

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra ekologie lesa**



**Vývoj produktivity bylinného patra po provedení  
těžebního zásahu na experimentální ploše středního lesa  
v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras)**

**Bakalářská práce**

**Autor: Helena Vachudová, DiS.**

**Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.**

**2022**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Helena Vachudová, DiS.

Lesnictví

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

**Vývoj produktivity bylinného patra po provedení těžebního zásahu na experimentální ploše středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras)**

Název anglicky

**Productivity development of the herb layer after the tree harvest on an experimental site in the coppice-with-standards forest in the Nature Reserve Na Voskopě (the Czech Karst)**

### Cíle práce

Zavádění alternativních způsobů obhospodařování lesních porostů, jež byly po delší dobu opuštěny v lesnické praxi, s sebou nese potřebu dlouhodobého výzkumu dopadů navrhovaných opatření na strukturu a diverzitu rostlinných druhů. Klíčové je v tomto směru zkoumat reakci bylinného patra zejména v lesích nižších poloh. V těchto typech lesů jsou zdokumentovány hospodářské postupy aktivně prováděné ještě do poloviny 20. století (managementy nízkého a středního lesa). V přírodní rezervaci Na Voskopě probíhá od r. 2013 experimentální výzkum, kde se transformuje dlouhodobě opuštěný střední les opět na jeho aktivní tvar. Tato práce bude zkoumat postupující dynamiku přirůstání bylinného patra na experimentálních plochách prosvětlených kácením a kontrolních, s paralelním měřením světelných podmínek. Práce má testovat pomocí observační studie dvě hypotézy: (1) zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech; (2) meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy je vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších. Analýza metodou tvorby regresních modelů využije rovněž obdobná data získaná na stejných experimentálních plochách v předcházejících čtyřech sezónách.

### Metodika

Na založených trvalých výzkumných plochách (N = 40) budou v pěti opakováních na každé ploše odebrány vzorky nadzemní biomasy bylinného patra ve čtvercích 0,5 x 0,5 m dle předem zadaného designu. Biomasa bude odebrána na výšku strniště max. 5 cm do papírových pytlíků, dále na vzduchu předsušena a nakonec v laboratoři vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena. Budou nasnímány hemisférické fotografie korunového zápoje, a to vždy v centrálním bodě každé trvalé plochy. Barevné hemisférické snímky budou v prvním kroku upraveny do černobílé podoby v programu GIMP a ve druhém kroku bude provedena jejich analýza v programu WinSCANOPY stran kvantifikace světelných podmínek (přímé a difuzní světlo, index listové plochy LAI). Bude také vypočtena relativní ozářenost. Hodnoty světla budou statisticky vyhodnoceny s ohledem na množství vytvořené biomasy a její prostorovou variabilitu. Získaná data budou porovnána s předešlými daty ze sezón 2014-2017, pořízenými v bakalářských pracích studentů Katedry ekologie lesa. Nedílnou součástí práce bude literární rešerše teoretických aspektů studovaných ekologických souvislostí.

**Doporučený rozsah práce**

30-50 normostran

**Klíčová slova**

teplomilné doubravy, režim světla, bylinné patro, produktivita, biomasa, dynamika, Český kras

---

**Doporučené zdroje informací**

- Bréda N.J.J. (2003): Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. – *Journal of Experimental Botany* 54: 2403–2417.
- Brunet J., Falkengren-Grerup U. & Tyler G. (1997): Pattern and dynamics of the ground vegetation in south Swedish *Carpinus betulus* forests: importance of soil chemistry and management. – *Ecography* 20: 513–520.
- Buckley E.P. (ed.) (1992): *Ecology and management of coppiced woodlands*. – Chapman & Hall, London, 336 p.
- Corney P.M., Le Duc M.G., Smart S.M., Kirby K.J., Bunce R.G.H. & Marrs R.H. (2006): Relationships between the species composition of forest field-layer vegetation and environmental drivers, assessed using a national scale survey. – *Journal of Ecology* 94: 383–401.
- Götmark F., Paltto H., Nordén B. & Götmark E. (2005): Evaluating partial cutting in broadleaved temperate forest under strong experimental control: Short-term effects on herbaceous plants. – *Forest Ecology and Management* 214: 124–141.
- Hedwall P.-O., Brunet J., Nordin A. & Bergh J. (2013): Changes in the abundance of keystone forest floor species in response to changes of forest structure. – *Journal of Vegetation Science* 24: 296–306.
- Hofmeister J., Hošek J., Modrý M. & Roleček J. (2009): The influence of light and nutrient availability on herb layer species richness in oak-dominated forests in central Bohemia. – *Plant Ecology* 205: 57–75.
- Hradilová L. (2010): *Maloškálová prostorová variabilita stanovištních faktorů v dubových lesích a její vztah k druhovému složení bylinného patra*. – Ms., 48 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PŘF MU, Brno]
- Maděra P., Buček A., Úradníček L., Slach T., Friedl M., Machala M., Řepka R., Lacina J., Černušáková L. & Volařík D. (2016): *Starobylé výmladkové lesy – metodika inventarizace, evidence a péče*. – Mendelova univerzita, Brno, 48 p.
- Svenning J.-C. (2002): A review of natural vegetation openness in North-western Europe. – *Biological Conservation* 104: 133–148.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2018

**prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2021

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vývoj produktivity bylinného patra po provedení těžebního zásahu na experimentální ploše středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras) vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 8. 4. 2022

Helena Vachudová



## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především mému vedoucímu práce Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a také Ing. Dominiku Knotovi za asistenci při práci v programu WinSCANOPY.

Díky!

# Vývoj produktivity bylinného patra po provedení těžebního zásahu na experimentální ploše středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras)

## Abstrakt

V přírodní rezervaci Na Voskopě se nachází experimentální plocha, kde od roku 2013 probíhá výzkum zabývající se transformováním dlouhodobě opuštěného středního lesa teplomilné doubravy zpět na jeho aktivní tvar. Zkoumány jsou dopady tohoto managementu na strukturu a diverzitu rostlinných druhů. V této souvislosti zde probíhá řada různých projektů, tato práce se věnuje konkrétně závislosti produktivity bylinného patra na světelných podmínkách po provedení těžebního zásahu na části experimentální plochy a navazuje na předešlé sezóny 2014–2017. Na 40 trvalých zkusných plochách byly odebrány vzorky nadzemní biomasy, které byly poté zpracovány v laboratoři. Na všech plochách byly nasnímány hemisférické fotografie korunového zápoje, následně byly upraveny v programu GIMP, analyzovány v programu WinSCANOPY a získaná data byla vyhodnocena pomocí regresní analýzy v programech R a Statistica. Byla zjišťována závislost hmotnosti odebrané biomasy a koeficientu variability na jednotlivé složky slunečního záření, relativní ozáření a otevřenost oblohy. Prokázalo se, že množství dopadajícího záření má vliv na produktivitu bylinného patra. Byla vykázána silná závislost průměrné hmotnosti biomasy na otevřenost oblohy a na difúzní záření. Pokud bylo uvažováno pouze 30 ploch, na kterých nebyl proveden těžební zásah, přírůst biomasy ovlivnily všechny složky slunečního záření a relativní ozáření, nejvýznamnějším prediktorem bylo záření celkové. Hypotézu, předpokládající, že zvýšený příkon světla do podrostu vede k většímu přírůstu biomasy v původně stinnějších místech, se podařilo potvrdit. Koeficient variability vykázal negativní závislost na difúzní záření na hranici signifikance, jeho důsledkem se tedy porost stává více homogenním, což vzhledem k druhé nastolené hypotéze, která předpokládá vyšší meziroční variabilitu tvorby biomasy ve světlých místech porostu, poukazuje na trend opačný. Výsledky tohoto výzkumu nepochybně ovlivnil provedení těžebního zásahu a s ním spojený zvýšený přísun světla do podrostu, díky kterému postupně dochází k druhové obměně z původních stínomilných rostlin na světlomilné a vytváří se souvislé bylinné patro.

**Klíčová slova:** teplomilná doubrava, střední les, bylinné patro, biomasa, režim světla, produktivita, dynamika, Český kras

# Productivity development of the herb layer after the tree harvest on an experimental site in the coppice-with-standards forest in the Nature Reserve Na Voskopě (the Czech Karst)

## **Abstract**

There is an experimental site in the Nature Reserve Na Voskopě, where research has been running since 2013 to transform the long abandoned coppice-with-standards forest of thermophilous oak forest back to its active form. The effects of this management on the structure and diversity of plant species are researched. In this context, there is a number of different projects undergoing, this thesis is focused specifically on the dependence of herb layer productivity to light conditions after the tree harvest intervention in part of the experimental site and follows after previous seasons 2014–2017. Samples of aboveground biomass were picked on 40 permanent research plots and then processed in the laboratory. At all plots, hemispherical photographs of the canopy forest were taken, subsequently edited in GIMP software, analysed in WinSCANOPY software and the obtained data were analysed by using regression analysis in the software R and Statistica. Weights of biomass samples and coefficient of variation were compared with single types of radiation relative radiation and canopy openness. The amount of incoming radiation affected the productivity of the herb layer. A strong dependence of the average weight of biomass to canopy openness and diffuse radiation was found out. When only the 30 plots without harvesting were considered, biomass growth was affected by all components of solar radiation and relative radiation, with total radiation being the most significant predictor. The hypothesis that the increased light input to the undergrowth leads to higher productivity of biomass in the originally shady places has been confirmed. The coefficient of variability showed a negative dependence to diffuse radiation at the limit of significance, as a consequence of that the growth becomes a more homogeneous, which in view of the presented hypothesis, which assumes a higher interannual variability of biomass production in light areas of the growth, points to the opposite trend. The results of this research were undoubtedly influenced by the tree harvest intervention and the related increased light input to the undergrowth, thanks to which the species turn over from the previous sciophytes to the heliophytes and a homogeneous herb layer is being formed.

**Keywords:** thermophilous oak forest, coppice-with-standards forest, herb layer, biomass, light regime, productivity, dynamics, the Czech Karst

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>11</b>
3.1 Sluneční záření.....	11
3.2 Vliv slunečního záření na rostliny.....	11
3.3 Způsoby stanovení světelných podmínek v porostu .....	13
3.4 Hospodářské tvary lesa .....	14
3.4.1 Výmladkový a sdružený les .....	15
3.5 CHKO Český kras.....	16
3.5.1 Geologie a geomorfologie.....	17
3.5.2 Pedologie.....	17
3.5.3 Hydrologie .....	18
3.5.4 Klima.....	18
3.5.5 Flóra .....	18
3.5.6 Fauna.....	20
3.6 PR Na Voskopě.....	20
3.6.1 Předmět ochrany.....	21
3.6.2 Geologie .....	21
3.6.3 Flóra .....	21
3.6.4 Mykologie .....	22
3.6.5 Fauna.....	22
3.6.6 Lidská činnost .....	23
<b>4 Metodika práce.....</b>	<b>24</b>
4.1 Charakteristika výzkumné plochy.....	24
4.2 Sběr a zpracování biomasy.....	25
4.3 Stanovení světelných podmínek.....	26
4.4 Statistické vyhodnocení dat.....	31
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>33</b>
<b>6 Diskuze.....</b>	<b>42</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>47</b>
<b>8 Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>48</b>
8.1 Literatura.....	48
8.2 Legislativa.....	50
8.3 Internetové zdroje.....	50
<b>9 Přílohy .....</b>	<b>52</b>

# 1 Úvod

V přírodní rezervaci Na Voskopě, která je součástí chráněné krajinné oblasti Český kras, probíhá od roku 2013 experimentální výzkum zaměřený na přeměnu dlouhodobě opuštěného středního lesa zpět na jeho aktivní tvar. Ještě začátkem 20. století se na části této lokality hospodařilo v tzv. nízkém a středním lese. Tyto lesy byly mýceny v nízkém věku a byly využívány hlavně jako zdroj palivového dříví. Obnova lesa byla přirozená, využívala schopnosti dřevin rozmnožovat se pomocí výmladků.

Střední les se od nízkého lišil tím, že při těžbě byla část stromů v porostu ponechána a poté byla smýcena ve vyšším věku, čímž vznikalo i hodnotnější dřevo, při těžbě byla zároveň část stromů vysázena. Vytvořil se tedy les, který měl více etáží. Hospodaření v nízkém a středním lese bylo v lesnické praxi delší dobu opuštěno a lesy byly převáděny na les vysoký, jelikož potřeba palivového dříví se značně snížila.

Nízké a střední lesy jsou však díky své prosvětlenosti, ať už přirozené nebo způsobené těžbou, druhově velmi bohaté. Proto je důležité zkoumat, jaký vliv má toto hospodaření na strukturu a diverzitu porostu a také, jak se dá využít k ochraně vzácných a ohrožených druhů.

V rámci výzkumu vedeném v lokalitě PR Na Voskopě probíhá řada různých projektů. Je zde založena experimentální plocha, na které je v plánu během 30 let postupně po oddílech odtěžovat lesní porost a ponechávat pouze několik stromů, tzv. výstavků. V blízkosti odtěžovaného území je vymezeno i 10 ploch kontrolních, jejichž funkcí je porovnávání rozdílů mezi územím těženým a bezzásahovým. Tato práce bude zkoumat závislost produktivity bylinného patra na světelných podmínkách a jeho změny v souvislosti s těžebním zásahem. Na zkusných plochách budou odebrány vzorky nadzemní biomasy a pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje. Ty budou následně analyzovány a zjištěná data budou vyhodnocena pomocí regresní analýzy.

## **2 Cíle práce**

Cílem práce je zjistit, jak je produktivita bylinného patra ovlivněna množstvím dopadajícího záření, a ověřit dvě pracovní hypotézy. Zaprvé, jestli vede zvýšený světelný příkon do bylinného patra k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech. Zadruhé, zda je meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších. Zjištěné výsledky následně porovnat s daty získanými na stejné experimentální ploše v předchozích čtyřech sezónách.

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Sluneční záření**

Sluneční záření je elektromagnetické vlnění, které se podle hodnoty vlnových délek dělí na několik typů. Prakticky veškeré záření, které dopadá na Zemi (k povrchu atmosféry) má vlnové délky od 280 nm do 3000 nm. Od atmosféry a oblaků se z původních 100 % odrazí zhruba 33 % zpět do prostoru a asi 16 % je atmosférou absorbováno a přeměněno v teplo. Na povrch Země tedy dopadá průměrně 51 % záření, od zemského povrchu se ještě část odrazí a povrch Země tedy pohltí průměrně zhruba 47 % slunečního záření, které dopadlo kolmo k povrchu atmosféry. Skutečné procento slunečního záření, které dopadne na zemský povrch, však závisí na oblačnosti, čistotě ovzduší, úhlu dopadu, tzn. výšce Slunce nad obzorem a tedy na zeměpisné šířce, ročním období a denní době. Míra záření, které zemský povrch nakonec reálně pohltí, závisí i na typu povrchu (Slavíková 1986).

Spektrálně na Zemi dopadají tyto druhy záření: ultrafialové záření v rozsahu vlnových délek 290–380 nm, jehož podíl je nepatrný, jeho intenzita směrem k zemskému povrchu klesá a vyskytuje se převážně v atmosféře. Jeho fotosyntetický a tepelný vliv je minimální, má především vliv destruktivní. Viditelné záření v rozsahu vlnových délek 380–750 nm, které má velmi významný fotosyntetický vliv, ale i tepelný. A infračervené záření o vlnových délkách nad 750 nm, které je významné hlavně v tepelné oblasti (Slavíková 1986, www 1).

