

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Bříza bělokorá jako přípravná dřevina při zalesňování  
kalamitních holin jedlí bělokorou: vliv na podmínky  
prostředí a vybrané ekofyziologické parametry jedle**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2016/2017

Veronika Štefková

*ZADÁVACÍ LIST*

*Čestné prohlášení:*

Prohlašuji, že jsem práci: „*Bříza bělokorá jako přípravná dřevina při zalesňování kalamitních holin jedlí bělokorou: vliv na podmínky prostředí a vybrané ekofyziologické parametry jedle*“ zpracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47 b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

***Poděkování:***

*Ten největší dík patří Bohu a lidem které mi poslal do cesty; především skvělému vedoucímu práce doc. Ing. Josefovi Urbanovi, Ph.D. za pohodový přístup a cenné odborné rady. Velice děkuji mému muži Ing. Karlu Štefkovi a Ing. Antonínu Martiníkovi, Ph.D. za pomoc při sběru dat, dceři Anně za statečnost, celé své rodině za podporu a nejmilejším sousedům za pomoc v nouzi.*

## ABSTRAKT

*Název práce:* Bříza bělokorá jako přípravná dřevina při zalesňování kalamitních holin jedlí bělokorou: vliv na podmínky prostředí a vybrané ekofyziologické parametry jedle.

*Typ práce:* Diplomová práce

*Autor:* Veronika Štefková

*Abstrakt:*

V této práci byl porovnán vliv různého použití přípravné dřeviny břízy bělokoré (*Betula pendula* Roth.) pro zalesnění kalamitní holiny jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.). Sazenice jedle byly na experimentální ploše vysazeny na podzim 2015, měření probíhalo ve vegetační sezóně 2016. Byly stanoveny 4 varianty experimentu; holina, probraný březový porost se zakmeněním 0,5, násek a plně zapojený březový porost. Byl zjišťován vliv přípravného porostu na podmínky prostředí, tj. množství srážek, výkyvy teplot, deficit tlaku vodních par (VPD), půdní vlhkost a průnik FAR k sazenicím jedlí (transmitance). Dále byl zjišťován vliv na zdravotní stav a odrůstání jedle a vliv na vybrané ekofyziologické parametry jedle: fluorescence chlorofylu, rychlost elektronového transportu (ETR), vodní potenciál, a plošná hustota jehlic. Přípravný porost eliminoval extrémní teploty (v červnu až o 7 °C nižší oproti holině) a chránil nové výhony před poškozením jarními mrazy (o 2,2 °C nižší oproti holině). Na druhou stranu snížil půdní vlhkost o 23 % oproti kontrole v červenci a o 33–47 % oproti kontrole v září ve variantách probírka a bez zásahu. Největší výškový přírůst, 12 cm byl u varianty holina, nejmenší 7 cm u varianty bez zásahu. Plošná hustota listoví korelovala s přírůstem a dostupností světla a byla nejvyšší na holině a nejnižší pod porostem. Fluorescence chlorofylu nenaznačila snížení fotosyntetické kapacity ( $F_v/F_m$  bylo u všech variant vyšší než 0.80) a rozdíly ve fotosyntéze a přírůstu tak lze přičítat rozdílné dostupnosti světla. Na základě výsledků, které ukázaly významné rozdíly mezi variantami, bylo navrženo optimální použití přípravného porostu: u přípravného porostu byl doporučen velmi silný zásah s razantnějším snížením zakmenění.

*Klíčová slova:* Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.), jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.), přípravné dřeviny, kalamitní holiny.

## ABSTRACT

*Title:* Silver birch as preparatory species during afforestation of large scale clearcuts by silver fir: its effect on growth conditions and selected ecophysiological parameters.

*Type of work:* Diploma thesis

*Author:* Veronika Štefková

*Abstract:*

This thesis compare various uses of silver birch (*Betula pendula* Roth.) as a preparatory species during afforestation by silver fir (*Abies alba* Mill.). In this experiment, silver fir was planted at fall of 2015 and measurements were conducted in the vegetation season 2016. There were four variants of experiment with respect to the silver birch: clearcut, birch stand with 50 % stocking density, narrow embankment cut and birch stand with a full stocking density. Air temperature, precipitation, vapor pressure deficit, soil moisture and transmittance of photosynthetically active radiation were measured from the environmental variables. On plants, the growth increment, chlorophyll fluorescence, shoot water potential and needle mass per area were studied. Preparatory forest stand eliminated extreme temperatures, both positive and negative. Maximum temperatures were by 7 °C lower under the forest canopy than on clearcut. Spring frost was eliminated by 2.2 °C which was enough to protect fresh shoots from freezing. On the other hand soil moisture under the birch was by 23 – 47 % lower than at the clearcut. Tallest growth increment of 12 cm was at the clearcut, shortest of 7 cm under the birch without thinning. Needle mass per area corresponded to light availability and it was highest at clearcut and lowest under the birch. Chlorophyll fluorescence in dark did not suggest any differences between treatments ( $F_v/F_m$  was higher than 0.80) and therefore differences in growth can be accounted to the light availability. Data suggest that for the silver fir saplings is best to grow under severely thinned silver birch canopy with low stocking density which allows for enough light and soil moisture but still protects saplings against inclement weather.

*Keywords:* Silver birch (*Betula pendula* Roth.), silver fir (*Abies alba* Mill.), preparatory species, large scale clearcuts

### **Seznam použitých zkratk:**

CHS	cílový hospodářský soubor
ETR	electron transport rate (rychlost elektronového transportu)
FAR	fotosynteticky aktivní radiace
F <sub>M</sub>	maximální výtěžek fluorescence chlorofylu v temném stavu
F <sub>S</sub>	fluorescence v ustáleném stavu
F <sub>V</sub>	maximální výtěžek variabilní fluorescence chlorofylu v temném stavu
HS	hospodářský soubor
LAI	leaf area index (index listové plochy) (m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> )
LHC	lesní hospodářský celek
LHP	lesní hospodářský plán
MZD	meliorační a zpevňující dřeviny
PLO	přírodní lesní oblast
PSII	fotosystém II
QY	kvantový výtěžek fotosystému II
SLT	soubor lesích typů
ÚSES	územní systém ekologické stability
VPD	vapour pressure deficit (deficit tlaku vodních par) [Pa]

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce.....	3
3	Literární přehled .....	4
3.1	Zalesňování kalamitních holin přípravnými dřevinami .....	4
3.2	Jedle bělokorá ( <i>Abies alba</i> Mill.).....	5
3.3	Bříza bělokorá ( <i>Betula pendula</i> Roth.).....	6
3.3.1	Význam břízy na holinách .....	7
3.4	Fotosyntéza, fluorescence chlorofylu a ETR .....	8
3.5	VPD.....	10
3.6	FAR, transmitance.....	10
3.7	Vodní potenciál .....	11
3.8	Půdní vlhkost.....	13
3.9	Vliv pozdních mrazů na sazenice jedle.....	14
4	Materiál a metodika .....	15
4.1	Obecná charakteristika zájmové oblasti.....	15
4.2	Výzkumná plocha Stará Ves .....	16
4.3	Metodika .....	18
4.3.1	Meteorologické charakteristiky.....	18
4.3.2	Dendrometrické charakteristiky.....	19
4.3.3	Fluorescence chlorofylu, ETR .....	19
4.3.4	FAR, transmitance .....	20
4.3.5	Vodní potenciál .....	20
4.3.6	Půdní vlhkost.....	21
4.3.7	Plošná hustota jehlic.....	22
4.4	Statistické zpracování a vyhodnocení dat .....	22



5	Výsledky.....	24
5.1	Srážky, VPD.....	24
5.2	Teplota.....	25
5.3	Přírůst a zdravotní stav.....	27
5.4	Transmitance.....	28
5.5	Fluorescence chlorofylu.....	29
5.6	ETR.....	31
5.7	Vodní potenciál.....	32
5.8	Půdní vlhkost.....	32
5.9	Plošná hustota jehlic.....	33
6	Diskuze.....	34
6.1	Vliv přípravného porostu na podmínky prostředí.....	34
6.2	Vliv přípravného porostu na odrůstání a zdravotní stav jedle.....	36
6.3	Vliv přípravného porostu na vybrané ekofyziologické parametry jedle.....	37
6.4	Praktické poznatky z experimentu.....	40
7	Závěr.....	42
8	Summary.....	43
9	Seznam literatury.....	44
10	Seznam obrázků a tabulek.....	52
10.1	Seznam obrázků.....	52
10.2	Seznam tabulek.....	53
11	Přílohy.....	54

# 1 Úvod

V roce 2007 způsobily větrné kalamity polomy v rozsahu 10 milionů metrů krychlových dříví (Knížek a Liška 2007). V současné době hrozí minimálně stejně závažná kalamita, související s teplotními extrémy let 2014 a 2015 (Zahradník a Knížek 2016).

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015 (MZe 2016) uvádí, že nahodilá těžba v tomto roce tvořila téměř 50 % všech těžeb a byla nejvyšší od kalamitních let 2006 až 2008 (orkány Kyrill a Emma). Z tohoto období také pochází kalamitní holina studovaná v této práci.

Již dávno byl na lesníky kladen nelehký úkol: zalesnit rozsáhlé kalamitní či úmyslné holiny, které mají tak odlišné přírodní podmínky od lesních ekosystémů. Nesnáze zalesňování a obrovské ztráty po výsadbě byly a stále jsou velkým tématem.

Dosavadní postupy zalesňování kalamitních holin jsou postaveny na umělé obnově cílových dřevin, která klade vysoké nároky na počty a kvalitu sadebního materiálu, stejně tak na techniku a organizaci práce. Sazenice vykazují vysokou mortalitu a pomalý růst, také tlak zvěře je neúprosný. Opakované vylepšování, či zalesňování zvyšuje celkové náklady na dosažení zajištění porostu a v neposlední řadě vede jednorázová obnova cílových dřevin ke vzniku rozsáhlých, stejnověkových a nestabilních porostů, které mohou v budoucnu kalamitám opět podlehnout (Souček a kol. 2016; Košulič 2010).

*„Přípravné dřeviny, obzvláště bříza jako ochranná a zápojná dřevina je při zalesňování holin významným činitelem; zatím ji však jen málo používáme.“* Píše ve své práci Ing. Vladimír Zakopal z VÚLHM Opočno roku 1960 (Zakopal 1960). Co se od té doby změnilo?

V této práci budou analyzovány vybrané ekofyziologické parametry jedlí vysazených ve čtyřech variantách a to 1) na holinu, 2) pod porost břízy, v němž bylo sníženo zakmenění na 0,5, 3) na pruh o šířce 6 m mezi plně zapojenými březovými porosty (násek) a 4) pod plně zapojený březový porost. Budou porovnány meteorologické charakteristiky, jako je celkový úhrn srážek, teplota, deficit tlaku vodních par (VPD), které byly v průběhu celého roku monitorovány pomocí meteostanic umístěných v každé variantě. Dále bude popsán zdravotní stav jedlí rok po výsadbě, mortalita a výškový přírůst ve vztahu k variantám. Ve vegetačním období

bude několikrát změřena půdní vlhkost, fluorescence chlorofylu, vodní potenciál a FAR. Bude vypočtena transmitance pro jedle ve všech variantách a rychlost transportu elektronů ETR. Také budou odebrány vzorky jehlic pro zjištění plošné hustoty, hmotnosti, šířky a délky průměrné jehlice. Ze získaných výsledků bude navržena vhodná úprava přípravného porostu břízy pro odrůstání sazenic jedle bělokoré.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce je najít, jaký způsob použití břízy bělokoré jako přípravné dřeviny je nejvhodnější pro zalesnění kalamitní holiny jedlí bělokorou a vysvětlit proč.

K tomuto účelu bylo nutné se seznámit s problematikou zalesňování kalamitních holin a popsat výsledky z pozorování úspěšnosti zalesňování kalamitní holiny v katastru obce Stará Ves nad Ondřejnicí. Pro tuto analýzu byla na majetku Ostravských městských lesů v revíru Krmelín v porostu 30g0 založena výzkumná plocha se 4 variantami, kde na podzim 2015 proběhla výsadba jedle bělokorá 1) na starou holinu 2) pod porost břízy, v němž bylo sníženo zakmenění na 0,5, 3) na pruh o šířce 6 m a délce 25 m, v okolí po obou stranách plně zakmeněný porost břízy (násek) a 4) pod plně zapojený březový porost.

Automatickou meteorologickou stanicí byly monitorovány srážky, teplota a vzdušná vlhkost v jednotlivých variantách experimentu. Ve vegetačním období byla porovnána dostupnost vody v půdě a dostupnost světla pod porosty a na holině. Na sazenicích byl kvantifikován vodní stres prostřednictvím měření vodního potenciálu. Dále byla porovnána fotosyntéza jedle v jednotlivých variantách experimentu prostřednictvím měření fluorescence chlorofylu a vypočtena hodnota ETR. Na konci vegetační doby byl změřen přírůst sazenic a kvantifikována mortalita po výsadbě. Získaná data byla porovnána a diskutována v kontextu aktuálních poznatků.

## 3 Literární přehled

### 3.1 Zalesňování kalamitních holin přípravnými dřevinami

Kalamitní holinou se podle se podle Součka a kol. (2016) rozumí holina přesahující parametry maximální výměry nebo šíře holé seče stanovené zákonem č. 289/1995 Sb., o lesích.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství (MZe 2016) uvádí v roce 2015 50 % nahodilé těžby v objemu 8,2 mil. m<sup>3</sup>, z toho je přičteno 4,4 mil. m<sup>3</sup> živelným pohromám. Dále je uvedeno, že v roce 2015 bylo umělou obnovou zalesněno 18 797 ha, z toho opakované zalesnění bylo provedeno na 5 246 ha, tj. 28 %. Jedle byla vysazena na 884 ha. Již celou řadu let se sucho nejcitelněji projevuje na území Slezska a střední a severní Moravy (MZe 2016).

Rozsáhlé kalamitní holiny se svým charakterem vzdalují lesnímu prostředí, které má své specifické mikroklima. Volná plocha se vyznačuje značnými výkyvy denních teplot. Ačkoliv na holinu dopadne nejvíce srážek tato výhoda zmizí díky vysokému výparu a proudění větru. Pěňčík (1958) ve své práci uvádí: jestliže na holinu spadlo 100 % srážek, na velký kotlík 93,8 %, na malý kotlík 83,3 % a pod porost pouze 58,6 % srážek. Holiny po monokulturách smrku, který má mělký kořenový systém jsou charakteristické slehnutím spodiny půdy a ztrátou úrodnosti hlubších půdních vrstev, vedoucí až k degradaci půdy. Dále Pěňčík (1958) popisuje vývoj holiny; po odklizení dřeva nastupuje na volnou plochu nejdříve bylinná vegetace (vrbovka úzkolistá (*Epilobium angustifolium*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), maliník ostružiník (*Rubus idaeus*)), ty jsou následně vystřídány dominantní třtinou křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která svými trsy na určitý čas zamezí jakékoliv snaze o obnovu. Nejvhodnější čas pro obnovu je ihned po odklizení dřeva, neboť humus rychle mizí a na živných stanovištích půda rychle zabuření, v opačném případě je nutné buřeň potlačit, či provést přípravu půdy (Souček a kol. 2016). Často ale není v lidských silách zalesnit rozsáhlé plochy včas. Proto se jeví jako vhodné řešení použití přípravných dřevin, které omezí nepříznivé prostředí holiny a umožní snažší vnášení cílových dřevin (Souček a kol. 2016). Původ přípravného porostu je ve většině případů přirozenou obnovou, lze však založit i uměle. Potenciál přirozené obnovy závisí na způsobu šíření semen, např. šíření anemochorních druhů (břízy a osiky) se šíří na

vzdálenost 2-3 porostních výšek. U zoochorních druhů (jeřáb) je vzdálenost přirozeného rozšíření max. jedna porostní výška. Při použití umělé obnovy přípravného porostu se osvědčila síše břízy, nejčastěji na sníž, pro další dřeviny se častěji používá výsadba. Počet sadebního materiálu na ha se řídí vyhláškou č. 139/2004 Sb. Přípravné dřeviny lze považovat za dřeviny pomocné, a tak je možné použít snížené počty (např. břízy a jeřáby z 6 000 ks/ha na 3 000 ks/ha). Velice vhodné se jeví použití přípravných dřevin na živných stanovištích s dostatkem vody (Souček a kol. 2016).

Přípravné dřeviny jsou relativně odolné extrémům na volných plochách a mají snížené nároky na stanovištní podmínky. Vyznačují se rychlým růstem v mládí a častou bohatou plodivostí. Mezi přípravné dřeviny nejčastěji řadíme břízy, olše, méně často osiku a jívu, naopak v horských polohách především jeřáb (Pěničik 1958).

Cílové dřeviny jsou vnášeny postupně v závislosti na jejich nárocích. Tato tzv. dvoufázová obnova vychází z velkého vývojového cyklu lesa (Souček a kol. 2016). V současnosti je tento postup obnovy lesa možný jen na výjimku státní správy lesů, neboť nesplňuje zákonné lhůty pro zalesnění a zajištění lesních kultur, stejně tak je potřeba povolení pro mýtní úmyslnou těžbu v porostech mladších 80 let (Zákon č. 289/1995 Sb.).

### **3.2 Jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.)**

Jedle bělokorá, patřící do čeledi *Pinaceae*, je naše původní dřevina (Málek 1983). Jedle má z ekologického pohledu velmi důležitou roli jako stabilizující prvek v lesním ekosystému. Disponuje výrazným křovitým hluboko sahajícím kořenovým systémem (Cvrčková a Máchová 2016). Dle rekonstruované přirozené skladby měla jedle zastoupení 19,8 %. V současnosti je zastoupena 1,1 %. Doporučené zastoupení je 4,4 % (MZe 2016.). Málek (1983) uvádí jedli jako dřevinu epochy feudalismu, jedle byla nejrozšířenější jehličnatý strom. Ekologické optimum jedle bylo velice široké; jedle se přirozeně vyskytovala od 3. do 7. LVS, za střed se dá považovat 5. LVS (Málek 1983). V nižších polohách jedle roste společně s bukem lesním, ve středních a vyšších polohách roste ve směsích se smrkem. Pastva dobytka v lesích, která byla v té době běžná, jedli překvapivě vyhovovala. Archeobotanickými metodami potvrzuje vysoké zastoupení jedle (až 30 %) ve středověku i Opravil (1976). Výrazný pokles zastoupení jedle v druhé polovině 20. století se přičítá na vrub imisní kalamitě. Avšak usychající

jedle pozorují lesníci napříč celou zemí již od 18. století. Od 19. století jedle dále ubývá následkem holosečného hospodaření, nedostatkem obnovy, preferencí smrku aj. Klesající zastoupení jedle přineslo ekologické (zpevňující funkce proti bořivému větru) i ekonomické ztráty (Musil a Hamerník 2007; Cvrčková a Máchová 2016).

