

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



**Produkce rostlin bylinného patra v závislosti na
dostupnosti světla v teplomilné dubohabřině v režimu
hospodaření středního lesa v Českém krasu**

Bakalářská práce

Autor: Filip Chylík

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

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Chylík

Lesnictví

Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Produkce rostlin bylinného patra v závislosti na dostupnosti světla v teplomilné dubohabřině v režimu hospodaření středního lesa v Českém krasu

Název anglicky

Production of herb layer plants under the influence of light availability in a thermophilous hornbeak-oakwood under the active management of coppice-with standards woodland in the Czech Karst

Cíle práce

Probíhající klimatická změna zasahuje do biotických procesů v lesních ekosystémech zvýšeným termickým a hydrickým stresem. Za těchto podmínek se jeví zásadní úprava lesnických postupů tak, aby docházelo k minimalizaci ztráty nejen produkčních, ale i mimoprodukčních funkcí lesních porostů. Mezi důležité funkční parametry patří udržení produktivity obnovitelné biomasy a zachování druhové diverzity porostů. Obnova a modifikace pařezinových forem hospodaření se nabízí jako vhodná adaptační alternativa, proveditelná v sušších oblastech nížin a pahorkatin. Cílem této práce je přispět k objasnění základních ekologických mechanismů teplomilných lesů, které napomohou k formulování vhodných adaptačních opatření lesnického managementu. Práce se pokusí zodpovědět tyto pracovní hypotézy: (1) meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy je vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších, (2) vyšší světelný přísun vede k vyšší podpoře graminoidních bylin v porovnání se širokolistými bylinami, (3) na pasekách dochází k lineárnímu nárůstu vyprodukované nadzemní biomasy bylinného patra. Pořízená data budou primárně vyhodnocena regresní analýzou, autor též porovná aktuální výsledky se starší sérií nálezů zjištěných na studované experimentální ploše v předešlých letech.

Metodika

V rešeršní části bude zpracován literární přehled teoretických aspektů studovaných ekologických souvislostí. Důležitou součástí rešerše bude komparace primární produktivity bylinného patra s dostupnými údaji pro lesní a pasekové ekosystémy střední Evropy. Terénní část práce proběhne dle následujícího schématu:

1) V založených kruhových výzkumných plochách na experimentální ploše ($N = 40$, lokalita Na Voskopě) bude odebírána nadzemní zelená biomasa ve čtvercích $0,5 \times 0,5$ m dle zavedené metodiky, a to vždy v pěti opakováních. Odebraná biomasa bude následně rozříděna na tři funkční skupiny: listoví mladých dřevin, graminoidní byliny a širokolisté byliny. Biomasa bude poté usušena na vzduchu a nakonec v laboratoři vysušena do konstantní hmotnosti a zvážena.

2) V srpnu budou pořízeny fotografie korunového zápoje objektivem typu rybí oko, a to vždy v centrální poloze kruhové výzkumné plochy při dodržení standardizovaného postupu.

3) Barevné snímky budou napřed upraveny do černobílého formátu v programu GIMP a posléze budou analyzovány v programu WINSCANOPY, který vyhodnotí podrostní světelné parametry. Vliv intenzity světla bude vyhodnocen regresní analýzou ve vztahu k množství celkové biomasy a biomasy definovaných funkčních skupin a též ve vztahu k prostorové variabilitě tvorby celkové biomasy. Získané výsledky budou porovnány s charakterem závislosti zjištěných na studované experimentální ploše v sezónách 2016–2020.

Harmonogram zpracování:

jaro-léto 2023: rešerše literatury, odběr nadzemní biomasy na trvalých plochách, pořízení hemisférických fotografií

podzim 2023: zpracování vzorků biomasy, úprava a analýza hemisférických fotografií

zima 2023/2024: digitalizace získaných dat a jejich statistické vyhodnocení, editace bakalářské práce

jaro 2024: dokončení bakalářské práce



Doporučený rozsah práce

Předpokládá se rozsah textu v délce 25-50 stran (řádkování 1,5)

Klíčová slova

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

Doporučené zdroje informací

- Brunet J., Falkengren-Grerup U., Rühling A. & Tyler G. (1997): Regional differences in floristic change in South Swedish oak forests as related to soil chemistry and land use. – *Journal of Vegetation Science* 8: 329–336.
- Buckley E.P. (ed.) (1992): *Ecology and management of coppiced woodlands*. – Chapman & Hall, London, 336 p.
- Dudová T. (2018): Vliv světelných podmínek na dynamiku produktivity bylinného patra na experimentální ploše teplomilné doubravy v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras). – Ms. [Bakal. práce, depon. in: Knihovna ČZU, Praha].
- Dykyjová D. (ed.) (1989): *Metody studia ekosystémů*. – Academia, Praha, 690 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].
- Mason C.F. & MacDonald S.M. (2002): Responses of ground flora to coppice management in an English woodland – a study using permanent quadrats. – *Biodiversity and Conservation* 11: 1773–1789.
- Slach T. (ed.) (2016): *Starobylé výmladkové lesy*. – Mendelova univerzita v Brně, 136 p.
- Unrau A., Becker G., Spinelli R., Lazdina D., Magagnotti N., Nicolescu V.N., Buckley P., Bartlett D. & Kofman P.D. (eds) (2018): *Coppice forests in Europe*. – Albert Ludwig University of Freiburg, Freiburg, 387 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].
- Whigham D.F. (2004): Ecology of woodland herbs in temperate deciduous forests. – *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 583–621.
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Elektronicky schváleno dne 7. 6. 2023

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2024

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Produkce rostlin bylinného patra v závislosti na dostupnosti světla v teplomilné dubohabřině v režimu hospodaření středního lesa v Českém krasu** vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 4. 4. 2024

Podpis.....

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu práce Mgr. Tomáši Černému, Ph.D. za jeho poskytnutí odborných rad a za pomoc se statistickými programy. Dále děkuji Bc. Markétě Chylíkové za poskytnutí cenných rad k bakalářské práci a celé své rodině a kamarádům za veškerou pomoc při psaní bakalářské práce a v průběhu celého studia.

Abstrakt

V Českém krasu na lokalitě, kde se nachází přírodní rezervace Na Voskopě, probíhá již od roku 2013 dlouholetý experimentální výzkum zaměřující se na transformaci starší pařeziny na někdejší formu hospodaření, na těchto místech po dlouhou dobu dříve uplatňovanou. Úkolem projektu je analyzovat vliv navržených hospodářských strategií na rozmanitost a strukturu bylinného podrostu především ve světlejších listnatých lesích. V tomto kontextu jsou realizovány různé projekty, tento výzkum se specificky zabývá vztahem mezi produktivitou bylinného patra a světelnými podmínkami po uskutečnění těžebních zásahů na určitých částech experimentálního území a je pokračováním studií z předešlých let.

Nadzemní biomasa byla odebrána na 40 trvalých zkusných plochách. Vzorky biomasy byly usušeny do konstantní hmotnosti a následně zváženy. V dalším kroku byly ve středu každé kruhové zkusné plochy vyfotografovány snímky hemisférického korunového zápoje. Všechny snímky byly upraveny z barevné do černobílé podoby v programu GIMP 2, dále bylo vypočítáno množství difúzního a přímého záření díky programu WinSCANOPY a v softwarech R a Statistica bylo provedeno vyhodnocení získaných údajů regresní analýzou. Hlavním cílem bylo zjistit závislosti hmotnosti biomasy, graminoidních a širokolistých bylin a koeficientu prostorové variability této biomasy na prvky slunečního záření, otevřenost oblohy nad plochou a relativní ozáření.

První hypotéza zkoumá, zda meziroční variabilita tvorby biomasy je vyšší ve světlejších místech porostu než v místech stinnějších. Tato hypotéza se nepotvrdila. Výsledků graminoidních a širokolistých bylin byl na analýzu nedostatek. Prediktor s největšími hodnotami ovlivnění u celkové produktivity biomasy a celkové produktivity širokolistých bylin byla otevřenost oblohy nad analyzovanou plochou. U produktivity graminoidních bylin vyšel jako nejsilnější prediktor difúzní záření. Hypotéza, která se potvrdila, je, že vyšší světelný přísun vede k vyšší podpoře graminoidních druhů v porovnání se širokolistými bylinami. Hypotéza, že na pasekách dochází k lineárnímu nárůstu vyprodukované nadzemní biomasy bylinného patra, se rovněž potvrdila.

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

Abstract

In the Czech Karst, in the area where the nature reserve Na Voskopě is established, a long-term experimental research has been performed since 2013, focusing on the transformation of overgrown coppice-with-standard to a former form of management, which has been applied in these places for a long time. The aim of the project is to analyse the impact of the proposed management strategies on the diversity and structure of the herbaceous understory, especially in lighter deciduous forests. In this context, various projects are being carried out, this research specifically addresses the relationship between herbaceous understorey productivity and light conditions after the implementation of harvesting interventions in certain parts of the experimental area and is a continuation of studies carried out in previous years.

Aboveground fresh biomass was collected in 40 permanent plots. Biomass samples were dried to a constant weight and weighed. Subsequently, images of the hemispherical canopy cover were taken at the center of each circular plot. All images were edited from colour to black and white in GIMP 2, the amount of diffuse and direct radiation was calculated using WinSCANOPY software and the data obtained were evaluated by regression analysis using R and Statistica software. The main objective was to determine the dependence of biomass, graminoid and broadleaf herb mass and their coefficient of spatial variability on solar radiation parameters, sky openness over the plot and relative irradiance.

The hypothesis that the inter-annual variability of biomass production is higher in lighter stands than in shadier stands was proven. The predictor with the largest influence values for total biomass productivity and total broadleaf herb productivity was sky openness over the analyzed plot. For graminoid herb productivity, diffuse radiation came out as the strongest predictor. Another confirmed hypothesis is that higher light input leads to higher support of graminoid species compared to broadleaf herbs. The hypothesis that there is a linear increase in the above-ground biomass produced by the herbaceous floor on felled plots was also confirmed.

Keywords: herbaceous forest floor, thermophilous oak forests, light regime, hemispherical photography, productivity, biomass, dynamics, Bohemian Karst

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1. CHKO Český kras	12
3.1.1. Charakteristika oblasti	12
3.1.2. Geologie	12
3.1.3. Pedologie	13
3.1.4. Květena	13
3.1.5. Živočichové	15
3.1.6. Historie a vývoj krajiny	16
3.1.7. Biogeografické členění oblasti a její biotopy	17
3.1.8. Druhovú skladbu lesů	19
3.2. Přírodní rezervace Na Voskopě	20
3.2.1. Flora	22
3.2.2. Fauna	23
3.3. Hospodářské tvary lesa	23
3.3.1. Nízky les	24
3.3.2. Střední les	25
3.4. Světelný režim	26
3.4.1. Světlé lesy	28
3.4.2. Světlo v porostu a jeho vliv na vegetaci	29
4. Metodika	31
4.1. Charakteristika výzkumné plochy	31
4.2. Sběr biomasy a postup jejího zpracování	32
4.3. Hemisférické fotografie a jejich analýza	33
4.4. Vyhodnocení a zpracování hemisférických fotografií	34
4.5. Statistické vyhodnocení dat	38
4.6. Výsledky	40
5. Diskuze	53
6. Závěr	56
7. Seznam použitých zdrojů	57
7.1. Literatura	57
7.2. Legislativa	59
7.3. Internetové zdroje	59
8. Přílohy	60

1. Úvod

Na území Českém krasu v přírodní rezervaci Na Voskopě probíhá už od roku 2013 experimentální výzkum. V minulosti byl střední a nízký les v těchto lokalitách velmi častým způsobem hospodaření hlavně z důvodu potřeby palivového dříví, které se těžilo v mladém věku. Skladbu lesa tvořil jako hlavní dřevinu dub s příměsí břízy a lípy. Zásadním ovlivněním růstu zdejších lesů byla pastva dobytka. Porosty se dokázaly obnovovat přirozeně pomocí výmladků, které neustále rostly z pařezů již smýcených stromů. Jedná se o les nazývaný nízký neboli pařezina. Postupem času se začalo přecházet na lesy střední neboli sdružené a začaly se ponechávat místy výstavky nejčastěji dubu. Hlavními rozdíly středního lesa oproti výmladkovému je, že se určité stromy při těžbě ponechaly a byly vytěženy až v pozdějších letech. Tím docházelo k větší kvalitě dřeva některých jedinců. Současně s těžbou byla i část stromů vysázena a tím se vytvořil les s více etážemi. Tyto dva hospodářské způsoby se postupem času přestaly uplatňovat a přecházelo se na lesy vysoké, které už nebyly určeny primárně pro palivové dříví.

Avšak lesy výmladkové a sdružené mají výhodu velkého dostatku světla v porostu po těžbě, nebo když les přirozeně roste a stává se díky sukcesnímu vývoji bohatším na více druhů dřevin. Za tímto účelem je podstatné pozorovat, jak působí takovéto hospodaření na samotnou strukturu a diverzitu porostu. Dalším významným zkoumáním je i to, jak se dají tyto lesy využít k ochraně vzácných nebo ohrožených druhů fauny a flóry.

V přírodní rezervaci Na Voskopě bylo provedeno několik výzkumů a projektů. Dlouholetým výzkumem na experimentální ploše, kterým se také zabývám, se cílí na vytvoření hospodaření, které tu probíhalo v dřívějších dobách. Budoucím plánem je postupné odtěžení částí lesa po pružích v průběhu 30 let a ponechání výstavků na nově vzniklých plochách. Poblíž těženého území jsou i kontrolní plochy, které jsou společnou součástí výzkumu a nebudou na nich prováděny žádné zásahy, jen se budou porovnávat s těženými pruhy. Práce zkoumá světelné podmínky v závislosti na dynamice růstu bylinného patra jak graminoidních, tak širokolistých bylin a jejich celkovou reakci na provedenou těžbu. Po metodické stránce byla na všech zkusných plochách odebrána nadzemní biomasa a pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje. Všechna získaná data byla následně statisticky vyhodnocena a došlo k posouzení rozdílů s naměřenými daty z předchozích let.

2. Cíle práce

Cílem mé práce je ověřit tři pracovní hypotézy. Zaprvé, jestli je meziroční variabilita tvorby biomasy vyšší ve světlejších místech porostu než v těch stinnějších. Zadruhé, zda vede vyšší světelný přísun k vyšší podpoře graminoidních bylin v porovnání s širokolistými bylinami. Zatřetí, zdali na pasekách dochází k lineárnímu nárůstu vyprodukované nadzemní biomasy bylinného patra.

3. Literární rešerše

3.1. CHKO Český kras

3.1.1. Charakteristika oblasti

Chráněná krajinná oblast Český Kras byla vyhlášena ministerstvem kultury ČSR pod čj. 4947/72-II/2 dne 12. dubna 1972 na celkovém území, které zaujímá 12 823 ha. Jedná se o okresy Beroun, Praha-západ a jen část obvodu Praha 5 nacházející se v Karlštejské vrchovině. Nejnížší bod oblasti se vyskytuje u Hlásné Třebaně a jedná se o hladinu Berounky s (199 m n. m.). Naopak nejvyšším bodem je vrchol Bacín (498,9 m n. m.) ležící kousek od obce Vinařice (Ložek a kol. 2005).

V chráněné krajinné oblasti se nacházejí vápencové skály, otevřené světlé listnaté lesy a lesostepi společně s rozkvetlými skalami a kaňonovitým údolím řeky Berounky. Jedná se o největším krasové území v Čechách a své počátky má před 400 miliony lety v prvohorním moři. Posláním chráněné krajinné oblasti je ochrana všech hodnot její krajiny, jejího vzhledu a jejich typických znaků i přírodních zdrojů a vytváření vyváženého životního prostředí. (AOPK 2023).

Je to unikátní území z pohledu světové stratigrafie a paleontologie s velmi hojnou zvířenou i květenou. Zde se nalézají množství organismů, které jsou jinde silně ohroženy nebo dokonce vyhubeny. Toto místo představuje jedinečné útočiště v Čechách, zejména pro některé druhy hmyzu a měkkýšů. Vyskytuje se zde řada rostlin a živočichů, které jsou jinde vyhubeny nebo silně ohroženy (Ložek & Němec 1996).

3.1.2. Geologie

Většinu geologického podkladu tvoří vápencová souvrství uložená v moři prvohorní pražské pánve, která vytvářejí elipsovité území. Nepřetržitá sedimentace v moři probíhala od ordoviku až po střední devon. Život v devonském a silurském moři velmi hojně a někdy neočekávaně podléhal změnám. Důkazem jsou různé pozůstatky zkamenělých živočichů a je zřetelná i litologická rozmanitost souvrství Českého krasu. V silurském moři se v některých místech nahromadily vyvřeliny a sopečné tufy díky četné sopečné činnosti. Velká podmořská sopka byla nedaleko dnes ležící obce Svätý Jan pod Skalou. „Český kras má pro geologii a paleontologii starších prvohor mimořádný význam“.

Dnešní různorodost krajiny a její hluboká údolí jsou výsledkem postupného vývoje ve čtvrtohorách (Ložek & Němec 1996).

3.1.3. Pedologie

V oblasti převažují kambizemě, které jsou typicky rozvinuté v rovinatějším terénu na svahovinách a hlubokých zvětralinách ordovických břidlic. Podrobnější pohled odhaluje velmi rozmanitou mozaiku půd: na vápencích se nachází celá škála od rendzinů až po půdy typu terra fusca, na diabasových vulkanitech jsou přítomny eutrofní rankery, pararendziny až po eutrofní kambizemě (Culek a kol. 2013).

Luvizemní hnědozemě se utvářejí na spraších, především v Hořovické kotlině a na plošinách v severovýchodní části. Štěrkopísky jsou převážně pokryty kyselými arenickými kambizeměmi s tendencí k podzolizaci. Zejména na hlinitých půdách se spíše v nižších oblastech vyskytují ostrovy primárních pseudoglejů. V jižních částech krasu se nacházejí ostrůvky organozemí nazývané jako vápnité slatiny. Niva řeky Berounky je charakterizována hnědou fluvizemí typického rázu vega a celkově jsou nivy potoků spíše vápnité (Culek a kol. 2013).

3.1.4. Květena

Z hlediska ochrany přírody má na většině chráněných území přednost přirozený vývoj na rozdíl od Českého krasu, kde hraje důležitou roli člověk a jeho zvířectvo. Hospodaření v lesích, pastva, geologický podklad a členitost krajiny má za následek velkou pestrost místní vegetace. Typicky se na území vyskytují suchomilné a teplomilné submediteránní druhy rostlin a druhy střeoevropské květeny (AOPK ČR 2023).

Zdejší složení vegetace je usměrněno geologickým podkladem, hlavně vápencovým a ojedinelou geomorfologií krajiny. Stanovištní pestrost rozšiřuje řeka Berounka společně s jejími většími přítoky. S výjimkou některých menších míst nacházejících se v křídové tabuli je Český kras jediným velkým vápencovým územím v Čechách, kde jsou vyvinuty světlomilné xerofilní rostliny. K ohroženým a kriticky ohroženým rostlinám patří až desítky druhů co se týče České republiky (Ložek a kol. 2005).

„Úkolem člověka je chránit jak tyto rostliny samotné, tak lokality a typy stanovišť, na kterých rostou“ (AOPK ČR 2023).

