

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

**Vliv světelných podmínek na dynamiku
produktivity bylinného patra na
experimentální ploše teplomilné doubravy v
přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras)**

Bakalářská práce

Autor: Tereza Dudová

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

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Dudová

Lesnictví

Název práce

Vliv světelných podmínek na dynamiku produktivity bylinného patra na experimentální ploše teplomilné doubravy v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras)

Název anglicky

Light conditions effect on productivity dynamics of herb layer at the experimental site in thermophilous oakwood in the Nature Reservation Na Voskopě (Czech Karst)

Cíle práce

V souvislosti s plánovaným zaváděním alternativních způsobů obhospodařování lesních porostů je nutné dlouhodobě zkoumat dopad navrhovaných opatření na strukturu a diverzitu rostlinných druhů bylinného patra zejména ve světlejších lesích nižších poloh. V těchto typech lesů jsou historicky zdokumentovány hospodářské postupy jako je pařezení či tvorba středního lesa. V přírodní rezervaci Na Voskopě probíhá od r. 2013 experimentální výzkum, kde se převádí dlouhodobě opuštěná pařezina/střední les (vegetační typ teplomilné doubravy/dubohabřiny) opět na aktivní střední les. Tato práce bude zkoumat dynamiku tvorby biomasy bylinného patra na experimentálních plochách prosvětlených kácením a kontrolních, s paralelním měřením světelných podmínek. Práce má ověřit dvě pracovní hypotézy: (1) předpokládáme, že 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. V práci budou využita též data stejného typu, získaná v letech 2014 a 2015.

Metodika

V rámci již založeného designu trvalých ploch (N = 40) v lesním porostu budou na každé trvalé ploše odebrány v pěti opakováních vzorky nadzemní biomasy bylin z dílčích ploch 0,5 x 0,5 m (jedna ploška 1 m nad středovým bodem a další čtyři plošky 5 m od středového bodu směrem k okrajům trvalé plochy na vrstevnici a spádnici). Biomasa bude odebrána na výšku strniště max. 5 cm do papírových pytlíků, převezena do laboratoře, vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena. Dále budou pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje, a to vždy v centrálním bodě každé trvalé plochy. Hemisférické snímky budou napřed převedeny do ČB formátu v programu GIMP a následně bude v programu WinSCANOPY vypočítáno množství přímého a difúzního záření dopadajícího do bylinného patra. Spočítána bude též hodnota relativní ozářenosti. Hodnoty světla budou následně statisticky vyhodnoceny s ohledem na množství vytvořené biomasy. Získaná data budou dále porovnána s daty ze sezón 2014 a 2015, pořízenými v bakalářských pracích V. Špaleho a O. Mevalda stejnou metodikou.

Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 30-50 normostran

Klíčová slova

bylinné patro lesů, teplomilné doubravy, světelný režim, produktivita, biomasa, dynamika, Český kras

Doporučené zdroje informací

- 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.
- Dörner P. & Müllerová J. (2014): Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejně. – *Bohemia centralis* 32: 425–438.
- 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].
- Chytrý et al. (2013): Vegetace ČR 3: Lesy. – Academia, Praha.
- Möllerová J. & Viewegh J. (2005): Vegetation of the nature reserve Voskop (Protected Landscape Area Český kras) and possible trend of its development. – *Journal of Forest science* 51: 24–28.
- Šálek L., Stolariková R., Jeřábková L., Karlík P., Dragoun L. & Jelenecká A. (2014): Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the nature reserve Voskop in Český kras – a case study. – *Journal of forest science* 60: 519–525.
- Thomas P.A. & Packham J.R. (2007): Ecology of woodlands and forests. – Cambridge University Press, Cambridge, 528 p.
- 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]
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Mgr. Petr Karlík

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv světelných podmínek na dynamiku produktivity bylinného patra na experimentální ploše teplomilné doubravy 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 19. 4. 2018

.....

Tereza Dudová

Poděkování

Především bych ráda poděkovala mému vedoucímu práce Mgr. Tomáši Černému Ph. D. za jeho ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval, za poskytnutí odborných rad a za pomoc se statistickými programy. Dále děkuji své rodině a kamarádům za veškerou pomoc při psaní bakalářské práce a v průběhu celého studia.

Abstrakt

V regionu teplomilné vegetace Českého krasu v přírodní rezervaci Na Voskopě probíhá od roku 2013 dlouhodobý experimentální výzkum se zaměřením na převod staré pařeziny na původní formu hospodaření, praktikovanou v těchto místech v dlouhé historii. Cílem tohoto projektu je zkoumat dopad navrhovaných opatření na diverzitu a strukturu bylinného patra teplomilné doubravy. Na lokalitě byl založen design 40 trvalých zkusných ploch, na kterých byly po dobu čtyř let odebírány vzorky nadzemní biomasy. V této práci byly vyhodnoceny odběry z let 2016 a 2017. Biomasa bylinného patra byla v laboratoři vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena. V centrálním bodě každé kruhové zkusné plochy byly dále pořízeny hemisférické snímky korunového zápoje. Následně byly snímky převedeny do černobílé podoby a pomocí programu WinSCANOPY byla vypočítána hodnota relativní ozáření a množství přímého a difúzního záření, dopadajícího do bylinného patra. Vliv několika světelných parametrů vůči množství vytvořené biomasy a prostorové variabilitě její tvorby byl statisticky vyhodnocen regresní analýzou a porovnán s údaji získanými v přechodných letech 2014 a 2015. Výsledky prokázaly jednoduchý předpoklad, že zvýšený světelný příkon do bylinného patra povede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech. Po provedení plánované těžby v letech 2015 a 2016 došlo na otevřených plochách k výraznému nárůstu bylinné hmoty. Průměrná produktivita biomasy ukázala průkazný nárůst v závislosti na světelných podmínkách v obou sledovaných letech. Nejsilnějším prediktorem vůči produktivitě byla v roce 2016 prostá relativní sluneční ozáření, v roce 2017 ji vystřídal parametr „počet pixelů oblohy na hemisférickém snímku“. V roce 2017 došlo k třetinovému vzrůstu efektivity regresních modelů oproti předchozímu roku, což připadá na vrub pokračujícímu zarůstání vytěžených ploch. Test hypotézy, že meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy bude vyšší ve světlejších porostech, tuto hypotézu nejen že nepotvrdil, ale dokonce ukázal náznak opačného trendu. Co se týče závislosti koeficientu variability tvorby biomasy na míře relativní ozáření, tento ukazatel nedosáhl prokazatelného rozdílu mezi tmavými a světlými porosty ani v jednom roce. Prostorová heterogenita tvorby biomasy klesla ve světlejších porostech, což byl opačný trend vzhledem k nastolené hypotéze. Důvod můžeme spatřit v efektu působení slunečních skvrn na prostorově variabilnější tvorbu biomasy bylinného podrostu. V otevřených místech porostů předpokládáme pokračování trendu zvyšujících se přírůstků bylinného patra, v případě porostů krytých korunami očekáváme kolísání významu světla s ohledem na aktuální chod počasí.

Klíčová slova: bylinné patro lesů, teplomilné doubravy, světelný režim, produktivita, biomasa, dynamika, Český kras

Abstract

In the nature reserve Na Voskopě where thermophilic plants grow, long term experiment focused on transforming old stump forests to original form of management take place since 2013. This type of management was practised here for the long time before. Focus of this bachelor thesis was to consider measurements suggested for this type of diverged flora in a thermophilic oak forest. We designed 40 permanent study areas in our location, where we gathered samples of above-ground biomass for a period of 4 years. In this work we evaluated samples from years 2016 and 2017. Plant biomass was dried in a laboratory until it reached specific weight. In the central point of our study area we acquired hemispherical pictures of crown cover. Subsequently, those pictures were converted to a form of black and white in a software program called WinSCANOPY where we evaluated a relative value of illumination and an amount of direct and diffused illumination which fell on to plants. Influence of the several illumination parameters in relation to biomass and spatial variability was statistically evaluated using regressive analysis and compared to data gathered in the years 2014 and 2015. Results showed us that increased illumination leads to higher growth of the above-ground biomass in a shaded place. After yield, which happened in 2015 and 2016 we recorded increased growth of plants. Average productivity of biomass showed us significantly improved growth in the both places in relation of increased illumination. The strongest predictor in the relation to productivity in the year of 2016 was simple relative illumination which was replaced by the number of pixels in a hemispherical picture in the year of 2017. In the same year, increased effectivity of regressive models in comparison to previous year was caused by the growth of plants in the cleared forest. Test of the hypothesis that year-on-year variability of growth of above-ground biomass would be higher in more illuminated forests was not confirmed but results showed us the glimpse of opposite trend. Regarding coefficient of variability of biomass growth in the relation of relative illumination, this indicator did not reach a significant difference between shaded and illuminated places. It was a different trend in relation to the hypothesis. Reason can be seen in the effect of sunspots on spatially more variable growth of biomass. We can expect more biomass growth in the open places. We can expect fluctuation of illumination importance in a shaded place in the relation to current motion of weather.

Key words: forest herb layer, thermophilous oakwoods, light regime, productivity, biomass, dynamics, Czech Karst

Obsah

Seznam tabulek	10
Seznam ilustrací	11
1 Úvod	13
2 Cíle práce	15
3 Literární rešerše	16
3.1 Sluneční záření	16
3.2 Vliv světla na lesní porosty a jejich podrost	17
3.3 Hospodářské tvary lesa	18
3.3.1 Nízký les	18
3.3.2 Střední les	19
3.4 Obecná charakteristika Českého krasu	20
3.4.1 Chráněná krajinná oblast (CHKO)	20
3.4.2 Chráněná krajinná oblast Český kras	20
3.4.3 Geologická charakteristika	21
3.4.4 Klimatická charakteristika	21
3.4.5 Hydrografická charakteristika	22
3.4.6 Pedologická charakteristika	22
3.4.7 Floristická charakteristika	22
3.4.8 Charakteristika fauny	23
3.4.9 Vývoj dřevinné skladby	23
3.5 Charakteristika podmínek přírodní rezervace Na Voskopě	24
4 Metodika práce	26
4.1 Zkusné plochy	26
4.1.1 Tvar ploch a jejich vyznačení	26
4.2 Odběr biomasy	27
4.3 Hemisférické fotografie	28

4.3.1	Pořizování hemisférických fotografií	28
4.3.2	Analýza hemisférických fotografií	29
4.4	Statistické vyhodnocení dat.....	34
5	Výsledky	36
6	Diskuze	48
7	Závěr	52
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	53
8.1	Internetové zdroje.....	56
9	Seznam příloh	57
10	Přílohy.....	58

Seznam tabulek

Tab. 1: Vysvětlení zkratk proměnných	36
Tab. 2: Sledované proměnné a přehled rozsahů základních statistik	37
Tab. 3: Přehled závislosti dvojic proměnných v roce 2016.....	38
Tab. 4: Přehled závislosti dvojic proměnných v roce 2017.....	39

Seznam ilustrací

Obr. 1: Poloha přírodní rezervace Na Voskopě.....	25
Obr. 2: Rozmístění trvalých zkusných ploch v PR Na Voskopě.....	27
Obr. 3: Barevná hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 37 (před úpravou).....	29
Obr. 4: Stažení sytosti žluté a zelené barvy na minimum.....	30
Obr. 5: Prahování hemisférických fotografií pomocí programu Gimp 2.	30
Obr. 6: Černobílá hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 37 po úpravě v programu Gimp 2.....	31
Obr. 7: Dialogové okno pro zadání vegetační doby v programu WinScanopy.	32
Obr. 8: Dialogové okno pro název analyzované plochy, orientaci, sklon a nadmořskou výšku.....	33
Obr. 9: Světelná analýza hemisférické fotografie korunového zápoje v programu WinScanopy.....	33
Obr. 10: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2017. .	40
Obr. 11: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2016. .	40
Obr. 12: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2015. .	41
Obr. 13: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2014. .	41
Obr. 14: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2016.	42
Obr. 15: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2017.	42
Obr. 16: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2016.....	43
Obr. 17: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2017.....	43
Obr. 18: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2016 pro lesní plochy.	44
Obr. 19: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2017 pro lesní plochy.	45
Obr. 20: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2016 pro lesní plochy.....	45

Obr. 21: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozářenosti v roce 2017 pro lesní plochy.....	46
Obr. 22: Krabicový graf závislosti absolutního rozdílu koeficientu variability obou let a relativní míry ozářenosti.	47

1 Úvod

Od roku 2013 probíhá v Českém krasu dlouhodobý výzkum na experimentální ploše nacházející se v přírodní rezervaci Na Voskopě. Výzkum je prováděn pracovníky a studenty Katedry ekologie lesa na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze. Již v dávné minulosti byly místní porosty ovlivněny lidskou činností. V druhové skladbě zdejších lesů převažoval dub s příměsí lípy a břízy. Probíhala zde pastva dobytka nebo byl porost kácen (pro snadnou manipulaci ve věku 30–40 let) a vytěžená dřevní hmota byla využívána zejména jako palivo. Les se dokázal sám obnovovat díky výmladkům, které znovu a znovu rostly z pařezů. Tomuto způsobu hospodaření říkáme nízký les nebo také pařeziny. Později začali lidé nechávat po vytěžení tzv. výstavky. Z výmladkového lesa se pozvolně vyvinul les sdružený (střední). Porost byl různověký a měl dvě i více etáží. Pozvolna se začalo přecházet na umělou obnovu dřevin. Na místa starých, málo výmladných pařezů se začaly již uměle vysazovat výstavky hospodářsky významných dřevin náročných na světlo. Z listnatých dřevin to byly nejčastěji duby, z jehličnatých modřín nebo borovice. Po dosažení určitého věku se spodní etáž porostu smýtila a současně s ní i část dříve ponechaných výstavků. Zároveň se vsazením doplnily kvalitní semenáče k odrůstání budoucích výstavků. Tím se porost výrazně prosvětřil a vyhovoval světlomilným a teplomilným druhům rostlin, hub a živočichů.

V přírodní rezervaci Na Voskopě se dají najít pozůstatky tohoto způsobu hospodaření v podobě starých výstavků dubů. Spodním patrem porostu je habrová pařezina. V tomto místě se nachází experimentální plocha s výměrou cca 1,9 ha, na které probíhá několikaletý výzkum. Na ploše dochází k napodobení způsobu, jakým se zde hospodařilo dříve. Během 30 let se budou postupně odtěžovat jednotlivé pruhy porostu a ponechávat se na nich jen výstavky. Pomocí 30 trvalých zkusných ploch na experimentální ploše a deseti kontrolních zkusných ploch mimo zásahy, proběhne ekonomické zhodnocení výmladkového způsobu hospodaření a bude pozorováno, jak reaguje ekosystém na prosvětlení a postupné mýcení porostů, jaký vliv má prosvětlení na vzácné i běžné rostlinné a živočišné druhy a zda se neobjeví i organismy nové, které bychom zde předtím nenašli.

Ve své práci zaznamenám a vyhodnotím změny světelných podmínek a jejich dopad na dynamiku produktivity bylinného patra. Pro tento výzkum je nutno odebrat na experimentálních plochách vzorky biomasy a pořídit hemisférické fotografie korunových

zápojů. Tato získaná data statisticky vyhodnotím, porovnáám s výsledky naměřených dat z minulých let a tím zjistím meziroční variabilitu.

2 Cíle práce

Cílem mé práce je ověřit hypotézu u které předpokládáme, že pokud prosvětlíme náhlým smýcením porost a dostane se do něj větší množství slunečního záření, začne bylinný podrost, tedy nadzemní biomasa, výrazně nabývat na svém objemu. Další hypotézou je ověření, zda bude meziroční variabilita tvorby hmoty bylinného podrostu nižší ve stinnějších místech v porovnání s místy prosvětlenějšími.

3 Literární rešerše

3.1 Sluneční záření

Sluneční záření je kontinuální zdroj, obsahující spektrum různých vlnových délek. Fotosyntetický aparát však dokáže využít energii tohoto spektra jen v omezeném pásmu. Fotosyntetická fixace uhlíku je u všech zelených rostlin závislá na pigmentech chlorofylu a tyto pigmenty využívají záření o vlnovém rozsahu 380–710 nm (nebo obecněji 400–700 nm). Jde o tzv. pásmo fotosynteticky aktivního záření (*photosynthetically active radiation* – PAR). Odpovídá zhruba spektrálnímu rozsahu viditelnému lidským okem a tomu, čemu říkáme „světlo“ (Begon et al. 1997).

Sluneční záření je ojedinělým zdrojem energie, nezbytným pro růst rostlin i celkovou existenci všech organismů na Zemi. Od ostatních zdrojů se liší v mnoha ohledech. Energie záření přichází jako tok slunečního záření k rostlině buď přímo, anebo poté, co bylo v atmosféře rozptýleno, odrazilo se (s nezměněnou vlnovou délkou), nebo bylo jinými objekty propuštěno (po odfiltrování některých vlnových délek) (Begon et al. 1997).

Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, tedy dělíme do několika hlavních složek. Především se jedná o přímé a difúzní (rozptýlené) záření, kterými se ještě v této práci budu zabývat. Tato dvě záření jsou doplněna o tepelné vyzařování a záření odražené (Moravec et al., 1994).

Relativní množství přímého a rozptýleného záření, které dopadá na list vystavený jeho působení, závisí na množství prachu ve vzduchu a zejména na tloušťce vzduchové vrstvy, která je mezi rostlinou a sluncem. Podíl přímého záření je nejvyšší v nízkých zeměpisných šířkách (Begon et al. 1997).

Energie záření se během fotosyntézy přeměňuje v energeticky bohaté chemické vazby sloučenin uhlíku, které se následně štěpí při respiraci buď samotné rostliny, anebo těch organismů, které se rostlinou živí, případně jí rozkládají (Begon et al. 1997).

Množství záření, které dopadá na zemský povrch, je závislé na nadmořské výšce, zeměpisné šířce, na stavu atmosféry a na ročním období. S těmito faktory se zároveň mění úhel dopadu slunečních paprsků, délka dne, průzračnost a mocnost atmosféry (Moravec et al. 1994).

Jev zvaný fotoperiodismus, který umožňuje řídit vývojové procesy během roku (např. opad listů, nástup kvetení, tvorbu zásobních orgánů) se vyvinul u rostlin díky střídání ročních

období. Je možné, že u některých druhů rostlin fotoperiodismus limituje jejich rozšíření (Moravec et al. 1994).

Světlo potřebuje v různém množství každá rostlina. Podle toho rozlišujeme tři druhy rostlin. Sciiofyty, rostoucí v mechovém a bylinném patře lesů a snášejí zastínění, heliosciiofyty, kterým také vyhovuje zástin, ale zároveň i plné osvětlení (především lesní a travinná společenstva) a třetí heliofyty rostoucí na slunných otevřených stanovištích jako jsou pouště, stepi, horské oblasti nebo tundry (Jeník 1970).

3.2 Vliv světla na lesní porosty a jejich podrost

Světlo je všeobecně v ekologii považováno za bezpodmínečné pro růst a zachování životních funkcí a ovlivňuje faktory působící na vývoj společenstev. Jak světlo společně s živinami utvářejí nelesní vegetaci je dobře známo, ale není zcela jasné, jak strukturují společenstva v rámci lesních stanovišť (Frelich et al. 2003).

Světlo, živiny, produktivita habitatů a biomasa vegetace jsou důležitými faktory, které ovlivňují druhovou diverzitu a funkci ekosystémů, avšak faktory, které určují produktivitu, jsou stále nedostatečně známé, zejména v lesní vrstvě. Tyto faktory lze obtížně identifikovat, protože různé metody často přinášejí různé výsledky (Axmanová 2011).

Změny ve struktuře stromového zápoje, ať už přirozené nebo člověkem podmíněné, ovlivňují regeneraci dřevin a strukturu bylinných společenstev a mají největší vliv na světelné podmínky v podrostu. V závislosti na životní strategii druhů může však podrost tvořený cévnatými rostlinami reagovat na stanovištní podmínky. Sciiofyty nemusí projevit po otevření nebo uzavření stromového zápoje žádnou změnu na rozdíl od heliofytů, které naopak mohou vykazovat silný vztah ke změnám zápoje (Beaudet et al. 2004).

Studie, která se zabývá lesními fytoecologickými snímky obvyklé škály (velikost snímků 5 × 20 m) ukázala, že stromový zápoj vysvětlil až 22 % kolísání druhové bohatosti, ale na druhou stranu ponechal velký vliv na jiné stanovištní faktory (Brosofske et al. 2001).

Pro listnatý opadavý les jsou typické sezónní cyklické změny v olistěnosti korun stromů. Ty v průběhu roku ovlivňují přístup světla do porostu a tím i jeho dynamiku. Podrobným bádáním o sezónních změnách dostupnosti světla v lese se zabýval Gendron et al. (2001). Mimo jiné zjistil, že množství světla v lese je v měsíci květnu oproti červenci osmkrát vyšší. Tyto změny ovlivňují dynamiku vývoje bylinného patra (Slavíková 1986).

Reakce jednotlivých rostlinných druhů na různé druhy světla se mohou lišit. Ukázalo se, že semenáčky dřevin reagují na všechny typy světla stejně, avšak byliny reagují nejsilněji svou pokrývností na přímé světlo, což jim může přinést za přímého ozáření kompetiční výhodu (Modrý et al. 2004).

Světlo je v lesním prostředí velmi důležitým faktorem, který však neovlivňuje druhové složení a strukturu podrostu samostatně, nýbrž v interakci s jinými ekologickými faktory. Proto je často velmi komplikované správně interpretovat získané výsledky, stejně jako utvářet obecné, bez výhrad platné závěry (Wernerová 2007).

3.3 Hospodářské tvary lesa

Les může být zakládán ze semene nebo s díky výmladnosti dřevin. Podle toho rozlišujeme tři tvary lesa: les vysoký (vysokokmenný), jež vzniká vždy ze semene, les střední (sdružený), jež využívá výmladnosti dřevin, ale část vzniká ze semene a les nízký (výmladkový, pařezina), jež vzniká pouze výmladností dřevin (Mikeska in Vacek 2006). Převládající formou tvaru lesa v České republice je les vysokokmenný. Pařeziny se postupně převáděly na les vysoký a ty, které zůstaly, mají dnes význam především v lesích půdoochranných, bažantnicích a oborách. Střední les je v mizivé míře zastoupen především ve zbytcích lužních lesů. Může mít však podstatný význam v tvorbě a ochraně krajiny i pro svůj estetický účinek (Vyskot et al. 1978).

3.3.1 Nízký les

Les nízký, nazývaný také výmladkový nebo pařezina, je typ hospodaření v lesích sloužící k získávání dřeva jako zdroje a suroviny pro různé účely. Jedná se o les obnovovaný z výmladků obrážejících z pařezů.

Díky přirozené schopnosti rychlého růstu pařezových výmladků jsme schopni bez jakékoliv péče získat v co nejkratším čase co největší možnou produkci dřevní hmoty, za použití co nejmenších nákladů (Polanský et al. 1966).

Schopnost vytvářet výmladky je u jednotlivých dřevin různá a závisí na mnohých okolnostech. Mění se podle dřeviny, vlastností půdy, zejména její vlhkosti a úrodnosti, podle oslunění, expozice, výšky pařezů apod. Zvlášť velkou a trvalou výmladností se vyznačuje lípa a kaštan. Velkou výmladnost mají duby, olše, jilmy, jasany a javory. Slabou výmladnost má buk a bříza a velmi slabou osika, která se však vyznačuje velkou výmladností kořenovou (Polanský et al. 1966). Intenzita výmladnosti však není po celý

život jedinců stejná. Například u dubů starších 50 let se objevují výmladky přibližně jen u 80 % pařezů (Vyskot 1958).

Výmladkové hospodářství je historicky velmi staré (první zmínky o něm jsou ze 14. století v Německu) a technicky je velmi jednoduché (Polanský et al. 1966). Pravidelné obmýty bývalo každých sedm let. Tato krátká doba byla podmíněna potřebou získat co nejrychleji palivové dřevo (Buček & Lacina 1990).

Pařeziny, které sloužily k získávání palivového dříví, jsou již minulostí. V současnosti tvoří tyto lesy na našem území přibližně 0,3 % rozlohy všech lesů (Kadavý & Kneifl 2014). Dříve značně rozšířené dubové pařeziny a celé oblasti otevřených lesů byly z části již převedeny na vysokokmenné stinné lesy a z části předrženy jako nepravé kmenoviny. Omezení přísunu světla v oblastech pokrytých stinnými vysokokmennými lesy značně ovlivnilo složení fauny a flóry. Rostliny a živočichové, závislí na cyklických změnách (adaptace na časná sukcesní stádia, pravidelně opakující se prosvětlení a zastínění), začali z krajiny postupně mizet (Müllerová et al. 2015).

Důležitou motivací k obnovení výmladkových lesů je v současnosti ochrana biodiverzity (Hédl 2015).

3.3.2 Střední les

Dengler (1944) rozlišuje sdružený les podle počtu výstavků a poměru spodního patra k patru hornímu, a to na sdružený les chudý na horní patro (v podstatě pařezina), sdružený les s přibližně stejnou spodní i horní etáží a sdružený les bohatý na horní patro. Třetí typ sdruženého lesa se blíží lesu vysokokmennému a spodní etáž má spíše půdoochrannou funkci (Polanský et al. 1966).

Jednou z nevýhod sdruženého lesa je málo cenných silných sortimentů a malý podíl užitkového dřeva. (Voegeli 1947).

Podle zjištění Grossmana byl ve sdružených lesích Curyšského kantonu podíl užitkového dříví 13–20 % a průměrně za desetiletí 17 %, kdežto v lesích vysokokmenných v témž kantonu činil podíl 67 % (Grossman ex Čížek 1951). Přesto má sdružený les značnou hospodářskou hodnotu, na příznivých stanovištích téměř stejnou jako les vysokokmenný. Příkladem je tento typ lesa ve Francii, kde se velmi dobře osvědčil (Polanský et al. 1966).

3.4 Obecná charakteristika Českého krasu

3.4.1 Chráněná krajinná oblast (CHKO)

Chráněná krajinná oblast je česká národní kategorie, určená k ochraně rozlehlejších území nebo celých geografických oblastí s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristickým reliéfem a převahou přirozených, resp. polopřirozených ekosystémů. Pro své přírodní a krajinné hodnoty oblastí a jejich harmonické využívání jsou uznávány i v mezinárodním měřítku (Rubín et al. 2004).

CHKO je rozdělena do čtyř zón, které určují, jak bychom se měli k dané oblasti chovat. Nejprísnejší ochranou je u nás první zóna a od druhé dále přísnost ochrany klesá. Na území České republiky je vyhlášeno 25 CHKO o celkové rozloze 1 041 612 ha. Mezi nejznámější a také nejnavštěvovanější CHKO v ČR patří CHKO Šumava, CHKO Český ráj, CHKO Moravský kras a CHKO Český kras (Rubín et al. 2004).

3.4.2 Chráněná krajinná oblast Český kras

Chráněná krajinná oblast Český kras byla vyhlášena dne 12. 4. 1972 na území o rozloze 12 823 ha. Nachází se mezi Prahou a Berounem, na obou březích řeky Berounky (Kos & Maršáková 1997).

Nejnižším bodem oblasti je hladina Berounky u Hlásné Třebaně (199 m n. m.) a nejvyšším bodem je vrchol Bacín severovýchodně od obce Vinařice (498,9 m n. m.). CHKO se rozkládá na 41 katastrálních územích, která mají ve správě dvě městské části a 37 obcí. Najdeme zde celkem 19 maloplošných chráněných území, jejichž výměra je 2 701,97 ha (ÚHÚL s. d.).

V krasu (z latinského „carstus“) se setkáváme s četnými projevy rozpouštění vápenců, se závrtky a škrapy, ale i s jeskyněmi a propastmi (Cílek & Jäger 2002).

Český kras je především jedinečné území z hlediska světové geologie, stratigrafie siluru a devonu a výzkumu vývoje života v těchto obdobích vývoje Země. Je to rovněž největší vápencové území v Čechách se zachovalými rozsáhlými plochami společenstev skalních stepí, lesostepí, teplomilných dubových nebo dubohabrových lesů s velmi bohatou přirozenou květenou a zvířenou. Vyskytuje se zde několik endemických druhů rostlin a živočichů (Ložek et al. 2005).

3.4.3 Geologická charakteristika

Většina hornin Českého krasu pochází z prvohor. V ordoviku se v chladném moři usazovaly písčité a jílovité sedimenty přinášené z pevniny, jejichž zpevněním vznikaly křemité pískovce a břidlice. V následujícím siluru došlo k nápadnému oteplení a v prostředí chudém na kyslík se usazovaly sedimenty černých břidlic se zbytky graptolitů. Vápnité břidlice a vápence se začaly usazovat po obnově mořských proudů. Podobně jako v ordoviku zde probíhala sopečná činnost (bazalty). Mělké tropické moře převládalo i v devonu. V okolí Koněprus byl obrovský korálový útes, na kterém žilo přibližně 500 druhů mořských bezobratlých živočichů. Koněpruský vápenec vznikl právě ze schránek těchto živočichů. Ve středním devonu došlo k prohloubení mořské pánve a hromadnému vymírání. Na konci devonu ustoupilo moře z celého území Českého masivu. Na chvíli se moře vrátilo ještě v křídě, ale převládající charakter území je dán prvohorními vápenci siluru a devonu (Cílek & Jäger 2002).

Celé území Českého krasu bylo postiženo horskými tlaky a rozlámáno sítí zlomů, podél kterých jako na obří mozaice došlo k zanoření či výstupu některých bloků. Rozmanitost geologického podkladu je zdrojem geomorfologické různorodosti – odolnost podložních vápenců umožňuje vznik sevřených roklí a naopak v měkkých břidlicích mohou vznikat široká údolí. Z krajiny vyčnívají vápencové vrchy Bacín a Zlatý kůň. Různé podloží i různé mikroklima umožňuje na malém prostoru výskyt velkého množství rostlinných druhů, a tak je geodiverzita jedním z klíčů k biodiverzitě (Cílek & Jäger 2002).

3.4.4 Klimatická charakteristika

Z hlediska klimatických podmínek patří Český kras do oblasti mírně teplé a mírně suché s mírnou zimou (Neuhäuslová 1998). Průměrná roční teplota je 8–9 °C, průměrná teplota vegetačního období (26. 4. – 5. 8.), trvající 163 dnů je 14,5 °C. Průměrný úhrn srážek dosahuje 530 mm. Nejvyšší denní teploty a srážková maxima připadají na červenec, nejnižší na leden, kdy teplota obvykle neklesá pod -3 °C. V zimních měsících je zde nízká sněhová pokrývka, vytrvávající jen krátce. Vzhledem k rozmanitosti vegetace a členitosti reliéfu dochází k výrazným mikroklimatickým rozdílům (Správa CHKO Český kras).

3.4.5 Hydrografická charakteristika

V období třetihor se začala přetvářet oblast Českého krasu do dnešního zjevu. Přes území pravděpodobně tekla mohutná řeka. Zanechala zde písčité a štěrkovité náplavy v oblasti Kosoře, Litně, Mořiny a také v polesí Koda. Během čtvrtohor se zformoval reliéf do dnešní podoby. Došlo k zahloubení řeky Berounky i jejích dnešních deseti přítoků a vzniku kaňonovitých údolí. Na dně těchto údolí vznikaly a místy ještě vznikají před krasovými prameny travertinové kupy a kaskády (Správa CHKO Český kras 2001).

Celé území je prostřednictvím Berounky, vlévající se do Vltavy, odvodňováno do Severního moře (ÚHÚL, s. d.).

3.4.6 Pedologická charakteristika

Půdní poměry Českého krasu jsou velmi pestré. Na vápencích vznikají vápnitě hnědozemě nebo rendziny, jinde u nás vzácné (Ložek 1998). Hodnocení půd Českého krasu značně komplikuje říční fenomén spojený s mladou erozí (a sedimentací), tektonický neklid oblasti v kombinaci s velmi heterogenním geologickým podložím i impakt eolického materiálu. Podle zákonitostí klimatické zonality patří území k oblasti s hnědozemním půdotvorným procesem (Šamonil 2005).

3.4.7 Floristická charakteristika

Vegetace v Českém krasu je výsledkem dlouhodobého propojení a spolužití člověka a přírody (Sádlo 2002) a představuje v Čechách nejlépe vyvinutou sérii xerothermních společenstev. Druhovou pestrost podmiňuje krasový a říční fenomén (Šamonil 2005). Na bohatých vápenatých substrátech se vyskytují zástupci termofytů i mezofytů ve stejné míře, zatímco na písčitých a jílovitých substrátech najdeme chudá rostlinná společenstva s převahou mezofytů (ÚHÚL, s. d.).

Řada zde rostoucích taxonů je zákonem chráněna a figurují v červeném seznamu (Procházka et al. 2001). Jako příklad lze uvést včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*), lýkovec vonný (*Daphne cneorum*), okrotici červenou (*Cephalanthera rubra*), devaterník šedý (*Helianthemum canum*), koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*), dub pýřitý (*Quercus pubescens*) nebo hlaváček jarní (*Adonis vernalis*) (Šamonil 2005).

