

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Biologická fakulta



BAKALÁŘSKÁ DIPLOMOVÁ PRÁCE

**PŘIROZENÁ OBNOVA BLATKOVÝCH
BORŮ – POROVNÁNÍ EKOLOGIE *PINUS*
ROTUNDATA A *PINUS SYLVESTRIS***

Vypracoval: Jiří Mach

Vedoucí práce: Mgr. Marek Bastl

České Budějovice, 2003

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jiří M. (2003): Přirozená obnova blatkových borů – porovnání ekologie *Pinus rotundata* a *Pinus sylvestris* [Natural regeneration of *Pinus rotundata* stands – comparative ecology of *Pinus rotundata* and *Pinus sylvestris*] – 33 pp., Bachelor thesis, Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

ANNOTATION

Natural regeneration of *Pinus Rotundata* stands and basic physiological characteristics of individual species important in this process were studied.

Survival ability of seedlings of tree species on various types of substrates was observed on several localities. Survival ability of seedlings of *Pinus sylvestris* and *Pinus rotundata* was observed on various moisture treatments in harvested and undisturbed peat bog.

Photosynthetic light curves and water deficit resistance was measured on *Pinus rotundata* and *Pinus sylvestris*.

Prohlašuji, že jsem uvedenou bakalářskou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím citované literatury.

České Budějovice, 14.5 2003



.....

Jiří Mach

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému školiteli M. Bastlovi za poskytnutí tématu této práce, mnoha cenných rad a především za vedení k samostatnému řešení problémů. Dále můj upřímný dík náleží lidem, kteří mi ochotně radili a pomáhali, byť jen s drobnějšími problémy, které se vyskytly, jmenovitě alespoň J. Šantrůčkovi za pomoc při fyziologických měřeních a V. Lantovi za nakažlivý optimismus. Především pak patří můj dík R. Mattonimu, hlavnímu sponzorovi této práce. Nakonec bych rád poděkoval osobě mně nejbližší, jakožto i mé rodině.

OBSAH

1. ÚVOD	5
2. PŘIROZENÁ OBNOVA	7
2.1 LOKALITY	7
2.1.1. CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH LOKALIT.....	7
2.2 MATERIÁL A METODIKA.....	9
2.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	9
2.4 VÝSLEDKY	10
2.5 DISKUSE	12
3. TERÉNNÍ EXPERIMENT – PŘEŽÍVÁNÍ SEMENÁČŮ	14
3.1 MATERIÁL A METODIKA.....	14
3.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	15
3.3 VÝSLEDKY.....	16
3.4 DISKUSE	20
4. FOTOSYNTÉZA	22
4.1 MATERIÁL A METODIKA.....	22
4.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	23
4.3 VÝSLEDKY.....	23
4.4 DISKUSE	24
5. REZISTENCE K VYSYCHÁNÍ - VODNÍ POTENCIÁL	26
5.1 MATERIÁL A METODIKA.....	26
5.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	27
5.3 VÝSLEDKY.....	27
5.4 DISKUSE	28
6. ZÁVĚR	29
7. LITERATURA	30

1. ÚVOD

Typická blatková rašeliniště můžeme v rámci střední Evropy zařadit do as. *Pino rotundatae-Sphagnetum*. Jako ostrovní ekosystémy se specifickou strukturou a vývojem, představují důležitou složku biodiverzity v oblastech jejich výskytu a zasluhují tedy náležitou pozornost (BUSINSKÝ 1998).

Borovice blatka (*Pinus rotundata* Link.) (SKALICKÝ 1988) představuje dominantní dřevinu na údolních vrchovištích (rozvodnicových rašeliništích), především v suprakolinním až submontánním stupni. Rozsahem areálu, nejmenším ze všech středoevropských dřevin tvořících dominanty lesních porostů, je typický středoevropský endemit. Názory na systematické postavení *P. rotundata* nejsou jednotné k čemuž jistě přispívá hybridizace s dalšími druhy borovic (*Pinus sylvestris*, *Pinus mugo*) (RICHARDSON 1998). Tuto problematiku pak diskutují zejm. (HOLUBIČKOVÁ 1965, 81; STASZKIEWICZ et TYSZKIEWICZ 1972; CHRISTENSEN 1987; BUSINSKÝ 1998).

Na ekosystémy rašelinišť působí mnoho environmentálních vlivů, které ovlivňují nebo narušují jejich přirozený vývoj. BASTL et al. (2000) zkoumal variabilitu blatkových rašelinišť podél měnícího se gradientu nadmořské výšky, REKTORIS et al. (1997) studoval sukcesní změny blatkových borů v závislosti na měnících se hydrologických a klimatických podmínkách. JAKŠIČOVÁ (2003) se zabývala vegetační dynamikou třeboňských blatkových rašelinišť po narušení přírodními procesy.

Velký vliv na vývoj lesních porostů na rašeliništích měl a má také lidský faktor. Obecně lze konstatovat, že působení člověka, zejména v souvislosti s intenzifikací využívání přírodních zdrojů ať již v zemědělství, lesnictví nebo při vlastní těžbě rašeliny, ovlivnilo na řadě lokalit složení společenstev a ekologii rašeliniště, nezřídka vedoucí k úplné devastaci a zániku ekosystému. Rašeliniště byla také využívána pro pastvu a sběr lesních plodů (POLÁK 1989). Na rašeliništích narušených těžbou bylo v nedávné době děláno několik detailních studií zabývajících se sukcesí (SALONEN 1987, 1994; BASTL 1996).

Významnými doprovodnými a ve změněných podmínkách s blatkou ^{konkurujícími} kompetujícími druhy dřevin jsou borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). BEGEOT et al. (1996) uvádí, že rozšíření druhu *P. rotundata* je zřejmě přímo ovlivněno lidskou činností při využívání rašelinných biotopů. Borovice blatka však není schopná soutěžit s ostatními druhy dřevin v podmínkách, které umožňují jejich přirozený vývoj (SCHMID et al. 1995). Někteří autoři proto vyjadřují obavy z možného ohrožení genofondu blatky (HOLUBIČKOVÁ 1981, BUSINSKÝ 1998) expanzí *P. sylvestris* a celkové degradace lokalit, které si doposud udržovaly přirozený charakter.

Izolovanost lokalit znemožňuje vzájemný transport semen, a proto je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost reliktním porostům v narušených oblastech. Znalost základních fyziologických charakteristik jednotlivých druhů ve vztahu ke specifickým podmínkám prostředí a náležité porozumění mechanismům přirozené obnovy představuje klíčový prvek regenerace blatkových rašelinišť a je vhodným předpokladem pro úpravu managementu lokalit a ochrany populace tohoto ustupujícího druhu.

Účelem této práce je zachytit a popsat variabilitu v přirozené obnově populací *P. rotundata* na vybraných lokalitách a terénními a laboratorními experimenty a pozorováním zjistit ekologické požadavky klíčových druhů (*P. rotundata*, *P. sylvestris*) v přirozené obnově/degradaci blatkových borů. Práce je dále zaměřena na doposud neřešené otázky nároků *P. rotundata* na světlo a její odolnost snášet vysychání substrátu ve srovnání s hlavním ^{konkurencí} kompetujícím druhem *P. sylvestris*. Další zatím neprozkoumanou oblastí je věková struktura dřevin a jejich dynamika, se zaměřením na přežívání semenáčů na různých substrátech. Semenáče, přestože hrají v přirozené obnově společenstva klíčovou roli, byly prozatím opomíjeny. Dílčími částmi této práce bylo:

1. Zjistit rozdíly v přirozené obnově (přežívání semenáčů *P. rotundata*, *P. sylvestris*, *P. abies*, případně dalších druhů) dřevin na vybraných rašeliništích.
2. Terénním experimentem zjistit rozdíly v přežívání semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris* mezi odtěženou a neodtěženou částí rašeliniště.
3. Zjistit rozdíly ve fotosyntetické aktivitě semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris*.
4. Zjistit rozdíly v rezistenci semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris* k vysychání substrátu.

2. PŘIROZENÁ OBNOVA

Rašeliniště bezesporu představují jedny z nejlépe zachovaných primárních ekosystémů. Obnova blatkových porostů a rostlinných společenstev zde probíhá formou cyklické regenerace, jenž je umožněna především proběhlou disturbancí, která vytvoří vhodná mikrostanoviště pro uchycení semenáčů blatek na obnažené rašelinné půdě v okolí vývratů a následným zvodněním stanoviště, které umožní opětovný rozvoj mechorostů, především rašeliničků (REKTORIS 1997). Téměř všechna rašeliniště však byla v posledních staletích nějakým způsobem narušena, především úpravou vodního režimu. Původní blatkové porosty jsou pak nahrazovány populacemi *P. sylvestris*, případně jejich hybridy (*Pinus x digenea*), dřevinami z kontaktních společenstev *P. abies*, *Betula pubescens* a v keřovém patře pak *Frangula alnus*.

2.1 LOKALITY

Sledování přirozené obnovy probíhalo na čtyřech trvalých plochách založených v roce 1997 pro detailnější výzkum blatkových rašelinišť. Jednotlivé trvalé plochy byly umístěny v původním (antropicky nenarušeném) nebo alespoň původnímu stavu blízkém porostu na čtyřech různých rašeliništích v různých nadmořských výškách v rozpětí přibližně 400 m. Jedna lokalita byla na Třeboňsku (Červené blato), zbývající tři na Šumavě (Kyselovský les, Soumarský Most, Nová Hůrka). L.l

2.1.1. CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH LOKALIT

ČERVENÉ BLATO (470 – 475 m n. m.)

NPR o rozloze 331,4 ha. Rozsáhlé lesní pánevní rašeliniště, přechodového typu, s jedinci *P. rotundata* až 20 m vysokými v zapojeném porostu a bohatým podrostem *Ledum palustre*. Část rašeliniště byla v minulosti odtěžena, v současné době však úspěšně regeneruje. Relativně velké množství jedinců *P. rotundata* v mladších věkových třídách vykazuje znaky hybridizace s *P. sylvestris*. Bližší charakteristika viz. DOHNAL (1965), RYBNÍČEK (1984), BURIAN (1999).

KYSELOVSKÝ LES (725 – 740 m n. m.)

PR o rozloze 6,79 ha s významnou květenou a zvířenou (KOS et MARŠÁKOVÁ 1997). Údolní rašeliniště porostlé blatkovými bory *Pino rotundatae-Sphagnetum*. Chybí však detailnější studie, které by se touto lokalitou blíže zabývaly viz (BURIAN 1999). La

SOUMARSKÝ MOST (740 m n. m.)

Rašeliniště představuje typické údolní vrchoviště, které se zformovalo pravděpodobně na bázi odstaveného ramene v aluviu řeky Vltavy. Celková výměra je přibližně 90 ha. Minerální podloží tvoří biotitické granitizované ruly dále překryté fytogenními sedimenty kvartéru (CHÁBERA 1998).

