

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa

**Dynamika produktivity bylinného patra
v teplomilné doubravě v Přírodní rezervaci
Na Voskopě (Karlštejnsko) v závislosti na
intenzitě slunečního záření.**

Bakalářská práce

Autor: Ondřej Mevald

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

2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Dynamika produktivity bylinného patra v teplomilné doubravě v Přírodní rezervaci Na Voskopě (Karlštejsko) v závislosti na intenzitě slunečního záření“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Tomáše Černého, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne

.....

Ondřej Mevald

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval mému vedoucímu práce Mgr. Tomášovi Černému Ph. D. za poskytnutí odborných rad a cenných zkušeností, dále pak Mgr. Jaroslavu Mevaldovi za gramatickou korekci mého psaného projevu a PhDr. Radce Mevaldové za poskytnutí literárních pramenů pro zpracování rešerše.

Abstrakt

V Přírodní rezervaci Na Voskopě probíhá od roku 2013 experimentální výzkum zabývající se převodem dlouhodobě opuštěného středního lesa zpět na aktivní formu. Cílem projektu je dlouhodobě zkoumat dopad navrhovaných opatření na strukturu a diverzitu rostlinných druhů bylinného patra zejména ve světlejších lesích nižších poloh. Cílem této bakalářské práce bylo zkoumat klíčovou roli světelných podmínek na dynamiku tvorby biomasy bylin lesního podrostu v experimentálně prosvětlených teplomilných doubravách. Na založeném designu 40 trvalých zkusných ploch byly odebrány v pěti opakováních vzorky biomasy bylinného patra a zpracovány byly následně v laboratoři. Dále byly na plochách pořízeny hemisférické fotografie korunového zápoje. Pořízené fotografie byly vyhodnoceny v analytickém programu WinScanopy, kterým vypočítáme množství přímého a difúzního záření. Získané údaje byly vyhodnoceny regresní analýzou. Jedinou průkaznou proměnnou ovlivňující produktivitu bylinného patra bylo difúzní záření. Data byla též porovnána s hodnotami světelných poměrů získaných v sezóně 2014 v rámci probíhajícího experimentálního výzkumu. Sezóna 2014 měla normální průběh a podařilo se najít daleko silnější vztah mezi světelnými poměry porostu a produktivitou stanovenou v roce 2015. Světelné poměry v sezóně 2015 byly značně ovlivněny působením extrémních klimatických podmínek vedoucích k defoliaci korunového zápoje. Přesto se podařilo prokázat pozitivní vliv světelných podmínek na produkci biomasy bylinného patra. Extremita by rovněž mohla indikovat nárůst produkce biomasy v další sezóně, protože významný podíl živin zůstal nevyužitý v půdním prostředí z důvodu zastavení růstu vegetace. Aktuální skladba vegetace je právě často určována extrémními výkyvy abiotického prostředí. Hemisférické fotografie se též ukázaly jako velmi účinný způsob stanovení světelných podmínek, proto je rovněž doporučuji použít pro další výzkum.

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

Abstract

The Nature Reserve “Na Voskopě” is a special site where a long-term experiment was established in 2013, dealing with the switch of a long abandoned coppice back to its actively managed form. The project aims to examine the long-term impact of the proposed measures on the structure and diversity of plant species in herb layer especially in lighter woods at lower altitudes. The specific aim of this study was to examine the hypothesized crucial role of light conditions on the dynamics of plant biomass production in the undergrowth of such experimentally opened up thermophilous oak-dominated stand. A design was set up based on 40 permanent plots, where there were taken biomass samples from the herb layer in 2015. Further on, hemispherical images of forest canopy were photographed in the centre of each permanent plot. These images were evaluated in the analytical program WinScanopy, which calculates the amount of direct and diffuse radiation. The obtained datasets were evaluated by the regression analysis. The only decisive variable affecting the productivity of the herb layer turned to be diffuse radiation. The biomass data were also compared with light conditions sampled in the previous season (2014) as a part of ongoing experimental research. Season 2014 is characterized as a normal one and we managed to find a much stronger relationship between light conditions in 2014 and biomass productivity in 2015. Light conditions in season 2015 were significantly affected by the extremely dry and hot weather leading to strong defoliation of forest canopy. Still, we managed to demonstrate the positive impact of light conditions for the production of herb layer biomass. Weather extremes may also indicate an increase in biomass production in the next season, since a significant proportion of nutrients remained unused in the soil due to stopping the growth of vegetation. The current composition of the vegetation is very often determined by the extreme events in the abiotic environment occurring not long ago. Hemispherical images also proved as a very effective way to determine the light conditions, so it is also recommended to use for further research.

Keywords: herb layer, thermophilous oakwood, light conditions, productivity, biomass, dynamics, Český kras

Obsah

1. Úvod a literární rešerše	- 1 -
1.1 Úvod.....	- 1 -
1.2 Světlo jako abiotický faktor	- 2 -
1.3 Světlo jako produkční faktor	- 4 -
1.4 Pařezina a střední les	- 9 -
2. Charakteristika lokality	- 14 -
2.1 Český kras	- 14 -
2.1.1 Geomorfologické poměry	- 14 -
2.1.2 Hydrografické podmínky oblasti	- 14 -
2.1.3 Klimatické poměry	- 14 -
2.1.4 Geologické poměry	- 15 -
2.1.5 Pedologické poměry	- 15 -
2.1.6 Floristické poměry	- 16 -
2.1.7 Biogeografické poměry	- 16 -
2.2 Přírodní rezervace Na Voskopě	- 18 -
2.2.1 Geologické poměry	- 18 -
2.2.2 Květena.....	- 19 -
3. Metodika	- 20 -
3.1 Tvar ploch a jejich vyznačení v terénu	- 20 -
3.2 Sběr biomasy.....	- 21 -
3.3 Stanovení světelných podmínek pomocí hemisférických snímků	- 22 -
3.4 Statistické vyhodnocení dat.....	- 26 -
4. Výsledky	- 29 -
4.1 Vliv světla na množství biomasy	- 29 -

5. Diskuze	- 38 -
5.1 Metodický postup stanovení zápoje stromového patra	- 38 -
5.2 Vliv světla na produktivitu bylinného patra.....	- 39 -
5.3 Zhodnocení sezónní a meziroční variability produkce biomasy dle světlených podmínek.....	- 40 -
6. Závěr	- 42 -
7. Zdroje.....	- 43 -
7.2 Legislativa	- 45 -
7.1 Internetové zdroje.....	- 45 -
8. Příloha.....	- 46 -

1. Úvod a literární rešerše

1.1 Úvod

Tato práce je součástí dlouhodobého projektu iniciovaného pracovníky Katedry ekologie lesa na Lesnické fakultě České zemědělské univerzity v Praze. Projekt je situován na území Přírodní rezervace Na Voskopě a probíhá již od roku 2013. V minulosti byl zdejší porost mnohá staletí využíván hlavně jako zdroj palivového dříví a byl kácen v mladém věku cca 30–40 let, díky čemuž se se slabou dřevní hmotou dalo ještě snadno manipulovat. Umělé zalesnění se neprovádělo, protože se les sám obnovoval výmladky rostoucími z pařezů pokácených stromů. Těmto druhům porostu říkáme pařeziny nebo také nízký les. V průběhu času zde lidé nechávali při těžbě tzv. výstavky, převážně duby, které poskytovaly hodnotnější dřevní hmotu. Výstavky pak byly káceny podle potřeby a při mýcení spodního patra byly tyto dřeviny následně vysazovány. Nejčastěji vysazovanou dřevinou byl dub, méně pak modřín a borovice. Touto změnou hospodaření začaly vznikat různověké dvou a více etážové porosty, které nazýváme středními lesy. Vlivem pravidelného mýcení spodního patra se do lesních porostů dostávalo více světla a tím prospíval tento způsob hospodaření hlavně světlo a teplomilným druhům rostlin, živočichů a hub. Pozůstatky tohoto stylu hospodaření můžeme pozorovat zejména v severozápadní části Přírodní rezervace Na Voskopě. Zde se dají spatřit staré výstavky dubů vtroušené v habrové pařezině, která tvoří spodní patro porostu. Právě v dané lokalitě je umístěna experimentální plocha, která má za úkol simulovat návrat k tomuto způsobu hospodaření. Na ploše o výměře zhruba 2 ha dojde k postupnému mýcení porostů s následným ponecháním výstavků. V průběhu 30 let dojde k sérii zásahů, které budou monitorovány sítí zkusných ploch, na kterých je zachycen počáteční stav biotopů. Součástí experimentu jsou také kontrolní plochy v místech, kde nebudou prováděny žádné zásahy. Cílem experimentu je zjistit, jakým způsobem bude ekosystém reagovat na mýcení, zdali se docílí prosvětlení porostu a také dopad na vzácné druhy organismů. V neposlední řadě také zhodnocení výmladkového způsobu hospodaření z ekonomického hlediska za současných podmínek.

Mým úkolem je pozorovat a zaznamenat změny světelných podmínek v průběhu experimentu a jejich dopad na dynamiku produktivity bylinného patra. Toho docílím odběrem vzorků biomasy a pořízením hemisférických fotografií korunového zápoje na každé ploše. Následně statisticky vyhodnotím výsledky měření a porovná je s měřením z minulého roku, abych zjistil meziroční variabilitu.

Cílem této práce je také ověřit dvě pracovní hypotézy. Zaprvé je třeba zjistit, jestli zvýšení množství slunečního záření do bylinného patra má za následek vzrůst objemu nadzemní biomasy bylinného podrostu v původně stinnějších místech. Zadruhé je zapotřebí porovnat, zdali je meziroční variabilita tvorby nadzemní biomasy vyšší ve světlejších místech porostu než ve stinnějších.

1.2 Světlo jako abiotický faktor

Světlo je jedním ze základních ekologických faktorů, které určují diverzitu, druhové složení a v neposlední řadě i dynamiku produktivity lesního bylinného podrostu. V rozsahu vlnových délek 390–750 nm je intenzita slunečního záření sice největší, ale jako klimatogenní činitel se uplatňuje především ve vlnových délkách nad 1000 nm prostřednictvím infračervených paprsků coby tepla. Významnou složkou je pak i oblast viditelného záření v podobě světelného režimu, kterou zprostředkovává fotosynteticky aktivní záření (FAR) v rozsahu 400–700 nm.

Sluneční záření tedy představuje zdroj energie téměř pro všechny procesy na povrchu Země a v atmosféře. Zásadní význam pak představuje v rámci biosféry, kde ho považujeme za základní předpoklad koloběhu a transformace energie. Sluneční záření dopadající na zemský povrch pak můžeme dělit na několik hlavních složek. Jedná se především o přímé a difúzní záření, které je doplněno o záření odražené a tepelné vyzařování (Moravec et al., 1994).

Pro zelené rostliny je přítomnost světla jedním z nejdůležitějších faktorů pro schopnost fotosyntézy, která při absenci světla neprobíhá a naopak se stoupající hladinou světla se její intenzita zvyšuje. Existuje určitá hladina světelné intenzity, kterou nazýváme světelný kompenzačním bodem fotosyntézy. Tento bod představuje takovou hustotu fotosynteticky aktivního záření, při níž je množství asimilovaného oxidu uhličitého stejné, jako je jeho množství uvolněné respirací. V rámci

ekosystému je tedy význam fotosyntézy stěžejní. Určuje produktivitu ekosystému, rychlost tvorby biomasy, jakožto prvních článků potravních řetězců, a návazně na to potravní možnosti dalších článků potravních řetězců a současně rychlost toku energie ekosystémem, rychlost koloběhu živin a mnoho dalších. V rámci lesního hospodářství je na ní závislý hlavně přírůst, plodnost a regenerační schopnosti dřevin, která je ovlivňována hospodářskými způsoby, silou a charakterem výchovných zásahů. Je známo, že rostliny pro fotosyntézu využívají zhruba 2% z celkového množství záření dopadajícího na zemský povrch. Jedná se o už výše zmiňované fotosynteticky aktivní záření (FAR). Rostliny se dělí do tří hlavních skupin podle způsobu fixace CO₂ v průběhu fotosyntézy. Jedná se o C₃, C₄ a CAM rostliny. Od toho se odvíjejí nároky jednotlivých rostlin na záření, vodu a úroveň efektivity fotosyntézy. V oblasti mírného pásu se rostliny jedno i dvouděložné společně s dřevinami převážně řadí mezi C₃ rostliny, které mají zpravidla nižší nároky na záření, vodu a nižší efektivitu fotosyntézy. Samozřejmě světelné záření není jediným faktorem ovlivňujícím fotosyntézu (Slavíková, 1986).

Energie slunečního záření během pronikání do atmosféry je víceméně stálá – 8,4 J cm⁻² min⁻¹. Tato hodnota je označována jako sluneční zářivost nebo také solární konstanta. Distribuce této energie v rámci světelného režimu se pak odvíjí od střídání noci a dne a také na změnách postavení Slunce vůči Zemi v průběhu roku. Dalším z faktorů ovlivňující radiační režim je zeměpisná šířka. Od té se odvíjí poměr mezi přímým a difúzním zářením ovlivněným přibývajícím šikmostí dopadu slunečních paprsků i denní periodicita. Ta bývá nejpravidelnější v oblasti tropů, kde po dobu celého roku mají den a noc přibližně stejnou délku. Směrem k pólům se vlivem rotace Země kolem Slunce postupně mění denní periodicita radiace v závislosti na ročních obdobích. Z těchto poznatků tedy vyplývá, že konečná hodnota slunečního záření, které dopadá na určité místo, se odvíjí zejména od délky dne, úhlu dopadu slunečních paprsků a v neposlední řadě od průzračnosti atmosféry. (Moravec et al., 1994)

Obměna světelného režimu má svoje projevy nejvýraznější v lesních společenstvech s členitější vertikální strukturou. Podíl světla procházejícího korunami stromů a keřů je závislé na druhu dřeviny, stáří a stupni zápoje a u opadavých dřevin na fázi olistění. Jak jsem již zmiňoval, množství a složení spektra

pronikajícího světla ovlivňuje nejen fotosyntézu, ale i zmlazování dřevin i složení bylinného a mechového patra. Na povrch Země v průběhu dne dopadne sluneční záření o průměrném příkonu $0,254 \text{ kW m}^{-2}$. Světlo, které propouštějí listy, obsahuje výhradně vlnové délky kolem 500 nm a přes 800 nm, což je rozsah zelené až infračervené oblasti spektra. Bylinné a mechové patro proto roste v „zeleném“ či „červeno-zeleném“ stínu (Slavíková, 1986).