3.4.8 Charakteristika fauny

Zvířena Českého krasu je stejně bohatá a pozoruhodná jako rostlinstvo (Ložek et al. 2005). Velice početná a zdaleka ne řádně prozkoumaná je fauna bezobratlých. Kuklík (1988) uvádí 1390 druhů motýlů. Bohatý je výskyt letounů. Vrápenci a netopýři mají úzký vztah ke zvláštním podmínkám krasu a lze jich zde zastihnout okolo čtrnácti druhů (Ložek et al. 2005).

3.4.9 Vývoj dřevinné skladby

Původně převládající dřevinou v celé oblasti (vyjma stanovišť extrémně suchých a chudých) byl dub. Bývaly zde smíšené dubiny s břízou nebo lípou jako pařeziny, nebo dub s borovicí v lese vysokokmenném. Zcela převládající dřevinou byl dub v lese nízkém a středním (ÚHÚL, s. d.).

Nejsilnějším negativně působícím činitelem bylo umělé vysazování jehličnatých monokultur na místech přirozených opadavých lesů. Tímto způsobem byla rozloha původní vůdčí formace zredukována na nepatrné procento, zachované dnes převážně v chráněných částech přírody, v nedostupných polohách, na ohrožených stanovištích apod. Biologický význam přirozených lesů byl silně podceněn a ještě nedávné hospodářské plány tento negativní vývoj dále prohlubovaly (Neuhäusl 1988).

Vegetační stupeň zde převažuje druhý (buko-dubový) a třetí (dubo-bukový). Nyní zde nalezneme lužní a na svazích suťové lesy s údolními pěnokovými prameništi, dubohabřiny, kyselé doubravy, šipákové doubravy i okroticové bučiny. Mozaiky teplomilných doubrav a dubohabřin jsou místní dominantní vegetací (Culek 1996).

3.5 Charakteristika podmínek přírodní rezervace Na Voskopě

Přírodní rezervace (PR) je menší území se soustředěním přírodních hodnot s ekosystémy typickými a významnými pro danou geografickou oblast. Národní přírodní rezervace (NPR) je nejvýznačnější kategorií ochrany maloplošných území. Poskytuje ochranu v mezinárodním nebo národním měřítku unikátním přírodním ekosystémům s vzácnými a ohroženými organismy i anorganickými fenomény (Rubín a kol. 2004).

Nařízením správy Chráněné krajinné oblasti Český kras byla po složitém vyjednávání, trvajícím téměř patnáct let, dne 26. 11. 2012 zřízena přírodní rezervace Na Voskopě. Rezervace spadá pod katastrální území Suchomasty ve Středočeském kraji. Nejvyššími body této lokality jsou dva vrchy – Újezdce (474,3 m n. m.) a lomem již odtěžený vrch Na Voskopě (468 m n. m.). Přírodní rezervace je v těsném sousedství s Velkolomem Čertovy schody. Na severovýchodní a severní hranici rezervace je lomová stěna, proto se do této lokality dostaneme jedinečně z jihovýchodní strany, nejlépe silnicí III. třídy od obce Koněprusy dále pokračující k vesnici Bykoš nebo pěšky po naučné stezce od Koněpruských jeskyní na obec Borek (severovýchodně od Suchomast) (Ložek et al. 2005).

Na základě několikaletých průzkumů se po dlouholetém snažení podařilo vyjmout z oblasti těžby Velkolomu Čertovy schody, kromě jiných, i tuto velice hodnotnou lokalitu Na Voskopě a to i přes to, že se návrší nalézá téměř ve středu dobývacího prostoru Suchomasty I a ukrývá zásoby vápenců, jež by při současné úrovni těžby stačily nejméně na dalších 50 let (Hroník 2014).

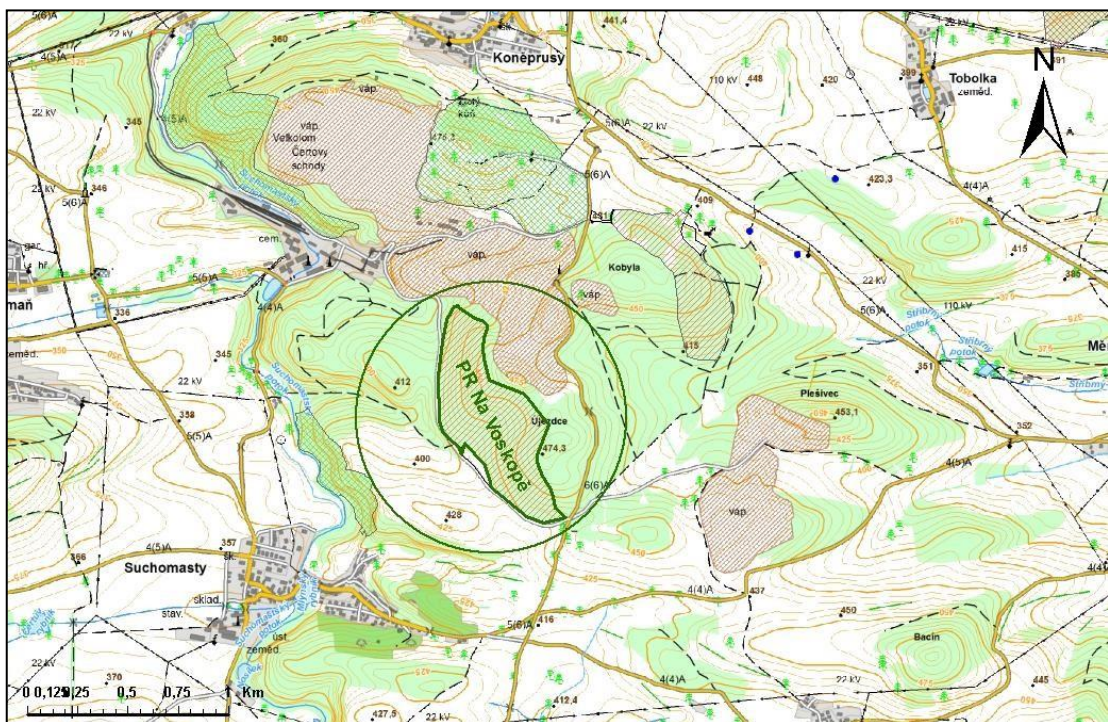
Hlavním předmětem ochrany v Přírodní rezervaci Na Voskopě je hojný výskyt cenných druhů. Celkem bylo v této lokalitě a blízkém okolí zjištěno 321 druhů, z tohoto počtu bylo 53 druhů z Červeného seznamu. Území je sice bohaté na vzácné druhy, ale z velké části to jsou druhy vzácné jen na úrovni ČR, kdežto v Českém krasu jsou dost hojné. V ochraně přírody je tedy oprávněný argument, že Český kras je území cenné a unikátní a jeho devastace je tedy negativní, nedá se však říci, že by v jeho rámci nějak zvlášť záleželo právě na zkoumaném území. Výraznou výjimkou z toho jsou chráněná území, mezi nimiž je také PR Na Voskopě (Sádlo 2001).

Nejvzácnějším druhem zkoumaného území je Chruplavník větší (*Polycnemum majus*), který byl ovšem dříve pouhým polním plevelem. Dále bychom zde mohli najít silně ohroženou statnou orchidej okrotici červenou (*Cephalanthera rubra*) a v Českém krasu hojnou planou lesní jablň (*Malus sylvestris*). Lze zmínit také hořeček brvitý (*Gentianopsis ciliata*), růži galskou (*Rosa gallica*), kruštík modrofialový (*Epipactis*

papurata), kruštík drobnolistý (*Epipactis Microphylla*), zimostrázek alpský (*Chamaebuxus alpestris*). Z vzácnějších druhů dubů vyžadující pozornost je dub žltavý (*Quercus dalechampii*) a dub mnohoplodý (*Quercus polycarpa*) (Sádlo 2001).

Mezi silně ohrožené druhy patří též koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohémica*) a v podobné míře ohrožená chrpa chlumní (*Centaurea triumfettii*). Také zde nalezneme kostřavu walliskou (*Festuca valesiaca*), smělek štíhlý (*Koeleria macrantha*) či devaterník tmavý (*Helianthemum grandiflorum* subsp. *obscurum*) (Ložek et al. 2005).

Na lokalitě byl proveden i průzkum souborů lesních typů. Podle Podhorníka (2001) se zde vyskytují typy 1W – vápencová habrová doubrava a 2W – vápencová buková doubrava. Na hřebenech a exponovaných svazích jsou suché habrové doubravy 1C. Z nich přecházejí v extrémních partiích vrcholů a hřebene do dřínové doubravy 1X a místy se také vyskytuje javorohabrová doubrava, soubor lesních typů 1A.



Obr. 1: Poloha přírodní rezervace Na Voskopě.

Zdroj: Mapový podklad © CENIA.

4 Metodika práce

4.1 Zkusné plochy

4.1.1 Tvar ploch a jejich vyznačení

Všechna data a vzorky byly odebírány na experimentální ploše v Přírodní rezervaci Na Voskopě. Celá experimentální plocha má průměrný sklon 18° stupňů a je orientována na západ. Na území o velikosti 1,9 ha se nachází šest experimentálních pruhů 125 m dlouhých a 25 m širokých (viz obrázek č. 2). Jedná se o dlouhodobý výzkum. Pruhy by se měly postupně odtěžovat, a to po dvojicích v intervalu 10 let. Na odtěžené ploše by měly zůstat pouze vybrané výstavky.

Zároveň je v každém pokusném pruhu vymezeno pět kruhových zkusných ploch s poloměrem 8,5 m. V nedalekém okolí mimo těžené plochy je rozmístěno dalších 10 kruhových zkusných ploch, sloužících jako plochy kontrolní, na kterých se může pozorovat a porovnávat vývoj oproti plochám umístěným v experimentálních pruzích.

Dohromady zde máme 40 ploch. Jejich středy jsou označeny fixním geodetickým bodem a zaměřeny GPS souřadnicemi. Pro lepší a jednodušší orientaci bylo na nejbližší strom od středu plochy vyznačeno pořadové číslo a ještě na dva nejbližší stromy vyznačena tečka na vrstevnici a spádnici. Díky tomuto značení je jednodušší práce v terénu.

Zatím bylo vytěženo po dvou pruzích na konci zimy (během února) v letech 2015 a 2016. Plochy zatím vyloučené z experimentální těžby mají označení 6–15, 21–30, dále kontrolní plochy 31–40. Deset ploch se již nachází ve dvou pruzích vytěžených v obou letech (označení 1–5 a 16–20) a zde se postupně rozvíjí vegetace pasek.



Obr. 2: Rozmístění trvalých zkusných ploch v PR Na Voskopě.

Zdroj: Český úřad zeměměřický a katastrální.

4.2 Odběr biomasy

Sběr vzorků probíhal v létě (v červenci roku 2017) kolem vrcholu vegetační sezóny. Na každé zkusné ploše byla na pěti místech o rozloze $0,5 \times 0,5$ m odebrána nadzemní část rostlin. Pro dodržení požadované velikosti sloužil kovový rámeček. Nadzemní části byly stříhány nůžkami, maximálně 5 cm nad zemí. První vzorek byl odebrán jeden metr nad středem trvalé zkusné plochy a další čtyři vzorky pět metrů od středu po směru hodinových ručiček. Odebraná biomasa byla ukládána do papírových sáčků, které byly popsány vždy číslem trvalé zkusné plochy a čísly jedna až pět podle místa sběru (1/1–40/5).

200 papírových sáčků odebrané biomasy z 30 trvalých zkusných ploch a 10 kontrolních ploch bylo sušeno na suché půdě, aby se předešlo plísním a znehodnocení. Poté byly vzorky převezeny na půdu fakulty lesnické a dřevařské.

Biomasu odebírala Markéta Svobodová, která zpracovávala stejné téma své bakalářské práce, ovšem studium předčasně ukončila. Vzorky jsem převzala a dále s nimi pracovala.

V laboratoři Fakulty životního prostředí se vzorky dosušily v laboratorní sušárně Venticell 404. Aby dosáhly nulové vlhkosti, byly sušené 10 hodin při teplotě 80 °C (dosažena jejich konstantní hmotnost). Po dosušení tak byla zjištěna přesná hmotnost odebrané biomasy.

Vzorky byly dále váženy na váze značky GT210 Galaxy OHAUS s přesností na setiny gramu. Zvážené hodnoty byly systematicky zapisovány do připraveného sešitu s uvedením čísla plochy, čísla místa odběru a naměřené hmotnosti vzorku i se sáčkem. Po zvážení všech 200 sáčků se vzorky jsem zvažila deset prázdných sáčků a z jejich průměru určila hmotnost samotného sáčku, tzv. táru.

Zjištěné údaje jsem zapsala do Microsoft Excelu. V prvním kroku jsem odečetla od všech vah vzorků hmotnost sáčku. Dále se musely všechny navážené hodnoty převést na 1 m², dosud odpovídaly surové hodnoty ploše o velikosti 0,25 m². Z těchto hodnot již byly vypočítány požadované parametry: průměrná hmotnost pro každou zkusnou plochu, směrodatná odchylka tohoto průměru a variační koeficient.

4.3 Hemisférické fotografie

4.3.1 Pořizování hemisférických fotografií

Zvolená metoda pro zjištění světelných podmínek byla metoda hemisférických fotografií korunového zápoje (Frazer et al. 1997). K pořizování těchto fotografií je nutné vyčkat na dobré počasí a příhodné světelné podmínky. Nejlepší jsou brzké ranní hodiny nebo zatažená obloha. Při přímém záření slunce hrozí přesvětlení fotografií a tím pádem zkreslení výsledné analýzy fotografií.

K pořízení hemisférických snímků korunového zápoje byl použit digitální fotoaparát typu *Canon EOS 1100 D* s objektivem typu rybí oko *Circular Fish EYE Sigma DC HSM*. Tento objektiv je ideální k fotografování korunového zápoje díky jeho zobrazovacímu úhlu 180°.

Důležité je nejdříve fotoaparát před pořizováním snímků správně nastavit. Kvalita pořizovaných fotografií postačila 6 Mpx. První se nastavila na fotoaparátu clona (*AV mode*) na hodnotu 8. Světlocitlivost ISO byla ponechána na automatickém režimu. Dále bylo nutné nastavit expozici (*Bracketting*), která se může podle potřeby upravovat podle podmínek a také měření se zvýhodněným středem (*Metering mode: Centre – weighted average metering*). Jako poslední bylo potřeba vypnout funkci autorotace.

K dispozici jsem měla snímky z roku 2016 a z roku 2017. U snímků z roku 2016 bylo rozlišení 4272×2848 a u snímků z roku 2017 bylo rozlišení 3088×2056 .

Na každé ze čtyřiceti ploch byl stativ nastaven do prsní výšky (1,3 m). Centrace do svislé i vodorovné polohy proběhla za pomoci libely a pomocí buzoly se nastavil horní okraj fotoaparátu směřující na sever. Následovalo přepnutí na manuální ostření a pořízení snímků. Ukázka pořízené hemisférické fotografie je na obrázku číslo 3.



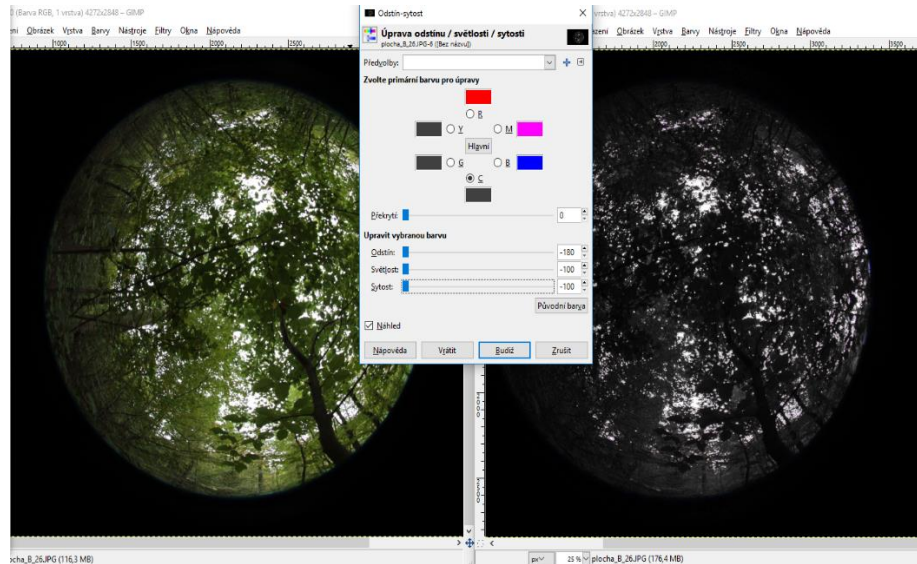
Obr. 3: Barevná hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 37 (před úpravou).

