 35: Počty jedinců v třídách podle vzdálenosti (N) od kmene nejbližšího SMP na VP Jizerka II v roce 2000 a 2007, vývoj počtu v průběhu let (%) a procento odumřelých bez znalosti příčiny – odumřelé nespecifikovaně (2. část tabulky).

Vzdálenost (cm)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	Odumřelé nespec.	
	N				%			N	N	%	
20–40	38	92,1	47,4	23,7	21,1	18,4	15,8	13,2	5	28	84,8
40–60	59	96,6	64,4	57,6	59,3	52,5	42,4	32,2	19	36	90,0
60–80	34	100,0	73,5	50,0	47,1	44,1	41,2	35,3	12	19	86,4
80–100	5	100,0	60,0	60,0	40,0	40,0	40,0	20,0	1	1	25,0
100–120	5	100,0	60,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	2	2	66,7
Celkem	141	96,5	61,7	46,1	44,7	40,4	34,8	27,7	39	86	84,3

Pozn.: Vzdálenost byla zaznamenána pouze u 141 ze 144 jedinců.

Tab. 36: Vývoj počtů buků podle vzdálenosti od okraje koruny vysazených na VP Jizerka II v roce 2001.

Vzdálenost	2001	2007	
	N	N	%
-80 – -51	7	1	14,3
-50 – -31	35	6	17,1
-30 – -11	67	21	31,3
-10 – +9	24	9	37,5
+10 – +40	8	2	25,0
Celkem	141	39	27,7

Pozn.: Záporná vzdálenost – strom v koruně, kladná vzdálenost – strom mimo korunu. Vzdálenost byla zaznamenána pouze u 141 ze 144 jedinců.

u jedinců vysazených přímo pod koruny smrků pichlavých, směrem k vnějšímu okraji koruny mortalita klesá na cca 65 % ve vzdálenosti 60–80 cm od kmene SMP, tzn. v okolí okraje koruny (tab. 36). Buky trpěly zasycháváním terminálních výhonů, pravděpodobně hlavně z důvodu nedostatku světla. Známými příčinami oslabení a mortality sazenic buku na VP Jizerka II byl okus, ohryz a mechanické poškození. Nespecifické odumření, tzn. nezpůsobené pravděpodobně (v závislosti na kvalitě prováděného šetření) žádným z výše uvedených faktorů, se vyskytovalo v 84,3 % případů (tab. 35). Hlavní roli zde pravděpodobně hraje vysoký stupeň stínění korunami smrků.

Vzhledem ke komplexnosti stresových faktorů na výzkumné ploše Jizerka II byl výškový přírůst výsadby mizivý – průměrný periodický přírůst období šesti let dosahoval pouze 1,24 cm (tab. 37).

Tab. 37: Vývoj počtu a průměrné výšky buků na výzkumné ploše Jizerka II.

	rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007
počet		144	140	90	68	67	61	42
průměrná výška		26,24	28,69	30,16	31,60	31,81	32,18	33,69
confidence		2,06	1,80	2,68	3,13	3,46	3,63	4,53

5.4.1.7. Dílčí závěr

Přes obtíže provázející možnosti porovnání lze shrnout, že celkově vysoká mortalita bukových prosadeb nebyla spojena s hustotou porostu smrku. Nejvyšší mortalita byla zjištěna na VP Ořešník (57 %), na které byla zaznamenána také vyšší mortalita SMP (kapitola 5.1.1), nejnižší pak, pravděpodobně, na ploše Paličnick 2 (31 % po rok vylepšování a 12 % od vylepšování) s daleko vyšší hustotou porostu SMP, a ploše Smrk vysázené poloodrostky, na které i tak dosahovala více jak 40 %.

Celková mortalita podle vzdáleností prosadeb od kmene nejbližšího SM na konci období sledování byla na výzkumných plochách Plochý a Paličnick 1 srovnatelná od polohy při kmene do vzdálenosti 150 cm od kmene, dále docházelo k nárůstu mortality. Naproti tomu na VP Ořešník a Paličnick 2 lze pozorovat nárůst mortality prosadeb směrem od kmene nejbližšího SMP: na VP Ořešník v celém spektru zastoupených vzdáleností, na VP Paličnick 2 do 120 cm, pak mortalita opět klesá. Plocha Předěl vykazuje srovnatelnou mortalitu ve všech vzdálenostních třídách, stromky však jsou na této výzkumné ploše vysazeny vždy dále než 90 cm od kmene. Na VP Plochý byl zjištěn trend poklesu podílu poškození myšovitými hlodavci ve směru z interiéru koruny do porostních mezer. Na mortalitě u buků pod korunami se myšovití podíleli z 50 %, zatímco ve vzdálenosti cca 200 cm od kmene již pouze z cca 25 %.

Porovnáním mortality prosadeb buku podle směrů výsadeb vůči nejbližšímu jedinci smrku pichlavého bylo zjištěno, že kromě plochy Jizerka II s minimálním počtem specificky vysazených jedinců, byla nejvyšší mortalita u jedinců vysazených na východní stranu od nejbližšího smrku. Naproti tomu nejvyšší přežívání (až o 14 %) bylo vyhodnoceno v okolí severozápadní strany koruny.

Na konci hodnoceného období byla na VP Plochý a Paličnick 1 nejvyšší průměrná výška všech buků ve vzdálenosti 40–80 cm, na ploše Paličnick 2 pak ve vzdálenosti 80–120 cm od kmene nejbližšího SM. Na ploše Plochý a Paličnick 2 průměrná výška směrem od kmene klesala s průkazným odlišením výšek buků vysazených nejdál od kmene, na VP Paličnick 1 následovaly ve vzdálenosti 80–120 cm buky nejmenší, dále byly výšky vyrovnané. Naproti tomu na VP Ořešník byly průměrné výšky buků v celém spektru vzdáleností od nejbližšího SM shodné a na ploše Předěl průměrné výšky jedinců vysazených v různé vzdálenosti neprůkazně kolísaly. Dvacet procent nejvyšších jedinců mělo na VP Plochý srovnatelné výšky do vzdálenosti 160 cm, na ploše Ořešník až do vzdálenosti 200 cm od kmene nejbližšího SMP.

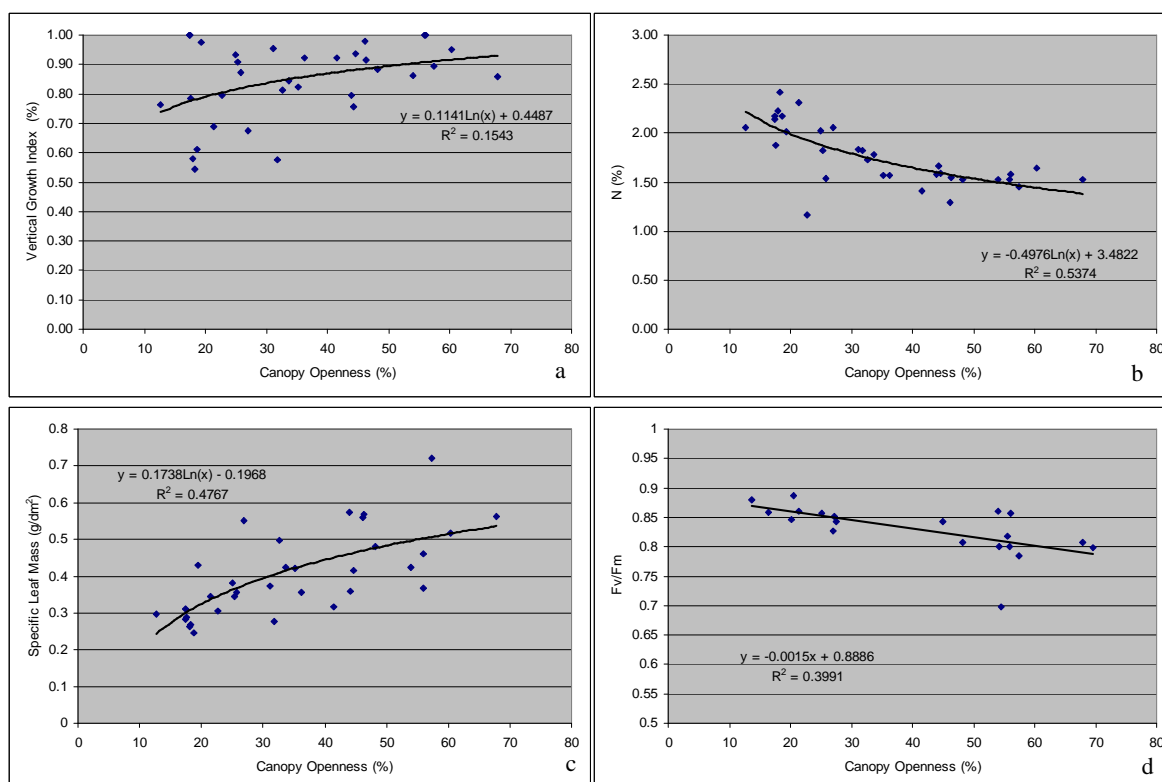
S přibývajícím potenciální ozářeností ve směru z interiéru koruny do mezer se zvyšuje index vertikálního vzrůstu, také na plochách s otevřenějším zápojem je vzrůst buků celkově přímější. Dočasné snížení indexu deformacemi sněhem byly buky po mírném prosvětlení porostu vrcholovými zlomy schopny vyrovnat až předčít v průběhu následujícího roku.

Sledování výsadeb buku přímo pod koruny smrku pichlavého bez další ochrany nepřineslo ověření hypotézy o možnosti využití korunového pláště SMP jako biologické individuální ochrany buku (i klenu). Nejvyšší mortalita byla proti očekávání zaznamenána u jedinců vysazených pod korunami.

5.4.2. FYZIOLOGICKÁ ŠETŘENÍ V PROSADBÁCH BUKU A ŠETŘENÍ BILANCE ŽIVIN

5.4.2.1. Variabilita listů mladých prosadů buku vzhledem ke světelným podmínkám

Světelné podmínky buků z prosadů na VP Plochý v jednotlivých variantách polohy vůči nejbližšímu smrku pichlavému (pod korunou, okraj koruny, mezeře) se statisticky průkazně lišily – pod korunu bylo průměrné procento otevřenosti zápoje (canopy openness) 22,1 %, na okraji koruny 30,7 % a v mezeři 53,5 %. S narůstající ozářeností klesal podíl jedinců s tendencí k poléhavému růstu, trend indexu vertikálního vzrůstu však nebyl výrazný (obr. 29a).



Obr. 29: Vztahy otevřenosti zápoje (canopy openness), získané analýzou hemisferických fotografií, k vybraným parametrům asimilačního aparátu vzorníku buků z VP Plochý. Pozn.: a – index vertikálního vzrůstu (poměr délky nejdelšího výhonu ku kolmé výšce buku), b – obsah dusíku (%), c – specifická hmotnost listu (g/dm^2), d – maximální kvantový výtěžek fluorescence chlorofylu a.

Z chemické analýzy asimilačního aparátu buku vyplynul statisticky průkazný trend poklesu obsahu dusíku směrem od jedinců rostoucích pod korunou k jedincům rostoucím na volnu (tab. 38, obr. 29b). Buky rostoucí v zástínu měly signifikantně vyšší koncentraci fosforu a draslíku. Také v případě ostatních prvků (Ca, Mg) byl zaznamenán sestupný trend koncentrace s narůstající ozářeností, ale statisticky neprůkazný. V případě křemíku se statisticky odlišila varianta pod korunou a na okraji koruny.

Tab. 38: Průměrný obsah živin v listech buků vysazených pod korunou smrku pichlavého (koruna), na okraji koruny (okraj) a v mezerách (mezera). Rozdílné písmeno mezi polohami značí rozdílnou skupinu statistické homogenity.

Poloha		N	P	K	Ca	Mg	S	Si	Sušina
		(%)							(g)
Koruna	Prům.	2,114 a	0,076 a	0,575 a	0,971	0,194	0,167	0,758 a	3,829 a
	s_x	0,167	0,024	0,079	0,260	0,046	0,031	0,312	2,910
Okraj	Prům.	1,703 b	0,043 b	0,415 b	0,819	0,180	0,139	0,374 b	4,111 ab
	s_x	0,237	0,019	0,085	0,133	0,050	0,022	0,181	2,370
Mezera	Prům.	1,517 c	0,038 b	0,368 b	0,797	0,163	0,162	0,520 ab	7,742 b
	s_x	0,090	0,016	0,047	0,204	0,042	0,074	0,264	4,520

Průměrnou výškou se buky rostoucí v různých variantách nelišily, také průměrná listová plocha nevykazovala přesvědčivý gradient (tab. 39), statisticky průkazný byl však rozdíl v sušině asimilačního aparátu, kdy se zvyšující se ozářeností narůstala hmotnost (tab. 38).

Tab. 39: Parametry listové plochy, průměrná výška buků a poměr listové plochy ku výšce buků vysazených pod korunou smrku pichlavého (koruna), na okraji koruny (okraj) a v mezerách (mezera). Bez statisticky průkazných rozdílů.

Poloha		Průměrný list (cm ²)	Průměrná celková listová plocha (cm ²)	Průměrná výška (cm)	Poměr listové plochy k výšce buku
Koruna	Prům.	7,28	1 321,7	63,9	18,6
	s_x	1,55	1 094,0	24,4	11,2
Okraj	Prům.	7,64	1 066,6	61,5	17,0
	s_x	1,95	663,4	16,0	8,3
Mezera	Prům.	7,42	1 572,8	71,1	21,1
	s_x	1,86	878,8	17,3	8,2

Plocha průměrného listu buků se mezi variantami statisticky nelišila (tab. 39). Porovnání hmotnosti sušiny průměrného listu ukazuje průkazně nižší hmotnost listů a specifickou hmotnost listů buků rostoucích pod korunami (tab. 40, obr. 29c).

Tab. 40: Hmotnost sušiny průměrného listu a specifická hmotnost listů buků vysazených pod korunou smrku pichlavého (koruna), na okraji koruny (okraj) a v mezerách (mezera). Rozdílné písmeno mezi polohami značí rozdílnou skupinu statistické homogenity.

Poloha		Sušina průměrného listu (g)	Specifická hmotnost listu (g/dm ²)
Koruna	Prům.	0,0221 a	0,303 a
	s_x	0,0058	0,043
Okraj	Prům.	0,0289 b	0,400 b
	s_x	0,0057	0,078
Mezera	Prům.	0,0362 b	0,499 c
	s_x	0,0101	0,110

Při porovnání základních parametrů fluorescence chlorofylu byly zjištěny vysoce průkazné rozdíly mezi variantami pod korunou a na volnu (tab. 41). Jedinci zastínění měli vyšší maximální fluorescenci i maximální kvantový výtěžek fluorescence (Fv/Fm, maximal quantum yield). Pokles Fv/Fm se vzrůstající ozářeností lze vyjádřit lineárním trendem (obr. 29d). Varianty se také průkazně lišily hodnotami absorptivity – poměru odraženého R a NIR záření. Absorptivita velice těsně odráží absorpční schopnost listu vzhledem k fotosynteticky aktivnímu záření (Walz 2003). Listy buků rostoucích pod korunami tedy absorbují více fotosynteticky aktivního záření než buky v mezerách.

Tab. 41: Minimální a maximální fluorescence vzorku adaptovaného na tmu, maximální výtěžek fluorescence a absorptivita (Abs.) listů buků vysazených pod korunou smrku pichlavého (koruna) a v mezerách (mezera).

Poloha		F0	Fm **	Fv/Fm **	Abs. *
Koruna	Prům.	0,087	0,594	0,854	0,888
	s _x	0,027	0,099	0,036	0,020
Mezera	Prům.	0,086	0,451	0,803	0,878
	s _x	0,022	0,101	0,075	0,019

Pozn.: ** – průkaznost při $\alpha = 0,01$,
* – průkaznost při $\alpha = 0,05$.