Současný vegetační pokryv odráží provedené těžební zásahy a související úpravy vodního režimu na lokalitě.

Centrální část je v současné době tvořena převážně obnaženým povrchem rašeliny, lokálně s iniciálními prvky vegetace. Rostlinná společenstva jsou zde tvořena především ostřicovými porosty s dominující *Carex rostrata*, *C. canescens*, *C. nigra*, *Juncus effusus*, *Molinia caerulea* a *Phalaris arundinacea*. Ve zmíněném úseku dochází místy v prohlubních a mělkých melioračních rýhách ke zpětnému procesu rašelinění. Pokryvnost vegetace v těchto místech je ovšem dosud velmi nízká vzhledem k relativně krátkému období po skončení těžby. Je tvořena iniciálními stádii, ve kterých v závislosti na podmínkách stanoviště dominují rovněž druhy r. *Carex*, dále pak *Molinia caerulea*, *Eriophorum vaginatum* a *E. angustifolium*.

Na těžbou nezasazených partiích v okolí ploch obnažené rašeliny se na několika místech nachází fragmenty původního blatkového boru, které zastupuje společenstvo zařazované do komplexu submontánních borových rašelinišť as. *Pino rotundatae-Sphagnetum*, jehož fyziognomie je na dané lokalitě určována stromovou formou *P. rotundata* resp. *P. x digenea*. V bylinném patře převládají keříčkové formace druhů rodu *Vaccinium* s vysokým zastoupením *V. uliginosum*, *V. myrtillus* a *Calluna vulgaris*.

Širší okolí vlastního vrchoviště je tvořeno v různé míře pozměněnými společenstvy rašelinných smrčín as. *Sphagno-Piceetum* a rašelinnými bory sv. *Dicrano-Pinion* příp. druhotně vzniklými rašelinnými březinami sv. *Betulion pubescentis*.

NOVÁ HŮRKA (865 – 880 m n. m.)

Vrchoviště údolního typu s antropicky neovlivněným porostem *P. rotundata*. Malá část jenž byla v minulosti odtěžena dnes přirozeně regeneruje. Bližší charakteristika viz (BURIAN 1999).

2.2 MATERIÁL A METODIKA

Pro detailnější postižení mikroheterogenity prostředí byly po obvodu jednotlivých trvalých ploch (10 x 10 m) vytyčeny čtvercové transekty o celkové délce 36 m a šířce 1 m. Tyto transekty měly sloužit ke sledování uchycování a přežívání semenáčů jednotlivých druhů dřevin. *měření*

Terénní měření na jednotlivých lokalitách byla provedena v červnu a říjnu 2002. V každém transektu byly pro účely dlouhodobého sledování označeny a souřadnicemi zaměřeny všechny druhy dřevin, u všech jedinců byl odhadnut věk a změřena výška u jedinců do 2 m výšky. Mladé semenáče (nevětvicí se rostlina do 10 cm výšky) rodu *Pinus*, u nichž byly dále počítány děložní lístky (letošní jedinci) a *Betula* nebyly vzhledem k obtížné determinaci rozlišovány do jednotlivých druhů. Rod *Betula* nebyl určován do druhů ani u starších jedinců. Všechny semenáče těchto druhů byly zařazeny do skupin *Pinus* sp. a *Betula* sp. Kříženci *P. rotundata* a *P. sylvestris* byly přiřazeny k druhu jemuž byly svými znaky podobnější. Další sledované druhy pak byly *P. ^{resinosa} abies* a *F. ^{romantica} alnus*. Pro jednotlivé semenáče byl také zaznamenán v kategoriích substrát, ze kterého vyrůstají (*Sphagnum*, ostatní mechorosty bez rozlišení druhu, holý substrát a jejich jednotlivé kombinace). Dále bylo odhadnuto procento zastínění jednotlivých semenáčů při vertikálním pohledu v 1 m nad úrovní povrchu a změřena příslušná ozářenost. Veškerá měření byla provedena také při druhé návštěvě lokalit na konci vegetační sezóny v říjnu 2002.

Nomenklatura cévnatých rostlin je sjednocena podle ~~Klíče ke květeně České republiky~~ (KUBÁT et al. (2002)). Nomenklatura syntaxonů je uvedena podle RYBNÍČKA ^{et al.} (RYBNÍČEK et al. 1984).

2.3 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Získaná data byla vyhodnocena pomocí počítačového programu Microsoft EXCEL 97 a STATISTICA v. 5.5.

Pro potřeby statistického vyhodnocení přirozené obnovy byly v analýzách uvažovány pouze semenáče rozdělené do kategorií podle jednotlivých druhů. Mezi jednotlivými substráty byly pro tento účel uvažovány pouze kategorie *Sphagnum*, ostatní mechorosty bez rozlišení druhu a holý substrát.

Pro vyhodnocení a porovnání vlivu substrátů na přežívání semenáčů jednotlivých druhů dřevin na všech sledovaných lokalitách, byla použita analýza kovariance (ANCOVA). Jako kovariáty zde bylo použito ozářenosti měřené pro jednotlivé semenáče. Data zpracovaná pro starší věkové kategorie nejsou uvedena v této práci a tvoří podklad pro dlouhodobé sledování změn v porostu.

dávo oparovaní měření?

2.4 VÝSLEDKY

Celkové počty jedinců jednotlivých druhů na sledovaných lokalitách na začátku a na konci sledovaného období jsou uvedeny v tabulce 1.

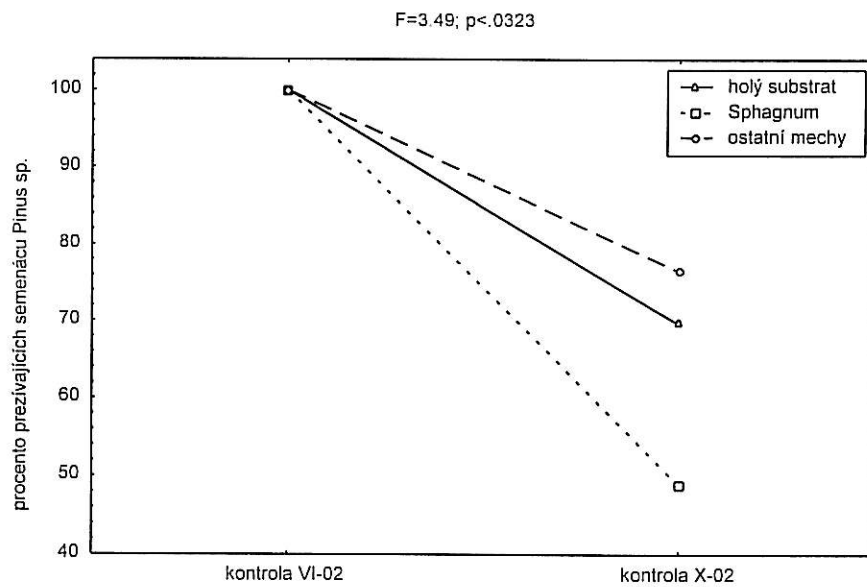
Průkazný rozdíl v přežívání semenáčů mezi jednotlivými substráty ($p < 0,05$) byl zaznamenán pouze u skupiny druhu *Pinus* sp. Průkazný se ukázal také rozdíl mezi jednotlivými lokalitami v celkovém počtu přežívajících semenáčů všech druhů dřevin. Lokalita Červené blato se zde průkazně liší ($p < 0,001$) mortalitou semenáčů od ostatních sledovaných lokalit.

Neprůkazné se ukázaly rozdíly v přežívání semenáčů ostatních druhů dřevin v jednotlivých substrátech. Neprůkazný ($p = 0,088$) se rovněž ukázal rozdíl celkového porovnání přežívání semenáčů všech druhů dřevin na jednotlivých substrátech. Vzhledem k tomuto výsledku je však i zde patrný stejný trend v přežívání semenáčů jako v případě *Pinus* sp.

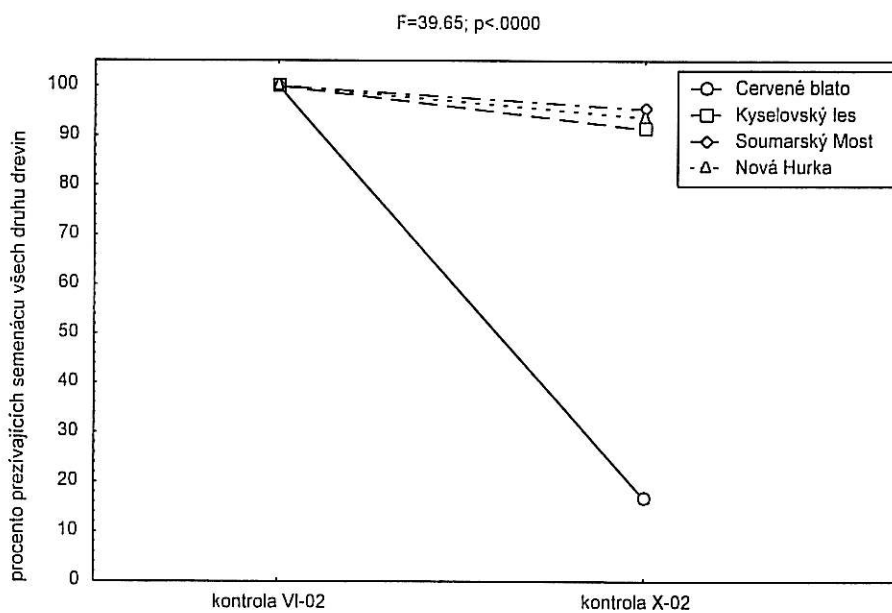
Obr. 1 ukazuje vliv jednotlivých substrátů na přežívání semenáčů *Pinus* sp. na začátku a na konci sledovaného období. Je zde zřejmá vůbec nejvyšší mortalita semenáčů v substrátu jenž je tvořen vegetačním pokryvem rašeliníku. Nejnižší mortalita byla naopak zaznamenána v substrátech tvořených vegetačním pokryvem ostatních druhů mechorostů. Porovnání přežívání semenáčů všech druhů dřevin na jednotlivých lokalitách znázorňuje **obr. 2**. Výrazně se zde oddělila lokalita Červené blato, kde byla zaznamenána vůbec nejvyšší mortalita semenáčů ve skupině *Pinus* sp.