Autor: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

4.3.2 Analýza hemisférických fotografií

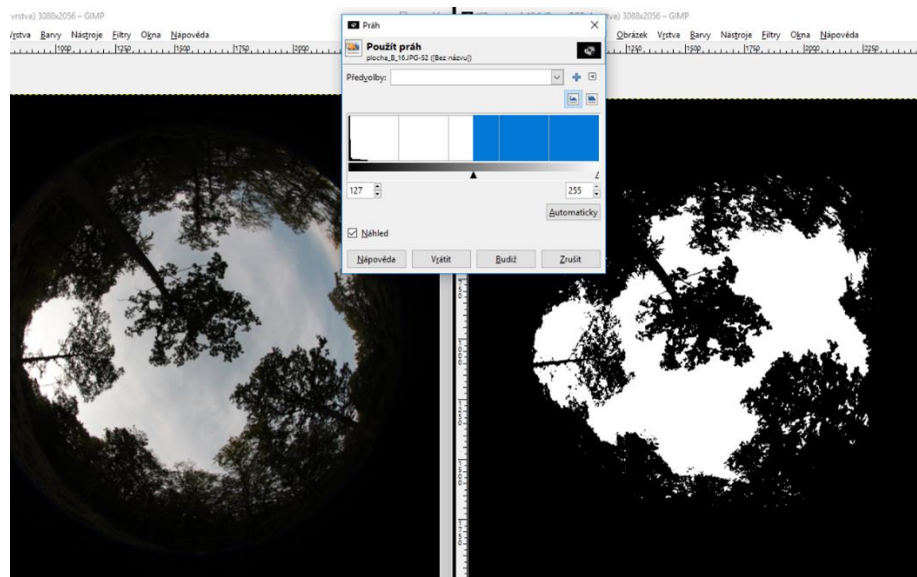
Všechny fotografie byly pojmenovány podle čísla zkusné plochy, kde byly pořízeny. Dále bylo nutné všechny fotografie převést do černobílé podoby. Na to jsem využila počítačový program pro úpravu fotografií GIMP 2 (Kimball et al. 2008), který je volně dostupný na školních počítačích. Vždy jsem do programu nahrála barevnou fotografii a nejprve snímek duplikovala, abych ho mohla již upravený porovnávat s originálem. V záložce Barvy jsem vybrala odstín-sytost (obr. 4) a ubrala zde na minimum sytost zelené a žluté barvy (ubírat ostatní barvy nemělo smysl, tyto jsou nejvýraznější).

Konečný krok k černobílé úpravě fotky byla funkce práh, také v záložce Barvy (obr. 5). Prahová hodnota se dá upravovat buď automaticky, nebo ručně. Zadala jsem nejdříve úpravu automatickou a poté upravila hodnotu ručně. Musela jsem ohlídat, jak vypadá originální fotografie. Občas se stalo, že program označil jako zeleň oblaka nebo naopak cestu a trávu oslněnou ranním sluncem převedl na část oblohy.



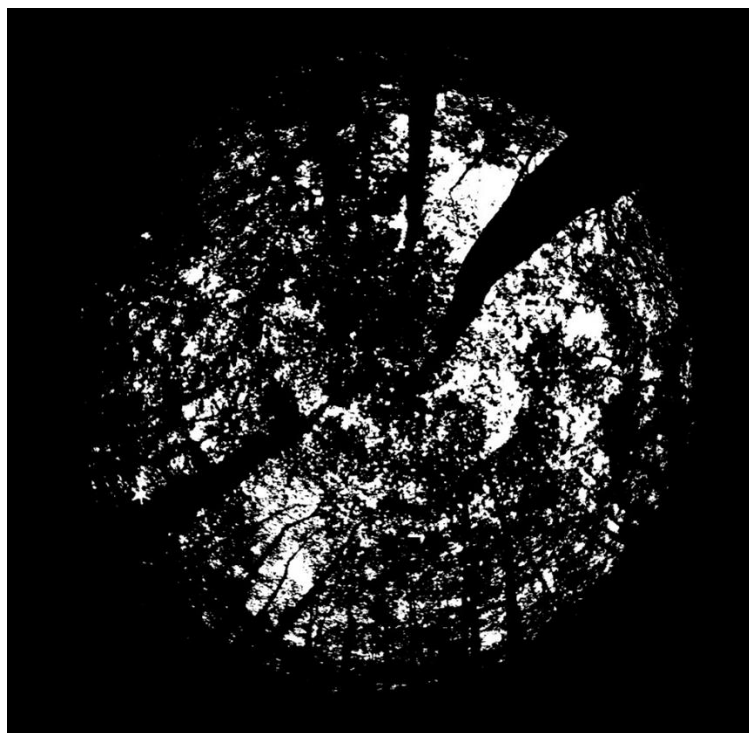
Obr. 4: Stažení sytosti žluté a zelené barvy na minimum.

Autor: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D; vlastní úprava v programu Gimp 2.



Obr. 5: Prahování hemisférických fotografií pomocí programu Gimp 2.

Autor: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D; vlastní úprava v programu Gimp 2.

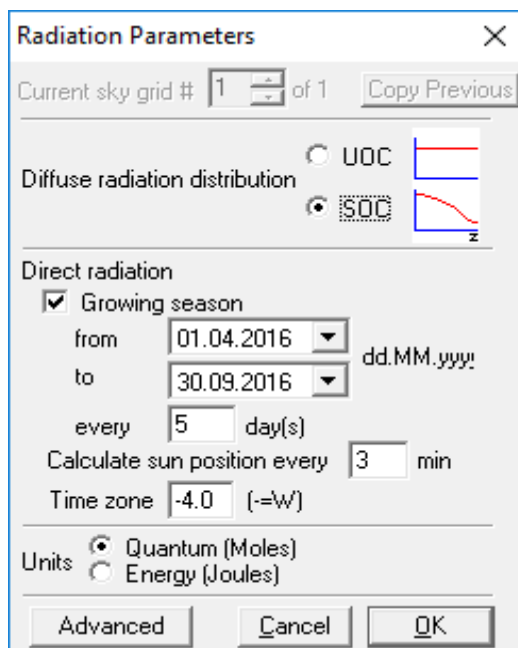


Obr. 6: Černobílá hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 37 po úpravě v programu Gimp 2.

Autor: Mgr. Tomáš Černý, Ph.D; vlastní úprava v programu Gimp 2.

Samotná analýza již upravených černobílých fotek probíhala v programu WinSCANOPY (Regent Instruments 2012). Jedná se o nejpoužívanější program pro vyhodnocování hemisférických fotografií korunového zápoje. Podobné funkce pro toto vyhodnocování má i program Gap Light Analyzer, který pro svou bakalářskou práci použila například Hradilová (2010). Rozdíly mezi těmito dvěma programy se zabývá Jarčuška et al. (2010).

Program WinSCANOPY vyžadoval prvotní konfiguraci. V nově založeném souboru musely být uvedeny základní informace potřebné pro následné analýzy, např. rozlišení fotografie, nadmořská výška atd. Pomocí volby *Load configuration* na hlavní liště v záložce *Misc* jsem mohla soubor nahrát do programu. Volbou *Radiation*, ve které jsem zvolila možnost *Radiation parameters*, jsem nastavila *Growing seasons* – délku vegetačního období 1. 4. – 30. 9. 2016 a stejně tak pro rok 2017. Nastavení je zobrazeno na obrázku č. 7.



Obr. 7: Dialogové okno pro zadání vegetační doby v programu WinScanopy.

Zdroj: Program WinSCANOPY.

Nahrání snímků jsem provedla přes ikonu diskety v levém horním rohu hlavní obrazovky. V hlavním menu jsem vyvolala ikonou *Hemisphere* kartu *Identification* (viz. Obr. č. 8). V této kartě bylo třeba u každého snímku vždy v nabídce *Settings* zaškrtnout *Decimal* a potvrdit OK. Poté jsem pokračovala zadáváním údajů o nadmořské výšce (*Altitude*), o sklonu ve stupních (*Slope*) a orientaci ve stupních (*Aspect*). Do kolonky *Latitude* a *Longitude* jsem u každého snímku zadávala hodnoty ve stupních, minutách i vteřinách znovu, protože údaj se po každém uložení vymazal (*Latitude* = 49°54'25", *Longitude* = 14°04'03").

Po potvrzení OK se mě program zeptal, zda chci provést analýzu. Zvolila jsem možnost *Do batch analysis*. Tím se zahájila analýza světelných podmínek, jejíž výsledek je na obrázku č. 9.

Identification

Photo # Memory card #

Acquisition Date _____ Time :

Aperture f-stop Exposure time 1/ s

Lens Focal Length _____

Camera _____

Modified _____

Orientation ° Height m

Plot Altitude m

Latitude ° ' " (-=S)

Longitude ° ' " (-=W)

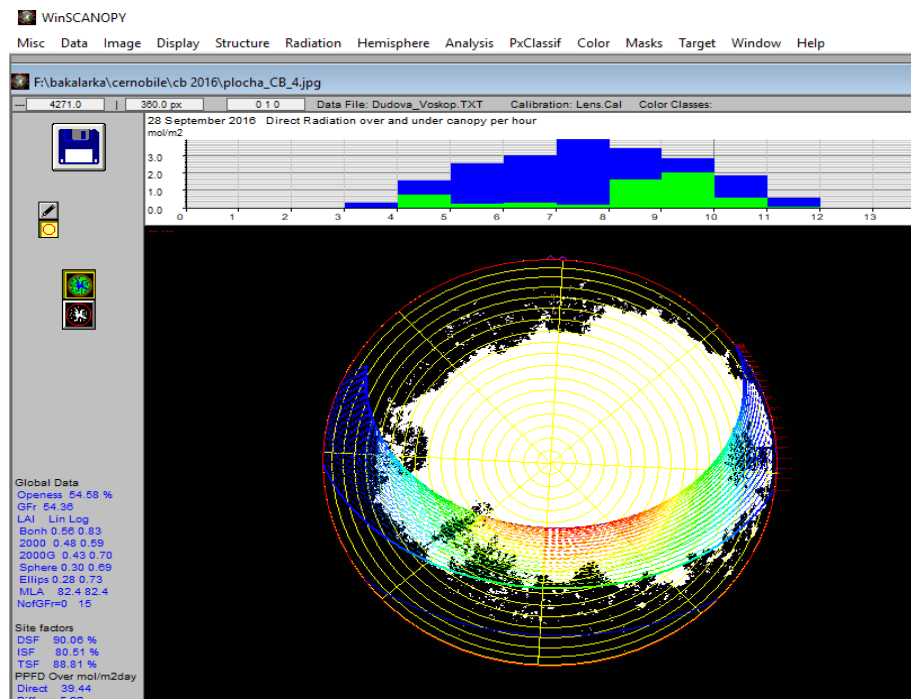
Slope ° Aspect (-=W)

Sky Analyst

Comments

Obr. 8: Dialogové okno pro název analyzované plochy, orientaci, sklon a nadmořskou výšku.

Zdroj: Program WinSCANOPY.



Obr. 9: Světelná analýza hemisférické fotografie korunového zápoje v programu WinScanopy.

Zdroj: Program WinSCANOPY.

Postupovala byl stále stejný u všech osmdesáti fotografií z obou let. Program WinSCANOPY ukládal všechny vyhodnocené údaje do poznámkového bloku. Pro lepší přehlednost se parametry daly pohodlně převést do programu Microsoft Excel 97-2003. Do výsledné tabulky byly přidány i vypočtené hodnoty produktivity biomasy, získané sušením a vážením. S touto obsáhlou tabulkou se dále pracovalo při statistickém vyhodnocení.

4.4 Statistické vyhodnocení dat

Pro statistická vyhodnocení bylo nutné nejdříve upravit tabulku v Excelu se všemi daty tak, aby s ní mohly specializované statistické programy snadno operovat. Údaje musely mít krátký a zároveň výstižný název bez interpunkce.

Ve své práci pracuji se dvěma typy naměřených dat. Jako první byly hmotnosti usušené biomasy převedené na jednotku g m^{-2} . Tato proměnná je uvažována jako závislá. Druhý typ dat byl získán analýzou světelných podmínek z hemisférických snímků korunového zápoje. Hodnoty intenzity záření se uvádí v MJ nebo $\text{Mol/m}^2 \cdot \text{den}$. Tato proměnná je považována jako nezávislá.

Samotné statistické analýzy proběhly v programu R (R Core Development Team 2017), níže uvedené grafy v Programu STATISTICA (Dell Inc. 2017).

Nejprve proběhlo v programu R přes příkaz *read.table* načtení datové matice z Excelu do objektu s názvem „Dudova“. Příkaz *attach* uložil soubor do pracovního adresáře programu R. Příkazem „*str*“ proběhla prohlídka a kontrola dat. Poté bylo provedeno několik regresních analýz pro zjištění vzájemných vztahů mezi nezávislými a závislými proměnnými. Do nezávislých proměnných patří hodnoty otevřenosti stanoviště a přímého nebo rozptýleného slunečního záření. Závislé proměnné se mění podle podmínek okolního prostředí a jsou jimi v tomto případě koeficient variability pro jednotlivé zkušné plochy (*CV*) a průměrná hmotnost biomasy (*Mean*). Prvními výsledky byly distribuční charakteristiky naznačující minimální, průměrné a maximální hodnoty nejdříve závislých proměnných a potom nezávislých proměnných (viz. Tab. č. 2). Funkcí *cor* byla zjištěna hodnota korelačního koeficientu mezi proměnnými. Pomocí příkazu „*library(nlme)*“ proběhlo načtení knihovny *nlme* do pracovní paměti programu R. Následovala tvorba jednotlivých marginálních regresních modelů se zahrnutím pevného efektu prostorové pozice ploch (zahrnutí vlivu prostorové autokorelace dat) pomocí funkce *gls* (*Generalized Least Squares*) z knihovny *nlme* (Pinheiro et al. 2017).

Prostorová závislost dat je vyjádřena pomocí exponenciálního vztahu.

Příkazem „*dud.ml<-gls(závislá~nezávislá,corr...)*“ se vytvoří finální regresní model pro odhad chování jednotlivých závislých proměnných. Takový postup byl u všech proměnných. Příkaz „*anova (dud.ml)*“ naopak provede test statistické významnosti nezávislých proměnných (= prediktorů) daného regresního modelu. Funkce *anova* je regresní obdobou analýzy variance.

Z výsledků jsem zpracovala do tabulky hodnoty statistické signifikace *p-value* (odpovídá hodnotě „alfa“ statistické průkaznosti) a odhad koeficientu determinace daného regresního modelu *R-squared*, který vysvětluje procento variability závislé proměnné pomocí nezávislé proměnné.

Program Statistica jsem použila pro vytvoření grafických výstupů jednotlivých proměnných. Tabulku jsem před nahráním do programu seřadila podle proměnné *%ofsun* od nejmenšího po největší, abych mohla rozdělit prvních dvacet ploch na plochy světlejší (označeny velkým písmenem S) a dalších dvacet na plochy tmavší (označeny velkým písmenem T). Po nahrání tabulky se vstupními daty jsem na panelu nástrojů zvolila funkci *Grafy*. První dva grafy byly bodové, ostatní krabicové. Bylo nutné pro každý graf zvolit hodnoty osy X a Y. U bodových grafů jsem dala na osy difúzní a přímé záření z roku 2016 a v druhém z roku 2017. U krabicových grafů byla nezávislá proměnná vždy na ose X (hodnoty otevřenosti stanoviště nebo světelného záření). Závislá proměnná náležela ose Y (průměrná hmotnost biomasy nebo koeficient variability).

Čtyři krabicové grafy byly vytvořeny pro plochy, které se nacházejí pouze v lese. Zbylé plochy jsou na již odtěžených pasekách. V pracovním datovém souboru se přidal sloupec, který identifikoval typ plochy (les/paseka). Do všech grafů jsem v jejich nastavení pomocí ikony *Select case – Analysis/graph case* vkládala podmínku „*year=2016*“ nebo „*year=2017*“. Pro čtyři grafy, které se týkaly lesních ploch, jsem k této podmínce přidala další podmínku „*AND oblast=les*“.

Signifikaci rozdílů parametrů mezi světlejšími a tmavšími porosty zjistily dva statistické testy, které byly provedeny u každého krabicového grafu.

5 Výsledky

Výsledky analýz jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafických výstupech.

Tabulka 1 uvádí přehledný seznam zkratk proměnných, použitých v analýzách, jejichž výsledky jsou uvedeny v dalších výstupech.

Tab. 1: Vysvětlení zkratk proměnných

použitých v níže uvedených analýzách. Ke kódům proměnných je dále připojeno označení roku, např. „Mean16“ = průměrná produktivita biomasy na ploše v roce 2016.