Na nejvhodnějších stanovištích jedle dorůstá výšky až 60 m, přirozeně se může dožít až 500 let. Nejčastěji je pěstována v obmýti 80-120 let (Úradníček a kol. 2009; Zahradník 2014). Obnova jedle je všeobecně doporučována pod clonnou porostu (podroštní hospodářský způsob), v případě náletu má být uvolňování pomalé, přestože rychlé odclonění může krátkodobě podpořit výškový růst jedle, ale současně vyrazí i buk, smrk aj. a dojde k utlačení pomalejší jedle. Málek (1983) uvádí, že přílišné zastínění jedle vede k jejímu živoření, a ne k úspěšnému pěstování. Pěstebním cílem jsou smíšené jedlové porosty. Clonu mateřského porostu jsou jedle schopné snášet i po dvě decennia, cílem výchovy je dosáhnout velké a pravidelné koruny u budoucích nositelů produkce (Zahradník 2014). Mezi nejznámější škůdce jedle patří: korovnice kavkazská (*Dreyfusia nordmanniana*), která způsobuje kadeřavost a deformaci větvíček, lýkožrout jedlový (*Pityokteines curvidens*), lýkožrout malý (*Pityokteines vorontzowi*), lýkožrout prostřední (*Pityokteines spinidens*), dále pak obaleč jedlový (*Choristoneura muriana*) a obaleč korunový (*Epinotia nigricana*) (Křísek a Urban 2013; Zahradník 2014). Dle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství (MZe 2016) v posledních letech mírně roste zastoupení jedle.

### **3.3 Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.)**

Bříza je pionýrská dřevina, která dobře snáší široké spektrum půdních a klimatických podmínek. Jako přední zástupce pionýrských dřevin obsazuje volné plochy, paseky, antropogenně narušená místa, požářiště aj., vyznačuje se rychlým růstem v mládí, brzkou a bohatou plodností a nízkým věkem. Ke svému růstu potřebuje minimum půdní vláhy, ale dostatek světla (Úradníček a kol. 2009; Zahradník 2014). V žádném cílovém hospodářském souboru není bříza uvedena jako dřevina základní (vyhláška č. 83/1996), počítá se s ní pouze jako s dřevinou MZD, nebo jako s přimíšenou a vtroušenou dřevinou.

Současné zastoupení břízy je 2,8 % porostní půdy v ČR. V původní přirozené skladbě lesů měla bříza zastoupení pouze 0,8 %, což je také doporučené zastoupení

(MZe 2016). V minulosti byla využívána v horských polohách pro zakládání porostů náhradních dřevin především v Krušných horách. Dále je připouštěna na mimořádně nepříznivých stanovištích (HS 01) a v lesích ochranných. Dle vyhlášky č. 139/2004 je minimální hektarový počet 6000 ks/ha, v případě použití jako MZD lze počet snížit na polovinu. Zakládat březové porosty lze velice snadno sítí (nejčastěji na sněh), bříza se také dobře zmlazuje. Břízy se dožívají max. 100 let, bříza bělokorá může dorůst až 30 m výšky. Z hlediska hospodářského nemá bříza příliš velkou hodnotu, zato velice příznivě ovlivňuje lesní půdu. Mezi nejvýznamnější škůdce bříz patří bázlivec vrbový (*Lochmaea capreae*) (Zahradník 2014).

### 3.3.1 Význam břízy na holinách

Použití břízy jako přípravné dřeviny předpokládá její snadnou obnovu. Nejčastěji se bříza vnáší na holiny přirozeným náletem, případně uměle, a to zejména sítí. Včasný výsev ihned po obnažení minerální půdy, způsobené smýkáním kulatiny, má největší úspěch, z těchto sítí i přirozeného zmlazení vznikají nejlépe zapojené březové porosty (Zakopal 1960; Martiník 2014). Zakopal (1960) uvádí obrovský neúspěch výsevu březového semene do, jakkoliv obnažené a připravené půdy starých holin pokrytých trsy třtiny. Také Pěňčík (1958) vyzoroval neúspěch síje do obnažené slehlé půdy za plné síly třtiny. Síje byla úspěšná až v období přestárlé třtiny, kdy pozvolna nastupují byliny a metlice. Pro urychlení zalesnění těchto starých holin je pak vhodné použít silnější březové sazenice.

Růst březových porostů je velmi rychlý, Pěňčík (1958) udává průměrnou výšku dvanáctiletých porostů 8 m, tyto porosty již zcela zastíní půdu a tím vytlačí třtinu a půda je kryta vlhkým březovým opadem. Dle mikroklimatických měření mají takovéto březiny při letních teplotách vzduchu 30 °C (11-15 hod.) o 5-6 °C méně než na volné ploše (Pěňčík 1958). Velký význam přípravných březových porostů je také ve schopnosti prorazit kořeny do ztuhnutých degradovaných půd. Pěňčík (1958) uvádí, že nejde o kůlový kořen, ale o mnoho panohovitých kořenů. Dále uvádí, že korková vrstva na kořenech břízy odolává rozkladu, a tak i po zahnutí jádra kořenu v zemi zůstávají trubičky působící jako drenáž. Bříza dokáže nejlépe ze všech dřevin na holinách půdu meliorovat, především dusíkem a fosforem (Pěňčík 1958; Kula 2011).

Nejvhodnější doba na převod březin na směs cílových dřevin je v době plného zapojení (10-12 let), tj. kdy bříza vytlačí traviny, které také obohatily půdu. Je



doporučováno nejprve si porost rozčlenit vyklizovacími linkami. Výsadbu je pak možno realizovat buď v kotlících nebo v pruzích. V obou případech je dobré nevykácet všechny stromy, ale ponechat tam menší stromy, aby stínily a zamezily návratu travin. Díky tomuto způsobu, lze navrátit i stinné dřeviny na jejich původní stanoviště (Pěňčík, 1958).

Zakopal (1958) uvádí, že bříza dominuje mimořádnou schopností obsadit vytěžené a zpustlé plochy. Z mikroklimatického hlediska je bříza velice odolná proti pozdním mrazům, její porost poskytuje kryt a ochranu dalším (cílovým) dřevinám. Bez ochrany porostu sazenice na holinách často vymrzají. Zakopal (1958) dále uvádí, že tepelné rozpětí v březině je v přízemní vrstvě přibližně poloviční než na volné ploše, stejně tak výpar je na holině třikrát větší. Z hlediska průniku srážek Zakopal (1958) zjistil, že u 7-9 m březiny (cca 15 let) bylo o 20-31 % méně srážek než na holině. Řešení této situace vidí autor ve vhodné úpravě porostu (kotlíky a pruhy). Nejvýznamnější přínos břízy připisuje Zakopal (1958) působení na půdu: omezuje výplach nejjemnějších půdních částic, prohumóznění, zvýšení pórovitosti, přečerpává splavené živiny, zlepšuje biogenost půdy do hloubky, aj. (Souček a Špulák 2009).

### 3.4 Fotosyntéza, fluorescence chlorofylu a ETR

Fotosyntéza je poměrně složitý proces přeměny světelné energie na energii chemickou. Vstupy fotosyntézy jsou: světelná energie, CO<sub>2</sub> a voda. Výstupem jsou pak organické látky (CH<sub>2</sub>O), voda a O<sub>2</sub>. Velice zjednodušeně lze fotosyntézu popsat rovnicí:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{světelná energie} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ . Fotosyntéza probíhá v zelených rostlinách a řasách, převážně v listech v chloroplastech. Chloroplast je strukturní a funkční jednotka, absorbující záření a fixující CO<sub>2</sub>, ve které se zabudovává uhlík do sacharidů. V chloroplastech se nachází amorfní médium stroma a tylakoidy, do jejichž membrány je zabudován zelený pigment chlorofyl. Tylakoidy se shlukují do graná. V membráně tylakoidů se nachází 4 supramolekulární komplexy:

- Fotosystém II (PSII) – katalyzuje rozklad vody, kde dochází k uvolnění molekulárního kyslíku
- Komplex cytochromů – přenáší elektrony z PSII na PSI
- Fotosystém (PSI) – zde dochází k redukci NADP+
- ATP-syntéza

Fotosyntetické pigmenty jsou především chlorofyly a karotenoidy. Pigmenty vytváří tzv. světlosběrné systémy, které zachycují kvanta záření a předávají excitační energii do reakčního centra. Proces fotosyntézy je tvořen ze dvou částí; světelná a temnostní fáze. Ve světelné fázi, probíhající v membráně tylakoidů, chlorofyl a některé další pigmenty (betakaroten) absorbují světlo, následně probíhají reakce fotosystému I, fotosystému II a komplexu cytochromů. Energie je uložena v molekulách ATP. Reakce temnostní fáze fotosyntézy probíhají ve stroma chloroplastu, jedná se o Calvinův cyklus. Během temnostní fáze dochází k asimilaci  $\text{CO}_2$ , k fungování Calvinova cyklu je potřeba ATP a sloučenina NADPH ze světelné reakce, konečným produktem je cukr. U  $\text{C}_3$  rostlin je prvním produktem glycerinaldehyd-3-fosfát (Procházka a kol. 1998; Taiz a Zeiger 2010; Kyseláková 2012).

Přibližně 80 % světelné energie je využito pro proces fotosyntézy, zbylá světelná energie je rozptýlena v tzv. nefotochemickém zhášení (teplo, disipace) a část (3–5 %) je zpětně vyzářena s vlnovou délkou větší než 650 nm (fluorescence chlorofylu) (Vaněk a kol. 2014). Fluorescence chlorofylu je dynamický jev a její intenzita se mění v čase. Fluorescence chlorofylu udává informaci o stavu fotosystému II. Kvantový výtěžek fotosystému II (QY) je fluorescenční ukazatel účinnosti využití světla. QY je ekvivalentní  $F_v/F_m$  u vzorků přizpůsobených tmě a je nejčastěji používaným parametrem fluorescence chlorofylu. Měření fluorescence chlorofylu je v dnešní době osvědčená metoda ve fyziologických výzkumech. Poškození fotosystému II je prvním projevem stresu asimilačního aparátu. Maximální kvantový výtěžek PSII –  $F_v/F_m$  je používán jako indikátor stresu mrazem (Binder a kol. 1996; Silfver a kol. 2008; Leugner a kol. 2010; Špulák a Martincová 2013). Data naměřená před východem slunce tedy za tmy podávají informaci o zdraví (vitalitě) stromku, ideální hodnota je 0,83 (hodnota nepoškozeného asimilačního aparátu se pohybuje v rozmezí 0,75-0,85) (Krause a kol. 1991; Maxwell a kol. 2000; Vaněk a kol. 2014). Fluorescenčních parametrů je veliké množství, nejčastěji se využívá zjišťování maximálního kvantového výtěžku fotosystému II ( $F_v/F_m$ ) a sledování poklesu intenzity fluorescence (z  $F_m$  na  $F_s$ , neboli  $R_{FD}$ ), kde  $F_m$  je maximální výtěžek fluorescence chlorofylu v temném stavu,  $F_v$  je maximální výtěžek variabilní fluorescence chlorofylu v temném stavu,  $F_s$  je fluorescence v ustáleném stavu (Roháček 2002; Barták 2011).

ETR (rychlost elektronového transportu do fotosystému II. V odborné literatuře bývá nejčastěji měřena rychlost indukce ETR a maximální ETR. Vzorec pro výpočet

ETR se mírně liší v různých zdrojích. Nejčastěji se v literatuře uvádí upravený vzorec převzatý od Maxwella a Johnse (2000):  $ETR = \Phi_{PSII} \times PDFa \times 0,5$ , kde  $\Phi_{PSII}$  je kvantový výtěžek fotosystému II a PDFa je absorbované světlo a 0,5 je faktor, který odpovídá za rozdělení energie mezi PSII a PSI, tj. jen polovina absorbovaného kvanta je distribuována do PSII (Špulák a kol. 2011; Marková 2013; Walz 2014). Často se lze setkat s úpravou, kdy za PDFa bylo vloženo  $FAR \times 0,84$  (Walz 2014), koeficient 0,84 je absorptivita, tedy množství, které absorbuje většina zdravých zelených listů.

### 3.5 VPD

VPD – Vapor Pressure Deficit, česky deficit tlaku vodních par je rozdíl tlaku vodní páry mezi okolním vzduchem a listem. Teplota ovlivňující denní chody fotosyntézy je spjata s vlhkostí vzduchu, a především v letních měsících dochází k poklesu rychlosti fotosyntézy (tzv. polední deprese fotosyntézy), ta je způsobena vysokou intenzitou FAR, vysokou teplotou vzduchu, nízkou vzdušnou vlhkostí a vysokou hodnotou VPD. Za vysokého VPD rostliny sníží vodivost průduchů a přivřou otvory průduchů. VPD je považována za významný ekologický faktor. VPD se uvádí v Pa (Bowling a kol. 2002).

### 3.6 FAR, transmittance

Sluneční záření je nezbytným faktorem růstu rostlin. Záření má tzv. dualistickou povahu, tj. má vlastnosti vlnění (vlnová délka  $\lambda$ ) a současně i nespojitých částic (fotony či kvanta). Elektromagnetické záření Slunce v rozsahu 400 až 700 nm je fotosynteticky účinné (FAR). Fotosynteticky aktivní radiace dopadající na fotosyntetický aparát je hlavní veličinou řídící aktivitu reakcí fotosyntézy (Procházka a kol. 1998, Navrátil a Špunda 2003).

V rámci rozložení asimilačního aparátu a tvaru koruny se v závislosti na převládajících radiačních podmínkách vyvíjí různé typy asimilačního aparátu. Různé typy jehličí jsou schopny různým způsobem zachycovat a využívat FAR ve fotosyntetických (produkčních) procesech. Rozeznáváme tzv. slunné a stinné jehličí, které se liší svými optickými a anatomickými vlastnostmi (Taiz a Zeiger 2010).

Transmitance je obecně definována jako množství světla, které prošlo vzorkem, tj. poměr zářivého toku, který vzorkem prošel  $I$  a zářivého toku, který na vzorek dopadl  $I_0$ . Je vyjádřena vzorcem:  $T = I/I_0$ . Transmitance porostu je podíl  $FAR_t$  pronikající porostem a  $FAR_i$  dopadající na porost. Transmitance se udává v % (Volka a kol. 2006). Transmitance vrchní korunové vrstvy je závislá především na úhlu průniku přímé radiace do porostu (tzv. elevační úhel), transmitance spodní korunové vrstvy elevačním úhlem není příliš ovlivněna. Czerný a kol. (2007) dále uvádí, že transmitance je vyšší v zatažených dnech. Na míru procházejícího FAR (transmitance) porostem má samozřejmě velký vliv index listové plochy (LAI) dle Lambertova-Beerova zákona (Leeuwen 2013).

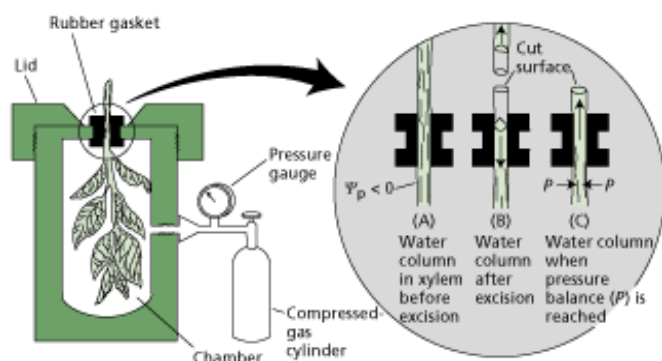
### 3.7 Vodní potenciál

Základní veličinou používanou pro určení vodního stavu rostliny je vodní potenciál  $\Psi$ . Vyjadřuje celkovou specifickou volnou energii vody v systému vztaženou k celkové specifické volné energii čisté vody. Můžeme jej definovat takto  $\Psi = \frac{\mu_1 - \mu_0}{V_w}$ , kde  $\mu_1$  je chemický potenciál vody za daných podmínek,  $\mu_0$  standardní chemický potenciál vody a  $V_w$  parciální molární objem vody. Udává se v jednotkách tlaku (MPa) popřípadě v jednotkách energie/objem ( $J/m^3$ ). Vodní potenciál je složen ze tří složek dle vzorce:  $\Psi = \Psi_\pi + \Psi_p + \Psi_g$ , kde  $\Psi_\pi$  je osmotický potenciál, který je roven zápornému osmotickému tlaku, je dán přítomností rozpuštěných solí.  $\Psi_p$  je tlakový potenciál, je to tlakový rozdíl od atmosférického tlaku a může nabývat kladných (v buňkách) i záporných hodnot (xylém).  $\Psi_g$  je gravitační složka, má kladnou hodnotu. Hodnota gravitační složky je poměrně k ostatním dvěma nízká, a tak se ve výpočtech zanedbává. Při stavu plného nasycení vodou je hodnota vodního potenciálu rovna nule (Procházka a kol. 1998; Taiz a Zeiger 2010).

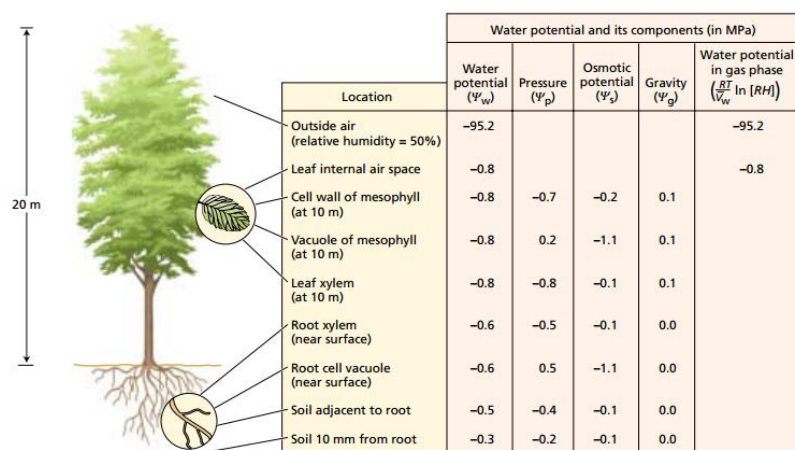
Mezi nejběžnější metody měření vodního potenciálu patří metoda měření tlaku vodní páry ve vzduchu v rovnováze se vzorkem (psychrometrická metoda) a tlaková metoda. Psychrometrické metody měření vodního potenciálu jsou založeny na stanovení relativní vlhkosti vzduchu v uzavřené atmosféře komůrky psychrometru, která je v rovnováze se vzorkem (pletivem, půdou, roztokem), jehož vodní potenciál se zjišťuje.