Z pohledu ekologie patří sluneční záření mezi jeden z abiotických faktorů, který významně ovlivňuje nejen prostředí, ale i další abiotické faktory ekosystému jako jsou: vodní režim, proudění vzduchu a dostupnost živin v půdě. Sféru jeho vlivu lze rozdělit na dvě základní formy, lze ho chápat jako zdroj světla a zdroj tepla. Světlo je faktorem, podle kterého se orientuje značná část živočichů a rostlin. Tepelné záření ovlivňuje možnosti přežití živočichů a jejich aktivitu, produkční možnosti rostlin, výpar vody do atmosféry a formování oblaků, proudění větru a chemické procesy v půdě (www 1).

### **3.2 Vliv slunečního záření na rostliny**

Na rostliny má nejzásadnější vliv tzv. fotosynteticky aktivní záření (FAR), které svým rozsahem 380 až cca 740 nm (konvenčně 400–700 nm) zhruba odpovídá

oblasti viditelného záření. Toto záření je pro primární producenty jediným přímo využitelným zdrojem energie, který započíná proces fotosyntézy.

Rostliny můžeme podle způsobu adaptace na sluneční záření rozdělit do tří kategorií, na heliofyty (světlo milné rostliny), heliosciofyty a sciofyty (stín milné rostliny). Heliofyty (světlo milné rostliny) rostou na stanovištích se 100% relativní ozářeností a nesnášejí zástín. Jde hlavně o rostliny pouštní, stepní, tundrové a horské, ale i většinu polních plevelů. Heliosciofytům nevadí nadměrný osvit (100% relativní ozářenosti) a snesou i zastínění, v této kategorii se vyskytují druhy travinných a lesních rostlin. Sciofyty (stín milné rostliny) vyžadují zástín a rostou na stanovištích, kde je hodnota relativního ozářenosti vždy pod 100 %. Do této kategorie patří převážně lesní druhy rostlin, ale i vodní ponořené rostliny nebo nezelené rostliny.

Minimální nutnou ozářenost rostlin určuje především kompenzační bod fotosyntézy, což je taková hustota záření FAR, při které se množství vázaného CO<sub>2</sub> při fotosyntéze rovná množství CO<sub>2</sub> vydanému respirací, čistý příjem CO<sub>2</sub> je tedy nula. Pohybuje se od 2,5 Wm<sup>-2</sup> do 20 Wm<sup>-2</sup> dle toho do jaké míry je rostlina na záření adaptována.

V momentě, kdy dopadne sluneční záření do porostu, dochází k jeho kvantitativní, ale i kvalitativní modifikaci. Tyto modifikace se u rostlin odehrávají nejčastěji na listech, dochází na nich k reflexi (odrazu), absorpci (vstřebání) a transmisi (propuštění) (Slavíková 1986). V prostředí lesa jsou tyto modifikace zásadní a mají také vliv na bylinné patro. Jelikož je množství slunečního záření pronikajícího do nitra porostu proti jeho množství nad porostem značně sníženo a též je změněna jeho vlnová délka (chybí především modrá a červená část spektra). Na míru ozářenosti lesního porostu má vliv především hustota porostu a druh dřeviny. Intenzita slunečního záření na povrchu půdy v bukových a smrkových porostech klesá zhruba ke 3–7 %, u borovice a břízy je to 10–20 %. Míra relativní ozářenosti se mění i v rámci jedné koruny stromu, kde uvnitř koruny klesá často také velmi nízko např. u borovice na 10 %, u dubu na 4 %, u smrku na 2,8 % a u hustě olistěného buku až na 1,2 %.

Na přísun slunečního záření do porostu má velmi významný vliv také sezónní aspekt, a to zejména u opadavých listnatých dřevin. Řádově se intenzita záření mimo vegetační období u opadavých listnatých dřevin pohybuje okolo 60–80 % intenzity mimo porost. Tomu je přizpůsoben rytmus vývoje bylinného patra, kde se vytváří



jarní aspekt bylin z druhů, které jsou náročné na intenzitu záření a jejichž vegetační cyklus končí v době olistnění dřevin, např. *Anemone nemorosa* nebo *Ficaria verna*. Poté nastává letní aspekt, který je tvořen druhy, jež nevyžadují tolik záření, např. *Poa nemoralis* nebo *Prenanthes purpurea*. Přisun slunečního záření závisí také na sklonu ozařované plochy a její orientaci ke světovým stranám. V naší zeměpisné šířce jsou energeticky nejbohatší jižní, jihozápadní a jihovýchodní svahy se sklonem 25–30°. Na nich může v létě sluneční záření dosahovat průměrně až 130 % ozáření vodorovné plochy. Nejméně ozářeny jsou severní svahy. Západní a východní svahy jsou ozářeny symetricky, liší se však v tepelné bilanci. To je způsobeno denní dobou, kdy na jednotlivé svahy záření dopadá. Východní svahy jsou chladnější než západní, v horách to ale někdy může být naopak kvůli zvýšené oblačnosti na západních svazích v odpoledních hodinách. Na světelné poměry v lesním porostu má dále také vliv antropogenní činnost, například v podobě pěstebních zásahů, případně narušení abiotickými nebo biotickými činiteli jako jsou např. vítr, požár nebo škůdci (Slavíková 1986, www 1).

### **3.3 Způsoby stanovení světelných podmínek v porostu**

Způsobů stanovení světelných podmínek v porostu je celá řada, v této kapitole budou uvedeny pouze některé z nejběžnějších. Míru světla, které dopadá do podrostu, silně ovlivňuje hustota korunového zápoje. Stanovení velikosti podílu porostních mezer v zápoji je proto zásadní pro určení, kolik světla do podrostu dopadá.

Nejjednodušším a nejméně technicky náročným způsobem je vizuální odhad korunového zápoje. Výhodou této metody je rychlost, je zde však velké riziko subjektivní chyby. Lze také využít geodetických metod, které se používají při zaměřování nejrůznějších objektů pomocí laserového dálkoměru a elektronického kompasu. Ve své práci tuto alternativu jako jednu z metod použila Wernerová (2007).

S rozvojem digitálních technologií se ke stanovení světelných podmínek začaly hojně využívat fotografie. Lze pořizovat jak digitální, tak i klasické analogové. Používá se metoda svisle orientovaných snímků nebo hemisférických. Postup metody svisle orientovaných fotografií vysvětluje Coch et al. (2005). Výhodou této metody je, že není nutné použít speciální objektiv a speciální software pro analýzu

světla. Určení světelných poměrů se provádí v grafických programech, jako jsou Gimp, Adobe Photoshop ap., rozdělením na tmavé a světlé pixely a dle jejich procenta se stanoví otevřenost oblohy. Tuto metodu ve své práci použila například Wernerová (2007).

Při metodě hemisférických fotografií je nutné použít speciální objektiv typu rybí oko, který je širokouhlý a má záměrně velké sférické zkreslení. Tyto objektivy většinou zobrazují úhel kolem 180°, někdy až 220° (www 2). Fotografuje se obvykle pod porostem, ale je to možné i nad porostem (Rich 1990). Dle Frazera et al. (1997) je nejvhodnější snímky pořizovat při rovnoměrně zatažené obloze, případně za jasných dnů v ranních hodinách nebo pozdním odpoledni, kdy je slunce blízko horizontu. Na každém stanovišti je vhodné pořídit několik snímků, každý s jinou expozicí, aby bylo při následné analýze fotografií možné vybrat co nejvěrnější obraz reality. Nejpoužívanějšími programy pro analýzu hemisférických fotografií jsou v současnosti WinScanopy a Gap Light Analyzer. Před použitím těchto programů je nutné fotografie upravit do požadované podoby. Zde je jisté úskalí této metody, jelikož v procesu od postprodukce fotografií až po samotné vyhodnocení výsledků může dojít k chybám vlivem zpracování.

U obou metod se proto doporučuje použití stejného setu fotoaparát, objektiv a nastavení pro minimalizování chyb vlivem zpracování (Jonckheere et al. 2004). Někteří autoři využívají i více zmíněných metod souběžně, obě fotografické metody ve svých pracích kombinují, např. Hradilová (2010) a Makovcová (2013).

### **3.4 Hospodářské tvary lesa**

V závislosti na způsobu vzniku lesa se rozlišují tři jeho hospodářské tvary, les vysoký, les nízký a les střední. Les vysoký (semenný) vzniká ze semene sítí, umělou výsadbou nebo přirozenou obnovou. V České republice jde o nejrozšířenější tvar lesa, vyznačuje se dlouhým produkčním obdobím a vysokou hodnotovou produkcí. Les nízký (výmladkový, pařezina) vzniká pomocí výmladnosti dřevin. Les střední (sdružený) je lesem etážovým, kde spodní etáž vzniká výmladností dřevin a horní etáž nebo etáže tvoří výstavky semenného případně výmladkového původu (Simon & Vacek 2008).

### 3.4.1 Výmladkový a sdružený les

Nízký les je založen na opakované vegetativní obnově pařezovými výmladky, případně i kořenovými. Na rozdíl od lesa semenného se vyznačuje krátkým produkčním obdobím a zpočátku rychlým objemovým přírůstem, z hlediska hodnotové produkce se mu však nevyrovná. Výmladkový les roste na začátku velmi rychle díky možnosti čerpat živiny z živých, již plně vyvinutých kořenových systémů, výškový i tloušťkový přírůst dřevin tak kulminuje o 20–30 let dříve než v lese semenném (Kadavý et al. 2011). Konkrétní doba obmýtí závisí především na optimální výmladnosti, druhu dřeviny, výši očekávané produkce a úrodnosti stanoviště. Pohybuje se nejčastěji v rozmezí od 5 (vrba, líska) do 40 let (dub, habr, buk). Celková produkce dobře pěstovaného výmladkového lesa se produkci lesa semenného vyrovná, těžené dřevo má však výrazně horší jakost, je sukaté, zakřivené a má horší technické vlastnosti. Výmladkový tvar lesa je historicky velmi starý a zároveň vzdálený přírodnímu vývoji lesního ekosystému. Pravidelné ořezávání dřevin, které lze navíc dělat prakticky nepřetržitě, hluboce zasahuje do jejich látkového koloběhu a trvale je udržuje ve fázi dorůstání. Tento tvar lesa měl význam hlavně v minulosti, zejména pro produkci palivového dříví.

Střední neboli sdružený les vzniká tak, že při každém mýcení výmladkové etáže se ponechá nebo vysadí určitý počet jedinců semenného původu, z těchto jedinců pak postupně vznikají horní etáže výstavků nad spodní etáží výmladkovou. Tzv. nepravý střední les vzniká ponecháním nejkvalitnějších jedinců z výmladkové etáže, kteří pak tvoří horní etáž. Ve spodní etáži se pěstují listnaté dřeviny, které mají spolehlivou výmladnost a snášejí stín, jako např. lípy, javory, jilmy, habr, případně jsou využívány i dřeviny vyžadující více světla jako duby, kaštan, olše nebo jasan. Horní etáž tvoří hospodářsky hodnotné dřeviny, nejčastěji duby, případně javory, jilmy, třešeň, modřín, nebo i topoly a bříza. Pěstování středního lesa je odborně náročné, spočívá v udržování optimálního vztahu mezi spodní a horní etáží usměrňováním druhové skladby, počtu výstavků, zápoje, je třeba respektovat růstové vztahy mezi dřevinami atd. Tento tvar lesa byl vyžíván také hlavně v minulosti jako kombinace zdroje palivového dříví ze spodní etáže a zdroje hodnotného dřeva z etáží horních (Kadavý et al. 2011, Simon & Vacek 2008).

Výmladkový a sdružený les jsou v ČR již překonanými hospodářskými tvary lesa, jelikož sloužily primárně k produkci palivového dříví, téměř všechny tyto lesy

byly převedeny na les semenný (Simon & Vacek 2008). Proč tedy dnes pěstovat výmladkové lesy? Tyto lesy jsou velmi významné z hlediska ochrany přírody, díky vysoké druhové diverzitě, ke které přispívá prosvětlenost stanoviště, ať už z důvodu častého smýcení nebo charakteru samotného porostu. Starobylé výmladkové lesy jsou navíc přírodní a kulturně historickou památkou, v těchto lesích lze nalézt pozůstatky velmi starých jedinců a také mnoho druhů rostlin a živočichů je vázáno na tyto starobylé lesy (Fuller & Warren 1993).

### 3.5 CHKO Český kras

Výnosem č. 4947/72-II/2 Ministerstva kultury ČSR byla 12. dubna 1972 téměř na celém území Českého krasu zřízena chráněná krajinná oblast (Výnos č. 4947/72-II/2). CHKO je jednou z kategorií velkoplošného zvláště chráněného území. Zvláště chráněná území jsou nástrojem ochrany přírody a krajiny v ČR. Dělí se na velkoplošná (národní parky, chráněné krajinné oblasti) a maloplošná (národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky, přírodní památky) (Vráblíková et al. 2014).

Chráněné krajinné oblasti jsou určeny pro ochranu rozsáhlejších území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů, s hojným zastoupením dřevin, popřípadě s dochovanými památkami historického osídlení. Hospodářské využívání se provádí podle zón odstupňované ochrany tak, aby se udržoval jejich přírodní stav a byly zachovány a vytvářeny optimální ekologické funkce prostředí. Zpravidla se vymezují čtyři, nejméně však tři zóny odstupňované ochrany, z nichž 1. zóna má ochranu nejpřísnější (Vráblíková et al. 2014).

CHKO Český kras leží mezi Prahou a Berounem, její celková rozloha činí aktuálně 13 226 ha. Zaujímá část území okresu Beroun, okresu Praha-západ a část území obvodu Praha 5. Celkový počet dotčených katastrálních území činí 41, z toho je 12 katastrů úplných a 29 katastrálních území je hranicí CHKO děleno. Tyto plochy spadají pod správu 37 obcí a dvou městských částí. K ochraně mimořádných hodnot zde bylo dosud zřízeno 21 maloplošných zvláště chráněných území a to 2 národní přírodní rezervace, 4 národní přírodní památky, 9 přírodních rezervací a 6 přírodních památek, jejichž celková výměra je 2702 ha (AOPK ČR 2019). Nejvyšším bodem CHKO Český kras je vrchol Bacín vysoký 499 m n. m., nejnižší

polohy této oblasti nalezneme podél toku řeky Berounky (ÚHÚL 2000), nejnižší položený bod se nachází ve výšce 208 m n. m. (AOPK ČR 2018). Území je unikátní z hlediska světové stratigrafie a paleontologie siluru a devonu s dochovanými rozsáhlými plochami společenstev skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů s velmi bohatou květenou a zvířenou. Jde rovněž o největší vápencové území v Čechách se zachovalými společenstvy teplomilných dubových nebo dubohabrových lesů s mnoha druhy rostlin a živočichů, z nichž některé jsou endemickými druhy. Pestrost přírody je zde silně ovlivněna říčním a krasovým fenoménem (ÚHÚL 2000).