Kód proměnné	Význam
Mean	průměrná produktivita biomasy na ploše (g m^{-2})
Direct	hodnota přímého záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{den}^{-1}$)
Diff	hodnota difúzního (rozptýleného) záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{den}^{-1}$)
Total	celkové přímé a difúzní záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{den}^{-1}$)
Prc_sun	podíl slunečního záření nad a pod porostem (%)
CV	koeficient variability pro jednotlivé zkusné plochy
SeasonVar	rozdíl meziročních absolutních koeficientů variability
Openness	procento otevřené oblohy nad plochou (%)
Gapfract	počet pixelů oblohy na fotografii

Zdroj: Tereza Dudová, WinSCANOPY.

Jednotlivé veličiny dělíme na závislé a nezávislé. Výsledné hodnoty z regresních analýz zobrazuje tabulka 2. Jsou zde uvedeny střídavě pod sebou data z roku 2016 a 2017.

Z tabulky 2 můžeme vyčíst, že průměrná hodnota produktivity biomasy byla 28,4 g a v roce 2017 o necelé dva gramy vyšší, přitom intenzita světla v zkoumaných porostech byla v roce 2017 jednoznačně nižší, a to ve všech sledovaných parametrech.

Tab. 2: Sledované proměnné a přehled rozsahů základních statistik
 Významy zkratk jednotlivých proměnných jsou uvedeny v tabulce 1.

Název proměnné	Min	Mean	Max
CV16	0,12	0,57	1,29
CV17	0,12	0,49	1,20
Mean16	3,30	28,42	135,68
Mean17	3,60	30,11	159,71
Gapfract16	8,16	23,49	54,87
Gapfract17	7,76	22,98	56,00
Direct16	2,36	13,65	35,52
Direct17	3,67	13,27	36,09
Diff16	0,58	1,90	4,76
Diff17	0,52	1,84	4,72
Total16	3,13	15,55	40,28
Total17	4,51	15,11	40,13
Prc_fsun16	7,15	35,49	92,42
Prc_fsun17	10	34,48	91,11

Zdroj: Vypracováno v programu WinSCANOPY.

V tabulce 3 jsou zobrazeny výsledky z regresní analýzy dvojic závislých a nezávislých proměnných, sledovaných v roce 2016. Bylo prokázáno, že v tomto roce absolutní produktivita biomasy průkazně reagovala na intenzitu světla dopadající do bylinného patra a tato vysoce signifikantní závislost se projevila pro všechny parametry měřeného světla. Jako nejúčinnější prediktor se ukázala relativní hodnota oslunění, která vysvětlila téměř 45 procent variability přírůstu biomasy. Koeficient variability jako závislou proměnnou nebylo možno prediktory světelných poměrů pro jednotlivé zkusné plochy účinně předpovědět.

Tab. 3: Přehled závislosti dvojic proměnných v roce 2016.

Uvedeny jsou procentické hodnoty koeficientu determinace (R^2) daného lineárního modelu a hodnoty pravděpodobnosti zamítnutí nulové hypotézy (P hodnota). Výsledky, které jsou statisticky průkazné, jsou zvýrazněny tučně. Významy zkratk jednotlivých proměnných jsou uvedeny v tabulce 1.

Proměnné		Výsledky lineárních modelů	
Závislá	Nezávislá	R^2 (%)	P hodnota
Mean 2016	Gapfract16	43,8	<.0001
Mean 2016	Direct16	43,7	<.0001
Mean 2016	Diff16	42,6	<.0001
Mean 2016	Total16	44,0	<.0001
Mean 2016	Prc_fsun16	44,2	<.0001
CV 2016	Gapfract16	5,0	0,83
CV 2016	Direct16	15,2	0,70
CV 2016	Diff16	18,0	0,67
CV 2016	Total16	15,6	0,70
CV 2016	Prc_fsun16	13,6	0,71

Zdroj: Vypracováno v programu R použitím knihovny *nlme*.

V tabulce 4 jsou zobrazeny výsledky z regresní analýzy dvojic závislých a nezávislých proměnných, sledovaných v roce 2017. Stejně jako v předchozím roce absolutní produktivita biomasy průkazně reagovala na intenzitu světla dopadající do bylinného patra. U všech parametrů měřeného světla je vysoce signifikantní závislost.

Hodnota vyjadřující počet pixelů oblohy na fotografii se ukázala nejúčinnějším prediktorem ve výši téměř 69 procent. Po ní se řadí relativní hodnota oslunění, vysvětlující téměř 67 procent variability přírůstu biomasy.

Koeficient variability jako závislou proměnnou nebylo možno prediktory světelných poměrů pro jednotlivé zkusné plochy stejně jako v předešlém roce účinně předpovědět.

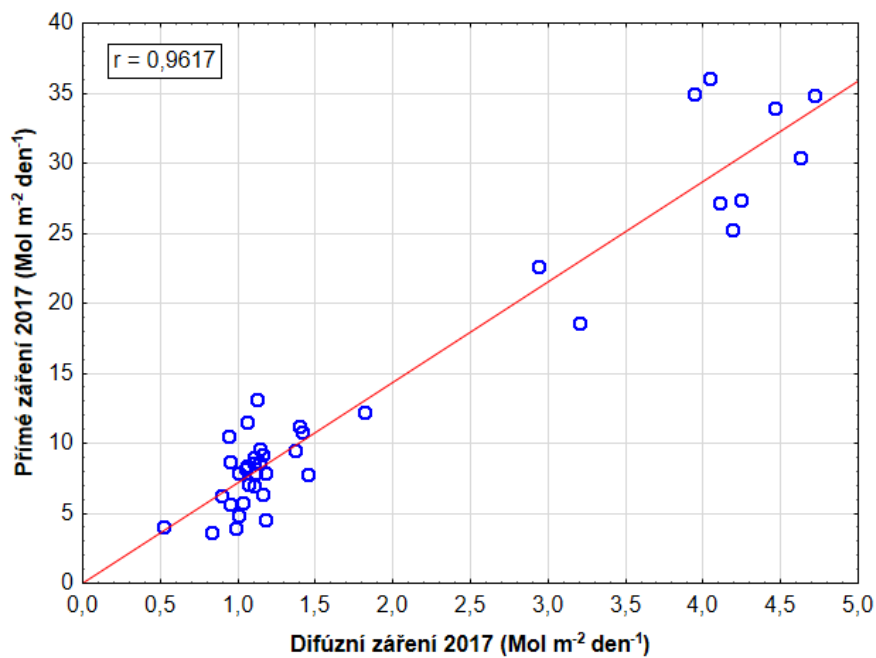
Tab. 4: Přehled závislosti dvojic proměnných v roce 2017.

Uvedeny jsou procentické hodnoty koeficientu determinace (R^2) daného lineárního modelu a hodnoty pravděpodobnosti zamítnutí nulové hypotézy (P hodnota). Výsledky, které jsou statisticky průkazné, jsou zvýrazněny tučně. Významy zkratk jednotlivých proměnných jsou uvedeny v tabulce 1.

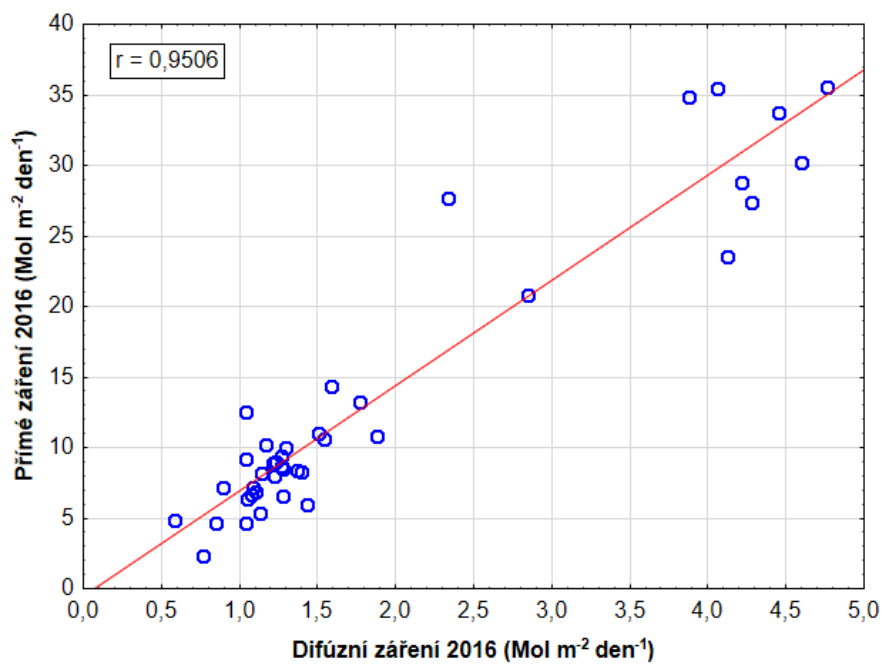
Proměnné		Výsledky lineárních modelů	
Závislá	Nezávislá	R^2 (%)	P hodnota
Mean 2017	Gapfract17	68,6	<.0001
Mean 2017	Direct17	65,4	<.0001
Mean 2017	Diff17	63,4	<.0001
Mean 2017	Total17	65,7	<.0001
Mean 2017	Prc_fsun17	67,6	<.0001
CV 2017	Gapfract17	5,6	0,81
CV 2017	Direct17	5,5	0,82
CV 2017	Diff17	9,8	0,76
CV 2017	Total17	6,0	0,81
CV 2017	Prc_fsun17	6,1	0,81

Zdroj: Vypracováno v programu R použitím knihovny *nlme*.

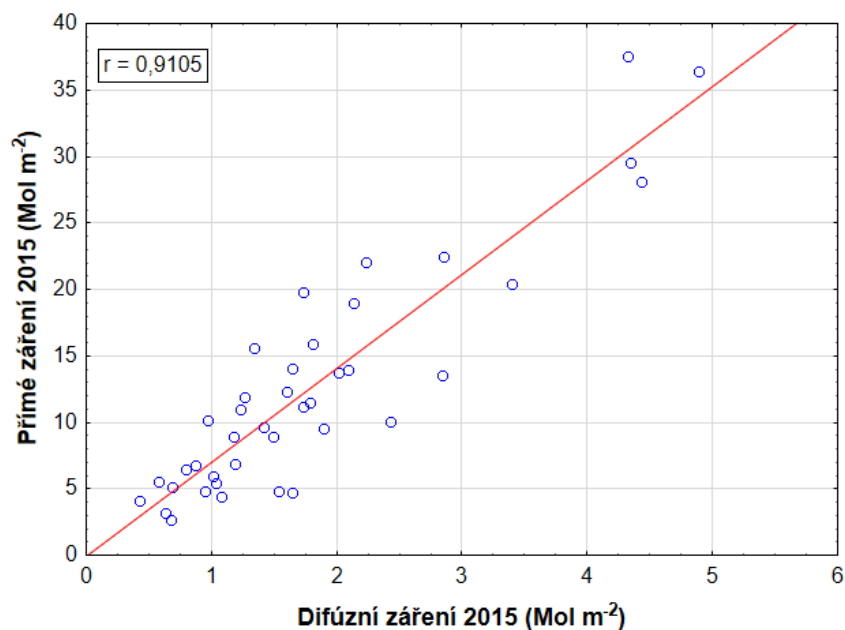
Následující grafy č. 10–14 ukazují vzájemnou závislost přímého a rozptýleného (difúzního) záření z let 2014 až 2017 (řazeno od nejnovějšího data do minulosti). Tato dvojice proměnných vypovídá o tom, jaké panovaly světelné podmínky v experimentálních plochách. Navzdory extrémním podmínkám v roce 2015 (silná defoliace) se podmínky v dalších dvou letech tolik neliší. Zatímco v roce 2014 byly všechny plochy pod krytem korun (měření v lesním porostu před provedením těžby), v dalších letech je vzájemná závislost obou druhů světla podobná a dosahuje velmi vysoké korelace. Výsledky v grafu na obrázku č. 10 a 11 výrazně ovlivnilo deset ploch, které se nacházejí na slunných pasekách již smýcených porostů.



Obr. 10: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2017. Jednotlivé body vyjadřují experimentální plochy a červená přímka je lineární spojnicí trendu. V levém horním rohu je uveden korelační koeficient. Zdroj: Program Statistica.

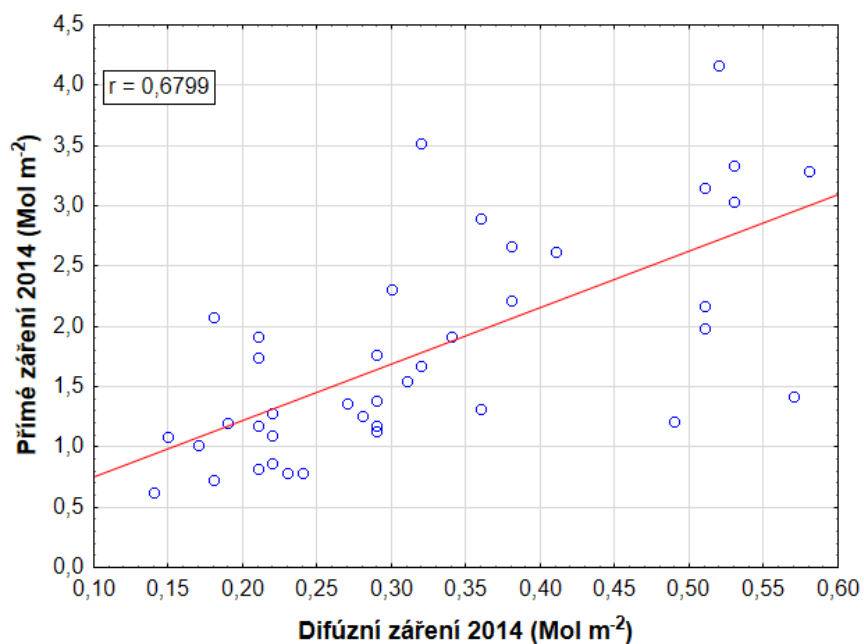


Obr. 11: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2016. Jednotlivé body vyjadřují experimentální plochy a červená přímka je lineární spojnicí trendu. V levém horním rohu je uveden korelační koeficient. Zdroj: Program Statistica.



Obr. 12: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2015.

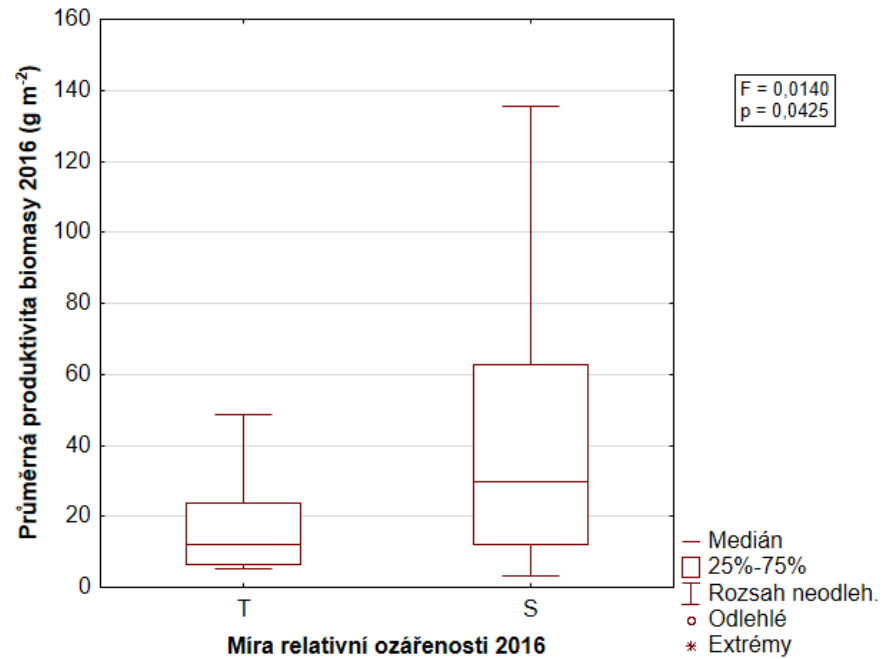
Jednotlivé body vyjadřují experimentální plochy a červená přímka je lineární spojnicí trendu. V levém horním rohu je uveden korelační koeficient. Zdroj: BP Mevald 2016, program Statistica.



Obr. 13: Závislost nezávislých proměnných přímého a difúzního záření z roku 2014.

Jednotlivé body vyjadřují experimentální plochy a červená přímka je lineární spojnicí trendu. V levém horním rohu je uveden korelační koeficient. Zdroj: BP Mevald 2016, program Statistica.