Lokalita	Červené blato		Kyselovský les		Soumarský Most		Nová Hůrka	
	VI-02	X-02	VI-02	X-02	VI-02	X-02	VI-02	X-02
<i>Pinus rotundata</i>	9	9	12	12	5	5	23	23
<i>Pinus</i> sp. S	44	9	14	14	32	30	21	20
<i>Pinus</i> sp.	2	2	0	0	2	2	0	0
<i>Picea abies</i> S	2	2	36	34	12	12	9	8
<i>Picea abies</i>	0	0	11	11	0	0	2	2
<i>Betula</i> sp. S	2	2	10	9	7	7	0	0
<i>Betula</i> sp.	5	5	13	13	2	2	0	0
<i>Frangula alnus</i> S	2	0	1	0	0	0	0	0
<i>Frangula alnus</i>	7	7	0	0	0	0	0	0

Tab. 1 Celkové počty semenáčů (S) a ostatních jedinců jednotlivých druhů na sledovaných lokalitách na začátku a na konci sledovaného období.



Obr. 1: Přežívání semenáčů *Pinus* sp. na jednotlivých substrátech.



Obr. 2: Přežívání semenáčů všech druhů dřevin na jednotlivých lokalitách.

2.5 DISKUSE

Sledování přirozené obnovy (přežívání semenáčů jednotlivých druhů dřevin) bylo prováděno na čtyřech různých lokalitách. Pro možnost celkového zobrazení závěrů bylo zvoleno více lokalit, poněvadž mezi jednotlivými rašeliništi mohou existovat podstatné rozdíly např. v dostupnosti vody, živin, kvalitě minerálního podloží (SALONEN 1994), ale také v prostorové struktuře mateřského porostu, jenž dále souvisí s mikroklimatickými vlivy na daném stanovišti. Všechny tyto faktory se pak jistou měrou podílí na vytváření specifických růstových podmínek na určité lokalitě.

Vycházíme-li z původní představy, že obnova přirozených rostlinných společenstev na rašeliništích probíhá formou cyklické regenerace, která je umožněna především přirozeným rozpadem mateřského porostu a vytvořením vhodných vlhkostních a světelných podmínek pro uchycení semenáčů blatek na obnažené rašelinné půdě kořenových vývrátů (REKTORIS et al. 1997, KUČEROVÁ et al. 2000), musíme si uvědomit, že tato skutečnost nebyla zatím ověřena a pro různé druhy dřevin vyskytujících se na rašeliništích může mít zcela odlišný charakter. Proto by bylo vhodné jednotlivé druhy, byť by se jednalo o druhy taxonomicky blízké příbuzné, a základní faktory prostředí umožňující jejich úspěšnou přirozenou obnovu pojmut zcela odděleně. Blízkost jednotlivých druhů je však provázána jejich vzájemnou hybridizací, která způsobuje řadu dalších problémů nejen při determinaci, ale také tím, že hybridní jedinci nebo populace mohou mít odlišné nároky na podmínky prostředí ve srovnání s jedinci nebo populacemi nehybridního původu.

Z hlediska vlastního sledování přirozené obnovy na různých lokalitách je tato část práce primárně zaměřena na přežívání semenáčů jednotlivých druhů dřevin v substrátech, ze kterých vyrůstají s ohledem na dostupnost záření pro jednotlivé semenáče. Vliv substrátu na vývoj semenáčů uvádí také např. HAUTALA et al. (2001). Každý z uvedených substrátů může být svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi odlišný, což by mohlo mít zcela zásadní vliv na vývoj semenáčů jednotlivých druhů dřevin.

ROCHEFORT et CAMPEAU (1997) uvádí jako nejdůležitější prvek obnovy rašeliniště uchycení dominantních mechorostů r. *Sphagnum* na obnažené rašelině, které posléze vytvoří vhodné podmínky pro růst dalších druhů rostlin. V tomto případě však přítomnost rašeliničku nemusí být přínosem v tom smyslu, že se v něm rostliny dobře uchycují a přežívají, ale spolu s dalšími druhy mechorostů má zcela nenahraditelný význam při celkové stabilizaci narušeného substrátu, kterou uvádí také ROBERT et al. (1999). Kompaktní koberec rašeliničku dominující v mechovém patře nenarušených rašelinišť a jeho schopnost zadržet dvacet i více násobek váhy vody své sušiny (DOHNAL 1965), jenž se pak stává nedostupná pro ostatní druhy rostlin (DYKYJOVÁ 1975), a v neposlední řadě také jeho velmi nízké pH a přerůstání

Společně dlouhá souvata

semenáčů, jsou zřejmě hlavními faktory vytvářející nepříznivé podmínky pro uchycení a růst iniciálních vegetačních stádií v tomto prostředí jako substrátu. Vlastnosti (fyzikální a chemické) ostatních druhů mechorostů jako vhodného substrátu pro uchycení a přežívání semenáčů dřevin mohou být zcela jistě rozdílné, ale v porovnání s typickými vlastnostmi rašeliníku bylo jejich sloučení do jedné kategorie odpovídající potřebám této práce. HANSEN (2002) studoval přirozenou obnovu druhu *Picea abies* na plochách s různými typy substrátu. Ve výsledcích experimentu uvádí, že nejlepší podmínky pro klíčení semen jsou v nenarušeném substrátu s vegetačním pokryvem rašeliníku. Naopak substráty s vegetačním pokryvem ostatních mechorostů se ukázaly jako nevyhovující. Nejvyšší mortalitu semenáčů sledovanou v druhé vegetační sezóně však zaznamenal právě u substrátu tvořeném vegetačním pokryvem rašeliníku. Nejnižší mortalitu naopak zaznamenal u semenáčů na obnaženém substrátu. Výsledky uvedené v této části práce pro přežívání semenáčů skupiny druhů *Pinus* sp. se s výše uvedenými přibližně shodují, alespoň co do vlivu jednotlivých substrátů na přežívání semenáčů.

Viz 205 bod.
obnažený Pinus

Jak již bylo zmíněno, nároky jednotlivých druhů dřevin na uchycení a přežívání se mohou podle podmínek stanoviště lišit. Neprůkazné výsledky pro ostatní druhy dřevin mohou být do určité míry zkruseny vyhodnocením pouze jediné vegetační sezóny. Sledování však bude probíhat i v dalších sezónách, což by mělo částečně odstranit náhodnost jevu jako jsou semenné roky jednotlivých druhů na jednotlivých lokalitách, kdy dochází např. k výrazné dominanci v počtu semenáčů na určité lokalitě.

3. TERÉNNÍ EXPERIMENT – PŘEŽÍVÁNÍ SEMENÁČŮ

Průmyslová těžba rašeliny způsobuje vedle rozsáhlé destrukce původního vegetačního krytu tvořeného cennými vrchovištními společenstvy, především závažné poškození rašeliništního ekosystému jako celku. Meliorační zásahy zcela zásadně narušují hydrologické poměry na lokalitě a způsobují nepřirozené zaklesnutí hladiny podzemní vody pod stávající úroveň povrchu. Obnažené (a současně odvodňované) svrchní vrstvy rašeliny vykazují tendenci k přesychání a k vytváření kompaktní povrchové vrstvy, která může ve svém důsledku dlouhodobě blokovat nástup vegetace a následně sukcesí. Uchycení, přežívání a růst iniciálních vegetačních stádií v přirozeném prostředí ve srovnání s podmínkami nenarušeného stanoviště je tedy z hlediska přirozené obnovy společenstva zcela zásadní.

3.1 MATERIÁL A METODIKA

Materiál: Semena borovic *P. rotundata* a *P. sylvestris* pro předpěstování semenáčů byla sbírána na různých lokalitách (Borkovická blata, Březina, Jezerní slat', Kyselovský les, Mrtvý luh, Multerberg, Široké blato). Výběrové stromy byly taxonomicky zařazeny, polohově zaměřeny, označeny a jsou určeny pro dlouhodobý sběr osiva k účelům dalšího experimentování.

Klíčení a kultivace: Semena obou druhů byla dva měsíce (březen – duben 2001) stratifikována v lednici při 4 °C mezi vrstvami vlhké buničité vaty. Po stratifikaci byla semena ponechána k předklíčení při laboratorní teplotě (25 °C). Naklíčená semena byla vyseta jednotlivě do rašeliny v samostatných květináčích. Semenáče byly po dobu dvou měsíců pěstovány ve skleníku a poté trvale přeneseny do venkovního prostředí.

Metodika: Limitující ekologické faktory (narušení vodního režimu těžebními zásahy, světelná expozice) byly za daných podmínek sledovány na lokalitě Soumarský Most - těžená i relativně nenarušená část, velmi vhodná kombinace pro srovnávací experimenty přežívání. Vybráno bylo osm pokusných ploch (3,1 x 2,6 m), čtyři v reliktním blatkovém porostu, čtyři ve vytěžené části, vždy v suché a vlhké variantě. Každá experimentální plocha byla dodatečně charakterizována expozicí ozářenosti. Do každé z ploch bylo vysazeno 30 semenáčů (14 *P. rotundata*, 10 *P. sylvestris*, 4 *P. x pseudopumilio*, 2 *P. x digenea*). Polovina semenáčů byla vysazena v listopadu 2001, polovina v dubnu 2002. Uspořádání pokusu znázorňuje **obr. 3**. Od dubna 2002 do konce září 2002 byla každý měsíc zaznamenávána vitalita a v důsledku zjevného poškození mrazem (vytahání semenáčů) také zakořenění jednotlivých semenáčů. Stupeň vitality a zakořenění byl zaznamenáván pro každou charakteristiku zvláště na procentuální stupnici odhadem podle množství aktivní asimilující

plochy a kořínků nacházejících pod či nad úrovní půdního povrchu (0, 25, 50, 75, 100; 0 - mrtvý, nezakořeněný, 100 - plně vitální, zakořeněný). V říjnu 2002 byla polovina semenáčů ze všech pokusných ploch sklizena, vysušena (12 hod při 105 °C) a poté zvážena nadzemní a podzemní biomasa. Druhá polovina semenáčů byla na lokalitě ponechána, poněvadž je plánováno pokračování ve sledování jejich přežívání. Vlhkost byla dokumentována měřením výšky hladiny podzemní vody ve čtrnáctidenních intervalech od května do října 2002 v sondách vytvořených za pomoci zemního vrtáku. Expozice ozáření byla měřena přímo v pokusných plochách v 10 a 50 cm nad úrovní povrchu vždy v každém rohu a středu jednotlivých ploch.

3.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

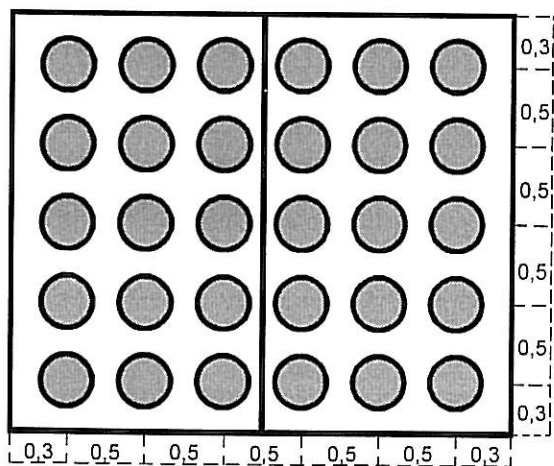
Vlastní zpracování dat bylo provedeno pomocí programů Microsoft EXCEL 97 a STATISTICA v. 5.5.