### **3.5.1 Geologie a geomorfologie**

Český kras je tvořen převážně vápencovými souvrstvími uloženými v moři prvohorní pražské pánve. Sedimentace zde probíhala nepřetržitě od ordoviku do středního devonu. Typ písčitého a jílovitého sedimentů odpovídá střídání prostředí mělkého a hlubokého moře. Sedimenty nejvyššího ordoviku uchovávají stopy po velkém kontinentálním zalednění jižní polokoule. Začátkem siluru se zde usazovaly černé graptolitové břidlice. Od středního ordoviku se začal uplatňovat podmořský bazaltový vulkanismus, to vedlo k sedimentaci vápenců a vápnitých břidlic. Ve středním devonu byla tato sedimentace dočasně několikrát zatlačena přínosem jílového a písčitého materiálu, což vedlo k ukládání vápnitých a písčitého břidlic až pískovců. Na konci středního devonu moře ustoupilo a uloženiny byly variským vrásněním stlačeny do jednoduchých vrás. Poté došlo ke vzniku směrných přesmyků, podél kterých byly starší vrstvy nasunuty na mladší. Po těchto procesech bylo území po dobu asi 270 miliónů let souší. Až v druhohorách, konkrétně ve svrchní křídě, byl Český kras naposledy zalit mořem. V třetihorách tekla územím pravděpodobně mohutná řeka, která zanechala v oblasti písčité a štěrkovité náplavy. V tomto období také pravděpodobně začaly vznikat krasové jeskyně. Do dnešní podoby se reliéf vyvinul během čtvrtohor. Došlo k zahloubení řeky Berounky i jejích přítoků a vzniku kaňonovitých údolí. Na dně těchto údolí vznikly a místy ještě vznikají travertinové kupy a kaskády (Ložek et al. 2005)

### **3.5.2 Pedologie**

Z pedologického hlediska je CHKO Český kras velmi rozmanitá. Klimazonálně patří k oblasti s hnědozemním půdotvorným procesem (Ložek et al. 2005). Téměř

polovina půd vznikla na silurských a devonských vápencích. Nejrozšířenějším půdním typem je kambizem rendzinová. Dále zde vznikly rendziny až vápnité hnědozemě, v krajních případech litozemě, vyskytují se zde i fosilní půdy typu terra fusca a terra rosa. Na říčních terasách jsou kyselé kambizemě, na kyselých horninách (břidlice, křemence) hnědý ranker až málo vyvinuté kambizemě. V omezené míře se zde objevují i gleje a fluvizemě (Ložek et al. 2005, ÚHÚL 2000).

### 3.5.3 Hydrologie

Berounka a její přítoky tvoří páteř krajiny. Vzniká soutokem Mže a Radbuzy v Plzni, v Lahovicích se vlévá do Vltavy, která je dále odvodněna do Severního moře. Celkový odtok z Českého krasu činí zhruba  $3,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  a výpar je asi 77 % průměrného ročního úhrnu srážek. Z hlediska dlouhodobého specifického odtoku je území CHKO klasifikováno jako oblast se zvýšeným odtokem podzemních vod (Ložek et al. 2005). Oběh podzemních vod, ať hlubinný či mělký, je zde velmi složitý, malá část podzemních vod v CHKO také vyvěrá (AOPK ČR 2019).

### 3.5.4 Klima

Jádro a západní část Českého krasu leží v mírně teplé klimatické oblasti, která se zde vyznačuje dlouhým, teplým, suchým létem a krátkou, mírně teplou, suchou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. Severovýchodní část území leží v teplé klimatické oblasti, která je však oproti mírné oblasti jen mírně sušší a na jaře a na podzim mírně teplejší. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje mezi 8–9 °C, průměrný roční úhrn srážek je cca 480–530 mm a srážkové maximum připadá na červenec. Díky členitému terénu a charakteru rostlinného pokryvu se zde výrazně projevují mikroklimatické vlivy, zejména teplotní inverze. V níže položených roklích se drží chladný vzduch, naopak na jižních svazích vyšších kopců vzniká suché a teplé mikroklima (Ložek et al. 2005, AOPK ČR 2018).

### 3.5.5 Flóra

Rostlinstvo Českého krasu je ovlivněno geologickým, převážně vápencovým podložím, specifickou geomorfologií krajiny, sousedstvím teplejších a sušších regionů xerothermní květenné, oblasti, mikroklimatickými jevy a také lidskou činností (Ložek et al. 2005). Třicet osm procent území zaujímá les, ve kterém převažují různé

typy habrových doubrav. Vyskytuje se zde cca 80 druhů původních keřů a stromů, často se jedná o vzácnější dřeviny jako je dřín obecný (*Cornus mas*), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*) nebo dub pýřitý (*Quercus pubescens*), který je dominantou lesostepí. Rostou zde také dva endemity, jeřáb krasový (*Sorbus eximia*) a jeřáb barrandienský (*Sorbus barrandienica*) (Hausmannová et al. 2012).

Pro oblast je charakteristický výskyt teplomilných a suchomilných druhů a také druhů středoevropské lesní květeny (Ložek et al. 2005). V lesích, v lesostepích a na pastvinách se nachází téměř 20 druhů planých orchidejí, např. rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*), korállice trojklanná (*Corallorhiza trifida*) nebo vstavač nachový (*Orchis purpurea*). Lesy na vápenci jsou charakteristické druhově velmi bohatým bylinným patrem (Hausmannová et al. 2012), roste zde např. třemdava bílá (*Dictamnus albus*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), hrachor panonský (*Lathyrus pannonicus*), kamejnice modronachová (*Lithospermum purpureocaeruleum*), vstavač nachový (*Orchis purpurea*), kavyl Ivanův (*Stipa pennata*), rozrazil klasnatý (*Veronica spicata*), oman srstnatý (*Inula hirta*), prvosenka jarní (*Primula veris*) nebo hadí mord nachový (*Scorzonera purpurea*) (ÚHÚL 2000). Na slunných skalnatých výchozech, v suchých trávnících a v teplomilných doubravách se vyskytují např. tařice skalní (*Aurinia saxatilis*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*) nebo rozchodníky z rodu *Sedum*. Protikladem slunných skal jsou vlhké, stinné skály v údolí řeky Berounky, kde roste např. lomikámen vždyživý (*Saxifraga paniculata*) nebo hvozdík sivý (*Dianthus gratianopolitanus*) (Hausmannová et al. 2012). V CHKO Český kras se nachází také řada druhů s reliktním rozšířením např. rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*), lipnice bádenská (*Poa badensis*), hlaváček jarní (*Adonis vernalis*), trýzel škardolistý (*Erysimum crepidifolium*), kavyl tenkolistý (*Stipa tirsia*) nebo včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*) (ÚHÚL 2000).

Vápencové podloží v kombinaci s teplým podnebím je ideální pro výskyt hub, kterých zde bylo objeveno kolem 1 000 druhů. Tato lokalita je mykologicky významná celorepublikově, pro mnohé vzácné druhy jde o největší celistvé lokality jejich výskytu u nás. Kromě vysokého počtu hřibovitých zde roste např. muchomůrka císařka (*Amanita caesarea*), pavučinec nancynský (*Cortinarius nanceiensis*), pazoubek zelený (*Microglossum viride*), lanýž letní (*Tuber aestivum*) nebo kukmák dřevní (*Volvariella caesiotincta*) (Hausmannová et al. 2012).

### 3.5.6 Fauna

Zvířena je na území Českého krasu stejně pestrá jako rostlinstvo. Bohatě je zde zastoupena především zvířena bezobratlých. Prozkoumanost území a skupin živočichů je nerovnoměrná. Tradičně studovaní jsou zde měkkýši, typickými zástupci Českého krasu jsou např. kuželovka skalní (*Pyramidula pusilla*) nebo ovsenka skalní (*Chondrina avenacea*). Další dobře prozkoumanou skupinou jsou pavouci, z nichž se zde vyskytuje např. stepník rudý (*Eresus kollari*). Hojně jsou zastoupeni motýli, z nichž zde bylo zjištěno přes 2 200 druhů a např. populace kriticky ohroženého okáče metlicového (*Hipparchia semele*) je zde pravděpodobně nejpočetnější v ČR. Z dalších významných druhů hmyzu se zde vyskytuje např. kriticky ohrožená saranče německá (*Oedipoda germanica*) nebo jednotlivě ploskoroh pestrý (*Libelloides macaronius*). Ze vzácných druhů plazů se zde nachází např. užovka hladká (*Coronella austriaca*), užovka podplamatá (*Natrix tessellata*) nebo ještěrka zelená (*Lacerta viridis*). Z ptáků zde hnízdí naše největší sova výr velký (*Bubo bubo*), holub doupňák (*Columba oenas*), datel černý (*Dryocopus martius*) nebo včelojed lesní (*Pernis apivorus*). Díky krasovým jevům jsou zde hojně zastoupeni letouni, celkem zde bylo zjištěno 19 druhů netopýrů a vrápenců. Na jediném místě CHKO zde přežívá také původní populace sysla obecného (*Spermophilus citellus*) (Hausmannová et al. 2012).

### 3.6 PR Na Voskopě

Přírodní rezervace Na Voskopě byla zřízena v roce 2012 nařízením č. 1 / 2012 Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras. Rozkládá se na území Středočeského kraje v katastrálním území Suchomasty, její rozloha je téměř 31,5 ha a nadmořská výška se pohybuje v rozmezí 392–473 m n.m. Jde o západní a jihozápadní svahy vrchů Na Voskopě a Újezdce. Pokusy o zřízení přírodní rezervace probíhaly už od roku 1999, problémem však byla těžební činnost. Území dnešní PR Na Voskopě je totiž součástí dobývacího prostoru Suchomasty I, který byl stanoven v roce 1975. Velkolom Čertovy schody, kde stále probíhá těžba vápence, zasahuje v současné době až k hranici PR (Nařízením č. 1 / 2012, SCHKO Český kras 2012).



### 3.6.1 Předmět ochrany

Hlavním předmětem ochrany přírodní rezervace jsou dnes ekosystémy dubohabřin, teplomilných doubrav, vápnomilných bučin, dřínových doubrav, pěchavových trávníků včetně maloplošných reliktních borů a ekosystémy kostřavových trávníků. Co se týče ochrany druhů, jde hlavně o krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*), okrotici červenou (*Cephalanthera rubra*), hřib Fechtnerův (*Boletus fechtneri*), hřib královský (*Boletus regius*), vřetenušku chrastavcovou (*Zygaena osterodensis*), lišejníkovce malého (*Setina roscida*) a užovku hladkou (*Coronella austriaca*). Významným předmětem ochrany je také samotný geologický reliéf s krasovými jevy (SCHKO Český kras 2012).

### 3.6.2 Geologie

Geologický podklad území tvoří bílé masivní biodetritické mělkovodní koněpruské vápence. Tyto vápence vznikaly především z vápnitých schránek asi pěti set druhů mořských bezobratlých živočichů, kteří žili v tropickém moři a vytvářeli v oblasti nedalekého Zlatého koně útes, jehož osypová část byla zřejmě na území PR. Výchozy koněpruských vápenců na území PR téměř nejsou, pouze v několika malých lůmcích, které jsou již téměř zcela zarostlé. Především v severní části PR jsou vápence hojně zkrasovělé. Krasové kapsy jsou otevřené k povrchu a vyplněné klastickým materiálem (písky a jíly). Stáří výplní není doloženo, ale předpokládá se, že pocházejí z druhohor, případně třetihor a čtvrtohor. Vyskytují se zde i podpovrchové krasové jevy (SCHKO Český kras 2012).

### 3.6.3 Flóra

Z floristického hlediska se jedná o mimořádně hodnotnou lokalitu. Většinu území tvoří dubohabřiny svazu *Carpinion*, jde o nízkokmenné habrové a subtermofilní doubravy (*Melampyro-Carpinetum*, *Corno-Quercetum*) přecházející do rozvolněných bývalých pastevních lesů. V těchto porostech se nachází bohaté bylinné patro se silně ohroženými druhy sasanky lesní (*Anemone sylvestris*) a krušíku růžkatého (*Epipactis muelleri*). V severní a střední části PR Na Voskopě se nachází ve vlhčích polohách bukové porosty svazu *Fagion*, ve kterých se vyskytují ležící i stojící odumřelé kmeny, jež vytváří vhodné podmínky pro život vzácných bezobratlých. V severní části je (také) vápnomilná bučina podsvazu

*Cephalanthero-Fagenion* s výskytem pěchavy vápnomilné (*Sesleria calcarea*) a ohroženého zimostrázku nízkého (*Polygala chamaebuxus*), která přechází ve fragment vápencového boru. Na mělké půdě jihozápadních svahů se nachází teplomilné doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*, ve kterých se vyskytují ohrožené druhy dřínu obecného (*Cornus mas*) a dubu pýřitého (*Quercus pubescens*).

Nejcennějšími porosty nelesní vegetace jsou pěchavové trávníky svazu *Seslerio-Festucion pallentis*, zde se vyskytuje velká populace silně ohroženého koniklece lučního (*Pulsatilla pratensis*) a xerothermní trávníky svazu *Helianthemo cani-Festucion pallentis*, které v severní části přechází do kostřavových trávníků svazu *Festucion valesiaca*. Z chráněných druhů se zde dále (také) nachází ohrožená chrpa chlumní (*Cyanus triumfettii*). Tyto porosty lze označit za primární bezlesí a jsou druhově velmi pestré na rozdíl od porostů sekundárního bezlesí, kde se vyskytují sveřepové trávníky (*Bromion*).

Dalšími významnými druhy, které se v PR Na Voskopě vyskytují, jsou kostřava walliská (*Festuca valesiaca*), lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*) nebo devaterník tmavý (*Helianthemum grandiflorum*), z dřevin jeřáb muk (*Sorbus aria*), jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), jeřáb dunajský (*Sorbus danubialis*) nebo třešeň ptačí (*Prunus avium*) (Sádlo 2001, Šamonil & Špryňar 2001, SCHKO Český kras 2012).

#### 3.6.4 Mykologie

Z mykologického hlediska je PR Na Voskopě také velmi významná, bylo zde objeveno přes 300 druhů hub. Jedná se o jedno z nejbohatších nalezišť teplomilné mykoflóry Českého krasu dokonce až celých středních Čech. Vyskytuje se zde vysoký počet vzácných i potenciálně až kriticky ohrožených druhů, zejména pavučince z podrodu *Phlegmacium* a hříby, zejména hřib Fechtnerův (*Boletus fechtneri*) a hřib královský (*Boletus regius*) (Fellner & Landa 2001).