Podle sezonní periodicity fytoklimatu se lesní fytocenózy člení na dvě skupiny:

1. Izofytoklimatické fytocenózy, které mají světelné fytoklima bez podstatných výkyvů. Patří k nim neopadavé lesy.

2. Anizofytoklimatické fytocenózy, které se vyznačují výraznou sezonní periodicitou světelného fytoklimatu v závislosti na olistění dřevin (opadavé listnaté lesy).

V lesních porostech jsou velice významné i světelné rozdíly na malých prostorách, které jsou vyvolány průnikem slunečních paprsků korunami dřevin. Těm se říká sluneční skvrny, které během dne mění svoji polohu. To způsobuje světelný a teplotní neklid v podrostních patrech, který může vyvolat i změny ve složení bylinného patra. Díky těmto obměnám ve světelném režimu mohou v dané fytocenóze růst jak heliosciofyty, tak sciofyty (Moravec et al., 1994).

1.3 Světlo jako produkční faktor

Minimální intenzita záření nezbytná pro plynulý průběh životních pochodů rostlin a dřevin je definována už zmíněným kompenzačním bodem fotosyntézy. V tomto případě je tedy čistý příjem fotosyntetizujícího jedince primární produkce nulový. Pokud tedy bereme v potaz tuto skutečnost, pro přežití autotrofního organismu se musí úroveň ozáření pohybovat v průměru nad tímto kompenzačním bodem a celková denní produkce tedy musí kompenzovat denní i noční výdaje na dýchání. Existuje určitá minimální hodnota záření, při které mohou některé rostliny ještě vegetovat. Tato hodnota je rozdílná pro skupiny rostlin podle jejich adaptace ke slunečnímu záření. U sciofytů to bývá cca $2,5 \text{ W m}^{-2}$ (asi 250 lx) a heliofyty vyžadují přibližně $9\text{--}20 \text{ W m}^{-2}$ (asi 880–2000 lx). Hodnota kompenzačního bodu se nemění

pouze podle určitého druhu rostliny či dřeviny, ale také podle jejího vývinu, stádia zralosti konkrétního asimilačního orgánu a rovněž podle působení ostatních faktorů prostředí (www3).

Existují různé příčiny, které způsobují nedostatečné využívání radiační energie v rámci primární produkce. Jedná se především o odraz a procházení záření přes listy, dále pokles fotosyntézy při vysokých hladinách slunečního záření nebo nutnost kompenzace vyšších tepelných účinků dýcháním. Další příčinou může být nedostatečná hladiny vlhkosti vzduchu a tlaku či nízká koncentrace CO₂ v atmosféře. V neposlední řadě na to může mít vliv i vyšší podíl neasimilujících pletiv (Slavíková, 1986).

Využívání sluneční energie je často závislé i na struktuře ekosystémů a na prostorovém uspořádání asimilačních orgánů. Rozhodující význam v zachycování a efektivitě využití radiační energie hraje jak poloha a orientace asimilačních aparátů, tak jejich prostorové uspořádání a hustota. Asimilační orgány jsou schopny zachycovat takovou intenzitu záření, které klesá ve vertikálním směru. To vysvětluje Lambert–Beerův zákon, jenž matematicky vyjadřuje absorpci elektromagnetického záření, která závisí na vlastnostech materiálu, přes který záření prochází. V oblasti opadavých lesů mírného pásu je proto v průběhu vegetační sezóny intenzita záření postupnou foliací porostu snížena na 10–20 % záření volně plochy, kdežto po zbytek roku vzroste průnik až na 50–70 %. Míru potenciálního využití radiační energie porostem dřevin můžeme vyjádřit několika způsoby. V lesnictví v rámci základních údajů o daném porostu narazíme na ukazatele hustoty porostu, jako je zakmenění a zápoj (www3).

Zakmenění porostu je tedy relativní míra využití růstového prostředí daného porostu. Udává nám stupeň využití produkčního prostoru stromy. Z dendrometrického hlediska se jedná o poměr skutečné hodnoty porostní veličiny (počet stromů, kruhová základna nebo zásoba) na 1 ha a normované hodnoty těchto porostních veličin na základě růstového modelu pro dané stanovištní podmínky. Zápoj nám zprostředkovává údaj o vzájemném kontaktu a prolínání korun v lesním porostu. Je definovaný jako podíl plochy korunových projekcí stromů k výměře celého porostu a je vyjádřen v procentech. Zjišťovat ho můžeme různými způsoby. Nejpoužívanější je vizuální odhad přímo v porostu nebo pomocí leteckých snímků,

kde jsou možné dvě varianty. Buď vizuální odhad, nebo použití čtvercové bodové sítě, která se aplikuje obvykle na zkusných plochách v různých částech porostu. Míra korunového zápoje se potom rovná podílu počtu bodů, které jsme zaznamenali jako koruny stromů, a celkového počtu bodů odpovídajících rozměrům zvolené plochy. Můžeme ho znázornit například v půdorysu korunovou projekcí. Jedná se tedy o poměr korunových projekcí a celkové plochy daného lesního porostu. (Šmelko, 2000)

V rámci ekologie se však jako směrodatnější hledisko používá pojem listová pokrývnost. Ta vyjadřuje poměr plochy asimilačních orgánů a dané plochy porostu. Označujeme ji jako LAI neboli index listové plochy (*leaf area index*). Tuto veličinu můžeme, stejně jako zápoj, kvantifikovat pro jednotlivé vrstvy, patra nebo etáže ekosystémů.

Dynamika lesních ekosystémů je důsledkem sezónních změn ve světelném režimu. Ty jsou spjaté s proměnlivou vzdáleností od Slunce a náklonem zemské osy, resp. roční dobou a zeměpisnou šířkou. Velice výrazné sezónní změny můžeme pozorovat například v přízemních vrstvách opadavého listnatého lesa, kde v důsledku plného oslunění půdy v předjarním a jarním období začínají růst rostliny tzv. jarního aspektu. Většina těchto rostlin dokončuje svůj vývoj ještě před kompletním zapojením korunové vrstvy stromového patra.

Nutno podotknout, že tok sluneční energie je pouze jednosměrný, na rozdíl od živin, které jsou rostlinnou složkou ekosystému účinně recyklovány. energii tedy nelze využívat opakovaně, postupně tedy podléhá degradaci až na tepelnou energii. Ta se chová a řídí termodynamickými zákony. Samotné fungování ekosystémů je založeno na přeměnách energie, stejně tak na její distribuci mezi jednotlivými složkami. V důsledku každé přeměny tak dochází ke vzniku tepelné energie, a proto je příkon radiační energie ze Slunce nezbytný (www2).

Již bylo řečeno, že rostlinný kryt využívá pro fotosyntézu pouze malou část z energie slunečního záření dopadajícího na povrch Země. Ještě menší část se však objevuje v primární produkci rostlinného pokryvu. Veškerá energie, kterou jsou rostliny schopny poutat během procesu fotosyntézy za vymezený časový úsek, je považována za hrubou fotosyntetickou produkci rostlin. Odečteme-li za stejný časový úsek energii, kterou rostliny spotřebují na procesy spojené s metabolismem,

převážně respiraci a růst rostlin, dostaneme hodnotu čisté primární produkce. Budeme-li brát v úvahu ekologické hledisko, jako nejkratší směrodatný úsek se nám nabízí 24 hodin s fotosyntetickým cyklem převažujícím během dne a respiračním cyklem během noci. Okamžité množství energie, která je obsažena v rostlinné hmotě nebo její hmotnostní ekvivalent, označujeme jako rostlinnou biomasu nebo také fytomasu. V rámci rostlinných společenstev ji nejčastěji vztahujeme k jednotce povrchu půdy nebo vody. Součástí fytomasy jsou jak veškerá živá pletiva, tak i pletiva odumřelá, ale pouze do té doby, dokud jsou funkční (např. cévy v xylému). Rostlinná hmota, která je již nefunkční, je označována podle jejího stupně rozkladu jako souš a suchý klest, v lesních porostech, nebo jako stařinu, v bylinných porostech. Dále sem řadíme také opad a detrit. Energie obsažená se odvíjí od chemického složení rostlinného materiálu. Při výpočtech ve změnách fytomasy tedy do čisté primární produkce rostlinných společenstev zahrnujeme i každodenní přírůstky navýšené o každodenní opad. V praxi se tyto hodnoty odhadují jako průměry, které se vypočtou z rozdílu hmotností živé rostlinné hmoty a čerstvě odumřelé, zjišťované v intervalech několika dnů až týdnů. Roční přírůst rostlinné biomasy ve fytocenóze tedy představuje celoroční bilanci mezi souhrnnou čistou primární produkcí a její spotřebou na opad a na ztráty, které vznikají mechanickým poškozením rostlin. Eventuální sklizeň částí rostlin, jež se dají hospodářsky využít, pak člověk odebírá z ročního přebytku této produkce při stavu kladné bilance. Nadbytek produkce organické hmoty nad její spotřebou v rostlinných společenstvech vzniká převážně v počátečních až středních stádiích sukcese, zejména pak v sukcesi sekundární. V klimaxových fázích či fázích blízkých klimaxu zaznamenáváme pouze nepatrné nebo dokonce žádné rozdíly mezi objemem vytvořené rostlinné hmoty a hmoty rozložené nebo spotřebované. Z toho vyplývá, že v těchto klimaxových fytocenózách je prakticky veškerá roční čistá primární produkce součástí opadu nebo je spotřebována jednotlivými živočichy, houbami a mikroorganismy. U rozdílných typů rostlinných společenstev můžeme pozorovat velké rozdíly mezi objemem čisté primární produkce za rok a stálé zásobě fytomasy, která je ve fytocenóze přítomna i mimo vegetační dobu. V suchozemských klimaxových společenstvech, která jsou tvořena vytrvalými bylinami či dřevinami, je tato energetická zásoba vytvářena v podobě živé, odumřelé a nerozložené organické hmoty. Na tuto zásobu můžeme

pohlížet jako na pomyslnou záruku stability rostlinného společenství při různých změnách vnějšího prostředí, nebo na základní kameny případné obnovy po narušení nějakou silnější disturbancí. U lesních společenství je tato zásoba většinou uskladněna v dřevní hmotě, ale je také přítomna v opadance a půdním humusu. Obdobně je uzpůsobena většina fytoceenóz vytrvalých bylin, které nejdůležitější a pohotově dostupnou energii skladují v zásobních látkách obsažených výhradně v podzemních vytrvalých orgánech. V případě fytoceenóz, které jsou limitovány nedostatkem minerálních živin (oligotrofní stanoviště), je valná většina odumřelé rostlinné hmoty prakticky nastálo pevně vázána v surovém humusu, který se zde hromadí, anebo v rašelině.

Vysoká produkce převážné části našich rostlinných společenstev je dána především příznivým počasím v období cca od 15. 5. do 15. 7. s dlouhými dny, během kterých asimilační plocha rostlin, které zachycují dopadající sluneční záření, zpravidla dosahuje maxima. Tuto plochu měříme již zmiňovaným indexem listové plochy. Během tohoto období také značné množství druhů našich cévnatých rostlin investuje významnou část z asimilovaných látek do tvorby dalších fotosynteticky aktivních orgánů. Pravdou však zůstává, že i při ideálních podmínkách je primární produkce a efektivita využívání slunečního záření obvykle o dost nižší než hodnoty, které charakterizují tzv. potenciální čistou primární produkci pro určitou oblast. Jedná se o produkci, kterou by dosahoval zapojený porost vitálních rostlin bez významnějších vnitřních omezení procesu produkce a za dobrého zásobování vodou a dalšími minerálními živinami. Relativní účinnost spojená s využitím globálního záření, které dopadá na zemský povrch, pro čistou primární produkci rostlin činí asi 5 % a u fotosynteticky aktivního záření se jedná asi o 10 %. Významným faktorem pro vyjasnění rozdílu mezi skutečnou a potenciální primární produkcí jsou změny vertikální struktury porostů v čase a s ní spojený záchyt (intercepce) dopadajícího záření v průběhu vegetačního období.

Shrneme-li tyto poznatky, můžeme říci, že se čistá primární produkce rostlinstva rozrůžňuje podle omezení různých faktorů prostředí. Pro rostliny je každé vyrovnání některého z limitujících hledisek, jako např. vytváření chráněných trvalých orgánů, které přečkávají nepříznivá období, a v neposlední řadě také pohlavní rozmnožování, výdejem energie (Moravec et al., 1994).

1.4 Pařezina a střední les

V této části práce bych rád věnoval prostor pojmům pařezina a střední les. V současné době se v rámci hospodářské úpravy lesa s těmito výrazy jen málokdy setkáváme, považuji za zásadní pro čtenáře mé práce, aby tyto dva termíny jasně odlišili a byli je schopni uchopit.

Nejdříve se tedy blíže podíváme na pojem pařezina. Tento tvar lesa, jak ho popisuje Korpeľ et al. (1991), se v minulosti vyskytoval na podstatné části našeho území a byl úzce spjat s výskytem člověka. Byly vytvářeny hlavně v blízkosti pastvin, kde se pásala hospodářská zvířata. Ve střední Evropě byly přítomné několik desítek tisíc let a jejich vznik mohl zasahovat pravděpodobně až do období neolitu. V současné době však jejich zastoupení zaujímá pouze 0,3 % z rozlohy našich lesů.

Pařezina nebo také les nízký jsou podmíněné schopností dřevin zmlazovat. Ze zárodečných pupenů na kořenech, kmenech či větvích jsou schopny stromy, po působení disturbance, vytvářet pařezové výmladky nebo také v menší míře výmladky kořenové. Výmladková schopnost se u jednotlivých druhů dřevin liší. Mezi dřeviny vhodné pro pěstování výmladkového lesa v Evropě řadíme zejména duby, habr obecný, jasan ztepilý, lípy, lísku obecnou, javory nebo kaštanovník setý. Méně často se setkáváme s pařezem olší nebo bříz. Po těžbě tedy následující rok můžeme pozorovat v různé intenzitě tvoření výmladků na pařezech. Stromy, které z těchto výmladků vyrostou, se sice nemohou rovnat normálně rostlým jedincům, ale předčí je ve svém počtu a možnosti brzkého opětovného vytěžení. Nutno podotknout, že výmladkovou schopností jsou vybaveny pouze listnaté dřeviny v našich zeměpisných šířkách. V pařezinách můžeme sledovat vznik tzv. polykormonů, které jsou pro ně typické. Tyto útvary představují růstovou formu dřevin s několika oddělenými nadzemními částmi, které ale ve skutečnosti vyrůstají z jediného podzemního systému. Jedná se tedy o klony, které mají stejný genetický základ a vznikají v reakci na různé vlivy okolního prostředí např. těžbu. Ta by v pařezinách měla probíhat v době vegetačního klidu tak, že jsou jednotlivé stromy setnuty nejlépe co nejbliže u země. V následujícím vegetačním období pak automaticky začne proces zmlazení. Do stáří zhruba 40 let je růst těchto dřevin velice intenzivní díky zásobním látkám, které jsou nahromaděné v kořenech. Výmladky z pařeziny se nejčastěji využívaly jako palivové dříví. Sloužily však i k jiným účelům, například k výrobě dřevěného

uhlí, dřevěných nástrojů (násad nebo holí), kůlů, tyček, sloupků, košťat, proutěných a řezbářských výrobků atd. Je známo, že tento velice vitální způsob růstu se po několika generacích oslabuje a z tohoto důvodu začali lidé v pařezinách ponechávat určitý podíl stromů semenného původu. Po provedené těžbě pak zanechávali stát vybrané dospělé jedince, jako takzvané výstavky, z jejichž semen postupně vyrůstaly další nové stromy. Prodejem těchto výstavků se tedy v určitých situacích mohl vylepšit ekonomický stav hospodaření (www1).