5.4.2.2. Adaptace sazenic první rok po výsadbě na VP Lesní bouda

Vzorníky buku, ze kterých bylo první rok po výsadbě do porostu smrku na VP Lesní bouda odebráno veškeré listí, měly od 7 do 38, průměrně 17,6 listů. Průměrná plocha listu klesala, i když neprůkazně, s potenciálním krytem jedinců smrku – byla největší u jedinců vysazených pod korunami, menší u jedinců rostoucích na okraji korun a nejmenší v mezerách (tab. 42). Průměrná hmotnost listu (neprůkazně) i průměrná specifická hmotnost (průkazně) byla u buků pod korunou nejmenší, největší pak při okraji koruny.

Tab. 42: Průměrná plocha a hmotnost listu a průměrná specifická hmotnost listu buků podle polohy výsadby. Rozdílné písmeno mezi polohami znamená rozdílnou skupinu statistické homogenity.

Varianta	Plocha listu		Hmotnost listu		Specifická hmotnost listu	
	cm ²	conf.	g	conf.	g.dm ⁻²	conf.
Koruna	5,017	0,664	0,0184	0,0023	0,376a	0,0005
Okraj	4,840	0,863	0,0239	0,0047	0,493b	0,0005
Mezera	4,253	0,665	0,0217	0,0045	0,502b	0,0004

Pozn.: Conf. – hodnota spolehlivosti.

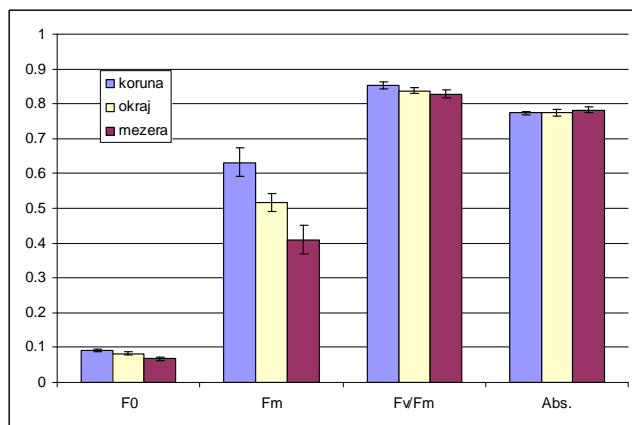
Chemickou analýzou listů byl zjištěn neprůkazně vyšší obsah dusíku, fosforu a draslíku u buků vysazených pod koruny smrků (tab. 43). Naproti tomu obsah vápníku (průkazně) a neaptrně také hořčíku (neprůkazně) byl u nich nižší.

Tab. 43: Průměrné hodnoty a hodnoty spolehlivosti (conf.) obsahu živin v asimilačním aparátu buků rok po výsadbě na lokalitě Lesní bouda podle variant. Rozdílné písmeno mezi polohami znamená rozdílnou skupinu statistické homogenity.

Varianta	N		P		K		Ca		Mg	
	prům.	conf.	prům.	conf.	prům.	conf.	prům.	conf.	prům.	conf.
Koruna	2,24	0,20	0,408	0,068	0,55	0,11	0,26a	0,05	0,236	0,031
Okraj	1,97	0,19	0,366	0,096	0,44	0,02	0,40b	0,06	0,253	0,029
Mezera	1,96	0,13	0,349	0,049	0,42	0,04	0,40ab	0,10	0,285	0,033

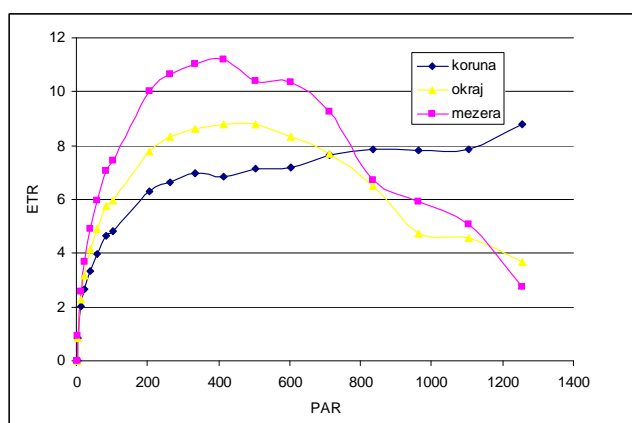
Pozn.: Koruna – výsadba pod koruny, okraj – výsadba při okraji SM, mezera – výsadba do mezer mezi SM.

Metodou měření fluorescence chlorofylu bylo zjištěno, že buky vysazené do krytu korun smrků měly vyšší hodnoty F_0 i F_m a také vyšší maximální kvantový výtěžek fluorescence (F_v/F_m). Ten se průkazně odlišoval od buků rostoucích na volnu (obr. 30). V parametru absorptivity rozdíl mezi variantami zjištěny nebyly.



Obr. 30: Průměrné parametry minimální (F_0), maximální (F_m) fluorescence, maximálního výtěžku fluorescence (F_v/F_m) a absorptivity (Abs.) vzorků jednoletých prosadeb buku do poloh pod korunu, na okraji koruny SM a v mezeře mezi SM. Úsečky představují intervaly spolehlivosti (confidence).

Při měření světlostní křivky měly buky vysazené do mezer nejvyšší hodnoty parametru transportu elektronů (ETR), následovaly buky na okraji korun (obr. 31). Maxima dosáhly obě tyto varianty při intenzitě světla okolo 400–500 PAR, poté následoval pokles, a při hodnotách 700–800 PAR vykazovaly ETR nižší, než jedinci rostoucí v koruně. Ty byly schopny využít pro svou fotosyntézu celý posuzovaný rozsah intenzity fotosynteticky aktivního záření, i když nižší měrou.



Obr. 31: Parametr transportu elektronů (Electron Transport Rate – ETR [$\mu\text{Ekv}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]) buků vysazených pod korunu, na okraj koruny a do mezer smrků rok po výsadbě na lokalitě Lesní bouda.

5.4.2.3. Dílčí závěr

Při výzkumu vlivu světelných poměrů na vlastnosti asimilačního aparátu cca 12letých prosadeb buku v kolem 4 m vysokém porostu smrku pichlavého byl zjištěn významný vliv stínění na vybrané parametry. Z chemické analýzy vyplynul statisticky průkazný trend poklesu obsahu dusíku se stoupající ozářeností (z 2,1 % na 1,5 %), zastíněné buky měly průkazně vyšší obsah fosforu a draslíku. Také hořčík a vápník vykazovaly sestupný trend se stoupajícím ozářením, i když neprůkazně. Průměrná hmotnost sušiny listů pod korunami byla průkazně nižší než u buků rostoucích v mezeře, velikostí listů se varianty nelišily. U buků rostoucích pod korunou byla zjištěna průkazně vyšší hodnota maximální fluorescence (0,594 a 0,451) a maximálního kvantového výtěžku fluorescence (0,854 oproti 0,803), také v absorptivitě byl zjištěn významný rozdíl. Rozdíly byly zachyceny i v případě porovnávání parametrů listů jedinců buku následující rok po výsadbě do porostu smrku: byl zjištěn neprůkazně vyšší obsah dusíku, fosforu a draslíku u listů buků vysazených pod koruny smrku. Buky pod korunami měly také nižší obsah vápníku (průkazně) a hořčíku (neprůkazně), což byl obrácený trend než v případě starší výsadby. Průkazné rozdíly byly nalezeny ve vybraných parametrech fluorescence chlorofylu. I v případě jednoletých výsadeb tedy byla potvrzena rozdílná reakce na silný impulz fotosynteticky aktivního záření u pletiv adaptovaných na tmu u buků vysazených do porostních mezer oproti jedincům pod korunami. Buky ozářených poloh vykazovaly při vysokých intenzitách záření sklon k fotoinhibici.

6. DISKUZE

6.1. RŮST A VÝVOJ NÁHRADNÍCH POROSTŮ SMRKU PICHLAVÉHO

Jak vyplývá z naší studie, růst a vývoj porostů SMP je významně ovlivněn stanovištními poměry. Smrk pichlavý na ploše Ořešník v 7. LVS měl v roce 2005 průkazně vyšší výšky než na ploše Plochý v 8. LVS ($\alpha = 0,01$), tloušťky v roce 2006 byly na Ořešníku vyšší, ne však průkazně ($\alpha = 0,07$). Ještě výrazněji se rozdíl v průměrném přírůstu výšek projevil po snížení průměrné výšky na Plochem v důsledku vrcholových zlomů. S uvážením pozdější výsadby SMP na ploše Smrk již nebyl nalezen průkazný rozdíl mezi výškovým vývojem porostu na této ploše a VP Ořešník.

Stanovištní podmínky výsadeb v ČR jsou kompletně odlišné od stanovišť přirozeného výskytu druhu (FEIS 2008), proto většinou nejsou uspokojeny jeho ekologické nároky (Remeš et al. 2002), zvláště na klimaticky extrémních stanovištích. Další z příčin zhoršujícího se zdravotního stavu (zvyšující se defoliace) na lokalitě Plochý bude narůstající zapojení porostu (porost je o 35 % hustší než na Ořešníku), při kterém dochází k odumírání spodní části koruny (Slodičák 1999). Smrk pichlavý je přirozeně víceméně soliterní dřevina, jedinci s krátkou korunou mají nižší potenciál odolávat stresovým faktorům prostředí. V kombinaci s extremitou stanoviště se tak na snížení olistění mohlo projevit nerovnoměrné rozložení srážek s periodami sucha v předchozích letech. Smrk pichlavý na VP Ořešník vykazoval již lepší zdravotní stav (olistění), a to nezávisle na pokročilejším odumírání spodní části koruny (výška nasazení průměrně o 15 cm výše). To může být spojeno např. s vyšší hustotou buřene vzhledem ke stanovišti (nebyla zkoumána). Na obou plochách však odumírání nebylo plně závislé na blízkosti sousedního SMP, ta se však výrazně projevila na absenci přírůstu stíněných větví.

Z hodnocení růstu a vývoje náhradních porostů smrku pichlavého vyplývá vyšší náchylnost předrůstavých jedinců smrku pichlavého oproti smrku ztepilému k poškození vrcholovými zlomy. Náchylnost, o které se zmiňuje již první komplexnější studie zabývající se SMP u nás (Šika 1976), bude spojena s v literatuře uváděnou vyšší křehkostí a také sukatostí dřeva tohoto druhu smrku (Pavek 1993). Z výzkumu vyplývá, že vliv na celkovou stabilitu mladého porostu má zvláště exponovanost stanoviště ve spojení s hustotou porostu. Průměrný štíhlostní kvocient SMP na výzkumné ploše Ořešník byl vyšší než na VP Plochý, přesto zde nedošlo téměř k žádnému poškození sněhem v zimě 2005–06. Plochy se lišily hustotou, která byla však vyšší na Plochem, a zařazením do LVS. Plocha Smrk je položena níže, přestože na ní byl porost SMP výrazně řidší, měl nejvyšší štíhlostní kvocienty (hustotu porostu však doplňoval jeřáb). Sněhová situace v kritickou zimu zde ale jistě nebyla tak závažná, jako na plochách umístěných výše. Značný podíl poškození smrku pichlavého, zvláště zlomy sněhem, byl popsán již v předchozích pracích (např. Šika 1976). Novák a Slodičák (2004) zaznamenali vysoký podíl tvarových deformací a vrcholových zlomů u porostu SMP v 8. LVS v Krušných horách již při věku 12 let.

Poškození porostů živelními pohromami, mezi které lze řadit i poškození sněhovými zlomy, které se odehrálo v zimě 2005–06 v mnoha oblastech ČR (např. Hurtalová et al. 2007), je faktorem náhodného charakteru. Přesto je důležité posílit stabilitu porostu jako prevenci před rozsahem těchto událostí, k čemuž slouží snižování hustoty porostu doporučené také v metodice výchovy porostů náhradních dřevin (Slodičák, Novák 2008, kapitola 5.1), vedoucí jak k zlepšení štíhlostního kvocientu, tak podporující vitalitu

jedince. Při přeměnách porostů náhradní dřeviny SMP by měl být charakter výchovných zásahů plánován v součinnosti s jeho efektem na dřeviny prosadeb.

Ze sledování vývoje postranních větví SMP lze konstatovat, že poloha vůči světovým stranám má minimální až zanedbatelný vliv na růst (rozšiřování) koruny. Nedochází tedy k nebezpečí rychlejšího zarůstání prosadeb cílových dřevin vysazených na některé straně při obvodu korun SMP, které by mohlo předčasně snížit dostupnost světla oproti ostatním směrům.

Samotná vzdálenost mezi nejbližšími jedinci smrku, která je hodnocena jako využitelný faktor např. u zemědělských plodin a slouží jako vstupní parametr pro hodnocení např. porostních indexů v lesnické ekologii, mezidruhových (alelopatických) vztahů v dospělých porostech (Čaboun 1990) i odvozování parametrů v růstových simulátorech (Pretzsch 2001), se neukázala jako jednoduše aplikovatelný faktor pro odvozování parametrů růstu. Příčinou bude větší variabilita růstových podmínek a větší komplexnost faktorů ovlivňujících růst a vývoj mladých porostů dřevin.

Uvádí se, že SMP citlivě reaguje na melioraci půdního prostředí vápněním a především hnojením (Jirgle 1982, Podrázský 1997), a to svým přírůstem i zlepšením zdravotního stavu. V porostech SMP se s cíleným hnojením v současnosti neuvažuje. Přihnojení cílových dřevin jemně mletým dolomitickým vápencem při výsadbě, které se v případě buku ukázalo jako pozitivní pro podporu výškového růstu v prvních letech po výsadbě (Balcar in Jurásek et al. 2008), by však mohlo mít na určitých stanovištích (Slodičák, Novák 2008a) kladný vliv také na okolní smrky a na zlepšení živinové bilance stanoviště vůbec. Na námi po pedologické stránce detailněji sledované lokalitě Plochý však vápník nebyl prvkem v minimu (kapitola 5.3.1). Na takovémto stanovišti by bylo vhodnější uvažovat o komplexnějším přihnojení sazenic buku zaměřeném hlavně na doplnění fosforu.

Analýza dendromasy vzorníků mladého porostu SMP v 8. LVS zachytila rozdílné zastoupení živin podle výšky na stromě. Rozdílnost chemismu může souviset jak s variabilním poměrem jednotlivých komponent v rámci koruny, hlavní příčinou ale bude pravděpodobně redistribuce prvků spojená se zásobováním fotosynteticky aktivních poloh (cf. Nárovec 2002). Přestože sušina dřeva větví ve všech případech přesahovala sušinu jehličí (až o 47 %), celková zásoba hlavních živin, ale i síry a křemíku, byla, vzhledem k svému procentickému zastoupení, v jehličí vždy vyšší.

Hlavní zásoba živin v biomase porostu byla soustředěna v jehličí, menší procento pak obsahovaly větve, kůra a nejméně prvků v porostu bylo uloženo ve dřevě kmene. Slodičák a Novák (2008a) při výzkumu v 22letém porostu v Krušných horách (800 m n. m., cca 2 000 stromů na 1 ha) uvádějí velice blízkou biomasu kmene, jako byla zjištěna v naší studii, avšak o 1/3 hmotnatější korunu. Práce analyzující 25letý porost na Trutnovsku (Moravčík, Podrázský 1993) pak naproti tomu vykazovala vyšší podíl dřeva kmene oproti větvím. Disproporce mezi studii mohou být způsobeny lokálními stanovištními rozdíly odrážejícími se ve zdravotním stavu, charakteru olistění a přírůstové reakci větví. Tomu však příliš neodpovídá poměr sušiny jehličí vůči větvím, který v našem případě dosahuje 83 %, zatímco v zmiňovaných pracích je podíl pouze 63 až 68 %.