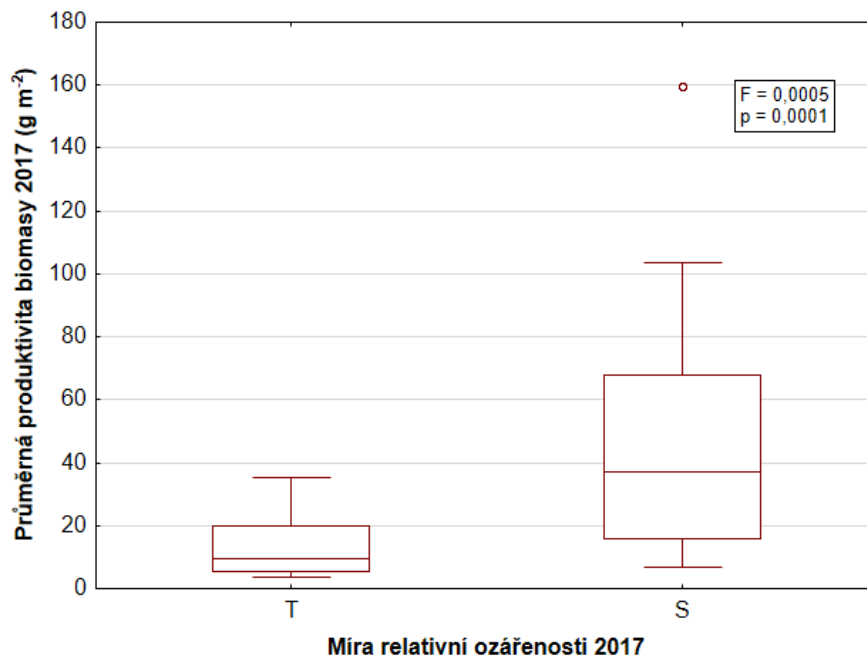
Pro zjištění rozdílu chování stinných a světlých porostů jsem zvolila krabicový graf. Grafy na obrázcích č. 14 a 15 znázorňují závislost průměrné produktivity biomasy vzhledem ke dvěma kategoriím světelných podmínek – intenzita světla ve stinných a světlých plochách.



Obr. 14: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2016.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. V pravém dolním rohu je uvedena legenda pro všechny další krabicové grafy.

Zdroj: Program Statistica.



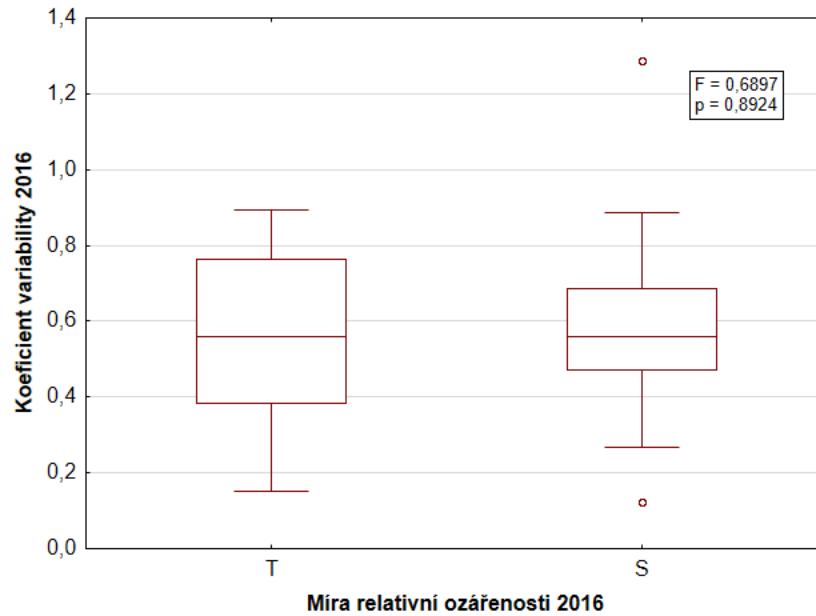
Obr. 15: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2017.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5.

Zdroj: Program Statistica.

Rok 2016 (obr. 14) ukazuje slabší rozdíl hmotnosti nadzemní části biomasy. Test se pohybuje na hranici signifikance. V roce 2017 (obr. 15) je silnější rozdíl hmotnosti nadzemní části biomasy s podstatně nižší hodnotou p.

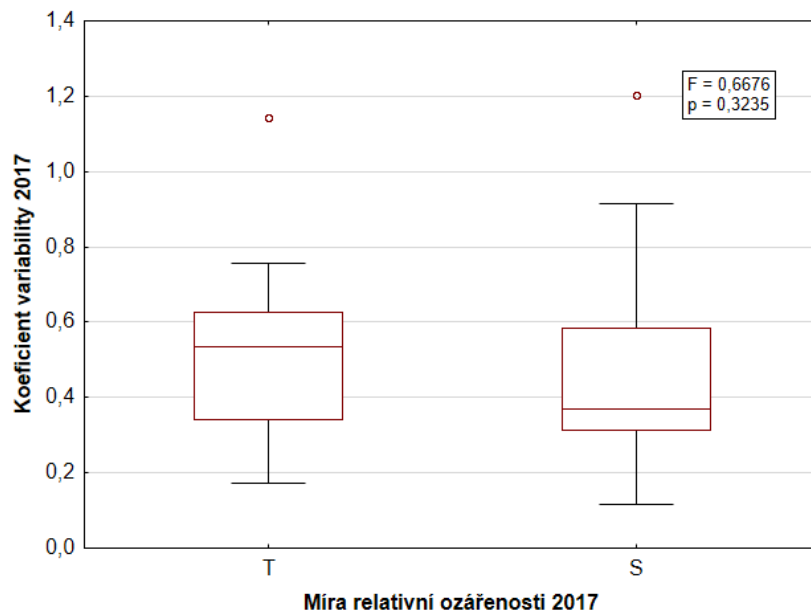
Grafy na obrázcích 16 a 17 znázorňují porovnání závislosti koeficientu variability na míře relativní ozáření postupně v jednotlivých letech.



Obr. 16: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2016.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5.

Zdroj: Program Statistica.



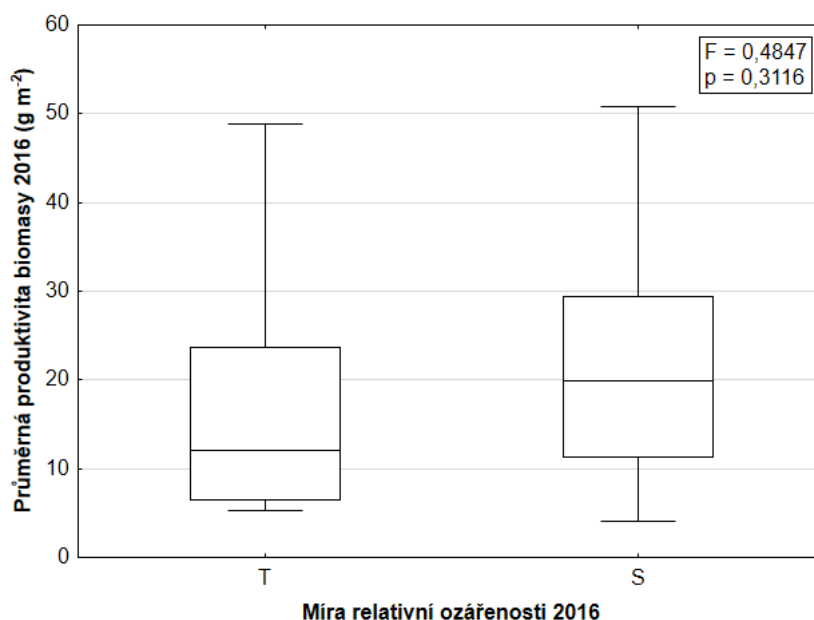
Obr. 17: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2017.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5.

Zdroj: Program Statistica.

Z obrázku 16 je zřejmé, že v roce 2016 jsou hodnoty v tmavých i světlých porostech bez rozdílu. U obr. 17 se začíná projevovat jistý trend. V obou případech ale nedosahoval koeficient variability prokazatelného rozdílu mezi tmavými a světlými porosty.

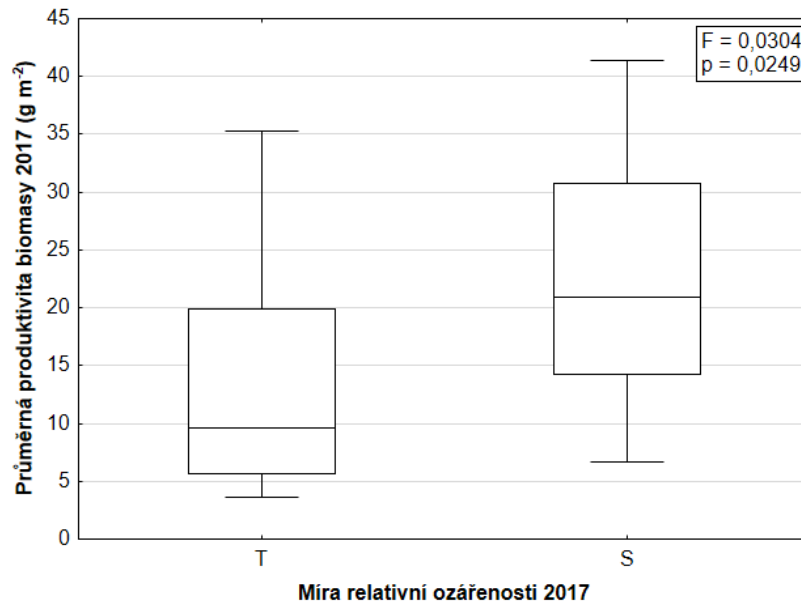
Následující čtyři krabicové grafy (Obrázky č. 18–21) vyjadřují porovnání produktivity bylin mezi tmavšími a světlejšími porosty pouze v rámci trvalých ploch na místech nesmýceného stromového patra, tedy s vyloučením ploch na pasekách. Podobně jako předchozí čtyři grafy znázorňují následující grafy závislost průměrné produktivity biomasy a závislost variability tvorby biomasy na světelných podmínkách experimentálních ploch.



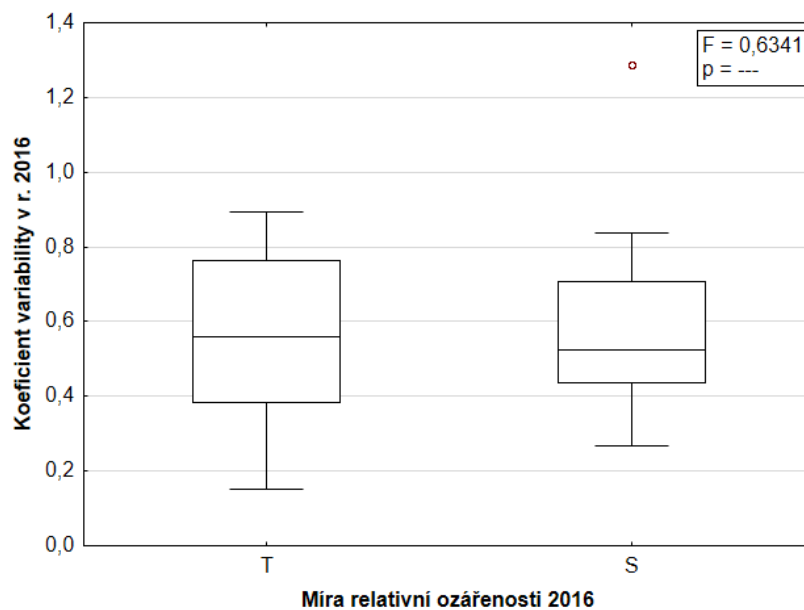
Obr. 18: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozáření v roce 2016 pro lesní plochy.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5.

Zdroj: Program Statistica.



Obr. 19: Krabicový graf závislosti průměrné produktivity biomasy na relativní míře ozářenosti v roce 2017 pro lesní plochy. T je zkratkou pro tmavší porosty, S je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5. Zdroj: Program Statistica.



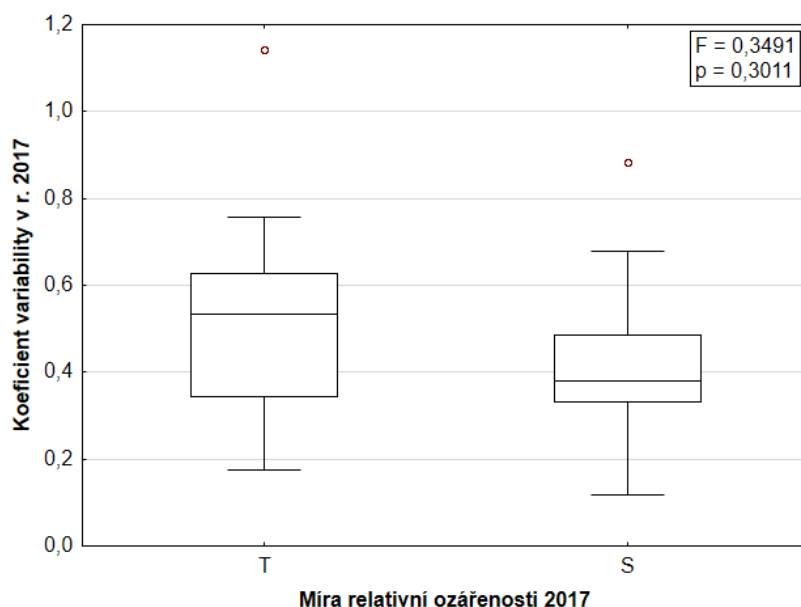
Obr. 20: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozářenosti v roce 2016 pro lesní plochy. T je zkratkou pro tmavší porosty, S je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5. Zdroj: Program Statistica.

První hypotéza, u které předpokládáme, že zvýšený světelný příkon do bylinného patra vede k větší intenzitě vzrůstu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech, se navzdory vyloučení ploch, kde byl prováděn výchovný zásah, přesto v roce 2017 potvrdila.

V grafu na obrázku č. 20 pozorujeme výraznou podobnost s výše uvedeným grafem 16. Tmavé a světlé porosty se v závislosti variability tvorby biomasy na světelných podmínkách chovají v roce 2016 stejným způsobem.

Ve shodě s výsledkem na obrázku č. 17, kde jsou porovnány všechny měřené plochy dohromady, ukazuje graf na obrázku č. 21, kde byly použity pouze lesní plochy, výslednou závislost zvolených proměnných jako statisticky neprůkaznou.

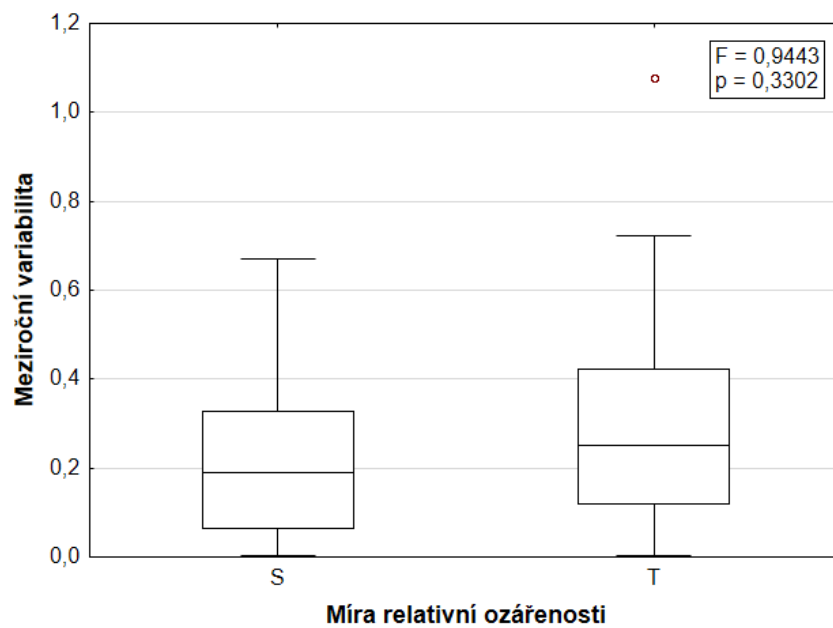
Poslední graf na obrázku č. 22 srovnává variabilitu v produkci biomasy ve dvou uplynulých letech (2016 a 2017). Jde o test druhé hypotézy, kde je zhodnocena závislost meziroční variability na světelných podmínkách experimentálních ploch. Stinnější stanoviště podrostu vykazují nepatrně vyšší hodnotu meziroční variability než světlejší stanoviště, je to ovšem pouze v podobě statisticky neprůkazného trendu.



Obr. 21: Krabicový graf závislosti koeficientu variability na relativní míře ozáření v roce 2017 pro lesní plochy.

T je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5.

Zdroj: Program Statistica.



Obr. 22: Krabicový graf závislosti absolutního rozdílu koeficientu variability obou let a relativní míry ozáření. *T* je zkratkou pro tmavší porosty, *S* je zkratkou světlejších porostů. Legenda je uvedena v grafu č. 5. Zdroj: Program Statistica.