V dnešní době pařeziny řadíme k prakticky zapomenutým formám pěstování lesa. Do dnešní doby se většina z nich dochovala ve formě tzv. předržených pařezin, které jsou povětšinou postupně převedeny na klasický vysoký les nebo jsou ponechány bez zásahu. Důvody spjaté s tímto trendem byly hlavně v odklonu poptávky po palivovém dříví a jeho náhradou fosilními palivy. Tato změna však v poslední době vyvolává nevoli u biologů či ekologů, kteří argumentují tím, že pro zvýšení biodiverzity v současných vysokých lesích je nutná změna hospodaření.

Důvody proč pokračovat v pěstování pařezin a obnovit tak tuto tradici shrnuje Fuller & Warren (1993). Jako první zmiňuje fakt, že řada lesních druhů a živočichů je svým výskytem vázána na starodávné lesy s dlouhou historií pařezení v průběhu stovek let. Svým přizpůsobením k tomuto typu hospodářského managementu můžeme předpokládat, že se jim v tomto prostředí bude dařit i v budoucnu. Dále poukazuje na skutečnost, že byl v lesních porostech zaznamenán pokles stavu rostlin a hmyzu poté, co se s pěstováním pařezin přestalo. Některé druhy motýlů dokonce přímo vyžadují tato otevřená stanoviště čerstvých pasek výmladkových lesů. Podobně je na tom i mnoho ptačích druhů, které potřebují ke svému vývoji otevřená stanoviště čerstvých pasek výmladkových lesů. Pravidelně obhospodařovaná pařezina skýtá značně pestrou strukturu, tudíž je proto atraktivní pro nespočet rostlin a živočichů. Estetické hledisko je dalším důvodem. Pařezina je velice často lidmi vnímána jako atraktivní prostředí. Zejména v jarním období zde totiž můžeme pozorovat pestrou škálu různých druhů rostlin řadících se mezi jarní aspekt objevující se na lokalitách, které byly nově vytěženy. Atraktivně pak působí i přestárlé pařeziny s četnými trsy kmenů, které vyrůstají z jednoho místa. Společně s estetickým hlediskem je důležitá i kulturní hodnota. Jak jsem již uvedl, tento tvar lesa byl přítomen v naší přírodě po tisíce let. Díky tomu můžeme na pařeziny

pohlížet jako na historické památky s dlouholetou historií. Jejich význam v podobě zdroje dřevní hmoty již neobnovíme, ale můžeme je brát jako důležitý prvek v zachování biodiverzity v našich lesích.

Nyní se podíváme na pařezinu z pohledu hospodářské úpravy lesa. V její terminologii se můžeme setkat s výrazy jako les výmladkový nebo les nízký. Jedná se o hospodářský tvar lesa, který je založen výhradně na systematicky opakované vegetativní obnově výmladky – pařezovými nebo kořenovými. Doba obmýtí je určena hlavně hranicí optimální výmladnosti, druhem a výší očekávané produkce a je také značně spjaté s úrodností daného stanoviště. Pohybuje se v širokém rozmezí od 5 let (vrbové prutníky) až 40 let (dub, habr, buk), popř. 60 let (olše). Pařezina, jak už bylo řečeno, prosperuje díky schopnosti vstřebávat živiny z živých kořenových systémů na počátku svého vývoje velice rychle, tudíž kulminace výškového i tloušťkového přírůstu dřevin nastává podle úrodnosti stanoviště o 20–30 let dříve než v prostředí lesa semenného. Jakost těžného dřeva však vykazuje horší jakost, většinou bývá sukaté a v oblasti spodní části kmene zakřivené. Také má obecně horší technické vlastnosti. Zajímavým faktem je skutečnost, že celková produkce výmladkového lesa, který je vitální a dobře pěstovaný, se vyrovná objemovou produkcí lesu semennému, hodnotový přírůst je ovšem podstatně nižší. Pařezina je tvar lesa, který se velmi vzdaluje přírodnímu vývoji lesního ekosystému. Pravidelně opakované a prakticky úplné odstraňování této biomasy významně zasahuje do látkového koloběhu a krátká doba obmýtí jej udržuje trvale ve fázi dorůstání. Hospodářský tvar lesa nízkého je z pohledu historie velmi starý. Jeho produkce pokrývala převážně potřebu palivového dříví. Soukromá vlastnictví lesů malé výměry byla spojena s tímto tvarem lesa pro technologickou jednoduchost provozu. Z hlediska produkčního zaměření dnes rozlišujeme energetické (palivové), užitkové, tříslivé výmladkové lesy a prutníky. Nízký les může najít uplatnění i jako les půdoochranný či pro zvláštní účely. Výmladkový les významně přispěl k zachování původních populací dřevin (Simon & Vacek, 2008).

Dále si objasníme pojem střední les. Tento pojem je často mylně vnímán ochranou přírody, neboť nejde o tvar přirozený, ale o pouhou analogii porostů nížin a pahorkatin předtím, než sem přišel člověk a začal krajinu ovlivňovat. Nejedná se o tvar bezzásahový, ale právě naopak se vyznačuje velice intenzivní mírou

hospodaření. To se projevovalo v pravidelné obnovní těžbě dřevin hlavní etáže a prakticky pasečným způsobem s ponecháním výstavků i výběrem ve výstavkové etáži pro možnost dopěstování nejhodnotnějších kusů do maxima produkce. Krátká doba obmýetí spojená s hlavní etáží, která je určena pro těžbu paliva, společně s dlouhým intervalem pěstování výstavků používaných na produkci dříví k pořezu či dalšímu zpracování, v sobě nesla v rámci jednoho porostu dvě fundamentální potřeby pěstování a užívání lesa – produkci palivového a užitkového dříví. Existovala i celá řada dalších způsobů, jak využívat těchto porostů. Od pastvy v samotných lesích přes výkon práva myslivosti, sběr lesních plodů či hrabání steliva apod. Spojení těchto činností do značné míry ovlivňovalo lesní porosty a jejich charakter se výrazně odlišoval od porostů, které pozorujeme na stejných lokalitách v současnosti. Stejně jako u pařezin i tento tvar lesa vytvářel příhodné podmínky pro vysokou míru biodiverzity ve všech jejích složkách. V současné době na našem území ovšem převládají plně zapojené lesy vysoké s průměrnou dobou obmýetí kolem sta let. Ve srovnání s krátkým obmýetím (7–40 let) výmladkové etáže středního lesa a pravidelné rotaci prvků obnovy, zprostředkovávaly tyto tvary lesa vždy dostačující podíl své plochy v jakémkoliv sukcesním stádiu. Změna doby obmýetí způsobila zestárnutí těchto lesů a zásadní změnu jejich povahy společně s nevyrovnaností jednotlivých věkových tříd v porovnání s nově stanoveným obmýetím ve prospěch vyšších věkových tříd. Současnou obnovou těchto porostů podle hospodářských zásad dojde k zrcadlovému převrácení věkové nevyrovnanosti ku prospěchu věkových tříd mladších, neboť porosty, jež byly převedené předržením v průběhu 50. – 60. let 20. století, jsou nyní v mýtním věku vysokého lesa. (Utinek, 2009)

Opět bych rád uvedl hledisko hospodářské úpravy lesa. Les sdružený, jak je střední les nazýván odborně, je etážovým hospodářským tvarem lesa, který je ve spodní etáži tvořen lesem výmladkovým a v horní etáži následně různě starým stromovým inventářem semenného původu. Tento tvar lesa vznikl tak, že se v průběhu každého mýcení spodní etáže v klasickém obmýetím 30 – 50 let ponechal nebo byl vysazen určitý počet jedinců semenného původu. Takto nad výmladkovou etáží postupně vznikaly 3–4 generace výstavků, přičemž každá byla věkově prakticky stejná. Ve spodní etáži jsou nejčastěji pěstovány listnaté dřeviny, u kterých je značná výmladková schopnost a jsou schopny snášet stín. Mezi tyto dřeviny

řadíme např. lípy, habr, jilmy javory, ale také i dřeviny, které vyžadují více světla, jako duby, olše, jasany nebo kaštan. Horní etáž je pak tvořena hospodářsky hodnotnými dřevinami, konkrétně dubem, jilmy, také javory, třešní, modřínem, popř. topolem a břízou. Zde můžeme použít i pojem nepravý sdružený les, který vznikl tak, že se ponechali nejkvalitnější jedinci ze spodní etáže, nebo z nepravé kmenoviny, kteří pak tvořili horní etáž přibližně stejně starou. Způsob pěstování středního lesa je odborně velice náročný. Spočívá hlavně v udržování ideálního vztahu mezi spodní a horní etáží usměrňováním druhové skladby, zápojem, počtu výstavků atd., což záleží na hospodářském cíli s ohledem na podmínky daného stanoviště a na růstové vztahy mezi jednotlivými dřevinami. Sdružený les je dnes již zapomenutým hospodářským tvarem. Z důvodu nevyužití plného produkčního potenciálu stanoviště byl na většině území v minulosti postupně převeden na les vysokokmenný. V současnosti je rozšířen hlavně v Německu a Francii, ale v tomto tvaru se již dále nepěstuje. U nás se s ním můžeme setkat v některých oborách a bažantnicích nebo chráněných územích (Simon & Vacek, 2008).

2. Charakteristika lokality

2.1 Český kras

2.1.1 Geomorfologické poměry

Český kras se dělí na tři geomorfologické jednotky. Přírodní rezervace Na Voskopě se nachází v *Karlštejnské vrchovině*, která tvoří jádro oblasti. Tato plochá vrchovina, která má střední výšku 360,8 m n. m., je složená ze silurských břidlic a silurských a devonských vápenců s diabasovými vložkami, které jsou silně zvrásněny, podél jejího okraje. Lehce vrásčitý reliéf postupně odhalující podložní horninu, vystupuje značně exponovanými svahy nad své okolí. Hluboké kaňonovité údolí Berounky, která protéká územím napříč a přijímá hluboko zařezané přítoky, pak člení tento reliéf. Vývoji povrchových krasových útvarů brání silné zahlinění. Pro toto území je charakteristický četný výskyt jeskyní a vápencových lomů (ÚHÚL, s. d.).

2.1.2 Hydrografické podmínky oblasti

Nejvýraznějším tokem oblasti Českého krasu je řeka Berounka. Její přítoky tvoří z levé strany Loděnice, Bubovický potok, Karlický potok, Kluček, Švarcava, Radotínský potok a Jinočanský potok. Zprava se pak do Berounky vlévá Litavka, jejíž pravým přítokem je Suchomastský potok, a dalšími přítoky Berounky jsou dále Stříbrný potok a Bělečský potok. Berounka se na území městské čtvrti Lahovice vlévá do Vltavy, která protéká pouze krátkým úsekem při východním okraji území. Z otevřených vodních ploch má význam rybník Měrák a Prostřední rybník u Popovic, dále údolní nádrž Suchomasty a rybník Obora SZ od Litně. Celé území je odvodňováno Vltavou prostřednictvím Berounky do Severního moře (ÚHÚL, s. d.).

2.1.3 Klimatické poměry

Česká kras se řadí do mírně teplé klimatické oblasti. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 8,3–8,7 °C, přičemž nejvyšší průměrné denní teploty připadají na červenec (asi 18 °C), nejnižší pak na leden (asi 1,5 °C). Průměrná lednová teplota obvykle neklesá pod -3 °C. Zima je tím pádem relativně mírná. Značnou důležitost

má délka vegetačního období – Králův Dvůr uvádí 163 dnů (26. 4.–5. 8.). Průměrná teplota vegetačního období je 14,5 °C.

Průměrný úhrn srážek se pohybuje v rozpětí 480–564 mm. Měsíční srážková maxima připadají na červenec, minima na únor. Celkově nízký úhrn ročních srážek je poněkud kompenzován jejich rozložením v průběhu celého roku. Na vegetační období připadá 66–68 % z celkového množství 320–377 mm (ÚHÚL, s. d.).

2.1.4 Geologické poměry

Devonské vápence tvoří jádro Českého krasu. Jeho obvod je lemován vrstvami svrchního siluru a dále k okraji vrstvami spodního siluru a spodního ordoviku. V jihozápadní oblasti mezi obcemi Liteň a Koněprusy nabývají vápence a vápnité břidlice svrchního siluru poměrně velkého plošného, na ně navazují dále k jihozápadu břidlice spodního siluru především v okolí obcí Bykoš a Želkovice. PO obvodu celého území je přítomna zdických vrstev, svrchnoordovického stáří. Na severovýchodě území mezi obcemi Kuchař – Vysoký Újezd – Slivenec se vyskytují křídové pískovce. Ojedinelé ostrůvky třetihorních písků a štěrků můžeme najít u obcí Korno, Kosoř a Lochkov. Pleistocenní hlíny jsou vázány na rovinatý a mírně zvlněný terén, kolem vodních toků se vytvořily holocenní náplavy (ÚHÚL, s. d.).

2.1.5 Pedologické poměry

Prakticky celé jedna polovina půd na území Českého vznikla na silurských a devonských vápencích. Z toho vyplývá, že nejvíce zastoupený je půdní typ kambizem rendzinová, která je převážně světlá, kakaově hnědá, jílovitohlinitá, kostičkově rozpadavá, se sklonem k vysýchání a tvrdnutí. Příměs tvoří bělavý vápencový štěrk. Se stoupajícím podílem štěrku přechází půdní typ do rendziny, která je druhým nejrozšířenějším půdním typem, až litozemě typické karbonátové. Se vzrůstajícím podílem štěrku se zmenšuje hloubka půdního profilu, takže v typech dealpínského boru (soubor lesních typů 0X) jsou kamenné lavice jen velice zřídka pokryty humusem, v němž se uchycují pionýrské rostliny.