Celkově byla rozbořenou biomasou porostu smrku na VP Plochý zjištěna nízká zásoba živin, zvláště fosforu. Velice výrazně se tento deficit projevil při srovnání zásob prvků se studií Slodičáka a Nováka (2008a) v 22letém porostu v Krušných horách: zatímco u většiny prvků (kromě deficitního Ca) uvádějí o 36 až 51 % vyšší celkovou zásobu než v našem případě, fosforu zjistili téměř 3,5krát více. Pedologickým šetřením prováděným na lokalitě Plochý bylo zjištěno, že pod smrkem pichlavým je nahromaděno 153 tun sušiny

humusových horizontů (Špulák, Dušek 2009, kapitola 5.3.1). Stejně jako v nadzemní biomase byl limitním prvkem fosfor, což je podpořeno i srovnáním se studií z porostu SMP v Krušných horách (Ulbrichová et al. 2005).

Doporučovaná síla prvního zásahu v porostu SMP podle současné metodiky (Slodičák, Novák 2008b) pro méně příznivé imisně ekologické poměry uvažuje o redukci cca 30 % počtu stromů a maximálně 15 % výčetní kruhové základny. Při stromové metodě těžby, např. pro zpracování na štěpku, takový zásah znamená v téměř 15 tunách čerstvé hmoty odnětí 1,2 kg klíčového fosforu, 36,1 kg dusíku, 13,7 kg draslíku, 24,0 kg vápníku a 3,1 kg hořčíku na hektar. Vzhledem k celkové chudosti stanoviště jsou to hmotnosti nezanedbatelné. Nejvyšší zásoba fosforu v komponentech porostu je v jehličí, následovaná větvemi, poté kůrou. V kůře je vyšší obsah v horní části kmene. Pokud by se tedy našla technologie zpracovávající pouze hroubí kmene, byl by dopad na úbytek prvků z ekosystému minimalizován. Při uvážení 80% podílu prvků v hroubí z celkového obsahu ve kmeni (viz výše) by se ztráta pohybovala v rozmezí 8 % zásoby ve stromu u fosforu a 20 % u vápníku.

6.2. MIKROKLIMATICKÉ PŮSOBENÍ JEHLIČNATÝCH POROSTŮ NÁHRADNÍCH DŘEVIN

Ze sledování vývoje teplot za dané období v malé porostní mezeře v porostu smrku pichlavého byla zjištěna nejvyšší suma teplot při okraji korun. Zjištěné navýšení, i když minimální, může být způsobeno ohřevem jehličí SMP v periodách přímého slunečního svitu a tím výraznějším ohřevem i okolních vrstev vzduchu. Zaznamenané mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot směrem do krytu koruny potvrzuje, vzhledem k tomu, že se jednalo o noční mrazíky, předpoklad pomalejšího dlouhověkého (tepelného) vyzařování pod krytem větví. Na snižování teplot v porostní mezeře se může podílet i proudění studeného vzduchu – hustota porostu SMP na ploše Plochy však nedává předpoklad větších lokálních rozdílů. Pro porovnání, výsledky šetření v dospělém porostu ukazují rozdílnost chování mikroklimatu podle velikosti porostní mezery. Např. Spittlehouse et al. (2004) z výzkumu v 22–27 m vysokém porostu smrku a jedle v Britské Kolumbii uvádí, že porostní mezery do velikosti výšky porostu mají světelné, větrné a tepelné poměry podobné poměrům v porostu. Naproti tomu velké seče mají teploty při zemi (0,4 m nad zemí) o 2–4 °C vyšší než teploty pod porostem. Odráží se to také v denním průběhu teplot povrchu půdy, noční půdní teploty jsou podobné. Langvall (2000) popisuje těsný vztah rostoucí teplotní amplitudy se snižující se kruhovou základnou porostu, i přes to, že se průměrná denní teplota téměř nezměnila. Z výzkumu klimatických poměrů v clonné seči o různé intenzitě (výsledné hustotě porostu) ve smrku ztepilém vyplynulo, že minimální teploty byly pod nejhustší částí porostu za jasných nocí o 3,2 °C vyšší v porovnání s holinou (Langvall, Löfvenius 2002). Výsledky v našem pokusu potvrdily odlišný, i když omezeně, charakter teplotního průběhu v různých polohách porostní mezery menší než výška porostu už ve stádiu tyčkovin.

Průběh teplot průměrného dne na jižní straně koruny smrku pichlavého výrazně odráží vliv slunečního záření. Přesto, že se v našem pokusu jedná o období přelomu jara a léta, kdy je význam slunečního svitu umocněn vychladlostí zemského povrchu, je zjištěný rozdíl průměrných teplot (až o 2,5 °C vyšší než ostatní čidla) velice výrazný. Koreponduje to však např. se zjištěními Krečmera (1966), který uvádí, že v měsíci březnu až říjnu je severní strana (tzn. poloha exponovaná z jihu) nejteplejší poloha kotlíkových holých sečí. Covrig a Ceuca (2008) při studiu vlivu pozdních mrazíků na přirozenou obnovu buku pak

došli k závěru, že jejich dopad je větší na jižních než na severních expozicích svahu. Na skutečnosti, že v naší studii statistické testy výjimečnost jižní polohy zcela nepotvrdily se jistě projevila rozkolísanost teplot vzhledem k měnícímu se počasí v rámci periody.

V zimním období působí sníh jako stabilizační prvek teplotních výkyvů. To se na lokalitě Lesní bouda projevilo na navýšení průměrných teplot ve 30 cm nad zemí v porovnání s čidly umístěnými výše.

Z toho, že denní průměry v srpnu, bez ohledu na to, že to byl hraniční měsíc našeho měření, mají z 90 % nejnižší teploty při zemi, usuzujeme, že se může jednat o specifické opakující se proudění teplého vzduchu na lokalitě, který přízemní vrstvu ovlivňuje pouze nepatrně. Přízemní vrstva vzduchu u porostní stěny kleče vykazovala díky výraznější teplotní amplitudě drsnější klimatické poměry než sledované vrstvy výše. Pro porovnání, výsledky výzkumu gradientu teplot v dospělém porostu smrku ztepilého ukazují na téměř nulový rozdíl teplot ve výškách 0,4 a 1,7 m nad zemí (Langvall, Löfvenius 2002). Výrazný gradient na hodině se v této studii projevilo hlavně za suchého počasí. Klečová stěna v našem pokusu představuje pouze velmi omezený kryt.

Z porovnání průběhu mimo zimních mrazových epizod o síle vyšší než $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pak lze shrnout, že se na lokalitě vyskytovaly téměř bez výjimky shodně až do výšky 60 cm, snížení výskytu přízemních mrazíků nastává až ve výšce nad 60 cm. Ojedinelá vyšší četnost mrazů pod $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ v 90 cm se vyskytovala převážně jen na konci října a bude spjata pravděpodobně se specifickým prouděním chladného vzduchu.

Z hlediska výsledků hodnocení teplotního průběhu lze tedy potvrdit postupy doporučené současnou metodikou (Balcar et al. 2007), jako je výsadba citlivějších dřevin (buk) do blízkosti korun jehličnatých náhradních dřevin, upřednostnění severní strany koruny a volba silnějšího (vyššího) sadebního materiálu. Tato doporučení navrhuje doplnit o upřednostňování výsadeb na vyvýšená místa.

Výskyt teplotně-stresových faktorů v přírodních podmínkách je záležitost nahodilá, uvedená pěstební opatření jsou tedy opatřeními preventivními. Následná pěstební péče by měla hledat kompromis mezi ochranným působením náhradních dřevin a světelnými nároky dřevin cílových, které se s rostoucí nadmořskou výškou zvyšují (Collet et al. 2001, Hering, Irrgang 2005).

6.3. PŮDNÍ POMĚRY

Cílem zakládání porostů náhradních dřevin bylo zachování kontinuity lesních porostů za účelem plnění alespoň nejdůležitějších ekologických funkcí – půdoochranné a vodohospodářské (Tesař 1982, Slodičák et al. 2005, Hering, Irrgang 2005). Současně se počítalo s tím, že náhradní porosty vytvoří podmínky pro pozdější přeměny (Šindelář 1982). O půdoochranné funkci porostu smrku pichlavého v současné době existují pochybnosti, vzhledem k tomu, že v přirozeně rozvolněném sponu nedostatečně kryje půdu (Remeš et al. 2002, Samec, Urban, Kiszka 2005) a jeho opad je minimální a chemicky nepříznivý (např. Kantor 1989, Moravčík, Podrázský 1993, Podrázský 1994, Podrázský et al. 2003, Podrázský et al. 2005). V řadě prací je tak jeho vliv přirovnáván například k vlivu monokultury modřínu.

V naší studii na živinově chudém stanovišti v 8. LVS však nebyla potvrzena chemická degradace svrchních vrstev půdy pod smrkem pichlavým v porovnání s travním porostem třtiny, který se přirozeně rozrůstá na stanovištích vyšších horských poloh v Jizerských horách. Průměrné hodnoty některých parametrů sice naznačují příznivější stav půdy pod

třtinou (např. výška holorganických horizontů, hmotnost sušiny a díky ní celková zásoba prvků), vzhledem k lokální variabilitě však rozdíly nebyly statisticky průkazné. Jednotlivé půdní horizonty se však formují řadu let. Např. Novák a Slodičák (2004b) uvádějí pod 15letým porostem smrku ztepilého v 6. LVS v Orlických horách sušinu horizontu L odpovídající 2 až 4letým opadům. Hmotnost horizontu F a H se bude formovat mnohem déle. Formování humifikačního horizontu tak může být otázkou několika desítek let, což znamená, že jeho původ je třeba hledat v předchozím porostu, jehož charakter byl pravděpodobně obdobný pro obě části lokality. Chybí také informace o formování půdních horizontů pod porostem třtiny. Oproti travnímu porostu však má porost smrku pichlavého potenciál tlumení klimatických extrémů (Balcar, Kacálek 2003, Balcar, Kacálek 2008, kapitoly 5.2.2 a 5.4.1). Také se v něm akumuluje určité množství biomasy (v naší studii 44,7 t sušiny nadzemní biomasy na 1 ha, kapitola 5.1) a živin v ní obsažených, které v případě trav rychleji cirkulují a pravděpodobně částečně podléhají vyplavování (zjednodušeně: sušina holorganických horizontů pod třtinou byla pouze o 20 t na 1 ha vyšší).

Vzhledem k celkové chudosti námi sledované lokality představuje případné zpracování dřevní hmoty vytěžené při výchovných zásazích výrazné ochuzení ekosystému. Proto ho, i přesto, že se nejedná o plochu po buldozerové přípravě, na rozdíl od metodiky výchovy porostů náhradních dřevin (Slodičák, Novák 2008), nedoporučujeme. Využitelným kompromisem mezi odebráním prvků a alespoň částečným plněním dřevoprodukční funkce může být zpracování pouze hmoty hroubí (viz závěr diskuze v kapitole 6.1).

Výsledky našeho šetření půdní vlhkosti svrchní části horizontu A ukazují, v porovnání s ostatními polohami, vždy nejnižší vlhkost půdy pod korunami smrků. Bude se pravděpodobně jednat o důsledek intercepce nízkých srážek korunami smrku, kterou např. pro smrk ztepilý popisuje Kantor (1994) a Chroust (1997), a tak omezení jejich dostupnosti v půdě pod korunami. Na půdní vlhkost má vliv také výpar (přímý vliv ozáření se v naší studii však neprokázal), dále propustnost půdních vrstev a odčerpávání vody rostlinami (Podrázský 1999a). Alespoň v termínech měření vlhkosti součinnost těchto faktorů hovořila nejpříznivěji pro volnou plochu porostlou buřením. Přestože vytváření závěrů o celkové vodní bilanci pod korunami a na volnu by bylo na základě malého počtu ambulantních měření předčasné, je třeba poukázat na nebezpečí snížené dostupnosti vody pro dřeviny vysázené přímo pod koruny mladého porostu SMP.

V současné době se z hlediska volby dřevin zpětně jeví jako vhodnější dřeviny pro zakládání porostů náhradních dřevin bříza, olše a jeřáb, vyznačující se rychlejším cyklem živin a kladným vlivem na půdu (Moravčík, Podrázský 1993, Podrázský et al. 2003, Ulbrichová et al. 2005). Nevýhodou těchto dřevin však může být jejich relativně krátká životnost, zvláště v podmínkách klimatických stresů, a díky svému charakteru mají také nižší účinnost z hlediska tlumení klimatických extrémů (např. Balcar in Jurásek et al. 2008). Z těchto důvodů, a s přihlédnutím na úroveň poznání v dobách likvidace imisní kalamity v druhé polovině 20. století, lze na extrémních stanovištích zpětně považovat výsadbu náhradních porostů smrku pichlavého za opodstatněnou.

6.4. MORTALITA A RŮST BUKU

Na celkově vysoké mortalitě prosadby buku na sledovaných výzkumných plochách se podílí velké množství faktorů, působících v návaznosti na oslabení sazenic šokem po výsadbě. Hlavní vliv budou mít vlastnosti mikrostanoviště, hlodavci, konkurence buřeně, pozdní mrazy, při nedostatečné ochraně také zvěř atd. (např. Hobza et al. 2008). Vliv

pozdních mrazů považujeme za faktor zásadní, pro svůj nahodilý charakter se však jeho význam může projevit pouze ojediněle. Z literatury je zřejmé, že prosperující buky jsou schopny vliv pozdních mrazů v určité míře bez problémů přestát, maximálně s vyšším podílem jedinců se zmnoženým terminálem (cf. Nigre, Colin 2007). Jako faktor letální proto pozdní mrazy působí v kombinaci s dalšími uvedenými faktory.

Vyšší mortalita buku na výzkumných plochách nutně nekorespondovala s nižší intenzitou růstu. Z výsledků porovnávání vývoje prosadeb s ohledem na vzdálenost od kmene nejbližšího smrku na oplocených plochách lze konstatovat, že vliv prostorových vztahů na parametry prosperity buku není jednoznačnou záležitostí. Ve vyšších polohách se při určitém zpracování jeví prokazatelná vyšší prosperita buků vysazených do blízkosti kmenů SMP oproti vzdálenějším. Přístup rozdělení buků do dvou skupin podle vzdálenosti byl zvolen při zpracování dat studie Balcara a Kacálka (2008). Ti na ploše Plochy a Ořešník zjistili nižší mortalitu buků rostoucích do vzdálenosti do 90 cm od kmene oproti bukům vzdálenějším, zatímco na výzkumné ploše v nižším LVS (6.) tomu bylo naopak. Také výškový přírůst všech přeživších jedinců z bližší skupiny byl vyšší v několika letech následujících po překonání šoku z přesazení. Je to přístup přinášející jednoznačnějších výsledků, než námi prezentované porovnávání skupin buků podle pevných intervalů vzdálenosti, kdy relativně nepatrná změna intervalu znamená díky přesunu prosperujících jedinců často absenci nebo přímo potření v předešlém zpracování naznačených trendů (jak bylo modelově popsáno při prezentaci výsledků analýz výškového růstu na VP Paličnick 1 – kapitola 5.4.1.4). Nutno podotknout, že ve studii Balcara a Kacálka (2008) obsahuje kategorie zahrnující buky vzdálené více než 90 cm od nejbližšího kmene SMP všechny jedince v rozmezí 95 cm až 250 cm od kmene. Jestliže předpokládáme působení korun smrku pichlavého na mikroklima stanoviště nejen v rámci koruny samotné, ale, jak částečně potvrzuje i naše teplotní studie (kapitola 5.2.2), působení na mikroklima porostního prostředí, lze v takovém rozmezí vzdáleností od kmene nejbližšího smrku očekávat také gradient charakteru mikroklimatu. A ten bude pravděpodobně vyšší než ve vzdálenosti reálných (20 –) 30–90 cm od kmene, což je na těchto výzkumných plochách v současnosti v průměru prostor plně spadající do interiéru korun SMP i ve výčetní výšce (kapitola 5.1). Zjednodušeně lze z naší analýzy na větší části ploch vypočítat srovnatelnou či mírně klesající mortalitu buků vysazených od paty kmene do vzdálenosti 120 až 150 cm od kmene.