Pro vyhodnocení změny zakořenění a vitality v průběhu sledovaného období byla použita hierarchická ANOVA, model pro opakovaná pozorování (repeated measurements), ve kterém byly srovnávány suché a vlhké plochy ve vytěžené a nevytěžené části rašeliniště.

Pro vyhodnocení celkového nárůstu biomasy v suchých a vlhkých plochách ve vytěžené a nevytěžené části rašeliniště byla použita rovněž hierarchická ANOVA.

Vyhodnocení celkového nárůstu biomasy v závislosti na průměrných hodnotách světelné expozice a výšky hladiny podzemní vody v jednotlivých plochách, měřených v průběhu vegetační sezóny bylo provedeno jednoduchou lineární regresí.

Kříženci jednotlivých druhů nebyli v analýzách prozatím uvažováni a byly v experimentu použity v rámci přípravy dalších pokusů.



Obr. 3: Vzhled pokusných ploch. Čísla po stranách udávají rozměry jednotlivých částí v metrech.

3.3 VÝSLEDKY

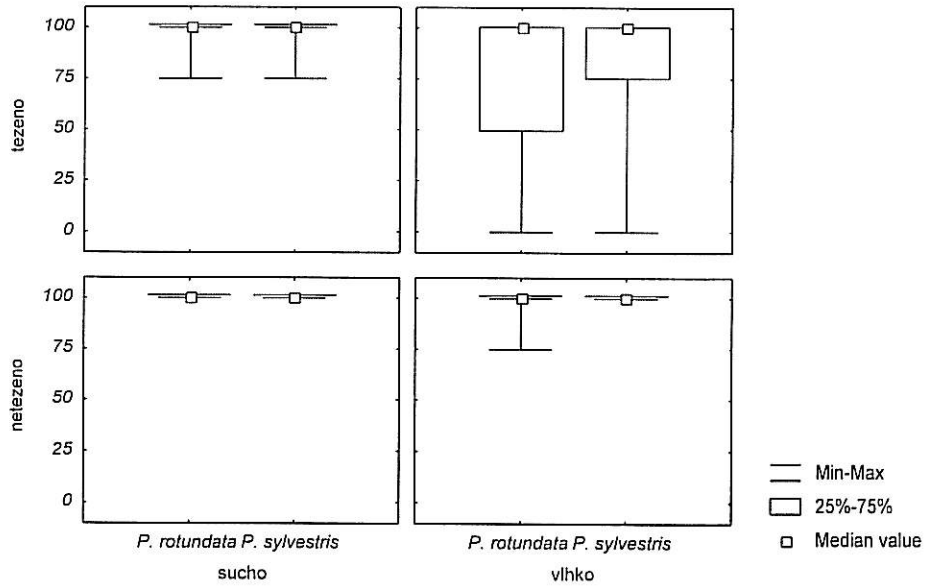
Zjištěné hodnoty procentuálního odhadu zakořenění a vitality se pohybovaly od 0 do 100% v průběhu vegetační sezóny.

Průkazné rozdíly byly zaznamenány ve změně zakořenění v průběhu sledovaného období ($p < 0.05$), dále byl zaznamenán rozdíl mezi těženou a netěženou částí rašeliniště ($p < < 0.001$) a mezi suchými a vlhkými plochami ($p < < 0.001$) a průkazná se ukázala také interakce obou druhů a změny zakořenění ($p < 0.01$). **Obr. 4** ukazuje porovnání zakořenění v suchých a vlhkých plochách ve vytěžené a nevytěžené části rašeliniště. Je zde zřejmé vůbec největší ovlivnění zakořenění ve vlhkých plochách ve vytěžené části rašeliniště.

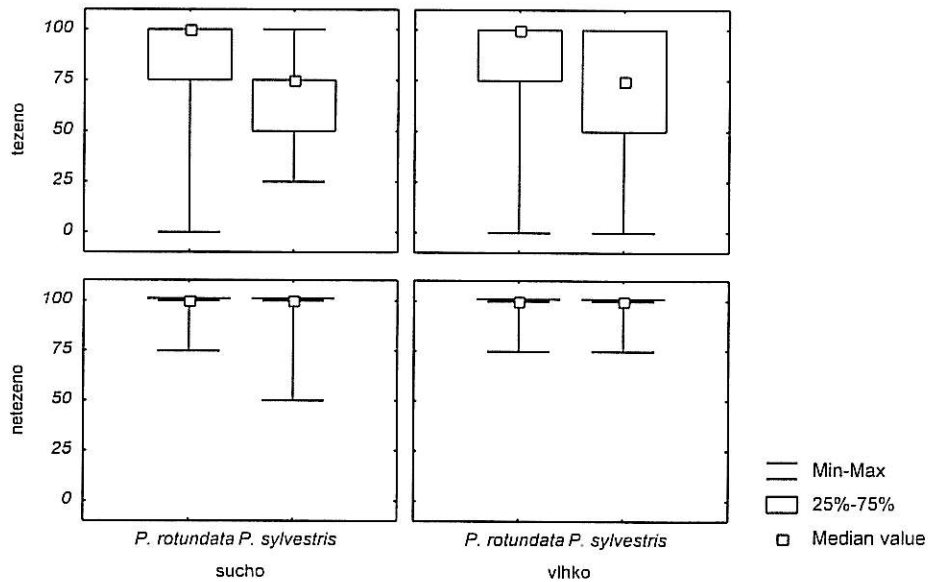
Obr. 5 ukazuje celkové porovnání vitality v suchých a vlhkých plochách ve vytěžené a nevytěžené části rašeliniště. Průkazný je rozdíl ve změně vitality ($p < < 0.001$) v průběhu sledovaného období, dále rozdíl mezi těžnými a netěženými částmi rašeliniště ($p < < 0.001$) a oběma druhy ($p < 0.01$). Průkazná je dále interakce změny vitality a těžné a netěžené části rašeliniště ($p < 0.05$) a interakce vitality obou druhů a těžné a netěžené části ($p < 0.05$). Vysoce průkazná je interakce změny vitality a suchých a vlhkých ploch ($p < < 0.001$), interakce druhů a změny vitality ($p < < 0.001$), interakce vlivu těžby a druhů a změny vitality v průběhu sledovaného období ($p < < 0.001$). Neprůkazný je rozdíl mezi suchými a vlhkými plochami. Změna vitality v průběhu sledování je nejzřetelnější v těžných plochách a je korelována ($r = 0,51$, $p < < 0.001$) se změnou zakořenění znázorněnou na **obr. 4**. Zřejmá je rovněž celkově vyšší vitalita u *P. rotundata*.

Porovnání celkového nárůstu biomasy obou druhů v jednotlivých plochách ve vytěžené a nevytěžené části rašeliniště znázorňuje **obr. 6**. Je zde zřejmé, že celkově vyšších nárůstů biomasy dosahuje zpravidla *P. sylvestris*, vyjma vlhkých ploch v těžné části. Průkazné rozdíly však byly zaznamenány pouze mezi těžnými a netěženými částmi rašeliniště ($p < 0.01$).

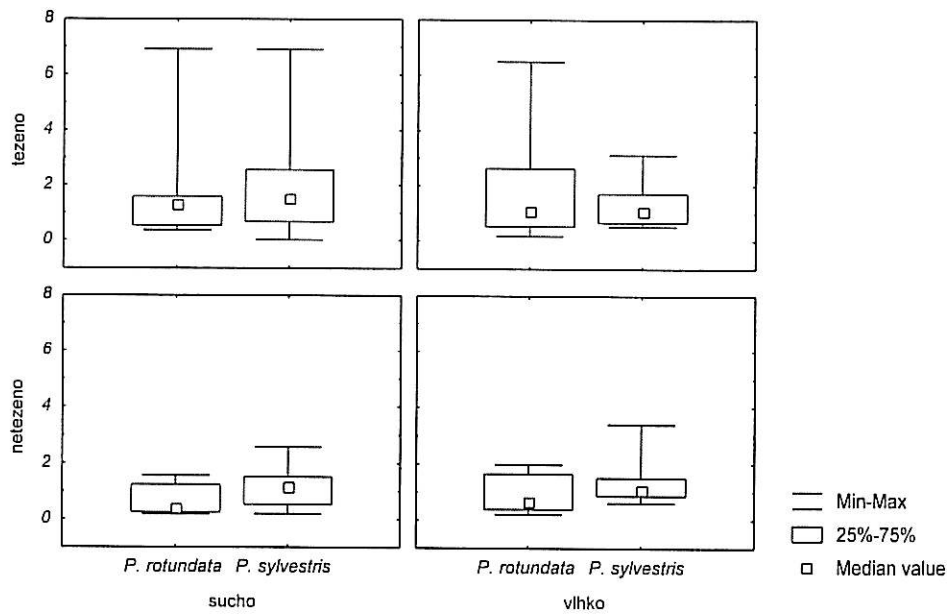
Výsledky jednoduché lineární regrese na **obr. 7** ukazují průkaznou závislost nárůstu biomasy pro *P. rotundata* ($p < 0.01$) na světelné expozici jednotlivých pokusných ploch. U druhu *P. sylvestris* je tato závislost neprůkazná ($p = 0,14$), přestože z **obr. 8** je zřejmý určitý trend ve směru zvyšujícího se nárůstu biomasy se stoupající světelnou expozicí jednotlivých ploch. Neprůkazná je však závislost nárůstu biomasy na výšce hladiny podzemní vody pro *P. rotundata* **obr. 9** a *P. sylvestris* **obr. 10**.



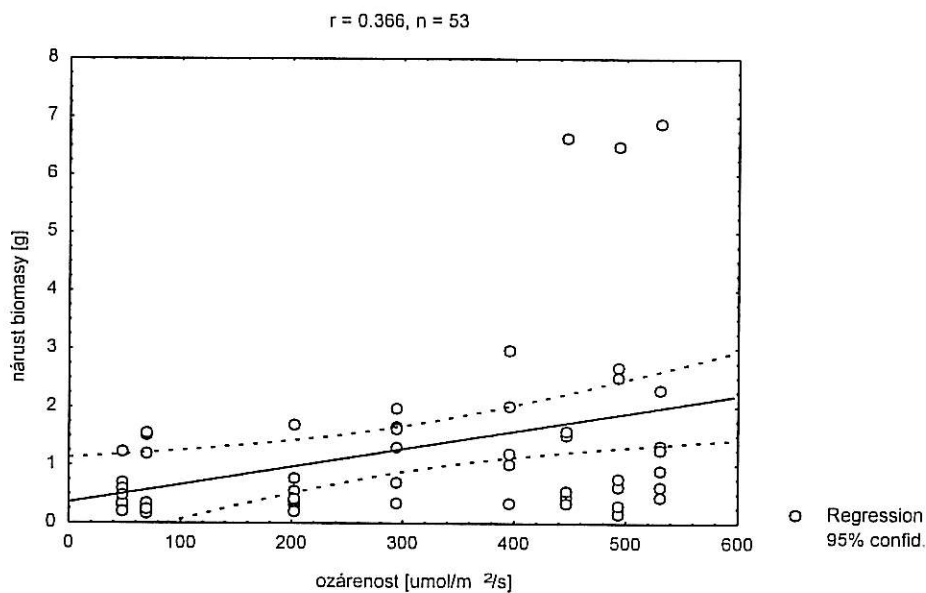
Obr. 4: Vliv vlhkostních podmínek a narušení těžbou na zakořenění semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris*.