#### 3.6.5 Fauna

I zastoupení živočichů je v PR Na Voskopě druhově velmi rozmanité, taktéž se zde nacházejí některé vzácné nebo až kriticky ohrožené druhy. Bylo zde zjištěno přes 750 druhů motýlů, z nichž patrně nejvýznamnější jsou kriticky ohrožení vřetenuška chrastavcová (*Zygaena osterodensis*), lišejníkovec malý (*Setina roscida*) a ohrožený přástevník užankový (*Hyphoraia aulica*). Z blanokřídlých se zde vyskytují např.

ohrožení čmeláci *Bombus lapidarius*, *B. pascuorum*, *B. soroensis*, *B. sylvarum* a *B. terrestris*. Brouci jsou mimo jiné zastoupeni šesti reliktními druhy (dřepčící *Aphthona herbigrada*, *Longitarsus helvolus* a *Psylliodes instabilis*, nosatci *Acalles echinatus* a *Rutera hypocrita*, větevníček *Choragus sheppardi*). Dále zde bylo nalezeno několik vzácných druhů pavouků. Z ptáků jsou zde zastoupeny druhy smíšeného a listnatého lesa a druhy otevřených stanovišť např. výr velký (*Bubo bubo*), krutihlav obecný (*Jynx torquilla*) nebo holub doupňák (*Columba oenas*). Z plazů je zde např. malá populace silně ohrožené užovky hladké (*Coronella austriaca*) (SCHKO Český kras 2012, Hejda et al. 2017)

### 3.6.6 Lidská činnost

Lidská činnost bezpochyby velmi ovlivnila dnešní podobu území, na kterém se rozkládá PR Na Voskopě. Docházelo zde, stejně jako v ostatních částech Českého krasu, k prolínání lesního a zemědělského hospodaření. Lesní porosty byly využívány na produkci dřevní hmoty, pastevně, k hrabání steliva a získávání letniny. Současná podoba vegetace PR Na Voskopě je pravděpodobně výsledkem velmi specifického, intenzivního a dlouhodobého managementu. Ten spočíval hlavně v pastvě dobytka kombinované s výmladkovým hospodařením v lese. Dalšími zásahy do porostního prostředí bylo pravděpodobně hrabání opadu pro stelivo a těžba letniny. Tento způsob hospodaření se samozřejmě odrazil v druhovém složení porostů a v jejich vzhledu. Vznikly zde na velkých plochách rozvolněné lesy zakrslých stromů vegetativního původu s xerotermním podrostem. Podobný typ porostů se dodnes běžně vyskytuje na Balkáně. Pouze na stinnějších expozicích a hlubších půdách byly kmeny vyšší. Tento management zde pravděpodobně probíhal ještě počátkem dvacátého století. Dále zde probíhalo a dosud probíhá myslivecké hospodaření, na území se nachází honitba Suchomasty – Málkov. Určitá míra disturbance způsobená zvěří má tedy také vliv na podobu místní vegetace. Území také sloužilo k těžbě nerostných surovin, o tom svědčí četné a různě staré drobné selské lůmky. Kromě toho se v jihozápadní části PR Na Voskopě nachází pozůstatky židovského hřbitova (SCHKO Český kras 2012).

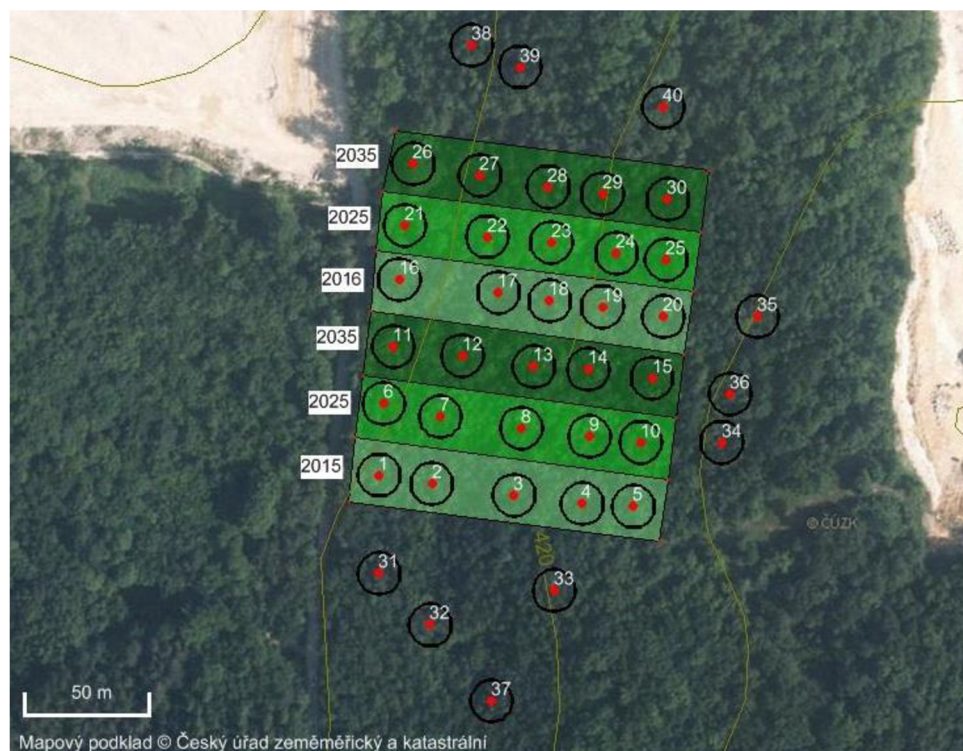
## 4 Metodika práce

### 4.1 Charakteristika výzkumné plochy

Výzkum byl prováděn na experimentální ploše v přírodní rezervaci Na Voskopě, založené v roce 2013. Na experimentální ploše orientované na západ s průměrným sklonem svahu 18 stupňů je umístěno celkem 40 kruhových zkusných ploch (viz obr. 1), ze kterých byly odebírány vzorky biomasy bylinného patra. Třicet kruhových zkusných ploch leží v obdélníku o rozloze 1,9 ha, který je rozdělen na 6 pravidelných oddílů 125 m dlouhých a 25 m širokých, každý oddíl obsahuje 5 kruhových ploch. Zbylých 10 kruhových zkusných ploch je rozmístěno nepravidelně v okolí obdélníku a slouží jako plochy kontrolní, bezzásahové (Hroník 2014).

Každá kruhová zkusná plocha má průměr 17 m, v jejím středu je umístěn geodetický bod, střed je rovněž zaměřen GPS souřadnicemi. Plochy jsou též očíslovány. Nejbližší strom je označen číslem dané plochy, případně ve vytěžených oddílech je u plochy umístěna očíslovaná tyč.

Na území probíhá několik dlouhodobějších výzkumů, plán prací zahrnuje postupně po oddílech odtěžovat pravidelnou obdélníkovou plochu a ponechávat pouze několik výstavků. Funkcí kontrolních ploch je porovnávání rozdílu mezi územím těženým a bezzásahovým. V současné době jsou dva oddíly odtěženy (z toho jeden je oplocen) a čtyři neodtěženy. V ideálním případě by se mělo těžit jednou za 10 let vždy po dvou oddílech. Podle původního plánu měl první těžební zásah proběhnout v roce 2014, proběhl však až v letech 2015 a 2016, následovat by měla těžba v letech 2025 a 2035.



**Obr. 1** – Schéma rozmístění trvalých zkusných ploch v PR Na Voskopě (Zdroj: Hroník 2014, upraveno)

## 4.2 Sběr a zpracování biomasy

Vzorky je nutné odebírat kolem vrcholu vegetační sezóny pro lesní společenstva, tedy v období od konce června do konce července. Mnou odebrané vzorky jsou z léta roku 2018. Z každé kruhové zkusné plochy o průměru 17 m je odebráno pět vzorků, přičemž jednotlivé vzorky se odebírají z dílčích plošek o rozloze 0,5 m<sup>2</sup>. Rozmístění plošek o velikosti 0,5 m<sup>2</sup> je v kruhu pevně stanoveno následovně: první ploška je umístěna 1 m nad středovým geodetickým bodem, druhá ploška 5 m po spádnicí nad středem, třetí ploška 5 m vpravo od středu, čtvrtá ploška 5 m po spádnicí směrem dolů od středu a pátá ploška 5 m vlevo od středu. Na každé této dílčí plošce byly odebrány vzorky nadzemní biomasy bylin na výšku strniště zhruba 2 cm. Sběr probíhal pomocí kovového rámečku o velikosti 0,5 × 0,5 m, který byl vždy přiložen na zvolené místo dle schématu výše. Biomasa z jednotlivých plošek se ukládala do papírových pytlíků číslovaných dle kruhových zkusných ploch a dílčích čtvercových plošek. Celkem bylo tedy odebráno 200 vzorků. Odebranou biomasu bylo dále nutné vysušit tak, aby dosáhla konstantní nulové vlhkosti. Nejprve proběhlo sušení při pokojové teplotě, poté dosušení v laboratorní sušárně

Venticell 404 při teplotě 105 °C, které trvalo dvanáct hodin. Zbavit biomasu vlhkosti bylo nutné kvůli následnému vážení. Jednotlivé vzorky byly váženy na digitální váze s přesností na setinu gramu. Všechny vzorky byly váženy i s papírovým pytlíkem, v kterém byly uloženy. Proto bylo poté nutné zjistit váhu průměrného pytlíku a odečíst ji jako táru od jednotlivých vzorků. Hodnota byla určena navážením 10 prázdných papírových pytlíků s rozdíly ve váze v řádu jednotek procent, tudíž použití jednotné táry průměrného pytlíku způsobilo jen zanedbatelnou chybu při kvantifikaci produkce biomasy. Dále bylo nutné převést hodnotu každého vzorku na 1 m<sup>2</sup> a následně ještě vypočítat průměrnou hmotnost produkce biomasy na jednotlivých zkusných plochách, koeficient variability a směrodatnou odchylku. Pro zadání a výpočet dat byl použit program Microsoft Excel.

Můj odběr biomasy z roku 2018 navazuje na předchozí odběry provedené na této experimentální ploše v letech 2014–2017 v sérii bakalářských prací (Mevald 2016, Špale 2017, Dudová 2018).

### 4.3 Stanovení světelných podmínek

Pro stanovení světelných podmínek byla použita metoda hemisférických fotografií korunového zápoje. Fotografie bylo nutno pořídit v ranních hodinách nejlépe při zatažené obloze, aby se minimalizovalo nežádoucí přesvětlení snímků slunečním kotoučem a nedocházelo tak k chybnému vyhodnocení světelných podmínek při následné analýze.

V předchozích letech byly snímky standardně fotografovány koncem srpna, v mém případě byly však pořízeny již koncem června, kvůli předpokládaným extrémním klimatickým podmínkám, které by měly nežádoucí vliv na výsledky analýzy (nebezpečí zvýšené defoliace korun vlivem sucha).

Hemisférické fotografie korunového zápoje byly pořízeny digitálním zrcadlovým fotoaparátem *Canon EOS 1100D* s objektivem *Sigma 4.5 mm F 2.8 EX DC HSM Circular Fisheye*. Jak již napovídá název objektivu, jde o objektiv typu rybí oko, který je širokoúhlý a má záměrně velké sférické zkreslení. V tomto případě šlo o úhel 180°.

Pro pořízení hemisférických fotografií byly na fotoaparátu nastaveny tyto parametry: *clona f/8, citlivost ISO 100, měření expozice* na celoplošné se zdůrazněným středem, *autorotace* byla vypnuta. Snímky byly ukládány do formátu

JPEG kvality L (large – vysoká kvalita) s rozlišením  $4272 \times 2848$  pixelů. Byla také použita funkce automatický *bracketing* expozice, jde o funkci kompenzace expozice, která umožní pořídit tři snímky s různou expozicí. Vznikne tedy standardní, tmavší a světlejší snímek. Možnost výběru a porovnání tří snímků s různou světelností vedla k výběru jedné finální fotografie s optimální expozicí pro následnou úpravu snímku a vlastní analýzu světelných podmínek na jednotlivých zkusných plochách.

Při focení byl fotoaparát připevněn na stativu ve výšce 1,3 metru nad zemí a umístěn do středu kruhové zkusné plochy nad geodetický bod. Tělo fotoaparátu bylo kolmo na středovou osu, objektivem k obloze, horním okrajem orientováno na sever. K vyrovnaní na horizontálu byla použita vodováha umístěná na fotoaparátu v sáňkách pro blesk. Vyfocení bylo provedeno pomocí časové samospouště. Před samotným pořízením fotografie bylo nutné zakleknout pod fotoaparát, aby na snímcích nebyla vidět osoba, která s fotoaparátem pracuje. Na obrázku 2 níže je ukázka hemisférické fotografie.



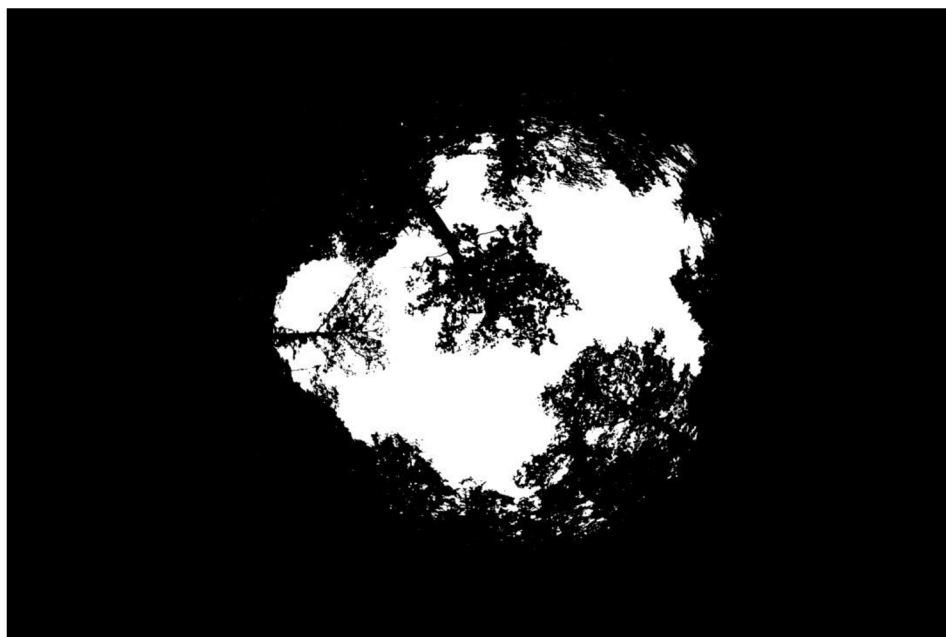
**Obr. 2** – Hemisférická fotografie z kruhové zkusné plochy č. 16

Následovalo zpracování a vyhodnocení pořízených hemisférických fotografií korunového zápoje. Prvním krokem bylo přejmenování jednotlivých snímků podle ploch, kterým příslušely. Dále již následovala úprava fotografií v grafickém programu GIMP 2 (Kimball et al. 2008), jejímž cílem bylo převést fotografie na

černobílé snímky bez tónových přechodů (viz obr. 3). Tento formát snímků byl třeba pro práci v dalším programu.