Různorodý je výskyt populací bylin i trav. Typickými jsou třemdava bílá (*Dictamnus albus*), sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), hrachor chlumní (*Lathyrus lacteus*), kamejka modronachová (*Lithospermum purpureocaeruleum*), rozrazil klastnatý (*Pseudolysimachion spicatum*), lněnka bavorská (*Thesium bavarum*) a spousta dalších. S reliktním rozšířením se zde vyskytuje včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), lipnice bádenská (*Poa badensis*), na více lokalitách hlaváček jarní (*Adonanthe vernalis*), více zastoupený trýzel škardolistý (*Erysimum crepidifolium*), hadí mord nachový (*Scorzonera purpurea*), méně častý kavit tenkolistý (*Stipa stenophylla*) a několik dalších. S hraničním rozšířením se zde nachází fytogeograficky cenné druhy jako je čilimník řezenský (*Chamaecytisus ratisbonensis*) a polokeř zimostřázek alpský (*Polygaloides chamaebuxus*). Jedná se o jedno ze dvou míst v Čechách, kde roste prorostlík prutnatý (*Bupleurum affine*) a dokonce jediným místem konkrétně na Karlštejnku, kde se vyskytuje rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*). Devaterníček šedý (*Rhodax canus*) má také jediné větší zastoupení právě v Českém krasu (Ložek a kol. 2005).

Nikde jinde se nevyskytující a v omezeném území rostoucí druh, tedy endemit, je jeřáb krasový (*Sorbus eximia*), který nalezneme na skalních stepích a v šipákových doubravách. Šipákové doubravy společně s dřínem tvoří jedny z nejcennějších porostů, co Český kras má. Jedná se převážně o zakrslá a rozvolněná společenstva vyskytující se na půdách mělkých vápenců. Až na výjimku, a to dub pýřitý (*Quercus pubescens*), v něm rostou dřeviny malého keřového vzrůstu doplňující porost například o jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), jeřáb muk (*Sorbus aria*), svídu krvavou (*Swida sanguinea*), dále dřín jarní (*Cornus mas*), hlohy (*Crateagus spp.*), růže (*Rosa spp.*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), dříšťal obecný (*Berberis vulgaris*) a další (Ložek a kol. 2005).

Především bučiny v Českém krasu jsou velmi cenné, buk v nich sestupuje do nejnižších nadmořských výšek ve středních Čechách (220 m n. m.) a dosahuje zde dobré kvality (Švihla 2003).

Z přirozených společenstev se zde nejvíce vyskytují habrové doubravy. Právě v nich roste několik vzácných druhů rostlin, jako je kupříkladu lilie zlatohlávek (*Lilium martagon*), medovník velkokvětý (*Meillitis melissophyllum*) nebo třeba lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*) (Ložek a kol. 2005).

3.1.5. Živočichové

Český kras se řadí mezi nejčinnější a nejbohatší oblasti České republiky, co se týče zvířeny podobně jako rostlinstva. Na území jsou druhy, které se jinde ve státě nevyskytují (Ochrana přírody 2012).

Je zde potvrzen výskyt 165 zvláště chráněných druhů živočichů, z toho kriticky ohrožených až na 23 (AOPK ČR 2023).

Obratlovci jsou výskytem téměř totožní jako ve zbylých částech středních Čech. Jinak je to s letouny, kterých je doposud zaznamenáno 21 druhů. Běžnějším druhem obývajícím toto území je netopýr černý (*Barbastella barbastellus*), zdejší přírodu obývá i netopýr vodní (*Myotis daubentonii*) a další, z vrápenců je tu zaznamenán výskyt vrapánce malého (*Rhinolophus hipposideros*) (Ložek a kol. 2005).

V drobných krasových dutinách a jiných úkrytech můžeme nalézt jezevce lesního (*Meles meles*). Běžná šelma z čeledi lasicovitých, která zde našla své útočiště je kuna skalní (*Martes foina*) a nejrozšířenější středně velká šelma v České republice liška obecná (*Vulpes vulpes*). Převážně pro vzácnější druhy rostlin je nepříznivé působení prasete divokého (*Sus scrofa*), které svým rytím poškozují a výrazně ovlivňuje růst některých druhů. Rozšíření pozorujeme i u daňka skvrnitého (*Dama dama*) a u muflona evropského (*Ovis aries musimon*), který se sem rozšířil z jiné oblasti. Z velkých savců tu chyběl do nedávna jelen evropský (*Cervus elaphus*). Vzácný je výskyt poslední původní populace sysla obecného (*Spermophilus citellus*) u Loděnice (Ložek a kol. 2005).

Více hnízdních příležitostí je znát i na ptačí fauně, která je početnější než v okolních oblastech především o pěvce. Vzácnější druh z řad sov výr velký (*Bubo bubo*) je tu v menších počtech, naopak poštolka obecná (*Falco tinnunculus*) a káně lesní (*Buteo buteo*) je tu poměrně běžně. Každým rokem tady hnízdí včelojed lesní (*Pernis apivorus*). Jestřáb lesní (*Accipiter gentilis*) i krahujec obecný (*Accipiter nisus*) hojně obývají zdejší území (Ložek a kol. 2005).

Zastoupení zde naleznou i plazi, větší výskyt představuje užovka hladká (*Coronella austriaca*), při přítoku řeky Berounky se můžeme setkat s užovkou podplamatou (*Natrix tessellata*) a užovkou obojkovou (*Natrix natrix*). Největší ze čtyř ještěrek na našem území žijící je ještěrka zelená (*Lacerta viridis*) a stejně jako sysel se vyskytuje pouze na několika lokalitách v České republice. I když je voda na území poměrně znečištěná, tak i přesto

lze vidět mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*), také nejběžnějšího čolka obecného (*Lissotriton vulgaris*), v menším měřítku čolka horského (*Ichthyosaura alpestris*) a rychle mizejícího čolka velkého (*Triturus cristatus*). V oblasti lze nalézt až osm druhů žab, jedna z největších populací na lokalitě náleží skokanu stěhovavému (*Pelophylax ridibundus*) (AOPK ČR 2023).

Nemá zde své největší zastoupení v rámci České republiky, ale přesto se tu vyskytuje největší brouk Evropy roháč obecný (*Lucanus cervus*) (AOPK ČR 2023).

Za zmínku stojí i fauna bezobratlých, a to konkrétněji kuželovka skalní (*Pyramidula pusilla*) a ovsenka skalní (*Chondrina avenacea*) plži, kteří mají blízký vztah k vápencovému podkladu a nachází se jen zde z celé České republiky (Ložek & Němec 1996).

Dlouhé pozorování je prováděno hlavně s motýly v Českém krasu a je jich tu doposud nalezeno okolo 2300 druhů. Výskyt byl zaznamenán u vzácné předivky (*Kessleria alpicella*) nebo třeba zavíječe (*Pyrausta castalis*) vyskytující se opět pouze v této CHKO. Mezi běžnější druhy patří kupříkladu otakárek fenyklový (*Papilio machaon*), dalším je otakárek ovocný (*Iphiclides podalirius*) nebo barvy měnící druh motýla z čeledi babočkovitých batolec duhový (*Apatura iris*) (Ložek & Němec 1996).

3.1.6. Historie a vývoj krajiny

Český kras byl obýván už pravěkým člověkem. Důkazem jsou časté archeologické nálezy nacházející se v jeskyních, které byly využívány od paleolitu až po středověk (Ložek & Němec 1996).

Bohatosti zdejší krajiny začal člověk hojně využívat, a to především pro sběračství, lov, pastevectví a zemědělství. S postupným rozvojem a výrobou materiálů jako je bronz a železo v době bronzové až po časný latén docházelo k velkému odlesňování na desítkách lokalit. To mělo za následek zakládání osad, polí a chovu ovcí a koz. Nejvyšší bod Českého krasu vrch Bacín je jedním z nejvýznamnějších míst v CHKO. Byly zde nalezeny kamenné nástroje středního paleolitu, mezolitu, kultury se šňůrovou keramikou i kultury knovízské. Podařilo se nalézt i lidské ostatky a keramiku z doby železné a doklady pozdního paleolitu, eneolitu, raného středověku a novověku byly objeveny právě na tomto místě. Dalšími důležitými lokalitami jsou například vrch

Střevíc, kde se dochovalo valové opevnění, nebo obec Korno známá nálezy z mladší doby bronzové a tvrdí ze středověku (Ložek a kol. 2005).

Později na začátku historické doby bylo území hojně zalesněné a málo osídlené, proto bylo využito knížaty jako lovecká oblast. Jedním z jejich sídel byl přemyslovský hrad Tetín, který se nedochoval v původní podobě a zůstaly jen kostely uprostřed opevnění. Na druhé straně řeky Berounky založil Karel IV. v roce 1348 hrad Karlštejn, jakožto reprezentativní sídlo římského císaře a českého krále a dnešní světovou památku s nádhernou malířskou výzdobou (Ložek & Němec 1996).

3.1.7. Biogeografické členění oblasti a její biotopy

Jako mnoho dalších oblastí na území České republiky spadá Český kras do Hercynské podprovincie. Hercynská podprovincie je biotou střední a západní části Evropy. Celá spadá do provincie, která se nazývá střeoevropská s listnatými lesy a mírným atlantickým klimatem. Hlavním bioregionem v Českém krasu je Karlštejnský, který zaujímá poměrně velkou jihozápadní část středních Čech. Pro území jsou nejvíce charakteristické vápencové vrchoviny, které se rozkládají údolími toků (Culek 1996).

V bioregionu je rozloženo největší krasové území Čech, které vytváří ekosystém preferující vápnomilnou flóru a faunu. Jak již bylo zmíněno ze všech přirozených společenstev se zde nejhojněji vyskytuje dubohabrový háj a světlé teplomilné doubravy. Svahy na severní straně pokrývají vápnomilné bučiny a také suťové lesy, skalní stepi mají zase největší zastoupení na opačné jižní straně oblasti (Culek 1996).

Z hlediska struktury, druhového složení dřevin a ekologie popisují biotopy z Českého krasu stručně v následujících větách.

Dubohabřiny se skládají z habru obecného (*Carpinus betulus*), dubu zimního (*Quercus petraea*) nebo dubu letního (*Quercus robur*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*) tvoří příměs v podúrovni porostu, nebo to může být javor babyka (*Acer campestre*). Způsob hospodaření a vlhkost půdy ovlivňuje podíl dřevin na dané ploše a jsou to porosty buďto čistě habrové, smíšené nebo jen dubové. V patře keřovém se objevují nižší jedinci jako je třeba svída krvavá (*Cornus sanguinea*). Nejčastěji hluboké a na živiny bohaté půdy jsou typické pro biotop dubohabřin nacházející se v teplých a mírně teplých oblastech s různým typem hornin (Chytrý a kol. 2010).

Teplomilné doubravy jsou světlé lesy s domácím dubem zimním i letním doplněný o dub pýřitý (*Quercus pubescens*). Druhy stromů jako je javor babyka (*Acer campestre*), habr obecný (*Carpinus betulus*) a jeřáb břek (*Sorbus torminalis*) jsou spíše méně často přimíšeny pod hlavní úrovní porostu. Keřové patro je bohaté na různé druhy, jen v porostech s velkým množstvím zvěře a v oborách může i zcela chybět. Teplomilné doubravy se vyskytují v teplých a především suchých oblastech na výslunných svazích. Půdy jsou mělké pararendziny, rendziny a rankery s minerálně bohatými horninami (Chytrý a kol. 2010).

Vápnomilné bučiny je lesní biotop s převahou buku lesního (*Fagus sylvatica*), jen někdy doplněný o příměs dalších listnatých dřevin například javorem mléčem (*Acer platanoides*), lípou srdčitou (*Tilia cordata*) a jiných a popřípadě jehličnany jedlí bělokorou (*Abies alba*) nebo tisu červeného (*Taxus baccata*). Keřové patro zaujímá malou pokryvnost. Svahy se vyskytují často na vápencích, méně na opukách a vápnitých pískovcích. Půdy se skládají z mělké rendziny i pararendziny, kde většinou vápence vystupují na povrch (Chytrý a kol. 2010).

U lesů suťových je stromové patro bohatší oproti jiným mezofilním typům listnatých lesů. Převahu tvoří rychle rostoucí druhy, kterými jsou javory (*Acer pseudoplatanus* a *Acer platanoides*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), lípy (*Tilia cordata* a *Tilia platyphyllos*) a také jilm drsný (*Ulmus glabra*). V nižších nadmořských výškách jsou časté lípy a habry, kdežto v podhorských a horských oblastech zastoupení lípy klesá a dominuje zde javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Výskyt v suťových lesích má i buk lesní (*Fagus sylvatica*), z jehličnatých dřevin jedle bělokorá (*Abies alba*) a vzácněji se můžeme setkat i s tisem červeným (*Taxus baccata*). V důsledku grafiózy jilmové porosty postupem času ustoupily (Chytrý a kol. 2010).

I patro keřové je bohaté a typickým druhem je například líska obecná (*Corylus avellana*), srstka angrešt (*Ribes uva-crispa*) a bez červený (*Sambucus racemosa*) nebo bez černý (*Sambucus nigra*) s dalšími druhy. Suťové lesy tvoří strmé svahy s výchozy skal, rokle, spodní části svahů a svahová úpatí s nahromaděným suťovým materiálem a také s různými balvany. Podloží je často tvořeno tvrdými horninami a půdy jsou většinou zamokřené (Chytrý a kol. 2010).

Bukovo-dubový a dubovo-bukový vegetační stupeň v této oblasti dominuje. Flóra je bohatá a obsahuje různé migrační druhy a flórové prvky; na stinných skalách lze nalézt

i druhy charakteristické pro dealpidské prvky. Teplomilné doubravy jsou spolu s vápencovými stepními loukami a bradly známým centrem středočeské subendemické a endemické fauny. Dnes se orná půda stala dominantní, avšak přirozené doubravy a travinobylinné louky zůstávají relativně časté. Biota je ohrožena rozsáhlou těžbou vápence (Culek a kol. 2013).

3.1.8. Druhovú skladba lesů

V Českém krasu došlo od vyhlášení CHKO ke zásadním změnám. Především v 70. letech 20. století bylo druhové složení lesů pozměněno lepším hospodařením. Pouze jedli bělokorou a borovici lesní lze brát s jistotou jako původní jehličnany se zastoupením až 35 % v době, kdy byl Český kras vyhlášen jako CHKO. Nejvíce převažovaly z listnatých dřevin domácí druhy dubů 38,2 % a habr obecný 14,4 %. Hlavním cílem tedy bylo upravit druhovou skladbu zdejších lesů. Smrk a modřín skoro vymizely z porostů Českého krasu, důvodem je dlouho trvající snaha o nahrazování těchto dřevin jinými, ale také i díky extrémním suchům v nedávných letech (Prach a kol. 2022).

Borovice černá, jakožto introdukovaná dřevina roste dnes jen na 5 % plochy lesa a celkově jsou jehličnaté dřeviny zastoupeny na přibližně 11 %. Dohoda se státním podnikem Lesy české republiky, která byla podepsána v roce 2004, zajistila lesům samovolný vývoj a bezzásahové území. Týká se to části území NPR Karlštejn – vrch Doutnáč, které má rozlohu 65 hektarů. Území je střeženo a provádí se zde opakovaný monitoring reakce chování lesního prostředí na změnu v samovolný vývoj lesů. Pořízená data dále slouží k většímu porozumění přirozených procesů v nížinných lesích. „*Zejména v minulosti intenzivně obhospodařovaných lesích je napodobování dřívějších způsobů hospodaření cestou účinné aktivní ochrany přírody*“ (Prach a kol. 2022).

Postupné vracení se k pařezinám napomáhá udržet dříve intenzivně zastoupené rostlinné i živočišné druhy světlých lesů. Snahou o vyjednávání nejen se státními vlastníky, ale i soukromými se rozloha území do dnešních dnů rozrostla na 43 hektarů, zásahy jsou plánovány na 7,6 hektarech. Cílem je opětovné navrácení pařezinového hospodaření s krátkým obmýtim (Prach a kol. 2022).

Je také potřeba zmínit, jak je to s dusíkem v Českém krasu. Atmosférická depozice představuje jeden z hlavních způsobů, jak se dusík dostává do různých ekosystémů. Nicméně její dopad na jednotlivé ekosystémy se výrazně liší. V lesních ekosystémech

a přirozených společenstvech hraje atmosférická depozice klíčovou roli, neboť představuje 70 % a více z celkových vstupů dusíku. Celkové množství a dlouhodobý směr, ve kterém se vyvíjí atmosférická depozice dusíku, mají zásadní vliv na udržení přirozených a ekologicky stabilních společenstev typu stepi a lesa. Na území CHKO Český kras se provádí monitoring od roku 1994. Výsledky stanovení atmosférické depozice vyšly pro listnaté lesy 15,90 N *DEP* kil na hektar za rok a pro jehličnaté lesy až téměř o dvojnásobek 27,92 N *DEP* kil na hektar za rok (Šimunek 2003).

3.2. Přírodní rezervace Na Voskopě

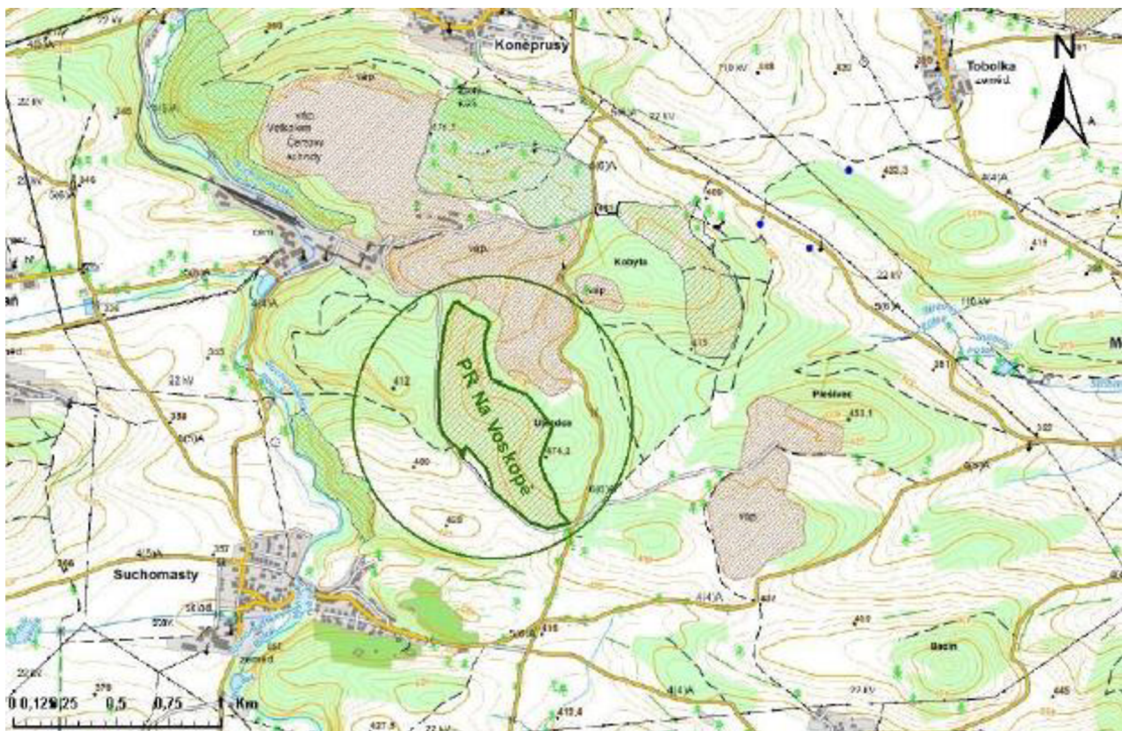
Přírodní rezervace představuje menší území s koncentrací přírodních hodnot a ekosystémů, které jsou charakteristické a významné pro danou geografickou oblast. Tuto kategorii území vyhláší příslušný krajský úřad. Za zmínku stojí i Národní přírodní rezervace. Je to menší území mimořádných přírodních hodnot. Na těchto lokalitách se nachází ekosystémy, které jsou vázány na charakteristický reliéf a geologickou stavbu, jež jsou v národním či dokonce mezinárodním měřítku význačné nebo unikátní. Vyhlášení tohoto území je v pravomoci Ministerstva životního prostředí (Rubín a kol. 2004).