K dosažení této rovnováhy je třeba určitého času (rovnováha se ustaluje v klidné atmosféře difúzí). Hodnota vodního potenciálu se pak vypočítá z Kelvinovy rovnice. K měření vodního potenciálu se používají termočláňkové psychrometry. Napěťový signál na výstupu psychrometru odpovídá rozdílu teplot měřených senzorkým (tzv. „vlhkým“) a referenčním (tzv. „suchým“) spojem (Procházka a kol. 1998; Taiz a Zeiger 2010).

Při stanovení vodního potenciálu listu (větvičky) tlakovou metodou působíme na list stlačeným plynem, nejčastěji dusíkem. Vodní potenciál pletiva je roven záporné hodnotě tlaku, při jehož působení se začne voda pohybovat z pletiva ven. Tento tlak je indikován xylémovou šťávou, která se objeví ve formě kapky na řezné ploše řapíku listu (Slavík 1965; Procházka a kol. 1998; Taiz a Zeiger 2010).



Obr. 1: Princip měření vodního potenciálu pomocí tlakové komory (převzato z Taiz a Zeiger 2010)



Obr. 2: Přibližné hodnoty vodního potenciálu a jeho složek v různých částech rostliny a v okolí (převzato z Taiz a Zeiger 2010)

### 3.8 Půdní vlhkost

Půdní vlhkost je základní kvantitativní charakteristikou vztahu půdy a vody. Vlhkost půdy je relativně komplexní charakteristika. V hodnotě půdní vlhkosti se odráží hned několik vlivů: druh rostliny, pedologické faktory a povětrnostní podmínky. Výskyt vody v půdě je od prakticky zanedbatelného množství v suché půdě až po úplné zaplnění všech půdních pórů v mokré půdě, tj. při hodnotě plné vodní kapacity. Půdní vlhkost se udává poměrem hmotnosti (objemu) půdní vody k hmotnosti (objemu) vysušené půdy (Rožnovský a kol. 2013). Objemová vlhkost půdy se vypočítá ze vzorce:

$$\Theta = V_w/V_s$$

kde  $V_w$  je objem vody a  $V_s$  je objem vzorku půdy.

Změny vlhkostních podmínek půdy jsou často důsledkem změny teplotních podmínek půdy (Rožnovský a kol. 2013).

Intercepce je schopnost zadržet vodu na předmětech (rostlinách). Část srážek je pomocí povrchového napětí zadržena v koruně. Intercepce je silně závislá na množství skropné korunové biomasy. Intercepce mladých zapojených porostů je značná. Pomocí výchovných zásahů je možné intercepce snížit a tím přivést více vody k půdě. Kamlerová (2005) uvádí, že probírkový zásah u smrkového porostu vedl ke snížení intercepce o 10 %, před probírkou byla intercepce 50 % atmosférických srážek a po zásahu 40 % atmosférických srážek. Intercepce u listnatých stromů může dosahovat 20 % atmosférických srážek. Efektivita intercepce je závislá na intenzitě a délce trvání deště a dále na věkové struktuře porostu (Riedl a Zachar 1973).

Dalším faktorem ovlivňujícím vlhkost půdy je výpar. Maximální možná evapotranspirace je potencionální výpar (není limitován nedostatkem vody v půdě). Aktuální výpar je skutečná evapotranspirace (udává, kolik vody se reálně vypaří za určitých podmínek). Na velikosti výparu se podílí transpirace (výpar z rostlin) a evaporace (výpar z neživých objektů). Míra transpirace je výrazně ovlivněna typem vegetace, tj. druhovým složením, věkem, stavem kořenového systému atd. (Královec a kol. 2016). Konkrétní hodnoty transpirace lesních porostů uvádí ve své práci Hümann a kol. (2011) a to 4-10 mm/den. K podobným hodnotám dospěl i Krečmer a kol. (2003) 5 mm/den. Hodnota transpirace hustého travního porostu je až 8 mm/den (Pícha 2013). Středa a kol. (2008) uvádí, že výdej vody porostem (transpirací) činí u lesního porostu až 60 % srážkového úhrnu, u lučních ekosystémů 50 % a v polních ekosystémech

až 40 %. Vlhkost půdy na stanovišti ovlivňuje také typ vegetace a jeho vlastnosti (druhové složení, věk, stav kořenového systému atd.).

### **3.9 Vliv pozdních mrazů na sazenice jedle**

Pozdní mrazy jsou pro již narašené sazenice nebezpečné a při působení dalších stresových faktorů (poškození, sluneční záření, šok z přesazení) mohou být důvodem odumření sazenice. Pozdní mráz je mráz v době, kdy už byly splněny předpoklady pro výstup z dormance, tedy mimo zimní období (Beck a kol. 2004; Špulák a Martincová 2013). V důsledku tvorby ledu v pletivech dochází k destrukci a odumření protoplazmy. Mimo zimní období začíná voda v apoplastu mrznout při -1 až -3 °C. Nejvíce náchylná jsou mladá pletiva narašených výhonů (Holmsgaard 1962; Beadle a Sands 2004; Neuner a Beikircher 2010). Špulák a Martincová (2013) zjistili, že intenzivní sluneční záření následující po mrazové epizodě výrazně zvyšuje poškození u sazenic jedle bělokoré. Tuto skutečnost potvrzují na sazenicích smrku i další autoři (Welander a kol. 1994; Langvall a Orlander 2001). Studie Špuláka a Martincové (2013) potvrdila, že když po pozdním mrazu následuje den se sníženou intenzitou radiace (zataženo) dochází k menšímu stresu a tím i k menším výkyvům fluorescence chlorofylu. Poškození asimilačního aparátu u jehličnatých dřevin mrazem je nejvhodnější vyhodnocovat pomocí měření fluorescence chlorofylu, měření elektrické vodivosti a měření vodivosti elektrolytu buněk, popřípadě vizuálním hodnocením barevných změn letorostu (Peterson a kol. 2001; Vaněk a kol. 2014).

## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Obecná charakteristika zájmové oblasti

Výzkumná plocha se nachází na katastrálním území obce Stará Ves nad Ondřejnicí, přibližně 20 km od Ostravy. Vlastníkem výzkumné plochy je město Ostrava, území spravují Ostravské městské lesy, s.r.o., LHC Ostravské městské lesy, revír Krmelín (*Obr. 3*).

Z pohledu geomorfologického členění (Demek 1987) se zájmové území nachází v:

- provincii Západní Karpaty
- subprovincii Vněkarpatské sníženiny
- celku Moravská brána
- podcelku Oderská brána (plochá pahorkatina se střední nadmořskou výškou 260 m n. m.)
- okrsku Bartošovická pahorkatina (budovaná pleistocenními sedimenty s překryvy SH)

Dále území patří k přírodní lesní oblasti (PLO) č. 39 Podbeskydská pahorkatina. Území spadá do povodí řeky Odry a úmoří Baltického moře.

Dle atlasu podnebí ČSSR (1958) území náleží do B – mírně teplé oblasti, taktéž dle Quitta (1971) spadá zájmové území (stejně jako celá PLO 39) do mírně teplé oblasti M. Na území LHC je průměrná roční teplota v rozmezí 7 až 9 °C a průměrný úhrn ročních srážek 750 až 1000 mm (Adamov 2015). Nejvíce rozšířené půdy v oblasti jsou luvizemě a kambizemě a jílovité, ulehlé, hluboké těžké půdy (Kozák a Němeček 2009).

Nejvíce zastoupené druhy dřevin na území LHC jsou DB 20,6 %, SM 20,3 %, BK 13,4 %, JV 7,3 %, MD 7,2 %. Mezi nejčastější hospodářské soubory patří HS 456 (bukové hospodářství živných stanovišť středních poloh) 22,6 %, HS 451 (smrkové hospodářství živných stanovišť středních poloh) 20,4 %, HS 457 (listnaté hospodářství živných stanovišť středních poloh) 19,7 %, HS 455 (dubové hospodářství živných stanovišť středních poloh) 9,6 % a HS 453 (borové hospodářství živných stanovišť středních poloh) 7,4 % (Adamov 2015).





Obr. 3: Umístění výzkumné plochy na ortofoto mapě (převzato z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

## 4.2 Výzkumná plocha Stará Ves

Výzkumná plocha se nachází na katastrálním území obce Stará Ves nad Ondřejnicí. Přesné GPS souřadnice: 49.6996458N, 18.1935758E (Obr. 3). Jedná se o kalamitní holiny vzniklé po orkánu Kyrill v roce 2007, kdy byly totálně rozvráceny tamní smrkové monokultury. Území spadá do LHC Ostravské městské lesy, revíru Krmelín. Průměrná roční teplota 8,8 °C, srážky 803 mm (pro nejbližší meteorologickou stanici Petřvald).

Místo experimentu se nachází v porostní skupině 30g0, plocha 0,29 ha, lesní typ 3H5 (hlinitá dubová bučina). Území spadá do ÚSES. V kapitole *Přílohy* této práce je na Obr. 1 a 2 porostní mapa a výpis z hospodářské knihy LHP. Holina byla po kalamitě zalesněna bukem. Zalesnění však bylo neúspěšné a na plochu nalétla bříza. V roce 2015 na podzim byl na ploše proveden zásah (redukce zakmenění březového porostu na 0,5 a kompletní výřez náseku) a následná výsadba a podsadba standartními prostokořenými sazenicemi jedle bělokoré. Výzkumná plocha byla rozdělena na 4 části:

- HOLINA – volná plocha tvaru čtverce, pro účely experimentu byly před výsadbou vyřezány větší keře, popřípadě bříza, ze tří stran je otevřena. Holina se v průběhu měření (po celý rok 2016) neožínala (Obr. 4)

- **PROBÍRKA** – rozvolněný březový porost se zakmeněním přibližně 0,5 (hustota bříz odhadnuta na 5 300 ks/ha). První a jediný zásah byl proveden těsně před výsadbou na podzim 2015 (*Obr. 5*).
- **NÁSEK** – holý pruh o šířce 6 m a délce 25 m, ze všech stran obklopen plně zapojeným březovým porostem, vznikl vyřezáním břízy, pařezy nebyly dále ošetřeny, v průběhu měření (2016) násek nebyl ožínán (*Obr. 6 a 8*).
- **BEZ ZÁSAHU** – plně zapojený březový porost, hustota 21 600 ks/ha.



*Obr. 4: Varianta HOLINA, stav ke dni 9.9.2016*

Plocha byla oplocena, ale nebyla dále ošetřována. Holina a násek postupně zarůstaly březovými výmladky a buření. Na *Obr. 6 a 8* je zachycena razantní změna růstových podmínek pro sazenice jedle ve variantě násek. Pod porostem (probírka) byly výmladky tlumeny nedostatkem světla (*Obr. 5*).



*Obr. 5: Varianta PROBÍRKA, stav ke dni 9.9.2016*



*Obr. 6: Varianta NÁSEK, stav ke dni 28.5.2016*

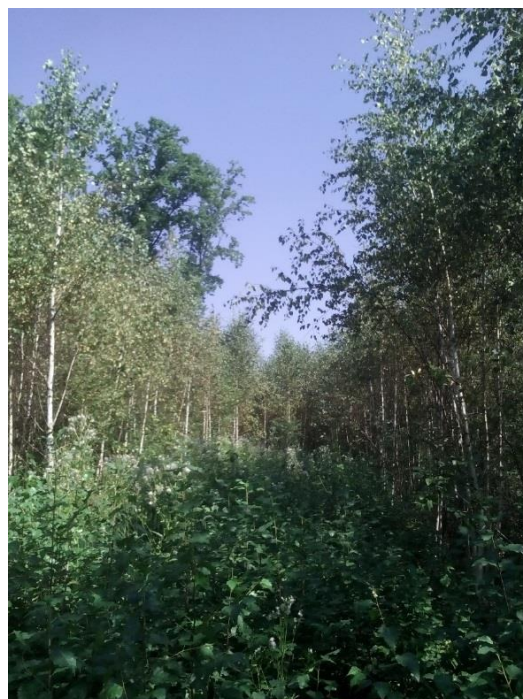
## 4.3 Metodika

### 4.3.1 Meteorologické charakteristiky

Na výzkumné ploše ve všech variantách experimentu byly stabilně umístěny meteostanice (EMS Brno) zaznamenávající srážky, teplotu, radiaci a vlhkost vzduchu. Srážky byly měřeny od 4.12.2015 do 10.9.2016 a teplota vzduchu od 29.4.2016 do 27.1.2017.



*Obr. 7: Meteostanice umístěná v porostu*



*Obr. 8: NÁSEK, stav ke dni 9.9.2016*

Interval záznamu meteostanic je 30 minut. Meteostanice byly kontrolovány a srážkoměr byl čištěn od opadu (*Obr. 7*).

#### **4.3.2 Dendrometrické charakteristiky**

Byla změřena výška sazenic po výsadbě na podzim 2015 a na podzim 2016. Data výškového přírůstu byla vyhodnocena v programu Statistika ver. 12 analýzou rozptylu (ANOVA), která ukázala, že mezi výškovým přírůstem jedlí v jednotlivých variantách je statisticky významný rozdíl. Dále byl proveden Post – hoc Tukeyův HSD test (viz *Tab. 1 Přílohy*), který našel signifikantní rozdíl mezi všemi variantami.

#### **4.3.3 Fluorescence chlorofylu, ETR**

Fluorescence chlorofylu byla měřena za účelem získání aktuální hodnoty kvantového výtěžku fotochemických reakcí fotosystému II. Fluorescence chlorofylu asimilačního aparátu jedle byla měřena 15.7.2016 ráno před východem slunce v 3.55 a odpoledne v 14.30, dopoledne 30.7. v 10-11 hodin, dále 10.9.2016 odpoledne v 17.00 a 11.9.2016 ráno před východem slunce v 5.20. Fluorescence byla měřena pomocí přístroje PSI FluorPen FP100 (Photon Systems Instruments, Drásov). FluorPen je přenosný bateriový fluorometr měřící fluorescenční indukci chlorofylu. Na displeji je pak zobrazena hodnota kvantového výtěžku fotosystému II. Z každé varianty bylo změřeno 11 sazenic. Všechna měření byla zaznamenána, zpracována v programu Statistika ver. 12 analýzou rozptylu (ANOVA), jelikož byly nalezeny významné rozdíly mezi variantami, byl proveden post-hoc test (Tukeyův HSD test; *Přílohy, Tab. 5–8*).

V rámci této práce byla vypočtena rychlost elektronového transportu ETR. Prezentované hodnoty byly stanoveny za použití průměrných hodnot fluorescence chlorofylu a FAR naměřených 30.7.2016 v čase 10-11 hodin. ETR bylo vypočteno podle vzorce:

$$ETR = Y(II) \times FAR \times 0.84 \times 0.5$$

kde  $Y(II)$  je průměrná naměřená fluorescence – kvantový výtěžek fotosystému II a  $FAR$  je průměrná naměřená fotosyntetická radiace.

#### 4.3.4 FAR, transmittance

Fotosynteticky aktivní radiace (FAR) byla měřena v jasné dny 30.7. a 10.9.2016 v časovém rozmezí 10.00-11.00 (30.7.) a 16:24-16:45 (10.9.). Byl měřen průnik světla, respektive FARt k jednotlivým jedlím ve všech variantách a FARi na volné ploše (dopadajícího na porost). Jejich poměr je transmittance. FAR bylo měřeno pomocí dvou čidel (Minikin QT, EMS Brno); jedno bylo stabilní, umístěno na volné ploše na slunci, druhé bylo mobilní. S mobilním čidlem se chodilo v řadách v každé variantě stejně dlouho dobu, čidlo se drželo svisle v úrovni jedlí – získaná data zobrazují dostupnost světla přímo pro jedle (*Obr. 9*). Interval záznamu měření byl 3 s.

Hodnoty transmittance byly následně zpracovány v programu Statistica ver.12; byla provedena analýza rozptylu (ANOVA) a post-hoc test (Tukey HSD test). HOLINA i NÁSEK byly v září již velice zarostlé březovými výmladky a buření (plochy nebyly ožínány). Konkrétní hodnoty naměřené FAR jsou zobrazeny v *Příloze, Obr. 3 a Tab. 12*.



*Obr. 9: Čidla pro měření FAR*

#### 4.3.5 Vodní potenciál

K měření vodního potenciálu byla použita tlaková metoda. Měření probíhalo v terénu na výzkumné ploše přístrojem Model 1000 Pressure Chamber Instrument (PMS Instrument Company, Albany, Oregon, USA). Čerstvá větvička s hladkým řezem byla upevněna do gumové zátky a vložena do tlakové komory. Otočením ventilu se začal zvyšovat tlak v komoře. Pozorováním řezné plochy byl určen moment vytlačení souvislého sloupce vody z části xylému. V tomto okamžiku se uzavřel přívod vzduchu

do komory a na tlakoměru se odečetl dosažený tlak v komoře. Tato hodnota (v barech) je číselně rovna vodnímu potenciálu (který je ovšem záporný). Z každé varianty byly odebrány 3-4 větvičky. Měření probíhalo ve jasných dnech 15.7.2016 při východu slunce ve 4.10 a odpoledne v 15.00, 10.9.2016 v 16.30 a 11.9.2016 v 6.00.



*Obr. 10: Příklad Pressure Chamber Instrument s tlakovou lahví*

#### **4.3.6 Půdní vlhkost**

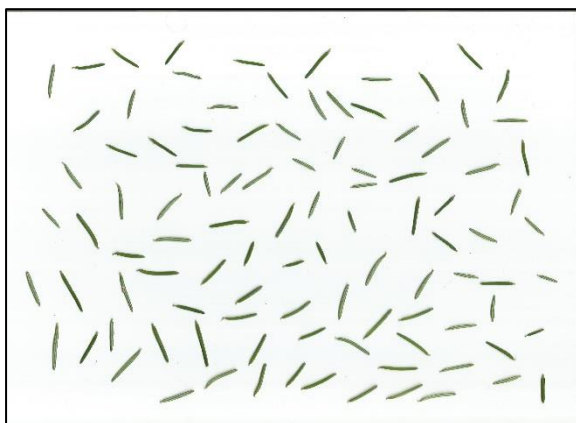
Půdní vlhkost byla měřena přístrojem FieldScout TDR100 (Spectrum Technologies, Aurora, IL, USA) v hloubce 0-20 cm) u všech sazenic z každé varianty 15. 7. a 10. 9. 2016. Měřicí trny se zabodly ve vzdálenosti přibližně 10 cm od sazenice. Získaná data byla následně vyhodnocena v programu Statistica ver. 12; byla provedena analýza rozptylu (ANOVA) a následně post-hoc Tukeyův test mnohonásobného porovnání.