Jak se ukázalo, směr výsadby buku vůči nejbližšímu jedinci porostu SMP má vliv na jeho celkovou mortalitu. Když neuvažujeme specifickou plochu Jizerka II, nejúspěšnější přežití bylo pozorováno v okolí severozápadní strany koruny. Jedná se až o více jak 10 % nižší mortalitu v porovnání s ostatními polohami. Při posouzení výsledků námi zpracovaných teplotních měření (kapitola 5.2.2) bychom očekávali nejvyšší mortalitu u buků vysazených při jižním okraji korun smrků, vzhledem k zjištěné extremitě této polohy. Nejvyšší mortalita však byla zjištěna na straně východní. Svůj význam zde může hrát nejčasnější dopad přímého slunečního záření v ranních hodinách po nocích s pozdními mrazíky před tím, než se dostatečně ohřeje přízemní vrstva vzduchu. Toto záření podle literatury (např. Langvall 2000) umocňuje negativní dopad pozdních mrazů a celkově by mohlo vést k výraznějšímu stresujícímu efektu na zde vysazené buky, vedoucím k jejich odumření. Lepší přežívání jedinců na západní až severní straně koruny pak pouze mírně modifikuje doporučení pro lesnickou praxi prezentované v současné metodice přeměn porostů náhradních dřevin (Balcar et al. 2007). Na odrůstání se už směr výsadby výrazněji neprojevil.

Jsme si vědomi toho, že pro směrodatnější vyhodnocení prostorových souvislostí prosadeb (vzdálenosti od nejbližšího kmene SMP a směru výsadby) by bylo vhodnější současné

zahrnutí obou těchto faktorů do společné analýzy. Omezený počet jedinců buku rostoucích na plochách však neumožňoval k tomuto kroku přistoupit.

Z našich šetření vyplývá, že 20 % nejvyšších buků na plochách s hustším porostem smrku se průměrně vyskytuje blíže ke kmeni nejbližšího SM, než na plochách řidších. Na výzkumné ploše Plochý (2 350 SMP na 1 ha) byla průměrná vzdálenost 90 cm, na VP Paličník 2 (SMP o hustotě 2 200 ks na 1 ha) 93 cm, Ořešník (po zásahu 1 360 SMP na 1 ha) 108 cm a na VP Paličník 1 (SMZ o hustotě 1 925 ks na 1 ha) 119 cm. Více, než vlivem rozdílné dostupnosti světla, to bude pravděpodobně důsledek pravidelného sponu při výsadbě, který v závislosti na hustotě porostu vyústil do nejčastěji zastoupeného rozpětí vzdáleností prosadeb buků od kmene nejbližšího smrku.

Negativní vliv zápoje na výškový růst buku lze pozorovat při porovnání v sousedství ležících ploch Paličník 1 a 2. Zde však přibývá zpětně těžko rozluštitelná otázka opodstatněnosti volby kopečkové výsadby na ploše 1. Vzhledem k tolerantnosti buku k zastínění v období mládí (Peters 1997, Swagryk et al. 2001) by totiž vyšší mortalita na této ploše mohla být také důsledkem nedostatečné přístupnosti vláhy ke kořenům buků vysazených nad úroveň terénu (na kopeček) umocňující výše zmiňované intercepční působení smrku. Současný charakter přízemní vegetace na plochách nevykazuje výraznějších rozdílů co se vláhy týče, také typologické zařazení bylo po celé období výzkumu jednotné pro obě plochy.

Význam přístupu světla vyvstal i při posouzení reakce buku na rozvolnění porostů smrku jak cílenými zásahy, tak sněhem. Výchovní zásah na plochách Paličník 1 a 2 byl proveden v době 8 (5) let po výsadbě (vylepšení), tedy v období po překonání šoku z přesazení, který se u buku udává v rozmezí 2 až 3 let (Kacálek, Balcar 2001, Kriegel, Bartoš 2004, Hobza et al. 2008) – dle vývoje mortality v našich šetřeních uvažujeme až o 4letém období – a po nastartování pravidelného přírůstu. Poškození smrků sněhem nastalo za další 4 roky. Obě redukce zápoje porostu se pozitivně projeví na zvýšení průměrného výškového přírůstu buků v následujících letech. Jak vyplynulo z výzkumu, také na plochách dlouhodobě bez výchovy bylo prosvětlení porostu z důvodu poškození sněhem, případně uvolňovací zásah (na ploše Ořešník), pro buk prospěšné. Ukazuje to na časovou toleranci stabilizovaných (přirůstajících) buků co se týče dostupnosti světelného požitku odpovídajícího pro zvýšení výškového přírůstu.

Na sledovaných plochách měla sněhově nadprůměrná zima 2005–2006 vliv na snížení indexu vertikálního vzrůstu buků, tzn. zvýšila se tendence k poléhavosti. Buky byly na všech plochách schopny následující rok snížení indexu překonat, což přisuzujeme pozitivnímu vlivu prosvětlení porostu v důsledku poškození smrku vrcholovými zlomy.

V současné metodice přeměn porostů náhradních dřevin (Balcar et al. 2007) je uvolnění prosadeb buku doporučováno až po překročení výšky výsadeb 2 m. Podle našeho zjištění však postupné mírné snižování hustoty SMP již od doby stabilizace bukových prosadeb napomáhá zintenzívnit výškový růst buku. Na plochách, kde buk intenzivněji přirůstá, jsou u buku lepší předpoklady pro brzké dosažení úrovně porostu, alespoň v případě pomaleji rostoucího náhradního porostu smrku pichlavého. V takovém případě by jedinci smrku mohli dočasně vytvářet zdravou konkurenci pro buk, doplňující jeho jinak nedostatečnou hustotu, a alespoň v omezené míře napomáhat formování charakteru korun (cf. Indruch 1985). Smrk pichlavý zatlačený do podúrovně by později postupně odumíral. Na druhou stranu delší setrvání buků v zástínu by mohlo napomoci vytvoření hlubšího kořenového systému s vyšším podílem mykorrhizy, jak bylo zjištěno u bukových semenáčků z přirozené obnovy (Ponge a Ferdy 1997). Tato otázka by si zasloužila další výzkum.

Zajímavý, a vzhledem k údajům z literatury, které uvádějí vyšší výskyt myšovitých v travních porostech (např. Švestka et al. 1998), je nečekaný poznatek o poklesu podílu poškození buku myšovitými hlodavci směrem od interiéru koruny smrku do porostních mezer na výzkumné ploše Plochý. I přes omezenost pokusu lze uvažovat o preferenci korunového prostoru myšovitými, minimálně v určitém období roku. Například v zimě je prostor v koruně díky efektu „načechrávání sněhových srážek“ při nízké výšce sněhu (popisovaného např. u smrku ztepilého Bartošem et al. 2009) volnější pro pohyb hrabošů. Potravní nabídka ve formě vysazených buků (buk je velice atraktivní potrava – Flousek 1999), by pak pro ně mohla být dostatečným důvodem v tomto prostoru přebývat. Na ploše v 6. LVS byl podíl poškození myšovitými minimální. Díky nižší hustotě porostu SMP zde byl však také minimální podíl jedinců vysazených pod koruny smrků a „úživnost“ stanoviště pro hlodavce byla násobně vyšší.

Vysoká mortalita buků vysazených pod koruny SMP na neoplocené VP Jizerka II poukazuje na neúčinnost využití koruny z tuhých a pro zvěř neatraktivních jehlic SMP (Remeš 2002) jako ochrany proti okusu. Vzhledem k vysokému podílu mortality bez známé příčiny u buků pod korunou lze usuzovat jak na podíl stínění, tak také na negativní důsledek intercepce nízkých srážek korunami smrku (viz výše, kapitola 6.3). Kritické poškození okusem buků vysazených mimo korunový prostor SM na této výzkumné ploše pak potvrzuje nutnost kvalitního oplocení, případně kvalitní individuální mechanické ochrany, jako základní podmínky pro rekonstrukce porostů smrku pichlavého.

S ohledem na výsledky Součka a Bartoše (2007), ale i na základě našich teplotních šetření (kapitola 5.2.2), lze pro založení pokusu zaměřeného na prosperitu výsadb (prosadb) buku doporučit výsadbu na optimální stanoviště – místa mimo terénní deprese. Pravidelný spon, volený při založení zpracovávané série výzkumných ploch, sice zajišťuje vyšší míru nahodilosti polohy vůči okolním stromům náhradního porostu. Přináší však s sebou nevýhodu vyšší mortality u jedinců, kteří jsou vysazeni do nevhodné polohy. Dalším důvodem pro jeho využití byla pravděpodobně i vidina jednodušší evidence, minimálně v prvních letech po výsadbě, která se vzhledem k variabilitě terénu a vysoké mortalitě ukázala jako mylná. Princip optimálního stanoviště byl volen při zakládání prosadbového pokusu na VP Lesní bouda. Minimální mortalita prvního roku však pozitivní vliv způsobu výsadby pouze naznačuje a nelze z ní dělat závěry.

6.5. FYZIOLOGICKÁ REAKCE BUKU A ŽIVINOVÁ BILANCE

Rozdíly v morfologii, fluorescenci chlorofylu i chemickém složení listů buku, rostoucího v různých polohách porostu smrku pichlavého, zjištěné naší analýzou potvrzují schopnost dřeviny adaptace na růstové podmínky prostředí. Při hodnocení proměnlivosti morfologických parametrů zjištěná nižší hmotnost sušiny, potažmo menší tloušťka listů u buků rostoucích v zástinu navozuje dojem větší zranitelnosti těchto listů případnými pozdními mrazy – méně hmoty rychleji ztrácí teplotu. Buky v zástinu také mají tendenci k pozdějšímu rašení, než buky více osluněné (Dušková 2009). I když je geneticky podmíněná variabilita buku vysoká (Šindelář 2001), tato skutečnost nepřímou potvrzuje pozitivní vliv interiéru korun SM na snižování následků pozdních přizemních mrazů.

Zjištěná vyšší hodnota maximálního výtěžku fluorescence u asimilačního aparátu buků rostoucích pod korunami smrku oproti bukům v mezerách, odpovídá poznatkům zjištěným v případě dospělých jedinců (Hladká, Čaňová 2005). Buky rostoucí v méně stíněných polohách vykazovaly při vyšších intenzitách záření sklon k inhibici. Světelné záření však dokázaly využít pro fotosyntézu intenzivněji. Vyšší účinnost fotosyntézy pak u uvolněných

buků s odpovídajícím kořenovým systémem vede k schopnosti rychlejšího výškového vývoje, jak bylo prokázáno u 20 % nejvyšších buků v našich pokusech, soustředěných svými terminály převážně mimo prostor korun. Jak vyplývá z literatury (Tognetti et al. 1997), po otevření zápoje o velikosti malé porostní mezery jsou buky schopny vytvořit nové, na změněné světelné podmínky plně aklimatizované listy; přežití (a odrůstání) takových buků je více závislé na konkurenci sukcesních druhů, než na přizpůsobování stinných pletiv.

Zjištěný trend poklesu obsahu dusíku v listí buku směrem od jedinců rostoucích v zástínu pod korunou k jedincům rostoucím na volnu koresponduje s poznatky v literatuře při výzkumu přirozené obnovy pod porostem a v porostní mezeře (Johnson et al. 1997). Celkově dává vyšší schopnost akumulace živin v asimilačních orgánech zastíněných buků (F, K, ale i Ca a Mg) předpoklad jejich rychlejší recyklaci opadem. Výrazně vyšší hodnoty křemíku v koruně mohou být způsobeny okapem z větví smrku, neboť je známo, že jehličí smrku, zvláště pokud je smrk stresovaný, má vyšší obsah křemíku (Godde et al. 1991) a také v naší studii byl zjištěn zvyšující se obsah křemíku ve větvích i v jehličí směrem od horní části koruny smrku do spodní (kapitola 5.1.4.2).

Zjištěné vyšší koncentrace živin v listech rostoucích v zástínu mohou být výsledkem odlišností v metabolismu v závislosti na ozáření, ale také např. jejich nestejnou alokací v rámci pletiv listu: jestliže jsou živiny více koncentrovány v pokožce listů, může být význam koncentrací v pokožce v lehčích stinných listech (tenčích) navýšen. V literatuře je uváděn minimální rozdíl v tloušťce pokožky listů u stinných a slunných pletiv (Šebánek et al. 1983, Syvertsen et al. 1995).

Důležitým poznatkem je podle našeho názoru také schopnost buku „okamžitého“ přizpůsobení na změněné světelné podmínky po výsadbě. Hned v prvním vegetačním období se charakter asimilačního aparátu jedinců vysazených do krytu smrků, jak po stránce fotosyntetického potenciálu, tak neprůkazně také po stránce chemické, lišil od buků vysazených na okraj koruny a do porostních mezer. Rozdíly byly v základních rysech shodné se staršími jedinci hodnocenými v naší studii. Výzkum potvrdil schopnost fyziologické adaptace na konkrétní světelné podmínky (Tognetti et al. 1997), výsledky korespondují také s údaji o vyšší specifické hmotnosti listů buku na slunné holině oproti porostu (Mészáros et al. 1998). Podle našich výsledků k těmto změnám dochází hned v následující vegetační sezóně po změně světelných poměrů sazenice, a to i přesto, že je sazenice stresována šokem po výsadbě. Reynolds a Frochot (2003) při hodnocení fotosyntézy, transpirace, vodivosti mezofylu a průduchů a účinnosti využití vody u semenáčků buku z plného oslunění, ze stínu a po uvolnění stinných semenáčků vichřicí však uvádějí, že plná aklimatizace na nové světelné podmínky je proces postupný pozorovaný během následujících vegetačních období. Vyslovují také názor, že může být v přímém vztahu k budoucímu vývoji větší biomasy kořenů u uvolněných semenáčků. Tato otázka by si zasluhovala další výzkum.

7. ZÁVĚR

Na základě studií zpracovaných v této práci je možné formulovat následující závěry:

1. Z hodnocení růstu a vývoje smrku pichlavého v porostech náhradních dřevin a výzkumu množství a kvality biomasy vyplývá:
 - Porost smrku pichlavého o v Jizerských horách běžné výchozí hustotě 1 700 až 2 300 jedinců na hektar se v podmínkách vyšších horských poloh začíná ve věku cca 15 let zapojovat, což vede ke snižování přírůstu bočních větví a odumírání zastíněné spodní části koruny.
 - Zapojování porostů v kombinaci s dalšími faktory prostředí pak ve smrkovém lesním vegetačním stupni napomáhá zhoršování olivění a tedy i celkového zdravotního stavu smrku pichlavého. Lze tedy předpokládat sníženou vitalitu a následně i životnost těchto porostů.
 - Smrk pichlavý ve smrkovém lesním vegetačním stupni má, oproti nižším polohám, snížený růstový potenciál a větší riziko poškození vrcholovými zlomy sněhem, ke kterým jsou nejvíce náchylní předrůstaví jedinci.
 - Sušina mladého jedince smrku pichlavého tvoří až téměř polovinu čerstvé hmotnosti stromu (43 až 49 %), která byla u jedince z dvacetiletého porostu v průměru 57,1 kg. Hmotnost kmene v kůře tvořila v průměru 48 % čerstvé hmotnosti a 41 % sušiny stromu. Největší procentický obsah živin v sušině stromu smrku pichlavého je uložen v hmotě jednoletého jehličí (průměrně 1,19 % N, 0,05 % P, 0,36 % K, 0,61 % Ca a 0,08 % Mg), následuje hmotnost větví, kůra a nejmenší obsah je ve dřevě kmene (0,09 % N, méně než 0,001 % P, 0,07 % K, 0,08 % Ca a 0,01 % Mg).
 - Byl zjištěn gradient zastoupení živin v jehličí, ve dřevě větví a v kůře smrku pichlavého podle výšky na stromě: směrem od spodní do horní části koruny narůstal obsah N, P, K, Mg i S ve dřevě větví (s kůrou), s výškou rostl také obsah Ca a Mg a klesal obsah N, P a K v jehličí. S výškou na kmene narůstal i obsah N, P, K a Mg v kůře. Celkově byl vyšší procentický obsah živin v horní části koruny stromu.
 - Z hlediska celkového objemu dvacetiletého porostu smrku pichlavého nejvíce živin obsahuje jehličí (od 45 % u Mg a Ca po 74 % u P), následované hmotou větví v kůře, kůrou kmene a nejméně živin je akumulováno ve dřevě kmene (od 1 % u P po 12 % u K).
 - Limitní prvek stanoviště se může mezi lokalitami náhradních porostů smrku pichlavého ve vyšších horských polohách lišit. Na celkově živinově chudé lokalitě Plochy v Jizerských horách jím byl fosfor s minimálním zastoupením jak v biomase (8,1 kg.ha⁻¹), tak v půdě (v holorganických horizontech metodou Mehlich III 3,82 kg).
2. Na základě výsledků šetření teplotních poměrů v mladých porostech náhradních dřevin lze konstatovat:
 - Poloha v porostní mezeře ve stádiu tyčkovin o velikosti půl krát jedna porostní výška vykazuje nepatrně rozdílný průběh teplot, daný omezeností dopadu přímého

slunečního záření a pravděpodobně i jeho vyšší absorptivitou jehličím v případě polohy při okraji koruny. Interiér koruny vykazuje nejvyrovnanější průběh teplot, poloha uprostřed mezery má nejvyšší teplotní amplitudu za sledované období (o 0,9 °C). Bylo zaznamenáno mírné snižování délky i celkové sumy mrazových teplot nočních mrazíků směrem do krytu koruny.