Úsilí o vytvoření této přírodní rezervace zabralo téměř patnáct let, během nichž probíhala rozsáhlá jednání s vlastníkem pozemku, společností Velkolom Čertovy schody, a.s. Celá cenná lokalita se nachází v jejich vyhrazeném dobývacím prostoru. Téměř třetina plochy přírodní rezervace včetně zbytků vápencových bučin, spadá do oblasti, kde bylo na základě povolení z počátku 90. let možné zahájit těžbu. Nakonec však díky smírnému přístupu i ze strany Velkolomu Čertovy schody byla nařízením Správy chráněné krajinné oblasti Český kras č. 1/2012 ze dne 26. 11. 2012 přírodní rezervací vyhlášena (AOPK ČR 2024).

Hlavním předmětem ochrany v této rezervaci jsou lesy s nízkým stromovým patrem, konkrétně habrové (*Melampyro-Carpinetum*) a dřínové doubravy (*Corno-Quercetum*), které postupně přecházejí do vzácných pěchavových borů a vápnomilných bučin typických pro tuto oblast. Tento region je také významný pro svůj geologický reliéf, který zahrnuje povrchové krasové útvary a krasové jeskyně charakteristické pro danou lokalitu. Velkou část území rezervace zaujímají lesní porosty a je v nich důležité správné hospodaření. Snaha je co nejvíce využít přirozenou obnovu. Hlavním cílem péče jsou

porosty dřevin, které jsou na lokalitě přirozené se značným podílem dubu zimního (*Quercus petraea*). Podstatnou věcí je ponechávat odumřelé a mrtvé dřevo v porostech. Hlavní důvod spočívá v tom, že je domovem mnoho organismů jako jsou lišejníky, mechy, houby, bezobratlí a na ně navazující obratlovci. Je třeba postupně odstraňovat nepůvodní dřeviny třeba borovici černou (*Pinus nigra*) (AOPK ČR 2024).

Přírodní rezervace Na Voskopě se vyskytuje ve středočeském kraji, přesněji v okrese Beroun poblíž obcí Suchomasty, které jsou vzdálené necelý kilometr severovýchodním směrem a z horní strany jihovýchodním směrem obcí Koněprusy vzdálené asi kilometr. Lokalita spadá pod katastrální území Suchomasty. Převážná část území zaujímá jihozápadní a západní svah. Nejvyššími body území je vrch Na Voskopě (468 m n. m.), v minulosti byl odtěžený a Újezdce (474,3 m n. m.), vrchol však leží již za hranicí rezervace. Rozpětí nadmořské výšky je 392-473 m n. m. Výměra zabírající rezervaci je 31,4884 ha z toho 24,4491 ha je lesní pozemek a 7,0393 ha je ostatní plocha. Přírodní rezervaci lze vidět na (obr. č. 1) (Ložek 2005).



Obr. 1 – Poloha přírodní rezervace Na Voskopě.
Zdroj: Mapový podklad © CENIA.

Geologickým podkladem území jsou rozsáhlé bílé biodetritické mělkovodní vápence, jinak nazývané jako koněpruské vápence, které mají minulost už z období starších

prvohor, konkrétně z devonu, takzvaně ze stupňů prag a pražského souvrství. Vápence jsou tvořeny z více než 500 mořských bezobratlých tvorů, přesněji z jejich schránek. Vyskytovali se v tropickém moři a tvořily ulity v oblasti Zlatého koně útes. Pravděpodobně se odehrálo sesunutí některé části útesu. V dnešní době lze tyto výchozy útesů nalézt jen v malých často hojně zarostlých lomech. Kvůli výrobě vápna se těžil vápenec ve velkém množství už počátkem 20. století. Značné zkrasování vápenců můžeme pozorovat především na severní straně, kde jsou utvořeny takzvané krasové kapsy, které uvnitř obsahují klastický materiál. Stáří těchto kapes není známé, odborníci se však domnívají, že pocházejí z druhohor, případně třetihor nebo čtvrtohor (AOPK ČR 2024).

3.2.1. Flora

V porostech se nachází velké množství vzácných druhů. Jedná se převážně o druhy cenné na úrovni ČR avšak v Českém krasu hojně rozšířené. Vyskytuje se zde sasanka lesní (*Anemone sylvestris*), silně ohrožená vytrvalá bylina kruštík růžkatý (*Epipactis muelleri*) nebo devaterník velkokvětý tmavý (*Helianthemum grandiflorum subsp. obscurum*). Jinde se rostlinstvo liší podle orientace svahu a podle převládajících dřevin. Z bylin z čeledi vstavačovitých roste na území okrotice červená (*Cephalanthera rubra*), nejvíce na vlhkých svazích s vápencovými bučinami nacházejících se hlavně na severní straně přírodní rezervace. V bučinách, které mají spíše menší hodnotu zakmenění, lze spatřit pěchavu vápnomilnou (*Sesleria caerulea*), nebo cennější menší polokeř zimostrázek alpský (*Polygala chamaebuxus*) (AOPK ČR 2024).

Silně ohrožený druh rostoucí v přírodní rezervaci je koniklec luční (*Pulsatilla pratensis* subsp. bohemica). Z dalších zajímavých druhů, které stojí za zmínku, jsou trávy jako je kostřava walliská (*Festuca valesiaca*) a smělek štíhlý (*Koeleria macrantha*). Jedná se o území nejbohatší na naleziště teplomilných druhů hub ve středních Čechách, které jsou vzácné, a dokonce až kriticky ohrožené. Do současnosti zde bylo zjištěno na 315 druhů, kterými jsou s velkým zastoupením a početným rodem pavučince, dalšími jsou čirůvky například čirůvka růžovotřenná (*Tricholoma basirubens*) a čirůvka černošupinatá (*Tricholoma atosquamosum*), z čeledi rouškatých hub vzácný hřib Fechtnerův (*Boletus fechtneri*) nebo hřib královský (*Butyriboletus regius*), který je vázaný na listnaté lesy a hřib satan (*Boletus satanas*) (AOPK ČR 2024).

3.2.2. Fauna

V rezervaci byly objeveny vzácnější druhy pavouků konkrétně pavučenek, slíďáků, křížáků a mnoho dalších. Vyskytuje se zde pavučenka lesostepní (*Panamomops affinis*), slíďák Sulzerův (*Alopecosa sulzeri*) a z křížáků například křížák trnečkový (*Cercidia prominens*) (AOPK ČR 2024).

V rámci studie hmyzu na zkoumané lokalitě byl zaznamenán výskyt vzácných druhů, jako je zednice dvoubarvá (*Osmia bicolor*) nebo hrabalka (*Arachnospila fumipennis*). Na pozorovaném místě byl zaznamenán výskyt několika ohrožených druhů čmeláků, mezi nimiž byli čmelák skalní (*Bombus lapidarius*), čmelák polní (*Bombus pascuorum*), čmelák sorojský (*Bombus soroensis*) a další. Kromě toho byla zjištěna přítomnost reliktních druhů brouků, jako jsou dřepčící (*Aphthona herbigrada*), (*Psylliodes instabilis*), (*Longitarsus helvolus*), nosatci (*Acalles echinatus*), (*Rutera hypokrita*) a větevníček (*Choragus sheppardi*) (AOPK ČR 2024).

Lepidopterologický průzkum odhalil až 753 druhů motýlů. Mezi ty, které je třeba zmínit, patří do ohrožené skupiny kupříkladu vřetenuška chrastavcová (*Zygaena osterodensis*), lišejníkovec malý (*Setina roscida*) a mūra přástevník užankový (*Hyphoraia aulica*), který je ohrožen vysokou mírou ztráty populace. Z ornitologického hlediska byli zaznamenáni jedinci smíšených a listnatých lesů, včetně druhů preferujících otevřená stanoviště. Pravidelná hnízdiště zahrnují krutihlava obecného (*Jynx torquilla*), strakapouda prostředního (*Dendrocopos medius*) a v menší míře holuba doupňáka (*Columba oenas*). V rámci populace plazů je třeba zmínit menší početnost užovky hladké (*Coronella austriaca*) (AOPK ČR 2024).

3.3. Hospodářské tvary lesa

Hospodářské tvary se rozdělují dle způsobu vzniku lesa. Dále jsou podstatné jejich rozdílné taxační a pěstební charakteristiky, hospodářské odůvodnění i praktická důležitost. Vznik lesa může být buďto generativní, to znamená ze semene, opadem semene, sítí a výsadbou sazenic, které byly vypěstovány ze semene. Dalším je způsob vegetativní pomocí výmladnosti. Výmladnost představuje schopnost dřevin tvořit prýty z adventivních i spících pupenů na kmenu, pařezu, kořenu nebo na samotné větvi. Dále se rozmnožuje pomocí řízků, které se odejmou z korun určených zdravých a kvalitních stromů nebo matečnicí, to jsou záměrně založené skupinky stromů, pěstované za účelem

odběru řízků. Převládá forma tvaru lesa vysokokmenného, v dnešní době zahrnuje 99,9 % území lesů. Tvoří základní hospodářský tvar lesa, protože nejlépe plní veškeré funkce lesa (Poleno 2007).

Hospodářské tvary lesa se rozdělují dle vyhlášky Ministerstva zemědělství takto:

- „1. vysoký, pro lesní porosty vzniklé ze semen nebo sadebního materiálu lesních dřevin,
2. nízký, pro lesní porosty vzniklé výmladností,
3. střední, pro lesní porosty, u kterých spodní etáž vznikla převážně výmladností a jedna či více horních etáží vznikly převážně ze semen nebo sadebního materiálu lesních dřevin“ (Vyhláška 298/2018 Sb.).

Pro účely mé bakalářské práce je především podstatné rozlišit les nízký a les střední, takže další řádky pojednávají o těchto dvou způsobech vzniku lesa.

3.3.1. Nízký les

Nízký neboli výmladkový les vzniká výmladkovou činností výhradně z pařezů. Pařezové výmladky umí tvořit jen určité listnaté dřeviny mezi které patří dub, habr, lípa, olše, jilm, akát, jasan a topol. Hospodářsky nevyužívané kořenové výmladky tvoří osika a akát (Poleno 2007).

Platí zde krátký interval obmýtí, a to je závislé především na dřevině, na optimální výmladnosti a výši očekávané produkce a je spjato i s úrodností stanoviště. Věkové rozpětí obmýtí je od 5 let u vrb a do 40 let dubů, habrů a buků, popřípadě do 60 let věku u olší (Utinek 2014).

V současné době dochází v některých případech k oživení výmladkového lesa, neboť jeho hospodaření je cenově dostupné a jeho obnova probíhá poměrně rychle ve srovnání s lesy vysokými (názor Šálek 2014) a v rozporu je názor, který uvádí, že pařeziny ztratily svoji hospodářskou oprávněnost kvůli změnám v hospodaření a jsou používány hlavně k převodu na les vysokokmenný (Poleno 2007).

Pařeziny se často transformovaly na lesy s vysokými stromy prostřednictvím přímého převodu, kdy po vytěžení výmladkového lesa byl nový porost založen z jedinců

generativního původu obvykle pomocí umělé obnovy. Tento proces vedl a stále vede k postupné ztrátě charakteristických znaků výmladkového lesa (Anonymus 2014).

Největší smysl má pařezina na stanovištích, která jsou extrémní, jako je třeba kamenitá stráž, kde je pomocí této obnovy nejlépe chráněna půda (Utinek 2014).

Dřívější výzkumy naznačovaly, že v mladším věku dosahuje výmladkový les vyššího přírůstku než les vysoký. Ačkoli celkový průměrný přírůstek kulminuje v mladším věku, křivka průměrného a výškového přírůstu následně rychleji klesá. Poslední výzkumy však ukazují na to, že přírůst je menší měrou ovlivněn způsobem hospodaření. Větší zásluhu na vývoji a přírůstu mají spíše přírodní podmínky v daném porostu (Šálek 2014).

Nevýhodou však je, že těžené dřevo z těchto porostů má velmi špatnou jakost. Je poměrně sukaté, má horší celkové technické vlastnosti, ve spodní části kmene je zakřivené a tím ztrácí hodnotu (Utinek 2014).

Dříve byl výmladkový způsob hospodaření uplatňován hlavně za účelem produkce palivového dřeva. Tento způsob byl často praktikován ve většině lesních porostů nížin, teplých pahorkatin a vrchovin na území České republiky. Bylo to hospodářsky výhodné v dobách, kdy dřevo sloužilo jako hlavní zdroj energie a stavební materiál. V oblasti pravěkého osídlení byly takto lesy ovlivňovány již od neolitu a tato praxe se rozšířila do dalších oblastí během středověku (Szábó 2009).

Nové obnovní prvky v krátkém časovém intervalu jsou u tohoto způsobu podstatou. Jde tedy o intenzivní způsob hospodaření, neboť se těžba v pařezinách dříve prováděla každoročně, a to na stejné velikosti obnovované plochy. Bylo zapotřebí podobné množství paliva pro panství či obec (Utinek 2014).

Nízký les může podporovat vyšší biodiverzitu organismů vázaných na lesní ekosystémy, včetně těch, které žijí v mrtvém dřevě. Právě ochrana biodiverzity je největší důvod k návratu výmladkových lesů na naše území (Šálek 2014).

3.3.2. Střední les

Dále si popíšeme střední les odborně nazývaný sdružený les, aby byl patrný rozdíl od lesa nízkého. Sdružený les je tvořen jednotlivými etážemi, přičemž etáž spodní vzniká z lesa

výmladkového a etáž horní ze společenstva tříd výstavků, které vyrostly ze semene (Poleno 2007).

Les sdružený se formuje tak, že u každého kácení spodního patra s průměrnou dobou obmýtí od 30 do 50 let se ponechá nebo se vysadí určitý počet schopných semenáčků. Následuje tedy vývoj nad spodní etáží se 3 nebo 4 generacemi výstavků, které se z hlediska věku moc neliší. Pěstování lip, jilmů, habrů a javorů probíhá nejvíce v etáži spodní a jsou tu dominantními stinnými druhy, jakožto dřeviny s velmi kvalitní výmladností a dobře snášející stín. Spodní etáž mohou tvořit i duby, olše, kaštany a jasany, které zas naopak vyžadují větší přísun světla do korun. Z listnatých dřevin tvoří horní etáž jilmy, javory, duby, třešně a méně pak topoly a břízy. Z jehličnatých druhů se využívá modřín. Vesměs jde o dřeviny cenné z hospodářského hlediska, které tam pěstovat chceme (Poleno 2007).

Možno se setkat s konceptem takzvaného nepravého sdruženého lesa, který zahrnuje zachování nejcennějších stromů z výmladkového patra nebo z nepravé kmenoviny, čímž vytváří horní patro s podobným věkem všech jedinců. Nejedná se o jednoduchou záležitost, pokud jde o pěstování středního lesa. Je třeba dodržet dané okolnosti pro ideální růst porostu dle hospodářského cíle, jako je vztah mezi etážemi, zachovat vhodnou druhovou skladbu, dodržet správný zápoj a udržovat optimální počet výstavků. Důležitou roli hraje znalost růstových vazeb jednotlivých dřevin a uvědomění si, na kterých stanovištích rostou (Simon & Vacek 2008).

Postupem času byl střední les opomíjen a nahrazován lesy vysokokmennými a do dnešních dnů se jich na našem území tolik nevyskytuje. Důvodů je více, ale tím nejpodstatnějším zůstává malý produkční potenciál stanoviště, na kterém sdružený les roste a kde by jinak les vysoký měl produkční potenciál nejspíše vyšší. V dnešní době je sdružený les nejvíce zastoupený ve Francii a v Německu, co se týká Evropských států. Na území České republiky jsou sdruženým lesem nejvíce bažantnice nebo obory (Simon & Vacek 2008).

3.4. Světelný režim

Světelný režim je utvářen zákonitostmi radiačního režimu. Množství záření, které dosahuje určitého místa na Zemi je spojeno s úhlem dopadu paprsků slunce, průzračností

a mocností atmosféry a také délkou dne. Tyto podmínky jsou dány stavem atmosféry, nadmořskou výškou, zeměpisnou šířkou a v neposlední řadě ročním obdobím. Kolem poloviny slunečního světla prochází k Zemi přímými paprsky, polovina druhá se k Zemi dostává difúzním zářením atmosféry (Moravec a kol. 1994).

Energie slunečního záření dopadajícího na vnější hranici zemské atmosféry činí 1,39 J/m².s (známá také jako solární konstanta). Avšak zemského povrchu dosahuje 0,65 J/m².s. Ozonová vrstva pohlcuje většinu záření s velmi krátkými vlnovými délkami (UV). Kyslík pohlcuje záření v blízkosti vlnových délek 688 a 762 nm, zatímco molekuly vodní páry pohlcují záření v blízkosti vlnové délky 723 nm. Pokles energie záření dopadajícího na zemský povrch silně závisí na hustotě oblačnosti. Pokud je obloha plně zatažená, dopadá na zemský povrch jen desetina záření, které by jinak dopadlo za jasného počasí (Skálová 2004).

Světlo jako takové je jedním z nejdůležitějších abiotických faktorů v suchozemském prostředí. Lze říci, že veškerý život na zemi je odkázán na tok energie vyzařované sluncem do biosféry (Slavíková 1986).

U viditelného světla je forma energie, která má podobu vlnění. Jde o část elektromagnetického záření, kde vlnové délky jsou přibližně 400–750 nm a tvoří okolo 50 % celkové energie vytvářené sluncem (Daubenmire 1948). Právě tato oblast má největší hustotu záření a jedná se o oblast viditelného záření, na kterou je lidské oko citlivé. Zhruba těmto vlnovým délkám odpovídá FAR, které vyvolává fotochemické reakce fotosyntézy. Fotosyntéza je základní mechanismus, kterým rostliny přeměňují sluneční energii na chemickou energii organických látek. Fotosynteticky aktivní záření má spektrální rozsah, který je určen absorpčními spektry fotosyntetických pigmentů, jedná se hlavně o chlorofyly (Slavíková 1986).

Viditelné světlo je série vlnění zobrazující se jako pět odlišně barevných paprsků s různými vlnovými délkami a to fialové (400–435 nm), modré (435–490 nm), zelené (490–574 nm), žluté (574–595 nm) a červené (595–750 nm). Leží tedy mezi vlnovými délkami ultrafialového a infračerveného záření a slouží jako signály, které vypovídají o světelných podmínkách v okolí rostliny a vyvolávají její reakce. Barevné formy od sebe lze poměrně jednoduše odlišit průchodem světelného paprsku přes hranol (Daubenmire 1948).