*Obr. 11: Příklad FieldScout; měření půdní vlhkosti*

#### 4.3.7 Plošná hustota jehlic

Odběr jehlic probíhal 12.9.2016 v ranních hodinách. Z každé varianty bylo odebráno 100 jehlic nejméně z 10 ti stromů. Jehlice byly převezeny v sáčku a ihned naskenovány a zváženy v čerstvém stavu, poté byly vysušeny na 80 °C po dobu 24 hodin a znovu zváženy. Dále byly naskenované jehlice změřeny a byla vypočtena jejich plocha, délka a šířka. Plošná hustota jehlice je poměr hmotnosti a plochy jehlice. Ze získaných hodnot se vypočetla průměrná jehlice.



Obr. 12: Naskenované jehlice varianta násek

#### 4.4 Statistické zpracování a vyhodnocení dat

Při zpracovávání a vyhodnocování dat byly použity programy *Microsoft Office Excel* a *Statistika ver. 12* (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA).

Vztahy mezi jednotlivými variantami byly zjišťovány jednofaktorovou ANOVOU a následně byl použit post – hoc Tukeyův HSD test (test mnohonásobného porovnání). Výsledky analýz byly interpretovány pomocí grafů a tabulek.

ANOVA (Analysis Of Variance), česky též analýza rozptylu je statistický test, testující shodu středních hodnot. Jsou formulovány dvě hypotézy  $H_0$  (tzv. nulová hypotéza) a  $H_1$  (alternativní hypotéza).  $H_0$  říká, že střední hodnoty jednotlivých výběrů se neliší a  $H_1$  říká, že alespoň mezi dvěma skupinami existuje významný (statistický, signifikantní) rozdíl středních hodnot. Ve všech analýzách se pracovalo s hladinou

významnosti  $\alpha = 0,05$ . Porovnáním p-hodnoty s  $\alpha = 0,05$ , buď zamítáme, nebo potvrzujeme  $H_0$ . Jestliže je p-hodnota menší než  $\alpha$ , zamítáme  $H_0$  (platí  $H_1$ , výsledek testu je pak statisticky významný) (Drápela 2000; Soukup 2010).

Tukeyho HSD test je post – hoc test mnohonásobného porovnání, sloužící k porovnání vzájemných rozdílů mezi jednotlivými skupinami. Test provede tolik porovnání, kolik je možných kombinací. Jinými slovy, ANOVA nám řekne, že je mezi výběry rozdíl a post – hoc test ukáže konkrétně mezi kterými skupinami signifikantní rozdíl je (Drápela 2000; Soukup 2010).



## 5 Výsledky

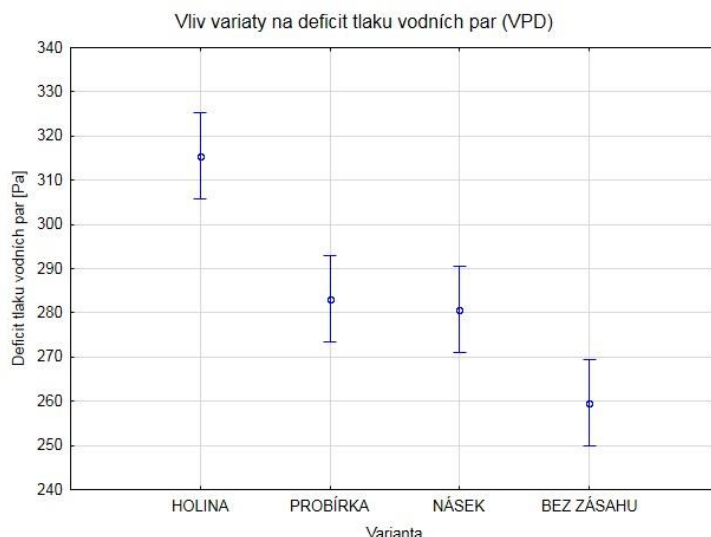
### 5.1 Srážky, VPD

Tab. 1: Množství srážek zachycených v nevyhříváných srážkoměrech v jednotlivých variantách od 4.12.2015 do 10.9.2016

Varianta	Suma srážek [mm]
<b>Volná plocha</b>	637
<b>PROBÍRKA</b>	604
<b>BEZ ZÁSAHU</b>	552

Nejvíce srážek spadlo na volnu plochu (HOLINU, NÁSEK) a to za dané období (od 4.12.2015 do 10.9.2016) 637 mm (Tab.1). Oproti tomu v porostech lze vidět jednoznačný vliv intercepce břízy, v probírce bylo naměřeno 604 mm a nejméně bylo naměřeno ve variantě BEZ ZÁSAHU 552 mm.

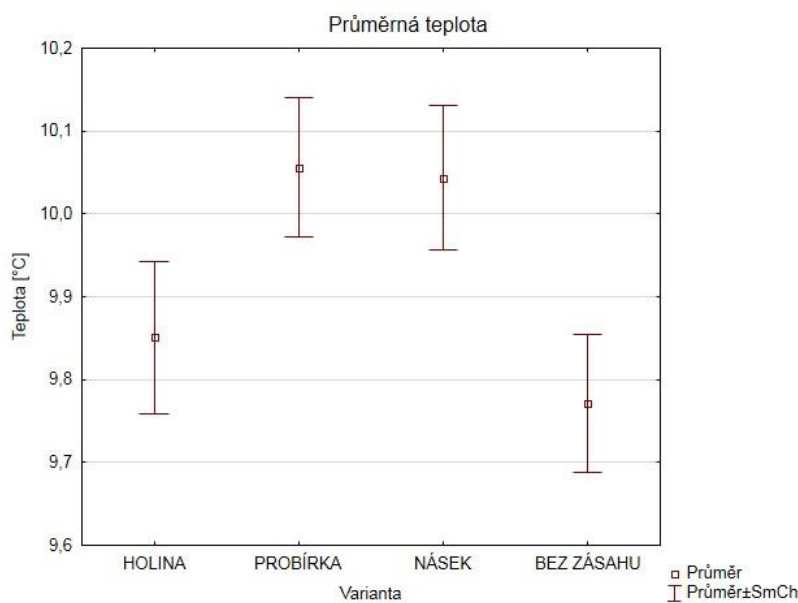
Dále byl v této práci porovnán deficit tlaku vodních par (VPD), který byl nejvyšší na HOLINĚ (průměrná hodnota 315 Pa, maximální 4981 Pa) a nejnižší ve variantě BEZ ZÁSAHU (259 Pa, maximální 3581 Pa) (Obr. 13, Přílohy, Tab. 12). Jak je již na první pohled z grafu patrné, jednotlivé varianty se od sebe liší, kromě variant probírka (283 Pa, maximální 3615 Pa) a násek (280 Pa, maximální 5289). Tuto skutečnost potvrdil i Tukeyův test mnohonásobného porovnání (viz Přílohy, Tab. 4).



Obr. 13: Graf znázorňující průměrné VPD, vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

## 5.2 Teplota

Průměrná teplota za sledované období od 29.4.2016 do 27.1.2017 byla nejvyšší ve variantě PROBÍRKA (10,1 °C) a nejnižší ve variantě BEZ ZÁSAHU (9,771 °C) (Tab. 2; Obr. 14). Nejnižší a nejvyšší teplota byla ve variantě HOLINA a to -22,3 °C a NÁSEK 39,5 °C.



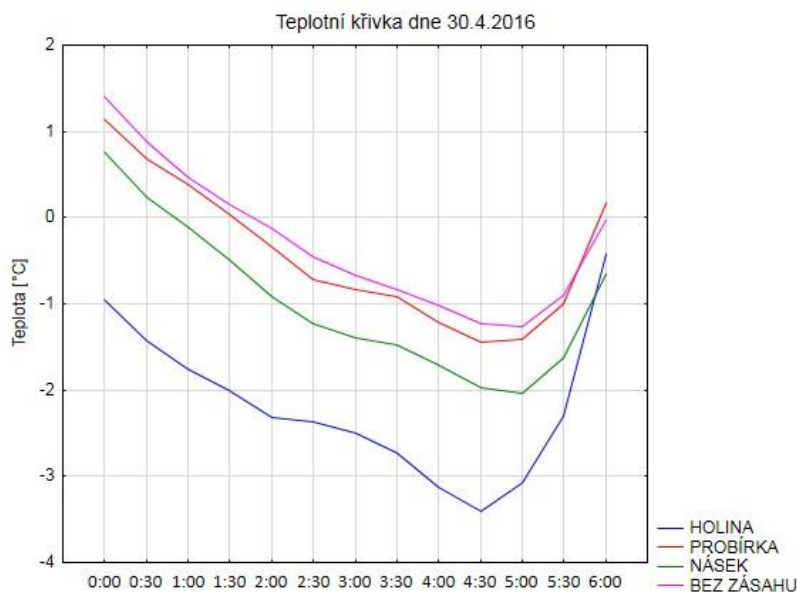
Obr. 14: Graf průměrných teplot naměřených od 29.4.2016 do 27.1.2017

Tab. 2: Popisné statistické charakteristiky teploty vzduchu naměřené od 29.4.2016 do 27.1.2017

Popisná statistika	HOLINA	PROBÍRKA	NÁSEK	BEZ ZÁSAHU
Stř. hodnota	9,851	10,056	10,043	9,771
Chyba stř. hodnoty	0,092	0,084	0,087	0,083
Medián	9,867	10,931	10,816	10,845
Modus	-0,265	13,124	8,729	13,767
Směr. odchylka	10,484	9,626	9,965	9,548
Rozptyl výběru	109,923	92,658	99,300	91,169
Špičatost	-0,179	-0,265	-0,158	-0,287
Šikmost	-0,032	-0,279	-0,186	-0,307
Rozdíl max-min	61,735	55,687	61,276	55,048
Minimum	-22,343	-21,064	-21,765	-20,864
Maximum	39,392	34,623	39,511	34,184

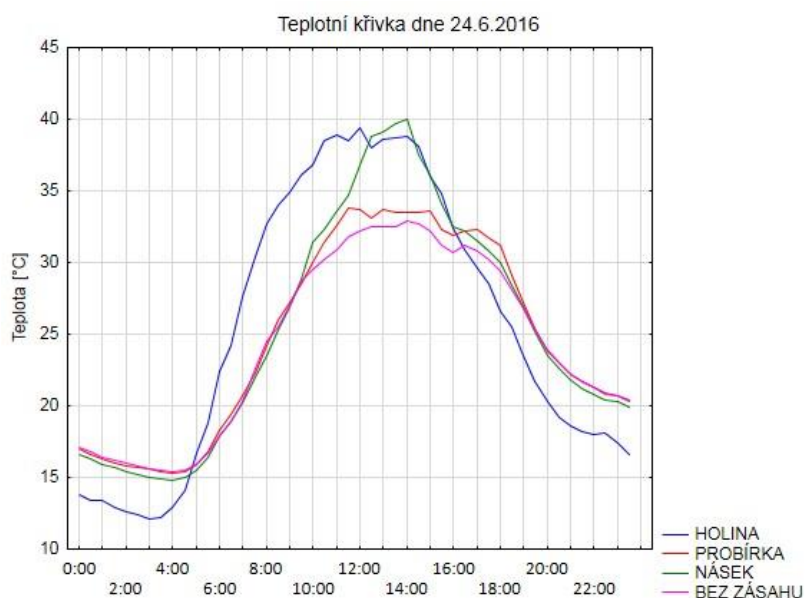
Pro tuto práci byly vybrány tři vzorové dny, pro které byly vykresleny teplotní křivky v čase pro demonstraci tlumení extrémů (Obr. 15 až 17).

Vliv ochrany porostu před výkyvy teplot v jarních měsících, kdy jsou již rašící pupeny velmi citlivé na nízké teploty, ukazuje Obr. 15. Dne 30.4.2016 ve 4:30 byla teplota na HOLINĚ -3,4 °C, zatímco pod porostem (BEZ ZÁSAHU) -1,2 °C.



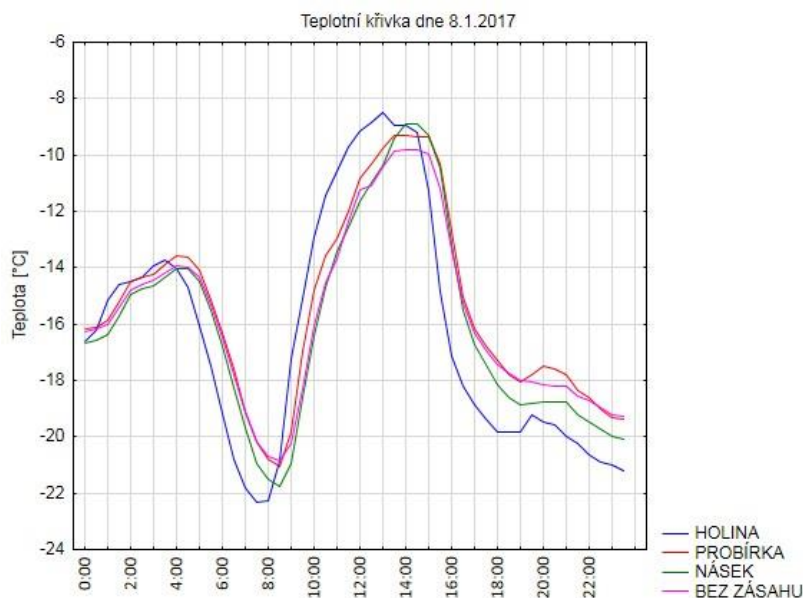
Obr. 15: Teplotní křivka vykreslená dne 30.4.2016

Na Obr. 16 je vykreslena denní křivka teplot v 24.6.2016. V poledne bylo ve variantě HOLINA naměřeno 39,4 °C, zatímco pod porostem (BEZ ZÁSAHU) 32,2 °C. Jak je z grafu patrné teplota na holině reaguje rychle na změny, tj. po západu/východu slunce rychle klesá/stoupá. Křivka varianty násek jde v dopoledních i večerních hodinách společně s porosty. Na grafu je dále vidět jednoznačný vliv ochrany porostu a mírnění extrémů.



Obr. 16: Teplotní křivka vykreslená dne 24.6.2016

V lednu 2017 byly silné mrazy, nejsilnější mráz na výzkumné ploše byl 8.1. (Obr. 17), kdy teplota mezi 7 a 8 hodinou klesla na HOLINĚ pod  $-22,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v té době bylo pod porostem (BEZ ZÁSAHU)  $-20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ostatní varianty včetně náseku mají podobný trend.

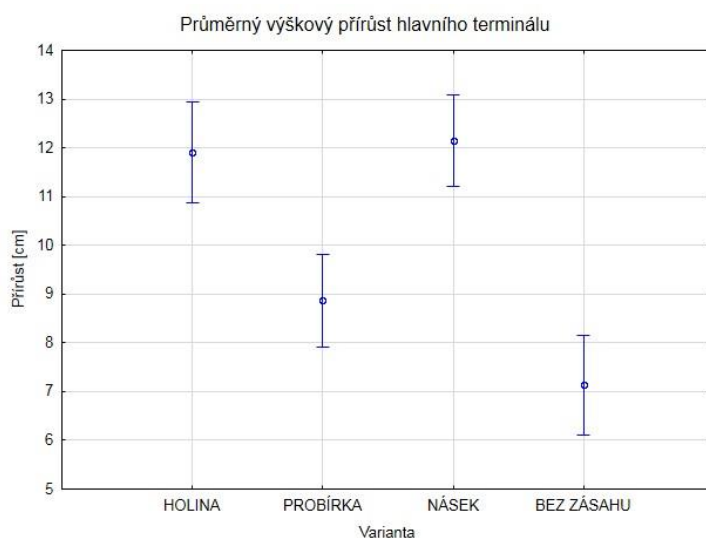


Obr. 17: Teplotní křivka vykreslená dne 8.1.2017

### 5.3 Přírůst a zdravotní stav

Výškový přírůst jedlí se významně lišil mezi všemi variantami experimentu (Obr. 18 a Tukeyův test Přílohy, Tab. 1). Nejvyšší průměrný přírůst jedlí byl ve variantě NÁSEK ( $12,1 \pm 4,7\text{ cm}$ ), nejnižší na ploše BEZ ZÁSAHU ( $7,1 \pm 3,3\text{ cm}$ ). Na holině jedle přirůstaly průměrně  $11,9 \pm 5,8\text{ cm}$ . Pod rozvolněným porostem (probírka) byl průměrný přírůst jedlí  $8,87 \pm 3,7\text{ cm}$ . Z Tab. 3 lze vyčíst, že na holině měla naměřená data přírůstu největší rozptyl, naopak nejmenší rozptyl měla data ve variantě bez zásahu.

Největší ztráty byly ve variantě bez zásahu (4,02 %), naopak nejmenší ztráty byly na náseku (3,45 %) a v probírce (3,48 %). Jednotlivé varianty se lišily v procentuálním poškození sazenic. Zpravidla byl poškozen terminální pupen na jaře 2016. Nejvyšší procento poškozených sazenic bylo na HOLINĚ a to až 49 % jedlí, nejnižší množství poškozených jedlí 8 % bylo ve variantě BEZ ZÁSAHU (Tab. 4).