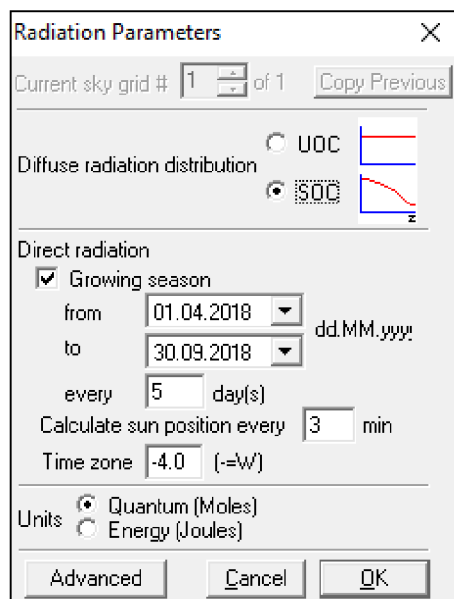
Jelikož každá zkusná plocha byla vyfotografována třikrát s různou expozicí, bylo nutné vybrat snímek, který nejlépe reprezentuje skutečnost. Rozhodující bylo, aby fotografie nebyla příliš přesvětlená nebo naopak příliš tmavá a nedocházelo tak ke ztrátě detailu. Vybrané fotografie byly v programu upravovány jednotlivě a manuálně. Nejprve byla zvolená fotografie duplikována, aby bylo možné porovnat věrnost výsledného snímku s originálem, k případnému porovnání byly v některých případech použity i dvě zbylé nevybrané varianty hemisfér. V nabídce *Barvy* byla vybrána položka *Odstín-sytost*, zde byly u žluté a zelené barvy stáhnuty *Odstín*, *Světlost* a *Sytost* na minimum. Pak, opět v nabídce *Barvy*, byla vybrána položka *Práh*, která slouží k převedení fotografie do požadovaného černobílého formátu bez tónových přechodů. Zde se pomocí posouvání táhla a porovnávání s originálním snímkem vybírá, která hodnota prahu bude optimální, aby u výsledného snímku nedocházelo k zániknutí některých prvků. Některé fotografie bylo nutné po vyprahování ještě retušovat nástrojem *Klonování* nebo *Štětec*, protože například odlesky na stromech nebo zemi byly zobrazovány jako bílé plochy (tj. falešná obloha). Bílé plochy byly určeny pouze pro znázornění přímo viditelné oblohy, tedy míst, kterými proniká skrz koruny stromů světlo.





*Obr. 3 – Hemisférická fotografie převedená do černobílého formátu bez tónových přechodů (zkusná plocha č. 16)*

Takto upravené fotografie byly v dalším kroku zpracovány v programu WinSCANOPY (Regent Instruments 2012), který slouží už k vlastní analýze světelných podmínek na daných stanovištích. Prvním krokem při práci v tomto programu je vytvoření konfiguračního souboru. Nebylo však nutné vytvořit nový konfigurační soubor, jelikož v rámci standardizace metodického postupu, byl použit již existující soubor (stejný soubor jako v minulých letech). V nabídce *Misc* byla vybrána položka *Load configuration* a příslušný soubor byl nahrán do paměti programu. Poté byla v nabídce *Radiation* vybrána položka *Radiation parameters*, kde byla nastavena *Growing season* neboli délka vegetační doby daného stanoviště od 1. 4. 2018 do 30. 9. 2018 (viz obr. 4).



**Obr. 4** – Dialogové okno pro zadání vegetační doby

V nabídce *Hemisphere* pod položkou *Camera & Lens* bylo zkontrolováno, zda zadaný formát souhlasí s formátem fotografií a zda jsou příslušné údaje správné. V mém případě tedy souhlasily hodnoty pro formát 4272 × 2848 px *Radius* 1193, *Centre* 2112 H a 1416 V. Následně bylo nutné hemisférické fotografie nahrávat do programu jednotlivě a u každé zvlášť nastavit požadované parametry. V nabídce *Hemisphere* byla zvolena položka *Duplicate last*, poté se zobrazilo okno *Identification* a zde byly zadány tyto parametry: *Orientation* 0° (sever), *Height* (výška umístění objektivu) 1,3 m, *Plot* (uživatelský název příslušné plochy), *Altitude* dle příslušné plochy, *Latitude* 49.91, *Longitude* 14.07 (geografické souřadnice, které byly pro zjednodušení zadány u všech ploch stejně), *Slope* a *Aspect* dle příslušné plochy, *Analyst* (jméno autora) (viz obr. 5). Po potvrzení tlačítkem *OK* proběhlo zpracování snímku, pro uložení analýzy prvního snímku byla zvolena možnost *Create one* a byl vytvořen nový textový soubor. Při ukládání analýzy dalších fotografií byla zvolena možnost *Open one* a nová data byla uložena do již vytvořeného souboru. Analýzou v programu WinSANOPY byly získány tyto údaje charakterizující jednotlivé zkusné plochy: hodnota přímého záření, hodnota difúzního (rozptýleného) záření, hodnota celkového záření (přímého + difúzního), hodnota relativní ozářenosti, procento otevřené oblohy a počet pixelů na fotografii znázorňujících oblohu. Číselné hodnoty intenzity světla jsou vyjádřeny v jednotce toku fotonů mol.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>.

Obr. 5 – Dialogové okno pro zadání informací o fotografii

#### 4.4 Statistické vyhodnocení dat

Data, která byla naměřena v tomto výzkumu, mají dvojitou povahu, jde buď o závislé, nebo nezávislé proměnné. Závislými proměnnými jsou hodnoty hmotnosti biomasy a koeficient variability, hodnota těchto dat se mění v závislosti na okolních podmínkách, tzn. na nezávislých proměnných, kterými jsou hodnoty dopadajícího slunečního záření a hodnoty určující míru otevřené oblohy nad zkusnými plochami.

Upravená tabulka s potřebnými daty (viz příloha 2) byla uložena do formátu *csv* (*comma separated values*) a tím byla připravena pro zpracování ve statistickém programu R (R Core Development Team 2018). Příkazem *read.table* se v programu R načetla data ze souboru *csv* do objektu typu *dataframe*. Příkazem *str* (*structure*) se zobrazil přehled naměřených dat a proběhla jejich kontrola, poté byla tato data příkazem *attach* uložena do paměti programu. Dále byly zjištěny minimální, průměrné a maximální hodnoty všech proměnných, nejprve závislých, poté nezávislých a byla vypočtena korelace hodnot nezávislých proměnných *gapfract* a *open* příkazem *cor*. Byla zjištěna téměř stoprocentní korelace, a jelikož mají tyto veličiny stejnou vypovídající hodnotu, pro následnou analýzu byla použita pouze proměnná *gapfract*. Také byly vytvořeny grafy znázorňující vzájemnou závislost vypočítaných proměnných pro sluneční záření pomocí příkazu *plot*. Použitím knihovny *nlme* (Pinheiro et al. 2018) byl vytvořen základní regresní model pomocí

funkce *gls*, v tomto modelu stejně jako ve všech následujících byla doplňujícím parametrem prostorová autokorelace (tento parametr poskytuje informaci o pozici jednotlivých zkusných ploch v prostoru). Funkce *gls* (*generalized least squares*) počítá tzv. marginální modely patřící do rodiny lineárních modelů se smíšenými efekty (*mixed effects models*). V rámci marginálních modelů se neuvažuje efekt náhodných proměnných, ale uvažuje se pouze o korelační struktuře v hodnotách nezávislé proměnné a také zahrnujeme samozřejmě pevné efekty použitých prediktorů (tj. nezávislých proměnných). Jako závislá proměnná byla zvolena průměrná hmotnost biomasy, poté byl příkazem *anova* proveden test statistické významnosti nezávislých proměnných. Pro hledání tzv. parsimonního (tj. maximálně jednoduchého) modelu byly postupně odstraňovány nevýznamné prediktory počínaje vždy prediktorem s numericky nejvyšší dosaženou hodnotou statistické signifikance, přitom za významné jsou považovány hodnoty *p-value* nižší než 0,05. U vytvořeného parsimonního modelu byla příkazem *summary* zobrazena podrobnější analýza, která mimo jiné uvádí, zda je závislost mezi daným prediktorem a závislou proměnnou pozitivní nebo negativní. Dalším krokem byl výpočet síly modelů pomocí příkazu *r.squaredLR* ze samostatné knihovny *MuMin* (Bartoň 2018). Koeficient determinace  $R^2$  (*r-squared*) udává vysvětlené procento variability závislé proměnné pomocí použitých nezávislých proměnných. V dalším kroku byl vytvořen statistický model stejného typu pouze pro část dat s vyřazenými vykácenými zkusnými plochami. Na závěr byly pomocí příkazu *plot* vytvořeny k daným statisticky významným modelům doplňkové grafy vizualizující nalezené závislosti.

Další část statistického vyhodnocení proběhla v programu Statistica (StatSoft Inc. 2013). Pro práci v tomto programu bylo opět nutné upravit tabulku s daty, zejména seřadit hodnoty jednotlivých proměnných podle hodnot relativní ozářenosti od nejnižší po nejvyšší, a poté díky tomu rozdělit plochy na světlé a tmavé, dále označit plochy, které jsou lesní, plochy, které jsou vykáceny a dopočítat meziroční variabilitu (provedeno v programu MS Excel). Přizpůsobená tabulka byla nahrána do programu Statistica, v nabídce *Grafy* byla vybrána ikona *Krabice* a bylo zobrazeno dialogové okno *2D krabicové grafy*, zde bylo nutné zadat všechny parametry pro tvorbu grafu a statistické vyhodnocení, poté byla upravena vizuální podoba grafu. Takto byly postupně vytvořeny krabicové grafy (*box plots*) pro požadované proměnné.

## 5 Výsledky

Porovnávány byly hmotnosti nasbírané biomasy a koeficient variability s jednotlivými druhy záření, také byl zkoumán vliv otevřenosti stanoviště. Výsledky analýz zobrazují následující tabulky a grafy. Tabulka 1 vysvětluje význam zkratk jednotlivých proměnných použitých ve výstupech níže.

*Tab. 1 – Význam zkratk jednotlivých proměnných*

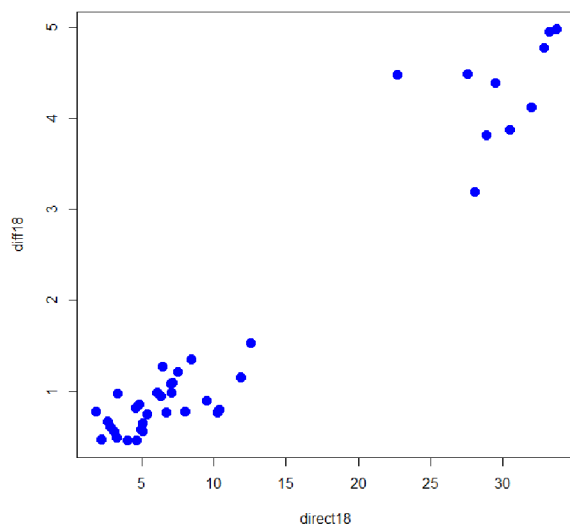
Zkratka proměnné	Význam (jednotka)
Mean	Průměrná hmotnost biomasy ( $\text{g.m}^{-2}$ )
Direct	Hodnota přímého záření ( $\text{mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ )
Diff	Hodnota difúzního (rozptýleného) záření ( $\text{mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ )
Total	Hodnota celkového záření ( $\text{mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ )
Fsun	Hodnota relativní ozáření (%)
Cv	Koeficient variability (-)
Open	Procento otevřené oblohy (reálná hodnota) (%)
Gapfract	Podíl pixelů na fotografii znázorňující oblohu (matematické vyjádření otevřenosti oblohy) (%)

V tabulce 2 je uveden přehled rozpětí měřených hodnot, získaný explorativní analýzou dat.

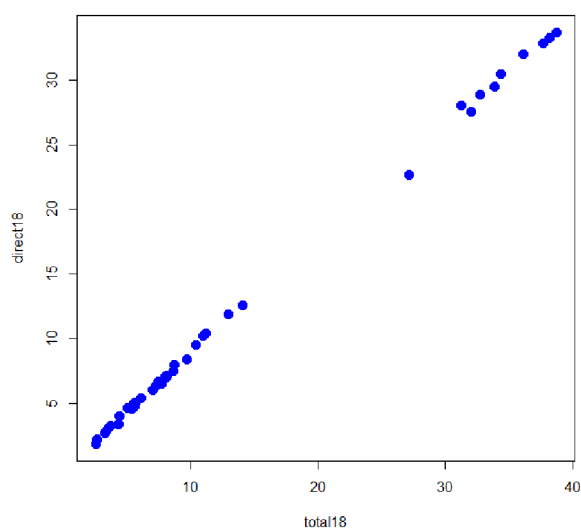
*Tab. 2 – Rozpětí naměřených hodnot sledovaných proměnných*

Název proměnné	Minimum	Průměr	Maximum
Mean 2018	0,8	42,0	241,6
Cv 2018	0,2	0,5	1,3
Gapfract 2018	5,2	20,4	60,7
Open 2018	5,6	21,9	64,8
Direct 2018	1,8	12,0	33,7
Diff 2018	0,5	1,7	5,0
Total 2018	2,6	13,8	38,7
Fsun 2018	5,9	31,4	88,9

Níže uvedené grafy (graf 1, graf 2) zobrazují vzájemné závislosti jednotlivých druhů záření, tedy nezávislých proměnných. Tyto grafy prezentují, světelné podmínky na experimentální ploše v době výzkumu.



**Graf 1** – Závislost difúzního a přímého záření v roce 2018. Skupina bodů vpravo nahoře reprezentuje kruhové plochy se smýcenými stromy, pouze s ponechanými výstavky.



**Graf 2** – Závislost přímého a celkového záření v roce 2018. Skupina bodů vpravo nahoře reprezentuje kruhové plochy se smýcenými stromy, pouze s ponechanými výstavky.

Z grafů výše vyplývá, že jednotlivé složky slunečního záření mezi sebou vykazují silnou lineární závislost a jsou spolu tedy úzce provázány. Nicméně je

dobré zaznamenat, že při vyšších intenzitách světla roste rozptyl mezi složkami přímého a difúzního záření, v silně zastíněných porostech jsou obě tyto složky v těsnější korelaci.

Tabulka 3 uvádí výsledky regresních analýz jednotlivých porovnávaných dvojic závislých a nezávislých proměnných v sezóně 2018. Tabulka 4 uvádí výsledky regresních analýz sezóny 2018 pouze ze 30 kruhových zkusných ploch po vyřazení ploch, ve kterých byl proveden těžební zásah. V této tabulce jsou uvedeny pouze dvojice proměnných, které vykázaly statistickou významnost. Ve sloupci s názvem  $R^2$  jsou vypsané hodnoty koeficientu determinace v procentech, sloupec s názvem  $P$ -value udává hodnoty pravděpodobnosti zamítnutí nulové hypotézy. Zkratka NS reprezentuje nesignifikantní hodnotu, pomlčka udává, že daná analýza nebyla provedena.

**Tab. 3** – Výsledky regresních analýz jednotlivých porovnávaných dvojic závislých a nezávislých proměnných za rok 2018 (hvězdičkou (\*) je označena záporná závislost), tučně jsou zvýrazněny statisticky průkazné modely.  $R^2$  označuje koeficient determinace, tj. sílu daného modelu, NS značí neprůkazný model.