Zvětrávání břidlic různé kvality dalo za vznik ostatním půdním typům, v menší míře se pak podílelo zvětrávání droby. Jedná se především o kambizem typickou

mezotrofní, na rohovci a křemenci oligotrofní, na více prokřemeněných faciích kambizem rankerová nebo ranker. Kambizem arenická je vázána výhradně na výše zmíněné jednotlivé ostrůvky třetihorních šterkopísků.

Nezanedbatelná část zvětralin břidlice, ale i vápenců, je pokryta pleistocenními hlínami a sprašemi, na kterých se vytvořila kambizem luvická a hnědozem typická (ÚHÚL, s. d.).

2.1.6 Floristické poměry

Většina oblasti Českého krasu leží v termofytiku v kolinním vegetačním stupni. Jedinou oblastí ležící v mezofytiku je okraj jižní hranice. Na poměrně bohatých vápenatých substrátech se zde vyskytují různorodá rostlinná společenstva, ve kterých jsou rovnoměrně zastoupeni zástupci termofytů i mezofytů. Převážná část reliéfu je zde svažité se zalesněnými i obdělávanými plochami. Severní část území je převážně rovinatá (Bělohorská tabule). Poměrně chudá rostlinná společenstva s převahou mezofytů nad termofyty zde můžeme najít na písčítých a jílovitých substrátech. Krajina je zde využívána především pro zemědělské účely (ÚHÚL, s. d.).

2.1.7 Biogeografické poměry

Oblast Českého krasu patří do Hercynské podprovincie, která spadá do provincie střeoevropských listnatých lesů. Celou oblast řadíme do Karlštejnského bioregionu. Vápencová vrchovina tvoří typickou část, rozčleněnou údolími toků. Bioregion představuje nejrozsáhlejší krasové území České kotliny, které je hostitelem charakteristické vápnomilné bioty. Dominantní vegetace se skládá z mozaiky teplomilných doubrav a dubohabřin. Jižní svahy pokrývají skalní stepi, na severních jsou pak suťové lesy a vápnomilné bučiny. Převažuje zde 2. buko-dubový a 3. dubo-bukový vegetační stupeň. Flóra je bohatá na rozličné druhy migrantů a floroelementů, na stinných skalách jsou zastoupeny i dealpidské prvky. Okolní sníženiny na kyselém substrátu i plošina jihozápadně od Prahy, kde je vápenc pohřben mladšími sedimenty, nejsou typické.

Současně zde převažuje orná půda, dále jsou hojné přirozené doubravy i travnatá bylinná lada. Biota je však poškozována rozsáhlou těžbou vápenců.

V termofytiku se nachází převážná část území, jižní části náležejí k mezofytiku. Potenciální přirozenou vegetací jsou v jižním kvadrantu šípákové doubravy svazu *Quercion pubescenti-petraeae*, zejména *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis* a *Torilido-Quercetum*. Doubravy se mozaikovitě střídají s teplejší částí dubohabřin z asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum*. Na prudkých svazích jsou vyvinuty suťové lesy (*Aceri carpinetum*), které vzácně přecházejí v okroticové bučiny (*Cephalanthero-Fagetum*). Přirozené bezlesí je vázáno na prudké, zejména skalnaté svahy. V jižní sekci je reprezentuje vegetace svazu *Helianthemo cani-Festucion pallentis*, v severním svazu *Seslerio-Festucion glaucae*. Kolem toku Berounky a Vltavy tvoří pobřežní pásy vegetace svazu *Phalaridion arundinaceae*.

Xerothermní trávníky svazu *Festucion valesiacae* tvoří přirozenou náhradní vegetaci na xerothermních stanovištích, které na hlubších půdách přecházejí ve vegetaci svazu *Cirsio-Brachypodium pinnati*. Okraje lesů patří svazu *Geranion sanguinei*, křoviny jsou reprezentovány svazy *Prunion fruticosae*. Mezofilní trávníky náležejí svazu *Arrhenatherion*.

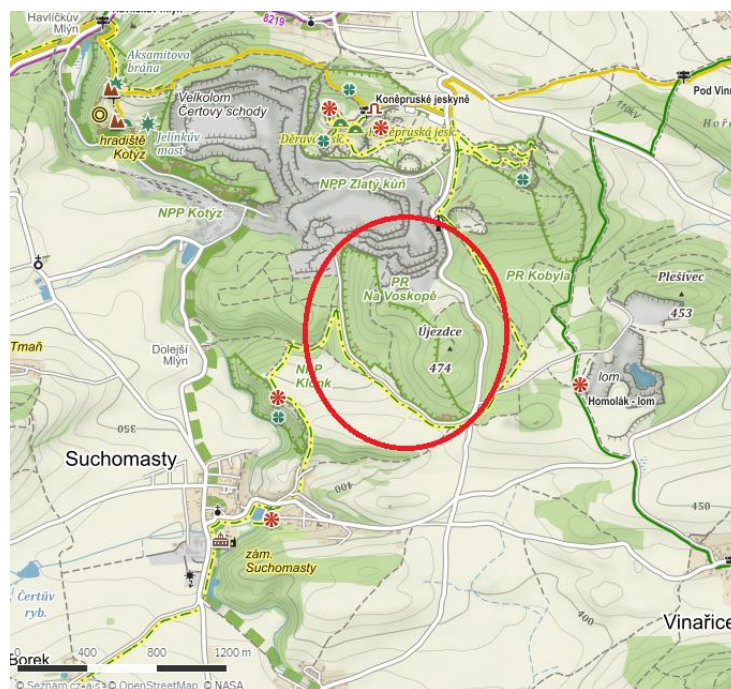
Flóra bioregionu je velice bohatá. Typickými druhy jsou zde termofyty. Mezi termofilními druhy náleží místo typům submediteránním. Zajímavou složkou flóry jsou druhy kontinentální, ponticko-panonské. Dalším typem taxonů jsou perialpidi a dealpidi. Zcela výjimečné jsou acidofyty.

Do ochuzené hercynské fauny kulturní krajiny zasahují západní vlivy. Teplomilné doubravy spolu s rozsáhlými vápencovými stepními lady a bradly regionu jsou proslulým centrem středočeské subendemické a endemické fauny. Zástupci výrazně teplomilného středočeského elementu se střídají s dealpinským prvkem v inverzních polohách. (Culek, 1996)

2.2 Přírodní rezervace Na Voskopě

Rezervace byla ustanovena na základě nařízení Správy Chráněné krajinné oblasti Český kras č. 1/2012 ze dne 26. 11. 2012, kterým se zřizuje Přírodní rezervace Na Voskopě a stanovují bližší ochranné podmínky. Kvůli zdlouhavým vyjednáváním s vlastníkem pozemku – Velkolomem Čertovy schody a.s. – trvalo skoro patnáct let, než se rezervace zřídila. Zhruba jedna třetina plochy totiž pokrývají zbytky vápencových bučin, které se nacházejí na území, kde již v 90. letech 20. století mohla probíhat těžba.

PR Na Voskopě se rozkládá na dvojvrší Na Voskopě (468 m n. m., tento vrchol je odtěžen lomem) a Újezdce (474,3 m n. m.) (viz obr. 1). Jedná se o zalesněné jihozápadní a západní svahy (Ložek et al., 2005).



Obr. 1. Poloha PR Na Voskopě na výřezu turistické mapy „Zdroj: www.mapy.cz, 2016 Seznam.cz, a.s.“).

2.2.1 Geologické poměry

Geologický podklad lokality tvoří bílé masivní biodetritické mělkovodní koněpruské vápence z doby starších prvohor (spodní devon, pražské souvrství). Přibližně 500 druhů mořských bezobratlých živočichů, kteří žili v tropickém moři, vytvářeli

v místě blízkého Zlatého koně útes. Z jejich vápnitých schránek pak vznikal koněpruský vápenec. Výchozy těchto koněpruských vápenců nalezneme jenom v několika malých, pionýrskými druhy téměř zcela zarostlých lůmcích. Přímo na lokalitě se těžil vápenec počátkem 20. století za účelem výroby vápna.

Hojně zkrasovělé vápence pak můžeme najít hlavně v severní části přírodní rezervace. Tyto krasové kapsy jsou otevřené směrem k povrchu a vyplněné klastickým materiálem. Stáří tohoto materiálu není dosud paleontologicky ani jiným způsobem doloženo. Přítomnost podpovrchových krasových jevů je taktéž patrná na krasovém reliéfu s náznaky závrtočných depresí (Ložek et al., 2005).

2.2.2 Květena

Dubohabřiny s přechody do rozvolněných, bývalých pastevních lesů a fragmentů vápencových borů můžeme pozorovat na téměř celém území. Najít zde můžeme ohroženou sasanku lesní (*Anemone sylvestris*) nebo silně ohrožený krušík růžkatý (*Epipactis muelleri*). Ve vlhčích polohách severní až střední části území jsou vyvinuty vápencové bučiny s okroticí červenou (*Cephalanthera rubra*), které se vyskytují nejčastěji na svazích s orientací na sever. V rozvolněných partiích bučin se často objevuje pýchava vápnomilná (*Sesleria caerulea*) a výjimečně i ohrožený zimozrázek nízký (*Polygala chamaebuxus*). Teplomilné doubravy s výskytem ohroženého dřínu obecného (*Cornus mas*) a dubu pýřitého (*Quercus pubescens*) můžeme nalézt ostrůvkovitě roztroušené na jihozápadních svazích s mělkou půdou.

Předmětem ochrany v Přírodní rezervaci Na Voskopě je hlavně silně ohrožený koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis* subsp. *bohemica*) a taktéž ohrožená chrpa chlumní (*Centaurea triumfettii*). Dále se zde můžeme pozorovat kostřavu walliskou (*Festuca valesiaca*) či smělek štíhlý (*Koeleria macrantha*), jako zástupce významných stepních a lesostepních druhů. Z bylin je zde dále k vidění devaterník tmavý (*Helianthemum grandiflorum* subsp. *obscurum*). V rámci dřevin je zde zastoupen jeřáb břek (*Sorbus torminalis*), jeřáb muk (*Sorbus aria*), jeřáb dunajský (*Sorbus danubialis*) a tařice horská (*Alyssum montanum*) (Ložek et al., 2005).

3. Metodika

3.1 Tvar ploch a jejich vyznačení v terénu

Veškerá data pro účely analýz byla odebrána na experimentální ploše v Přírodní rezervaci Na Voskopě. Ta se rozkládá na území cca 1,9 ha (150 × 125 m), jedná se o svah s orientací na západ a průměrným sklonem 18° stupňů. Design zkusných ploch (viz obr. 2) zahrnuje v první řadě šest experimentálních pruhů, které by se měly ideálně po dvojicích v intervalu deseti let postupně odtěžit s ponecháním vybraných výstavků. V každém pruhu je vymezeno 5 trvalých kruhových ploch o poloměru 8,5 m. Kolem těchto zkusných ploch, kde probíhají zásahy, je pak rozmístěno 10 ploch kontrolních, na kterých se pozoruje vývoj porostu bez hospodářského zásahu. Doposud byly odtěženy dva pruhy na jaře roku 2015 a 2016. Dohromady se zde nachází 40 ploch, jejichž středy jsou zaměřeny pomocí GPS souřadnic a označeny ocelovými mezníky. Pro jednodušší orientaci přímo v terénu je přítomno i značení na stromech.



Obr. 2. Schéma rozmístění trvalých zkusných ploch v Přírodní rezervaci Na Voskopě.

3.2 Sběr biomasy

Odběr biomasy probíhal v první polovině července 2015. Tento termín byl vybrán tak, aby korespondoval s vrcholem vegetační doby na pozorovaném území. Z důvodu nepříznivých podmínek počasí jsem sběr provedl ve třech etapách. Na každé ploše byly odebrány vzorky nadzemní biomasy bylin na pěti místech. Každá dílčí plocha o rozměrech $0,5 \times 0,5$ m byla vyměřena pomocí kovového rámečku. První dílčí ploška byla umístěna vždy 1 m nad středovým bodem a další čtyři dílčí plošky 5 m od středového bodu směrem k okrajům trvalé plochy. Od středu jsem další plošku umístil východně a dále postupoval po směru hodinových ručiček s poslední ploškou na straně západní pro jednoznačné oddělení místa. Biomasa byla odebrána vždy na výšku strniště (max. 5 cm) do papírových sáčků, kterým bylo přiřazeno vždy číslo trvalé zkusné plochy a místa sběru. Dohromady jsem odebral na 40 zkusných plochách 200 vzorků.

Všechnu odebranou biomasu jsem nejprve nechal proschnout cca 30 dní doma na balkóně, abych jí zbavil vlhkosti ulpělé na vegetaci při sběru, a zabránil tak případnému bujení plísní. Následně jsem vzorky převezl do fakultní laboratoře, kde jsem je uložil do laboratorní sušárny *Venticell 404*. Zde se vzorky sušily po dobu 8 hodin při teplotě $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ tak, aby dosáhly konstantní nulové vlhkosti. Ta byla rozhodující pro následné určení přesné hmotnosti odebrané biomasy.

Vzorky jsem poté jeden po druhém zvážil na váze značky *GT210 Galaxy OHAUS*, přičemž jsem nejdříve zjistil hmotnost samotného papírového sáčku (použil jsem průměrnou hodnotu z deseti měření), a následně měřil vzorky společně se sáčkem, abych zamezil výskytu systematické chyby při jednotlivých měřeních. Údaje jsem zapisoval do tabulkového programu Microsoft Excel 2013.

Pro vypočtení statistických ukazatelů z naměřených hmotností byla nutná korekce dat. Nejprve zaznamenané hmotnosti i s váhou papírového sáčku přepsat na nový list a tuto hodnotu odečíst od každého vzorku. Protože naměřené hodnoty odpovídaly $0,5\text{ m}^2$, bylo nutno je převést tak, aby odpovídaly 1 m^2 . Následně jsem již mohl vypočítat pro každou plochu průměrnou hodnotu hmotnosti, její koeficient variability a v poslední řadě směrodatnou odchylku.

3.3 Stanovení světelných podmínek pomocí hemisférických snímků

Pro zjištění světelných podmínek na trvalých plochách jsem použil metodu hemisférických fotografií korunového zápoje (Frazer et al. 1997). Stejnou metodou byla získávána data i v roce 2014 mým předchůdcem (Špale, nepublikováno). Fotografie byly pořizovány v dopoledních hodinách při zatažené obloze, aby co nejméně docházelo k nežádoucímu přesvětlení osluněných partií fotografie a nebyly tak zkresleny výsledky následné analýzy.