Obr. 18: Průměrný výškový přírůst za vegetační období 2016, vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

Tab. 3: Popisné statistické charakteristiky výškového přírůstu

Popisná statistika	HOLINA	PROBÍRKA	NÁSEK	BEZ ZÁSAHU
Stř. hodnota	11,911	8,866	12,144	7,133
Chyba stř. hodnoty	0,683	0,397	0,507	0,385
Medián	12	8,75	12	7
Modus	10	9	12	8
Směr. odchylka	5,835	3,686	4,727	3,336
Rozptyl výběru	34,051	13,585	22,348	11,131
Špičatost	-0,121	0,255	-0,306	-0,206
Šikmost	0,010	0,297	0,606	0,489
Rozdíl max-min	26	19	21	14,5
Minimum	0	0	4,5	1,5
Maximum	26	19	25,5	16

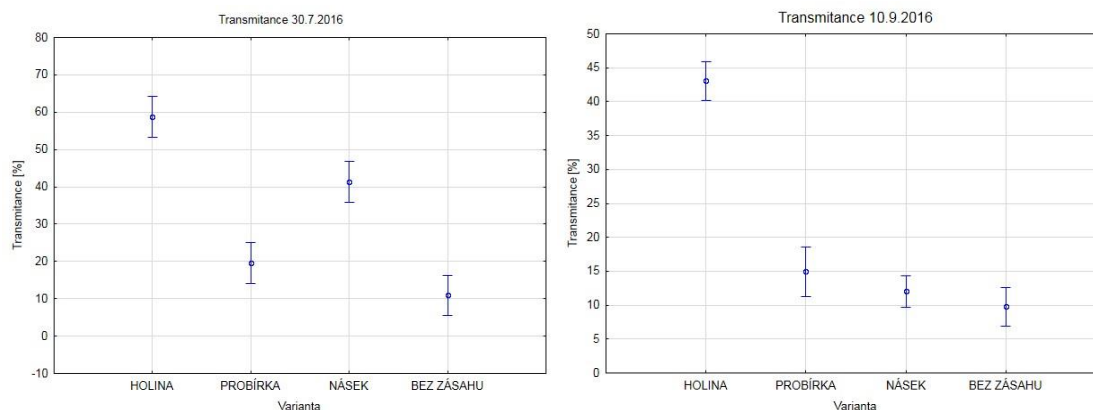
Tab. 4: Procento poškozených terminálních pupenů a mortality

	HOLINA	PROBÍRKA	NÁSEK	BEZ ZÁSAHU
<b>Procento poškozených terminálů</b>	49,31	11,63	10,34	8,01
<b>Procento mortality</b>	3,73	3,48	3,45	4,02

## 5.4 Transmittance

Transmittance FAR v jednotlivých variantách se statisticky významně lišila v obou dnech měření (Obr. 24; Přílohy, Tab. 9 a 10). V obou dnech (30.7. a 10.9.2016) byla nejvyšší transmittance FAR naměřena na HOLINĚ, zde je patrný rozdíl mezi

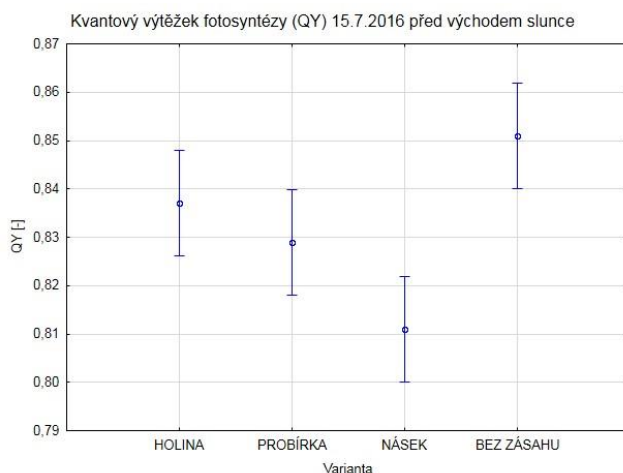
jednotlivými dny: 30. července byla transmitance 58 % a 10. září 43 %. Naopak nejnižší transmitance byla v obou dnech ve variantě BEZ ZÁSAHU (30. července 11 % a 10. září 10 %). Ve variantě probírka transmitance mírně klesla z 20 % na 15 %. Největší změna v hodnotách transmitance je na NÁSEKU (30. července 41 % a 10. září 12 %).



Obr. 24: Transmittance ve vybrané jasné dny 30.7. a 10.9. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

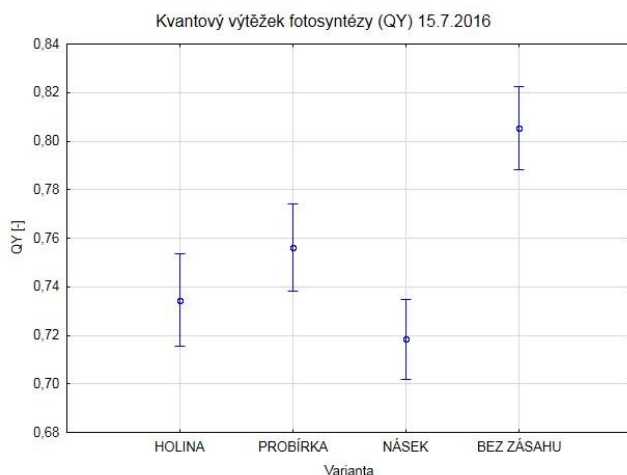
## 5.5 Fluorescence chlorofylu

Hodnota kvantového výtěžku fotosyntézy před východem slunce dne 15.7.2016 je ve všech variantách vyšší než 0,8, tzn. světelná část fotosystému je blízko ideální hodnotě 0,83 (Obr. 19). Tukeyův test mnohonásobného porovnání ukázal statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami. (Přílohy, Tab. 5). Nejvyšší průměrné QY má varianta BEZ ZÁSAHU (0,851), nejnižší NÁSEK (0,811).



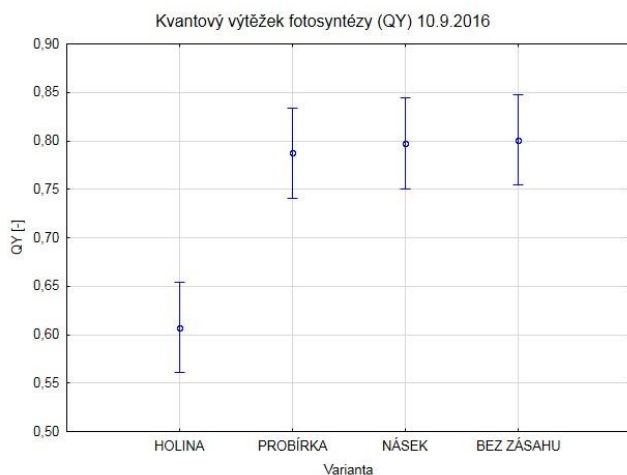
Obr. 19: Hodnocení kvantového výtěžku fotosyntézy (QY) ze dne 15.7.2016 v čase 3:55. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

Kvantový výtěžek fotosyntézy během dne byl nejvyšší ve variantě BEZ ZÁSAHU (0,805) (Obr. 20). Varianta BEZ ZÁSAHU se významně lišila od všech ostatních variant (Tukeyův test Přílohy, Tab. 6). Ostatní varianty se pohybovaly v rozmezí 0,718 až 0,756.



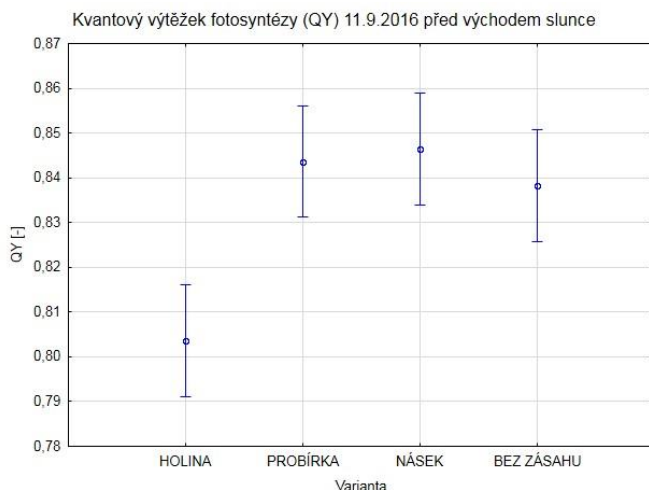
Obr. 20: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 15.7.2016 v čase 14:30. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

10. září odpoledne byl kvantový výtěžek fotosyntézy nejnižší na HOLINĚ (0,607) a vyšší ve všech ostatních variantách, které se mezi sebou významně nelišily – rozmezí 0,787 (PROBÍRKA) do 0,801 (BEZ ZÁSAHU) (Obr. 21; Přílohy, Tab. 7).



Obr. 21: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 10.9.2016 v čase 17:00. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

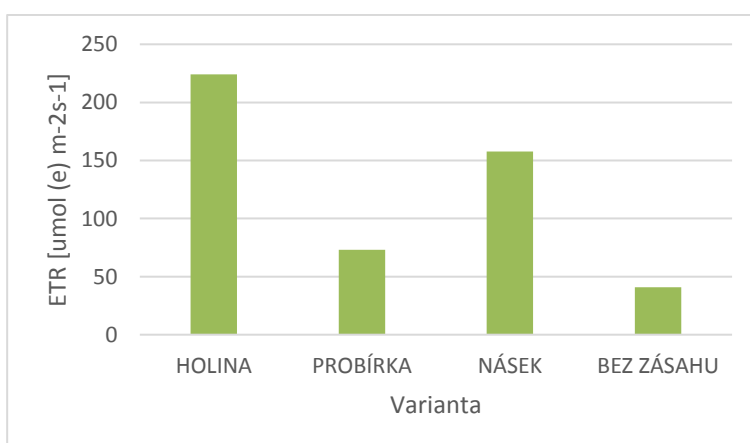
Kvantový výtěžek fotosyntézy 11. září před východem slunce byl na HOLINĚ významně nižší (0,804) než v ostatních variantách (od 0,838 do 0,846) (Obr. 22; Přílohy, Tab. 8).



Obr. 22: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 11.9.2016 v čase 5:20. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

## 5.6 ETR

Největší rychlost transportu elektronů (ETR) byla zaznamenána ve variantě HOLINA ( $224 \mu\text{mol (e) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), nejnižší naopak ve variantě BEZ ZÁSAHU ( $41 \mu\text{mol (e) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Obr. 23). Ve variantě násek byla ETR  $158 \mu\text{mol (e) m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a v probírce  $73 \mu\text{mol (e) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . ETR je úměrná fotosynteticky aktivní radiaci (FAR). Množství FAR dostupné pro jednotlivé sazenice jedle se významně lišilo (Přílohy, Obr. 3 a Tab. 11). Průměrné FAR na holině bylo  $671 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , v probírce  $219 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , na náseku  $471 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a ve variantě bez zásahu  $122 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .



Obr. 23: Graf rychlosti transportu elektronů (ETR) počítaný ze vzorce  $ETR = Y(II) \times FAR \times 0.84 \times 0.5$ , kde  $Y(II)$  je průměrná naměřená fluorescence; kvantový výtěžek fotosystému II a FAR je průměrná naměřená fotosyntetická radiace v jasný den 30.7.2017 v čase 10-11 hodin



## 5.7 Vodní potenciál

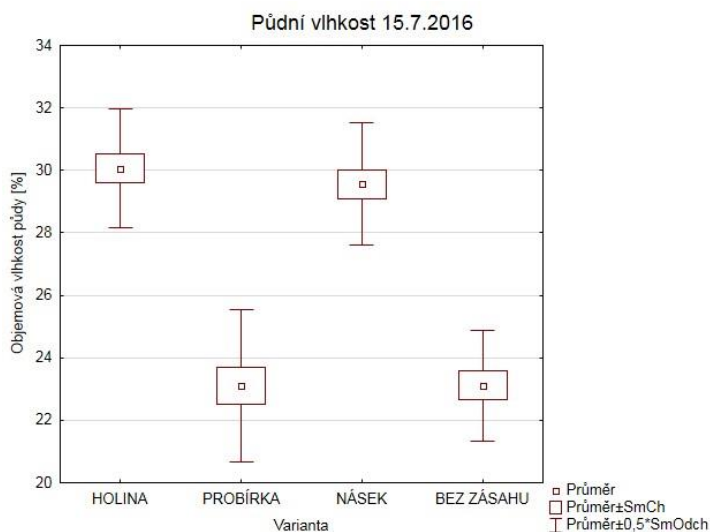
Tab. 5: Průměrné vodní potenciály jedlí

Varianta	Vodní potenciály ( $\Psi$ ) [MPa]		
	15.7. před východem	11.9. před východem	10.9. odpoledne
HOLINA	-0,27	-0,2	-0,58
PROBÍRKA	-0,13	-0,33	-0,35
NÁSEK	-0,2	-0,25	-0,35
BEZ ZÁSAHU	-0,27	-0,28	-0,35

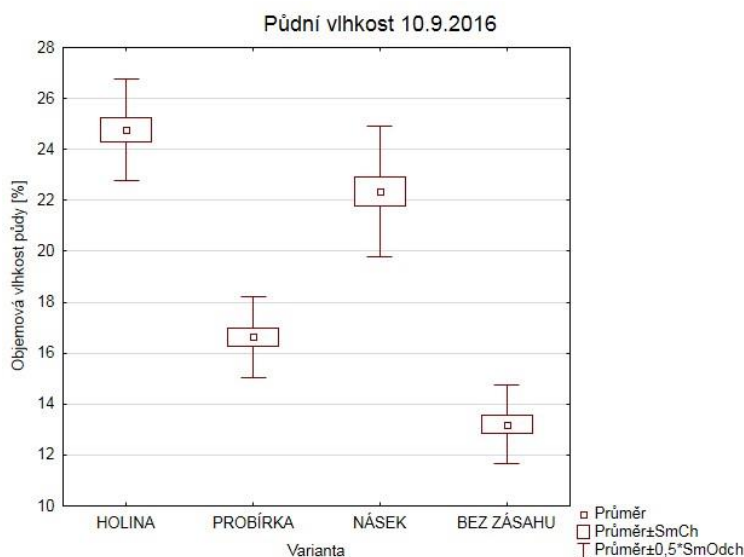
V červenci před východem slunce byly naměřené hodnoty vodních potenciálů jedlí v normálním, nestresovém rozmezí. Také v září před východem slunce ukazují naměřené hodnoty vodních potenciálů na normální stav. Vodní potenciál 10.9. v 16.30 byl nejnižší na holině a nelišil se mezi ostatními variantami (Tab. 5). Odpovídal tak intenzitě dopadající FAR, tudíž i transmitance (Obr. 24).

## 5.8 Půdní vlhkost

Varianty experimentu se od sebe významně lišily v obou dnech měření (Obr. 25 a 26; Přílohy, Tab. 2 a 3). V červenci bylo nejvíce vody v půdě na HOLINĚ (30,1 %) a NÁSEKU (29,5 %). Holina i násek se významně lišily od porostů (probírka a bez zásahu), kde byla u obou průměrná objemová vlhkost půdy 23,1 %, mezi sebou se však nelišily. V září byla nejvyšší půdní vlhkost opět na HOLINĚ (24,8 %) a nejnižší ve variantě bez zásahu (13,2 %), všechny varianty se mezi s sebou významně lišily.



Obr. 25: Graf půdní vlhkosti měřené dne 15.7.2016



Obr. 26: Graf půdní vlhkosti měřené dne 10.9.2016

## 5.9 Plošná hustota jehlic

Největší plošnou hustotu průměrné jehlice měly jedle ve variantě HOLINA ( $125,93 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), naopak nejmenší plošnou hustotu měly jehlice ve variantě BEZ ZÁSAHU ( $74,32 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) (Tab. 6). Na holině měly jedle průměrně nejdelší jehlice (18,96 mm), naopak nejkratší jehlice měly jedle ve variantě bez zásahu (16,63 mm). Nejširší jehlice byly u jedlí na holině (2,59 mm) a nejužší byly na náseku (2,24 mm).

Tab. 6: Parametry průměrné jehlice, odchylka značí chybu střední hodnoty

Varianta	Hmotnost sušiny jehlice [g]	Plocha jehlice [ $\text{cm}^2$ ]	Plošná hustota jehlice [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]	Průměrná délka jehlice [mm]	Průměrná šířka jehlice [mm]
HOLINA	0,004690	0,372	125,9	18,96±0,39	2,59±0,04
NÁSEK	0,004386	0,367	119,5	17,36±0,32	2,24±0,03
PROBÍRKA	0,002624	0,287	91,4	18,71±0,43	2,51±0,04
BEZ ZÁSAHU	0,002109	0,284	74,3	16,64±0,28	2,31±0,03

## 6 Diskuze

### 6.1 Vliv přípravného porostu na podmínky prostředí

Cílem této práce je posoudit vliv přípravného porostu břízy bělokoré na fyziologické parametry a růst sazenic jedle bělokoré a na podmínky prostředí. Naměřená suma srážek za cca 10 měsíců byla nejvyšší na volné ploše (637 mm), v probírce byla 604 mm a ve variantě bez náseku byla 552 mm. Tomu odpovídaly i půdní vlhkosti. Horní výška březového porostu na experimentální ploše je 7 m, stáří 6 až 10 let. Zakopal (1958) zjistil, že v 7-9 m březině (cca 15 let) bylo o 20-31 % méně srážek než na holině, v našem probraném porostu (probírka) bylo o 5 % méně a ve variantě bez zásahu o 13 % méně než na volné ploše. Řešení této situace vidí Zakopal (1958) ve vhodné úpravě porostu (kotlíky a pruhy). Kamlerová (2005) studovala vliv zásahů na intercepci uvádí, že v mladém smrkovém porostu byla intercepce až 50 % atmosférických srážek, probírkový zásah vedl ke snížení intercepce o 10 %. Obecně nízkou intercepci oproti jiným autorům, lze částečně přisoudit také absenci měření od 10.9. do 4.12., kdy v tomto období napadne značné množství srážek. Vliv intercepce je také výraznější při méně intenzivních a dlouhotrvajících srážkách, které jsou právě v tomto období časté. Větší množství srážek na volných plochách oproti porostu však vykompenzuje zvýšený výpar.

Vlhkost vzduchu a jeho teplota definuje sytostní doplněk (VPD), který je daný rozdílem tlaku vodní páry za konkrétních podmínek a u vzduchu 100% saturovaného vodní parou. Za podmínek vysokého VPD rostlina přivírá otvory průduchů a sníží vodivost průduchů. V tomto experimentu bylo nejvyšší průměrné VPD za období 29.4.2016 až 27.1.2017 na holině (315 Pa), varianty probírka a násek (283 Pa a 280 Pa) na tom byly podobně a nejnižší VPD bylo ve variantě bez zásahu (259 Pa). Kováč (2013) ve svém experimentu ve smrkovém porostu na Bílém kříži uvádí v jasném dni minimální hodnotu 0,9 kPa a maximální 2,5 kPa (v poledních hodinách za jasna při dopadu velkého množství FAR v úrovni slunných jehlic), oproti tomu za zatažena byla minimální hodnota VPD 0,3 kPa a maximální 1,0 kPa. Vodní sytostní deficit samozřejmě kolísá během roku, např. VPD kolísal v rozmezí 1 - 2,5 kPa s tím, že VPD bylo nejnižší v září (průměrně 1,3 kPa), v červenci a srpnu v rozmezí 1,5 – 2 kPa a v červnu 2 - 2,5 kPa (Kováč 2013). V tomto experimentu byla maximální hodnota

VPD za celé sledované období 5,29 kPa na náseku, 4,98 kPa na holině, 3,61 kPa v probírce a 3,58 ve variantě bez zásahu.