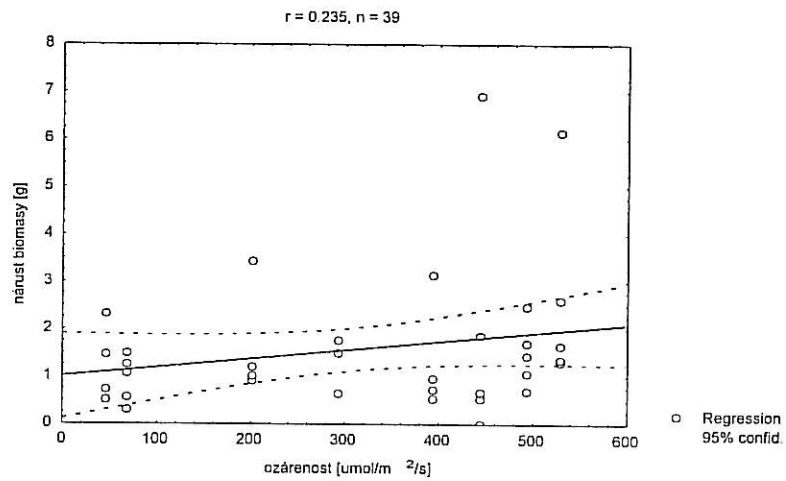
Obr. 5: Vliv vlhkostních podmínek a narušení těžbou na vitalitu semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris*.



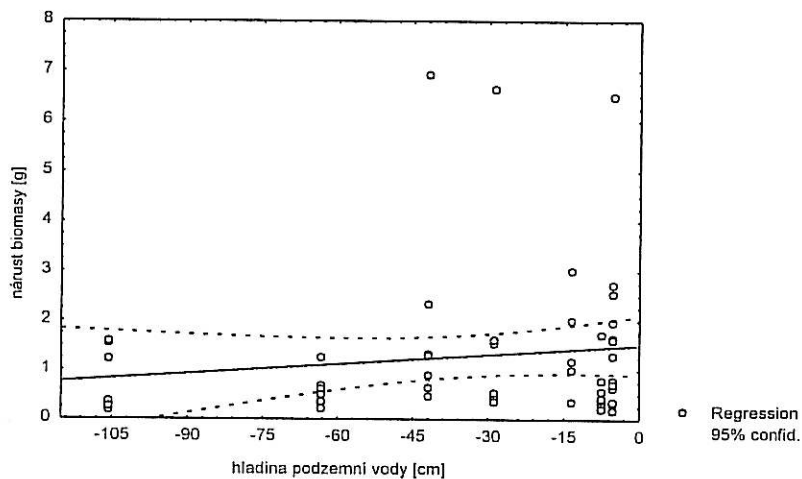
Obr. 6: Vliv vlhkostních podmínek a narušení těžbou na celkový nárůst biomasy [g] u semenáčů *P. rotundata* a *P. sylvestris*.



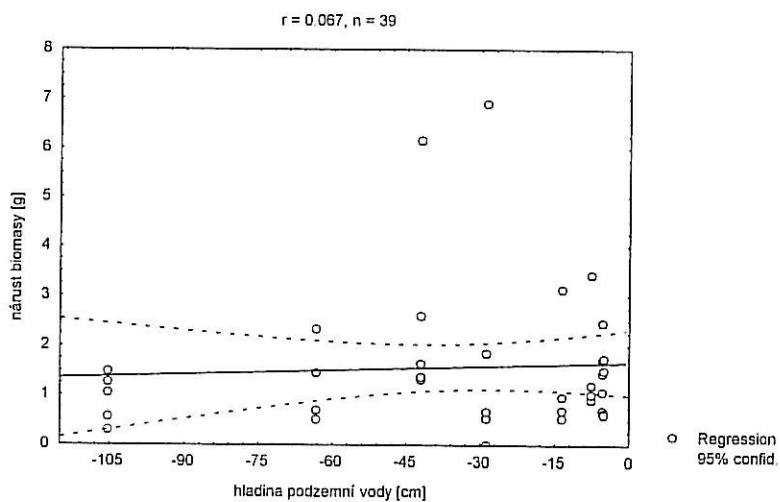
Obr. 7: Závislost nárůstu biomasy semenáčů *P. rotundata* na průměrné ozářenosti v jednotlivých plochách.



Obr. 8: Závislost nárůstu biomasy semenáčů *P. sylvestris* na průměrné ozářenosti v jednotlivých pokusných plochách.



Obr. 9: Závislost nárůstu biomasy semenáčů *P. rotundata* na průměrné výšce hladiny podzemní vody v jednotlivých pokusných plochách.



Obr. 10: Závislost nárůstu biomasy semenáčů *P. sylvestris* na průměrné výšce hladiny podzemní vody v jednotlivých pokusných plochách.

3.4 DISKUSE

Přírozená obnova vegetace na vytěžených rašeliništích je velmi podobná primární sukcesi, poněvadž povrch je zbavený vegetačního krytu a zbylá rašelina neobsahuje životaschopná semena (SALONEN 1987). Ne všechny rostliny schopné disperze semen do vytěženého rašeliniště zde pak nacházejí vhodné podmínky pro uchycení a růst.

V souladu s předpokladem, že hlavní podmínkou rychlé regenerace rašeliniště je udržení vysoké hladiny podzemní vody (VASANDER et LAIHO 1995), bylo cílem tohoto experimentu pozorování uchycení a přežívání dvou druhů dřevin klíčových v přírozené obnově rašelinišť. Určitý pohled na tuto problematiku podává také např. (VASANDER et LAIHO 1995, SCHMID et al. 1995, FRELECHOUX et al. 2000).

Výsledky průběžného zjišťování změn v zakořenění prokázaly výrazný rozdíl mezi těžnými a netěženými částmi rašeliniště. Tento rozdíl je zřejmě způsoben absencí vegetačního krytu, zvláště pak mechové vrstvy ve vytěžených částech, kterou HAUTALA et al. (2001) uvádí jako klíčovou pro zdárný růst semenáčů. Nejznatelnější poškození kořenového systému semenáčů způsobené pravděpodobně pedokryogenními pohyby přemokřené rašeliny v zimních měsících, které uvádí také PRICE et al. (1997), byly zaznamenány ve vlhkých plochách vytěžené části rašeliniště. Poškození kořenového systému nízkými teplotami pak působí na celkový fyziologický stav a zdárný vývoj rostliny, který diskutuje také (DUMAIS et al. 2002, COURSOLE et al. 2002). Změna zakořenění je ve vytěžených částech rašeliniště způsobena zvodněním vlhkých ploch spojeným s pohyby substrátu, případně naplavením určitého množství substrátu spolu se srážkovou vodou, zejména díky vysokému odtokovému koeficientu přeschlé rašeliny (40-70%) (SPIRHZANZL 1951) při vydatných dešťových srážkách. V netěžených plochách pak zřejmě celkově stabilnější strukturou substrátu a postupným vývojem mechového patra přerůstajícího případně vytažené části kořenového systému.

Změna vitality v průběhu sledování bude do značné míry odrazem fyziologických následků poškození kořenového systému semenáčů vymrzáním v jednotlivých plochách a schopností obou druhů tyto následky překonat. Vysoce průkazný rozdíl vitality mezi těžnými a netěženými částmi rašeliniště a změny vitality mezi druhy, jenž je znázorněn na **obr. 5**, který ukazuje tuto schopnost vyšší u *P. rotundata*. PROCTOR (1995) uvádí v této souvislosti celkově příznivější růstové podmínky na odvodněných stanovištích. Podle původního předpokladu nižší rezistence k vysychání substrátu u *P. rotundata* (viz kap. 5.1) však nevyšel průkazný rozdíl vitality mezi suchými a vlhkými pokusnými plochami pro oba druhy. Tato skutečnost byla zřejmě způsobena celkově vyšším úhrnem srážek v průběhu sledovaného období (srpnové povodně r. 2002) oproti letům minulým a tedy eliminací suchého období, jenž je pro přežívání semenáčů kritické.

Průkazný rozdíl v celkovém nárůstu biomasy mezi těženými a netěženými částmi rašeliniště ukazuje na odlišné podmínky pro růst semenáčů. Z **obr.2** je však patrný celkově příznivější vliv suchých těžených ploch, jenž uvádí také SCHMID et al. (1995) pro výškový přírůst u *P. rotundata*. Poměrně malý nárůst biomasy v netěžené části je zřejmě způsoben nižší dostupností slunečního záření vlivem zapojeného mateřského porostu. Rozdíly mezi suchými a vlhkými plochami pak budou opět do jisté míry zkresleny celkově vyšším úhrnem srážek (povodně v srpnu r. 2002) v průběhu sledovaného období.

SCHMID et al. (1995) prokázal pozitivní vliv světelných podmínek na klíčení a růst *P. rotundata*, jenž je ve shodě se zjištěnou pozitivní lineární závislostí nárůstu biomasy na světelné expozici semenáčů v jednotlivých plochách. Maximální průměrné, dosažené hodnoty ozáření nepřekračují $530 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Za těchto podmínek by nemělo docházet k nadměrné ozáření, jenž by mohla způsobit fotoinhibici u *P. rotundata* jako relativně stínomilnějšího druhu. Naopak se zdá, že dané světelné podmínky nejsou dostatečně vyhovující pro růst *P. sylvestris*. Neprůkazná závislost nárůstu biomasy *P. rotundata* na výšce hladiny podzemní vody se zdá být do jisté míry překvapující. Z **obr. 9, 10** je přesto znatelný pozitivní směr nárůstu biomasy se zvyšující se hladinou podzemní vody u *P. rotundata*, zatímco *P. sylvestris* se projevuje spíše indiferentně, což by poukazovalo na její poměrně značnou přizpůsobivost v těchto podmínkách.