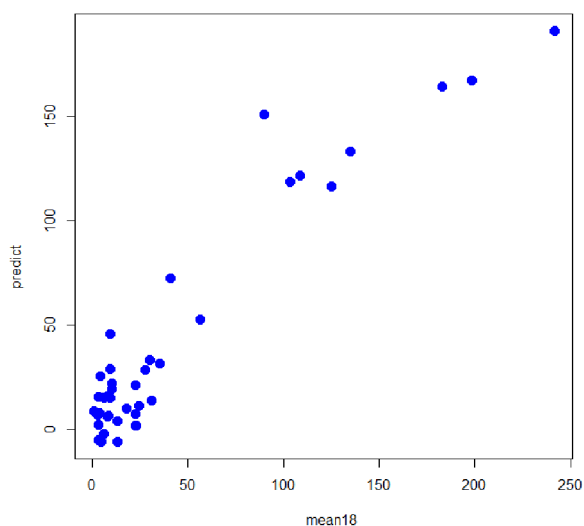
Proměnné		Výsledky regresních analýz	
Závislá	Nezávislá	$R^2$	P-value
Mean	Direct	–	NS
<b>Mean</b>	<b>Diff</b>	<b>78,5 %</b>	<b>&lt;0,001</b>
Mean	Total	–	NS
Mean	Fsun	–	NS
<b>Mean</b>	<b>Gapfract</b>	<b>85,6 %</b>	<b>&lt;0,001</b>
Cv	Direct	–	NS
<b>Cv *</b>	<b>Diff *</b>	<b>9,4 % *</b>	<b>0.0539 *</b>
Cv	Total	–	NS
Cv	Fsun	–	NS
Cv	Gapfract	–	NS

**Tab. 4** – Signifikantní výsledky regresních analýz za rok 2018 po vyřazení kruhových zkusných ploch s provedeným těžebním zásahem. Detaily viz tabulka 3.

Proměnné		Výsledky regresních analýz	
Závislá	Nezávislá	$R^2$	P-value
Mean	Direct	38,8 %	0.004
Mean	Diff	31,6 %	0.0371
<b>Mean</b>	<b>Total</b>	<b>39,5 %</b>	<b>0.0034</b>
Mean	Fsun	38,9 %	0.0049

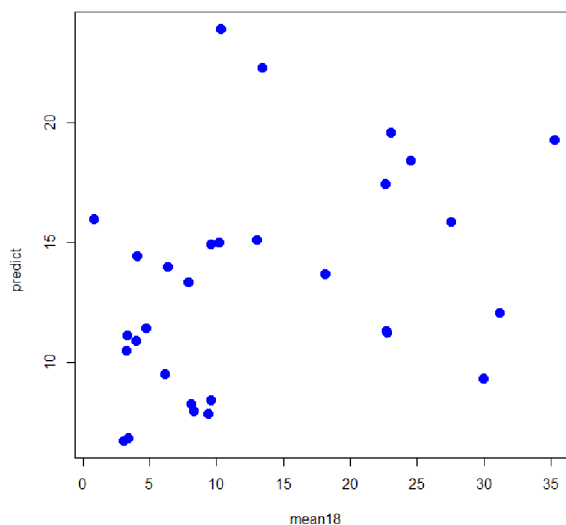
Data v tabulce 3 a tabulce 4 potvrzují, že množství dopadajícího záření má vliv na produktivitu bylinného patra. Produktivitu biomasy nejvíce ovlivnila hodnota udávající počet pixelů oblohy na fotografii, tedy rozsah porostních mezer, kterými proniká do bylinného patra světlo, tento ukazatel vysvětluje 85,6 % vytvořené biomasy. Silný vliv vykazalo i difúzní záření s koeficientem determinace 78,5 %. Graf 3 znázorňuje regresní model zahrnující oba výše zmíněné signifikantní prediktory (Gapfract, Diff), koeficient determinace toho modelu je 89,8 %. Koeficient variability vykázal negativní závislost na difúzním záření na hranici signifikance s nízkou silou testu 9,4 % (viz graf 5), tedy čím větší je intenzita difúzního záření, tím více prostorově homogenní je tvorba biomasy.

Pokud bylo uvažováno pouze 30 ploch, na kterých nebyl proveden žádný těžební zásah, nejvýznamnějším prediktorem ovlivňujícím množství biomasy bylo celkové záření s koeficientem determinace 39,5 % (viz graf 4). Podobný vliv na množství biomasy mělo i přímé záření, difúzní záření a relativní ozáření. Koeficient variability zkoumaný pouze na 30 lesních plochách neprokázal žádnou závislost na světelných podmínkách.

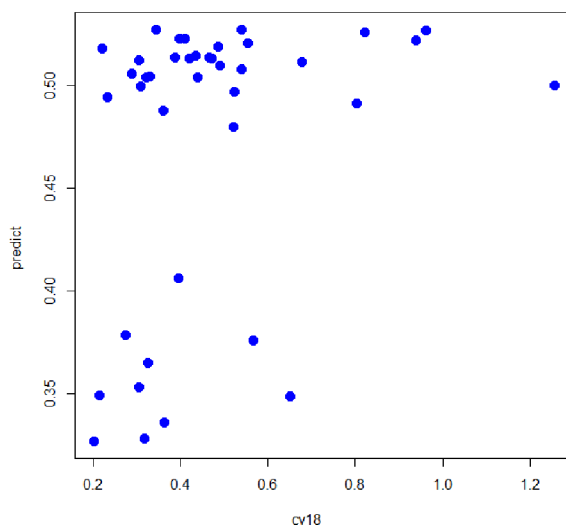


**Graf 3** – Regresní model znázorňující průměrnou hmotnost biomasy v roce 2018 podle prediktorů otevřenost oblohy (Gapfract) a difúzní záření (Diff). Body znázorňují jednotlivé kruhové zkusné plochy, osa x reprezentuje reálnou hodnotu množství biomasy ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), osa y reprezentuje předpovězenou hodnotu množství biomasy dle regresního modelu ( $R^2 = 89,8 \%$ ).



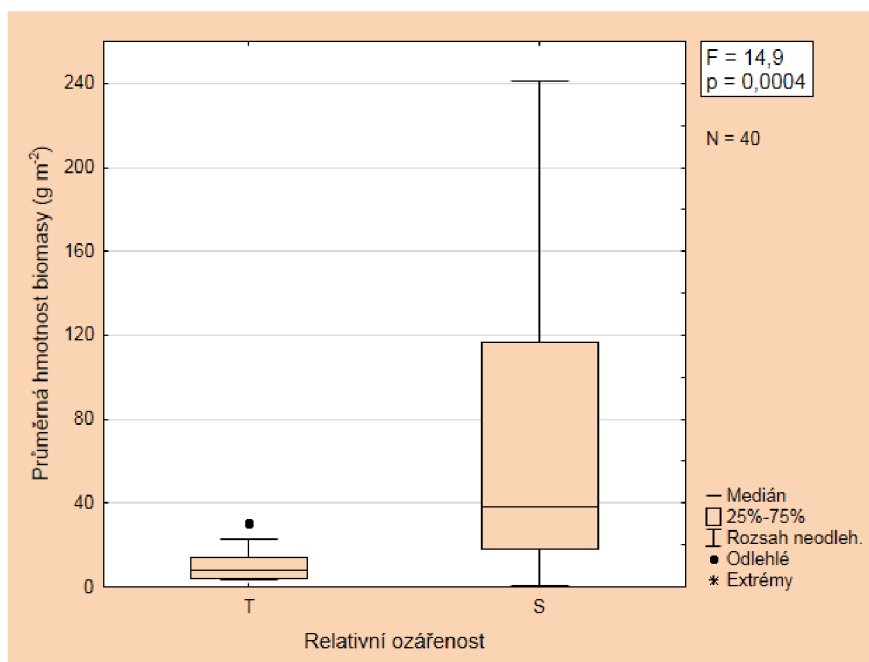


**Graf 4** – Regresní model znázorňující průměrnou hmotnost vytvořené biomasy v roce 2018 pouze na 30 kruhových zkusných plochách po vyřazení ploch s provedeným těžebním zásahem, podle prediktoru celkového záření (Total). Body znázorňují jednotlivé kruhové zkusné plochy, osa x reprezentuje reálnou hodnotu množství biomasy ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), osa y reprezentuje předpovězenou hodnotu množství biomasy dle regresního modelu ( $R^2 = 39,5\%$ ).

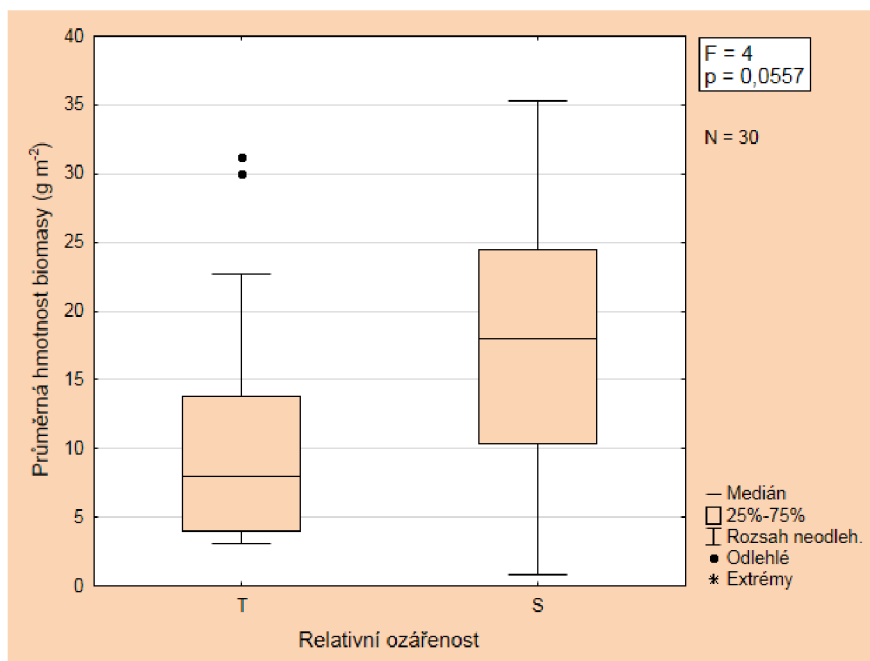


**Graf 5** – Regresní model znázorňující variabilitu vytvořené biomasy v roce 2018 podle prediktoru difúzního záření (Diff). Body znázorňují jednotlivé kruhové zkusné plochy, osa x reprezentuje reálný koeficient variability v množství vytvořené biomasy na dané kruhové zkusné ploše, osa y reprezentuje předpovězenou hodnotu tohoto koeficientu dle regresního modelu ( $R^2 = 9,4\%$ ).

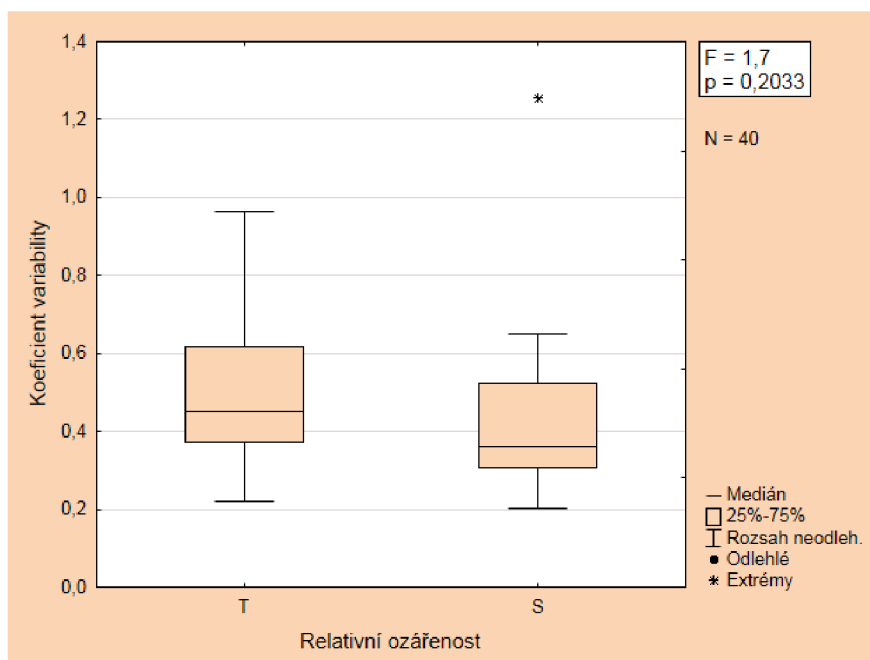
Poslední skupina grafů (graf 6–10) hodnotí rozdíly mezi světlými a stinnými úseky porostu. Pro zobrazení výsledků byly použity krabicové grafy. V pravém horním rohu jsou uvedeny výsledky F-testu a pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy  $p$ , dále je uvedeno, zda jsou použity všechny kruhové zkusné plochy ( $N = 40$ ), nebo pouze plochy nesmýcené ( $N = 30$ ).



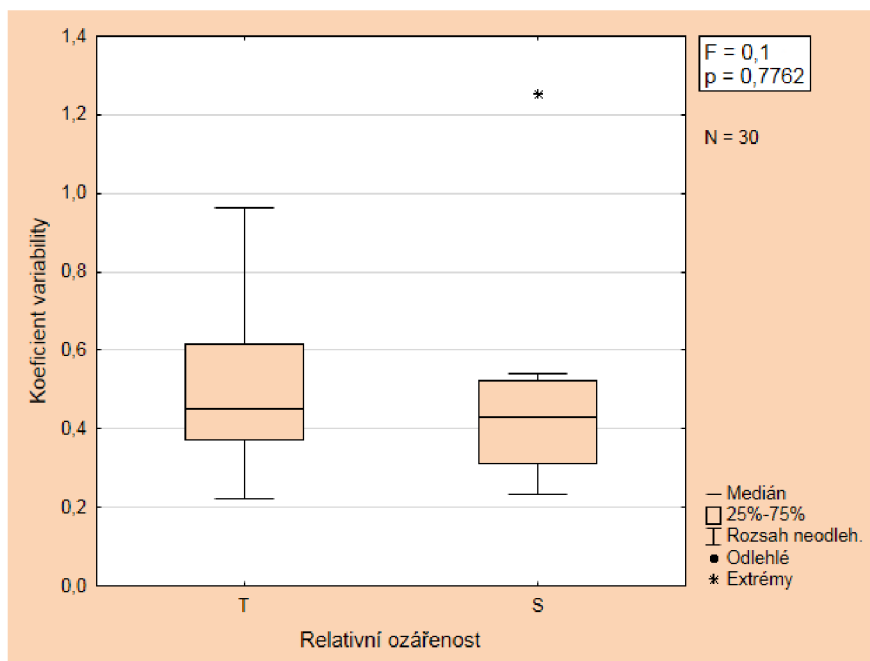
**Graf 6** – Závislost průměrné hmotnosti biomasy na míře relativní ozáření ve světlých a stinných místech porostu v roce 2018. Kruhové zkusné plochy jsou rozděleny do dvou kategorií na stinné (kategorie T = tmavý) a světlé (kategorie S = světlý).