Světlo je potřebné v různém množství pro každou z rostlin, proto rozlišujeme rostliny podle relativní ozáření do tří skupin. Heliofyty rostou na slunných otevřených stanovištích jako jsou pouště, stepi, hory a tundry. Řadí se sem i rostliny na ruderálních stanovištích, vodních s listy vzplývavými na hladině nebo polní plevely. Do této skupiny patří například lnice květel (*Linaria vulgaris*) (Slavíková 1986).

Dalšími jsou heliosciofyty. Tyto druhy rostou na stanovištích s plným osvětlením, ale snášejí i různé zástin. Patří sem velké množství rostlin z především travinných a lesních společenstev. Příkladem může být čistec přímý (*Stachys recta*) s rozsahem tolerance 100 až 48 % nebo břečťan popínavý (*Hedera helix*), který kvete při 100 až 22 % relativní ozáření, vegetativně roste dokonce i při 2 % ozáření (Slavíková 1986).

Třetí sciofyty rostou v bylinném a mechovém patře v lesích na plochách jen zastíněných. Malé nároky na záření mají rostliny vodní se zcela ponořenými listy pod hladinou, nezelené rostliny, saprofyty a také paraziti. Zástupci v této skupině vyžadující nízké relativní ozáření jsou věsenka nachová (*Prenanthes purpurea*) s tolerancí 10 až 5 % nebo lecha jarní (*Lathyrus vernus*) s 33 až 22 % tolerancí (Slavíková 1986).

3.4.1. Světlé lesy

Světlé lesy jsou porosty, které tvoří přerušovaný zápoj korun s mezernatým charakterem a mají jinak velké světliny tzv. otevřené plochy bez jakéhokoliv stínění. Tyto mezery (*gaps*) mohou být vytvořeny v lesním porostu buď úmyslným odstraněním stromů nebo jejich přirozeným zánikem. Může se jednat jen o zlomenou větev, ale pokaždé musí být zřejmá mezera, kterou proniká přímé sluneční světlo. Tímto narušením zápoje se do podrostu dostává více světla, což podněcuje konkurenci mezi světlomilnými druhy stromů a rostlin (Yamamoto 2000).

V dnešní době nalezneme takové lesy nejvíce na prudkých svazích nebo na skalnatých stráních, ale jsou typické i v oblastech s periodickými disturbancemi po lesních požárech, lidské činnosti nebo po větrných zlomech, vzniká zde větší otevírání korun stromů a tím větší osvětlení na půdu (Stejskal 2013).

Časová fluktuace dostupnosti světla spojená s procesy tvorby a uzavírání mezer má významný vliv na přežití druhů, které vyžadují dostatek světla, jelikož ovlivňuje jejich dlouhodobou životaschopnost. Stejně tak má význam pro druhy, které jsou schopny

snášet stín, neboť určuje délku období, kdy jsou potlačovány a uvolňovány až do jejich konečné integrace do koruny stromů (Runkle & Yetter 1987).

Stromy jsou obvykle rozložené a málo husté, což umožňuje pronikání slunečního světla a tvorbu rozmanitého bylinného a keřového podrostu. Mezi to, co není hustý les, řadíme mírně uvolněné lesy, také louku s několika soliterními stromy, lesostep, sad, zahradu, také park a vše, co je společně les a bezlesí. Světlý les je vegetace, která poskytuje společný výskyt lesním organismům úzce vázaným na stromy nebo jiná stanoviště spojená s lesem. Je definována i pro vegetaci nevyžadující les a na stromy a les nejsou striktně vázány (Čížek a kol. 2016).

Poznatky dokládají velký podíl člověka při dřívějším formování a samotném vzniku světlých lesů. Jednalo se zejména o pastvu a výmladkové hospodaření, které dlouhodobě přispívaly k výskytu světlejších lesů, než jak je známe v dnešní podobě. S nástupem moderního lesnictví se lesy střední Evropy přeměnily v jinou podobu, proto druhy spojené se světlými lesy patří mezi nejohroženější organismy (Stejskal 2013).

3.4.2. Světlo v porostu a jeho vliv na vegetaci

Všechny procesy v lese probíhají v přímé nebo nepřímé souvislosti se světlem. Ekologickým faktorem ovlivňujícím vzrůst, pokryvnost a druhové zastoupení vegetace lesního podrostu je světlo. Intenzita, charakter a přístupnost světla ovlivňují procesy fotosyntézy, tvorby listů, květů a plodů a formují celkovou strukturu a složení lesního porostu (Skálová 2004).

Co se týče světelného záření v porostu, tak do spodních pater vegetace proniká a skládá ze dvou částí: nefiltrovaného slunečního záření, které je rozptýlené a přímo pronikající mezerami v porostu a druhé části filtrovaného záření, které porost odráží. Při nižším podílu nefiltrovaného záření v porostu stoupají rozdíly v počtu a spektrálního složení záření a je tím pádem větší. Množství záření, které prochází porostem, je vázáno hlavně na výšce, hustotě porostu a zápoji korun. Důležitou roli hraje i struktura porostu, zejména orientace rostlinných orgánů, listová plocha a druhové složení porostu, stejně jako obsah chlorofylu. Významným aspektem je také počasí. U zatažené oblohy dochází ke gradaci podílu rozptýleného slunečního záření, které se následně lépe dostává mezerami do porostu. To vede k nižšímu relativnímu poklesu množství záření v porostu, a v určitých porostech (jako je například hustá smrčina) může dokonce nastat situace, kdy do spodních

pater proniká větší podíl záření při zatažené obloze než za jasného slunečného dne (Skálová 2004).

Celkově lze konstatovat, že světlo v porostu je klíčovým faktorem ovlivňujícím strukturu, funkci a dynamiku lesních ekosystémů a má zásadní vliv na biodiverzitu, produktivitu a stabilitu těchto ekosystémů (Yamamoto 2000).

4. Metodika

4.1. Charakteristika výzkumné plochy

Výzkum se uskutečnil na experimentální ploše v přírodní rezervaci Na Voskopě, která byla vytyčena již inženýrem Prokopem Hroníkem v roce 2013. Ta má průměrný sklon 18 stupňů a je situována na západní směr. Plocha má rozlohu přibližně 1,9 ha a je rozdělena na šest experimentálních pruhů o délce 125 metrů a šířce 25 metrů. Každý z těchto pruhů obsahuje pět zkusných ploch (jak je vidět na obrázku č. 2). Dohromady je v tomto obdélníku 30 zkusných ploch a zbylých 10 se nachází poblíž těžných pruhů. Těchto 10 ploch se v přírodní rezervaci vyskytuje pro účel kontroly. Může se na nich porovnávat jejich postupný růst vegetace a nechávají se samovolnému vývoji. Jedná se o dlouhodobý výzkum a pruhy v experimentální ploše budou do budoucna odtěženy všechny, a to ideálně po dvou s intervalem 10 let. Odtěžená plocha bude obsahovat jen výstavky. Dohromady se tu nachází tedy 40 ploch s poloměrem velkým 8,5 m, každá má střed s geodetickým bodem, který je zaměřený GPS souřadnicemi. Od těchto středů vždy na nejbližším stromě bylo sprejem vyznačené pořadové číslo pro každou plochu zvlášť a také na dva blízké stromy vyznačeny tečky na spádnici i vrstevnici. Hlavním účelem značení je jednodušší orientace v terénu.

Původní plán prvních zásahů na experimentální ploše byl datován na rok 2014, ale první dva pruhy se odtěžily až na konci zimy v průběhu února roku 2015 a 2016. Vytěžené pruhy mají značení 1–5, 16–20 a probíhá zde od těchto let vegetace pasek. V roce 2023 a 2024 proběhla těžba pruhů 6–10, 21–25 až po tom, co jsem na ploše data sbíral. Plochy zatím netěžené jsou 11–15, 26–30. Těžba těchto dvou dílců je naplánována na rok 2034.



Obr. 2 – Schéma trvalých zkusných ploch rozmístěných v porostu v přírodní rezervaci Na Voskopě (Zdroj: Hroník 2014, upraveno).

4.2. Sběr biomasy a postup jejího zpracování

Vzorky byly odebrány v létě, konkrétně kolem vrcholu vegetační sezóny v červnu a v červenci v roce 2023. Z každé kruhové zkusné plochy bylo odebráno pět vzorků nadzemní části biomasy o velikosti menších ploch $0,5 \times 0,5$ m. V rámci uspořádání jednotlivých menších ploch zaměřených rámečkem byla první z nich odebírána 1 m nad středem geodetického bodu. Následující čtyři byly umístěny dále a to zaměřených 5 m směrem k okrajům každé trvalé plochy od hlavního bodu. Postupovalo se podle chodu hodinových ručiček. Druhá menší plocha byla umístěna také severním směrem nad geodetický bodem, třetí již východně od bodu, čtvrtá jižně od geodetického bodu. Poslední pátá končila na straně západní. Odběr byl prováděn pomocí rámečku za dřeva, který byl pečlivě umístěn na cílové místo. Biomasa byla stříhána nůžkami na výšku strniště maximálně 5 cm nad povrchem a vkládala se do papírových sáčků. Na každý sáček bylo dopsáno číslo jak trvalé zkusné plochy, tak i číslo dané plošky jedna až pět podle místa sběru. Dohromady bylo odebráno 200 vzorků, z 30 trvalých zkusných ploch

a 10 kontrolních ploch. Dalším úkolem bylo biomasu roztřídit na graminoidní byliny a širokolisté byliny. Poté se vše vyjmullo a usušilo na suchém místě, aby vzorky nezačaly plesnivět a předešlo se jejich znehodnocení. Dále byly převezeny do laboratoře Fakulty životního prostředí, aby došlo k jejich dosušení. Byla použita sušárna *Venticell 404* s nastavenou teplotou 105 ° C a doba sušení byla 8 hodin. Po dosušení bylo dosaženo konstantní hmotnosti a tím zajištěná přesná hmotnost odebírané biomasy. Vzorky byly následně zváženy s přesností na setiny, každý sáček zvlášť na váze s označením *GT210 Galaxy OHAUS*. Nutná byla úprava naměřených dat. Všechny naměřené hodnoty bylo třeba přepočítat na 1 m², protože odpovídaly menší ploše o rozměru 0,25 m² a dalším krokem bylo zjistit průměrnou hmotnost širokolistých bylin, graminoidních bylin a celkovou průměrnou hmotnost. Podstatné bylo znát koeficient variability a v neposlední řadě směrodatnou odchylku (Mevald 2016, Dudová 2018).

4.3. Hemisférické fotografie a jejich analýza

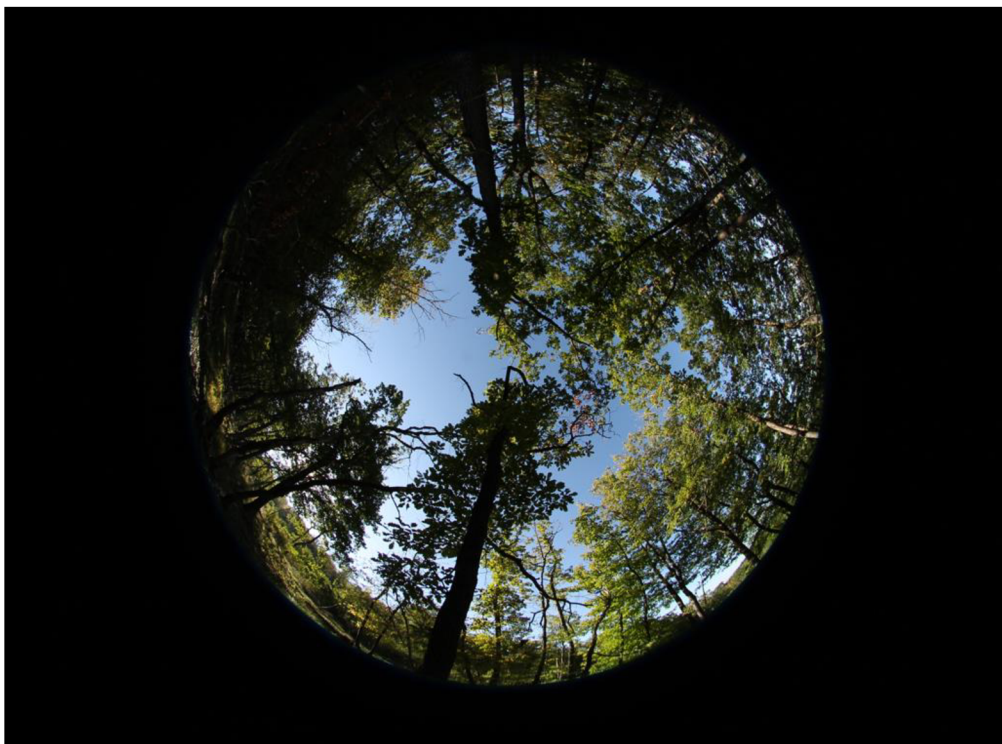
Zvolená metoda pro získání světelných podmínek byla metoda hemisférických fotografií korunového závoje. K pořízení správných fotografií bylo zapotřebí dobré počasí, a také vhodné světelné podmínky, tudíž byly pořizovány dopoledne, kdy byla obloha zatažená a nedošlo k následnému přesvětlení částí osluněných snímků.

Za použití digitálního zrcadlového fotoaparátu typu *Canon EOS 1100 D* s objektivem *Sigma 4.5 mm F 2.8 EX DC HSM Circular Fisheye* byly fotografie pořízeny. Jedná se o širokoúhlý objektiv rybiho oka s úhlem záběru 180°, který je ideální pro zachycení korunového závoje.

Před samotným focením je zapotřebí fotoaparát správně seřadit. Jako první byla nastavena clona (*AV mode*) f/8, dále se nastavila ISO citlivost na automatický režim. Dalším krokem bylo nastavení expozice nazývané (*Bracketting*), které lze pozměnit podle potřeby a podmínek. Funkce kompenzace expozice vytvoří po třech snímcích, a to standartní, tmavší a světlejší. Možnost volby a porovnání tří snímků s různými úrovněmi osvětlení vedla k výběru jedné konečné fotografie s optimální expozicí, která se nejvíce podobala skutečnosti pro pozdější úpravu a k samotné analýze světelných podmínek na jednotlivých zkoumaných plochách. Poté bylo nezbytné nastavit i režim měření (*Centre-weighted average metering*), což znamená měření s důrazem na středovou část.

Autorotace a její vypnutí bylo posledním bodem před použitím fotoaparátu. Fotografie byly pořizovány s rozlišením 4272×2848 pixelů (Rich 1990).

Fotoaparát byl při focení umístěn na místo kruhové zkusné plochy konkrétně do středu nad geodetický bod a nasazen na stativ do prsní výšky 1,3 metru nad povrch země. Aby byla nastavena vhodná centrace ve svislém i vodorovném směru, byla provedena úprava za pomoci libely a horní okraj fotoaparátu byl namířen směrem na sever prostřednictvím buzoly. Před pořízením snímků došlo už jen k přepnutí na manuální ostření. Obrázek 3 zachycuje barevnou hemisférickou fotografii před úpravou.



Obr. 3 – Barevná hemisférická fotografie pořízena na kruhové zkusné ploše č. 23. (Foto F. Chylík, 1.9. 2023).

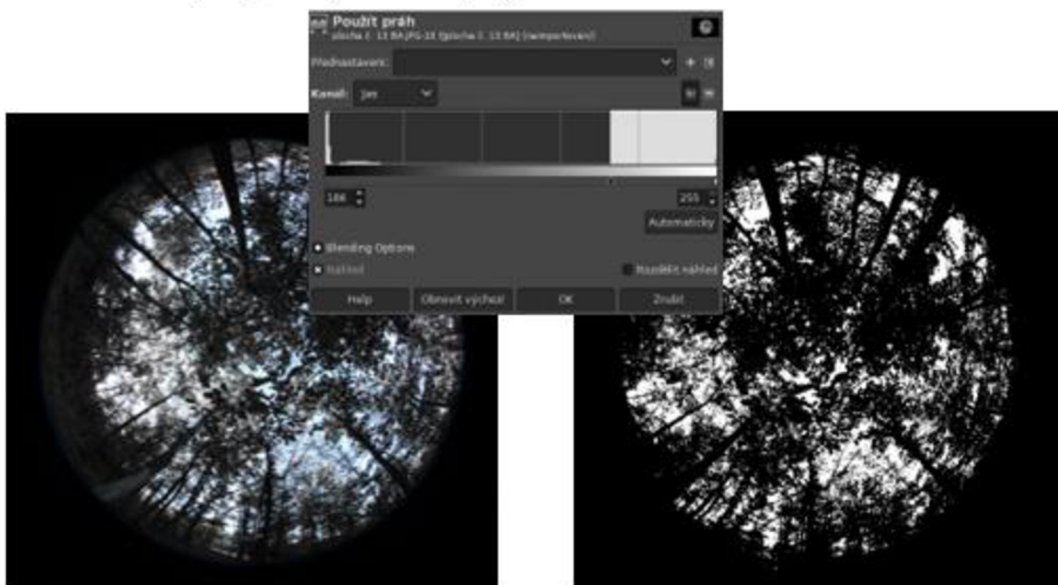
4.4. Vyhodnocení a zpracování hemisférických fotografií

U pořízených fotografií došlo nejprve k jejich přejmenování z čísel na jednotlivé plochy, ke kterým příslušely. Dalším krokem byla úprava snímků v programu GIMP 2 (Kimball a kol. 2008). Úkolem v této aplikaci bylo převedení fotografií z barevných na černobílé. Ze začátku se musela každá fotografie nahrát a duplikovat za účelem porovnávání mezi originálem a již upraveným snímkem. Dále se v záložce *Barvy* zvolil odstín-sytost a sytost zelené i žluté barvy se upravila na minimum (jiné barvy nejsou tolik výrazné, tudíž nebylo potřeba je ubírat) (obrázek 4). Dalším a zároveň posledním krokem k dosažení černobílé fotografie byla funkce *práh*, která se nachází jako v předešlé úpravě

v záložce *Barvy*. Práh se upravuje ručně nebo automaticky a slouží k převedení snímku do černobílé verze bez tónovaných přechodů. Nejdříve jsem zadal úpravu automatickou, a až posléze upravil hodnoty manuálně na optimální hodnotu za pomoci táhla (obrázek 5). Po porovnání s originální fotografií docházelo k tomu, že vznikla takzvaná falešná obloha. Důvodem byly odlesky na stromech, na cestě nebo na zeleni ranním sluncem, kterou program převedl na kousek oblohy. Úprava probíhala pomocí *Štětce*, kde se tyto detaily doladily.



Obr. 4 – Úprava sytosti zelené i žluté na minimální hodnoty u kruhové zkušné plochy č. 10, nastavení v programu GIMP 2.



Obr. 5 – Úprava prahování hemisférických fotografií u kruhové zkušné plochy č. 13, nastavení v programu GIMP 2.



Obr. 6 – Černobilá hemisférická fotografie pořízena na kruhové zkušné ploše č. 23 po úpravách v programu GIMP 2.