- Na jih obrácená strana koruny zažívá v jarním období nejextrémnější průběh teplot projevující se zvýšením teplotní amplitudy jak směrem ke kladným, tak záporným teplotám. Na jihu koruny byla zaznamenána nejvyšší průměrná denní teplota (až o 1,45 °C) a suma teplot (až o 13 %) v porovnání s ostatními směry.
 - Kromě sněhového období jsou přízemní vrstvy vzduchu vystaveny silnějším teplotním zvrátům, stejně jako silnějšímu působení pozdních mrazů. V přízemní vrstvě vzduchu byla zjištěna oboustranně rozšířená amplituda teplot až o 5,6 °C oproti výšce 90 cm nad zemí. Z hodnocení vyplývá až o 12 % nižší počet záporných měření a teplot nižších než -1 °C ve výšce 90 cm oproti nižším vrstvám vzduchu. V případě sledované lokality nastalo snížení výskytu přízemních mrazíků až od výšky nad 60 cm nad zemí.
3. Z hodnocení vlivu mladého porostu smrku pichlavého na svrchní horizonty půdy v porovnání s porostem třtiny chloupkaté vyplývá:
- Z naší studie nevyplýval rozdíl mezi charakterem svrchních půdních horizontů pod porostem smrku pichlavého ve smrkovém lesním vegetačním stupni v porovnání s porostem buřene v dominanci s třtinou chloupkatou. Porovnáním celkového obsahu prvků v humusových horizontech pod smrkem pichlavým a pod třtinou na hektar byly průměrné obsahy některých prvků vyšší pod porostem třtiny (až o 20 % u draslíku), rozdíly mezi variantami však nebyly statisticky průkazné. Z hlediska kvality holorganických horizontů tak obě půdy vykazovaly obdobné podmínky, horizont H byl však částečně formován předchozími porosty a chybí informace o kvantitě a kvalitě opadu třtiny.
 - Bylo zjištěno nebezpečí snížené dostupnosti vody v půdě pro dřeviny prosadeb přímo pod koruny mladých porostů SMP. V termínech měření byla vlhkost svrchní vrstvy horizontu A pod korunami vždy nejnižší v porovnání s polohou při okraji koruny, v mezerách a na volné ploše pod porostem třtiny.
4. Na základě hodnocení mortality a morfologického vývoje vybraných prosadeb buku lesního do porostů smrku pichlavého ve vztahu k jejich poloze a stavu porostu smrku je možné vyslovit následující závěry:
- V prosadbách buku do porostu smrku pichlavého ve vyšších horských polohách je třeba počítat s vysokou mortalitou (až více než 50 %). Celková mortalita bukových prosadeb nebyla spojena s hustotou porostu smrku.
 - Mortalita buku v závislosti na vzdálenosti od kmene nejbližšího smrku vykazovala nejednoznačné trendy. Nejčastěji se nejnižší, či pouze mírně rostoucí mortalita vyskytovala do vzdálenosti okolo 150 cm od nejbližšího smrku.
 - Nejvyšší mortalita byla zjištěna u buku vysazených na východní stranu od nejbližšího smrku, naopak nejvyšší procento přežití bylo vyhodnoceno v okolí severozápadní strany koruny (od západu po sever).

- Byl zjištěn výrazný vliv myšovitých hlodavců na mortalitu prosadeb buku ve smrkovém lesním vegetačním stupni. Vyšší procento poškození myšovitými bylo nalezeno u buků pod korunami smrků, s narůstající vzdáleností od smrku podíl poškození klesal.
 - Podle vývoje mortality i výšek buků na sledovaných výzkumných plochách uvažujeme až o 4letém období šoku z přesazení.
 - Vztah vzdálenosti výsadby buku od kmene nejbližšího smrku k výškovému růstu buku byl nejednoznačný. Nejčastěji měly nejvyšší průměrnou výšku buky rostoucí do vzdálenosti 80 cm (až 120 cm) od kmene, dvacet procent nejvyšších jedinců mělo srovnatelné průměrné výšky do vzdálenosti 160 (až 200) cm od kmene smrku.
 - Buky rostoucí v mezerách měly vyšší index vertikálního vzrůstu, tzn. přímější růst než buky ve stinnějších polohách. Dočasné deformace sněhem projevující se snížením indexu, byly buky po mírném prosvětlení porostu schopny vyrovnat, případně i předchozí hodnotu indexu překonat, v průběhu následujícího roku
 - Nebyla potvrzena možnost využití krytu koruny smrku pichlavého jako biologické ochrany proti okusu prosadeb buku.
 - Částečné prosvětlení porostu smrku pichlavého v období 8 (5) let po výsadbě, jako i následné prosvětlení za další čtyři roky, bez ohledu na iniciální hustotu porostu, mělo pozitivní vliv na zvýšení průměrného výškového přírůstu buků na plochách.
 - Průměrný výškový růst buku na dřívě uvolněných (postupně uvolňovaných) výzkumných plochách dává předpoklad pro brzké dosažení úrovně porostu smrku pichlavého.
5. Z hodnocení fluorescence chlorofylu, rozměrů listů a obsahu živin v asimilačním aparátu buků z prosadeb do různých poloh náhradního porostu smrku pichlavého lze konstatovat:
- Z chemické analýzy listů vyplynul statisticky průkazný trend poklesu obsahu dusíku se stoupající ozářeností, také hořčík a vápník vykazovaly sestupný trend, i když neprůkazně. Naproti tomu měly zastíněné buky průkazně vyšší obsah fosforu a draslíku.
 - Průměrná hmotnost sušiny listů pod korunami byla průkazně nižší než listů buků rostoucích v mezeře, velikostí listů se varianty nelišily.
 - U buků rostoucích pod korunou byla zjištěna průkazně vyšší hodnota maximální fluorescence a maximálního výtěžku fluorescence, byla tak potvrzena rozdílná reakce na silný impulz fotosynteticky aktivního záření u pletiv adaptovaných na tmu u buků vysazených do porostních mezer oproti jedincům pod korunami. Také v absorptivitě byl zjištěn významný rozdíl.
 - Chemická analýza a parametry fluorescence chlorofylu listů sazenic prosadeb v různých polohách vůči nejbližšímu smrku následující rok po výsadbě vykazovaly rozdíly, které byly v zásadních rysech shodné se staršími výsadbami.
 - Buky z ozářených poloh při vysokých intenzitách záření vykazovaly sklon k fotoinhibici, na rozdíl od buků rostoucích pod korunou, které byly schopny využít celou posuzovanou škálu intenzity záření, i když nižší měrou.

7.1. DOPORUČENÍ PRO LESNICKOU PRAXI

Na základě získaných výsledků a zobecnění výsledků jiných studií lze pro úspěšné vnášení cílové dřeviny buku do náhradních porostů smrku pichlavého ve vyšších horských polohách doporučit následující pěstební technologická pravidla:

- Rekonstrukce náhradních porostů smrku pichlavého prosadbami je třeba přednostně provádět v porostech ve smrkovém lesním vegetačním stupni, kde lze očekávat nižší životnost porostů SMP.
- Pro zvýšení stability a zlepšení vývoje zdravotního stavu smrku pichlavého je třeba udržovat hustotu porostu smrku tak, aby nedocházelo k dotýkání korun. Před prosadbami doporučujeme proředit porost tak, aby mezi sousedními korunami byla vzdálenost okolo 0,5 m až 1 m, a byla tak vytvořena určitá rezerva pro rozrůstání korun.
- Odstranění dendromasy vytěžené při výchovných zásazích ve smrku pichlavém ve vyšších horských polohách za účelem zužitkování nedoporučujeme. V omezené míře (hroubí) je možné pouze po předchozích listových a půdních analýzách vylučujících extrémní chudost stanoviště. V případě zjištění živin v deficitu se jeví účelné cílené přihnojení sazenic buku při výsadbě.
- Pro výsadbu buku použít silnější sadební materiál (nad 50 cm výšky) s kvalitním kořenovým systémem, případně sadbu obalovanou. Vysazovat do poloh při západní až severní straně okraje koruny smrku pichlavého do vzdálenosti cca 150 cm od kmene, vyvarovat se výsadby na jižní až východní straně korun a výsadby do terénních depresí. Nestejnoměrné rozmístění sazenic v tomto případě není nevýhodné.
- Bukové prosadby uvolňovat mírným zásahem v porostu smrku v době po překonání šoku z přesazení a nastartování pravidelného přírůstu u většiny jedinců, kdy průměrná výška přesáhne potenciální výšku působení přizemních mrazíků (na většině lokalit cca 80 cm), tzn. v době cca 5–8 let po výsadbě. Další mírné prosvětlení provést za dalších cca 5 let. Zásahy provádět jako kombinaci selektivního uvolnění pomalu odrůstajících stíněných buků a zdravotního výběru ve smrku.
- Důsledně dbát na údržbu kvalitního oplocení/kvalitní ochrany obnovních prvků až do překonání výšky potenciálního ohrožení terminálního pupenu okusem, pozornost věnovat také ochraně proti myšovitým hlodavcům.
- Potřeba (i vhodnost) výchovných zásahů ve smrku pichlavém končí, když buk dosáhne úrovně porostu smrku.

S ohledem na omezené možnosti náhradních porostů smrku pichlavého k plnění funkcí očekávaných od lesních pozemků je třeba rekonstrukce těchto porostů vést maximální snahou o využití jejich potenciálně pozitivních vlastností s ohledem na cílové dřeviny.

7.2. DOPORUČENÍ PRO LESNICKÝ VÝZKUM

Pro umožnění kvalitnější analýzy dat týkajících se mortality a růstu prosadeb buku do porostu náhradní dřeviny smrku pichlavého lze doporučit zakládat pokusy variantní, tzn. s minimálně dvěma variantami pokusu na dané lokalitě umožňující srovnání výsledků; s předpokladem dostatečného počtu jedinců v průběhu celého období sledování, tzn. po započtení předpokládané mortality. Dále dodržení striktní evidence jedinců již od výsadby, v případě náhrady odumřelého buku při vylepšování a využití původního označení jedince (štítku) tuto skutečnost zaznamenat také na samotném štítku. Jako vhodný nástroj se nám jeví např. specializované kleště („proštipovací“), které do štítku vyrazí určitý znak. Považujeme za důležité při každém měření zaznamenávat konkrétní hodnotu dané růstové veličiny, ne maximální dosaženou, kterou lze v případě potřeby zaměnit dodatečně při zpracování dat.

Z výzkumu zahrnutého v této práci vyplývají náměty pro další směřování výzkumu týkajícího se problematiky porostů smrku pichlavého a jejich přeměny bukem lesním. Bylo by účelné:

- Zpracovat pro porovnání studii zaměřenou na vyhodnocení akumulace dendromasy, živinové bilance v ní včetně kvality půdy na živnějších stanovištích vyšších horských poloh.
- Zaměřit se na dlouhodobější periodické ambulantní měření půdní vlhkosti v různých polohách porostu smrku pichlavého na více lokalitách v porovnání s travním porostem, aby bylo možné spolehlivě potvrdit zjištění o snížené dostupnosti půdní vlhkosti pod korunami smrků.
- Založit pokus zaměřený na bližší specifikaci teplotního gradientu od prostoru pod korunou do středu střední porostní mezery (o velikosti 1 až 2 porostní výšky) v porostu SMP podle světových stran.
- Založit výzkumnou plochu vhodnou pro dvoufaktorovou analýzu prostorových vztahů bukových prosadeb (např. směr výsadby a vzdálenost od nejbližšího kmene smrku), pro kterou pro naše šetření nebyl dostatečný počet jedinců.
- Analyzovat vývoj kořenového systému prosperujících buků vysazených pod korunu smrku pichlavého v porovnání s buky v porostních mezerách.
- Sledovat vývoj fluorescence chlorofylu a chemismu listů buků z prosadeb několik let po výsadbě tak, aby bylo možné stanovit období potřebné pro plnou aklimatizaci jedinců. Stejný výzkum by si zasloužila i rychlost aklimatizace asimilačního aparátu buků po uvolnění, tzn. bez vlivu šoku z přesazení.

Předkládaná práce přinesla řadu poznatků, které doplňují znalost o problematice přeměn mladých porostů náhradní dřeviny smrku pichlavého bukem lesním. Z uvedeného soupisu je však zřejmé, že se v průběhu zpracování otevřely také nové obzory otázek. Znalost odpovědí na ně posune poznání problematiky zase o kousek dál.