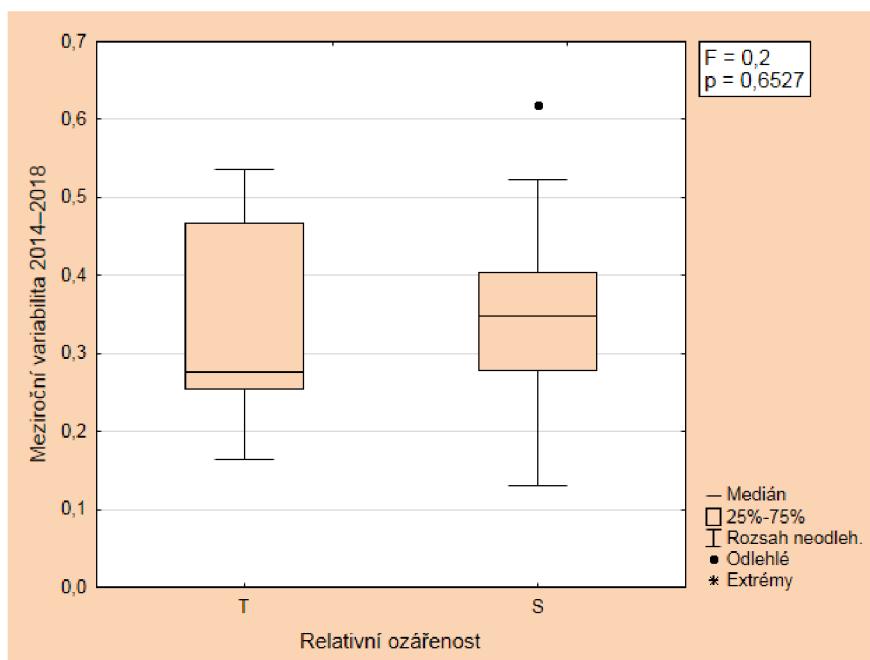
**Graf 7** – Závislost průměrné hmotnosti biomasy na míře relativní ozáření ve světlých a stinných místech porostu v roce 2018 pouze na lesních plochách (tj. nesmýcených) plochách. Kruhové zkusné plochy jsou rozděleny do dvou kategorií na stinné (kategorie T = tmavý) a světlé (kategorie S = světlý).



**Graf 8** – Závislost koeficientu variability na míře relativní ozáření ve světlých a stinných místech porostu v roce 2018. Kruhové zkusné plochy jsou rozděleny do dvou kategorií na stinné (kategorie T = tmavý) a světlé (kategorie S = světlý).



**Graf 9** – Závislost koeficientu variability na míře relativní ozářenosti ve světlých a stinných místech porostu v roce 2018 pouze na lesních plochách. Kruhové zkusné plochy jsou rozděleny do dvou kategorií na stinné (kategorie T = tmavý) a světlé (kategorie S = světlý).



**Graf 10** – Závislost meziročního kolísání koeficientu variability tvořené biomasy v letech 2014–2018 na míře relativní ozářenosti ve světlých a stinných místech porostu. Kruhové zkusné plochy jsou rozděleny do dvou kategorií na stinné (kategorie T = tmavý) a světlé (kategorie S = světlý).

Grafy 6 a 7 potvrzují, že průměrná hmotnost biomasy je průkazně vyšší ve světlejších úsecích porostu, a to jak na všech plochách, tak také pouze v plochách s nesmýceným stromovým patrem. V případě, kdy byly uvažovány všechny plochy, je rozdíl produktivity biomasy mezi světlými a tmavými úseky velmi výrazný. V případě lesních ploch je přírůst biomasy ve světlých částech stále znatelně vyšší, test se však pohybuje na hranici signifikance. Co se týče variability bylinného patra, graf 8 reprezentující všechny zkusné plochy i graf 9 týkající se pouze lesních ploch znázorňují, že tmavší stanoviště vykázala sice vyšší závislost na míře relativní ozáření než světlejší, v obou případech se však jedná o statisticky neprůkazný trend. Stejně tak meziroční variabilita v letech 2014–2018 neprokázala statisticky významnou závislost v diverzifikaci tvorby biomasy mezi světlými a tmavými úseky na zkoumané experimentální ploše (viz graf 10).

## 6 Diskuze

Výzkum na experimentální ploše v lokalitě Přírodní rezervace Na Voskopě, o kterém pojednává tato bakalářská práce, probíhá již několikátou sezónou. K dispozici jsou tedy data celkem z pěti sezón od roku 2014 do roku 2018. Porovnáním dat z jednotlivých let lze získat významný přehled o vlivu slunečního záření na zdejší lokalitu.

Důležitým výstupem je porovnání vzájemné závislosti jednotlivých složek slunečního záření a produktivity bylinného patra v průběhu let. Zatímco v letech 2015–2018 se podíl jednotlivých složek záření příliš nelišil, a to i navzdory silné defoliaci v roce 2015 způsobené extrémními klimatickými podmínkami, v roce 2014 byly zaznamenány odlišné hodnoty. V této sezóně měl totiž porost na daném území jiný charakter, kompletní experimentální plocha byla ještě pod korunovým zápojem stromového patra, bez těžebního zásahu. Těžba proběhla až v letech 2015 a 2016. Jak bude dále uvedeno, smýcený porost měl významný vliv na celkové výsledky experimentu v jednotlivých letech, jelikož je s redukcí zápoje korun spojen zvýšený příkon světla do podrostu.

S tím souvisí i hypotézy, které tato práce testovala. Za prvé bylo zkoumáno, zda zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech. Tuto hypotézu mé výsledky jednoznačně potvrdily. Produktivita bylinného patra vykazovala nejvyšší závislost na rozsahu porostních mezer, kterými proniká do bylinného patra světlo a také na difúzním záření. Bylo též zkoumáno, jaké závislosti budou vykazány, pokud bude uvažováno pouze 30 ploch, na kterých nebyl proveden žádný těžební zásah. Zde byly zjištěny jiné závislosti, nejvýznamnějším prediktorem bylo celkové záření, velmi podobný vliv na množství biomasy měla i relativní ozářenost, a samostatně rovněž složky přímého a difúzního záření. Zjištěné rozdíly nepochybně souvisí s provedeným těžebním zásahem. První hypotéza ve stejném znění byla ověřována také v sezónách 2015–2017. Mevald (2016) v roce 2015 sice vykázal o něco větší přírůst biomasy ve světlých místech porostu, hypotézu však nemohl potvrdit, jelikož šlo o statisticky neprůkazný trend. Dudová (2018) by v roce 2016 mohla hypotézu potvrdit, pouze pokud by uvažovala celou experimentální plochu, v dílčí analýze, kde byly uvažovány pouze lesní plochy, větší přírůst biomasy

ve světlejších místech porostu neprokázala. V roce 2017 hypotézu potvrdila již v obou případech. S jistými drobnými rozdíly, ale k celkovému potvrzení vlivu světla na produktivitu bylinného patra, dospěly všechny výzkumy z předešlých let. Dudová (2018) v letech 2017 a 2016 prokázala závislost dokonce na všech měřených parametrech. Sezóna 2015 byla nestandardní vlivem vysokých teplot a kvůli extrémnímu nedostatku srážek, což způsobilo značnou defoliaci porostu. Mevald v této sezóně prokázal jedinou signifikantní závislost produktivity biomasy, a to na difúzním záření (Mevald 2016). Důležité je zmínit, že k porovnávání použil hodnoty světla z hemisférických fotografií pořízených roku 2014, jelikož sběr biomasy prováděl začátkem léta 2015 a hemisférické fotografie pořizoval sám až koncem srpna 2015, kdy už byly koruny stromů silně defoliovány, a tento jev by nesprávně ovlivnil výsledky regresních modelů. Špale v roce 2014 také prokázal závislost na všech jím měřených parametrech, nepočítal však ještě proměnnou relativní ozáření (Špale 2017). Procenta koeficientu determinace u signifikantních závislostí se rok od roku zvyšují. Zatímco v roce 2014 byla síla testu v rozmezí od 8 do 19 % (Špale 2017), v roce 2018 sahá až k 85 %. To lze přisoudit primárně odtěženým plochám, díky kterým došlo k prosvětlení stanoviště, a také malou měrou díky zahrnutí prostorové autokorelace v datech, která umožňuje získat korektnější výsledky (byla zahrnuta do tvorby regresních modelů až od roku 2016). Dále dochází na odtěžených plochách k postupné sukcesi a původní druhy nahrazují druhy světlomilnější, které jsou rovněž často produktivnější.

Nejvíce relevantní je porovnávat mé výsledky s roky 2016 a 2017, právě díky již stejnému charakteru porostu, co se týče odtěžených ploch, a využití prostorové autokorelace. Možných důvodů, proč se mé výsledky od těchto liší a nebyla prokázána závislost produktivity biomasy na všech zkoumaných proměnných, pouze na otevřenosti oblohy a difúzním záření, je hned několik. Na výsledky mého experimentu měl nepochybně vliv smýcený porost, protože u lesních ploch byly prokázány i další signifikantní závislosti. Smýcení vedlo mimo jiné k druhové obměně bylinného patra, které může na jednotlivé složky slunečního záření reagovat odlišně. Dle Macka (2011) nejlépe reagují na difúzní záření druhy vyskytující se převážně v bezlesí, druhy světlých stanovišť, a to převážně trávy a druhy teplomilných doubrav. Matějka (2018), který zkoumal strukturu stromového patra a světelné poměry v porostech na výzkumných plochách rozmístěných po celé ČR,

uvádí, že pokud podíl difúzního záření v podrostu ve srovnání s volnou plochou neklesne pod 20%, difúzní záření silně ovlivňuje pokryvnost bylinného patra. Dále mohou rozdílné výsledky souviset s klimatickými podmínkami, jelikož v sezóně 2018 bylo extrémní sucho, podobně jako v roce 2015. Podle dat ČHMU (www 3) byla průměrná teplota pro region Prahy a Středočeského kraje v roce 2018 ještě o 0,2 °C vyšší než v roce 2015, výkyvy teplot byly však v jednotlivých letech rozloženy během roku jinak. Zatímco v roce 2015 byly vyšší teploty v období jara a léta až v červenci a srpnu a v těchto měsících dosahovaly ještě o něco extrémnějších hodnot než v roce 2018, v roce 2018 byly vyšší teploty už od dubna, kdy byla průměrná měsíční teplota vzduchu o 4,7 °C vyšší než dlouhodobý normál z let 1981–2010. V obou letech byl též nedostatek srážek (www 4). Co se týče slunečního záření, Mevald v roce 2015 prokázal závislost produktivity biomasy také pouze na difúzním záření (Mevald 2016). V roce 2018 probíhal stejný výzkum, ale v jiné lokalitě Českého krasu (Za Lípou, Národní přírodní rezervace Koda), který prokázal totožné výsledky s mými, tedy že množství biomasy ovlivňuje otevřenost stanoviště a difúzní záření (Nečasová 2019). Dalším ovlivňujícím faktorem rozdílnosti mezi sezónou 2018 a sezónami 2016 a 2017 jsou samotné hodnoty jednotlivých nezávislých proměnných světla, jejich průměrná hodnota je nejnižší v porovnání s lety 2015, 2016 a 2017. Během sezóny 2018 tak došlo k částečné regeneraci korunového zápoje. U odtěžených ploch jsou s výjimkou jedné plochy však hodnoty difúzního záření a otevřenosti oblohy vyšší než v minulých letech, hlavní stínící složkou jsou zde zejména stromové výstavky, u kterých v průběhu posledních suchých sezón zřejmě dochází k prosychání korun. Zbytek proměnných se různí. U lesních ploch jsou hodnoty všech nezávislých proměnných téměř vždy nižší, stále ne však tak nízké jako v roce 2014. Rok 2014 byl posledním rokem s „normálním“ počasím, od roku 2015 následovalo střednědobé období sušších a teplejších let až do roku 2018. V této sezóně byl sice dle hemisférických snímků zaznamenán stinnější lesní interiér, postupně však dochází následkem kumulace fyziologického stresu ze suchého období k prosychání korun a k odumírání slabších jedinců stromů a tak se lesní porost celkově samovolně prosvětluje (empirické pozorování a nová série hemisférických fotografií z léta 2021, dosud nevyhodnoceno). Makovcová (2008) ve své práci uvádí, že množství světla ovlivňuje podrost doubrav, zároveň zmiňuje, že záleží, ke které světové straně je



stanoviště orientováno. To znamená, že záleží, ve které části dne a jak dlouho je světlo pro byliny dostupné. Dle Hradilové (2010) světlo ovlivňuje bylinné patro na malé škále jak ve světlých doubravách tak i ve stinných dubohabřinách, což potvrzuje i tato práce.

I když se výše zmíněné práce přesně neshodují v konkrétních výsledcích, všechny dospěly k závěru, že světelné poměry v porostu ovlivňují produktivitu bylinného patra. Důležité je brát v potaz, že každá lokalita je specifická a porost ovlivňují i jiné faktory, jako například půdní poměry, dostupnost vody, skladba dřevin atd., které jsou mnohdy významnější než světelné podmínky panující na daném stanovišti.

Druhá hypotéza zkoumala, zda je meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších. Tuto hypotézu se mně ani mým předchůdcům nepodařilo prokázat. V rámci vlastních prací v minulých letech nevykazoval koeficient variability signifikantní závislost na žádných zkoumaných proměnných. Špale (2017) se v roce 2014 koeficientu variability nevěnoval, z jeho dat však Mevald (2016) koeficient variability vypočítal a zjistil, že v sezóně 2014 vykazovala tato proměnná negativní závislost na otevřenosti oblohy na hranici signifikance s nízkou silou testu a marginální závislost na difúzním záření. V mé práci se projevila rovněž negativní závislost koeficientu variability na difúzním záření na hranici signifikance s relativně nízkou silou testu. Tato závislost poukazuje na zvyšující se homogenitu porostu v důsledku působení difúzního záření. Tedy vzhledem k nastolené hypotéze, která předpokládá, že se zvyšující dostupností světla bude variabilita tvorby nadzemní biomasy vyšší, tato závislost poukazuje na trend opačný. Dle mého názoru mají na tento jev vliv vykácené plochy, kde se vytváří souvislé bylinné patro a postupně též dochází k druhové obměně z původních stínomilných rostlin na světlomilné. Je také možné, že se jedná o jisté specifikum a tento trend souvisí právě výhradně s vytěženými plochami. Možným důvodem nízkého koeficientu determinace je použitá metodika, jelikož v ideálním případě by měly být hemisférické fotografie pořizovány pro každou odběrovou plošku zvlášť a nikoli pouze fotografie celé kruhové zkusné plochy z jediného centrálního místa. Taková ideální metodika ovšem znamená ve výsledku ručně zpracovat (tj. vybrat expozici, odbarvit a převést na černobílý snímek) nikoli 120 fotografií, ale 600. V případě tohoto optimálního designu sběru dat by tudíž bylo potřeba nalézt

vhodnou metodiku automatického zpracování fotografií tak, aby při vytváření potřebných černobílých snímků docházelo k co nejmenšímu zkreslení reálného korunového zápoje.

## 7 Závěr

Data získaná v mém výzkumu rozšířila přehled o působení slunečního záření na experimentální ploše obnovovaného středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě. Práce navázala na již proběhlé výzkumy v této lokalitě a bude možné z ní čerpat v experimentech následujících. Bylo zjištěno, že působení slunečního záření v prostředí teplomilné doubravy s tvarem středního lesa má pozitivní vliv na produktivitu bylinného patra. Též se podařilo prokázat hypotézu předpokládající, že zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech.

Druhou hypotézu zkoumající, zda je meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších se prokázat nepodařilo. Byla však zjištěna záporná závislost koeficientu variability na difúzním záření, která poukazuje na zvyšující se homogenitu porostu v důsledku působení této složky slunečního záření. To vzhledem k nastolené hypotéze poukazuje na opačný trend. Je ale možné, že jde o jisté specifikum a tento trend souvisí výhradně s odtěženými plochami, kde postupně dochází k druhové obměně z původních stínomilných rostlin na světlomilné a vytváří se souvislé bylinné patro. Těžební zásah, který druhovou obměnu a prosvětlení stanoviště způsobil, těmito faktory silně podpořil přírůst biomasy, což je očekávatelné zjištění.