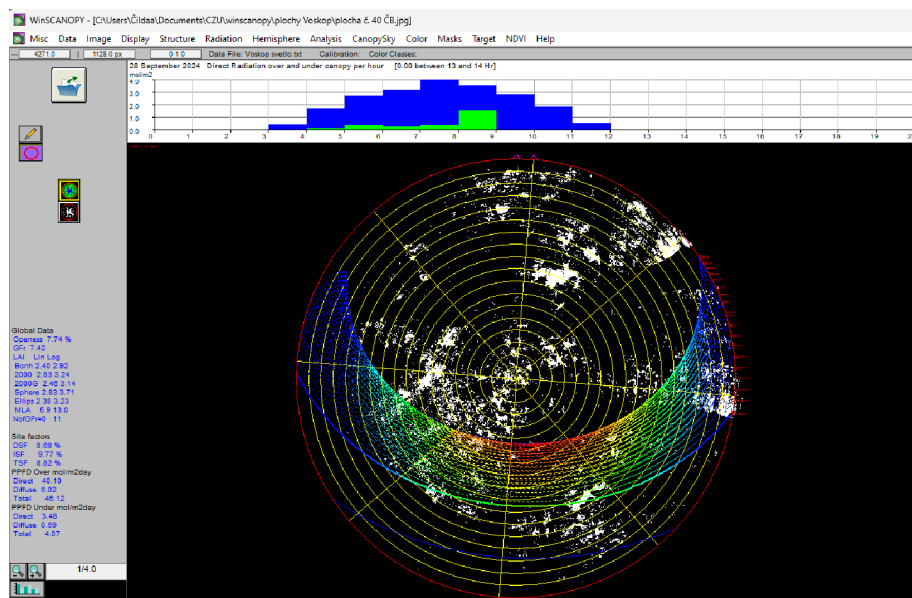
Dalším krokem bylo předělané fotografie následně zpracovat v programu WinSCANOPY (Regent Instruments 2012). Program je určený k samotné analýze světelných podmínek na všech stanovištích a je jedním z nejvíce využívaných softwarů sloužících k vyhodnocování hemisférických snímků s korunovým zápojem. Podobné funkce pro toto vyhodnocování fotografií má i program Gap Light Analyzer. Přehledným popisem těchto programů se zabývá (Jarčuška a kol. 2010). Konfigurační soubor je prvním segmentem při používání programu. Byly zde uvedeny základní parametry nutné pro pokračující analýzy. Jedná se například o rozlišení snímku, nadmořské výšky a dalších. Poté se z nabídky *Misc* zvolil výběr *Load configuration* a tento soubor byl nahrán do paměti softwaru. Výběrem *Radiation*, ve kterém jsem si zvolil *Radiation parameters*, a v níž byla zaškrtnuta a dopsána *Growing season*, což v překladu znamená délku vegetační doby. V mém případě to bylo od 1. 4. 2023 do 30. 9. 2023.

Pod položkou *Camera & Lens* v nabídce *Hemisphere* bylo porovnáno, jestli vyplněný formát je shodný s formátem pořízených fotografií. Postupně se snímek za snímek vkládal do programu a u každého se nastavily reálné naměřené parametry. V záložce *Hemisphere* byla zvolena položka *Duplicate last* a následně v dialogovém okně *Hemisphere Identification* byly vyplněny následné údaje: nadmořská výška (*Altitude*), sklon ve stupních (*Slope*), orientace na sever ve stupních (*Orientation*), název plochy

(*Plot*), příjmení autora (*Analyst*), výška objektivu 1,3 m (*Height*), geografické souřadnice středu experimentální plochy (*Latitude* = 49.907), (*Longitude* = 14.068). Ukázku dialogového okna můžeme vidět na obrázku 7. Po vyplnění příslušných údajů byla fotografie zpracována (obrázek 8). U každého snímku se analyzované parametry ukládaly do textového dokumentu ve formátu TXT, následně byly převedeny do tabulky v programu Microsoft Excel. Z rozsáhlé tabulky výsledků byly dále použity tyto údaje: hodnoty přímého a rozptýleného slunečního záření nad a pod porostem v jednotce toku fotonů Mol. m⁻² den⁻¹. Parametr *Gap fraction*, což je počet pixelů rozeznávaných jako obloha na dané hemisféře s příslušným úhlovým zkreslením. V poslední řadě parametr *Openness*, který představuje reálné procento otevřené oblohy nad plochou.

Hemisphere Identification		Got From	Set To
Photo #	40	Memory card #	1
Acquisition Date	2023:09:07	Time	10 : 45
Aperture	7.1 f	Exposure	80 1/s
Focal Length	5.0 mm	Camera	Canon EOS 1100D
Orientation	0.0 °	User	User
Latitude	49.907 (-=S)	User	User
Longitude	14.068 (-=W)	User	User
Altitude	425.0 m	User	User
Slope	18.00 °	Aspect	-108.00 (-=W)
Height	1.3 m	Plot	plocha_č.40
Analyst	Chylík	Sky	Sunny
Comments			

Obr. 7 – Dialogové okno pro zadání informací o dané fotografii na příkladu trvalé plochy č. 40.



Obr. 8 – Světelná analýza hemisférické fotografie korunového zápoje trvalé zkušné plochy č. 40 v programu WinSCANOPY.

4.5. Statistické vyhodnocení dat

Statistická data bylo potřeba připravit v programu Microsoft Excel, aby s nimi statistický program mohl následně korektně pracovat. V mém výzkumu byla naměřena data celkem šesti typů. Jedná se o data závislých a nezávislých proměnných. Mezi ty závislé patří hmotnost biomasy graminoidních bylin, hmotnost širokolistých bylin, celková hmotnost biomasy a také koeficienty variability pro graminoidy, širokolisté a celkovou biomasu. Všechna závislá data se mění v průběhu let díky okolním podmínkám, kterými jsou ovlivňovány. Máme zde i druhý parametr zmiňovanou nezávislou proměnnou, mezi kterou patří hodnoty určující míru otevřené oblohy nad plochami a sluneční záření dopadající na experimentální plochy. Tabulka vysvětlující pojmy obou proměnných je na obrázku 7. V dalších tabulkách jsou vyjádřeny hodnoty jak všech 40 trvalých ploch, tak i 30 ploch, které byly lesní a zbylých 10 ploch nelesních tedy vytěžených (obrázek 8). Data statistických analýz byly převedeny do programu R (R Core Team 2021) a dále zpracovány. Grafy, které jsou uvedené ve výsledcích, byly vytvořeny v softwaru Statistika (Statistica 2023). Nejprve se v programu R zadal příkaz *read.table* a tím se nahrála data z Excelu do složky „Chylik“. Následoval příkaz *structure*, kterým došlo k prohlédnutí a celkovému ověření dat. Dalším krokem byl příkaz *attach*, tím se vše uložilo do adresáře softwaru. Následně byly vytvořeny regresivní analýzy za účelem zjištění vztahů závislých a nezávislých proměnných. Distribuční charakteristiky se zjišťovaly nejdříve a poukazyvaly na minimální, průměrné a maximální číselné hodnoty, které lze vidět na obrázku 9 a také byla provedena analýza korelace mezi proměnnými

pomocí korelačního koeficientu *cor*. Pro načtení knihovny *nlme* do prostředí programu R byl použit příkaz „*library (nlme)*“. Následně byly vytvořeny jednotlivé marginální regresní modely s údaji o umístění každé ze zkusných ploch v prostoru tedy zohlednění prostorové autokorelace dat. Toto bylo dosaženo pomocí funkce *gls* (*Generalized Least Squares*) z knihovny "*nlme*" (Pinheiro a kol 2018).

Exponenciálním vztahem je vyjádřena prostorová závislost. Příkazem `modellb<-gls(závislá~nezávislá,corr=corExp(form=~X+Y)` se provede regresní model pro odhad chování jednotlivých proměnných na všech plochách. Příkazem `modellb<-gls(závislá~nezávislá,corr=corExp(form=~X+Y),subset=type=="forest")` s tímto dodatkem se model omezil pouze na lesní plochy, které nebyly odtěžené. Takto se postupovalo u všech proměnných a ve výsledcích jsou v box-plot grafech vždy nalevo zobrazeny grafy pro všechny plochy a napravo jsou grafy pouze lesních ploch. Dalším postupem bylo vytvoření příkazu *anova*, který provedl test statistické významnosti prediktorů zadaného regresního modelu. U hodnot, které jsou brány jako významné se dosahuje hodnot *p-value* menší než 0,05. Zadaním příkazu *summary* se ukázalo, jestli je závislost mezi samotným prediktorem a závislou proměnnou negativní či pozitivní a provedl se odhad koeficientu determinace zvoleného regresního modelu *R-square*. Ten udává procentní variabilitu závislé proměnné ve vztahu k nezávislé proměnné.

Proměnným, které se prokázaly jako závislé, byly vyhotoveny grafy v programu Statistika. Než došlo k samotnému vložení tabulky do softwaru, provedlo se uspořádání těchto hodnot proměnných ve vztahu k hodnotám relativní ozářenosti od nejmenší po největší z důvodu následného rozčlenění ploch na světlé (přiděleny k písmenu S) a tmavé (přiděleny k písmenu T). Po vložení tabulky do softwaru se základními daty byla v nástrojové liště zvolena možnost *Grafy*. V ikoně, která obsahuje hlavní grafy, jsem vybral možnost *Krabičky* a vytvořil tímto způsobem zadáním vhodných parametrů 2 *D krabicové grafy*, kterých bylo celkem 12. Stejným způsobem byl vytvořen v nástrojové liště *Grafy* jediný *Bodový graf*. Následovala jen vizuální úprava všech grafů. Grafy byly rozděleny podle *shadyness_all* a *shadyness_forest*, jak je možno vidět popsane ve většině výsledcích. Krabicové grafy mají svou nezávislou proměnnou pokaždé na ose X, které obsahují hodnoty světelného záření nebo otevřenosti stanoviště. Závislá proměnná byla přiřazena k ose Y, závislými byly průměrné hodnoty biomasy, graminoidních bylin a širokolistých bylin a také koeficient variability.

4.6. Výsledky

Všechny provedené analýzy a jejich konečné výsledky jsou uvedeny v grafech a tabulkách níže. Máme hodnoty proměnné závislé a nezávislé. První tabulka obsahuje vysvětlený seznam anglických zkratk, se kterými se lze setkat u stejných či podobných výzkumů.

Tab. 1 – Vysvětlení zkratk jednotlivých proměnných i s jejich jednotkami.

Zkratka proměnné	Význam (jednotka)
Závislé proměnné	
Biomasa_širokol	průměrná hmotnost širokolistých bylin (g m^{-2})
Biomasa_gramin	průměrná hmotnost graminoidních bylin (g m^{-2})
Biomasa_celk	průměrná hmotnost celkové biomasy (g m^{-2})
Cv_širokol	variační koeficient širokolistých bylin (–)
Cv_gramin	variační koeficient graminoidních bylin (–)
Cv_celk	variační koeficient celkové biomasy (–)
Nezávislé proměnné (prediktory)	
Openness	procento otevřené oblohy nad plochou
Přímé zář	hodnota přímého záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{d.}^{-1}$)
Difúzní zář	hodnota difúzního (rozptýleného) záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{d.}^{-1}$)
Celkové zář	hodnota celkového záření ($\text{Mol m}^{-2} \text{d.}^{-1}$)
Relativní zář	hodnota relativní ozářenosti (%)

V tabulce 2 můžeme pozorovat vysoký průměr biomasy graminoidních bylin oproti průměrné biomase širokolistých bylin, která je skoro o polovinu menší.

Tab. 2 – Rozsahy hodnot jednotlivých sledovaných proměnných.

Název proměnné	Minimum	Průměr	Maximum
Biomasa_širokol	0,04	20,9	86,86
Biomasa_gramin	0	37,17	203,35
Biomasa_celk	1,29	58,07	251,58
Cv_širokol	0	0,73	1,84
Cv_gramin	0	0,96	2,13
Cv_celk	0,21	0,61	1,72
Openness	7,06	22,97	66,97
Přímé zář	2,27	11,96	37,26
Difúzní zář	0,51	1,73	5,06
Celkové zář	3,29	13,69	40,94
Relativní zář	7,85	31,31	94,9

Tabulka 3 obsahuje výsledky regresní analýzy proměnných závislých i nezávislých v roce 2023. Mezi závislé proměnné řadíme průměrnou hmotnost celkové biomasy a u ní se jako nejlepší prediktor zobrazila otevřená obloha nad plochou necelých 85 procent. Další závislou proměnnou je průměrná hmotnost širokolistých bylin, kde se nejvíce signifikantní projevilo difúzní záření s 38 procenty a průměrná hmotnost graminoidních bylin se stala nejúčinnějším ukazatelem u 78 procent otevřené oblohy nad plochou označeno pojmem *Openness*. Jak celkový průměr tak i průměr jednotlivých druhů bylin významně reagoval na intenzitu světla dopadajícího do bylinného patra. Tabulku variačního koeficientu pro jednotlivé závislé proměnné nebylo potřeba do výsledků zadávat, jelikož nevykazuje žádnou statistickou významnost na světelných podmínkách.

Tab. 3 – Přehled závislosti proměnných porovnávaných dvojic za rok 2023. Tučně zvýrazněny jsou nejvyšší hodnoty koeficientu determinace tzv. sílu modelu R^2 , u každé závislé proměnné vždy jedna.

Proměnné		Statistická kritéria	
Závislá	Nezávislá	R^2 (%)	P hodnota
Biomasa_celk	Přímé zář	62,1	<0,01
Biomasa_celk	Difúzní zář	80,2	<0,01
Biomasa_celk	Celkové zář	65,0	<0,01
Biomasa_celk	Relativní zář	65,5	<0,01
Biomasa_celk	Openness	84,8	<0,01
Biomasa širokol	Přímé zář	32,6	0,11
Biomasa širokol	Difúzní zář	38,0	0,02
Biomasa širokol	Celkové zář	33,7	0,08
Biomasa širokol	Relativní zář	33,2	0,09
Biomasa širokol	Openness	35,4	0,05
Biomass_gramin	Přímé zář	53,2	<0,01
Biomass_gramin	Difúzní zář	70,4	<0,01
Biomass_gramin	Celkové zář	55,9	<0,01
Biomass_gramin	Relativní zář	56,7	<0,01
Biomass_gramin	Openness	77,8	<0,01

Tabulka 4 představuje výsledky regresních analýz daných vztahů závislých a nezávislých proměnných (které zůstávají stejné) za rok 2023. Tato tabulka je pozměněna oproti tabulce 3 a omezena jen na 30 kruhových zkusných ploch, které jsou lesní. Všechny zaměřené veličiny mají vysokou signifikantní závislost. U tabulky s pouze lesními plochami, kde nebyl proveden žádný těžební zásah, vyšly hodnoty u celkového množství biomasy s nejvýraznějším prediktorem *Openness* – rozsah porostních mezer přes 55 procent. Nejsilnějším prediktorem u celkového množství širokolistých bylin u téměř 20

procent byl také rozsah porostních mezer, kterými proniká světlo k zemi. U graminoidních bylin to bylo pro změnu difúzní záření – téměř 60 procent, což je pouze o několik procent více než v případě prediktoru *Openness*.

Tab. 4 – Přehled statistických závislostí porovnávaných proměnných za rok 2023 s omezením jen na 30 lesních kruhových zkusných ploch. Plochy, na kterých proběhl těžební zásah, do analýz nejsou zahrnuty.

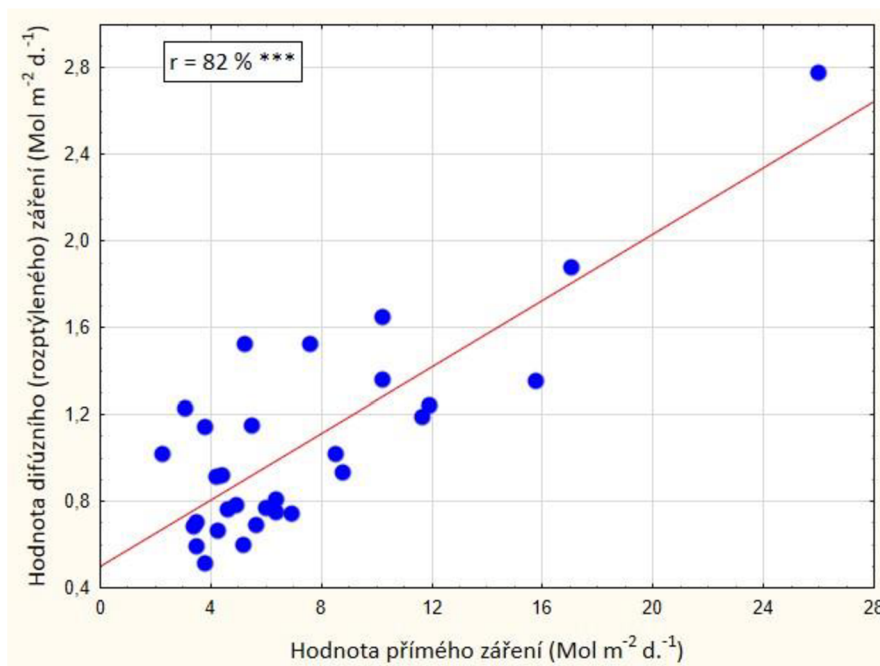
Proměnné		Statistická kritéria	
Závislá	Nezávislá	R ² (%)	P hodnota
Biomasa_celk	Přímé zář	43,3	<0,01
Biomasa_celk	Difúzní zář	52,2	<0,01
Biomasa_celk	Celkové zař	45,4	<0,01
Biomasa_celk	Relativní zář	46,0	<0,01
Biomasa_celk	Openness	55,2	<0,01
Biomasa_širokol	Přímé zář	15,1	0,06
Biomasa_širokol	Difúzní zář	14,4	0,09
Biomasa_širokol	Celkové zař	15,5	0,59
Biomasa_širokol	Relativní zář	16,4	0,054
Biomasa_širokol	Openness	19,4	0,086
Biomass_gramin	Přímé zář	44,5	<0,01
Biomass_gramin	Difúzní zář	59,7	<0,01
Biomass_gramin	Celkové zař	47,0	<0,01
Biomass_gramin	Relativní zář	46,6	<0,01
Biomass_gramin	Openness	56,5	<0,01

V tabulce 5 jsou vyjádřeny regresní analýzy se závislými proměnnými variačních koeficientů a nezávislými, které se nemění. U variačního koeficientu širokolistých bylin vyšly hodnoty *p-value* neprůkazné a z toho důvodu se neprováděla následná analýza. U variačního koeficientu celkové biomasy vyplynulo z tabulky, že největším prediktorem je rozsah porostních mezer tedy *Openness* s necelými 16 procenty, a to samé u variačního koeficientu graminoidních bylin jen s o něco větší intenzitou ovlivnění a to 23,2 procenty.

Tab. 5 – Přehled statistických závislostí porovnávaných proměnných za rok 2023 s omezením jen na 30 lesních kruhových zkušných ploch. Plochy, na kterých proběhl těžební zásah, do analýz nejsou zahrnuty. NS znamená neprůkazný model.