8. LITERATURA

- Agestam, E., Ekö, P. M., Nilsson, U., Welander, N.T.: The effect of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 176, 2003, s. 61 – 73.
- Albers, D., Migge, S., Schaefer, M., Scheu, S.: Decomposition of beech leaves (*Fagus sylvatica*) and spruce needles (*Picea abies*) in pure and mixed stands of beech and spruce. *Soil Biology & Biochemistry*, 36, 2004, s. 155 – 164.
- Anděl, P.: Bioindikace imisní zátěže v Krkonoších pomocí lišejníků v letech 1978-1996. In: *Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Przesieciu 15-18 X 1997. Tom I. Poznań, Wydawnictwo Acarus 1998, s. 241 – 245. – ISBN 83-85340-53-X*
- Anderle, K.: Škody způsobené na lese zvěří a jak jim čelit. In: K. Anderle: *Jak obrodit naše lesy. Praha, Brázda, 1949, s. 89 – 91*
- Balcar V.: Tolerance dřevin v juvenilním stadiu k průmyslovým imisím. In: *Práce VÚLHM, 69. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1986, s. 137 – 165.*
- Balcar, V., Kacálek, D., Vacek, S.: 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.–13. 10. 1999. Sest. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1999, s. 47 – 52. – ISBN 80-902615-4-X*
- Balcar, V., Kacálek, D.: European beech planted into spruce stands exposed to climatic stresses in mountain areas. *Austrian Journal of Forest Science*, 125, 2008, 1, s. 27 – 38.
- Balcar, V., Kacálek, D.: Prosadby porostů náhradních dřevin bukem lesním v horách. In: *Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého sympozia ... Opočno, 13. 9. – 14. 9. 2001. Ed. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 193 – 202. – ISBN 80-86461-13-0*
- Balcar, V., Kacálek, D.: Výzkum optimálního prostorového uspořádání bukových výsadeb při přeměnách porostů náhradních dřevin v Jizerských horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 48, 2003, č. 2/3, s. 53 – 61.
- Balcar, V., Navrátil, P.: Význam, postavení a druhové složení porostů náhradních dřevin v Krušných horách. In: *Lesnický výzkum v Krušných horách. Recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference. Teplice 20. 04. 2006. Sest. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno 2006, s. 91 – 110. – ISBN 80-86461-66-1*
- Balcar, V., Slodičák, M., Kacálek, D., Navrátil, P.: Metodika postupů přeměn porostů náhradních dřevin v imisních oblastech. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2007. 34 s. Recenzované metodiky pro praxi. *Lesnický průvodce 3/2007. – ISBN 978-80-86461-87-6*
- Balcar, V., Špulák, O.: Poškození dřevin pozdním mrazem a krycí efekt lesních porostů při obnově lesa v Jizerských horách. In: *Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Research results presented on international*

- scientific conference supported by research project MZe-0002070201 "Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions". Opočno 5. – 6. 9. 2006. Ed. Antonín Jurásek, Jiří Novák, Marian Slodičák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno 2006, s. 399 – 407. – ISBN 80-86461-71-8
- Balcar, V., Vacek, S., Henzlík, V.: Poškození a úhyn lesních porostů v Sudetských horách. In: Protection of forest ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mountains. Ed. P. Paschalis, S. Zajaczkowski. Varšava, Rozwoj SGGV 1994, s. 29 – 57. – ISBN 83-8624-128-4
- Balcar, V.: Ekologické krytí výsadeb buku lesním náhradním porostem smrku pichlavého. In: Výsledky a postupy výzkumu v imisní oblasti SV Krušnohoří. Sborník referátů z celostátního semináře konaného v rámci Phare – programu přeshraniční spolupráce ... Teplice, 4. 2. 2000. Sest. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2000, s. 85 – 88. – ISBN 80-902615-7-4
- Balcar, V.: 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. Ed. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 135 – 138. – ISBN 80-86461-13-0
- Bartoš, J., Špulák, O., Černohous, V.: Ukládání sněhu ve vztahu k dřevinám vysazeným na kalamitní holině v hřebenové partii horských poloh. Zprávy lesnického výzkumu, 2009, v tisku.
- Běle et al.: Základní lesnické názvosloví. Praha, MZe v Agrospoj 1992. 262 s.
- Bergkvist, B.: Leaching of metals from forest soils as influenced by tree species and management. *Forest Ecology and Management*, 22, 1987, č. 1-2, s. 29 – 56.
- Binder, W. D., Fielder, P., Mohammed, G. H., L'Hirondelle, S. J.: Applications of chlorophyll fluorescence for stock quality assessment with different types of fluorometers. *New Forests* 13, 1997, č. 1/3, s. 63 – 89.
- Binkley, D., Driscoll, C.T., Allen, H.L., Schoeneberger, P., McAvoy, D.: Acidic deposition and forest soils: context and case studies of the southeastern United States. New York, Springer-Verlag, 1989, 149 s.
- Borken, W., Beese, F.: Soil respiration in pure and mixed stands of European beech and Norway spruce following removal of organic horizons. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, 2005, č. 11, s. 2756 – 2764.
- Borůvka, L., Podrázský, V., Mládková, L., Kuneš, I., Drábek, O.: Some approaches to the research of forest soils affected by acidification in the Czech Republic. *Soil Science and Plant Nutrition*, 51, 2005, s. 745 – 749.
- Brechtel, H. M. : Metodische Beiträge zur Ökologie der Überschildung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Band 14, 1963. 94 s.
- Březina, P., Burda, J., et al.: Plán péče o CHKO Jizerské hory. Liberec, září 1997. 131 s.
- Čaboun, V.: Alelopatia v lesných ekosystémoch. Bratislava, Veda, 1990. 118 s.
- Chaloupský, J.: Geologický vývoj. In: Krkonošský národní park. Ed. B. Sýkora. Praha, SZN 1983. s. 11 – 18.

- Chroust, L.: Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VULHM - VS Opočno 1997. 227 s.
- Cipra, Z.: Historie rozpadu lesních ekosystémů Jizerských hor. In: Průša, E.: Pěstování lesů na typologických základech. Praha, Lesnická práce 2001, s. 162 – 163. – ISBN 80-86386-10-4
- Collet, C., Lanter, O., Pardos, M.: Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 58, 2001, s. 127 – 134.
- Covrig, I., Ceuca, V.: Researches regarding the settlement and the development of natural beech seedling - young plantlet and seedlings' extreme temperatures resistance. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 65, č. 1, 2008, s. 407 – 412.
- Dušková, J.: Vliv světelných a teplotních podmínek ve školce na růstovou dynamiku a kvalitu semenáčků buku lesního. Absolventská práce. Kostelec nad Orlicí, Vyšší odborná škola, 2009. 52 s.
- Einhorn, K. S., Rosenqvist, E., Leverenz, J. W.: Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: implications for forest regeneration? *Oecologia*, 140, 2004, č. 2, s. 241 – 251.
- Faiman, Z. et al.: Dynamika úbytku lesních porostů, narušení půdy těžebně dopravní erozí a hydrologické poměry lesního závodu Smědava v CHKO Jizerské hory. /Výzkumná zpráva/. Praha, Výzk. úst. zvukové, obrazové a reprodukční techniky 1990. 48 s.
- FEIS 2007: Fire Effects Information System. Species – Trees – *Picea pungens* [cit. 070109] Dostupné na: <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/picpun/all.html>
- Fér, F.: Lesnická dendrologie. Část 2 – Listnaté stromy. Písek, Lesnická fakulta VŠZ ve spolupráci s Maticí lesnickou 1994. 162 s.
- Ferda, J.: Obnova lesních porostů na zamokřených půdách v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 85 – 90.
- Fiala, K., Tůma, I. et al.: The role of *Calamagrostis* communities in preventing soil acidification and base cation losses in a deforested mountain area affected by acid deposition. *Plant and Soil*, 268, 2005, s. 35 – 49.
- Fleder, W.: Erfahrungen mit Unterbau und Voranbau der Buche in Unterfranken. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 46, 1991, č. 6, s. 307 – 309.
- Flousek, J.: Hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) a lesní hospodářství v Krkonoších. In: Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12.–13. 10. 1999. Sest. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VULHM 1999, s. 47 – 52. – ISBN 80-902615-4-X
- Fracheboud, Y., Leipner, J.: The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature, and drought stress. In: Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers 2003, s. 125 – 150. – ISBN 1-4020-744-09
- Frazer, G. W., Canham, C. D., Lertzman, K. P.: Gap Light Analyzer (GLA). Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. Users manual and program documentation. [Millbrook – New York, Institute of Ecosystem Studies 1999]. 36 s.

- Frazer, G. W., Trofymow, J. A., Letzman, K. P.: A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Canadian Forest Service, Forest Ecosystem Processes Network 1997. 81 s. – Information report BC-X-373
- Gamper, R., Mayr, S., Bauer, H.: Similar susceptibility to excess irradiance in sun and shade acclimated saplings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and stone pine (*Pinus cembra* L.). *Photosynthetica*, 38, 2000, č. 3, s. 373 – 378.
- Gillies, S. L., Binder, W. D.: The effect of sub-zero temperatures in the light and dark on cold-hardened, dehardened and newly flushed white spruce (*Picea glauca* [Moench.] Voss) seedlings. *New Forests*, 13, 1997, č. 1/3, s. 91 – 104.
- Gloser, J.: Fyziologie rostlin. [Skripta]. Brno, Masarykova univerzita 1998. 157 s.
- Godde D., Divoux S., Höfert M., Klein C., Gonsior B.: Quantitative and localized element analysis in cross-sections of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) needles with different degrees of damage. *Trees: Structure and Function*, č. 5, 1991, s. 95 – 100.
- Gregorová, B. et al.: Poškození dřevin a jeho příčiny. Praha, AOPK 2006. 361 s. – ISBN 80-86064-97-2
- Hamerlynck, E., P., Knapp, A., K.: Leaf-level responses to light and temperature in two co-occurring *Quercus* (*Fagaceae*) species: implications for tree distribution patterns. *Forest Ecology and Management*, 68, 1994, s. 149 – 159.
- Hawkins, C. D. B., Lister, G. R.: In vivo chlorophyll fluorescence as a possible indicator of the dormancy stage in Douglas-fir seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 15, 1985, č. 4, s. 607 – 612.
- Heinze, M., Melzer, M., Tomczyk, S., Veckenstedt, T.: Grüne Augen – ideale Objekte für die Kontrolle von Waldumbaumaßnahmen. *AFZ/Der Wald, Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge*, 55, 2000, č. 16, s. 834 – 836.
- Helbig, F., Ranft, H.: Erste Umbestockungsergebnisse und Erfahrungen zu angewandten Technolofien im Fichtenimmissionsschadgebiet des Erzgebirges. *Sozialistische Forstwirtschaft*, 33, 1983, č. 8, s. 246 – 249.
- Hering, S., Irrgang, S.: Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. *Journal of Forest Science*, 51, 2005, č. 11, s. 519 – 525.
- Hladká D., Čaňová I.: Morphological and physiological parameters of beech leaves (*Fagus sylvatica* L.) in research demonstration object Pořana. *Journal of Forest Science*, č. 51, 2005, s. 168 – 176.
- Hobza, P., Mauer, O., Pop, M.: Current use of European beech (*Fagus sylvatica* L.) for artificial regeneration of forests in the air-polluted areas. *Journal of Forest Science*, 54, č. 4, 2008, s. 139 – 149.
- Hurtalová, T., Matejka, F., Janouš, D., Pokorný, R., Rožnovský, J.: Influence of snow damage on aerodynamic characteristics of a spruce stand. *Folia Oecologica*, 2007, Vol. 34, No. 2, s. 97 – 104
- Indruch, A.: Zakládání a výchova listnatých porostů. Praha, SZN 1985. 142 s.

- Janík, R.: The influence of selected factors on the biomass production of the *Calamagrostis arundinacea* species in the conditions of submountain beech forests. *Lesnictví – Forestry*, 44, 1998, s. 145 – 152
- Jirgle, J., Kučera J., Tichý J., Materna J.: Poškození lesů na Jizerských horách imisemi. *Zprávy lesnického výzkumu*, 28, 1983, č. 1, s. 16 – 24.
- Jirgle, J.: K obnově lesa v Krušných horách. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ 1982, s. 117 – 122.
- Johnson, J.D., Tognetti, R., Michelozzi, M., Pinzauti, S., Minotta, G., Borghetti, M.: Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. II. The interaction of light environment and soil fertility on seedlings physiology. *Physiologia Plantarum*, č. 101, 1997, s. 124 – 134.
- Jonáš, F., Jonáš, F.: Vliv imisí na půdní vlastnosti a následná meliorační opatření jako předpoklad obnovy lesa. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ 1982, s. 57 – 62.
- Jurásek, A. et al.: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí. Závěrečná zpráva o řešení výzkumného záměru za období 01.01. 2004 – 31.12.2008. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – VS Opočno 2008, 128 s.
- Jurásek, A.: Obnova lesa v horských podmínkách z pohledu lesnického výzkumu. In: *Současnost a budoucnost lesní krajiny Jizerských hor*. Sborník referátů z mezinárodní konference. Mezinárodní centrum duchovní obnovy Hejnice, 6. – 7. 6. 2001. Liberec, Společnost pro Jizerské hory 2002, s. 16 – 21.
- Kacálek, D., Balcar, V.: Ovlivnění vývoje bukových výsadeb porosty náhradních dřevin v horách. In: *Současné otázky pěstování horských lesů*. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého sympozia ... Opočno, 13. 9. – 14. 9. 2001. Ed. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 249 – 260. – ISBN 80-86461-13-0
- Kacálek, D., Balcar, V.: Zkušenosti s přeměnami mlazín smrku pichlavého v horských oblastech. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003*. Sborník z celostátní konference. Teplice, 22. 4. 2004. Sest. J. Novák a M. Slodičák. Opočno, VÚLHM 2004, s. 152 – 157. – ISBN 80-86461-37-8
- Kamer, H.: *Waldwachstumslehre. Ökologische und anthropogene Einflüsse auf das Wachstum des Wales, seine Masen- und Wertleistung und Bestandessicherheit*. Hamburg und Berlin, Verlag Paul Parey 1988. 372 s. – ISBN 3-490-05616-7
- Kantor, P.: Hydrický režim horských smrkových a bukových porostů po jejich holosečné obnově. *Acta univ. agric. (Brno), fac. silvic.*, LXIII, 1994, 4. 2-4, s. 99-109
- Kantor, P.: Meliorační účinky porostů náhradních dřevin. *Lesnictví*, 35, 1989, č. 12, s. 1047 – 1066.
- Kantor, P.: Vodní režim bukového porostu před jeho obnovou holou sečí a po ní. *Lesnictví-Forestry*, 41, 1995, č. 1, s. 1 – 10.
- Kantor, P.: Změny vodní bilance smrkového porostu po jeho obnově holou sečí. *Lesnictví – Forestry*, 38, 1992, č. 9-10, s. 823 – 838.
- Kappen H.: *Die Bodenazidität*. Berlin, Springer Verlag 1929. 363 s.

- Kateb H. El, Benabdellah B., Ammer Ch., Mosandl R.: Reforestation with naive tree species using site preparation techniques for the restoration of woodlands degraded by air pollution in the Erzgebirge, Germany. *European Journal of Forest Research*, 123, 2004, s. 117 – 126.
- Koblížek, J.: *Fagus L.* – buk. In: Květena České republiky 2. Ed. S. Hajný, B. Slavík. Praha, Academia 1990, s. 17 – 20.
- Krečmer, V.: Bioklimatické změny na obnovních sečích v imisních oblastech. In: *Obnova lesa v imisních oblastech*. Praha, ČAZ 1982, s. 63 – 68.
- Krečmer, V.: Das Mikroklima der Kiefernlochkahlschläge. *Wetter und Leben*. 18, 1966, s. 61 – 72.
- Kriegel, H., Bartoš, J.: Přeměna porostu náhradních dřevin a sledování imisně ekologických podmínek na dlouhodobé výzkumné ploše Fláje v Krušných horách. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Sborník z celostátní konference*. Teplice, 22. 4. 2004. Sest. J. Novák a M. Slodičák. Opočno, VÚLHM 2004, s. 158 – 166. – ISBN 80-86461-37-8
- Kriegel, H.: Přeměny porostů náhradních dřevin v Krušných horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 47, 2002a, č. 3, s. 119 – 124.
- Kriegel, H.: Růst kultur na plochách rozčleněných valy z těžebních zbytků. In: *Práce VÚLHM*. 80. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1995, s. 53 - 63.
- Kriegel, H.: Vývoj cílových dřevin v průběhu přeměny stávajícího porostu ve sledovaných imisně ekologických podmínkách Krušných hor (plocha Fláje). In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Sborník z celostátní konference . . .* Teplice, 14. 3. 2002. Sest. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2002, s. 125 – 134. – ISBN 80-86461-20-3
- Kriegel, H.: Zakládání a růst kultur v imisních oblastech Krušných hor. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Sborník z celostátní konference ...* Teplice, 1. 3. 2001. Sest. M. Slodičák a J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001, s. 121 – 129. – ISBN 80-86461-06-8
- Kubelka, L. et al.: *Obnova lesa v imisemi poškozené oblasti severovýchodního Krušnohoří*. Praha, MZe ČR 1992. 133 s.
- Kula, E., Matoušek, D.: Vliv vápnění na půdní faunu. *Lesnická práce*, 83, 2004, č. 11, s. 20 – 21.
- Kula, E.: Biotičtí škodliví činitelé v porostech náhradních dřevin. In: *Problematika zachování porostů náhradních dřevin v imisní oblasti Krušných hor. Sborník referátů z celostátní konference*. Most 18. – 19. 5. 1999. Praha, MZe ČR 1999, s. 19 – 26. – ISBN 80-238-3900-4
- Langvall, O., Löfvenius, M. O.: Effect of shelterwood density on nocturnal near-ground temperature, frost injury risk and budburst date of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 168, 1/3, 2002, s. 149 – 161.
- Langvall, O.: *Interactions between Near-Ground Temperature and Radiation, Silvicultural Treatments and Frost Damage to Norway Spruce Seedlings*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp 2000. 35 s.
- Larcher, W., Nagele, M.: Changes in photosynthetic activity of buds and stem tissues of *Fagus sylvatica* during winter. *Trees*, 6, 1992, s. 91 – 95.