6 Diskuze

Vliv světla na produktivitu bylinného patra

Výzkum na experimentálních plochách přírodní rezervace Na Voskopě probíhá od roku 2014. Díky tomu jsem měla k dispozici na porovnání údaje od roku 2014 do roku 2017 a mohu tedy na dané lokalitě zhodnotit panování světelných podmínek v průběhu uplynulých čtyř let.

V roce 2015 dělal průzkum stejné lokality Václav Špale (Špale 2017) a potvrdil pracovní hypotézu, která předpokládala, že v místech s větším světelným příkonem se zvyšuje produktivita bylinného patra v lesním porostu. Jedinými případy, ve kterých se neprojevil výraznější vztah, byly hodnoty přímého, difúzního a celkového záření ve vztahu k druhové bohatosti jednotlivých ploch. Jako důvod autor uvádí, že na druhovou diverzitu stanovišť mají velký vliv například půdní podmínky, které na zkoumané ploše vyhovují užší škále rostlinných druhů, než je tomu na jiných místech.

Po porovnání přímého a difúzního záření se ukázaly světelné podmínky v roce 2014 odlišné od dalších let, u nichž se závislost výrazně nezměnila, a to i navzdory extrémním podmínkám panujícím na lokalitě v roce 2015. Mevald (2016) uvádí velice extrémní klimatické podmínky v podobě vysokých teplot a nedostatku srážek v průběhu léta 2015. V době pořizování hemisférických snímků koncem srpna 2015 zaznamenal na experimentálních plochách značnou defoliaci dřevin, která mohla ovlivnit změřené parametry světelných podmínek na zkusných plochách. Proto ve své práci použil hodnoty záření z klimaticky normálního roku 2014.

Rozdíly výsledků vzájemné závislosti přímého a difúzního záření ve srovnání z uplynulých čtyř let můžeme jednoduše vysvětlit. V roce 2014 ještě nebyl během odběru biomasy a pořizování hemisférických snímků na experimentální ploše proveden žádný výchovný zásah, tudíž byly všechny plochy charakteru lesního porostu pod zápojem korun. V roce 2015 byl na experimentální ploše vykácen první pruh a v roce 2016 pruh druhý. Vzniklo náhlé prosvětlení deseti ploch, které jsou nyní vystaveny přímému světelnému záření a značně tak ovlivnily mé výsledky analýz. Pokud by nedošlo k výchovnému zásahu, mohu pravděpodobně očekávat podobnost výsledků dosažených v roce 2014.

Po klimatickém šoku z roku 2015 se porosty téměř plně zregenerovaly. Vyšší efektivita modelů vedla ke zvýšení predikční síly parametrů světla. Na tomto místě je ovšem třeba říci, že se spíše jedná o artefakt těchto dílčích analýz, protože došlo

k hodnocení jak netěžených (tj. lesních) ploch, tak odtěžených (tj. pasekových) ploch dohromady.

Pro porosty neovlivněné výchovným zásahem jsem nenašla u provedených porovnání výrazný rozdíl mezi světlými a tmavými stanovišti, ve shodě s výsledky ze všech ploch dohromady. Důvodem bude nejspíše malé množství dat k porovnání. Pro zjištění větších rozdílů bychom museli mít nasbíráno větší množství dat.

Během mého výzkumu nedošlo k výraznějším extrémům v chodu počasí. Průměrná produktivita biomasy v závislosti na světelných podmínkách vyšla signifikantně v obou sledovaných letech 2016 a 2017.

V roce 2017 výrazně vzrostla hmota biomasy. Výsledky ukázaly až o třetinu více produktivity biomasy v závislosti na světelném záření. První hypotézu tedy můžeme potvrdit. Dosažené zvýšení efektivity regresních modelů je ovšem nutno opět přičíst efektu dalšího pokračování nárůstu bylinné hmoty na odtěžených plochách (zde postupně nastává mohutnější rozvoj pasekové vegetace) a jde tak vlastně o artefakt zpracování dat. Důvod, proč v roce 2017 vyšla průkazná vyšší produktivita biomasy ve světlejších lesních porostech, může být dán vyšším úhrnem srážek daného roku. Tuto hypotézu potvrzují skutečné naměřené úhrny srážek. Český hydrometeorologický ústav uvádí pro rok 2016 úhrny srážek 535 mm a 615 mm pro rok 2017.

Druhou hypotézu nemohu potvrdit na základě nasbíraných dat. Podle závislosti koeficientu variability na míře relativní ozářenosti postupně v jednotlivých letech 2016 a 2017 nedosahoval koeficient variability prokazatelného rozdílu mezi tmavými a světlými porosty. Klesá míra variability a trend je vzhledem k nastolené hypotéze obrácený. Stinnější a světlejší porosty se v roce 2016 chovají zcela stejně. Rovněž tak v roce 2015 bakalářská práce Mevalda ukazuje, že na stinnějších stanovištích je koeficient variability nepatrně vyšší než na prosvětlenějších místech. Ze statistického hlediska jde taktéž o velmi nepatrný rozdíl (Mevald 2016).

V případě variability tvorby biomasy v závislosti na světelných podmínkách experimentálních ploch v roce 2017 se začíná projevovat určitý trend, dochází zde k homogenizaci biomasy u světlejších porostů. Na pasekách se začínají více rozrůstat zejména klonální rostliny (vegetativní růst), konkrétně jahodník truskavec (*Fragaria moschata*), které vytváření ze své podstaty prostorově homogennější vegetaci.

Důvod nepotvrzení druhé hypotézy bychom mohli vysvětlit efektem působení slunečních skvrn na dynamiku tvorby biomasy bylinného podrostu. Ve tmavších porostech reagují byliny citlivěji na pohyb těchto skvrn a dochází tak nejspíše k větší

prostorové heterogenitě nárůstu biomasy. Hradilová ve své studii našla obdobnou souvislost mezi mikroheterogenitou světelných podmínek a druhovou diverzitou (Hradilová 2010).

Ve studii Mevalda (2016) byl prokázán jediný signifikantní výsledek závislosti hmotnosti biomasy z roku 2015 na intenzitě difúzního záření v roce 2014. Jeho výsledek se téměř shoduje s tvrzením Macka (Macek 2011), který uvádí, že rozptýlené, neboli difúzní záření je jedním z hlavních faktorů ovlivňujícím diverzitu vegetace.

Hradilová (2010) v závěru své práce o dubových lesích uvádí, že variabilita naměřených hodnot stanovištních faktorů se liší mezi typy lesů. Z toho vyvodila, které hlavní faktory prostředí strukturují vegetaci lesa a její výsledky ukazují, že nejvíce vysvětlujícím faktorem prostředí ve světlých doubravách je na malé škále světlo. O významu světla v dubových lesích pojednává také Makovcová (2008). Uvádí průkazné ovlivnění variability vegetace množstvím světla. V její metodické studii se ukázalo, že pro získání údajů o světelných podmínkách v porostu by bylo vhodnější využívat spíše výřezy o jisté velikosti a orientaci, než celou plochu hemisférické fotografie.

O rozdílech stanovení zápoje stromového patra pojednává Mevald (2016). Stejně jako v mém případě použil metodu hemisférických snímků, pořízených fotoaparátem s objektivem typu rybí oko. Metodu pořízení snímku fotoaparátem s klasickým objektivem ve svislé poloze použila Wernerová (2009). Snímek nemusí být upravován jako v mém případě, ale je exponován již v černobílé podobě. Tímto postupem mohou nastat značné nepřesnosti v záměně pixelů představující oblohu, za pixely reprezentující oblaka. Metodiku pro tento postup uvádí Coch et al. (2005). Wernerová (2009) také uvádí, že jedním z hlavních faktorů ovlivňujících složení druhů lesních společenstev v oblasti Milovického lesa na jižní Moravě je celkové množství záření. Hoffmeister et al. (2009) uvádí důležitost téhož faktoru pro vysvětlení diverzity bylinného patra lesů v Českém krasu.

Oproti studii Mevalda (Mevald 2016) používám statisticky korektnější model zahrnující vliv pevného efektu umístění jednotlivých ploch v prostoru (tzn. je vzata v úvahu prostorová autokorelace jednotlivých ploch v pravidelné síti experimentu). O této problematice detailněji pojednává Spurná (2008). Přesto obě studie došly k obdobným závěrům.

Pokud bychom se podívali na větší prostorové měřítko, vliv světla na druhové složení lesní vegetace na krajinné úrovni je možno považovat za druhotný. Na krajinné úrovni je výsledné složení vegetace určováno především interakcí klimatu, horninového

podkladu a významně též konkrétního historického vývoje, ačkoliv ani vliv světla není zcela zanedbatelný (Macek 2011).

Ve výmladkových lesích je – na rozdíl od vysokých, stinných lesů – odlišné sezonní rozdělení dostupnosti světla. Zatímco v prvních letech po smýcení je ve výmladkovém lese nejvíc světla v létě, po zatažení nadrostu se maximum fotosynteticky aktivní radiace posunuje do jara, do doby, než se dřeviny olistí. K prostorovým odlišnostem tak přistupují cyklické sezonní rozdíly v dostupnosti světla (Hédl et al. 2011).

7 Závěr

Všechny uplatněné postupy a jejich výsledky mé práce dopomohly ke shromáždění dat pro další výzkumy na experimentální ploše Na Voskopě. Jednotlivé analýzy potvrdily, že světelné záření má vliv na dynamiku produktivity bylinného patra. V letech 2016 a 2017 výrazně přirostla bylinná hmota. První hypotéza porovnávací závislost průměrné produktivity biomasy na světelných podmínkách vyšla signifikantně v obou sledovaných letech 2016 a 2017. V roce 2017 dokonce došlo k třetinovému vzrůstu efektivity regresních modelů oproti předchozímu roku. Dosažený výsledek je ovšem nutno přičíst efektu dalšího pokračování nárůstu bylinné hmoty na odtěžených plochách. Důvod, proč v roce 2017 vyšla průkazná vyšší produktivita biomasy ve světlejších lesních porostech, může být dán vyšším úhrnem srážek daného roku. Tuto hypotézu potvrzují skutečně naměřené úhrny srážek. Test hypotézy, zda meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy bude vyšší ve světlejších porostech, tuto hypotézu nejen že nepotvrdil, ale dokonce ukázal náznak opačného trendu. Prostorová heterogenita tvorby biomasy ve světlejších porostech klesla a začíná se tvořit homogennější vegetace. Bylinné patro ukázalo vyšší přírůst ve stinnějších místech porostu. Jeden z důvodů, proč se druhá hypotéza nepotvrdila, by mohlo být působení efektu slunečních skvrn na dynamiku tvorby biomasy bylinného podrostu. V tmavších porostech reagují byliny citlivěji na pohyb těchto skvrn a dochází tak nejspíše k větší prostorové heterogenitě nárůstu biomasy.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Axmanová, I., Zelený, D., Li, C. F., & Chytrý, M. (2011). Environmental factors influencing herb layer productivity in Central European oak forests: insights from soil and biomass analyses and a phytometer experiment. – *Plant and Soil*, 342(1-2), 183–194.
- Beaudet M., Messier CH., Leduc A. (2004): Understorey light profiles in temperate deciduous forests: recovery process following selection cutting. – *Journal of Ecology* 92 (2): 328–338.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (1997): Ekologie: jedinci, populace a společenstva. – Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Brosofske K.D., Chen J., Crowb T. R. (2001): Understorey vegetation and site factors: Implications for a managed Wisconsin landscape. – *Forest Ecology and Management* 146 (1-3): 75–87.
- Buček, A., Lacina, J. (1990): Lesní hospodářství. In: Geosystémová diagnóza stavu životního prostředí v ČSR. – Geografie, teorie praxe, sv. 11. GGÚ ČSAV v Brně. 118–140.
- Cílek V. & Jäger O. (2002): Český kras a jeho podklad. – In: Pondělíček M. (ed.), Český kras včera a dnes, pp. 17–24, SCHKO Český kras, Karlštejn.
- Coch, T., Bertiller R. & Trachsler B. (2005): Effiziente Erfassung der Kronendichte mit Hilfe fotografischer Senkrechtaufnahmen. – *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 156/2: 59–64.
- Culek, M. (1996): Biogeografické členění České republiky. – Enigma, Praha: 347 s.
- Čížek J. (1951): Přirozená obnova lesních porostů. – Učební texty vysokých škol, Praha.
- Dell Inc. (2016): Statistica, version 13.2. <http://documentation.statsoft.com>.
- Dengler A. (1944): Waldbau auf ökologischer Grundlage. – Berlin.
- Frelich L.E., Machado J., Reich P.B. (2003): Fine-scale environmental variation and structure of understorey plant communities in two old-growth pine forests. – *Journal of Ecology* 91 (2): 283–293.
- Gendron F., Messier C. et Comeau P. G. (2001): Temporal variations in the understorey photosynthetic photon flux density of a deciduous stand: the effects of canopy development, solar elevation, and sky conditions. – *Agricultural and Forest Meteorology* 106: 23–14.
- Neuhäusl R. (1988): Rostlinstvo. – In: Hejný S., Slavík B. (eds.), Květena České socialistické republiky 1, Academia, Praha, pp. 36–51.

- Hédl, R. (2015): Pařeziny v popředí zájmu výzkumu. – *Živa* 3: pp 57.
- 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].
- Jarčuška B., Kucbel, S. & Jaloviar, P. (2010): Comparison of output results from two programmes for hemispherical image analysis: Gap Light Analyser and WinScanopy. – *Journal of Forest Science* 56/4: s. 147–153.
- Jeník J. (1970): Obecná geobotanika: úvod do nauky o rostlinstvu. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 301 s.
- Kimball S. et al. (2008): GIMP 2 – GNU Image Manipulation Program. <https://www.gimp.org>.
- Konvička M., Čížek, L., Beneš, J. (2004): Ohrožený hmyz nížinných lesů: ochrana a management. – *Sagittaria Olomouc*. 79 s.
- Kos J. & Maršáková M. (1997): Chráněná území České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 247 pp.
- Kuklík, K. (1988): Chráněná krajinná oblast Český kras. – ČTK – Pressfoto, Praha, 216 pp.
- Ložek V. (1998): Půdy. – In: Neuhäuslová (ed.), Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky, Textová část, Academia, Praha, pp. 18–21.
- Ložek, V., Kubíková J., Spyňar P. et al. (2005): Střední Čechy. – In: Mackovčín P. & Sedláček M. (eds), Chráněná území ČR, svazek XIII, AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 904 p.
- 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 světlých doubrav k dubohabřinám. – Ms., 74 p. [Dipl. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].

- 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. [Bakal. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa, FLD ČZU Praha].
- Modrý M., Hubený D. et Rejšek K. (2004): Differential response of naturally regenerated European shade tolerant species to soil type and light availability. – *Forest Ecology and Management* 188: 185–195.
- Moravec J. et al. (1994): Fytocenologie. – Academia, Praha, 403 p.
- Müllerová, J., Hédl, R. & Szábó, P. (2015): Coppice abandonment and its implications for species diversity in forest vegetation. – *Forest Ecology and Management* 343: 88–100.
- Neuhäuslová Z. (1998): Klimatické oblasti České republiky. – In Neuhäuslová Z. (ed.), Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky, Textová část, Academia, Praha, pp. 21–25.
- Polanský B., Čížek J., Jurča J., Mezera A., Vyskot M. (1966): Pěstění lesů. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 514 p.
- Podhorník J. 2001: Typologický průzkum. – Ms., depon. in: Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn.
- Regent Instruments (2012): WinSCANOPY – Canopy Structure and Solar Radiation Analytical Program. http://www.regentinstruments.com/assets/winscanopy_about.html.
- R Core Development Team 2017: R, version 3.4.2, The R Foundation for Statistical Computing. <http://cran.r-project.org>.
- Rubín J. et al. (2004): Přírodní památky, rezervace a parky. – Nakladatelství Olympia, 186 p.
- Sádlo J., 2001b: Floristický a vegetační průzkum druhé zóny CHKO Český kras v předpolí velkolomu Čertovy schody. – Ms., depon. in: Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn, 9 p.
- Sádlo J. (2002): Flóra a vegetace. In: Pondělíček M. (ed.), Český kras včera a dnes, pp. 31–38, SCHKO Český kras, Karlštejn.
- Slavíková, J. (1986): Ekologie rostlin. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 366 p.
- Spurná, P. (2008). Prostorová autokorelace – všudypřítomný jev při analýze prostorových dat?. *Czech Sociological Review*, 44(4), 767-788.
- Šamonil, P., & Viewegh, J. (2005). Forest site classification of forest ecosystems in Bohemian Karst (Czech Republic). – *Journal of Forest Science*, 51: 508–518.
- Špale V. (2017): Vliv relativní sluneční ozářenosti na druhovou bohatost a produktivitu bylinného patra v teplomilné doubravě v přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejsko) – Ms., 49 p. [Neobhájená bakal. práce].