Průměrné teploty za sledované období ve variantách experimentu se lišily jen málo, ovšem rozptýl byl největší na holině a nejmenší ve variantě bez zásahu. Lépe lze pozorovat rozdíly mezi variantami na průběhu denních křivek (*Obr. 15-17*) vybraných dnů. Kolísání teploty vzduchu na náseku se přibližovalo k porostům, jen v poledne, kdy je slunce nejvýš, byly na náseku velice vysoké teploty (*Obr. 16*). Na příkladu tří vzorových dnů lze vypočítat nezastupitelnou roli přípravného porostu v mírnění teplotních extrémů v kontrastu s holinou. Mírnění teplot je důležité zejména v jarních měsících, kdy jsou již jedle narašené. V tomto experimentu byl poslední pozdní mráz zaznamenán 30. dubna a to až  $-3,4$  °C na holině, oproti tomu v hustém porostu (varianta bez zásahu) bylo naměřena teplota  $-1,2$  °C. V odborné literatuře se lze dočíst, že mimo zimní období začíná voda v apoplastu mrznout již při  $-1$  až  $-3$  °C a hrozí tak nenávratné poškození mladých pletiv nejen narašených výhonů (Holmsgaard 1962; Beadle a Sands 2004; Neuner a Beikircher 2010). Pěničik (1958) vyzoroval, že plně zapojené březiny mají při letních teplotách vzduchu 30 °C (mezi 11 až 15 hodinou) o 5-6 °C méně než na holině. V tomto experimentu dne 24.6.2016 byl rozdíl mezi holinou a variantou bez zásahu dokonce 7,2 °C (39,4 až 32,2 °C). V zimním období (konkrétně 8.1.2017 v 8.00) byl rozdíl mezi variantami 2,1 °C ( $-22,3$  až  $-20,2$  °C).

Měření půdní vlhkosti jasně odlišilo rozdíl porost vs. volná plocha. V obou dnech měření (15.7. a 10.9. 2016) bylo nejvíce vody v půdě na holině a náseku a nejméně ve variantě bez zásahu. Z naměřených dat lze pozorovat jednoznačný vliv intercepce břízy (což je patrné i u srážek *Tab. 1.*) a její transpirace. V této práci byly měřeny pouze aktuální hodnoty objemové půdní vlhkosti ve dvou dnech, nelze proto získané výsledky vztahovat na celé období, či zevšeobecňovat. Pro správné bilancování zásob vláhy v půdě by bylo vhodné stanovit dále potencionální evapotranspiraci (Litschmann 2005). Pokud by mělo hrozit sucho, pak by nejlépe vycházela varianta násek, kde jsou jedle podobně jako pod porostem (viz jarní teploty a omrzání) a přitom mají dostatek vláhy i světla, ovšem, za předpokladu pravidelné likvidace výmladků a buřeně, která se v tomto experimentu neprováděla. Půdní vlhkost je mimo jiné ovlivňována mnoha veličinami, např. půdní teplotou morfologií terénu, mocností půd aj. (Litschman a kol. 2013).

Jedním z nejdůležitějších a limitních faktorů pro zdárné odrůstání lesních dřevin je dostupnost světla, jeho charakter, trvání a intenzita (Špulák 2009; Agestam 2003). Jedle je stínomilná dřevina a v mládí dobře snáší zástin. Málek (1983) uvádí, že přílišné zastínění jedle vede k jejímu živoření, a ne k úspěšnému pěstování. V této práci bylo měřeno FAR na volné ploše a současně ve všech variantách v úrovni jedlí. Transmittance FAR byla vypočtena v jasné dny 30.7 (dopoledne) a 10.9.2016 (pozdní odpoledne). Pod neprobraným porostem bylo v obou dnech měření nejméně světla, čemuž odpovídají i přírůsty (*Obr. 16*). Na vývoji hodnot transmittance je nejlépe vidět změnu světelného požitku na náseku, kdy 30.7. je transmittance 41 %, 10.9. pouze 12 % a na holině 58 % (30.7.) a 43 % (10.9.). Comeau a kol. (1998) uvádí sezónní transmittanci v plně zapojeném porostu břízy (věk 35 let s LAI 2.1) 10 %, v probraném porostu (zásah z 5300 na 600 stromů/ha) 58 %. Je důležité zmínit, že dostupnost FAR bylo měřeno v úrovni sazenic. Holina i násek byl a v létě a zejména v září již velice zarostlá výmladky a bušení, proto také není na holině transmittance 100%. Transmittance vrchní korunové vrstvy je závislá především na úhlu průniku přímé radiace do porostu (tzv. elevační úhel), transmittance spodní korunové vrstvy elevačním úhlem není příliš ovlivněna. Czerný a kol. (2007) dále uvádí, že transmittance je vyšší v zatažených dnech. Marková a Janouš (2000) zkoumali transmittanci korunové vrstvy mladého smrkového porostu, v souhrnu mimo jiné uvádí, že pro dostatečný popis radiačního režimu v porostu nestačí jednorázové měření FAR (jak tomu je v této práci), ale je vhodné souvislé měření.

## **6.2 Vliv přípravného porostu na odrůstání a zdravotní stav jedle**

Přírůsty jedlí v prvním roce od vysazení se významně lišily. Nejvíce přirůstaly jedle na náseku a holině (průměrný výškový přírůst byl 12 cm), v probírce jedle přirůstaly průměrně 9 cm a nejméně ve variantě bez zásahu (7 cm). Leugner a kol. (2014) zkoumal odrůstání jedle po výsadbě v prvním a druhém roce; uvádí, že vystavení kořenů sazenic povětrnostním podmínkám po dobu 1 hodiny způsobilo vysoké ztráty, které umocnilo ještě vysazení na nechráněný záhon (analogie paseky). Oproti tomu, stejné sazenice vysazené na stíněný záhon (trvale stíněné) měly výškový přírůst o 24 % vyšší (Leugner a kol. 2014). Při výsadbě jedlí na experimentální plochu na podzim 2015 bylo se sazenicemi zacházeno opatrně a sazenice nebyly vystaveny delší dobu

povětrnostním vlivům. Také zalesnění bylo provedeno kvalitně, jamkovou sadbou, což je také znát na nízkých ztrátách (ve všech variantách v rozmezí 3-4 %).

Při kontrole experimentální plochy v květnu 2016 bylo zaznamenáno poškození terminálních pupenů. Ve většině případů byly pupeny prázdné, pravděpodobně toto poškození způsobil zástupce čeledi obalečovití (Tortricidae) obaleč vrcholkový. Nejvíce byly poškozeny jedle na holině a to až 49 %. V ostatních variantách bylo poškození výrazně nižší (12 % v probírce, 10 % na náseku a 8 % ve variantě bez zásahu). Poškození nebyla pro jedle letální. Ve většině případů byl terminální pupen nahrazen. Některé jedle jsou však tvarově deformované a chybí jim terminální výhon. Také je nutné zmínit výskyt pozdních mrazů na jaře 2016, které však nezanechly znatelné škody. Leugner a kol. (2014) pozoroval vliv pozdního mrazu (počátkem května) na sazenice jedle bělokoré. Následkem mrazu pomrzla většina rašících bočních výhonů. Avšak nestresované stíněné sazenice vykazovaly i přes omrznutí normální výškový přírůst.

### **6.3 Vliv přípravného porostu na vybrané ekofyziologické parametry jedle**

Pro účely této práce byly měřeny tyto ekofyziologické parametry: fluorescence chlorofylu, rychlost transportu elektronů, vodní potenciál a dále plošná hustota jehlic.

Intenzita fotosyntézy je jednou ze základních charakteristik zdravotního stavu rostlin. Ta je obvykle stanovena na základě měření fluorescence chlorofylu. (Procházka a kol. 1998). Fluorescence chlorofylu je důležitý a snadno měřitelný ukazatel fyziologického stavu fotosyntetického aparátu rostlin (Krulová 2007). Poškození fotosystému II je první projev stresu rostliny, proto je měření fluorescence chlorofylu hojně využíváno jako indikátoru stresu u nás i v zahraniční literatuře, např. Špulák a Martinová (2013) měřili fluorescenci chlorofylu u jedle bělokoré jako indikátor poškození asimilačního aparátu pozdním mrazem. Fluorescence chlorofylu úzce souvisí s obsahem chlorofylu (Sochor a kol. 2011). U zdravých, nestresovaných rostlin, které jsou adaptovány na tmu je kvantový výtěžek fotosyntézy v rozmezí 0,75-0,85, vlivem stresu se hodnota snižuje (Peterson a kol. 2001).

V této práci byla fluorescence chlorofylu měřena za účelem zisku aktuální hodnoty kvantového výtěžku fotosystému II během aktuálních podmínek FAR.

Fluorescence chlorofylu, tedy hodnota kvantového výtěžku fotosyntézy, respektive fotosystému II (QY), měřená v červenci před východem slunce byla nejvyšší ve variantě bez zásahu, každopádně všechny varianty měly hodnotu QY blízko ideální hodnotě 0,83 (rozpětí 0,811 až 0,851), což vypovídá o tom, že asimilační aparát není poškozen (Gilmore a kol. 1996). Kvantový výtěžek fotosyntézy téhož dne odpoledne byl opět nejvyšší ve variantě bez zásahu (0,805), ostatní varianty se pohybovaly v rozmezí 0,718 až 0,756. Jedle ve variantě bez zásahu jsou v silném zástínu a fotosyntéza není dostatečně rozjetá. Špulák a Martinová (2006) měřili fluorescenci chlorofylu na začátku jarní růstové aktivity a zaznamenali, že změny světelných a teplotních podmínek krátce před měřením mohou ovlivnit naměřené hodnoty. Tento fakt je důležitý zejména u měření fluorescence ve terénu ve tmě, kdy je nutné nejdříve daný vzorek najít a nelze se obejít bez krátkého osvětlení plochy. S tímto problémem bylo konfrontováno také měření fluorescence pro tento experiment, kdy bylo nezbytné jedle ve vegetaci najít. Barták (2011) uvádí, že ačkoliv je analýza fluorescence chlorofylu je v poslední době hojně využívána k posouzení fyziologického stavu asimilačního aparátu, má své limity, proto je vhodné ji kombinovat i s jinými metodami.

Data naměřená v září poukazují na rozdíl holina vs. porost. Je nutné podotknout, že plochy nebyly přes sezonu vyžínány a násek zcela zarostl březovými výmladky a holina buření. V pozdním odpolední v září byl kvantový výtěžek fotosyntézy na holině (0,607) významně nižší než u ostatních variant (od 0,787 do 0,801). Damesin (2003) studoval sezónní schéma fluorescence a uvádí, že hodnota fluorescence, stejně tak jako obsah uhlíku aj. kolísá během roku a ve vegetačním období je nejvyšší. Naopak v září před východem slunce je hodnota kvantového výtěžku fotosyntézy v probírce a na náseku mírně vyšší (0,844 a 0,846), oproti tomu na holině je 0,804; rozdíly jsou opravdu velice malé a mohou souviset s rozdílnou aklimatizací na tmu; pod hustým porostem vs. na náseku. Sarijeva a kol. (2007) ve svém experimentu uvádí statisticky významné rozdíly hodnot fluorescence chlorofylu, obsahu chlorofylu, karotenoidů aj. u slunných a stinných jehlic buku a jinanu (u slunných listů vyšší).

Z hodnoty kvantového výtěžku fotosyntézy a dostupného FAR byl pro každou variantu vypočten parametr ETR (rychlost transportu elektronů). Měření probíhalo 30.7. v čase 10-11 hodin. Nejvyšší hodnoty ETR byly u jedlí na holině ( $224 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u jedlí ve variantě bez zásahu ( $41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Jedle ve variantě bez zásahu jsou oproti ostatním v silné zástínu. Fotosyntéza není příliš aktivovaná, a tak dochází

k rychlému zahlcení reakčních center, potažmo celého transportního řetězce mezi fotosystémem PS II a PS I. Z jiných experimentů také vyplývá, že elektronový transport roste s vyšší teplotou a ozářeností (Štroch a kol. 2010). Kováč (2013) vypočítal ETR dle vzorce shodného se vzorcem v této práci, avšak vynechal násobný koeficient 0,84 (viz kapitola 4.3.3. v této práci). Kováč (2013) naměřil v lesním porostu při ozářenosti  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  transport elektronů o rychlosti  $140 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Dále Kováč (2013) porovnával aklimatizované stromy (na vysoké a nízké teploty, rostoucí v růstové komoře) se stromy v porostu a zjistil, že kapacita pro elektronový transport je u aklimatizovaných stromů 1.7krát vyšší než v porostu. Březinová (2010) ve své práci taktéž vyhodnocovala maximální světlem saturovanou ETR a počáteční sklon indukční křivky po ozáření; na slunných a stinných listech adaptovaných 30 min. na nízkou ozářenost ( $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) po ozáření saturačním světlem. Svým experimentem potvrdila, že rychlost indukce ETR po ozáření je vyšší u slunných listů, nejvyšší hodnoty ETR zjistila u buku a největší rozdíl mezi slunným vs. stinným listem byl zaznamenán u lípy, a to až o 74 %. Taktéž další autoři zjistili u slunných jehlic vyšší ETR i fotochemickou účinnost fotosystému II (Marek a kol. 2002; Bai a kol. 2008). Tento trend potvrzují i výsledky z tohoto experimentu, ETR jedlí na volných plochách byla vyšší než u jedlí pod ochranou porostu (holina  $224 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , násek  $158 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , probírka  $73 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a bez zásahu  $41 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Rychlost elektronového transportu také kolísá v čase. Špulák a kol. (2011) měřil ETR u sazenic buku lesního v květnu, červnu a červenci, zjistil, že parametr ETR byl nejnižší v květnu. Procházka a kol. (1998) uvádí, že pokud je rychlost přenosu elektronů nedostatečná, může dojít až k poškození celého elektrotransportního řetězce.

Slunné listy se od stinných liší v anatomii, morfologii, funkci i v adaptaci na rozdílnou intenzitu světla. Slunné listy/jehlice mají rovněž rozdílně uspořádané chloroplasty a jsou silnější a plošně menší, naopak stinné jsou tenčí a větší. To je způsobeno především rozdílnou dostupností FAR (Hattenschwiler 2001; Hrstka a kol. 2005; Körner 2006). Jehlice jedlí v tomto experimentu byly rok po vysazení odebrány a změřeny. Největší plošná hustota jehlic byla u jedlí na holině ( $125,93 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ) a náseku, naopak nejmenší plošnou hustotu měly jehlice ve variantě bez zásahu ( $74,32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Na holině měly jedle průměrně nejdelší jehlice, naopak nejkratší jehlice měly jedle ve variantě bez zásahu. Nejširší jehlice byly v probírce (2,51 mm) a nejužší byly na náseku (2,24 mm). Z naměřených dat jasně vyplývá, že silně zastíněné jehlice (varianta bez



zásahu) mají nejnižší hmotnost, plochu, délku i šířku, jedle vystavené slunci mají naopak všechny měřené parametry největší.

Pro účely této práce byl rovněž měřen i vodní potenciál na větvích jedle pomocí tlakové metody. Naměřené hodnoty z pozdního zářiového odpoledne ukazují již omezené světelné podmínky, kdy na holinu ještě svítilo slunce, proto stromy transpirovaly a měly nižší vodní potenciál (-0,58 MPa). V ostatních variantách, stromy již byly ve stínu, transpirace již nebyla tak intenzivní a transpirační proud stíhal dotéci, proto nebyly ve stresu (u všech ostatních variant hodnota -0,35 MPa).

Zajíčková a kol. (2011) zkoumala vliv sucha na objemové změny kmene, které velice úzce souvisí s dostupným množstvím vody v půdě, tlakem nasycení vodních par ve vzduchu (VPD) a množstvím srážek. Během experimentu měřila vodní potenciál a došla k závěru, že suchem stresované stromy měly mnohem nižší vodní potenciál v xylému než kontrola. V tomto experimentu byla půdní vlhkost v obou dnech měření nejvyšší na holině a náseku a nejnižší ve variantě bez zásahu, nicméně vztah mezi půdní vlhkostí a vodním potenciálem nelze posoudit pro odlišný čas měření.

## 6.4 Praktické poznatky z experimentu

Ačkoliv se může jevit násek jako nejvhodnější varianta použití přípravných dřevin (dostatek srážek, a přitom ochrana okolního porostu), je nutné vyřešit problém výmladností březových pařezů. V tomto experimentu měl násek šířku 6 m a z obou stran byl obklopen plně zapojeným březovým porostem, a i přes tuto skutečnost během prvního roku po zásahu zcela zarostl březovými výmladky (*Obr. 6 a 8*). Bez pravidelných zásahů by výmladky sazenice jedle plně zastínily a potlačily. Jedle v mládí snáší zástin, avšak přílišný zástin vede k jejímu živoření, ne k úspěšnému pěstování (Pěňčík a kol. 1958), tuto zkušenost potvrzuje i stav jedlí ve variantě bez zásahu v tomto experimentu. Na druhé straně je jedle velice citlivá na náhlé osvětlení (Čater 2014; Martiník a Dušek 2015). Také varianta probírka, tak jak je v tomto experimentu (tj. se základnou březového porostu 5300 ks/ha), se jeví jako příliš hustá a není pro zdárné odrůstání jedle výhodná, jak lze pozorovat z výsledků (např. půdní vlhkost, přírůst, FAR aj.).

Souček a kol. (2016) uvádí, že nejčastějším postupem obnovy přípravných porostů je pruhová seč (násek), popřípadě kombinace holých a clonných prvků. Dále

uvádí, že většina přípravných dřevin má výbornou schopnost vegetativní obnovy. Upozorňuje na nutnost výmladky opakovaně likvidovat mechanicky nebo chemicky. Jak bylo zřejmé i v tomto experimentu, výmladná schopnost klesá se zastíněním (varianta probírka). Pěncík a kol. (1958) navrhuje obnovu pomocí pruhových sečí s ponecháním slabých podúrovňových jedinců přípravného porostu, které budou dostatečně stínit, aby omezily buřeň a výmladky.

Na základě výsledků, uvedených v této práci, je možné doporučit použití silně probraného přípravného porostu (o cca 50 % silnější zásah, než byl proveden ve variantě probírka, nejlépe dvakrát s menší intenzitou). Přípravný porost i nadále bude plnit ochrannou funkci (tlumení teplotních extrémů, ochrana před pozdními mrazy, potlačení buřeně a intenzity růstu pařezových výmladků), zároveň se dosáhne zvýšení půdní vlhkosti a světelného požitku pro sazenice jedle.

Tato práce neřeší ekonomickou náročnost doporučeného použití přípravného porostu, ta je již rozebrána v recenzované metodice „Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách“ Souček a kol. (2016).

## 7 Závěr

Jedle bělokorá je významná dřevina, která do patřila a vždy bude patřit do našich lesů. Ačkoliv na nějakou dobu se její zastoupení dostalo pod pouhé procento, pozvolna se vrací. Současné odumírání smrkových monokultur především v oblasti severní Moravy a množství kalamitních ploch nahrává vnášení listnatých dřevin, popřípadě opět smrku. Jedle se na první pohled na kalamitní holiny nehodí, především díky své citlivosti ke klimatickým extrémům a pomalému růstu. Velké množství kalamitních ploch často nelze úspěšně zalesnit cílovými dřevinami, a tak se nabízí možnost použití přípravných dřevin a postupného vnášení cílových dřevin, např. jedle bělokoré.