- Lichtenthaler, H. K., Babani, F., Langsdorf, G., Buschmann, C.: Measurement of differences in red chlorophyll fluorescence and photosynthetic activity between sun and shade leaves by fluorescence imaging. *Photosynthetica*, 38, 2000, č. 4, s. 521 – 529.
- Lichtenthaler, H. K., Buschmann, C., Knapp, M.: How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio R_{Fd} of leaves with the PAM fluorometer. *Photosynthetica*, 43, 2005, č. 3, s. 379 – 393.
- Lochman, V., Maxa, M., Fadrhonsová, V.: Dopady kyselé deponice na změny chemismu lesních půd rozdílných typů. In: *Pedologické dny 2004. Sborník z konference na téma Pedodiverzita. Roztoky u Křivokláta 20. – 21. září 2004.* Ed. M. Rohošková. Praha, Česká zemědělská univerzita 2004, s. 93 – 95. – ISBN 80-213-1248-3
- Lokvenc T., Štursa J.: Použití kosodřeviny jako náhradní dřeviny pro zalesňování v imisních oblastech. Závěrečná zpráva etapy 02/04 úkolu Minimalizace ztrát způsobených znečištěním ovzduší v lesích. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 1984. 90 s.
- Lokvenc, T. et al.: Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNP; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 1992. 111 s.
- Lokvenc, T., Souček, J.: Introdukované dřeviny a jejich využití. In: *Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře.* Opočno, 31. 8. - 1. 9. 2000. Ed. M. Slodičák. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 2000, s. 133 – 136. - Res. angl. – ISBN 80-902615-9-0
- Lokvenc, T.: Introdukce jehličnatých dřevin do lesních porostů Krkonoš. *Opera Corcontica*. 26. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1989, s. 61 – 89.
- Materna, J., Lochman, V.: Vliv znečištěného ovzduší na půdu. *Lesnická práce*, 67, 1988, č. 6, s. 248 – 255.
- Materna, J.: Práce a výsledky výzkumu v krušnohorské kouřové oblasti. In: *Sborník referátů a diskuzních příspěvků z konference o zajištění úkolů státních lesů v Krušných horách v podmínkách působení průmyslových exhalací.* Fláje u Litvínova, 25. – 27. října 1978. Praha, MLVH ČR 1978, s. 40 – 54.
- Materna, J.: Vliv průmyslových exhalací na lesní dřeviny (fyziologické a ekologické aspekty). Praha, ÚVTIZ, 5, 1978a, 76 s. *Studijní informace, řada Lesnictví*
- Materna, J.: Zpráva o poškození lesních porostů na Frýdlantsku, pro Ministerstvo vodního a lesního hospodářství. Jiloviště – Strnady, VÚLHM, 1967.
- Mauer, O., Palátová, E., Rychnovská, A., Maur P.: Dřeviny porostů náhradních dřevin – současný stav (r. 2004) a perspektivy. In: *Obnova lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. Sborník referátů z konference 2. 6. 2005 Hora Svatého Šebastiána.* Brno, Ústav zakládání a pěstění lesů LDF MZLU 2005, s. 5 – 18. – ISBN 80-7157-863-0
- Mauer, O., Tesař, V.: Východiska a návrh postupů obnovy lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. In: *Obnova lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. Sborník referátů z konference 2. 6. 2005 Hora Svatého Šebastiána.* Brno, Ústav zakládání a pěstění lesů LDF MZLU 2005, s. 77 – 90. – ISBN 80-7157-863-0
- Maxwell, K., Johnson, G. J.: Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51, 2000, č. 345, s. 659 – 668.

- Mehlich A.: Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1984, s. 1409 – 1416.
- Meloun M., Militký J.: Statistické zpracování experimentálních dat. East Publishing, Praha 1998. 839 s.
- Mészáros, I., Tóth, R. V., Veres, S.: Photosynthetic responses to spatial and diurnal variations of light conditions in seedlings of three deciduous tree species. In: *Photosynthesis: mechanisms and effects. Volume V. Proceedings of the XIth International Congress on Photosynthesis, Budapest, Hungary, 17-22 August, 1998.* Dordrecht Boston, Kulwer 1998, s. 4081 – 4084
- Mohammed, G. H., Binder, W. D., Gillies, S. L.: Chlorophyll fluorescence: a review of its practical forestry applications and instrumentation. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10, 1995, č. 4, s. 383 – 410.
- Mohammed, G. H., Zarco-Tejada, P., Miller, J. R.: Applications of chlorophyll fluorescence in forestry and ecophysiology. In: *Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology.* Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers 2003, s. 79 – 124. – ISBN 1-4020-744-09
- Möllerová, J., Ulbrichová, I., Kuneš, J.: Podzemní biomasa *Calamagrostis villosa* na pokusných plochách. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Sborník z celostátní konference, Teplice 22.4.2004.* Sest. J. Novák, M. Slodičák. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 2004, s. 67 – 74. – ISBN 80-86461-37-8
- Moravčík P., Podrázský V.: Akumulace biomasy v porostech břízy a smrku pichlavého a jejich vliv na půdu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 39, 1993, č. 2, s. 4 – 9.
- Mráček, Z., Pařez, J. et al.: Zalesňování rozsáhlých holin (Studie). Praha, Český výbor lesnické společnosti ČSVTS 1985. 88 s.
- MZe ČR: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky k 31. 12. 2001. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR 2002. 104 s.
- Naidu, S. L., DeLucia, E. H.: Acclimation of shade-developed leaves on saplings exposed to late-season canopy gaps. *Tree Physiology*, 17, 1997, č. 6, s. 367 – 376.
- Nárovec V.: Aktuální stav výživy v nejmladších borových kulturách na LZ Týniště nad Orlicí. Zpráva pro Správu majetku HS s. r. o. Častolovice. 2002, 5 s.
- Navrátil, P., Růžička, I.: Produkční a mimoprodukční funkce lesní krajiny Jizerských hor. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs n.L., pobočka Jablonec nad Nisou. In: *Současnost a budoucnost lesní krajiny Jizerských hor. Sborník referátů z mezinárodní konference. Mezinárodní centrum duchovní obnovy Hejnice, 6. – 7. 6. 2001.* Liberec, Společnost pro Jizerské hory 2002, s. 11 – 15.
- Ningre, F., Colin, F.: Frost damage on the terminal shoot as a risk factor of fork incidence on common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Forest Science*, 64, č. 1, 2007, s. 79 – 86.
- Novák, J., Slodičák, M.: Růstová reakce náhradních porostů smrku pichlavého (*Picea pungens* Engels.) na první výchovné zásahy. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003. Sborník z celostátní konference, Teplice 22.04.2004.* Sest. J. Novák, M. Slodičák. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 2004, s. 139 – 151. – ISBN 80-86461-37-8

- Novák, J., Slodičák, M.: Structure and accumulation of litterfall under Norway spruce stands in connection with thinnings. *Journal of Forest Science*, 50, 2004b, č. 3, s. 101 – 108.
- Otto, H.-J.: *Waldökologie*. Stuttgart, Ulmer 1994. 383 s. – ISBN 38-2528-07-72
- Parker, A. J.: The topographic relative moisture index: An approach to soil-moisture assessment in mountain terrain. *Physical Geography*, 3, 1982, č. 2, s. 160 – 168.
- Pavek, D. S.: *Picea pungens*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). 1993. Available: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [2009, March 10].
- Pelc, F.: 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.–13. 10. 1999. Sest. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1999, s. 5 – 22. – ISBN 80-902615-4-X*
- Pěnička, L. et al.: Šetření stavu porostů v Krušných horách. Studie pro MZe. Jablonec n. Nisou, ÚHÚL 2007. 35 s.
- Perks, M. P., Monaghan, S., O'Reilly, C., Osborne, B. A., Mitchell, D. T.: Chlorophyll fluorescence characteristics, performance and survival of freshly lifted and cold stored Douglas fir seedlings. *Annals of Forest Science*, 58, 2001, č. 3, s. 225 – 235.
- Peters R.: *Beech Forests*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers 1997. 169 s. – ISBN 07-9234-485-5
- Pfalz, W.: *Voranbau von Rotbuche (Fagus sylvatica L.) in immissions-belasteten gebieten*. In: *Management of forests damaged by air pollution. Proceedings of the workshop P2.05-07 Silviculture in polluted areas working party. Trutnov, 5-9 June 1994. Ed. V. Tesař. Prague, Ministry of Agriculture of the Czech Republic 1994, s. 23 – 30. – ISBN 80-7157-172-5-30*
- Plíva, K., Žlábek, I.: *Přírodní lesní oblasti ČR*. Praha, SZN 1986. 313 s.
- Podrázský, V., Remeš, J., Ulbrichová, I.: Biological and chemical amelioration effects on the bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. *Journal of Forest Sciences*, 49, 2003, č. 4, s. 141 – 147.
- Podrázský, V., Ulbrichová, I., Moser, W. K.: Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50, 2005, č. 2, s. 76 – 78.
- Podrázský, V., Ulbrichová, I.: Spontánní sukcese na imisních holinách. In: *Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia... Opočno, 13.9. – 14.9.2001. Ed. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 231 – 238. – ISBN 80-86461-13-0*
- Podrázský, V.: *Dynamika a management lesních ekosystémů I. – Ekologie lesa*. Praha, [1999a]. 90 s. – Skriptum ČZU, nepublikovaný rukopis.
- Podrázský, V.: Effects of substitute tree species on the upper soil status. In: *Management of forests damaged by air pollution. Proceedings of the workshop P2.05-07 Silviculture in polluted areas working party. Trutnov, 5-9 June 1994. Ed. V. Tesař.*

- Prague, Ministry of Agriculture of the Czech Republic 1994, s. 71 – 74. – ISBN 80-7157-172-5-30
- Podrázský, V.: Smrk pichlavý v imisních oblastech. *Lesnická práce*, 76, 1997, č. 11, s. 422 – 424.
- Podrázský, V.: Vliv druhového složení porostů na stav lesních půd. In: *Communicationes Instituti Forestalis Bohemica*, Vol. 19. *Práce VÚLHM 82. Jíloviště-Strnady, Forestry and Game Management Research Institute* 2000, s. 115 – 124.
- Podrázský, V.: Vliv vápnění a zvěře na přirozené zmlazení náhradních dřevin ve vrcholových podmínkách Jizerských hor. In: *Škody zvěří a jejich řešení. Sborník referátů z konference*. Ed. R. Mrkva. Brno, MZLU 1995, s. 103 – 108.
- Podrázský, V.: Vývoj půdního chemismu v bukových, smíšených a smrkových porostech Krkonoš. *Lesnictví-Forestry*, 42, 1996, č. 2, s. 92 – 99.
- Podrázský, V.: Význam vápnění a přirozené sukcese pro obnovu Jizerskohorských lesů. In: *Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12.–13. 10. 1999*. Sest. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1999, s. 39 – 45. – ISBN 80-902615-4-X
- Poleno, V. et al.: *Lesnický naučný slovník*. Praha, Mze 1994 – 1995. 2 sv. – ISBN 80-7084-111-7 (I. díl A – O); – ISBN 80-7084-131-1 (II. Díl P – Ž)
- Ponge, J. F., Ferdy, J. B.: Growth of *Fagus sylvatica* saplings in an old-growth forest as affected by soil and light conditions. *Journal of Vegetation Science*, 8, 1997, s. 789 – 796.
- Pošmourný, K., Víték, J.: *Jizerské hory - geologie chráněných krajinných oblastí České republiky*. Praha, Česká geologická služba 2003. 1 skládačka. – ISBN 80-7075-605-5
- Pretzsch, H.: *Modellierung des Waldwachstums*. Berlin, Parey Buchverlag, 2001. 340 s.
- Průša, E.: *Pěstování lesů na typologických základech*. Praha, *Lesnická práce* 2001. 593 s. – ISBN 80-86386-10-4
- Remeš, J., Ulbrichová, I., Podrázský, V.: *Dynamika a management lesních ekosystémů I. – Ekologie lesa (návody do cvičení)*. Praha, [1999]. 52 s. – Skriptum ČZU, nepublikovaný rukopis.
- Remeš, J., Ulbrichová, I., Podrázský, V.: Ekologické nároky a funkční význam smrku pichlavého. *Lesnická práce*, 81, 2002, č. 7, s. 306 – 307.
- Remeš, J.: Srovnání růstové dynamiky jehličnatých náhradních dřevin na experimentální ploše Boleboř. In: *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Sborník z celostátní konference*. Teplice 14.03.2002. Sest. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM – Výzkumný stanice Opočno 2002, s. 135 – 142. – ISBN 80-86461-20-3
- Repo, T., Leinonen, I., Ryypö, A., Finér, L.: The effect of soil temperature on the bud phenology, chlorophyll fluorescence, carbohydrate content and cold hardiness of Norway spruce seedlings. *Physiologia Plantarum*, 121, 2004, č. 1, s. 93 – 100.
- Reynolds, P. E., Frochot, H.: Photosynthetic acclimation of beech seedlings to full sunlight following a major windstorm event in France. *Annals of Forest Science*, 60, 2003, č. 7, s. 701 – 709.

- Rich, P.M.: 2. Characterizing Plant Canopies with Hemispherical Photographs. *Remote Sensing Reviews*, 5, 1990, č. 1, s. 13 – 29.
- Ritchie, G., Landis, T. D.: Seedling quality tests: Chlorophyll fluorescence. In: *Forest Nursery Notes*, USDA Forest Service, Winter 2005. Portland, USDA Forest Service. Pacific Northwest Region [2005], s. 12 – 16.
- Roháček, K.: Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica*, 40, 2002, č. 1, s. 13 – 29.
- Rosenqvist, E., van Kooten, O.: Chlorophyll fluorescence: A general description and nomenclature. Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Ed. Jennifer R. Dell, Peter M. A. Toivonen. Boston, Kluwer Academic Publishers 2003, s. 31 – 77. – ISBN 1-4020-744-09
- Rusek, J: Vliv acidifikace, eutrofizace, lesního hospodaření a vápnění lesních půd na půdní faunu. In: Hruška, J., Cienciala, E. et al.: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví. Praha, Ministerstvo životního prostředí České republiky 2002. 159 s.
- Šach, F.: Problematika instroskeletové eroze v Jizerských horách ve vazbě na poznatky z Krkonoš. In: *Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí ... Bedřichov v Jizerských horách, 12.–13. 10. 1999. Sest. M. Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1999, s. 87 – 92. – ISBN 80-902615-4-X.*
- Sagheb-Talebi, K.: Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwüchsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Zürich, Schweizerischer Forstverein 1996. 219 s.
- Samec, P., Urban, J., Kisza, L.: Vybrané efekty biologické meliorace ve vztahu k půdním fyzikálním vlastnostem. In: *Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 17.2.2005. Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze 2005, s. 67 – 75. – ISBN 80-213-1293-9*
- Samek V. : Ekologické aspekty dopadu imisí na lesní ekosystémy. In: *Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 23 – 28.*
- Sampson, P. H., Templeton, C. W. G., Colombo, S. J.: An overview of Ontario's Stock Quality Assessment Program. *New Forests*, 13, 1997, č. 1/3, s. 469 – 487.
- Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C.: Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: *Ecophysiology of photosynthesis. Ed. E. -D. Schultze, M. M. Caldwell. Berlin, Springer 1995, s. 49 – 70. – ISBN 35-4058-571-0*
- Schreiber, U., Schliwa, U., Bilger, W.: Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research*, 10, 1986, č. 1, s. 51 – 62.
- Schreiber, U.: Pulse-Amplitude_modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse metod: An Overview. In: *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis. Ed. G. C. Papageorgiou. Dordrecht, Springer 2004, s. 279 – 319. – ISBN 14-0203-217-X*
- Šebánek et al.: *Fyziologie rostlin. Státní zemědělské nakladatelství, Praha 1983. 560 s.*
- Šika, A.: Růst smrku pichlavého v lesních porostech. *Zprávy lesnického výzkumu*, 22, 1976, č. 2, s. 8 – 12.