Na pořízení hemisférických snímků korunového zápoje jsem použil digitální zrcadlový fotoaparát *Canon EOS 1100 D* s objektivem typu rybí oko *Circular FishEYE Sigma DC HSM*. U tohoto typu objektivu je obrazový úhel 180° a je proto vhodný pro zachycení korunového zápoje. Samotnému focení předcházelo nastavení fotoaparátu. Zaprvé se musela nastavit priorita clony (AV mode) v rozmezí 6,3 až 11, v našem případě byla zvolena hodnota 8. Nastavení světelné citlivosti ISO jsem ponechal automatické. Dále se musel nastavit *bracketting* (nastavení odstupňované expozice), který se podle potřeby může částečně přizpůsobit i aktuálním podmínkám, je-li potřeba. Následně bylo nutné nastavit *metering mode: Centre-weighted average metering* neboli měření se zvýhodněným středem. Kvalita fotografií postačila pouze 6 Mpx (M – bez vyhlazování) s rozlišením 3088×2056. Posledním krokem nastavení bylo vypnutí autorotace.

Na každé ploše jsem fotoaparát vždy umístil na stativ v prsní výšce (1,3 m) a orientovaný horním okrajem k severu. Osa objektivu směřovala svisle, čehož jsem docílil centrací za pomoci libely umístěné na stativu. Svislého stavu objektivu jsem docílil pomocí libely, která byla připevněna k fotoaparátu a orientovaná na sever. Pro orientaci jsem použil klasickou buzolu ve vzdálenosti minimálně půl metru od fotoaparátu, aby nedošlo k ovlivnění střelky. Pak už stačilo jen zaostřit objektivem na téměř nekonečno a na objektivu přepnout na manuální ostření (M). Polohu nad zemí jsem zvolil tak, aby co nejlépe zachycovala světelné podmínky bylinného patra. Na jednotlivých plochách jsem pak pořídil vždy sérii tří snímků, které měly různou expozici pro získání co nejvěrohodnějšího obrazu. Ukázkou hemisférické fotografie můžeme vidět na obrázku 3.

Následná analýza hemisférických fotografií korunového zápoje probíhala ve třech etapách. Nejprve bylo nutné z vyfotografovaných trojic snímků vybrat ten, který nejlépe odpovídal skutečnosti. Bylo nutné se vyvarovat příliš přesvětleným nebo naopak příliš tmavým snímkům, aby nedošlo ke zkreslení výsledků analýzy. Selekcí jsem prováděl na školních počítačích s velikostí monitoru 24 palců, což mi umožňovalo podrobně prohlédnout každou fotografii a vybrat tak tu nejlepší.



Obr. 3. *Hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 40 před úpravou.*

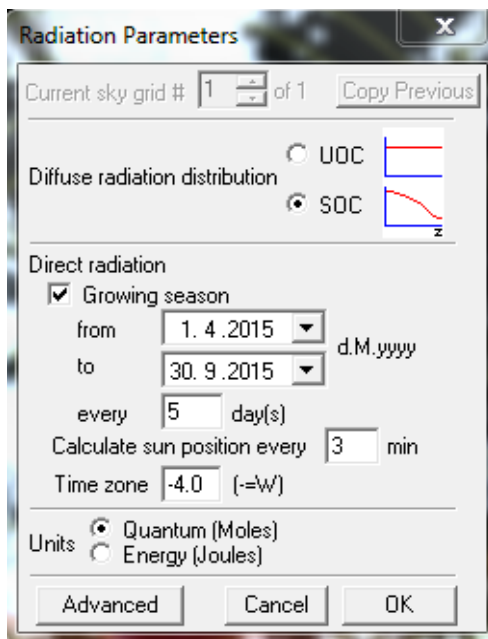
Dalším krokem pak bylo vybrané fotografie převést do černobílého formátu. Pro tyto účely jsem použil bezplatný program Gimp 2 (viz obr. 4). Postup byl pak následovný. Nejprve jsem nahrál daný snímek do programu, pak jsem nahraný snímek duplikoval, abych mohl upravovaný snímek zároveň porovnávat s originálem. Poté jsem zvolil možnost Barvy -> Odstín – sytost a zde jsem pokaždé u žluté a zelené barvy (nejvýraznější barvy v porostu) potlačil odstín, světlost a sytost na minimum. Následně jsem v záložce Barvy zvolil funkci Práh. Ta umožňuje zvolení prahové hodnoty buď ručně, nebo automaticky. V rámci úspory času jsem ze začátku používal variantu automatického zvolení, která měla i značně omezit zatížení subjektivní chybou (Inoue et al. 2011), ale kvůli značné oblačnosti na některých snímcích jsem musel selektivně volit i variantu ruční (program si s přítomností oblačnosti nějak nemohl poradit, vyhodnocoval ji jako část korunového zápoje).

Důležité bylo vždy zkontrolovat, zda fotografie co nejvíce odpovídá skutečnosti. Jestli v příliš světlých místech nedochází k zaniknutí některých prvků korunového zápoje, nebo zdali přítomnost osvětlených kmenů, či přítomnost lesklých předmětů na zemi není vyhodnocována jako součást oblohy.



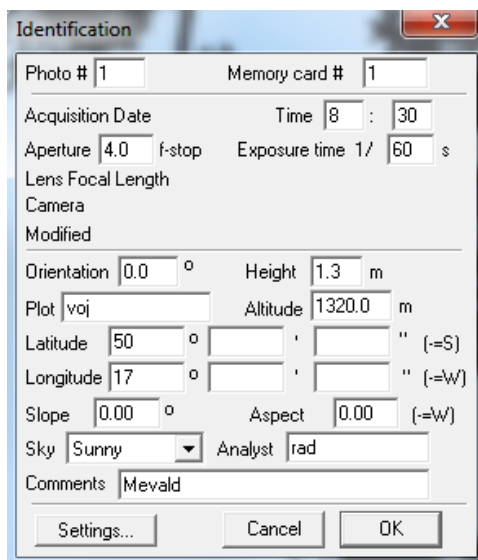
Obr. 4. *Hemisférická fotografie stromového zápoje trvalé plochy č. 40 po úpravě v programu Gimp 2.*

Posledním krokem byla samotná analýza fotek, kterou jsem prováděl v programu WinScanopy. Společně s programem Gap light analyzer se jedná prakticky o nejpoužívanější software na vyhodnocování hemisférických fotografií korunového zápoje. Rozdíly ve vyhodnocování jednotlivých programů se věnuje Jarčuška et al. (2010). Nejprve bylo nutné sestavit soubor se základní konfigurací pro následné analýzy. Soubor obsahoval především údaje o velikosti výřezu a jeho umístění a základní údaje o fotoaparátu (např. rozlišení fotografie) a poloze lokality (nadmořská výška apod.). Z důvodu standardizace metodického postupu byl při vyhodnocování hemisférických fotografií korunového zápoje použit stejný konfigurační soubor jako v minulé sezóně. V záhlaví programu jsem tedy zvolil záložku *Misc*, zvolil možnost *Load configuration...* a vybral konfigurační soubor. V záložce *Radiation* jsem pak zvolil možnost *Radiation parameters*, kde jsem nastavil délku vegetační doby (*Growing season*) od 1. 4. do 30. 9. 2015 (viz obr. 5).



Obr. 5. Dialogové okno pro zadání parametrů záření.

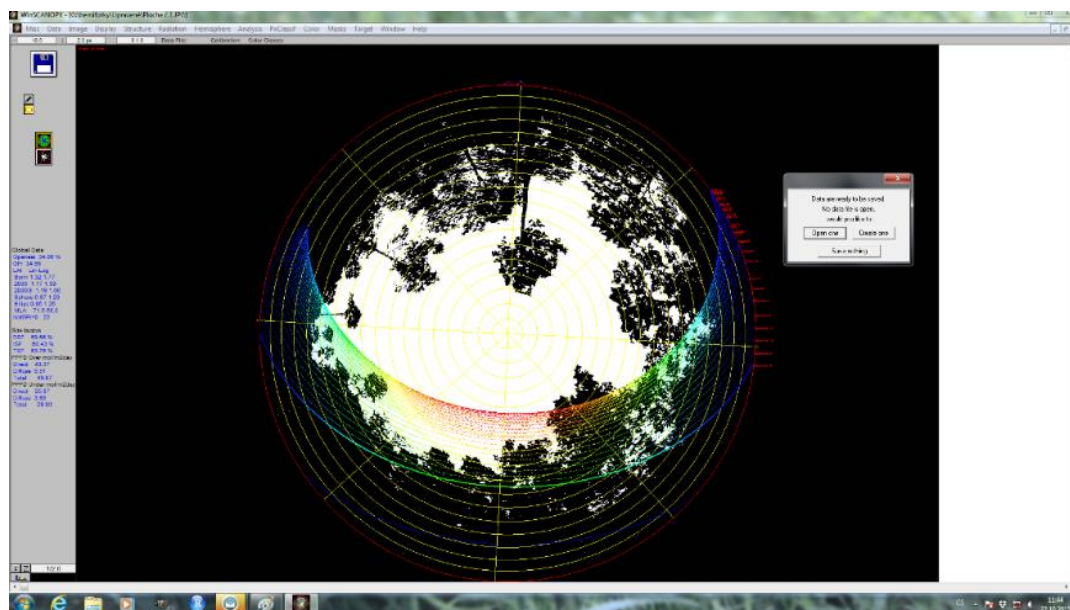
Poté jsem kliknutím na ikonu diskety vždy vybral jednotlivý snímek. Vyvoláním karty *Identification* (viz obr. 6), kde jsem vždy zadal údaje o nadmořské výšce, hodnotu sklonu (*Slope*) ve stupních a orientaci (*Aspect*) také ve stupních pro každou plochu zvlášť, jsem dokončil veškeré potřebné nastavení a následně v záložce *Analysis* zvolil možnost *Do batch analysis*.



Obr. 6. Dialogové okno pro zadání údajů o sklonu a orientaci.

Takto jsem postupoval u všech fotografií. Všechny vyhodnocené parametry pak program WinScanopy uložil do souboru poznámkového bloku, který se dal bez problému otevřít v tabulkovém programu Microsoft Excel 2013. Stěžejními

parametry pro následující analýzu byly hodnoty přímého a rozptýleného slunečního záření nad a pod porostem. V doslovném překladu se jedná o hodnoty přímé, či rozptýlené fotosynteticky aktivní hustoty slunečního toku nad a pod porostem v jednotkách MJ nebo Mol. m⁻² den⁻¹. Dalším důležitým parametrem byla hodnota *Gap Fraction*, což je v podstatě počet pixelů klasifikovaných jako obloha v daném regionu, zjištěná z fotografie a velmi podobná hodnota *Openness*, která udává procento otevřené oblohy, tentokrát už v reálném prostředí. Ukázkou výstupu programu WinScanopy můžeme vidět na obrázku 7.



Obr. 7. Vizuální výstup programu WinScanopy po provedení analýzy.

3.4 Statistické vyhodnocení dat

Prvním krokem pro statistické vyhodnocení byla sumarizace všech relevantních dat do jednoho souboru. Tato primární data bylo následně potřeba patřičně upravit, aby s nimi mohly snadno operovat statistické programy. Proto bylo nutné jasně uspořádat jednotlivé údaje a zvolit výstižné a přitom krátké názvy jednotlivých proměnných bez interpunkce. Dalším krokem pak bylo stanovit samotnou povahu naměřených dat.

V rámci mého výzkumu jsem naměřil dva typy dat. První byla hodnota množství biomasy, která byla pro účely statistického vyhodnocení převedena na jednotku g m⁻². Tato proměnná je z pohledu statistiky závislá, neboť mění svoji

hodnotu v závislosti na okolních faktorech prostředí. Tento typ dat také řadíme mezi tzv. kontinuální proměnné, neboť mohou nabývat libovolných hodnot (kladných), na rozdíl od proměnných kategorických. Další proměnnou pak byla hodnota intenzity záření dopadající na danou plochu zjištěná analýzou hemisférických fotografií korunového zápojem. Tato hodnota je uváděna v MJ nebo $\text{Mol m}^{-2} \text{den}^{-1}$. Tato proměnná má opět kontinuální charakter, je však na rozdíl od hodnoty množství biomasy nezávislá. Oba tyto typy biologických dat můžeme zařadit mezi tzv. data na poměrové stupnici nebo také poměrová data. Tento typ biologických dat popisuje Lepš (1996) jako kvantitativní data, která většinou znázorňují měřitelné množství např. hmoty, délky či energie. Pro tato data je typické, že je konstantní rozdíl mezi přílehlými jednotkami (mezi 5 a 6 cm je stejný rozdíl jako mezi 8 a 9) a smysluplná nula. Pro tato data má smysl mluvit o poměrech, například 8 cm je dvakrát více než 4 cm (odtud dostal tento typ dat jméno).

Třetím krokem bylo již samotné zanesení dat do programu. Pro statistické vyhodnocení jsem použil program R. Přes příkaz *read.table* jsem připojil soubor s upravenými daty, který jsem pak ukotvil do paměti programu R příkazem *attach*. Pro okamžité zjištění případných závislostí mezi jednotlivými proměnnými jsem nejprve vytvořil sérii grafů, na kterých jsem mohl okamžitě pozorovat, zda jsou či nejsou zadané proměnné závislé či nikoliv. Toho jsem docílil nejdříve zadáním příkazu *par (mfrow=c(3,2))*, který programu oznámil, že bude vypracovávat šest grafů ve dvou sloupcích o třech řádcích, a následně šesti příkazy *plot (nezávislá, závislá)*, jsem určil, které proměnné spolu budou vykresleny na jednotlivých grafech. Pro vyhodnocení mých dat jsem následně použil lineární model regresní analýzy. Příkazem *summary (mevald1<-lm(závislá~nezávislá))* jsem vždy určil, které dvě proměnné budou analyzovány. Tímto způsobem jsem postupoval u všech proměnných.

Předposledním krokem bylo zhotovení grafického výstupu u proměnných, které vykazaly závislost, v programu STATISTICA. Po načtení primárních dat do programu jsem zvolil záložku grafy, kde jsem vybral bodový typ grafu. Zde jsem v nabídce zvolil typ grafu běžný a lineární proložení. Následně jsem zvolil možnost vybrání jednotlivých proměnných, kde jsem na ose X zvolil nezávislou proměnnou (difúzní záření naměřené v roce 2014) a na ose Y proměnnou závislou (množství

biomasy nasbírané v roce 2015 v jednotkách g m^{-2}). Výsledný graf jsem pak upravil tak, aby neobsahoval zbytečné a zavádějící údaje, a doplnil o jednotky pozorovaných veličin.