Úkolem této práce bylo porovnat vliv různého použití přípravné dřeviny břízy bělokoré pro zalesnění kalamitní holiny jedlí bělokorou. Měření probíhalo rok po výsadbě. Byly stanoveny 4 varianty experimentu; holina, probraný březový porost, násek a plně zapojený březový porost. Holina a násek nebyly dále vyžínány a v průběhu léta zarostly bušením a březovými výmladky. Byl zjišťován vliv přípravného porostu na podmínky prostředí, tj. množství srážek, výkyvy teplot, deficit tlaku vodních par (VPD), půdní vlhkost a průnik FAR k sazenicím jedlí (transmitance). Dále byl zjišťován vliv na zdravotní stav a odrůstání jedle a vliv na vybrané ekofyziologické parametry jedle: fluorescence chlorofylu, rychlost elektronového transportu (ETR), vodní potenciál, a plošná hustota jehlic. Přípravný porost eliminoval extrémní teploty v červnu až o 7 °C nižší oproti holině. Také snížil riziko poškození pozdními mrazy, a to až o 2,2 °C oproti holině. Na druhou stranu přípravný porost ubírá půdní vlhkost až o 23 % oproti kontrole v červenci a o 33–47 % oproti kontrole v září ve variantách probírka a bez zásahu. Největší výškový přírůst, 12 cm byl u varianty holina, nejmenší 7 cm u varianty bez zásahu. Naměřené hodnoty vodního potenciálu i fluorescence chlorofylu ukazují, že jedle nebyly ve stresu, ačkoliv jedle ve variantě bez zásahu a později i na náseku byly ve značném zástínu. Na základě výsledků, které ukázaly významné rozdíly mezi variantami, bylo navrženo použití silného zásahu v přípravném porostu břízy bělokoré, vedoucím k razantnímu snížení zakmenění. Takto probraný porost je vhodný pro vnášení a zdárné odrůstání cílové dřeviny jedle bělokoré.

## 8 Summary

Silver fir is a tree species which used to be one of the most important for your forests. Although its share dropped below 1 %, it is slowly coming back. At the region of this study, at northeast of the Czech Republic, the Norway spruce dieback is an important problem for current forest management. Large scale clearcut areas after death of forest stands are afforested either again by Norway spruce or by broadleaves. It is difficult to bring silver fir on them due to its slow growth and sensitivity to climatic extremes. One way how to bring silver fir to large scale clearcuts is to use of pioneer (preparatory) tree species.

Aim of this work was to compare effect of various ways of use of silver birch on the stand microclimate and ecophysiology of silver fir sapplings. Four variants of experiment: clearcut, narrow embankment cut, and underplanting under birch with two stand densities were used. Preparatory forest stirred down temperature extremes, both maximum and minimum temperatures. It also protected newly flushed silver fir shoots against frost damage. On the other hand, birch forest transpired significant amount of soil water and intercepted precipitation, therefore soil moisture was by up to 47 % lower under the forest than on the clearcut. Silver fir under unthinned forest canopy suffered from lack of the light which resulted in shortest high growth increment there. Tallest growth increment of the main shoot occurred on a clearcut in those trees which shoots and buds were not damaged in spring. Chlorophyll fluorescence did not show any damage to the light part of photosynthesis linking differences in growth mainly to light availability.

It seems that best way of afforestation of a silver fir on large scale clearcuts would be under severely thinned birch forest which allows for enough light and precipitation and still provides protection against unfavorable weather conditions.

## 9 Seznam literatury

ADAMOV, J., 2015. Stav a vývoj obnovy na majetku „Ostravské městské lesy“. Závěrečná práce. Mendelova univerzita v Brně. 70 s.

AGESTAM, E., EKÖ, P.-M., NILSSON, U., WELANDER N. T., 2003. The effect of shelterwood density and site preparation on natural regeneration of *Fagus sylvatica* in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*. 176: 61-73.

Atlas podnebí Československé republiky. 1958. S.l.: Ústřední správa geodesie a kartografie.

BAI, K., LIAO, D., JIANG, D., CAO, K., 2008. Photosynthetic induction in leaves of cooccurring *Fagus lucida* and *Castanopsis lamontii* saplings grown in contrasting light environments. *Trees: Structure and Function* 22: 449–462.

BARTÁK, M., 2011. Indikace dopadů stresu na vitalitu in-vitro kultivovaných rostlin pomocí pokročilých metod fluorescence chlorofylu. In M. Barták, J. Hájek, J. Dubová. *Rostlinné biotechnologie – II. Současné trendy ve výuce a výzkumu*. Brno, Masarykova univerzita. 1-12. ISBN 978-80-210-5887-3.

BEADLE, C., SANDS, R., 2004. Physiology and Silviculture. In: *Encyclopedia of Forest Sciences, Volume Four*. Elsevier, Oxford, 2061 s.

BECK, E. H., HEIM, R., HANSEN, J., 2004. Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. *Journal of Bioscience*. 29: 449–459.

BINDER, W. D., FIELDER, P., 1996. Chlorophyll fluorescence as an indicator of frost hardiness in white spruce seedlings from different latitudes. *New Forests*. 11: 233–253.

BŘEZINOVÁ, A., 2010. Studium odezvy asimilace CO<sub>2</sub> vybraných druhů dřevin na dynamický světelný režim. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 76 s.

CZERNÝ, R., BARTOŇ, K., PAVELKA, M., POKORNÝ, R., JANOUŠ, D., 2007. Měření radiačního režimu korunové vrstvy pomocí mikročidel s vláknovou optikou. In Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I.: „Klima lesa“, Křtiny 2007. ISBN 978-80-86690-40-7.

ČATER, M., 2014. Response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. in different gap size. In: Proceedings of Central European Silviculture. Zvolen, Národné lesnícke centrum. 36–44.

DAMESIN, C., 2003. Respiration and photosynthesis characteristics of current-year stem of *Fagus sylvatica*: from the seasonal pattern to an annual balance. *New Phytologist* 158 (3): 465-475.

DEMEK, J., BALATKA, B., 1987. Zeměpisný lexikon České socialistické republiky: hory a nížiny. Praha, Academia. 584 s.

DRÁPELA, K., 2000. Statistické metody II: (pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství). V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-474-0.

GILMORE, A.M., HAZLETT, T.L., DEBRUNNER, P.G., GOVINDJEE. 1996. Comparative time-resolved photosystem II chlorophyll a fluorescence analyses reveal distinctive differences between photoinhibitory reaction center damage and xanthophyll cycle dependent energy dissipation. *Photochem Photobiol* 64: 552-563.

HATTENSWILER, S., 2001. Tree seedling growth in natural deep shade: functional traits related to interspecific variation in response to elevated CO<sub>2</sub>. *Oecologia*. 129: 31-42.

HOLMSGAARD, E., 1962. The influence of weather on growth and reproduction of beech. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 55: 1–5.

HRSTKA, M., URBAN, O., MAREK, M. V., 2005. Long-term effect of elevated CO<sub>2</sub> on spatial differentiation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity in Norway spruce canopy. *Photosynthetica* 43: 211-216.

HÜMANN, M., SCHÜBER, G., MÜLLER, C., SCHNEIDER, R., JOHST, M., CASPARI, T., 2011. Identification of runoff processes – The impact of different forest types and soil properties on runoff formation and floods. *Journal of Hydrology*. 409: 637–649.

KAMLEROVÁ, K., 2005. Effects of stand tending on the interception of atmospheric precipitation. In Rožnovský, J., Litschmann, T. Sborník z konference „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny. ISBN 80-86 690–31-08.

KÖRNER, C., 2006. Plant CO<sub>2</sub> responses: an issue of definition, time and resource supply. *New Phytologist*. 172: 393-411.

KOŠULIČ, M., 2010. Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu. Brno, FSC. 449 s. ISBN 978-80-254-6434-2.

KOVÁČ, D., 2013. Prostorová analýza asimilace oxidu uhličitého v lesních ekosystémech pomocí spektrálně – optických vlastností vegetace. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. 137 s.

KOZÁK, J., NĚMEČEK, J., 2009. Atlas půd České republiky. Praha, ČZU Praha. ISBN 978-80-213-2008-6.

KRÁLOVEC, V., KLIMENT, Z., VLČEK, L., 2016. Hodnocení retence vody v půdě v lesním a nelesním prostředí. Zprávy lesnického výzkumu. 61(3). 181-189.

KRAUSE G., H., WEIS, E., 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis – the basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42: 313-349.

KREČMER, V. a kol., 2003. Lesy a povodně. Souhrnná studie. Praha, Národní lesnický komitét a Ministerstvo životního prostředí ČR. 48 s.

KRULOVÁ, J., 2007. Biochemické a fyziologické markery antropogenního stresu. Disertační práce. Masarykova univerzita. 65 s.

KŘÍSTEK, J. a URBAN, J., 2013. Lesnická entomologie. Vyd. 2., upr. Academia, Praha. 445 s.

KULA, E., 2011. Bříza a její význam pro setrvalý rozvoj lesa v imisních oblastech. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 278 s.

KYSELÁKOVÁ, H., 2012. Obranné mechanismy rostlin proti oxidačnímu stresu. Doktorská disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci. 164 s.

LANGVALL, O., ORLANDER, G., 2001. Effects of pine shelterwoods on microclimate and frost damage to Norway spruce seedlings. Canadian Journal of Forest Research. 31: 155–164.

LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A., 2010. Sledování stavu asimilačního aparátu jedle bělokoré (*Abies alba* MILL.) v růstové komoře měřením fluorescence chlorofylu. Zprávy lesnického výzkumu. 55: 38-42.

LEUGNER, J., MARTINCOVÁ, J., JURÁSEK, A., 2014. Růstová reakce sazenic jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) na vysychání během manipulace a na prostředí po výsadbě. Zprávy lesnického výzkumu. 59: 28-34.

LICHTENTHALER, H., 1996. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. Plant Physiology. 148: 4–14.

LITSCHMANN, T., 2005. Srovnání výpočetních metod potenciální evapotranspirace. In Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminář „Evaporace a evapotranspirace“, Brno. ISBN 80-86690-24-5, s. 47–58.

LITSCHMANN, T., HADAŠ, P., STŘEDA, T., 2013. Porovnání půdně vlhkostních charakteristik vápencových partií CHKO Pálava a Moravský kras. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T., STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T. (eds): Voda, půda a rostliny Křtiny, 29. – 30.5. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2 73.

MÁCHOVÁ, P., CVRČKOVÁ, H., 2016. Genetická charakterizace jedle bělokoré pomocí mikrosatelitových markerů. Certifikovaná metodika. Strnady. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 978-80-7417-117-8.

MÁLEK, J., 1983. Problematika ekologie jedle bělokoré a jejího odumírání. Praha, Academia. 108 s.

MAREK, M.V., URBAN, O., SPRTOVA, M., POKORNY, R., ROŠOVA, Z., KULHAVY, J., 2002. Photosynthetic assimilation of sun versus shade Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst needles under the long-term impact of elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Photosynthetica*. 40: 259-267.

MARKOVÁ, I., JANOUŠ, D., 2000. Transmittance korunové vrstvy mladého smrkového porostu [online] citováno 11. dubna 2017. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.cbks.cz/sbornikKosice/markova.pdf>>.

MARKOVÁ, Z., 2013. Vliv spektrálního složení fotosynteticky aktivní radiace na aktivitu transportu elektronů přes fotosyntém II. Závěrečná práce. Ostravská univerzita v Ostravě.

MARTINÍK, A., 2014. Obnova lesa sítí břízou – zkušenosti ze smrkového porostu po větrné kalamitě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59: 35-39.

MARTINÍK, A., DUŠEK, D., 2015. Potenciál mladších jedlových porostů (*Abies alba* Mill.) k přirozené obnově pod chřadnoucím smrkem na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 267-273.

MAXWELL, K., JOHNSON, G. N., 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51: 659–668.

MUSIL, I., HAMERNÍK, J., 2007. Jehličnaté dřeviny. [Conifers.] Praha, Academia, 352.

MZe, 2016. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2015. Praha. 134 s.



NAVRÁTIL, M., ŠPUNDA, V., 2003. In Rožnovský, J., Litschmann, T. Seminář „Mikroklima porostů“, Brno. ISBN 80-86690\_05-9, s. 94-104.

NEUNER, G., BEIKIRCHER, B., 2010. Critically reduced frost resistance of *Picea abies* dutiny sprouting could be linked to cytological changes. *Protoplasma*. 243: 145-152.

OPRAVIL, E., 1976. Jedle bělokorá (*Abies alba* mill.) v Československém kvartálu. *Čas. Slezského muzea. Opava*, 25:45-67.

PĚNČÍK, J. a kol., 1958. Zalesňování kalamitních holin. Praha, SZN, 261 s.

PETERSON, R., B., OJA, V., LAISK, A., 2001. Chlorophyll fluorescence at 680 and 730 nm and leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research*. 70: 185-196.

PÍCHA, Z., 2015. Vliv klimaticky podmíněných změn hospodaření v lesích na hydrologický režim pramenných toků. Závěrečná práce. Univerzita Karlova v Praze. 40 s.

PROCHÁZKA, S. a kol., 1998. Fyziologie rostlin. Praha, Academia. 484 s.

QUITT, E., 1971. Klimatické oblasti Československa. Praha, Academia. 73 s.

RIEDL, O., ZACHAR, D., 1973. Lesotechnické meliorace. Praha, Státní zemědělské nakladatelství. 568 s.

ROHÁČEK, K., 2002. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica*. 40: 13-29

ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T., STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., 2013. Sborník z konference „Voda, půda a rostliny“, Křtiny. ISBN 978-80-87577-17-2.

SARIJEVA, G., KNAPP, M., LICHTENTHATER, H.K., 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. *Journal of Plant Physiology* 164: 950-955.

SILFVER, T., HÄIKIÖ, E., ROUSI, M., HOLOPAINEN, T., OKSANEN, E., 2008. Interactive effects of elevated ozone and springtime frost on growth and physiology of birch (*Betula pendula*) in field conditions. *Trees*. 22: 291–301.

SLAVÍK, B., 1965. Metody studia vodního provozu rostlin. Praha. Nakladatelství Československé akademie věd. 302 s.

SOCHOR, J., SALAŠ, P., PLÁTENÍKOVÁ, M., ADAM, V., KIZEK, R., 2011. Stanovení obsahu chlorofylu a intenzity fluorescence chlorofylu u rostlin v polních podmínkách. In BLÁHA, L., HNILIČKA, F. Vliv abiotických a biotických stresorů na

vlastnosti rostlin 2011. 1. vyd. Praha – Ruzyně: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., 269-272. ISBN 978-80-7427-068-0.

SOUČEK, J., ŠPULÁK, O., 2009. Stav desetiletých porostů olše lepkavé a břízy bělokoré vzniklých přirozenou obnovou na bývalé zemědělské půdě. In: Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej dňa 8. a 9. septembra 2009 vo Zvolene. Ed. I. Štefančík, M. Kamenský. Zvolen, Národne lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav. 53–59.

SOUČEK, J., ŠPULÁK, O., LEUGNER, J., PULKRAB, K., SLOUP, R., JURÁSEK, A., MARTINÍK, A., 2016. Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. 35 s. ISBN 978-80-7417-119-2.

SOUKUP, P., 2010. Nesprávná užívání statistické významnosti a jejich možná řešení. Data a výzkum – SDA, 4: 77–104. ISSN 2336-2391.

STŘEDA, T., LITSCHMANN, T., PALÁTOVÁ, E., 2008. Vlhkost půdy pod různými typy vegetace v říční krajině. In: Litschmann, T.: Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině, Mikulov, 2008. Praha, Český hydrometeorologický ústav. 65-73.

ŠPULÁK, O., 2009. Kvalita a kvantita přirozené obnovy buku ve vztahu ke světelným podmínkám mateřského porostu. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 248-255.

ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J., 2006. Hodnocení změn fluorescence chlorofylu smrku ztepilého na začátku jarní růstové aktivity. In: Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity. Opočno 5. - 6. 9. 2006. Ed. Antonín Jurásek, Jiří Novák, Marian Slodičák. Jíloviště-Strnady, VÚHLM Opočno, s. 425–434. - ISBN 80-86461-71-8.

ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J., 2011. Variabilita parametrů fluorescence chlorofylu v rámci mladých stíněných a nestíněných sazenic jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) měřená dvěma odlišnými přístupy. Zprávy lesnického výzkumu. 56: 3: 189–197.

ŠPULÁK, O., MARTINCOVÁ, J., 2013. Vliv pozdního mrazu na změnu fluorescence chlorofylu sazenic jedle bělokoré v závislosti na způsobu pěstování. In Proceedings of Central European Silviculture. Česká zemědělská univerzita v Praze. 320 s. Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-174418>

ŠPULÁK, O., VÍTÁMVÁS, J., KACÁLEK, D., KUNEŠ, I., 2011. Fluorescence chlorofylu, chemismus a obsah fotosynteticky aktivních pigmentů u listů buků vápněných do jamky. Zprávy lesnického výzkumu. 56: 301-309.

TAIZ, L., ZEIGER, E., 2010. Plant physiology. 5. vyd. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 782 s. ISBN 978-0-87893-565-9.

TESAŘ, M., ŠÍR, M., ZELENKOVÁ, E., 2004. Vliv vegetace na vodní a teplotní režim tří povodí ve vrcholovém pásmu Šumavy. Aktuality šumavského výzkumu II, Srní. 84–88.

ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., TICHÁ, S., KOBLÍŽEK, J., 2009. Dřeviny České republiky. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 367 s.

VANĚK, P., MAUER, O., CAFOUREK, J., 2014. Metodika hodnocení poškození asimilačních orgánů jehličnatých dřevin mrazem a možnosti zvyšování odolnosti sadebního materiálu douglasky tisolisté proti pozdním mrazům. Mendelova univerzita v Brně. 31 s. ISBN 978-80-7509-162-8.

VOLKA, K., TKADLECOVÁ, M., ZÁRUBA, K., 2006. Příklady z analytické chemie pro bakaláře. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 80-7080-610-9.

Vyhláška č. 139/2004, 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. [online] citováno 10. března 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-139>>.

Vyhláška č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. [online] citováno 10. března 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-83>>.

WALZ, H., 2014. Imaging – PAM M-series chlorophyll fluorometer. Instrument description and information for users. 2.152 / 07.06, 5. Edition. 210 s.

WELANDER, N. T., GEMMEL, P., HELLGREN, O., OTTOSSON, B., 1994. The consequences of freezing temperatures followed by high irradiance on in vivo chlorophyll fluorescence and growth in *Picea abies*. Physiologia Plantarum, 91: 1: 121–127.

ZAHRADNÍK, P., 2014. Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 376 s. ISBN 978-80-7458-057-4.

Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). [online] citováno 10. března 2017. Dostupné na World Wide Web: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>>.

ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK, M., 2016. Lýkožrouti na smrku a sucho. In Lesnická práce – Příloha. 95:4, 8 s.

KNÍŽEK, M., LIŠKA, J., 2007. Riziko vzniku kůrovcové kalamity. Lesnická práce 86: 145-147.

ZAKOPAL, V., 1958. Přínos břízy pro zalesnění našich holin. Lesnická práce 37. 11: 487-491.

ZAKOPAL, V., 1960. Kdy, jak a v jakém rozsahu kultivovat břízu na holinu. Lesnická práce 39. 7: 292-296.

LEEUWEN, M., COOPS, N.C., HILKER, T., WULDER, M.A., NEWHAM, G.J., CULVENOR, D.S., 2013. Automated reconstruction of tree and canopy structure for modeling the internal canopy radiation regime. Remote Sensing of Environment, 136: 286–300.

COMEAU, P. G., GENDRON, F., LETCHFORD, T., 1998. A comparison of several methods for estimating light under a paper birch mixedwood stand. Canadian Journal of Forest Research, 28.12: 1843-1850.

## 10 Seznam obrázků a tabulek

### 10.1 Seznam obrázků

*Obr. 1: Princip měření vodního potenciálu pomocí tlakové komory (převzato z Taiz a Zeiger 2002).*

*Obr. 2: Přibližné hodnoty vodního potenciálu a jeho složek v různých částech rostliny a v okolí (převzato z Taiz a Zeiger 2002).*

*Obr. 3: Umístění výzkumné plochy na ortofoto mapě (převzato z [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))*

*Obr. 4: Varianta HOLINA, stav ke dni 9.9.2016*

*Obr. 5: Varianta PROBÍRKA, stav ke dni 9.9.2016*

*Obr. 6: Varianta NÁSEK, stav ke dni 28.5.2016*

*Obr. 7: Meteostanice umístěná v porostu*

*Obr. 8: NÁSEK, stav ke dni 9.9.2016*

*Obr. 9: Čidla pro měření FAR*

*Obr. 10: Přístroj Pressure Chamber Instrument s tlakovou lahví*

*Obr. 11: Přístroj FieldScout; měření půdní vlhkosti*

*Obr. 12: Naskenované jehlice varianta násek*

*Obr. 13: Graf znázorňující průměrné VPD, vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 14: Graf průměrných teplot naměřených od 29.4.2016 do 27.1.2017*

*Obr. 15: Teplotní křivka vykreslená dne 30.4.2016*

*Obr. 16: Teplotní křivka vykreslená dne 24.6.2016*

*Obr. 17: Teplotní křivka vykreslená dne 8.1.2017*

*Obr. 18: Průměrný výškový přírůst za vegetační období 2016, vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 19: Hodnocení kvantového výtěžku fotosyntézy (QY) ze dne 15.7.2016 v čase 3:55. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 20: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 15.7.2016 v čase 14:30. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 21: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 10.9.2016 v čase 17:00. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 22: Kvantový výtěžek fotosyntézy (QY) ze dne 11.9.2016 v čase 5:20. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 23: Graf rychlosti transportu elektronů (ETR) počítaný ze vzorce*

*ETR = Y(II) × FAR × 0.84 × 0.5, kde Y(II) je průměrná naměřená fluorescence; kvantový výtěžek fotosystému II a FAR je průměrná naměřená fotosyntetická radiace*

*Obr. 24: Transmittance ve vybrané jasné dny 30.7. a 10.9. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti*

*Obr. 25: Graf půdní vlhkosti měřené dne 15.7.2016*

*Obr. 26: Graf půdní vlhkosti měřené dne 10.9.2016*

## **10.2 Seznam tabulek**

*Tab. 1: Množství srážek zachycených v nevyhřívaných srážkoměrech v jednotlivých variantách od 4.12.2015 do 10.9.2016*

*Tab. 2: Popisné statistické charakteristiky teploty vzduchu naměřených od 29.4.2016 do 27.1.2017*

*Tab. 3: Popisné statistické charakteristiky výškového přírůstu*

*Tab. 4: Procento poškozených terminálních pupenů a mortality*

*Tab. 5: Průměrné vodní potenciály jedlí*

*Tab. 6: Parametry průměrné jehlice, odchylka značí chybu střední hodnoty*

## 11 Přílohy

### Seznam příloh:

*Obr. 1: Porostní mapa Stará Ves Březiny, porost 30g0 (platnost k 1.1.2008)*

*Obr. 2: Hospodářská kniha, platnost k 1.1.2008*

*Tab.1: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro přírůst.*

*Tab. 2: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro půdní vlhkost měřenou dne 15.7.2016*

*Tab. 3: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro půdní vlhkost měřenou dne 10.9.2016*

*Tab. 4: Tukeyův test mnohonásobného porovnání VPD*

*Tab. 5: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 15.7.2016 před východem slunce v 3.55*

*Tab. 6: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 15.7.2016 14:30*

*Tab. 7: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 10.9.2016 17:00*

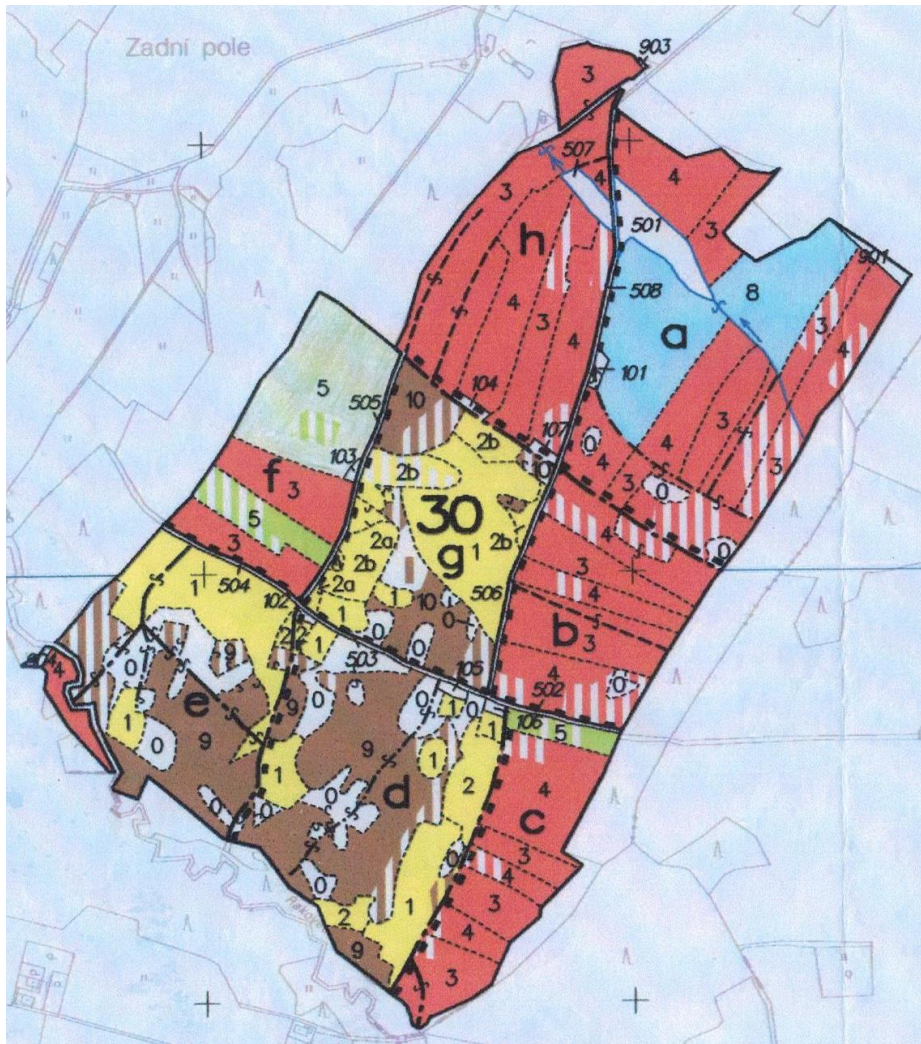
*Tab. 8: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 11.9.2016 před východem slunce ve 5:20*

*Tab. 9: Tukeyův test mnohonásobného porovnání transmitance*

*Tab. 10: Tukeyův test mnohonásobného porovnání transmitance*

*Obr. 3: Srovnání dostupného FAR pro sazenice jedle v jednotlivých variantách oproti volné ploše, měřeno v jasný den 30.7.2016 v čase 10-11 hodin*

*Tab. 11: Tukeyův HSD test mnohonásobného porovnání dostupného FAR pro sazenice jedle v jednotlivých variantách oproti volné ploše, měřeno v jasný den 30.7.2016 v čase 10-11 hodin*



Obr. 1: Porostní mapa Stará Ves Březiny, porost 30g0 (platnost k 1.1.2008)

LO: 39 Podbeskydská pahorkatina		LHC: 706404	Platnost: 1.1.2008-31.12.2017	Strana: 200	Plocha: 51,75	Oddělení: 30																			
Kategorie/překryv: 10	Zvl.St.: 21 ÚSES - regionální	Pásmo ohrož: D	LS(LZ): Ostravské měst. lesy	Revír: Krmelín	Plocha: 6,17	Porost: g																			
Popis porostu: Zbytky kalamitně obnovované kmenoviny na plošině. Prvek ÚSES - RBC Březiny.																									
Por.skupina: 0	Plocha por.skup.: 0,29	Les.typ: 3H5	ORP : 8119 - Ostrava	Kód KÚ: 753947	Název KÚ: Stará Ves nad Ondřejnicí																				
Popis por.skup: Čtyři kalamitní plochy.																									
			Kód majetku: 11	Model.těž. %:	Obmytí / Obn.doba: 120/40	% mel. a zpevň.dřevin: 25%																			
Hosp. soubor	Věk	Zakmenění	Dřevina	% Zastoupení	cm Vyč. tloušťka	m Výška	m3 b.k. střed. kmene	Bonita cel. v. 2.86/95/5 v. 2.86/95/5	Bonita cel. třída	Poškození	Imise	Zásoba v m3 b.k.			Těžba výchovná		Těžba obnovní		Proflezávky		Zalesnění				
												Na 1 ha	Souše	Celkem	Naléh. Násob	Plocha ha	Objem m3	Plocha ha	Objem m3	Naléh. Násob	Plocha ha	Druh	Dřevina	Zast v %	Plocha ha
456	0																					BK	100	0,29	
Por.sk.celkem:																							1	100	0,29

Obr. 2: Hospodářská kniha, platnost k 1.1.2008



Tab.1: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro přírůst.

Tukeyův HSD test; proměnná Přírůst [cm] (Tabulka4)  
 Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy  
 Chyba: meziskup. PČ = 20,038, sv = 317,00

Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		11,911	8,8663	12,144	7,1333
1	HOLINA		0,000118	0,987878	0,000008
2	PROBÍRKA	0,000118		0,000016	0,067976
3	NÁSEK	0,987878	0,000016		0,000008
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	0,067976	0,000008	

Tab. 2: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro půdní vlhkost měřenou dne 15.7.2016

Tukeyův HSD test; proměnná Objemová vlhkost půdy [°C] (Tabulka2)  
 Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy  
 Chyba: meziskup. PČ = 16,663, sv = 265,00

Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		30,054	23,113	29,554	23,115
1	HOLINA		0,000008	0,888739	0,000008
2	PROBÍRKA	0,000008		0,000008	1,000000
3	NÁSEK	0,888739	0,000008		0,000008
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	1,000000	0,000008	

Tab. 3: Tukeyův test mnohonásobného porovnání pro půdní vlhkost měřenou dne 10.9.2016

Tukeyův HSD test; proměnná Objemová vlhkost půdy [%] (Tabulka4)  
 Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy  
 Chyba: meziskup. PČ = 15,464, sv = 311,00

Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		24,767	16,628	22,333	13,197
1	HOLINA		0,000008	0,000744	0,000008
2	PROBÍRKA	0,000008		0,000008	0,000008
3	NÁSEK	0,000744	0,000008		0,000008
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	0,000008	0,000008	

Tab. 4: Tukeyův test mnohonásobného porovnání VPD

Tukeyův HSD test; proměnná Deficit tlaku vodních par [Pa] (Tabulka)  
 Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy  
 Chyba: meziskup. PČ = 3260E2, sv = 52411,

Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		315,45	283,18	280,73	259,57
1	HOLINA		0,000035	0,000012	0,000008
2	PROBÍRKA	0,000035		0,985561	0,004546
3	NÁSEK	0,000012	0,985561		0,014397
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	0,004546	0,014397	

Tab. 5: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 15.7.2016 před východem slunce v 3.55

Tukeyův HSD test; proměnná Fluorescence chlorofylu (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00029, sv = 36,000					
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		,83700	,82900	,81100	,85100
1	HOLINA		0,722479	0,008560	0,274246
2	PROBÍRKA	0,722479		0,103761	0,032094
3	NÁSEK	0,008560	0,103761		0,000196
4	BEZ ZÁSAHU	0,274246	0,032094	0,000196	

Tab. 6: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 15.7.2016 14:30

Tukeyův HSD test; proměnná QY (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00079, sv = 38,000					
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		,73444	,75600	,71833	,80545
1	HOLINA		0,354994	0,569837	0,000173
2	PROBÍRKA	0,354994		0,017218	0,001568
3	NÁSEK	0,569837	0,017218		0,000166
4	BEZ ZÁSAHU	0,000173	0,001568	0,000166	

Tab. 7: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 10.9.2016 17:00

Tukeyův HSD test; proměnná QY [-] (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00587, sv = 40,000					
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		,60727	,78727	,79727	,80091
1	HOLINA		0,000172	0,000166	0,000165
2	PROBÍRKA	0,000172		0,989973	0,975256
3	NÁSEK	0,000166	0,989973		0,999556
4	BEZ ZÁSAHU	0,000165	0,975256	0,999556	

Tab. 8: Tukeyův test mnohonásobného porovnání kvantového výtěžku fotosyntézy (QY); 11.9.2016 před východem slunce ve 5:20

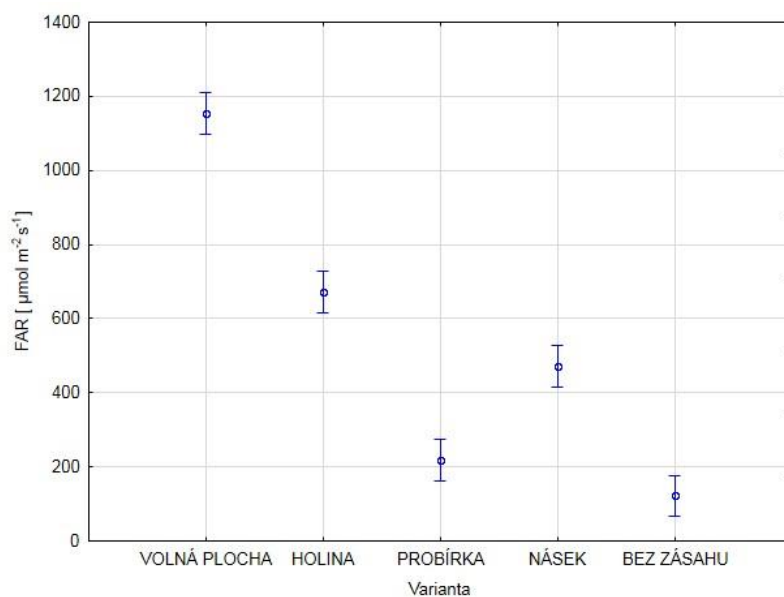
Tukeyův HSD test; proměnná QY [-] (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00042, sv = 40,000					
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		,80364	,84364	,84636	,83818
1	HOLINA		0,000386	0,000242	0,001747
2	PROBÍRKA	0,000386		0,989308	0,923323
3	NÁSEK	0,000242	0,989308		0,784570
4	BEZ ZÁSAHU	0,001747	0,923323	0,784570	

Tab. 9: Tukeyův test mnohonásobného porovnání transmitance 10.9.

Tukeyův HSD test; proměnná Transmittance (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 162,54, sv = 310,00					
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}
		43,078	14,928	12,026	9,8048
1	HOLINA		0,000008	0,000008	0,000008
2	PROBÍRKA	0,000008		0,555470	0,129841
3	NÁSEK	0,000008	0,555470		0,637380
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	0,129841	0,637380	

Tab. 10: Tukeyův test mnohonásobného porovnání transmitance 30.7.

Tukeyův HSD test; proměnná TRANSMITANCE (Tabulka2)					
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy					
Chyba: meziskup. PČ = 650,92, sv = 332,00					
Č. buňky	VARIANTA	{1}	{2}	{3}	{4}
1	HOLINA	58,678	19,596	41,319	10,904
2	PROBÍRKA	0,000008	0,000008	0,000067	0,121037
3	NÁSEK	0,000067	0,000008		0,000008
4	BEZ ZÁSAHU	0,000008	0,121037	0,000008	



Obr. 3: Srovnání dostupného FAR pro sazenice jedle v jednotlivých variantách oproti volné ploše, měřeno v jasný den 30.7.2016 v čase 10-11 hodin. Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti

Tab. 11: Tukeyův HSD test mnohonásobného porovnání dostupného FAR pro sazenice jedle v jednotlivých variantách oproti volné ploše, měřeno v jasný den 30.7.2016 v čase 10-11 hodin

Tukeyův HSD test; proměnná FAR [μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ] (Tabulka2)						
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
Chyba: meziskup. PČ = 67620, sv = 415,00						
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	VOLNÁ PLOCHA	1153,9	671,38	219,30	471,17	121,73
2	HOLINA	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017
3	PROBÍRKA	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,106947
4	NÁSEK	0,000017	0,000023	0,000017		0,000017
5	BEZ ZÁSAHU	0,000017	0,000017	0,106947	0,000017	

Tab. 12: Popisná statistika VPD, hodnoty jsou uvedeny v Pa

	<b>HOLINA</b>	<b>PROBÍRKA</b>	<b>NÁSEK</b>	<b>BEZ ZÁSAHU</b>
<b>Stř. hodnota</b>	315,4	283,2	280,7	259,6
<b>Chyba stř. hodnoty</b>	5,8	4,5	5,2	4,3
<b>Medián</b>	0,1	31,5	0,7	13,4
<b>Směr. odchylka</b>	667,3	515,8	595,0	488,7
<b>Rozptyl výběru</b>	445227,9	266092,4	354041,3	238785,0
<b>Špičatost</b>	9,0	6,0	11,0	6,2
<b>Šikmost</b>	2,9	2,4	3,0	2,4
<b>Rozdíl max-min</b>	4980,8	3614,9	5288,8	3581,4
<b>Minimum</b>	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Maximum</b>	4980,8	3614,9	5288,8	3581,4