4. FOTOSYNTÉZA

Fotosyntéza je proces, ve kterém je energie světla využita k syntéze uhlíkatých sloučenin potřebných k růstu. Přeměna energie světelných kvant v energii chemických vazeb se uskutečňuje v bílkovinných komplexech fotosyntetických membrán prostřednictvím fotosyntetických barviv. Absorpce asimilačních pigmentů, která vyvolává v rostlinné buňce proces fotosyntézy je rozložena v oblasti elektromagnetického spektra označovaného jako PhAR (photosynthetic active radiation). Maximální rychlost čisté fotosyntézy, měřená za standardních podmínek se dá použít pro charakteristiku fyziologických typů rostlin, druhů nebo i rostlinných ekotypů a zároveň ukazuje ekologické nároky druhů na světlo (TAIZ et ZIEGER 1991). Závislost rychlosti fotosyntézy na intenzitě ozáření, běžně označovaná jako světelná křivka fotosyntézy by měla odrážet hodnoty světelného toku, kterému jsou listy daného druhu vystaveny ve svém přirozeném prostředí a patří mezi základní charakteristiky fotosyntetických orgánů (PROCHÁZKA 1998), jako i celých rostlin. Světelný kompenzační bod, specifický pro jednotlivé druhy rostlin (KOZLOWSKI et KRAMER 1960), a hladina saturace světelné křivky by pak měli být limitujícími fyziologickými parametry druhu v daných podmínkách stanoviště.

4.1 MATERIÁL A METODIKA

Materiál: Pro měření světelných křivek fotosyntézy byly použity čtrnáct měsíců staré semenáče sledovaných druhů borovic (*P. rotundata*, *P. sylvestris*).

Klíčení a kultivace: postup viz. kapitola 3.1.

Metodika: Čistá rychlost fotosyntézy byla měřena za standardních podmínek v laboratoři na jehlicích ^{semenáčích} na ~~semenáčích~~ pěstovaných v rašelině v jednotlivých květináčích. Den před vlastním měřením byly semenáče přeneseny a umístěny do klimaboxu (25 °C, relativní vlhkost 70%) a po dobu pěti minut před měřením vystaveny ozáření 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$. Po dobu celého měření byla teplota v komůrce 20 °C, relativní vlhkost vzduchu $70 \pm 2\%$ a koncentrace CO_2 ve vzduch přiváděném do systému z venkovního prostředí se pohybovala v rozmezí 389,79 - 395,81 ppm. Rychlost čisté fotosyntézy byla měřena na gradientech ozáření (hustoty toku fotonů) v rozsahu 5 - 2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$ na přístroji LI - 6400 firmy LI - COR (Lincoln, Neb.). Po měření byly jehlice, na kterých bylo měření prováděno, ostříhány a rozděleny na dvě poloviny. Jedna polovina byla vysušena (12 hod při 105 °C) a sloužila k přepočtu rychlosti čisté fotosyntézy na jednotku hmotnosti sušiny. Druhá polovina bude použita ke stanovení množství pigmentů. Každé měření bylo provedeno na šesti

semenáčích *P. rotundata* a čtyřech semenáčích *P. sylvestris* jejichž semena pocházela z různých lokalit (viz kap. 3.1).

4.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

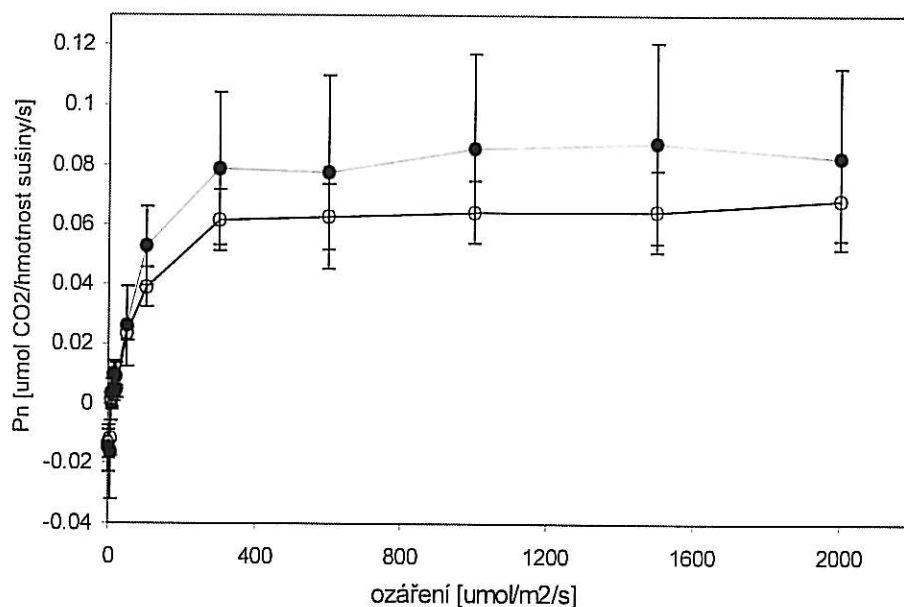
Vlastní zpracování dat bylo provedeno v programech Microsoft EXCEL 97 a STATISTICA v. 5.5. popis těchto statist. metod.

4.3 VÝSLEDKY

Porovnání křivek naměřených hodnot rychlostí čisté fotosyntézy přepočtené na jednotku hmotnosti sušiny jehlic pro jedince obou druhů, ukazuje obr. 11.

Křivka pro *P. sylvestris* je strmější a saturační hodnoty hustoty světelného toku jsou vyšší (přibližně $0,088 \mu\text{mol CO}_2/\text{hmotnost sušiny/s}$) než u *P. rotundata*, která dosahuje nižších hodnot (přibližně $0,069 \mu\text{mol CO}_2/\text{hmotnost sušiny/s}$).

Hodnoty kompenzačních bodů se u obou druhů vlivem poměrně velké variability měření nepodařilo zachytit a jejich stanovení bude provedeno dalšími měřeními.



Obr. 11: Křivky znázorňující závislost rychlosti čisté fotosyntézy P_n na ozáření pro *P. sylvestris* (●), $n = 4$ a *P. rotundata* (○), $n = 6$ spolu s \pm SEM.

4.4 DISKUSE

Fotosyntéza jako fotochemický proces je přímo závislá na dostupnosti záření. Tuto závislost lze vyjádřit saturační křivkou (světelná křivka fotosyntézy), kterou lze pak použít pro charakteristiku rostlinných druhů, ekotypů, ale i různých odrůd (LARCHER 1988).

Maximální naměřené hodnoty rychlosti čisté fotosyntézy pro oba druhy se neliší od hodnot uváděných LARCHEREM (1998) a KOZLOWSKIM et al. (1991) pro stálezelené jehličnany. Rychlosti čisté fotosyntézy byly přepočteny na jednotku hmotnosti sušiny, která v sobě s výhodou slučuje celkové růstové podmínky na daném stanovišti nebo v určitých experimentálních podmínkách. KOZLOWSKI et al. (1991) a THOMAS et WINNER (2002) uvádějí rozdíly v naměřených rychlostech čisté fotosyntézy vztažené na jednotku sušiny a plochy pro různé druhy dřevin lišících se v nárocích na světlo. Součástí dalších měření bude stanovení plochy jehlic a porovnání výsledků. Relativně velká vnitrodruhová variabilita byla zřejmě podmíněna geneticky, zejména původem semen z několika různých jedinců a lokalit, kterou uvádí také např. REICH et al. (1996) u fyziologických parametrů *P. sylvestris*.

Z rozdílů křivek čisté fotosyntézy vztažené na jednotku hmotnosti sušiny jehlic pro *P. sylvestris* a *P. rotundata* je však možné konstatovat, že jedinci těchto dvou druhů jsou co se týká odpovědi v závislosti na intenzitě ozařování, rozdílné. Rozdílné maximální hodnoty rychlosti čisté fotosyntézy ukazují rozdílnost nároků druhů *P. sylvestris* a *P. rotundata* na světlo, kterou se nepodařilo zachytit hodnotami světelného kompenzačního bodu, jenž se může v rámci druhu rovněž lišit (BOND et al. 1999) prokázal u *Pseudotsuga menziesii* a *Tsuga heterophylla*. L //

Ve spodní vzestupné části křivky platí přímá úměrnost mezi výtěžkem fotosyntézy a dostupným zářením (LARCHER 1988). V této oblasti stoupá křivka strměji u *P. sylvestris* než u *P. rotundata*, čímž lze očekávat větší výtěžek celého procesu fotosyntézy v daných světelných podmínkách.

Pokusné rostliny obou druhů byly vysety ve stejnou dobu a po celý čas rostly ve stejných podmínkách. Je tedy možné vyloučit zkreslení výsledků měření vlivem rozdílného věku nebo stanoviště (TAIZ et ZIEGER 1991, LINDER 1979).

KOZLOWSKI et al. (1991) uvádí, že fotosyntetická aktivita semenáčů jednotlivých druhů dřevin je velmi důležitá pro jejich uchycení a počáteční růst. Lze tedy říci, že proměnlivost závislosti fotosyntetické aktivity na světle u různých druhů dřevin by měla být jedním z klíčových faktorů v přirozené obnově v podmínkách různých stanovišť.

KOZLOWSKI et KRAMER (1960) předpokládají, že složení rostlinných společenstev závisí na efektivitě fotosyntézy kompetujících druhů. V podmínkách narušených rašelinišť (odvodnění, těžba rašeliny) případně v okrajových zónách nenarušených rašelinišť, kde se

oba studované druhy vyskytují společně mohou nastat následující situace. Po velkoplošné těžbě rašeliny zůstávají odvodněné plochy zcela zbavené vegetačního krytu. KUBISKE et PREGITZER (1996) uvádějí, že heliofyty jsou méně přizpůsobivé než sciogyty v odpovědi k měnícím se podmínkám světelné expozice. Za příznivých podmínek při dostatku světla se pak bude *P. sylvestris* projevovat větší účinností fotosyntézy a tedy větší intenzitou růstu. Tím je zvýhodněna a "předběhne" semenáče *P. rotundata*, které mohou být navíc v extrémním případě inhibovány vysokými intenzitami ozáření. S klesající rychlostí fotosyntézy u druhu *P. rotundata* může docházet, kromě samotné redukce rychlosti růstu semenáčů, k limitaci růstu kořenů což může kromě jiného snižovat rezistenci semenáčů k vysychání substrátu (KOZLOWSKI et al. 1991). Postupným zapojováním porostu v průběhu regenerace rašeliniště by pak měla být *P. sylvestris* postupně potlačena, neboť *P. rotundata* se může podmínkám vysoké ozářenosti přizpůsobit alespoň do té míry, že nebude poškozen její fotosyntetický aparát a se snižující se světelnou expozicí v nižších patrech porostu by pak měla dosahovat vyšších výtěžků fotosyntézy za podmínek nižší světelné expozice. Tento předpoklad je však možné ověřit pouze přesným zjištěním světelného kompenzačního bodu u obou druhů, což bude předmětem dalších měření.