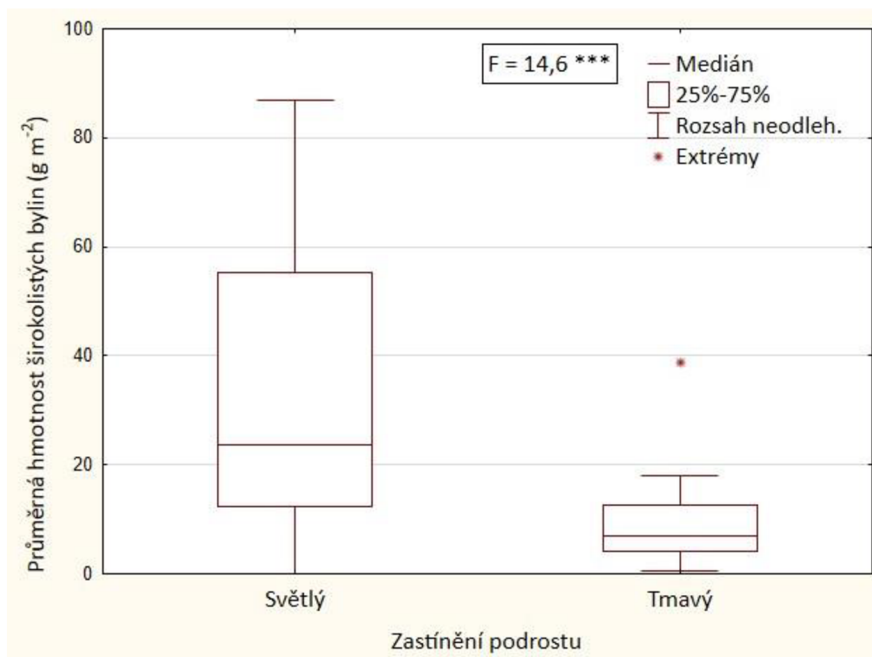
Proměnné		Statistická kritéria	
Závislá	Nezávislá	R ² (%)	P hodnota
Cv_celk	Přímé zář	14,6	0,037
Cv_celk	Difúzní zář	9,4	0,099
Cv_celk	Celkové zář	14,5	0,038
Cv_celk	Relativní zář	14,4	0,038
Cv_celk	Openness	15,8	0,03
Cv_širokol	Přímé zář	-	NS
Cv_širokol	Difúzní zář	-	NS
Cv_širokol	Celkové zář	-	NS
Cv_širokol	Relativní zář	-	NS
Cv_širokol	Openness	-	NS
Cv_gramin	Přímé zář	10,2	0,085
Cv_gramin	Difúzní zář	15,0	0,035
Cv_gramin	Celkové zář	10,9	0,075
Cv_gramin	Relativní zář	10,8	0,076
Cv_gramin	Openness	23,2	0,007

Bodový graf č. 1 prezentuje vzájemnou závislost přímého záření a rozptýleného záření pro rok 2023. Graf poukazuje na to, jaké byly světelné podmínky na experimentálních plochách. Na základě uspořádání jednotlivých bodů lze usoudit, že naměřené hodnoty projevují poměrně silnou lineární korelaci, což je podpořeno červeně vyznačenou trendovou linií. Pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy a výsledky F-testu lze vidět v levém horním rohu grafu.

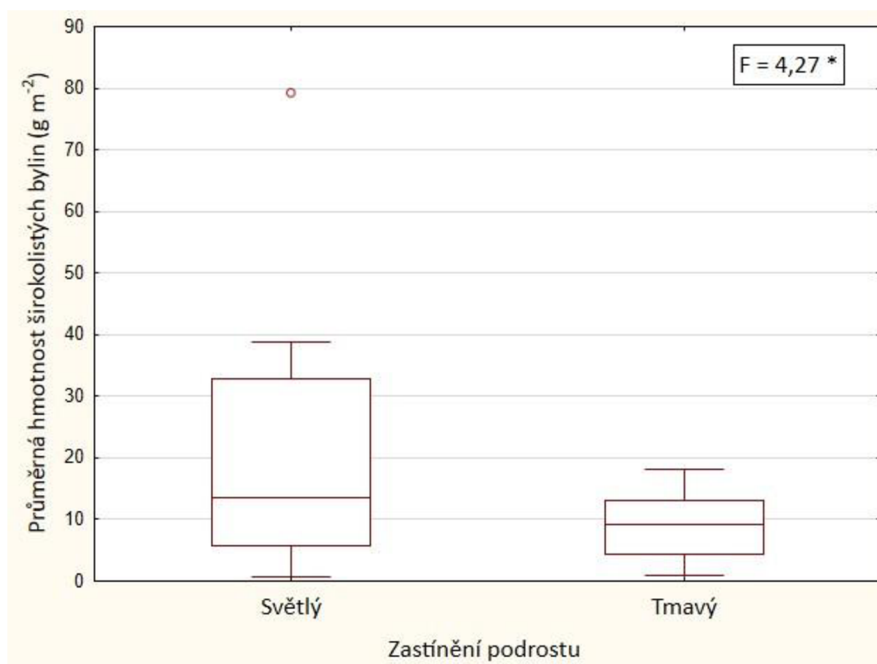


Graf 1 – Ukázka závislosti prediktorů přímého a difúzního záření z roku 2023. Zobrazeno je 40 trvalých zkusných ploch. Modré body zobrazují experimentální plochy. Červená přímka je lineární spojnicí trendu.

Rozdíly mezi světlými a stinnými porosty hodnotí následující krabicové grafy. *P-value* tedy nulové hypotézy jsou u každého grafu vyjádřeny hvězdičkou a platí: (* = 5–1 %, ** = 1–0,1 %, *** = <0,1 %). Pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy a výsledky F-testu lze vidět v pravém horním rohu grafů. Parametry pro všechny následující grafy jsou stejné. V grafu 2 jsou uvedeny v pravém horním rohu. Z prvního grafu můžeme vyvodit, že přírůst širokolistých bylin na světlých porostech je vyšší než v porostech tmavých. U grafu 3 omezeného pouze na lesní plochy platí to samé, pouze rozdíl je o něco menší.

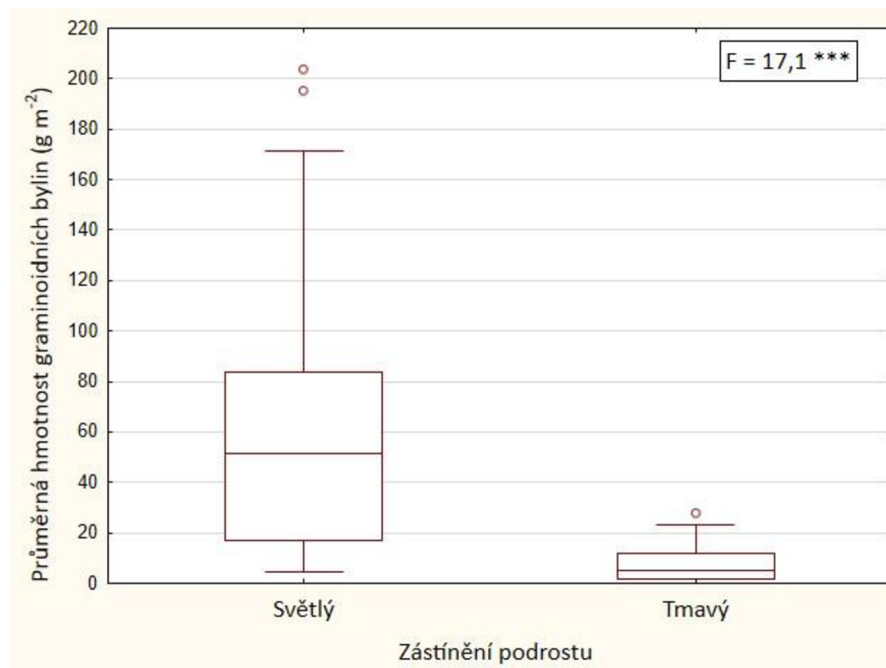


Graf 2 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost širokolistých bylin v závislosti na zastínění podrostu na 40 kruhových zkusných plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

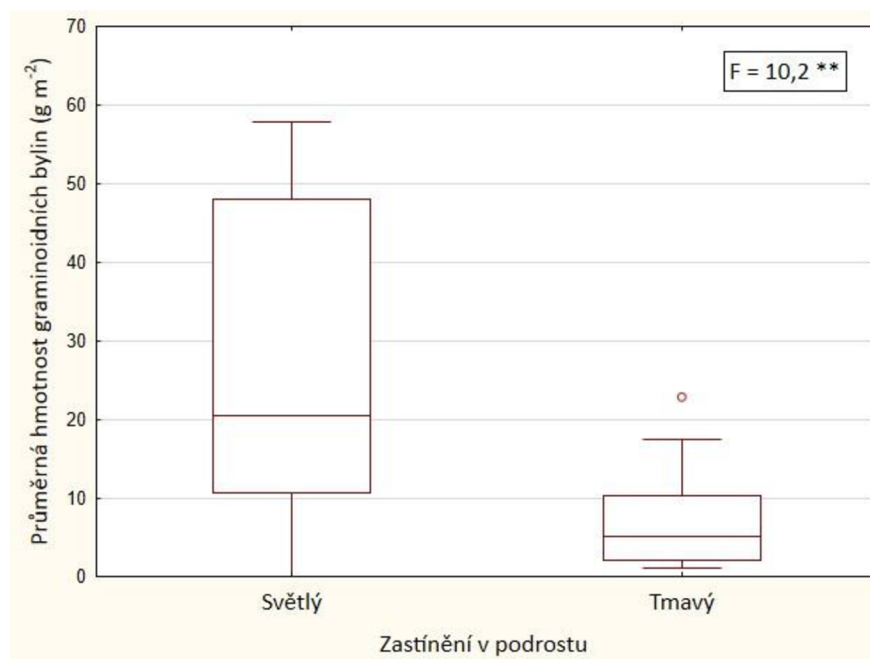


Graf 3 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost širokolistých bylin v závislosti na zastínění podrostu na 30 netěžených plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

Grafy na obrázcích 4 a 5 ukazují na průměrnou hmotnost graminoidních bylin v závislosti na zastínění podrostu a vykazují lepší růst u světlejších porostů s větším rozptylem u grafu číslo 5.

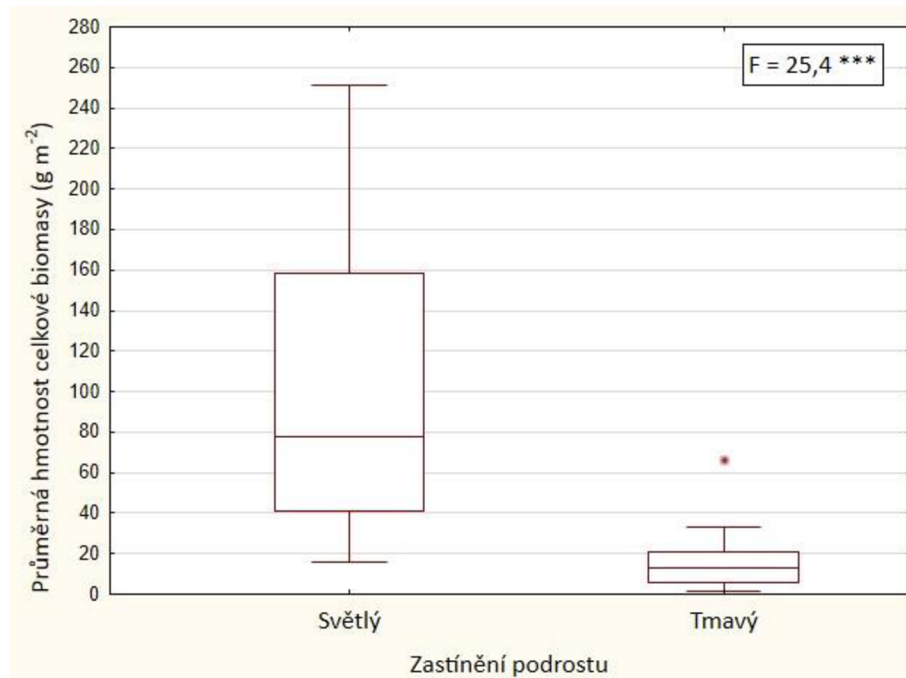


Graf 4 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost graminoidních bylin v závislosti na zastínění podrostu v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

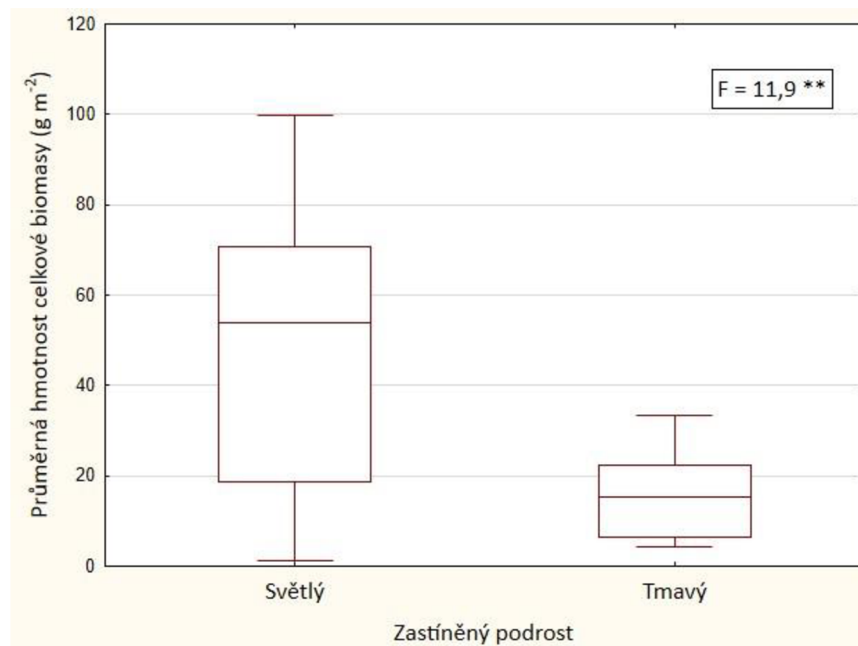


Graf 5 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost graminoidních bylin v závislosti na zastínění podrostu na 30 netěžených plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

Grafy na obrázcích 6 a 7 vyjadřují celkovou průměrnou hmotnost bylin v závislosti na zastínění podrostu. Oba grafy jsou statisticky průkazné a poukazují na větší růst biomasy ve světlých porostech oproti stinnějším.

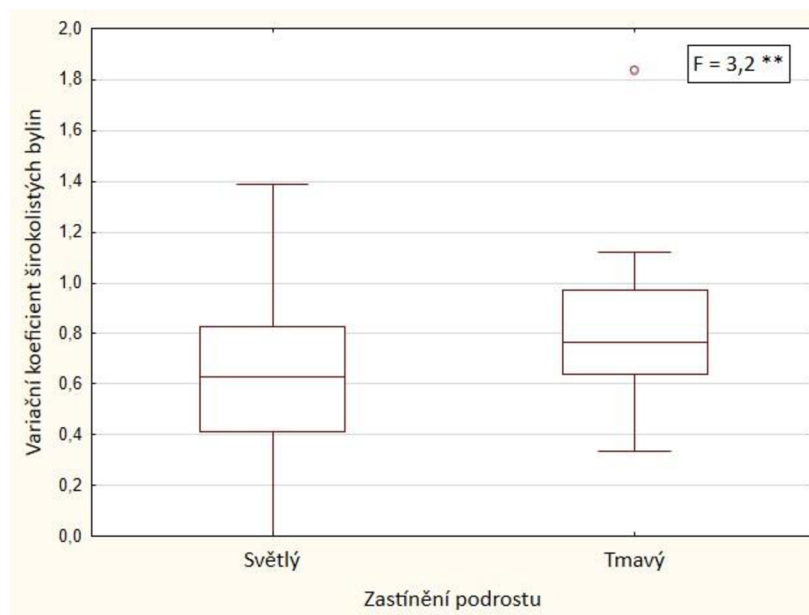


Graf 6 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost celkové biomasy v závislosti na zastínění podrostu na plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

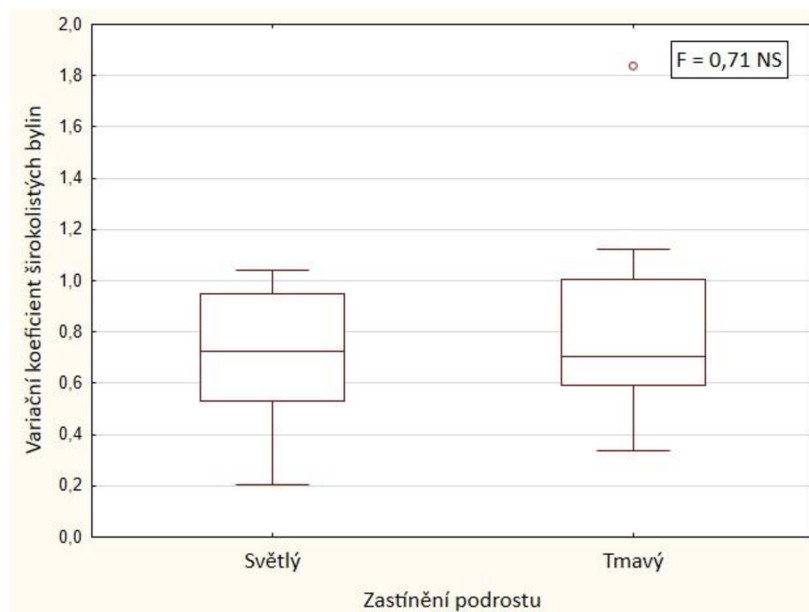


Graf 7 – Krabicový graf vyjadřující průměrnou hmotnost celkové biomasy v závislosti na zastínění podrostu na 30 netěžených plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

K další hypotézám byly použity opět krabicové grafy. Jedná se o grafy porovnávající variační koeficienty se zastíněním podrostu. Z grafu 8 variačního koeficientu širokolistých bylin v závislosti na zastínění v podrostu můžeme vyčíst, že v porostech stinnějších habitatů je koeficient variability o něco málo vyšší než u těch světlejších. U grafu 9 omezeného pouze na lesní plochy jsou si hodnoty velice podobné, ale jedná se o model statisticky neprůkazný.