Nakonec jsem pro účely testování pracovních hypotéz v programu Microsoft Excel 2013 vytvořil nový list, do kterého jsem vynesl následující proměnné: sumu přímého a difúzního záření z roku 2014 (*Total 2014*), průměrnou hmotnost biomasy z roku 2015 (*Mean 2015*), koeficient variability z roku 2015 (*CV 2015*) a hodnotu meziroční variability (*SeasonVar*) vypočítanou jako absolutní hodnota rozdílů koeficientů variability v obou sezónách. V záložce DATA jsem zvolil funkci SEŘADIT od nejmenšího po největší podle proměnné *Total 2014*. Prvních dvacet jsem pak označil velkým písmenem T, abych je odlišil jako plochy „tmavší“, a následujících dvacet velkým písmenem S, jako plochy „světlejší“. Takto upravený list jsem následně načetl do programu STATISTICA, kde jsem pomocí krabicových grafů provedl grafické znázornění. Jako grupovací proměnnou jsem použil transformovanou proměnnou *Total 2014*. Grupovací proměnnou jsem poté postupně porovnal s proměnnými *Mean 2015*, *CV 2015* a *SeasonVar*. U všech krabicových grafů byl ještě použit parametrický F test (předpokládám normální rozdělení dat), pro zjištění signifikance rozdílů parametrů mezi tmavšími a světlejšími porosty.

4. Výsledky

4.1 Vliv světla na množství biomasy

Světelné podmínky na zkusných plochách byly stanoveny pomocí hemisférických fotografií korunového zápoje. Následně pak byly statisticky porovnány s několika proměnnými za použití regresní analýzy. V první řadě se porovnávalo množství nasbírané biomasy na jednotlivých zkusných plochách s hodnotami přímého a difúzního záření, které byly naměřené v roce 2015, a následně s hodnotami z roku 2014. Dále se zjišťovalo, jaký dopad má na intenzitu záření hustota korunového zápoje. S jednotlivými nezávislými proměnnými byl pak porovnán koeficient variability a vytvořená proměnná *SeasonVar* neboli meziroční variabilita. V tabulkách jsou pro přehlednost použity zkratky jednotlivých proměnných, které jsou podrobněji vysvětleny v tabulce 1.

Tab. 1. Význam zkratk jednotlivých proměnných použitých v rámci analýzy v následujících tabulkách.

Název proměnné	Význam
Mean 2014	průměrná hmotnost biomasy za rok 2014
Mean 2015	průměrná hmotnost biomasy za rok 2015
Direct 2014	hodnota přímého záření v roce 2014
Direct 2015	hodnota přímého záření v roce 2015
Diffuse 2014	hodnota difúzního (rozptýleného) záření v roce 2014
Diffuse 2015	hodnota difúzního (rozptýleného) záření v roce 2015
Total 2014	suma přímého a difúzního záření za rok 2014
Total 2015	suma přímého a difúzního záření za rok 2015
FullSun 2014	poměr dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem v % v roce 2014
FullSun 2015	poměr dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem v % v roce 2015
CV 2014	koeficient variability pro jednotlivé zkusné plochy v roce 2014
CV 2015	koeficient variability pro jednotlivé zkusné plochy v roce 2015
SeasonVar	meziroční absolutní rozdíl koeficientů variability
Gapfraction 2015	počet pixelů klasifikovaných jako obloha v regionu (na fotce) v roce 2015
Openness 2014	procento otevřené oblohy (reálné podmínky) v roce 2014
Openness 2015	procento otevřené oblohy (reálné podmínky) v roce 2015

Jednotlivé veličiny byly rozděleny do dvou skupin jako závislé a nezávislé. Výsledky regresních analýz dat, které byly naměřeny v roce 2015, a jejich porovnání s nezávislými proměnnými, jak z roku 2015, tak z předešlé sezóny 2014 jsou

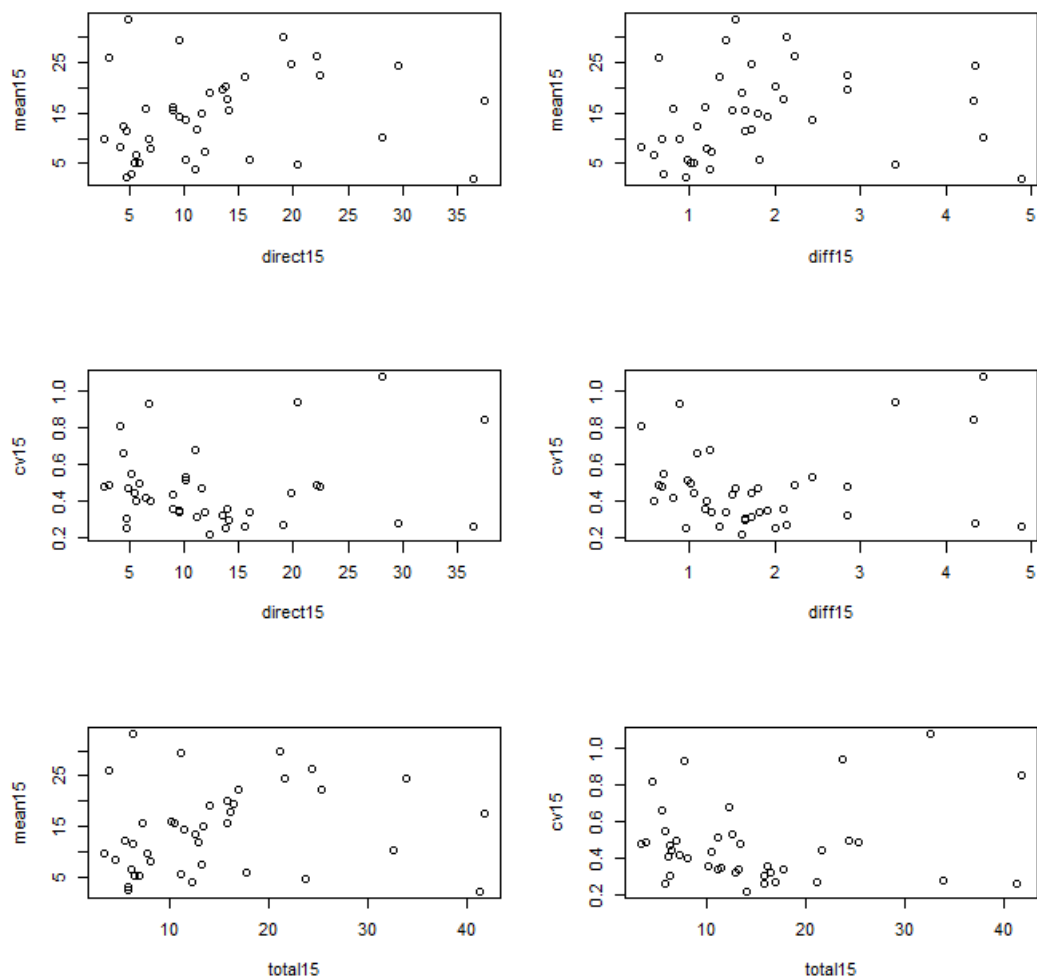
uvedeny v tabulce 2. Jediným přímo signifikantním výsledkem se ukázala závislost průměrné hmotnosti biomasy na hodnotě difúzního (rozptýleného) záření naměřené v roce 2014 s hodnotou koeficientu determinace 12,9 %. Tuto závislost jsem pak následně analyzoval ještě pomocí lognormálního modelu, ale koeficient determinance v tomto případě nabyl vyšší hodnotu (17,2 %), takže v tomto případě se ukázala tato transformace dat jako nežádoucí. Za marginálně signifikantní pak můžeme považovat ještě závislost průměrné hmotnosti biomasy na hodnotě součtu přímého a difúzního záření zaznamenaném v roce 2014 (proměnná *Total 2014*) a na poměru dopadajícího záření pod a nad porostem z roku 2014 (proměnná *FullSun 2014*).

Tab. 2. Přehled rozsahů základních statistik sledovaných proměnných. Význam jednotlivých proměnných je uveden v tabulce 1.

Název proměnné	Průměr	Min	Max
Mean 2015 (g m ⁻²)	14,3	2,1	33,5
Mean 2014 (g m ⁻²)	17,5	2,6	60,2
Gapfraction (%)	21,6	6,5	57,5
Openness (%)	21,7	6,6	57,7
Direct 2015 (Mol m ⁻²)	12,7	2,7	37,5
Diffuse 2015 (Mol m ⁻²)	1,8	0,4	4,9
Total 2015 (Mol m ⁻²)	14,5	3,4	41,8
FullSun 2015 (%)	33,1	7,7	91,0
Direct 2014 (Mol m ⁻²)	1,8	0,6	4,2
Diffuse 2014 (Mol m ⁻²)	0,3	0,1	0,6
Total 2014 (Mol m ⁻²)	2,1	0,8	4,7
FullSun 2014 (%)	4,9	1,7	10,8

Před začátkem samotných analýz je vždy dobré zjistit, jestli naměřené proměnné vykazují či nevykazují závislost. Proto před tím, než jsem začal provádět analýzy jednotlivých závislostí, provedl jejich grafické znázornění (viz graf 1) Porovnáváno bylo přímé, difúzní záření a jejich suma, jako nezávislé proměnné, a

jako závislé vystupovala průměrná hmotnost biomasy a koeficient variability. Na první pohled však tyto grafy neukázaly jednoznačnou závislost mezi proměnnými, a proto jsem přistoupil k jednotlivým analýzám za účelem zjištění přítomnosti nějakého trendu.



Graf 1. Grafické znázornění závislostí jednotlivých proměnných. Význam jednotlivých proměnných je uveden v tabulce 1. Proměnná mean15 je uvedena v jednotkách $g\ m^{-2}$ a proměnné direct15, diffuse15 a total15 jsou v jednotkách $Mol\ m^{-2}\ den^{-1}$.

Tab. 2. *Výsledky regresní analýzy jednotlivých dvojic proměnných. V případě signifikantního výsledku je uveden koeficient determinace a u všech dvojic je ve sloupci Signifikance uvedena hodnota pravděpodobnosti. Tučně jsou zvýrazněny signifikantní a marginálně signifikantní hodnoty. Význam jednotlivých proměnných je uveden v tabulce 1.*

Proměnné		Výsledky	
Závislá	Nezávislá	R ² (%)	Signifikance
Mean 2015	Gapfraction 2015	-	0,289
Mean 2015	Openness 2015	-	0,293
Mean 2015	Direct 2015	-	0,297
Mean 2015	Diffuse 2015	-	0,405
Mean 2015	Total 2015	-	0,304
Mean 2015	FullSun 2015	-	0,266
Mean 2015	Direct 2014	-	0,129
Mean 2015	Diffuse 2014	12,9	0,013
Mean 2015	Total 2014	-	0,089
Mean 2015	FullSun 2014	-	0,089
CV 2015	Gapfraction 2015	-	0,284
CV 2015	Openness 2015	-	0,285
CV 2015	Direct 2015	-	0,44
CV 2015	Diffuse 2015	-	0,337
CV 2015	Total 2015	-	0,424
CV 2015	FullSun 2015	-	0,452
CV 2015	Direct 2014	-	0,649
CV 2015	Diffuse 2014	-	0,707
CV 2015	Total 2014	-	0,715
CV 2015	FullSun 2014	-	0,719
SeasonVar	Direct 2014	-	0,225
SeasonVar	Diffuse 2014	-	0,516
SeasonVar	Total 2014	-	0,239
SeasonVar	FullSun 2014	-	0,234

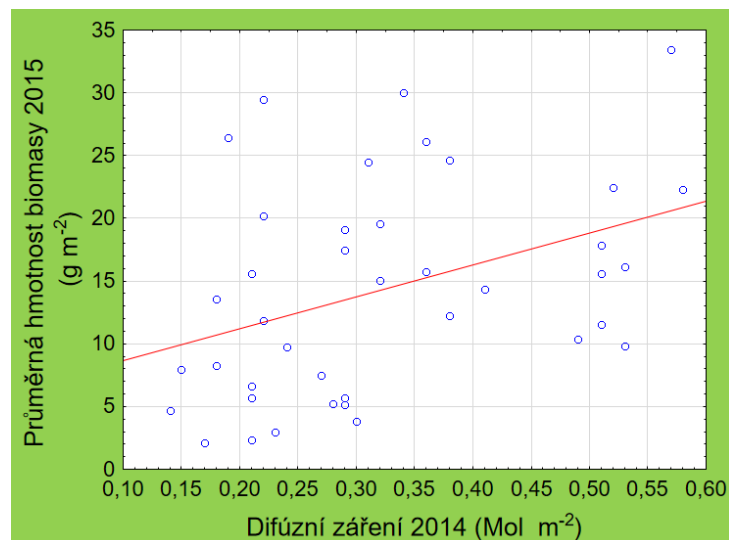
Pro porovnání výsledků mezi jednotlivými sezónami a následné pozorování meziroční variability bylo potřeba shromáždit údaje zjištěné v roce 2014. Tato data byla také použita pro statistické vyhodnocení závislostí jednotlivých proměnných obdobně jako v mém případě. Výsledky těchto analýz jsou zobrazeny v tabulce 3. Zde můžeme pozorovat silnou závislost průměrné hmotnosti biomasy na hodnotě přímého, difúzního (rozptýleného) záření a jejich součtu. Dále pak závislost průměrné hmotnosti biomasy a koeficientu variability na otevřenosti korunového

zápoje. U prvních čtyř dvojic se závislou proměnnou průměrné hmotnosti biomasy pak byla ještě provedena analýza lognormálního modelu, která vykazala téměř ve všech případech zvýšení hodnoty koeficientu determinace. Pouze u dvojice s hodnotou difúzního záření byl zaznamenán pokles hodnoty tohoto koeficientu. Jako marginálně signifikantní pak můžeme považovat závislost koeficientu variability na hodnotě difúzního záření, nesignifikantní závislost pak vykazuje porovnání koeficientu variability a hodnoty přímého záření. Všechny signifikantní hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny tučně.