5. REZISTENCE K VYSYCHÁNÍ - VODNÍ POTENCIÁL

U odvodněných, velkoplošně těžných rašelinišť dochází k výraznému zhoršení fyzikálních vlastností substrátu. Rašelina je velmi náchylná k evaporaci a přeschlá má silně hydrofobní vlastnosti. K vadnutí rostlin na rašeliništní půdě může docházet už při 60% obsahu vody (SPIRHAZL 1951). Jestliže pak příjem vody z půdy nestačí doplňovat ztráty vody výparem, dochází u rostlin k postupnému snižování vodního potenciálu. Hodnota vodního potenciálu ukazuje, zda a do jaké míry rostlina trpí suchem. Nemůže-li rostlina snížit svůj vodní potenciál pod hodnotu vodního potenciálu půdy, trvale vadne, tj. nevrací se do původního stavu. Kritická hodnota se nazývá bod trvalého vadnutí a je specifická pro jednotlivé druhy a fyziologické typy rostlin. Naděje rostliny na přežití zátěže způsobené suchem jsou pak tím větší, čím více je rostlina schopna oddálit vysušení (nebezpečné snížení vodního potenciálu protoplazmy) a čím více je schopna vysušení snášet (čím více může protoplasma vyschnout bez poškození). Mezi jednotlivými druhy rostlin existuje široká variabilita v odolnosti vůči suchu (LARCHER 1988) a tím i adaptabilita vůči specifickým podmínkám daného stanoviště.

5.1 MATERIÁL A METODIKA

Materiál: Pro měření vodního potenciálu byly použity čtrnáct měsíců staré semenáče obou druhů borovic (*P. rotundata* a *P. sylvestris*).

Kultivace a klíčení: postup viz kap. 3.1.

Metodika: Měření vodního potenciálu bylo prováděno za standardních podmínek v laboratoři na jednotlivých ^{semenáčích} ~~na semenáčích~~ pestovaných v rašelíně v jednotlivých květináčích. Den před vlastním měřením vodního potenciálu byly květináče se semenáči umístěny do klimaboxu (20 °C, relativní vlhkost 70%) a po dobu 24 hod ponořeny do vody. Pro zachycení minimálních hodnot vodního potenciálu byla jednotlivá měření prováděna vždy mezi 14 - 16 hodinou. Měření byla prováděna nepravidelně v průběhu vysychání substrátu po dobu 42 dnů ve dvou až pětidenních intervalech. Pro zachycení změny vodního potenciálu v průběhu vysychání byla kritická hodnota konečného měření jedince stanovena na -3 MPa, uváděná jako hranice pro lesní stromy (LARCHER 1988). K měření byla použita tlaková komora konstrukce podle Schoelander (CA USA St. Barbara). Každé měření bylo prováděno na 7 semenáčích *P. rotundata* a 5 semenáčích *P. sylvestris*, jejichž semena pocházela z různých lokalit (viz kap. 3.1).

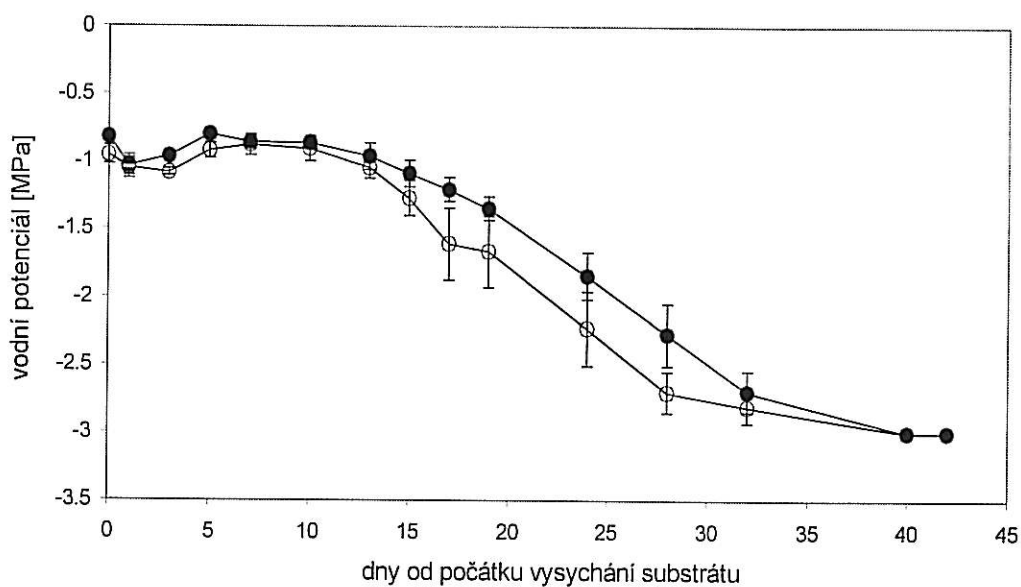
5.2 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Vlastní zpracování dat bylo provedeno v programech Microsoft EXCEL 97 a STATISTICA v. 5.5.

5.3 VÝSLEDKY

Porovnání křivek změny vodního potenciálu pro jedince obou druhů v průběhu vysychání substrátu znázorňuje obr. 12.

P. sylvestris dosahuje v průběhu experimentu celkově vyšších hodnot vodního potenciálu než *P. rotundata*. Bod trvalého vadnutí nelze z naměřených dat určit, neboť pro toto zjištění nebyly pokusné rostliny opětovně zavlažovány a měřeny. Tento postup však již bude součástí dalšího rozšířeného experimentu.



Obr. 12: Změna vodního potenciálu *P. sylvestris* (●), $n = 5$ a *P. rotundata* (○), $n = 7$ spolu s \pm SEM v průběhu 42 dnů bez zavlažování.

5.4 DISKUSE

Primárním cílem této části bakalářské práce bylo zjistit rozdíly v rezistenci k vysychání substrátu u *P. sylvestris* a *P. rotundata*.

Vodní deficit působí téměř na všechny fyziologické a morfologické aspekty růstu rostliny (KOZLOWSKI et al. 1991). V této souvislosti KOZLOWSKI ET KRAMER (1960) uvádí, že rozsáhlý kořenový systém je důležitý při příjmu vody zabraňujícím vysychání, který je nejčastější příčinou úmrtí semenáčů. Semenáče však mají méně rozsáhlý kořenový systém, který se zpravidla rozprostírá v povrchové půdní vrstvě náchylné k evaporaci.

Naměřené hodnoty vodního potenciálu se svým rozsahem podstatně neliší od hodnot uváděných LARCHEREM (1988) pro jehličnany mírného pásma. IRVINE et al. (1997) uvádí pro *P. sylvestris* hodnotu $-1,5 \text{ Mpa}$ při které dochází k výrazné embolii v xylému a následnému poškození jedince. Přežívání jedince při nižších hodnotách vodního potenciálu se pak projeví trvalými následky na jeho celkovou růstovou schopnost.

Z rozdílu křivek změny vodního potenciálu v průběhu vysychání substrátu, je možné říci, že semenáče *P. sylvestris* a *P. rotundata* jsou co se týká rezistence k vysychání, rozdílné. Vnitrodruhová variabilita je podmíněna zřejmě genetickým původem semen pocházejících z různých lokalit a je ve shodě se zjištěními, kdy např. GROSSNICKLE et FAN (1999) našli geneticky podmíněné rozdíly v odpovědích *Picea glauca*, *Picea engelmannii* a jejich kříženců na podmínky vysychání substrátu nebo CREGG et ZHANG (2001) našli rozdíly ve vodním potenciálu u semenáčů *P. sylvestris* různého geografického původu, případně MARTINEZ et PINOL (2002) sledovali mortalitu u několika populací *Pinus nigra*, *Pinus pinaster* a *Pinus sylvestris* způsobenou suchem a našli výrazné rozdíly mezi jednotlivými druhy i populacemi.

Trvale vyšší vodní potenciál v průběhu vysychání substrátu u *P. sylvestris* ukazuje na její schopnost lépe snášet období dlouhodobějšího nedostatku vody. V podmínkách ve kterých dochází k překryvu výskytu obou těchto druhů (odvodněná nebo odvodněná velkoplošně těžená rašeliniště, okrajové zóny nenarušených rašelinišť), celkově převažují vlhkostní podmínky vyhovující *P. sylvestris*, která převládne v růstu nad *P. rotundata*. Vzhledem ke zhoršujícím se fyzikálním vlastnostem rašeliny jako substrátu (vyšší náchylnost k evaporaci, hydrofobní vlastnost přeschlé rašeliny) po narušení vodního režimu by se v těchto podmínkách *P. sylvestris* ukázala jako konkurenčně úspěšnější. Celkové zvodnění stanoviště naopak povede ke snížené aeraci čímž je omezen dostatečný příjem vody z hlubších vrstev půdy (KOZLOWSKI et KRAMER 1960). Za těchto podmínek může být *P. rotundata*, jejíž kořenový systém je adaptován na nízkou mocnost aktivního půdního horizontu (REKTORIS et al. 1997), podporována v růstu. K ověření těchto hypotéz jsou však nutná podrobná měření v terénu.

6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo charakterizovat rozdíly v přirozené obnově jednotlivých druhů dřevin na rašeliništích v souladu s procesem cyklické regenerace rašelinišť a zjistit rozdíly v základních fyziologických parametrech u *Pinus sylvestris* a *Pinus rotundata*, které jsou v přirozené obnově klíčové.

V této kapitole bych rád stručně odpověděl na otázky položené v úvodu této práce.

1. Uchycení a přežívání semenáčů jednotlivých druhů dřevin je ovlivněno substrátem, ze kterého vyrůstají. U skupiny druhu *Pinus* sp. vytváří nejvhodnější podmínky pro uchycení a růst substrát tvořený vegetačním pokryvem mechorostů, vyjma r. *Sphagnum*, ve kterém byla zaznamenána nejvyšší mortalita. Relativně příznivé podmínky pro uchycení a přežívání semenáčů *Pinus* sp. nabízí také obnažená rašelinná půda. U semenáčů ostatních druhů dřevin nebyl vliv substrátu průkazný.
2. Na příznivý vývoj semenáčů *P. sylvestris* a *P. rotundata*, posuzovaný celkovým nárůstem biomasy a procentuelním odhadem vitality a zakořenění, mohou mít podmínky vytěženého rašeliniště, kterými jsou zejména úprava vodního režimu a odstranění vegetačního krytu spojené se změnami světelných podmínek, velký vliv. Kořenový systém semenáčů obou druhů ve zvodnělých plochách ve vytěžených částech je silně poškozován pedokryogenními pohyby přemokřené rašeliny v zimních měsících. Následky tohoto poškození se pak projevují ve snížení vitality, které je větší u *P. sylvestris*. Celkový nárůst biomasy je však pro oba druhy větší v těžené části rašeliniště. Očekávaný vliv letního přesychání rašeliny na vytěžených plochách na přežívání semenáčů se vzhledem k srážkově velmi příznivé vegetační sezóně (srpnové povodně v roce 2002) nepodařilo prokázat.
3. Z parametrů fotosyntetických křivek měřených u obou druhů borovic je možné usuzovat na větší světlomilnost druhu *P. sylvestris* proti druhu *P. rotundata*.
4. Průběh křivek vodního potenciálu v průběhu vysychání substrátu naznačuje vyšší rezistenci k vysychání u druhu *P. sylvestris* ve srovnání s druhem *P. rotundata*.