- Šindelář J.: K druhové skladbě lesních porostů v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 35 – 43.
- Šindelář, J.: Provenienční výzkum buku lesního a lesnická praxe. Lesnická práce, 80, 2001, č. 11, s. 500 – 503.
- Skalická A., Skalický V.: *Picea* A. Dietr. – smrk. In: Květena České republiky 1. Ed. S. Hejný, B. Slavík. Praha, Academia 1988, s. 317 – 326.
- Skuhravý, V.: Ohrožení lesních porostů v imisních oblastech hmyzími škůdci a potřebná ochranná opatření. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 19 – 33.
- Slodičák, M. et al.: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Hradec Králové, Lesy České republiky; Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2005. 232 s. – ISBN 80-86945-00-6 (LČR); ISBN 80-86461-51-3 (VÚLHM)
- Slodičák, M., Novák, J., Kacálek, D.: Pěstební zásahy v náhradních porostech smrku pichlavého (výsledky experimentu Fláje II za období 1996–2001). In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2001. Sborník z celostátní konference . . . Teplice, 14. 3. 2002. Sest. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2002, s. 143 – 154. – ISBN 80-86461-20-3
- Slodičák, M., Novák, J.: Nutrients in the aboveground biomass of substitute tree species stand with respect to thinning – blue spruce (*Picea pungens* Engelm.). Journal of Forest Science, 54, 2008a, č. 3, s. 85 – 91.
- Slodičák, M., Novák, J.: Výchova porostů náhradních dřevin. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2008b. 28 s. Lesnický průvodce č. 3/2008. – ISBN 978-80-86461-99-1
- Slodičák, M.: Diferenciace pěstebních opatření v porostech náhradních dřevin. In: Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách. Sborník z celostátní konference ... Teplice, 1. 3. 2001. Sest. M. Slodičák a J. Novák. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001, s. 151 – 162. – ISBN 80-86461-06-8
- Slodičák, M.: Pěstování porostů náhradních dřevin. In Problematika zachování porostů náhradních dřevin v imisní oblasti Krušných hor. Sborník referátů z celostátní konference. Most, 18. - 19. 5. 1999. Praha, MZe ČR 1999, s. 33 – 40.
- Smejkal, J. et al.: Generel rekonstrukcí porostů náhradních dřevin v imisní oblasti východního Krušnohoří. Jablonec nad Nisou, Lesprojekt 1994. 90 s.
- Smejkal, J., Skoblík, J.: OPRL – Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast č. 21 – Jizerské hory a Ještěd. Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, pobočka Jablonec n. Nisou 1999. 242 str., příl.
- Souček, J., Bartoš, J.: Effects of microsite conditions on the height growth of beech plantations. In: Management of forests in changing environmental conditions. Ed. M. Saniga, P. Jaloviar, S. Kucbel. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa 2007, s. 102 – 105. – ISBN 978-80-228-1779-0
- Soukupová, J., Roháček, K.: Fluorescence, fotosyntéza a stress: jak to spolu souvisí? České Budějovice, Ústav systémové biologie a ekologie AVČR, Ústav fyzikální biologie JU 2005, s. 1 – 14.

- Spittlehouse, D. L., Adams, R. S., Winkler, R. D.: Forest, edge, and opening microclimate at Sicamous Creek. Research Report - Ministry of Forests, British Columbia, 2004, č. 24, 43 s.
- Špulák O, Dušek D.: Comparison of the impact of blue spruce and reed *Calamagrostis villosa* on forest soil chemical properties. Journal of Forest Science, 55, č. 5, 2009, s. 208 – 214.
- Špulák, O., Martincová, J.: Hodnocení změn fluorescence chlorofylu smrku ztepilého na začátku jarní růstové aktivity. In: Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Research results presented on international scientific conference supported by research project MZe-0002070201 “Stabilization of the forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity under changing ecological conditions”. Opočno 5. – 6. 9. 2006. Ed. Antonín Jurásek, Jiří Novák, Marian Slodičák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti – Výzkumná stanice Opočno 2006, s. 425 – 434. – ISBN 80-86461-71-8
- Špulák, O.: Impact of extremely snowy winter to *Picea pungens* (Engelm.) forest stand on the summit part of the Jizerské hory Mts. (Czech Republic). In: Management of forests in changing environmental conditions. Ed. M. Saniga, P. Jaloviar, S. Kucbel. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa 2007, s. 113 – 118. – ISBN 978-80-228-1779-0
- Špulák, O.: Možnosti přirozené obnovy buku jako významné meliorační a zpevňující dřeviny. In: Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 2. 2005. Ed. P. Neuhöferová. Praha, Česká zemědělská univerzita 2005, s. 43 – 52. – ISBN 80-213-1293-9
- Strand, M., Lundmark, T.: Recovery of photosynthesis in 1-year-old needles of unfertilized and fertilized Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) during spring. Tree Physiology, 15, 1995, č. 3, s. 151 – 158.
- Suchant, R., Baritz, R., Armbruster, F.: Werden Wildlinge weniger verbissen? AFZ/DerWald, 5, 2000, s. 251 – 254.
- Sullivan T. P., Crump D. R. & Sullivan D. S.: Use of predator odors as repellents to reduce feeding damage by herbivores. III. Montane and meadow voles (*Microtus montanus* and *Microtus pennsylvanicus*). J. Chem. Ecol., č. 14, 1988, s. 363 – 377.
- Švestka, M., Hochmut, R., Jančařík, V.: Praktické metody v ochraně lesa. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 1998. 309 s.
- Swagrzyk, J., Szewczyk, J., Bodziarczyk, J.: Dynamics of seedling bank in beech forest: results of a 10-year study on germination, growth and survival. Forest Ecology and Management, 2001, 141, s. 237–250
- Syrový S. et al.: Atlas podnebí ČSR. Mapová a tabulková část. Praha, Ústřední správa geodézie a kartografie 1958. Sine pag., 89 map, 11 diagr.
- Syvetsen, J. P., Lloyd, J., McConchie, C., Kriedemann, P. E., Farquhar, G. D.: On the relationship between leaf anatomy and CO₂ diffusion through the mesophyll of hypostomatous leaves. Plant, Cell & Environment 18, č. 2, 1995, s. 149 – 157.
- Tesař V. (ed.): Pěstování lesa v heslech. Studijní příručka. Brno, MZLU 1996. 95 s.
- Tesař V.: Obnovní cíle a náhradní porosty v imisních oblastech. In: Obnova lesa v imisních oblastech. Praha, ČAZ 1982, s. 75 – 80.

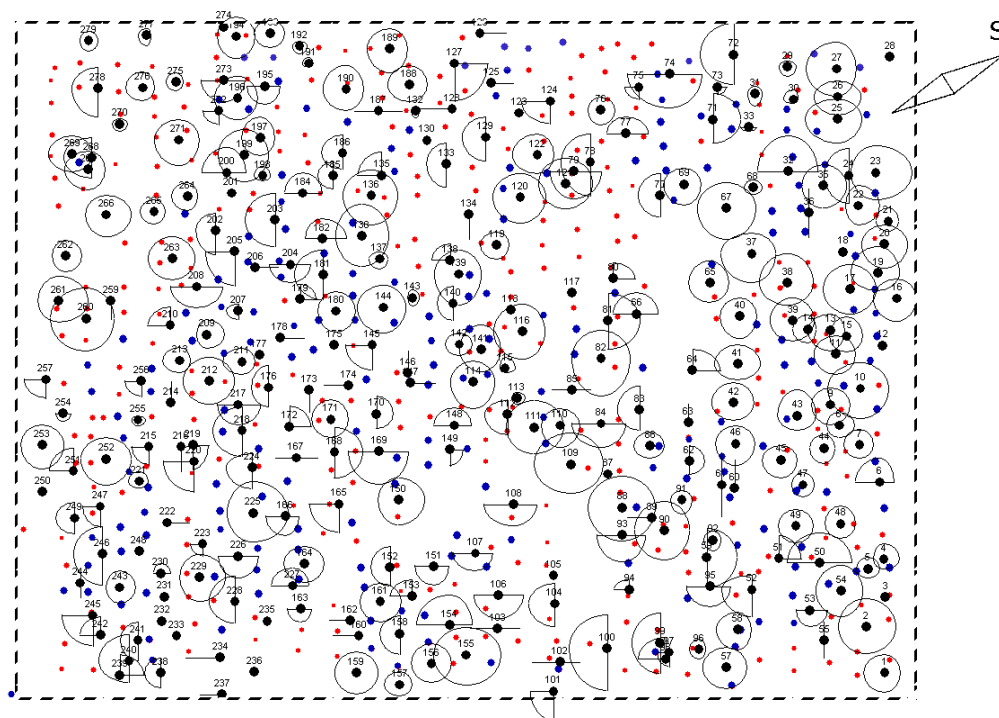
- Tognetti, R., Johnson, J. D., Michelozzi, M.: Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. I. Interactions between photosynthetic acclimation and photoinhibition during simulated canopy gap formation. *Physiologia Plantarum*, 1997, 101, č. 1, s. 115 – 123.
- Uhlířová, H., Kapitola, P. et al.: Poškození lesních dřevin. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2004. 288 s.
- Ulbrichová, I., Podrázský, V., Slodičák, M.: Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of Forest Science*, 51, 2005 (Special Issue), s. 54 – 58.
- Úřadníček, L., Maděra P. et al.: Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická 2001. 335 s.
- Vacek, S. et al.: Horské lesy České republiky. [Praha], Ministerstvo zemědělství České republiky 2003. 313 s., fot. – ISBN 80-7084-239-3
- Vacek, S., Balcar V. et al.: Rámcové zásady obnovy a zakládání bukových a smíšených porostů s bukem v měnících se ekologických poměrech. Návrh realizačního výstupu projektu CEZ: M./99:01. Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice 2000.
- Vacek, S., Lokvenc, T., Balcar, V., Henžlík, V.: Obnova a stabilizace lesa v horských oblastech Sudet. In: Protection of forest ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mountains. Ed. P. Paschalis, S. Zajaczkowski. Warszawa, Biuro GEF 1994, s. 93 – 119. – ISBN 83-86241-28-4.
- Vacek, S., Mareš, V.: Morfologická proměnlivost a kvalita bukvic ze semenných let 1982-1984. In: Práce VÚLHM 66. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1985, s. 45 – 73.
- Vacek, S., Souček, J.: Přirozená obnova v horských lesích Sudet. In: Současné otázky pěstování horských lesů. Sborník z 3. česko-slovenského vědeckého symposia... Opočno, 13.9. – 14.9.2001. Ed. M. Slodičák, J. Novák. Jíloviště-Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2001, s. 239 – 248. – ISBN 80-86461-13-0
- Vacek, S.: Zdravotní stav bukových porostů v různých imisně ekologických podmínkách. In: Opera Corcontica. 30. Praha, Zemědělské nakladatelství Brázda 1993, s. 21 – 25. – ISBN 80-209-0240-6
- Van Breemen, N. Soil acidification and alkalization. In: Ulrich, B., Sumner, M.E. (eds.) *Soil Acidity*. Berlin, Springer 1992, s. 1 – 7.
- Vavroušek, J., Krečmer, V. et al.: Les. In: Vavroušek, J., Moldan, B.: Stav a vývoj životního prostředí v Československu. Praha, Ekologická sekce Československé biologické společnosti při ČSAV...1989, s. 55 – 79.
- Vinš, B., Pospíšil, F., Kučera, J.: Příspěvek k hodnocení vývoje kouřových škod v chráněné oblasti Jizerských hor. *Lesnictví*, 28, 1982, č. 2, s. 87 – 102.
- Vohralík, F.: Postupy obnovy lesa v imisní oblasti Městských lesů Chomutov. In: Obnova lesních porostů v imisní oblasti východního Krušnohoří. Sborník referátů z konference 2. 6. 2005 Hora Svatého Šebastiána. Brno, Ústav zakládání a pěstění lesů LDF MZLU 2005, s. 69 – 76. – ISBN 80-7157-863-0
- Vyhláška č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa

Walz, H.: Imaging-Pam Chlorophyll Fluorometer. Instrument Description and Information For Users. Effeltrich, Heinz Walz GmbH 2003. 134 s.

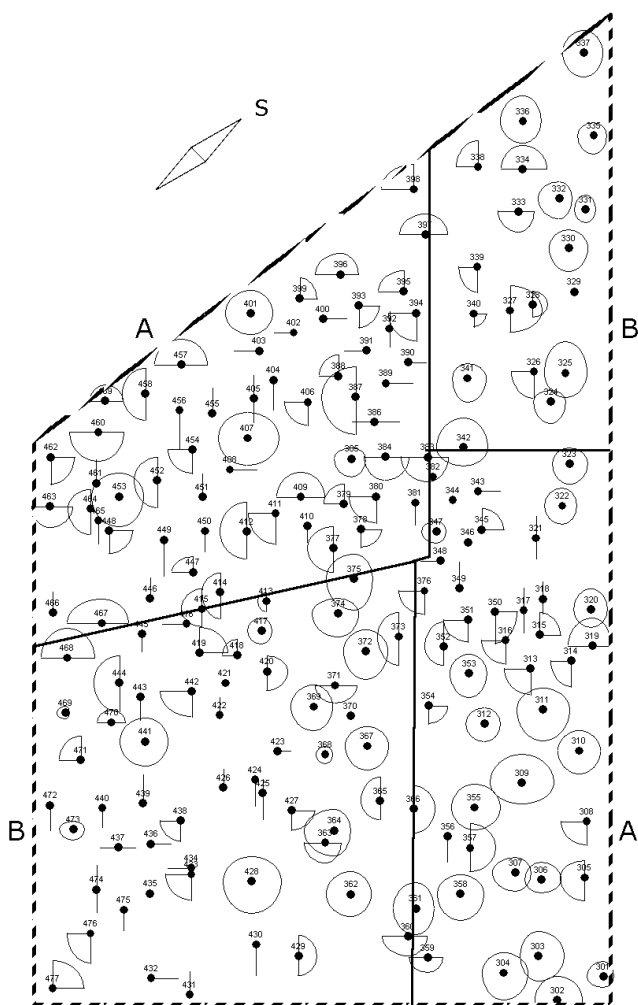
Weihs, U., Klaene, K.: Wuchsdynamik und Qualität von Buchenvoranbauten unter Fichtenaltholz auf Basaltstandorten im Hessischen Forstamt Kassel. Forst und Holz, 55, 2000, č. 6, s. 177 – 181.

Wickel, A., Benabdellah, B., Kner, R., Rajanow, S.: Waldumbau und Wiederbewaldung im Osterzgebirge. AFZ/Der Wald, Allgemeine Forst Zeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge, 53, 1998, č. 18, s. 949 – 952.

9. PŘÍLOHY



Obr. I. Půdorys výzkumné plochy Plochý, stav v roce 2007. Černá barva znázorňuje smrk pichlavý, křivky živé části korony ve výčetní výšce v roce 2006 (v ostatních směrech začíná živá koruna výše). Modrá barva značí buky žijící, červená buky odumřelé.



Obr. II. Půdorys výzkumné plochy Ořešník. Křivky znázorňují živé části korony v prsní výšce v roce 2006, vyznačeny jsou části bez zásahu (A) a s prosvětlovacím zásahem (B).



Obr. III: Obsluha teplotních čidel na VP Jizerka 2.



Obr. IV: Charakter VP Smrk.



Obr. V: Výsadba buku do blízkosti krnícího smrku pichlavého (VP Lesní bouda).



Obr. VI: Výsadba buku do blízkosti smrku ztepilého (VP Lesní bouda).



Obr. VII: Prosperující jedinec buku na VP Ořešník.



Obr. VIII: Vitální buk se stinnou strategií růstu pod korunou smrku pichlavého (VP Plochý).



Obr. IX: Smrky pichlavé deformované sněhem v zimě 2005–06 na VP Paličnick 2.



Obr. X: Charakter VP Předěl po zimě 2005–06.



Obr. XI: I dobře provedené prosadby mohou být poškozovány sněhem: druhotné deformace buku sněhem na VP Paličník 1 (nahore) a Paličník 2 (dole).