Tab. 3. *Výsledky regresní analýzy dat měřených v roce 2014. Pro dvojice proměnných je uvedena hodnota koeficientu determinace lineárního a lognormálního modelu a ve sloupcích Signifikance hodnota příslušné pravděpodobnosti. Tučně jsou zvýrazněny signifikantní hodnoty. Zkratka NS vyjadřuje nesignifikanci a zkratka NA skutečnosti, že se daný typ testování neprováděl. Význam jednotlivých proměnných je uveden v tabulce 1.*

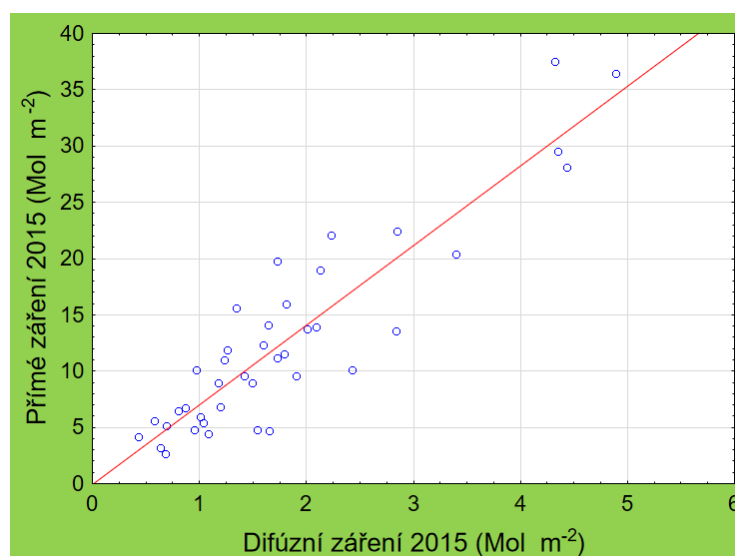
Proměnné		Výsledky			
Závislá	Nezávislá	R ² (%)	Signifikance	log(y), R ²	Signifikance
Mean 2014	Openness 2014	17,8	0,004	18,9	0,003
Mean 2014	Total 2014	10,4	0,024	15	0,008
Mean 2014	Direct 2014	9,7	0,028	14,7	0,008
Mean 2014	Diffuse 2014	8,4	0,039	7,8	0,045
CV 2014	Openness 2014	7,4	0,049	NA	NA
CV 2014	Direct 2014	NS	0,283	NA	NA
CV 2014	Diffuse 2014	NS	0,084	NA	NA

Pro jediný signifikantní výsledek závislosti z mé analýzy jsem v programu STATISTICA vytvořil grafické zobrazení, jak můžeme vidět na grafu 2. Zde jsou na ose X vyobrazeny hodnoty difúzního záření naměřených v roce 2014 a na ose Y jsou pak vyneseny průměrné hmotnosti biomasy nasbírané v roce 2015 v jednotkách g cm⁻².



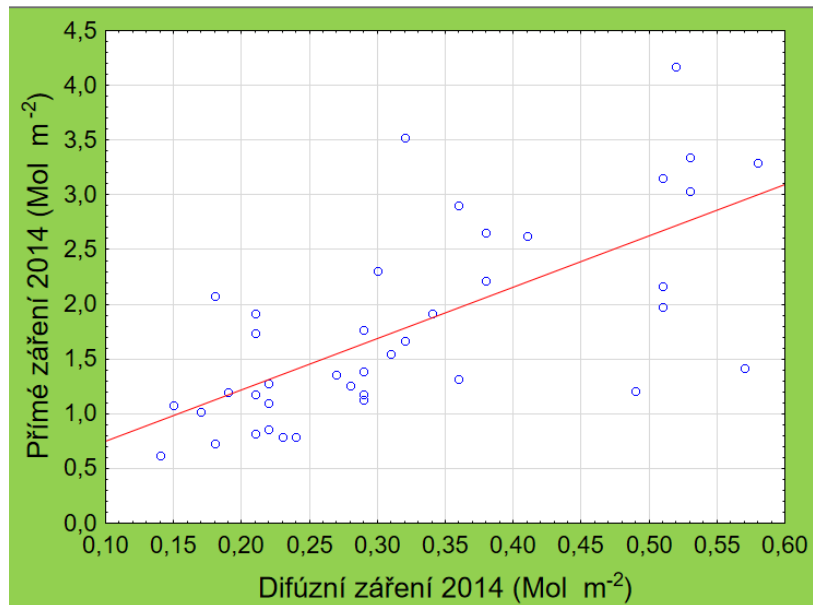
Graf 2. Závislost průměrné hmotnosti biomasy nasbírané v roce 2015 na hodnotě difúzního záření naměřeném v roce 2014. Červeně vynesena lineární spojnice trendu.

Z důvodu velice odlišných klimatických podmínek v jednotlivých sezónách jsem vytvořil dva grafy, ve kterých je vyobrazena závislost hodnot přímého a difúzního záření pro každou sezónu. V grafu 3 můžeme pozorovat grafické znázornění měření provedených v roce 2015. Podle uspořádání jednotlivých bodů můžeme říci, že naměřené hodnoty vykazují jistou míru linearitu, na což poukazuje i červeně vynesená spojnice trendu.

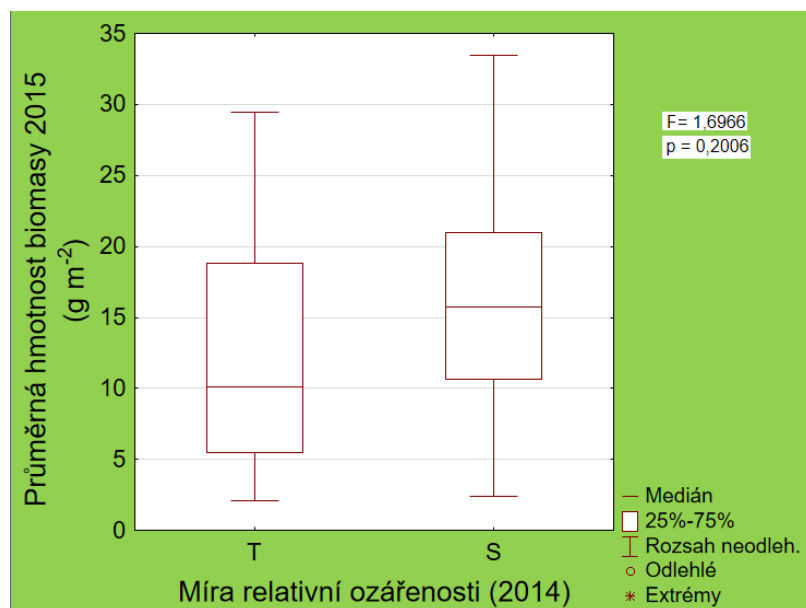


Graf 3. Vyobrazení závislosti nezávislých veličin přímé a difúzní záření naměřené v roce 2015. Červeně vynesena lineární spojnice trendu.

Na grafu 4 pak můžeme pozorovat závislost hodnot přímého a difúzního záření zaznamenaných za sezónu 2014. Zde vidíme na první pohled mnohem menší uspořádání vyobrazených hodnot, tudíž lineární trend není tak jednoznačný jako v grafu 3.

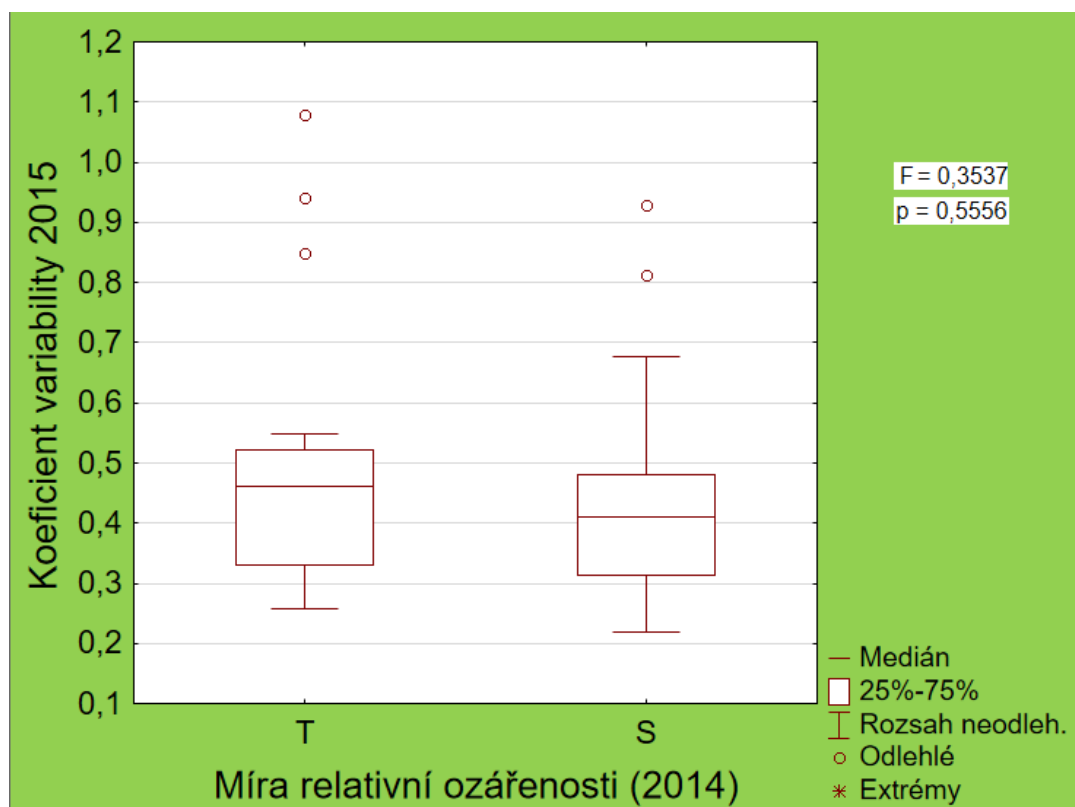


Graf 4. *Závislost hodnot přímého a difúzního záření zaznamenaných za sezónu 2014. Červeně vynesena lineární trend.*



Graf 5. *Krabicový graf závislosti průměrné hmotnosti biomasy z roku 2015 na relativní míře ozáření (2014). T – představuje tmavší porosty, S – světlejší porosty.*

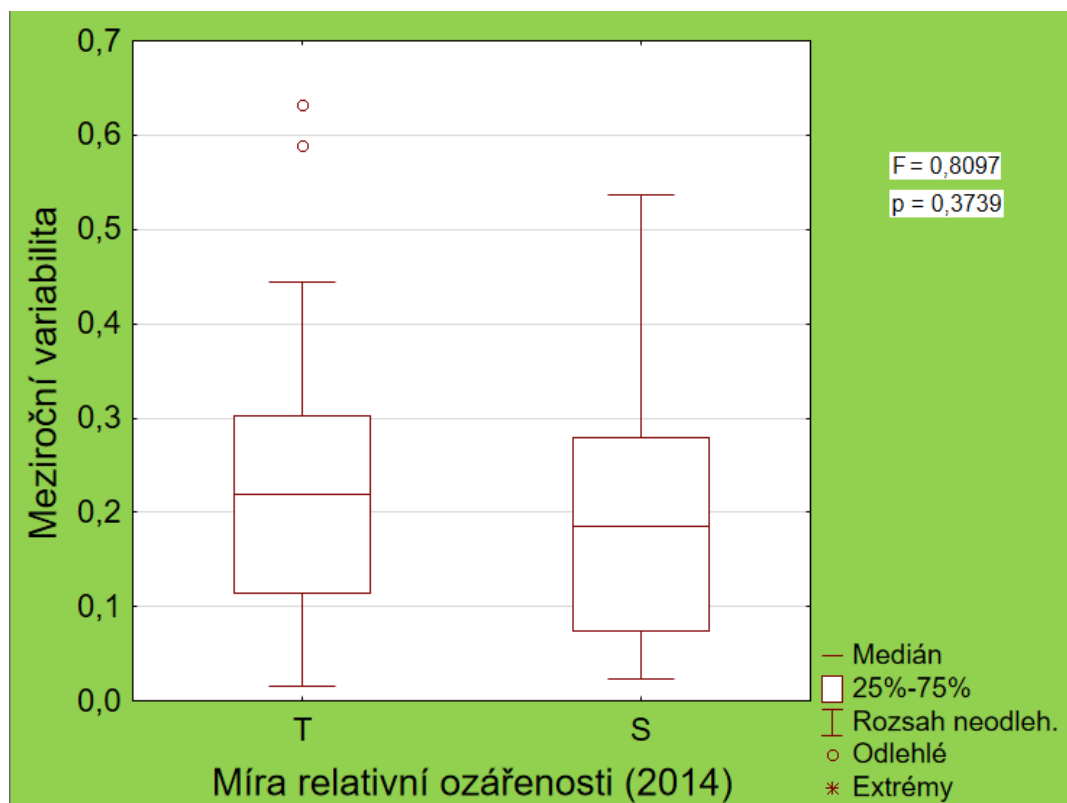
Pro účely ověření první pracovní hypotézy jsem vytvořil krabicový graf znázorňující přírůst biomasy v závislosti na světelných podmínkách stanoviště. Na grafu 5 můžeme porovnat, jak je produkce biomasy ovlivněna světelnými podmínkami na jednotlivých zkusných plochách. Na jeho základě pak můžeme pozorovat, že ve světlejších porostech je průměrný přírůst biomasy vyšší než ve stinnějších porostech.



Graf 6. Krabicový graf zobrazující závislost koeficientu variability tvorby biomasy z roku 2015 na míře relativní ozáření (2014). T – představuje tmavší porosty, S – světlejší porosty.

K prozkoumání druhé pracovní hypotézy jsem použil opět krabicový graf, tentokrát znázorňující variabilitu tvorby biomasy v roce 2015 v závislosti na světelných podmínkách zkusných ploch (opět použita data ze sezóny 2014). Graf 6 nám ukazuje, že na stinnějších stanovištích je koeficient variability nepatrně vyšší

než na prosvětlenějších místech. Ze statistického hlediska jde však o velmi nepatrný rozdíl.



Graf. 7. Krabicový graf znázorňující závislost absolutního rozdílu koeficientů variability obou sezón a relativní míře ozáření (2014). T – představuje tmavší porosty, S – světlejší porosty.

Poslední graf se rovněž zabývá problematikou druhé hypotézy. Tentokrát jde o srovnání mezi jednotlivými sezónami. Graf 7 nám zobrazuje závislost meziroční variability na světelných podmínkách jednotlivých zkusných ploch. Stejně jako v případě grafu 6 však ukazuje pouze nepatrně vyšší hodnotu u stinnějších stanovišť porostu než u světlejších.

5. Diskuze

5.1 Metodický postup stanovení zápoje stromového patra

V průběhu zpracování literární rešerše jsem narazil na několik způsobů, jak stanovit zápoj stromového patra. V rámci mého výzkumu je tento aspekt velice důležitý a proto se chci nad touto problematikou na chvíli pozastavit. Wernerová (2009) ve své práci používá metodu svislého fotografického snímku pořízeného z fotoaparátu s klasickým objektivem. Metodiku tohoto postupu uvádí ve své publikaci Coch et al. (2005). Pořízený snímek je zaznamenán již v černobílém formátu a následná úprava v grafickém programu má za úkol tento kontrast ještě zvýraznit. Zde ovšem nastává problém v rozlišení jednotlivých pixelů na různých škálách odstínů šedi. Zde, stejně jako u metody hemisférických fotografií korunového zápoje, může dojít k záměně tmavě zbarvených pixelů, které však reprezentují oblačnost, za pixely představující listovou plochu, jak popisuje Jockheere et al. (2004). Skutečnost, že výřez klasické fotografie je obdélníkový, a tudíž nemusí představovat celkovou situaci na daném místě, je větší názoru.