7. LITERATURA

- BASTL M. (1996): Odolnost sukcesních stádií vytěženého rašeliniště k invazím, (Magisterská práce), † BF JU, České Budějovice.
- BASTL M., BURIAN M., KUČERA J., PRACH K., REKTORIS L., ŠTECH M. (2000): Peat bogs with bog pines along the elevation gradient. – ^{8 (nebo „and“)} submitted. ^{vašev časopisu}
- BEGEOT C., RICHARD H. (1996): The recent origin of *Pinus uncinata* Miller ex Mirbel in peat bog of Frasné and the peat cutting in the Jura. – ~~Acta Botanica Gallica~~ 143 (1): 47-53.
- BOND J. B., FARNSWORTH B. T., COULOMBE R. A., WINNER W. E. (1999): Foliage physiology and biochemistry in response to light gradients in conifers with varying shade tolerance. – *Oecologia* 120: 183-192.
- BURIAN M. (1999): Závislost základních dendrometrických parametrů druhu *Pinus rotundata* a jeho hybridů na gradientu nadmořské výšky. (Bakalářská práce), † BF JU, České Budějovice.
- BUSINSKÝ R. (1998): Rozšíření *Pinus mugo* v bývalém Československu – taxonomie, rozšíření, hybridní populace a ohrožení. – *Zprávy Čes. Bot. Společ.* 33: 33-52.
- COURSOLLE C., BIGRAS F. J., MARGOLIS H. A. (2002): Effects of root freezing on the physiology and growth of *Picea glauca*, *Picea mariana* and *Pinus banksiana* seedlings under different soil moisture regimes. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 206-217.
- CREGG B. M., ZHANG J. W. (2001): Physiology and morphology of *Pinus sylvestris* seedlings from diverse resources under cyclic drought stress. – *Forest Ecology and Management* 154: 131-139.
- DOHNAL Z. (1965): Československá rašeliniště a slatiniště. – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- DUMAIS D., COURSOLE C., BIGRAS F. J., MARGOLIS H. A. (2002). Simulated root freezing in the nursery: effects on the growth and physiology of containerised boreal conifer seedlings after outplanting. – *Canadian Journal of Forest Research* 32: 605-615.
- DYKYJOVÁ Z. (1975): Přežívání druhů na rašeliništích. – *Vesmír, Praha* 54: 359-364.
- FRELECHOUX F., BUTTLER A., SCHWEINGRUBER F. H., GOBAT J. M. (2000): Stand structure, invasion, and growth dynamics of bog pine (*Pinus uncinata* var. *rotundata*) in relation to peat cutting and drainage in the Jura Mountains, Switzerland. – *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1114-1126.

- GROSSNICKLE S. C., FAN S. H. (1999): Genetic variation in response to drought of interior spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss x *Picea engelmannii* Parry ex Engelm.). – Scandinavian Journal of Forest Research 14: 251-261.
- HANSSEN K. H. (2002): Effects of seedbed substrates on regeneration of *Picea abies* from seeds. – Scandinavian Journal of Forest Research 17: 511-521.
- HAUTALA H., TOLVANAN A., NUORTILA C. (2001): Regeneration strategies of dominant boreal forest dwarf shrubs in response to selective removal of understorey layers. – Journal of Vegetation Science 12: 503-510.
- HOLUBIČKOVÁ B. (1965): A study of the *Pinus mugo* complex (Variability and diagnostic value of characters in some Bohemian populations). – Preslia 37: 276-288.
- HOLUBIČKOVÁ B. (1981): *Pinus uncinata*, příklad různých typů ohrožení druhu (Mizející flóra a ochrana fyto-genofondu v ČSSR, studie ČSAV č. 20). – Academia, Praha. *patnácti citace*
- CHÁBERA S. (1998): Fyzický zeměpis Jižních Čech. Přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu. – Jihočeská univerzita, České Budějovice. *co to je - shrnutí ? 22*
- CHRISTENSEN K. I. (1987a): Atypical cone and leaf character states in *Pinus mugo* Turra *P. sylvestris* L. and *P. x rhaetica* Brügger (Pinaceae). – Gleditschia 15(1): 1-5.
- CHRISTENSEN K. I. (1987b): Taxonomic revision of the *Pinus mugo* complex and *P. x rhaetica* (*P. mugo* x *P. sylvestris*). – Nord. J. Bot. 7: 383-408.
- IRVINE J., PERKS M. P., MAGNANI F., GRACE J. (1997): The response of *Pinus sylvestris* to drought: stomatal control of transpiration and hydraulic conductance. – Tree Physiology 18: 393-402.
- JAKŠIČOVÁ T. (2003): Vegetační dynamika třeboňských blatkových rašelinišť po narušení. (Bakalářská práce) BF JU, České Budějovice.
- KOS J., MARŠÁKOVÁ M. (1997): Chráněná území ČR. – AOPK ČR, Praha.
- KOZŁOWSKI T. T., KRAMER P. J. (1960): Physiology of Trees. – McGraw-Hill, *Book* *Walter de Gruyter company*
- KOZŁOWSKI T. T., KRAMER P. J. & PALLARDY S. G. (eds) (1991): The Physiological Ecology of Woody Plants. – Academic Press, *California. San Diego.*
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J. (eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.
- KUBISKE M. E., PREGITZER K. S. (1996): Effects of elevated CO₂ and light availability on the photosynthetic light response of trees of contrasting shade tolerance. – Tree Physiology 16: 351-358.

- KUČEROVÁ A., REKTORIS L., PŘIBÁŇ K. (2000): Vegetation changes of *Pinus rotundata* bog forest in the "Žofinka" Nature Reserve, Třeboň Biosphere Reserve. – Příroda 17: 119-138.
- LARCHER W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. - ^{Academia} Československá akademie věd, Praha.
- LINDER S. (1979): Photosynthesis and respiration in conifers. A Classified Reference List 1891-1977. – Studia Forestalia Suecica Nr. 149. ^{post stravel}
- MARTINEZ-VILALTA J., PINOL J. (2002): Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine population of the NE Iberian Peninsula. – Forest Ecology and Management 161: 247-256. ^{editor (vi)}
- POLÁK V. (1989): Rašeliniště, jejich ochrana a kulturní význam. In: Rašeliniště a jejich racionální využívání, Dům techniky ČSVTS, České Budějovice, ^{PP.} 99-109.
- PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK J. ^{a)} ~~a kol.~~ (1998): Fyziologie rostlin. – Academia, Praha. ^{PP.}
- PRICE J., ROCHEFORT L., QUINTY F. (1997): Energy and moisture consideration on cutover peatlands: surface microtopography, mulch cover and *Sphagnum* regeneration. – Ecological Engineering 10: 293-312.
- PROCTOR M. C. F. (1995): The Ombrogenous Bog Environment. – Restoration of Temperate Wetlands: 287-302. ^{PP.}
- REICH P. B., OLEKSYN J., TJOELKER M. G. (1996): Needle respiration and nitrogen concentration in Scots Pine population from broad latitudinal range: A common garden test with field-grown trees. – Functional Ecology 10: 768-776.
- REKTORIS L., RAUCH O., PŘIBÁŇ K., (1997): Hynutí borovice blatky (*Pinus rotundata* Link.) a sukcesní změny blatkových borů jako reakce na měnící se hydrologické a klimatické podmínky v NPR Červené blato. ^{ed.} Příroda, ~~Praha~~ 11:67-84.
- RICHARDSON D. M. (1998): Ecology and Biogeography of *Pinus*. – Cambridge ^u university [?] press, Cambridge. ^{PP.}
- ROBERT E. C., ROCHEFORT L., GARNEAU M. (1999): Natural revegetation of two block-cut mined peatlands in eastern Canada. – Canadian Journal of Botany 77: 447-459.
- ROCHEFORT L., CAMPEAU S. (1997): Rehabilitation Work on Post-Harvested bogs in South Eastern Canada – In: PARKYN L., STONEMAN R. E., ^{PP.} ~~et~~ INGRAM H. A. P. (eds.) Conserving Peatlands, New York, 287-298.
- RYBNÍČEK K. (1984): Přehled rostlinných společenstev rašelinišť a mokřadních luk Československa. – Studie ČSAV, Praha.

- SALONEN V. (1987): Relationship between seed rain and establishment of vegetation in tea areas abandoned after peat harvesting. – *Holarctic Ecology* 10: 171-174.
- SALONEN V. (1994): Revegetation of harvested peat surfaces in relation to substrate quality – *Journal of Vegetation science* 5: 403-408.
- SCHMID J., BOGENRIEDER A., SCHWEINGRUBER F. H. (1995): Verjüngung und Wachstum von Moor-Kiefern (*Pinus rotundata* Link) und Fichten (*Picea abies* [L.] H. Karsten) in Mooren des Südöstlichen Schwarzwaldes (Süddeutschland). – *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 70, 2: 175-223.
- SKALICKÝ V. (1988): *Pinus rotundata*. In: Hejný S. a Slavík B. (eds.) *Květena České socialistické republiky 1.* Academia, Praha, pp.
- SPIRHANZL J. (1951): Rašelina, její vznik, těžba a využití. – *Přírodovědecké nakladatelství, Praha.*
- STASZKIEWICZ J., TYSZKIEWICZ M. (1972): Zmienność naturalnych mieszańców *Pinus sylvestris* L. x *Pinus mugo* Turra (= *P. x rotundata* Link) w południowo-zachodniej Polsce oraz na wybranych stanowiskach Czech i Moraw. – *Fragm. Florist. et Geobot.* ~~Kraków~~, 18: 173-191.
- TAIZ L., ZIEGER E. (eds.) (1991): *Plant Physiology.* – The Benjamin/Cummings Publishing Company, California. *miesto vydania (miesto výroby štát union)*
- THOMAS S. C., WINNER W. E. (2002): Photosynthetic differences between saplings and adult trees: an integration of field by meta-analysis. – *Tree Physiology* 22: 117-127.
- VASANDER J. H., LAIHO R. (1995): Long-term effect water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. – *Journal of Applied Ecology* 32: 785-802.