Design experimentální plochy má bezpochyby vliv na výsledky výzkumu, proto by bylo do budoucna vhodné kromě analýzy celého prostoru, také analyzovat zvláště lesní plochy, ale i plochy odtěžené a výsledky poté porovnat, což bylo částečně započato v této práci.

## 8 Seznam použitých zdrojů

### 8.1 Literatura

AOPK ČR (2018): Rozbory CHKO Český kras k 30. 6. 2018. – Ms. [depon. in: AOPK ČR, Praha].

AOPK ČR (2019): Plán péče o CHKO Český kras na období 2020–2029. – Ms. [depon. in: AOPK ČR, Praha].

Bartoň K. (2018): MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.42.1. – URL: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>

Coch T., Bertiller R., Trachsler B. (2005): Effiziente Erfassung der Kronendichte mit Hilfe fotografischer Senkrechtaufnahmen. – Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 156 (2): 59–64.

Dudová T. (2018): Vliv světelných podmínek na dynamiku produktivity bylinného patra na experimentální ploše teplomilné doubravy v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras). – Ms., 50 p. [Bakal. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

Fellner R, Landa J. (2001): Výsledky mykologického průzkumu v předpolí východní části Velkolomu Čertovy schody: lokalita „Na Voskopě“. – Ms. [depon. in: SCHKO Český kras, Karlštejn].

Frazer G. W., Trofymow J. A., Lertzman K. P. (1997): A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. – Pacific Forestry Centre, Victoria, BC.

Fuller R. J., Warren M. S. (1993): Coppiced woodlands: their management for wildlife. – Joint Nature Conservation Committee, Petersborough.

Hausmannová I., Heřman P., Jančaříková I., Ložek V. ml., Mottl J., Moucha P., Slezák M., Tichý T., Urban T., Veselý J. (2012): Čtyřicet let cílevědomé péče o přírodu a krajinu Českého krasu. – Ochrana přírody 67 (2): 2–7.

Hejda R., Farkač J., Chobot, K. (eds.) (2017): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. – Příroda 36: 1–612.

Hradilová L. (2010): Maloškálová prostorová variabilita stanovištních faktorů v dubových lesích a její vztah k druhovému složení bylinného patra. – Ms., 48 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].

Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – Ms., 106 p. [Diplom. práce; depon. in: FLD ČZU, Praha].

Ložek V., Kubíková J., Spryňar P. (2005): Střední Čechy. In: Makovčín P., Sedláček M. (Ed.): Chráněná území ČR, svazek XIII. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha.

Jonckheere I., Fleck S., Nackaerts K., Muys B., Coppin P., Weiss M., Baret F. (2004): Review of methods for in situ leaf area index determination. Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. – *Agricultural and Forest Meteorology*, 121: 19–35.

Kadavý J., Kneifl M., Servus M., Knott R., Hurt V., Flora M (2011): Nízký a střední les jako plnohodnotná alternativa hospodaření malých a středních vlastníků lesa. Obecná východiska. – *Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy*.

Kimball S., Mattis. P and the GIMP Development Team (2008): GIMP 2 – GNU Image Manipulation Program. – URL: <https://www.gimp.org>

Macek M. (2011): Vliv světla na složení a diverzitu lesní vegetace v Českém středohoří. – Ms., 84 p. [Dipl. práce; depon. in: Katedra botaniky PřF UK, Praha].

Makovcová P. (2008): Relativní význam světla jako determinanty druhového složení dubových lesů. – Ms., 49 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].

Makovcová P. (2013): Role stanovištních faktorů při sukcesi od světlých doubrav k dubohabřinám. – Ms., 74 p. [Dipl. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].

Matějka K. (2018): Struktura stromového patra a světelné poměry v porostech na výzkumných plochách. – Ms. [Dostupné z: [https://www.infodatasys.cz/proj008/DemObjects\\_HF2018.pdf](https://www.infodatasys.cz/proj008/DemObjects_HF2018.pdf)].

Mevald O. (2016): Dynamika produktivity bylinného patra v teplomilné doubravě v Přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejsko) v závislosti na intenzitě slunečního záření. – Ms., 49 p. [depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

Nečasová M. (2019): Produktivita bylinného patra v nepravé kmenovině dubohabřiny jako funkce intenzity světla v porostu na výzkumné ploše Za Lípou (NPR Koda, Český kras). – Ms., 70 s. [Bakal. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team (2018): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-137. – URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>

R Core Development Team (2018): R. Version 3.5.1, The R Foundation for Statistical Computing. – URL: <http://cran.r-project.org>

Regent Instruments (2012): WinSCANOPY – Canopy Structure and Solar Radiation Analytical Program. – URL: <http://regentinstruments.com>

Rich P. M. (1990): Characterizing plant canopies with hemispherical photographs. – Remote sensing Reviews 5: 13–29.

Sádlo J. (2001): Voskop – botanické podklady pro vyhlášení CHÚ a pro plán péče. – Ms. [depon. in: SCHKO Český kras, Karlštejn].

SCHKO Český kras (2012): Plán péče o Přírodní rezervaci Na Voskopě na období 2012–2026. – Ms. [depon. in: SCHKO Český kras, Karlštejn].

Simon J., Vacek S. (eds.) (2008): Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů. – MZLU, Brno.

Slavíková J. (1986): Ekologie rostlin. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

StatSoft Inc. (2013): Statistica. Version 12 – URL: <https://www.tibco.com>

Šamonil P., Špryňar P. (2001): Plán péče pro PR Voskop na období 2001–2011. – Ms. [depon. in: SCHKO Český kras, Karlštejn].

Špale V. (2017): Vliv relativní sluneční ozáření na druhovou bohatost a produktivitu bylinného patra v teplomilné doubravě v přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejnsko). – Ms., 40 p. [Bak. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

ÚHÚL (2000): Oblastní plán rozvoje lesů, PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras pro období 2000–2019. – Ms. [depon. in: ÚHÚL, Brandýs nad Labem].

Vráblíková J., Vráblík P., Zoubková L. (2014): Tvorba a ochrana krajiny. – FŽP Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem.

Wernerová V. (2007): Vliv světla na druhové složení lesního podrostu na příkladu Milovického lesa. – Ms., 86 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PŘF MU, Brno].

## 8.2 Legislativa

Výnos č. 4947/72-II/2 ze dne 12. 4. 1972 Ministerstva kultury ČSR o zřízení chráněné krajinné oblasti "Český kras", okres Beroun a Praha-západ, kraj Středočeský.

Nařízení č. 1 / 2012 ze dne 26. 11. 2012 Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras, kterým se zřizuje Přírodní rezervace Na Voskopě a stanoví její bližší ochranné podmínky.

## 8.3 Internetové zdroje

www 1: Ulbrichová I. (2010): Sluneční záření. Nauka o lesním prostředí – projekt FRVŠ 2010: 962/2010. Dostupné z: [http://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka\\_o\\_lp/ekologie/ekosystemy.html#zareni](http://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/ekologie/ekosystemy.html#zareni)

www 2: Anonymus: Rybí oko. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Ryb%C3%AD\\_oko](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ryb%C3%AD_oko)

www 3: ČHMÚ: Historická data – Územní teploty. Dostupné z:  
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>

www 4: ČHMÚ: Historická data – Územní srážky. Dostupné z:  
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>

## 9 Přílohy

### Seznam příloh

**Příloha 1:** Význam označení jednotlivých hodnot v tabulce primárních dat

**Příloha 2:** Tabulka primárních dat

*Příloha 1 – Význam označení jednotlivých hodnot v tabulce primárních dat*

<b>Označení</b>	<b>Význam</b>
<b>Plot</b>	Číslo kruhové zkusné plochy
<b>1_18</b>	1. čtvercová poška
<b>2_18</b>	2. čtvercová poška
<b>3_18</b>	3. čtvercová poška
<b>4_18</b>	4. čtvercová poška
<b>5_18</b>	5. čtvercová poška
<b>Mean18</b>	Průměrná hmotnost biomasy
<b>Cv18</b>	Koeficient variability produkce biomasy
<b>Xcoord, ycoord</b>	Souřadnice středu kruhové zkusné plochy
<b>Gapfract18</b>	Podíl pixelů na fotografii znázorňující oblohu (matematické vyjádření otevřenosti oblohy)
<b>Open18</b>	Procento otevřené oblohy (reálná hodnota)
<b>Direct18</b>	Hodnota přímého záření
<b>Diff18</b>	Hodnota difúzního (rozptýleného) záření
<b>Total18</b>	Hodnota celkového záření
<b>Fsun18</b>	Hodnota relativní ozářenosti



*Příloha 2 – Tabulka primárních dat*

<b>plot</b>	<b>1_18</b>	<b>2_18</b>	<b>3_18</b>	<b>4_18</b>	<b>5_18</b>	<b>mean18</b>	<b>cv18</b>
1	81,384	67,424	47,664	42,304	42,984	56,35	0,275
2	82,064	115,864	169,704	99,104	77,384	108,82	0,306
3	70,744	60,944	38,624	74,784	203,904	89,8	0,65
4	150,744	154,624	191,384	64,508	114,148	135,08	0,318
5	74,148	70,544	174,864	240,464	64,348	124,87	0,567
6	0,308	2,748	1,108	9,548	3,228	3,39	0,962
7	4,948	10,308	16,028	2,748	7,548	8,32	0,555
8	18,388	41,868	28,108	11,468	13,708	22,71	0,491
9	4,348	0,668	4,908	20,188	17,908	9,6	0,821
10	9,388	10,028	12,588	8,508	6,228	9,35	0,221
11	1,548	3,988	1,988	2,348	6,308	3,24	0,539
12	1,068	5,468	7,588	3,308	6,428	4,77	0,487
13	8,108	14,108	5,108	5,428	7,748	8,1	0,399
14	26,788	31,984	20,748	10,984	24,544	23,01	0,305
15	26,548	7,748	17,148	27,548	34,708	22,74	0,411
16	44,548	16,508	66,068	43,308	33,588	40,8	0,395
17	96,508	78,188	138,384	152,984	51,384	103,49	0,363
18	130,264	145,744	192,064	211,984	233,584	182,73	0,214
19	215,864	235,744	176,904	129,944	232,984	198,29	0,202
20	150,304	161,224	255,104	361,184	279,984	241,56	0,325
21	2,144	1,148	1,704	9,624	2,184	3,36	0,938
22	1,264	2,628	5,104	2,584	3,664	3,05	0,42
23	19,748	30,304	8,504	30,584	23,984	22,62	0,36
24	6,264	35,624	5,504	1,544	2,184	10,22	1,255
25	21,584	28,064	38,904	21,024	28,068	27,53	0,234
26	0,504	0,944	5,428	6,544	6,544	3,99	0,677
27	4,744	6,424	8,584	2,864	7,984	6,12	0,344
28	0,944	1,188	7,904	2,144	8,264	4,09	0,804
29	19,344	3,784	9,504	12,548	6,468	10,33	0,521
30	6,424	8,544	5,508	9,948	17,344	9,55	0,439
31	0,828	0,868	1,468	0,268	0,668	0,82	0,472
32	22,508	19,748	12,908	3,348	8,588	13,42	0,524
33	7,948	8,428	5,268	12,268	5,468	7,88	0,322
34	22,988	20,708	22,068	43,348	40,748	29,97	0,331
35	26,828	61,944	24,384	30,344	32,748	35,25	0,387
36	38,228	9,508	46,508	21,708	39,948	31,18	0,435
37	6,348	8,148	1,868	4,788	10,548	6,34	0,465
38	9,744	10,628	20,744	10,704	13,344	13,03	0,31
39	19,944	46,948	31,104	11,544	12,904	24,49	0,539
40	14,988	21,108	11,548	16,384	26,544	18,11	0,288

<b>plot</b>	<b>xcoord</b>	<b>ycoord</b>	<b>gapfract18</b>	<b>open18</b>	<b>direct18</b>	<b>diff18</b>	<b>total18</b>	<b>fsun18</b>
1	4,7	84,6	37,14	41,55	28,89	3,81	32,7	76,26
2	26,3	83,7	50,35	54,49	29,5	4,38	33,88	78,72
3	59,2	83,7	54,93	58,37	27,57	4,48	32,05	72,1
4	86,5	83,7	55,99	60,15	33,24	4,95	38,19	84,36
5	106,2	85,5	45,93	48,78	30,49	3,87	34,36	74,52
6	2,8	112,8	6,21	6,56	2,19	0,47	2,65	6,18
7	26,3	110	7,8	8,26	2,8	0,61	3,41	8,02
8	58,3	110	9,01	9,88	4,79	0,86	5,65	13,28
9	85,5	110	9,86	9,73	3,24	0,49	3,73	8,78
10	106,2	110	13,38	13,42	2,67	0,67	3,34	7,99
11	3,8	134,4	5,15	5,55	4,63	0,46	5,09	11,87
12	32	135,3	6,43	7,14	5,07	0,65	5,72	13,51
13	59,2	134,4	8,67	8,89	3,05	0,56	3,61	8,47
14	80,8	136,3	8,57	9,42	10,38	0,8	11,19	26,28
15	107,1	136,3	7,56	7,93	5,06	0,56	5,61	13,36
16	1,9	161,7	35,21	38,57	28,07	3,19	31,26	72,88
17	42,3	161,7	52,77	57,31	32,88	4,77	37,65	85,08
18	62	160,7	56,56	60,06	22,69	4,47	27,16	62,27
19	83,7	161,7	60,71	64,83	33,72	4,98	38,7	88,86
20	108,1	160,7	57,56	60,26	31,99	4,12	36,11	84,59
21	1,9	183,3	8,77	9,15	4,96	0,58	5,54	13,07
22	34,8	182,3	9,06	9,73	1,81	0,78	2,58	5,92
23	60,2	183,3	15,12	16,23	8,41	1,35	9,76	21,7
24	86,5	182,3	13,25	14,2	7,02	1,08	8,11	19,31
25	106,2	183,3	15,06	16,04	7,49	1,21	8,7	20,22
26	1,9	206,8	9,49	10,18	4,57	0,82	5,39	11,97
27	28,2	205,8	5,55	5,98	4	0,46	4,46	10,53
28	56,4	204,9	15,1	16,16	6,47	1,27	7,75	18,36
29	78	204,9	16,19	17,71	12,56	1,53	14,09	31,94
30	103,4	206,8	11,69	12,56	7,07	0,99	8,06	18,36
31	9,4	46,1	9,32	9,94	7,98	0,78	8,76	19,01
32	32,9	29,1	10,08	11,34	11,85	1,15	13	28,27
33	79,9	48,9	10,48	11,42	6,04	0,99	7,02	16,01
34	137,2	114,7	14	14,73	3,35	0,98	4,33	10,36
35	144,7	165,4	12,23	12,64	10,22	0,77	10,99	25,73
36	138,2	134,4	9,78	10,37	5,39	0,75	6,15	14,46
37	61,1	1,9	10,11	10,64	6,67	0,77	7,44	16,44
38	17,9	255,7	10,96	12,14	7,1	1,09	8,2	18,96
39	38,5	250	10,54	11,28	9,5	0,9	10,4	22,99
40	106,2	241,6	10,72	11,46	6,31	0,95	7,25	15,75