- ÚHÚL, (s. d.): Oblastní plán rozvoje lesů, PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras [Platnost 2000–2019]. – Ms., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem.
- Vacek S. (ed.) (2006): Pěstování lesů: Pěstebný výkladový slovník. – Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů, Praha, 72 p.
- Voegeli H. (1947): Vom Mittelwald und seiner Umwaldung in Hochwald – *Schweizerliche Zeitschrift für Forstwesen*, 98: 389–402.
- Vyskot M. (1958): Pěstění dubu. – Československá akademie zemědělských věd, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 284 p.
- Vyskot M., Jurča J., Korpel Š., Réh J. (1978): Pěstění lesů. – Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- 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].

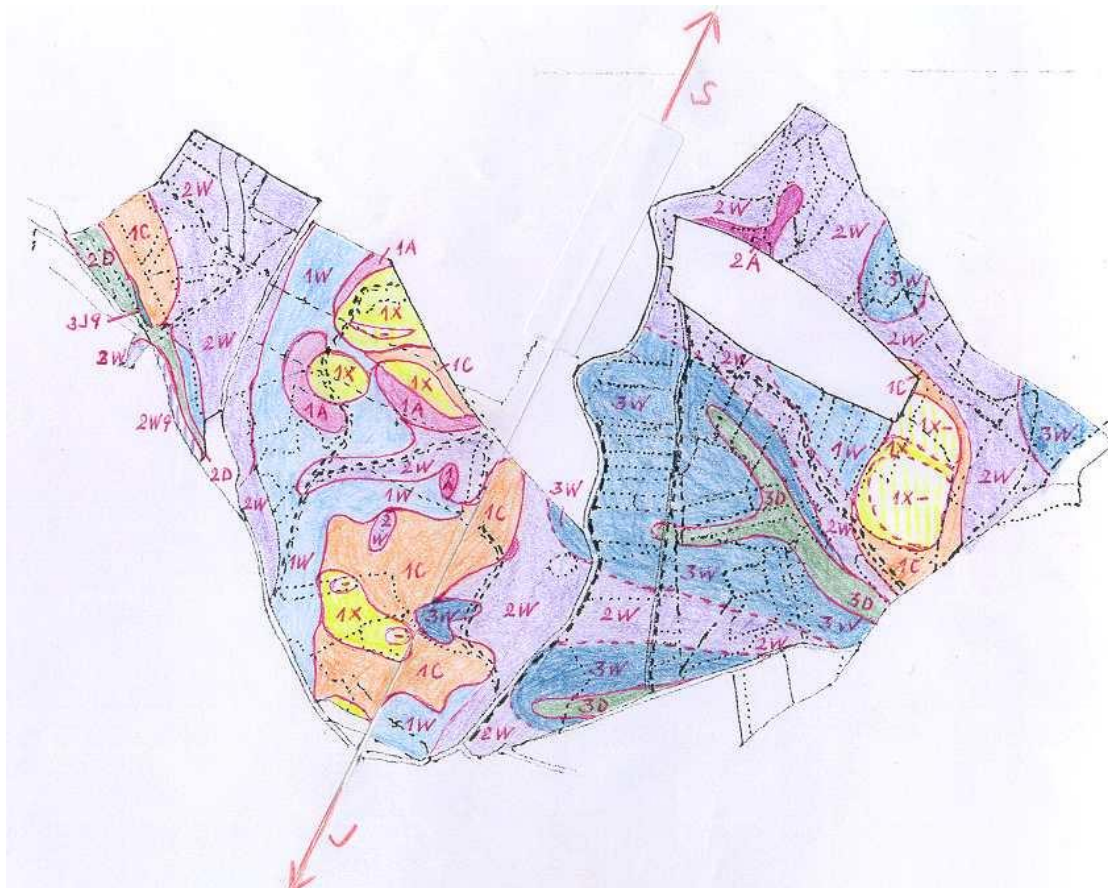
8.1 Internetové zdroje

- Kadavý, J. & Kneifl, M. 2014: Skryté kouzlo pařezin. Vesmír. Dostupné z <http://vesmir.cz/2014/10/01/skryte-kouzlo-parezin/>. Verze z 30. 3. 2018.
- Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D and R Core Team (2017). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131, URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- SPRÁVA CHKO ČESKÝ KRAS (2001): Podrobné informace o CHKO Český kras, <http://ceskykras.ochranaprirody.cz/> (20. 3. 2018)
- ČHMÚ (2018): Historická data – Územní srážky – Praha a středočeský kraj, rok 2016 a 2017, URL: portal.chmi.cz/historicka-data/posasi/uzemni-srazky

9 Seznam příloh

Příloha 1: Lesnická mapa typologická. Zdroj: Podhorník 2001.	58
Příloha 2: Tabulka se vstupními daty z roku 2016	59
Příloha 3: Tabulka se vstupními daty z roku 2017	60
Příloha 4: Tabulka s hmotnostmi odebrané biomasy z let 2016 a 2017.	62

10 Přílohy



Příloha 1: Lesnická mapa typologická. Zdroj: Podhorník 2001.

Výsledná data z roku 2016

Plocha	koefficient variability	průměrná produktivita biomasy	počet pixelů oblohy	% otevřené oblohy	přímé záření	difúzní záření	suma přím. a diff. záření	poměr dopadajícího záření
1	0,886	33,152	35,45	35,59	27,65	2,34	29,98	69,62
2	0,557	135,68	49,12	49,29	28,75	4,22	32,97	76,32
3	0,663	32,536	52,19	52,31	27,42	4,28	31,7	71,16
4	0,288	77,616	54,36	54,58	35,52	4,76	40,28	88,82
5	0,581	93,44	45,4	45,53	34,82	3,88	38,7	83,8
6	0,298	6,064	14,47	14,43	5,38	1,13	6,51	15,11
7	0,758	11,032	15,87	15,88	6,54	1,28	7,82	18,33
8	0,384	20,768	17,22	17,24	8,35	1,37	9,72	22,78
9	0,769	13,984	17,29	17,18	8,14	1,14	9,28	21,8
10	0,634	15,208	15,79	15,76	4,6	1,04	5,64	13,46
11	0,542	6,568	14,39	14,38	6,88	1,1	7,98	18,52
12	0,771	5,32	16	16,02	8,52	1,28	9,8	23,05
13	1,288	4,048	18,7	18,63	8,7	1,27	9,97	23,33
14	0,506	29,368	19,14	19,21	14,33	1,59	15,92	37,31
15	0,432	22,864	16,19	16,13	6,72	1,08	7,8	18,54
16	0,562	3,392	31,73	31,93	20,78	2,85	23,63	54,85
17	0,511	3,296	49,4	49,68	33,79	4,45	38,24	86,22
18	0,646	40,328	51,92	51,95	23,51	4,12	27,63	63,14
19	0,844	74,432	54,66	54,86	30,18	4,6	34,78	79,68
20	0,124	87,68	54,87	54,87	35,43	4,06	39,49	92,42
21	0,603	6,848	12,62	12,58	7,14	0,89	8,03	18,86
22	0,457	5,856	9,69	9,69	2,36	0,77	3,13	7,15
23	0,706	21,888	22,23	22,27	10,86	1,88	12,74	28,25
24	0,839	9,48	17,94	17,89	9,44	1,27	10,72	25,49
25	0,266	30,416	19,96	19,97	11,02	1,51	12,53	29,11
26	0,893	11,792	8,16	8,16	4,82	0,58	5,39	11,93
27	0,519	9,44	9,66	9,72	4,63	0,85	5,48	12,89
28	0,783	12,44	16,04	16,06	8	1,22	9,22	21,79
29	0,32	11,312	20,14	20,21	13,25	1,77	15,02	33,99
30	0,437	17,8	15,99	16,02	9,99	1,3	11,29	25,69

31	0,578	6,552	12,55	12,54	9,19	1,04
32	0,513	22,408	14,61	14,78	10,56	1,54
33	0,825	5,552	13,65	13,74	8,93	1,21
34	0,29	48,784	19,36	19,35	5,98	1,43
35	0,561	50,8	15,14	15,07	12,56	1,04
36	0,724	48,48	16	16,09	8,31	1,4
37	0,533	12,544	13,14	13,17	10,17	1,17
38	0,153	24,344	11,63	11,71	6,41	1,05
39	0,382	37,032	13,01	13,04	7,2	1,09
40	0,23	26,304	13,83	13,87	9	1,23

Příloha 3: Tabulka se vstupními daty z roku 2017
Zdroj: Výpracováno v programu WinSCANOPY.

Výsledná data z roku 2017

Plocha	koefficient variability	průměrná produktivita biomasy	počet pixelů oblohy	% otevřené oblohy	přímé záření	difúzní záření	s uma přím. a diff. záření	poměr dopadajícího záření
1	0,915	49,032	31,82	32,23	18,59	3,2	21,79	50,6
2	0,275	99,88	48,26	48,43	27,18	4,11	31,29	72,41
3	0,716	45,664	52,07	52,25	27,37	4,24	31,61	70,94
4	0,318	67,376	54,77	55	34,81	4,72	39,53	87,15
5	0,49	68,064	48,19	48,32	36,09	4,04	40,13	86,88
6	0,29	5,24	13,7	13,64	4,84	1	5,84	13,55
7	0,174	11,76	14,98	14,98	6,34	1,16	7,5	17,57
8	0,333	30,968	15,34	15,35	7,92	1,18	9,1	21,32
9	0,885	16,848	18,28	18,13	8,97	1,1	10,07	23,65
10	0,622	10,592	20,29	20,32	7,83	1,45	9,28	22,15
11	0,538	3,6	13,95	13,93	5,73	1,03	6,76	15,69
12	0,373	4,752	14,64	14,64	6,96	1,1	8,07	18,98
13	1,143	5,968	15,43	15,39	7,93	1	8,93	20,89
14	0,396	25,984	14,81	14,82	13,13	1,12	14,25	33,39
15	0,337	17,424	15,42	15,38	5,69	0,95	6,64	15,78
16	0,271	9,768	33,31	33,49	22,6	2,94	25,54	59,27
17	1,202	51,328	49,71	50,01	33,96	4,46	38,43	86,63
18	0,37	72,352	52,98	53,06	25,21	4,19	29,4	67,17
19	0,367	103,792	56	56,25	30,37	4,63	35	80,16
20	0,31	159,712	54,21	54,24	35	3,94	38,94	91,11

21	0,524	5,688	13,94	13,9	8,7	0,95	9,66	22,69
22	0,642	5,192	11,18	11,15	3,67	0,83	4,51	10,3
23	0,356	32,768	20,9	20,97	12,2	1,82	14,02	31,09
24	0,756	8,64	15,99	15,94	7,93	1,11	9,04	21,49
25	0,333	30,808	18,75	18,75	10,79	1,41	12,2	28,33
26	0,635	5,712	7,76	7,76	4	0,52	4,52	10
27	0,348	5,632	10,73	10,77	6,26	0,89	7,15	16,82
28	0,532	6,576	15,29	15,33	8,56	1,14	9,7	22,92
29	0,679	9,824	17,05	17,08	11,25	1,4	12,65	28,62
30	0,239	14,672	14,39	14,43	9,15	1,16	10,31	23,46
31	0,452	6,672	12,07	12,02	10,51	0,94	11,45	24,75
32	0,363	24,912	13,54	13,67	9,46	1,37	10,82	23,45
33	0,555	10,92	13,97	14,03	8,63	1,1	9,73	22,11
34	0,483	35,32	17,66	17,59	4,52	1,18	5,7	13,63
35	0,485	41,344	13,79	13,79	11,54	1,06	12,6	29,48
36	0,539	20,92	13,81	13,83	7,09	1,07	8,16	19,16
37	0,117	14,248	13,73	13,73	9,59	1,14	10,73	23,65
38	0,541	18,936	10,46	10,56	3,92	0,99	4,91	11,3
39	0,209	23,328	13,68	13,67	8,34	1,06	9,4	20,71
40	0,634	22,2	12,4	12,42	8,18	1,05	9,23	20,02

*Příloha 4: Tabulka s hmotnostmi odebrané biomasy z let 2016 a 2017.
Číslo 1-5 v popisu, značí čísla jednotlivých plošek ve zkušných plochách.
Zdroj: Tereza Dudová, Markéta Svobodová.*

plocha	HMOTNOSTI BIOMASY ZÍSKANÉ VÁŽENÍM					HMOTNOSTI BIOMASY ZÍSKANÉ VÁŽENÍM				
	ROK 2016					ROK 2017				
	1_16	2_16	3_16	4_16	5_16	1_17	2_17	3_17	4_17	5_17
1	39,00	73,28	3,84	4,76	44,88	103,12	103,56	5,56	7,96	24,96
2	237	86,4	195,36	92,28	67,36	152,84	82,32	97,44	90,96	75,84
3	14,52	40,44	7,68	38,92	61,12	76,56	87,92	6,76	44,52	12,56
4	86,72	59,64	96,4	48,2	97,12	86,72	73,04	73,32	78,08	25,72
5	53,44	108,96	181,4	71,2	52,2	36,4	103,12	111,4	31,08	58,32
6	4,96	4,72	9,2	5,68	5,76	6,36	2,92	5,4	7,24	4,28
7	6,44	12,72	24,96	6,2	4,84	8,92	10,68	11,08	14,68	13,44
8	13,24	33,16	21,88	14,28	21,28	36,2	46,48	29,4	15,2	27,56
9	6,44	8,92	3,44	24,84	26,28	6,56	0,84	15,68	44,2	16,96
10	19,96	2,4	21,84	24,28	7,56	21,12	0,56	8,6	11,04	11,64
11	2,28	4,32	6,84	7,76	11,64	7,12	1,76	2,76	4,16	2,2
12	1,64	2,2	11,48	3,92	7,36	3,2	8,04	5,08	4,08	3,36
13	1	13,16	0,56	3,44	2,08	1	19,36	1,8	2,76	4,92
14	23,24	54,8	29,28	16,96	22,56	24,8	37,52	22,44	9,16	36
15	18,32	8,92	23,32	29,44	34,32	9,28	13,84	25,44	15,92	22,64
16	4,84	2,04	5,88	2,84	1,36	10	4,76	12,2	10,12	11,76
17	2,72	2,88	1,2	3,92	5,76	8,6	15,68	45,08	172,08	15,2
18	48,72	18,28	21,48	31,36	81,8	68,96	118,72	43,16	49,96	80,96
19	175,04	21,32	24,04	88,4	63,36	108,92	72,6	52,04	159	126,4
20	79,64	100,08	98,68	77,44	82,56	156,76	76,88	212,48	208,16	144,28
21	2,32	3,88	8,4	12,88	6,76	1,24	7,24	7,8	9,04	3,12
22	3,8	9,92	5,6	3,2	6,76	0,96	6,68	9,48	1,6	7,24
23	30,6	9,2	5,04	21,88	42,72	27,52	15,48	31,84	50,72	38,28
24	4,76	12,64	21,88	2,04	6,08	2,68	13,92	18,84	3,44	4,32
25	39,64	26,2	22,84	24,72	38,68	23,48	20,72	49,44	33,56	26,84
26	5,16	2,08	26,72	18,88	6,12	7,08	0,4	11,52	4,44	5,12
27	13,88	3,8	5,48	9,24	14,8	6,04	3,96	2,88	7,08	8,2
28	4,32	5,2	8,44	27,48	16,76	3,12	2,8	7,28	7,28	12,4
29	11,92	8,4	6,88	15,44	13,92	7,64	4,96	6,16	23,04	7,32
30	10,4	29,24	10,64	19,76	18,96	12,04	18,68	11,28	12,16	19,2
31	2,56	3,72	7,08	12,28	7,12	2,84	3,56	10,52	9,08	7,36
32	28,48	39,6	15,96	11,4	16,6	34,56	30,96	24,88	8,24	25,92
33	8,28	12,24	1,8	1,84	3,6	5,84	20,6	6,32	6,28	15,56
34	55,92	29,8	38,72	64,72	54,76	24,16	30,4	16,76	66,08	39,2
35	31,16	73,88	79,28	57,32	12,36	29,4	68,8	60,96	31,4	16,16
36	37,52	14,84	52,92	106,32	30,8	18,08	0,88	25	26,28	34,36
37	11,24	8,76	5,96	23,44	13,32	14,8	12,92	15,84	11,72	15,96
38	29,36	23	26,6	19,64	23,12	33,08	24,16	10,76	4,2	22,48
39	25,24	32,12	23,8	49,48	54,52	21,16	19,64	19,76	23,4	32,68
40	36,8	23,6	26	23,4	21,72	5,64	21,24	22,12	14,24	47,76