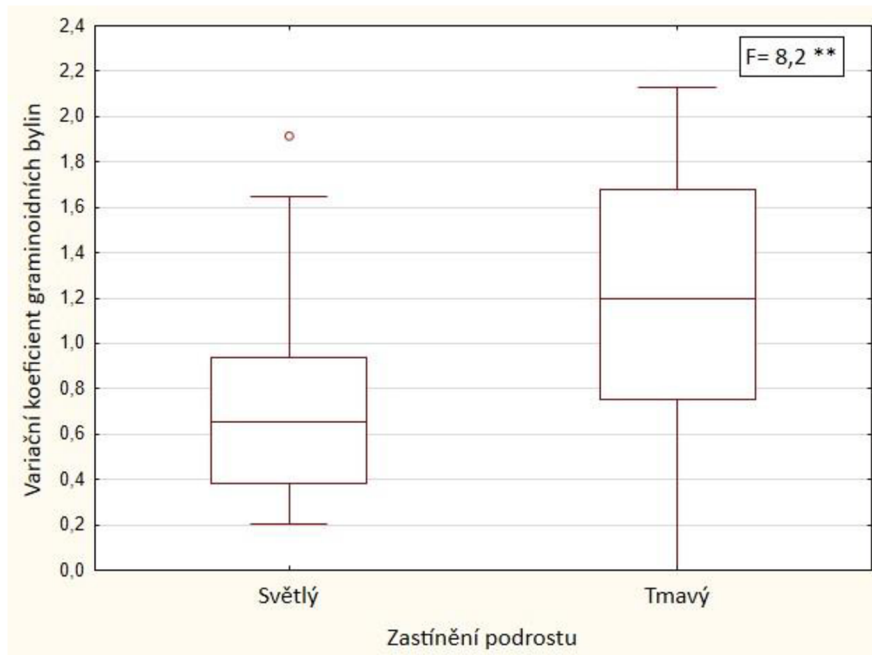


Graf 8 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient širokolistých bylin v závislosti na zastínění podrostu v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

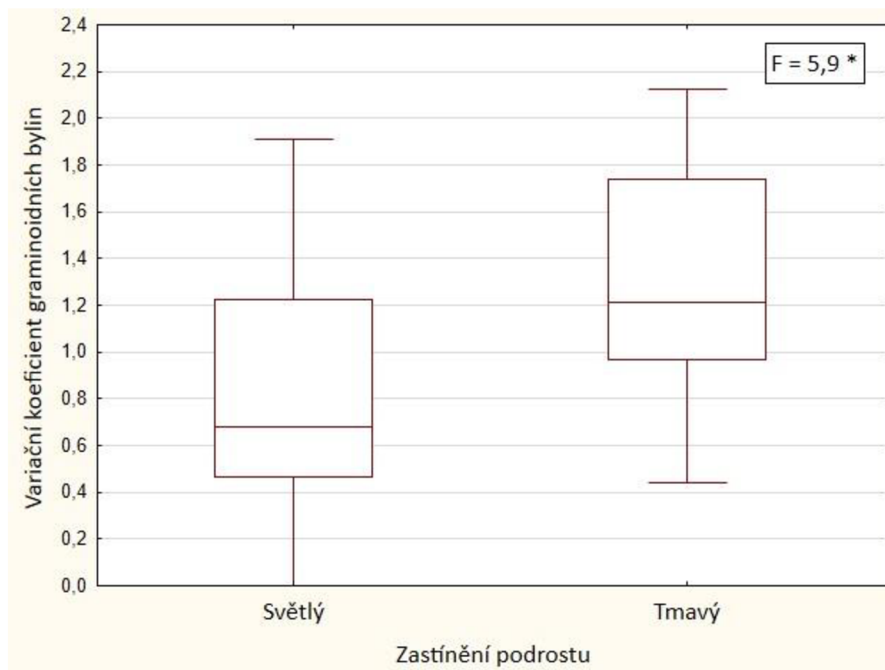


Graf 9 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient širokolistých bylin v závislosti na zastínění podrostu na 30 netěžených plochách v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

Z grafů 10 a 11 pouze lesních ploch lze vyvodit, že variační koeficient na stinnějších stanovištích je výrazně větší než na stanovištích prosvětlených. Jedná se však o statisticky neprůkazné modely.

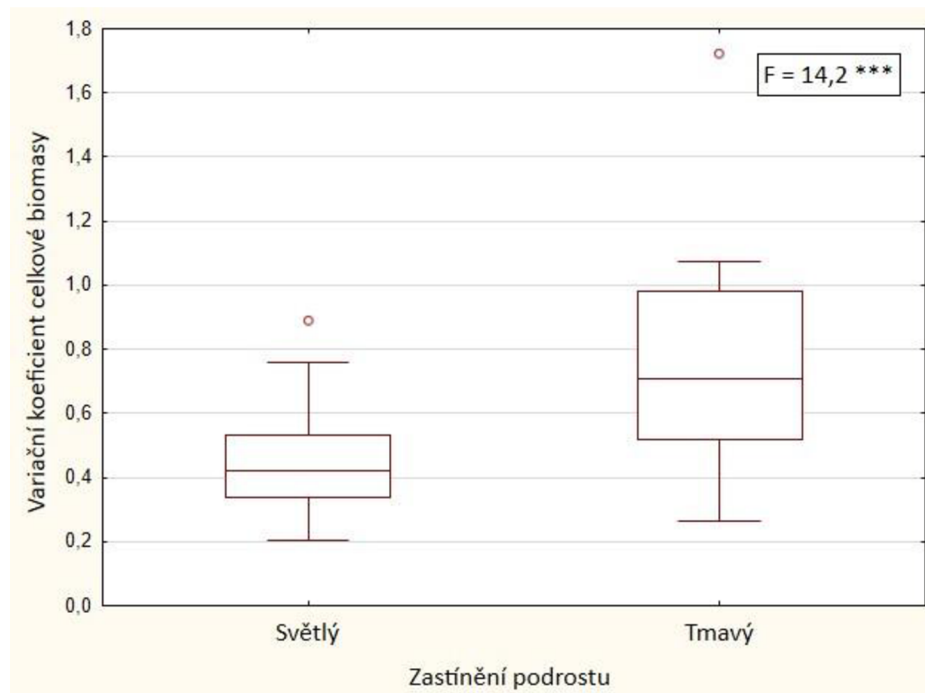


Graf 10 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient graminoidních bylin v závislosti na zastínění podrostu v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

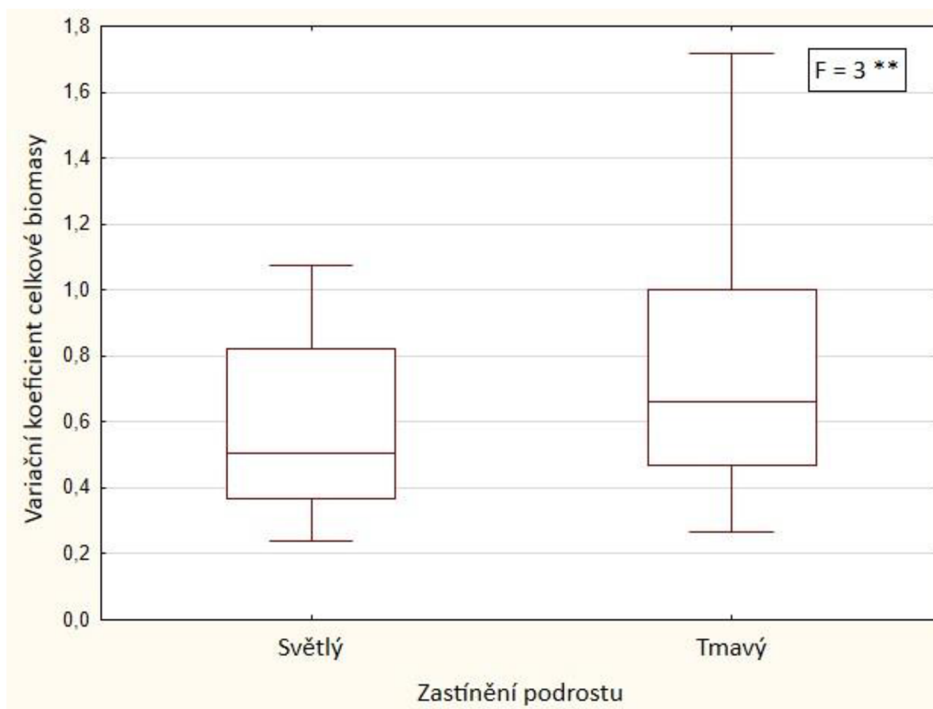


Graf 11 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient graminoidních bylin v závislosti na zastínění podrostu u 30 netěžených ploch v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

Grafy 12 a 13 zobrazují, že variační koeficient celkové biomasy je na stinnějších stanovištích výrazně větší než na místech prosvětlených.

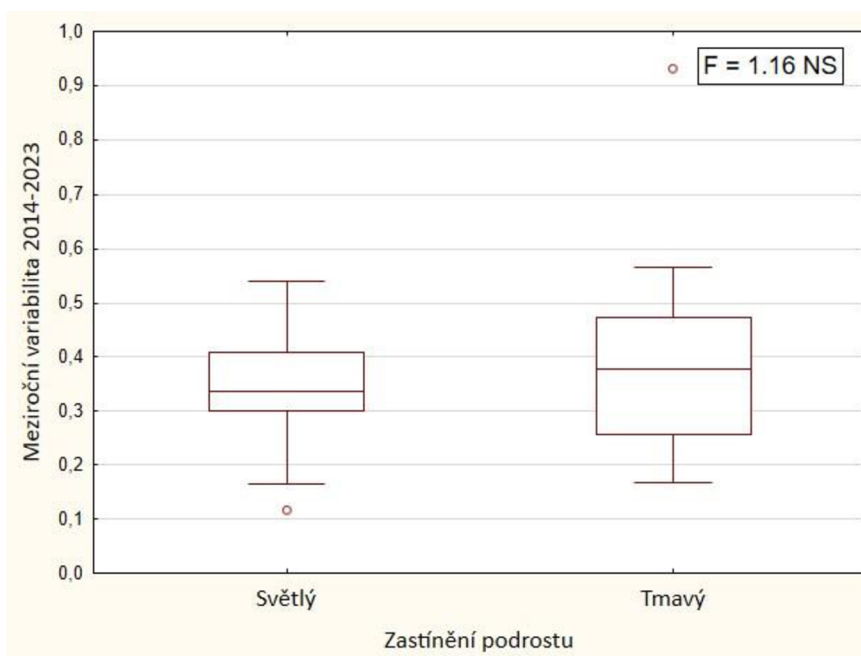


Graf 12 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient celkové biomasy v závislosti na zastínění podrostu v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

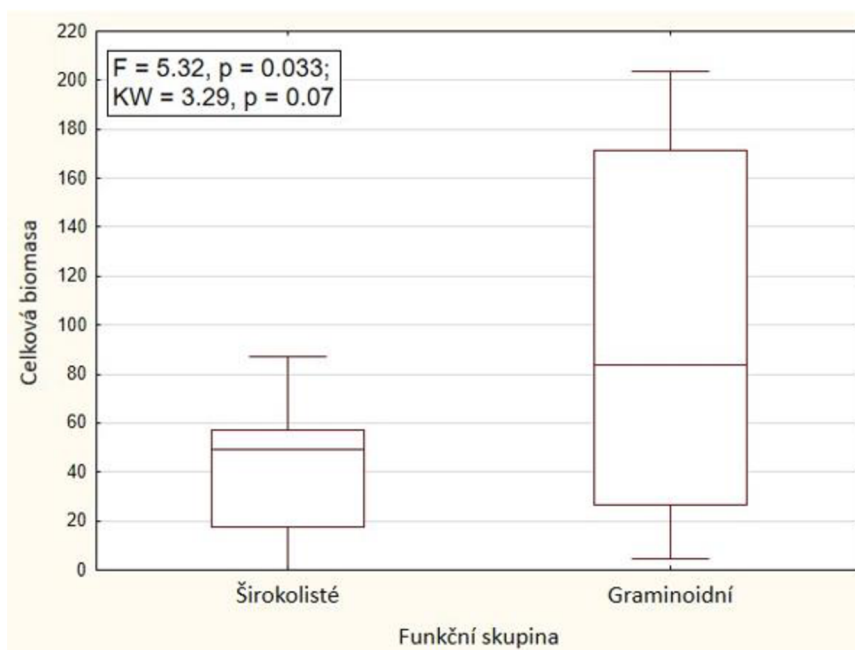


Graf 13 – Krabicový graf vyjadřující variační koeficient celkové biomasy v závislosti na zastínění podrostu u 30 lesních ploch v roce 2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty.

Graf 14 zobrazuje závislost meziročního koeficientu variability tvorby nadzemní biomasy mezi lety 2014–2023. Jedná se však o neprůkazný model. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. Z grafu 15 lze vyvodit, že hmotnost biomasy graminoidů je zhruba o třetinu vyšší, než kolik vyprodukuje širokolisté byliny.

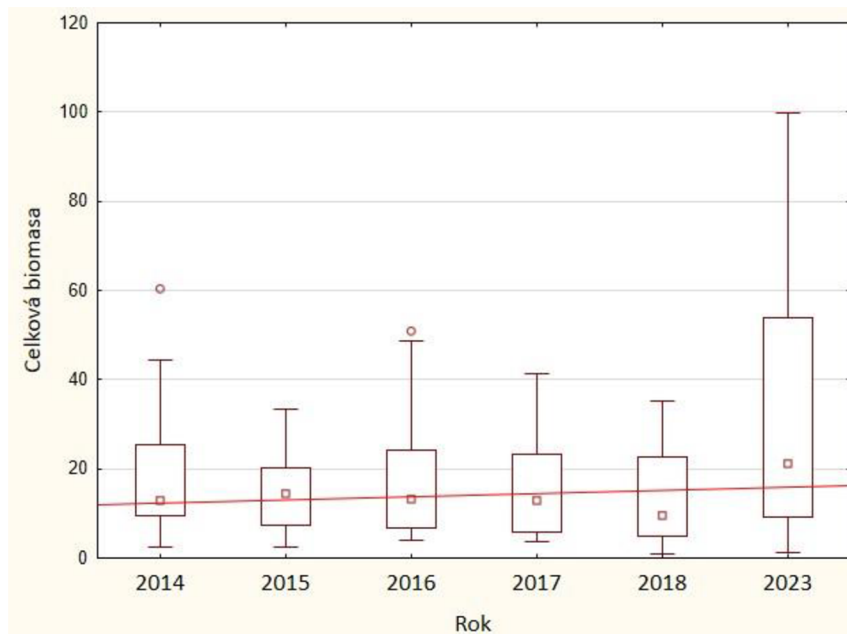


Graf 14 – Krabicový graf meziročního koeficientu variability vyprodukované biomasy v závislosti na zastínění podrostu v letech 2014–2023. Zkusné plochy jsou rozděleny na světlé a tmavé porosty. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch. (Zdroje dat: Mevald 2016, Špale 2017, Dudová 2018, Vachudová 2022, vlastní data).

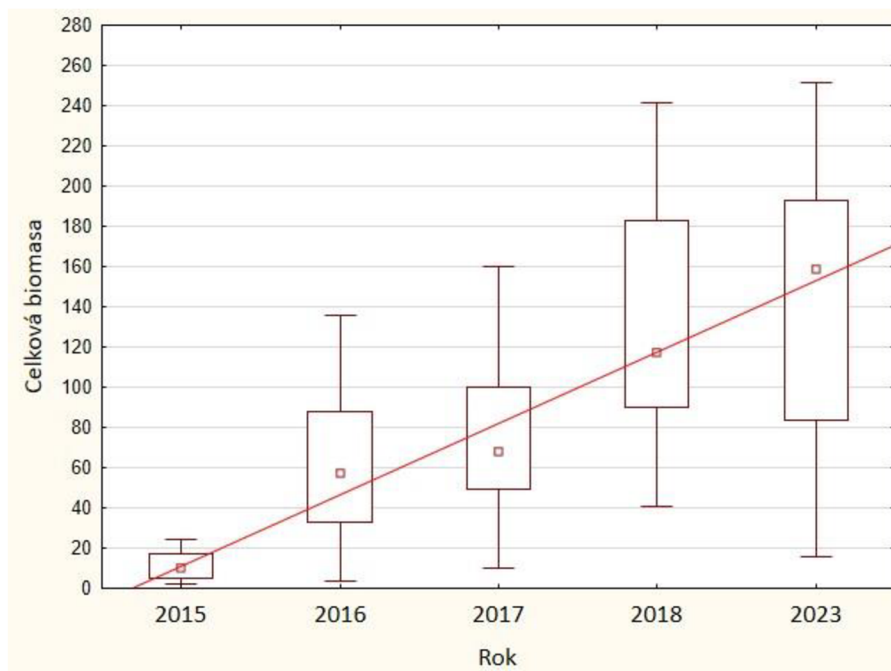


Graf 15 – Krabicový graf celkové biomasy v závislosti na funkční skupině širokolistých a graminoidních bylin za rok 2023. V grafu je zobrazeno všech 40 zkusných ploch.

Z grafu 16 lze vyvodit, že na lesních nevytěžených plochách dochází k nepatrnému nárůstu celkové biomasy v jednotlivých sezónách. Graf 17 ukazuje na silný lineární nárůst nadzemní biomasy na pasekách.



Graf 16 – Krabicový graf lesních 30 netěžených ploch, na kterých dochází k mírnému lineárnímu nárůstu celkové biomasy z šesti sezón mezi roky 2014–2023. Rozdíly mezi jednotlivými lety jsou statisticky významně odlišné ($F = 5,7 ***$). (Zdroje dat: Mevald 2016, Špale 2017, Dudová 2018, Vachudová 2022, vlastní data).



Graf 17 – Krabicový graf vytěžených pruhů čili pasek, na kterých dochází k lineárnímu nárůstu biomasy z pěti sezón mezi roky 2015–2023. Rozdíly mezi jednotlivými lety jsou statisticky významně odlišné ($F = 6,6 ***$). (Zdroje dat: Mevald 2016, Špale 2017, Dudová 2018, Vachudová 2022, vlastní data).

5. Diskuze

Výzkum, který se zabývá experimentální plochou v oblasti přírodní rezervace Na Voskopě, a který je předmětem této bakalářské práce, probíhá již několikátým rokem. První analýza produktivity biomasy bylinného patra zde proběhla již roku 2014. Vzájemné srovnávání dat současných s těmi z předešlých let vede k důležitým poznatkům, co se týče vlivu slunečního záření na růst bylin. V předešlých výzkumech byla odebraná biomasa hodnocena jako celek, bez funkční frakcionace na skupiny bylin. V mém pozorování byla poprvé celková biomasa ještě rozdělena na funkční skupiny graminoidních bylin a širokolistých bylin a vznikla tedy nová hypotéza, které bude v diskuzi také rozebrána.

Hlavním výsledkem, který se porovnává v jednotlivých sezónách výzkumu, je závislost produktivity bylinného patra na jednotlivých složkách slunečního záření. V roce 2014 (Špale 2017) byly dosažené výsledky rozdílné oproti následujícím výzkumům, protože sběr dat proběhl ještě v původním lesním porostu, těžební zásahy na experimentální ploše proběhly až v letech 2015 a 2016. V pokračujících sezónách po těžbě tak proniká k povrchu půdy mnohem více světla a bylinný podrost na to velmi dynamicky reaguje.

První hypotéza stanovuje, zda meziroční (čili mezisezónní) variabilita tvorby biomasy je vyšší ve světlejších místech porostu než v místech stinnějších. Tato hypotéza se nepotvrdila. Stejného výsledku, kdy tato hypotéza byla zamítnuta, dosáhli v předešlých sezónách Mevald (2016; meziroční variabilita pro roky 2014 a 2015) a Dudová (2018; meziroční variabilita pro roky 2014–2018).

Možnou příčinou absence signifikantních závislostí prostorové variability produkce biomasy ve zkoumané sezóně 2023 na světelných parametrech by mohl být vliv slunečních skvrn na proces tvorby biomasy v bylinném podrostu. V tmavších lesních částech reagují rostliny pravděpodobně citlivěji na pohyb těchto skvrn, což může vést k větší různorodosti v růstu biomasy. Mevald ve své práci v roce 2014 prokázal vyšší koeficient variability ve světlejších porostech oproti těm stinnějším, ale ze statistického hlediska se jedná o velmi nepatrný rozdíl (Mevald 2016). Pokud přihlídneme k výsledku neprůkazné meziroční variability na intenzitě světelného požitku, můžeme považovat naznačený mechanismus vlivu světelných skvrn za velmi silný, který v podstatě blokuje prostorové rozdíly v růstu rostlin mezi celkově světlejšími a tmavšími částmi porostu nejen v jedné sezóně, ale i v dlouhodobějším horizontu. Zde je ovšem na místě kriticky

doplnit, že rigorózní přijetí či zamítnutí diskutované hypotézy by vyžadovalo úpravu metodického postupu – tedy pořízení hemisférické fotografie nad každou dílčí ploškou (0,5 × 0,5 m) s odběrem biomasy. V takovém případě by se mohla prostorová variabilita ukázat jako více podmíněná zcela lokálními světelnými poměry (Hradilová 2010).

Druhou hypotézu předpokládající vyšší produktivitu graminoidních druhů oproti širokolistým bylinám na světelných místech jsme potvrdili. Hmotnost biomasy graminoidů je zhruba o třetinu vyšší, než kolik vyprodukuje širokolisté byliny.

Třetí hypotéza, zda na pasekách dochází k lineárnímu nárůstu vyprodukované nadzemní biomasy bylinného patra se potvrdila. Existuje přímý a lineární vztah mezi nadzemní biomasou bylinného patra a plochou pasek. U vytěžených pruhů čili pasek se projevuje velmi silný nárůst vyprodukované biomasy bylinného patra. Na pasekách se potvrdil vliv sukcesního vývoje. Po vytěžení plochy zde dochází k postupnému nárůstu množství dlouholetých bylin, naopak klesá podíl jednoletých bylin.

Na nevytěžených lesních plochách můžeme pozorovat mírný lineární nárůst vyprodukované biomasy. Může to být z části zapříčiněno klimatickou změnou – sucho v minulých letech způsobuje postupné odumírání stromového patra (zejména habry) celkově se tedy les na experimentální ploše postupně prosvětluje a na to reaguje pozitivně bylinné patro (vlastní pozorování).

Světlo je důležité pro větší růst nadzemní biomasy. V práci Makovcová (2008) konstatuje, že množství světla má vliv na podrost doubrav, přičemž se zmiňuje o významu orientace stanoviště na světové strany v lesích přírodní rezervace Baba (Mladoboleslavsko). To naznačuje, že je podstatné, v jaké části dne a po jakou dobu je světlo pro biomasu dostupné.

Hradilová (2010) ve své práci uvádí, že významným determinujícím faktorem prostředí je ve světlých doubravách v porostech poblíž Brna na malé škále světlo, které ovlivňuje druhové složení podrostu a jeho biodiverzitu. Došla k závěru, že ve stinných dubohabřinách se rostlinná společenstva v malém měřítku strukturují faktorem světla.

Z hlediska difúzního záření reagují podle Macek (2011) nejlépe druhy vyskytující se v bezlesí, dále jsou to druhy světlejších stanovišť, a hlavně travinné byliny a celkově teplomilné doubravy v Českém středohoří. Difúzní záření se dle jeho výsledků potvrdilo

s nejsilnější vazbou k diverzitě vegetace. Pro jednotlivé druhy vegetace bylo difúzní a celkové záření podobné. Nejsilnějším prediktorem v mé práci na celé experimentální ploše bylo difúzní záření u širokolistých bylin. U graminoidních druhů a celkové biomasy bylo reálné procento otevřené oblohy nad plochou nejsilnějším prediktorem, jen o několik procent silnějším než difúzní záření. U ploch omezených pouze na 30 lesních, které nebyly vytěženy, se jako nejsilnější nezávislá proměnná ukázala u graminoidních druhů difúzní záření. Celková biomasa a druhy širokolistých bylin měly nejsilnějším prediktorem reálné procento otevřené oblohy nad plochou. V roce 2018 Vachudová (2022) v závěru uvádí, že nejvíce růst biomasy ovlivnilo reálné procento otevřené oblohy nad plochou (proměnná *Openness*), tedy rozsah porostních mezer v korunovém zápoji. Druhým nejsilnějším prediktorem bylo v jejím případě difúzní záření. Můžeme vyvodit závěr, že tyto dvě proměnné mají na růst celkové biomasy největší podíl.

Hodnoty biomasy zjištěné v této práci byly oproti předchozím rokům spíše nadprůměrné, jeden z důvodů by mohl být vyšší přísun srážek v daném roce. Podle dat Českého hydrometeorologického ústavu pro rok 2023 byly úhrny srážek pro Středočeský kraj 607 mm (104 % z normálu 1991–2020). V roce 2015 z důvodu nízkých srážek pouze 459 mm došlo k silné defoliaci porostu. V roce 2018 dosáhly srážky dokonce nižších hodnot, a to 423 mm (Český hydrometeorologický ústav 2024).

Co se týče teploty, tak tato na území Středočeského kraje dosahovala pro rok 2023 průměrné hodnoty 10,4 °C. Tato teplota je o 1,4 °C vyšší ve srovnání s normálem 1991–2023, nicméně v kritickém období od dubna do června byly teploty podprůměrné a v období sběru biomasy dosahovala vegetace optimálního rozvoje. Pro porovnání v roce 2018 dosáhly teploty stejných hodnot a předchozí rok 2017 to bylo méně o 1,1 °C (Český hydrometeorologický ústav 2024).

Mohu konstatovat, že i přes tyto sezónní výkyvy v meteorologických podmínkách zůstávají lokální světelné poměry a pokračující sukcesní vývoj klíčové pro růst bylinného patra.

6. Závěr

Všechna zpracovaná a vyhodnocená data této práce pomohla k objasnění základních ekologických mechanismů teplomilných lesů a přinesla další cenné výsledky o experimentální ploše nacházející se na Na Voskopě v Českém krasu. Na experimentální ploše teplomilné doubravy proběhl už několikrát výzkum a tato práce navázala na výzkumy z předchozí let a dále rozšířila znalosti o lokalitě. Bylo potvrzeno, že světelné záření má vliv na dynamiku přírůstu bylinného patra v porostu tvaru středního lesa.

První hypotéza, že meziroční variabilita tvorby biomasy ve světlejších porostech je vyšší oproti porostům tmavším se nepotvrdila. Možnou příčinou absence signifikantních závislostí prostorové variability produkce biomasy ve zkoumané sezóně 2023 na světelných parametrech by mohl být vliv slunečních skvrn na proces tvorby biomasy v bylinném podrostu. V tmavších lesních částech reagují rostliny pravděpodobně citlivěji na pohyb těchto skvrn, což může vést k větší různorodosti v růstu biomasy.

Druhá hypotéza se jednoznačně potvrdila. Tou je skutečnost, že vyšší světelný přísun vede k vyšší podpoře graminoidních bylin v porovnání se širokolistými bylinami.

Potvrdilo se předpokládané zjištění, že těžební zásahy výrazně změnilly druhovou skladbu lesa a přísun světla na plochu byl náhle vyšší a na tento světelný puls reagovala bylinná vegetace vyšším nárůstem své biomasy. S tím souvisí třetí hypotéza, která potvrdila fakt, že na pasekách dochází k průkaznému lineárnímu nárůstu vyprodukované nadzemní biomasy bylinného patra.

V tomto výzkumu byla celková biomasa ještě dále rozdělována na samostatné skupiny graminoidních a širokolistých bylin. Závěrem lze říci, že pro další výzkumy by bylo vhodné nadále analyzovat zvlášť produktivitu obou těchto funkčních skupin rostlin.

7. Seznam použitých zdrojů

7.1. Literatura

Anonymus (2005): CHKO Český kras. – In: Ložek, V., Kubíková J., Špryňar P. a kol., *Chráněná území ČR, svazek XIII – Střední Čechy*, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, p. 605–684.

Anonymus (2023): *CHKO Český kras, bohatství Českého krasu, největšího krasového území v Čechách, můžete objevovat jak na povrchu, tak pod zemí – v jeho unikátních jeskyních*. – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.

Anonymus (2014): *Starobylé výmladkové lesy, jejich význam a udržitelnost v kulturní krajině*. Lesnická a dřevařská fakulta.

Culek, M., Grulich, V., Vlastůvka, Z. & Divíšek, J. (2013): *Biogeografické regiony České republiky* – Masarykova univerzita, Brno.

Daubenmire, R.F. (1948): *Plants and environment: A textbook of plant autecology*. – Core Historical Literature of Agriculture, New York: John Wiley, p. 422.

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

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].

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V. & Lustyk P. (2010): *Katalog biotopů České republiky* – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

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: 147–153.

Kimball S., Mattis. P and the GIMP Development Team (2008): *GIMP 2 – GNU Image Manipulation Program*.

Ložek, V. & Němec, J. (1996): *Chráněná území ČR 1*. - Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

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].

- Mevald, O. (2016): *Dynamika produktivity bylinného patra v teplomilné doubravě v Přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejnsko) v závislosti na intenzitě slunečního záření*. – Ms., 49 s. [Bakal. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa, FLD ČZU Praha].
- Moravec, J., Blažková, D., Hejný, S., Husová, M., Jeník, J., Kolbek, J., Krahulec, F., Krečmer, V., Kropáč, Z., Neuhäusl, R., Neuhäuslová-Novotná, Z., Rybníček, K., Rybníčková, E., Samek, V. & Štěpán, J. (1994): *Fytocenologie (Nauka o vegetaci)* Academia, Praha.
- Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team (2018): *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1–137.
- Poleno, Z. & Vacek, S. (2007): *Teoretická východiska pěstování lesů*. – Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- Prach, J., Mottl, J., Ložek, V., Hružová, L., Urban, T., Pojer, F. & Veselý, J. (2022): *Český kras – půlstoletí pod ochranou CHKO* – Ochrana přírody 14: 1–6.
- R Core Team (2021): R version 4.1.1., *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Regent Instruments (2012): *WinSCANOPY* – Canopy Structure and Solar Radiation Analytical Program.
- Rich, P. M. (1990): *Characterizing plant canopies with hemispherical photographs*.– Remote Sensing 5: 13–29
- Rubín, J. (2004): *Přírodní památky, rezervace a parky*. – Olympia, Praha, p. 186.
- Runkle, J.R. & Yetter, T.C. (1987): *Treefalls Revisited: Gap Dynamics in the Southern Appalachians* – Ecology 32: 417–424.
- Simon, J. & Vacek, S. (2008): *Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů*. – MZLU, Brno, p. 126.
- Skálová, H. (2004): *Jak rostliny mění světelné podmínky ve svém okolí*. Živa CLI: 201–203.
- Slavíková, J. (1986): *Ekologie rostlin*. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, p. 366.
- Stejskal, R. (2013): *Ohrožená fauna a flóra světlych lesů*. – Veronica 27: 30–31.
- Szábo, P. (2009): *Open woodland in Europe in the Mesolithic and in the Middle Ages: Can there be a connection?* Forest Ecology and Management 257: 2327–2330.
- 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 Voskop nature reserve in Český kras – a case study*. – Journal of Forest Science 60: 519–525.

Šimunek, O. (2003): *Stanovení systémové chyby měření a odhad celkové atmosférické depozice dusíku v letech 1994–2000 v centrální části CHKO Český kras – Bohemia centralis* 26: 73–84.

Špale V. (2017): *Vliv relativní sluneční ozářenosti na druhovou bohatost a produktivitu bylinného patra v teplomilné doubravě v přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejnsko) – Ms.*, 49 p. [Neobhájená bakal. práce, Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

Švihla, V. (2003): *Vliv stanovištních podmínek na růst buku (Fagus sylvatica) v Českém krasu – Bohemia centralis* 26: 85–95.

Vachudová, H. (2018): *Vývoj produktivity bylinného patra po provedení těžebního zásahu na experimentální ploše středního lesa v přírodní rezervaci Na Voskopě (Český kras) – Ms.*, 47 s. [Bakal. práce; depon. in: Katedra ekologie lesa FLD ČZU, Praha].

7.2. Legislativa

Vyhláška č. 298/2018 Sb., *Vyhláška o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů*. In: Sbírnka zákonů České republiky. 2018, částka 149, s. 5050–5073.

7.3. Internetové zdroje

ČHMÚ (2024): Historická data – Územní srážky v roce 2023. Dostupné z:
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky> [navštíveno dne 3.4.2024]

ČHMÚ (2024): Historická data – Územní teploty v roce 2023. Dostupné z:
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty> [navštíveno dne 3.4.2024]

8. Přílohy

Příloha 1: Tabulky primárních dat z roku 2023.

plot	type	X	Y	biomass_forb	biomass_gramin	biomass_total
1	cut	4,7	84,6	57,024	26,352	83,376
2	cut	26,3	83,7	62,272	83,76	146,032
3	cut	59,2	83,7	56,36	195,216	251,576
4	cut	86,5	83,7	86,864	83,688	170,552
5	cut	106,2	85,5	44,528	70,648	115,176
9	forest	85,5	110	28,16	45,296	73,456
6	forest	2,8	112,8	1,032	5,376	6,408
7	forest	26,3	110	12,072	10,16	22,232
8	forest	58,3	110	34,32	48,12	82,44
10	forest	106,2	110	38,912	27,672	66,584
11	forest	3,8	134,4	4,672	1,136	5,808
12	forest	32	135,3	13,464	10,632	24,096
13	forest	59,2	134,4	11,344	12,512	23,856
14	forest	80,8	136,3	79,232	20,576	99,808
15	forest	107,1	136,3	32,912	20,944	53,856
16	cut	1,9	161,7	17,328	4,736	22,064
17	cut	42,3	161,7	6,4	9,288	15,688
18	cut	62	160,7	18,96	203,352	222,312
19	cut	83,7	161,7	54,04	138,816	192,856
20	cut	108,1	160,7	0,04	171,616	171,656
21	forest	1,9	183,3	3,816	0	3,816
22	forest	34,8	182,3	3,264	1,664	4,928
23	forest	60,2	183,3	14,128	56,512	70,64
24	forest	86,5	182,3	5,048	5,224	10,272
25	forest	106,2	183,3	10,68	57,936	68,616
26	forest	1,9	206,8	0,584	0,704	1,288
27	forest	28,2	205,8	18,096	1	19,096
28	forest	56,4	204,9	4,472	4,56	9,032
29	forest	78	204,9	5,688	3,64	9,328
30	forest	103,4	206,8	13,08	2,136	15,216
31	forest	9,4	46,1	1,88	2,528	4,408
32	forest	32,9	29,1	14,48	13,872	28,352
33	forest	79,9	48,9	5,48	13,08	18,56
34	forest	137,2	114,7	13,24	17,52	30,76
35	forest	144,7	165,4	7,128	55,384	62,512
36	forest	138,2	134,4	18,032	15,368	33,4
37	forest	61,1	1,9	9,368	10,4	19,768
38	forest	17,9	255,7	8,072	3,36	11,432
39	forest	38,5	250	10,2	9,248	19,448
40	forest	106,2	241,6	9,264	22,944	32,208

plot	cv_forb	cv_gramin	cv_total	openness	direct_rad
1	0,66889	0,27734	0,41992	33,07	17,88
2	0,56326	0,2433	0,27834	50,84	27
3	0,70004	0,66793	0,42316	52,54	21,14
4	0,35275	0,75623	0,3383	59,12	33,73
5	0,75253	0,93465	0,3939	46,96	37,26
9	0,63802	0,67691	0,58108	25,46	7,61
6	1,11948	1,18287	1,00057	12,84	4,44
7	0,64043	1,73768	1,00677	12,85	3,81
8	0,45891	0,23022	0,23701	24,37	17,04
10	0,84185	0,83333	0,5341	22,26	5,23
11	1,12191	0,96706	0,75467	15,31	5,49
12	0,62165	1,22389	0,46394	14,22	8,53
13	1,03875	0,93913	0,88664	14,96	8,81
14	0,20354	1,91309	0,33746	18,42	15,78
15	0,36442	0,32026	0,31709	22,73	11,93
16	0,24097	1,64549	0,46967	19,2	7,8
17	0,78206	1,21343	0,7573	26,14	20,84
18	1,03518	0,4461	0,39949	57,76	21,54
19	1,38931	0,64392	0,55869	66,97	34,28
20	0	0,20523	0,20519	62,6	36,13
21	0,85137	0	0,85137	12,32	5,99
22	0,42484	1,24242	0,56709	16,71	4,92
23	0,53192	0,46305	0,42927	18,37	10,2
24	0,70375	1,38658	1,02212	11,25	4,28
25	0,53516	0,50987	0,36574	18,75	11,67
26	0,99916	1,51269	0,82119	9,44	6,93
27	1,83664	2,12603	1,71942	12,09	4,22
28	0,56075	1,18354	0,46695	10,33	4,63
29	0,72338	0,6754	0,50529	11,39	6,38
30	0,59105	1,21019	0,65665	8,61	5,18
31	0,93023	1,71001	0,96106	7,06	3,78
32	0,87837	0,72696	0,68017	13,86	10,23
33	0,9478	1,64305	1,07254	9,54	6,37
34	0,6923	0,59717	0,26488	16,6	2,27
35	1,02748	0,50759	0,5054	33,49	25,98
36	0,78469	1,15363	0,94386	15,31	3,07
37	1,00288	1,73954	0,63232	8,59	5,64
38	0,74626	1,73954	0,6619	7,96	3,39
39	0,33436	0,61348	0,38363	10,88	3,49
40	0,63501	0,44043	0,4617	7,74	3,48

plot	diffuse_rad	total_rad	rel_rad	shadyness_all	shadyness_forest
1	3,13	21,01	48,88	light	light
2	4,12	31,12	72,12	light	light
3	3,95	25,09	56,34	light	light
4	4,8	38,53	84,94	light	light
5	3,68	40,94	88,56	light	light
9	1,52	9,13	21,45	light	light
6	0,92	5,35	12,44	dark	dark
7	1,14	4,95	11,61	dark	dark
8	1,88	18,92	44,36	light	light
10	1,52	6,75	16,1	dark	light
11	1,15	6,64	15,44	dark	dark
12	1,02	9,56	22,52	light	light
13	0,93	9,74	22,8	light	light
14	1,35	17,14	40,17	light	light
15	1,24	13,17	31,28	light	light
16	1,31	9,12	21,21	light	light
17	2,64	23,47	52,98	light	light
18	4,23	25,77	58,92	light	light
19	5,06	39,34	90,13	light	light
20	4,47	40,6	94,9	light	light
21	0,77	6,77	15,93	dark	light
22	0,78	5,71	13,06	dark	dark
23	1,65	11,85	26,29	light	light
24	0,66	4,94	11,75	dark	dark
25	1,19	12,85	29,82	light	light
26	0,74	7,67	17	dark	light
27	0,91	5,13	12,08	dark	dark
28	0,76	5,39	12,75	dark	dark
29	0,75	7,12	16,11	dark	light
30	0,6	5,79	13,16	dark	dark
31	0,51	4,29	9,29	dark	dark
32	1,36	11,6	25,17	light	light
33	0,81	7,19	16,34	dark	light
34	1,02	3,29	7,85	dark	dark
35	2,78	28,76	67,18	light	light
36	1,23	4,29	10,07	dark	dark
37	0,69	6,33	13,97	dark	dark
38	0,68	4,07	9,39	dark	dark
39	0,7	4,19	9,25	dark	dark
40	0,59	4,07	8,82	dark	dark

Vysvětlivky k příloze 1: plot – identifikace ploch, type – charakter porostu = cut – paseka, forest – nevytěžené plochy, X a Y relativní geologické pozice, biomass_forb – průměrná hmotnost širokolistých bylin, biomass_gramin – průměrná hmotnost graminoidních bylin, biomass_total – průměrná hmotnost celkové biomasy; cv_forb – variační koeficient širokolistých bylin, cv_gramin – variační koeficient graminoidních bylin, cv_total – variační koeficient celkové biomasy, openness – procento reálné otevřené oblohy nad plochou, direct_rad – hodnota přímého záření; diffuse_rad – hodnota difúzního záření, total_rad – hodnota celkového záření, rel_rad – hodnota relativní ozářenosti, shadynes_all – všech 40 zkusných ploch, shadynes_forest – 30 netěžených ploch.