Další metodu získání dat uvádí Hradilová (2010). Ta ve své práci používá mimo hemisférických fotografií také klasickou fotografii. Ta je na rozdíl od svislého fotografického snímku focena v normální barevné podobě a následné převedení a analýza probíhá v prostředí programu *SideLook*. Ovšem zpracování ve zmíněném programu je přinejmenším složité. Důležité je sjednotit tzv. vztažnou vzdálenost (*distance reference*), která se musí postupně nastavit pro jednotlivé snímky zvlášť. To pak může mít za následek vznik nežádoucích rozdílů mezi jednotlivými analýzami, což může ovlivnit interpretaci výsledků.

Macek (2011) ve své diplomové práci uvádí, že samotná intenzita přímého slunečního záření může mít veliký vliv na zkreslení výsledného snímku. Při naplánované práci v terénu se ne vždy dá vyvarovat nepříznivosti světelných podmínek (zejména přeexponování snímku, odraz slunce na pole snímače). Hemisférické fotografie jsou pro tyto případy ideální, neboť jsou méně citlivé na světelné podmínky (Gendron et al., 1998).

5.2 Vliv světla na produktivitu bylinného patra

Jediným signifikantním výsledkem se ukázala závislost průměrné hmotnosti biomasy z roku 2015 na hodnotě difúzního záření měřeného v roce 2014. Tento výsledek do jisté míry podporuje tvrzení Macka (Macek, 2011), který ve své diplomové práci uvádí, že difúzní složka záření je jedním z hlavních faktorů ovlivňujícím diverzitu vegetace. Hradilová (2010) ve své práci dospěla k závěru, že v prostředí světlých doubrav, vliv světla jednoznačně vysvětluje variabilitu lesní vegetace na malé škále. Rovněž pořizovala hemisférické snímky korunového zápoje, ale pro analýzu použila fotografie s jižním výřezem, jejíž středem prochází trajektorie Slunce v letních měsících. Ke stejnému závěru dospěla i Makovcová (2008), která popisuje výrazně ovlivnění podrostu doubrav množstvím světla na jednotlivých stanovištích, ale zmiňuje i skutečnost, že záleží i na světové straně, ze které světlo dopadá a jeho intenzitě.

Jako marginálně signifikantní se pak ukázala závislost průměrné hmotnosti biomasy na celkovém množství záření měřeného v roce 2014. Wernerová (2009) uvádí, že celkové množství záření, je jedním z hlavních faktorů ovlivňující složení druhů lesních společenství v oblasti Českého krasu. Stejný faktor pak pro vysvětlení diverzity uvádí i Hoffmeister et al. (2009).

Vzhledem k extrémním podmínkám, které panovaly na lokalitě v sezóně roku 2015, můžeme brát za jakýsi výchozí stav data naměřená v roce 2014. Zde se jednoznačně ukázala závislost produkce biomasy na jednotlivých složkách světelného záření a také na struktuře korunového zápoje. Zápoj může do značné míry ovlivnit polohu dopadu přímého záření. Velikost mezer v korunovém zápoji má tedy značný vliv jak na intenzitu, tak na délku působení přímého záření (Canham et al., 1990).

V průběhu vegetační sezóny minulého roku, byly velice extrémní klimatické podmínky. Dlouhotrvající vysoké teploty a nedostatek srážek, které jsme mohli pozorovat v průběhu léta 2015, do značné míry mohly ovlivnit výsledky analýz. Tyto okolnosti mohly mít dopad jak na přírůst přízemní biomasy, tak na strukturu korunového zápoje. V době, kdy se pořizovaly hemisférické fotografie (konec srpna 2015), jsme zaznamenali již značnou defoliaci dřevin na zkusných plochách, která poukazuje na extremitu sledované sezóny. Za rok 2015 (t. j. od listopadu 2014 do

října 2015) spadlo v ČR pouze 500 mm srážek, což je spolu s rokem 1973 nejméně za hodnocené období posledních 55 let. (Daňhelka et al., 2015).

Význam světla s ohledem na produktivitu bylinného patra je tedy nezanedbatelný. Nemůžeme se však spoléhat pouze na tento jediný faktor. Složení a četnost jednotlivých druhů se odvíjejí hlavně od typu horninového podkladu, klimatických podmínek a v neposlední řadě i historickým vývojem dané lokality. Množství světla je na malých škálách značně propojené s pokryvností a četností jednotlivých druhů (Macek, 2011).

5.3 Zhodnocení sezónní a meziroční variability produkce biomasy dle světlených podmínek

Nedílnou součástí této práce bylo ověření dvou pracovních hypotéz popsaných v úvodu. Zjištěním vlivu světla na přímou produkci biomasy jsem obsáhl jeden velice důležitý aspekt, ale neopomenutelným faktorem je i její variabilita v rámci jednotlivých stanovišť porostu. Vzhledem k silné defoliaci v sezóně 2015 jsem sice nemohl objektivně použít naměřené radiační hodnoty, ale mohl jsem porovnat průměrnou hmotnost biomasy z roku 2015 s hodnotami slunečního záření průměrné sezóny 2014. V prvním případě byl nalezen jen slabý trend, tedy prosvětlení stanoviště má za následek pouze nevýrazné zvýšení produkce biomasy bylinného patra, čímž ale nemohu tuto pracovní hypotézu jednoznačně potvrdit.

Následně, pro ověření druhé hypotézy, byla porovnána sezónní a meziroční variabilita světlejších a stinných stanovišť. V obou případech též nebylo jednoznačně prokázáno, že by na světlejších stanovištích byla variabilita vyšší než na stinných. Z tohoto důvodu proto byla druhá hypotéza zamítnuta.

Tento výsledek může být na jednu stranu ovlivněn nedostatkem dat a krátkou dobou pozorování, neboť zatím máme k dispozici pouze data ze dvou vegetačních období. Navíc sezóna 2015 byla ovlivněna extrémními podmínkami. Na druhou stranu však můžeme říci, že sluneční podmínky nemají až tak zásadní dopad na variabilitu zkusných ploch. Je zde mnoho dalších faktorů, které tuto proměnnou mohou ovlivňovat. V rámci spekulace se domnívám, že limitujícím faktorem na tomto stanovišti je voda. Protože se jedná o západní svah, je zde značný vliv

slunečního, potažmo tepelného záření, které způsobuje vyšší odpar. Navíc sklon svahu dozajista napomáhá odvodu dešťových srážek. Situaci určitě nepomáhá ani fakt, že na značné části území je velice slabý humusový horizont, kvůli kterému se v půdě voda ani dlouhodobě udržet nemůže. Bez ohledu na zvýšenou dotaci světla tak pravděpodobně nemohou byliny lesního podrostu vyprodukovat podstatně větší množství biomasy.



Stav korunového zápoje na ploše č. 30.

6. Závěr

Terénním průzkumem v PR Na Voskopě se podařilo získat cenná data vypovídající o světelných podmínkách na jednotlivých zkusných plochách. Následné analyzování těchto podmínek však v souladu s cíli práce bylo značně neprůkazné. Na první pohled by se tak mohlo zdát, že analýza dat naměřených v roce 2015, neprokázala prakticky žádnou přímou závislost mezi intenzitou záření a výší produkce biomasy. Musíme však brát v úvahu všechny faktory. Působením extrémních teplotních podmínek a díky defoliaci korunového zápoje v průběhu sezóny roku 2015 byla data značně ovlivněna. Přesto díky porovnání s daty ze sezóny roku 2014 se podařilo objevit přetrvávající trend vlivu difúzního záření na produkci biomasy bylinného patra. Metoda hemisférických fotografií se ukázala jako velice účinná pro stanovení struktury korunového zápoje a pro další průzkumy tohoto typu je vřele doporučuji. Ohledně stanovených pracovních hypotéz mohu uzavřít, že průměrný přírůst biomasy na plochách prosvětlených těžebním zásahem byl vyšší (byť jen o velmi malý přírůst) v porovnání s původním stavem. Druhá hypotéza se však nepotvrdila, meziroční variabilita nedosáhla statisticky průkazného rozdílu mezi tmavými a světlejšími porosty.

7. Zdroje

- Canham, C. D., Denslow, J. S., Platt, W. J., Runkle, J. R., Spies, T. A. & White, P. S. (1990): Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 20: 620–631.
- Coch, T., Bertiller R. & Trachsler B. (2005): Effiziente Erfassung der Kronendichte mit Hilfe fotografischer Senkrechtaufnahmen. – *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 156/2: 59–64.
- Culek, M. (1996): Biogeografické členění České republiky. – Enigma, Praha: 347 s.
- Daňhelka, J., Bercha Š., Boháč, M., Crhová, L., Čekal R., Černá, L., Elleder, L., Fiala, R., Chuchma, F., Kohut M., Kourková, H., Kubát, J., Kukla, P., Kulhavá, R., Možný, M., Reitschläger, J. D., Řiřicová, P., Sandev, M., Sřivánková, P., Šercl, P., Štěpánek, P., Valeriánová, A., Vlnas, R., Vrabec, M., Vráblík, M., Zahradníček, P. & Zrzavecký, M. (2015): Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015. – ČHMÚ, Praha: 160 s.
- Fuller, R. J. & Warren, M. S. (1993): Coppiced woodlands: their management for wildlife. – Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, UK: 29 s.
- Frazer, G. W., Lertzman, K. P. & Trofymow, J. A. (1997): A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. – Ms., Information Report BC-X-373, Pacific Forestry Centre, Victoria, BC: 81p.
- Gendron, F., Messier, C. & Comeau, P. G. (1998): Comparison of various methods for estimating the mean growing season percent photosynthetic photon flux density in forests. – *Agricultural and Forest Meteorology* 92: 55–70.
- Hofmeister, J., Hošek, J., Modrý, M. & Roleček, J. (2009): The influence of light and nutrient availability on herb layer species richness in oak-dominated forests in central Bohemia. – *Plant Ecology* 205: 57–75.

- Hradilová, L. (2010): Maloškálová prostorová variabilita stanovištních faktorů v dubových lesích a její vztah k druhovému složení bylinného patra. – Ms., 48 p. [Bakal. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].
- Inoue, A., Yamamoto, K. & Mizoue, N. (2011): Comparison of automatic and interactive thresholding of hemispherical photography. – *Journal of Forest Science* 57/2: 78–87.
- Jarčuška, B., Kucbel, S. & Jaloviár, P. (2010): Comparison of output results from two programmes for hemispherical image analysis: Gap Light Analyser and WinScanopy. – *Journal of Forest Science* 56/4: 147–153.
- Jonckheere, I. (2004): Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. – *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 19–35.
- Korpeľ, Š. (1991): Pestovanie lesa. – *Príroda*, Bratislava: 472 s.
- Lepš, J. (1996): Biostatistika. – Jihočeská univerzita, České Budějovice: 166 s.
- Ložek, V., Kubíková J., Spyňar P. et al. (2005): Střední Čechy. – In: Mackovčín P. & Sedláček M. [eds]: Chráněná území ČR, svazek XIII. – AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha: 904 s.
- 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. (2013): Role stanovištních faktorů při sukcesi světlých doubrav k dubohabřinám. – Ms., 74 p. [Dipl. práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie PřF MU, Brno].
- Moravec, J. et al. (1994): Fytocenologie. – Academia, Praha: 403 s.
- Simon, J. & Vacek, S. (2008): Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů. – MZLU Brno: 126 s.
- Slavíková, J. (1986): Ekologie rostlin. – SPN, Praha: 366 s.
- Šmelko, Š. (2000): Dendrometria. – TU Zvolen: 399 s.

ÚHÚL, (s. d.): Oblastní plán rozvoje lesů, PLO 8 – Křivoklátsko a Český kras [Platnost 2000–2019]. – Ms., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem.

Utinek, D. (2009): Rámcové směrnice pro pěstování středního lesa. – Ochrana přírody, 64/4: 12–14.

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].

7.1 Legislativa

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

7.2 Internetové zdroje

www1: Kadavý, J., Kneifl, M. (2014): Skryté kouzlo pařezin, magazín Vesmír [online]. Dostupné na: <http://vesmir.cz/2014/10/01/skryte-kouzlo-parezin/>

www2: Ulbrichová, I.: Sluneční záření [online]. Dostupné na: http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/lesazareni/slunecnizareni.htm

www3: Ulbrichová, I.: Primární a sekundární produkce [online]. Dostupné na: http://fle.czu.cz/~ulbrichova/Skripta_EKOL/produkce/produkce.htm

8. Příloha

Tabulka významu hodnot primárních dat a tabulka s primárními daty.

<u>Význam jednotlivých hodnot ve sloupcích tabulky primárních dat</u>	
Plot	číslo zkusné plochy
1	1. podploška
2	2. podploška
3	3. podploška
4	4. podploška
5	5. podploška
cv15	koeficient variability v roce 2015
mean15	průměrná hmotnost biomasy sebraná v roce 2015
cv14	koeficient variability v roce 2014
mean14	průměrná hmotnost biomasy sebraná v roce 2014
richness	Hodnota indexu diverzity
shannon	Hodnota Shannonova indexu diverzity
even	Hodnota Shannonova Evenness indexu diverzity
simpson	Hodnota Simpsonova indexu diverzity
gapfract	počet pixelů klasifikovaných jako obloha v regionu (na fotce) v roce 2015
opennes	procento otevřené oblohy (reálné podmínky) v roce 2015
direct15	hodnota přímého záření v roce 2015
diff15	hodnota difúzního záření v roce 2015
total15	suma přímého a difúzního záření za rok 2015
%fsun15	poměr dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem v roce 2015
direct14	hodnota přímého záření v roce 2014
diff14	hodnota difúzního záření v roce 2014
total14	suma přímého a difúzního záření za rok 2014
%fsun14	poměr dopadajícího záření pod porostem vůči záření nad porostem v roce 2014

plot	1	2	3	4	5	cv15	mean15	cv14
1	3,04	0,44	6,36	1,12	12,56	0,942	4,7	0,721
2	26	37,16	17,76	21,64	19,8	0,282	24,47	0,499
3	24,44	0,12	0,84	2,84	23,52	1,079	10,35	0,685
4	1,2	2,48	2,44	2,72	1,76	0,264	2,12	0,708
5	13,68	12,8	46,56	8,08	6,16	0,849	17,46	0,216
6	3,4	1,84	5,64	9,36	5,36	0,494	5,12	0,824
7	12,52	18,2	10,52	11,36	6,56	0,318	11,83	0,532
8	17,24	29,96	14,6	19,6	19,56	0,258	20,19	0,395
9	5,68	13,84	7,36	14,84	26,28	0,534	13,6	0,489
10	13,48	5,52	13,56	9,76	15,28	0,304	11,52	0,551
11	3,96	2,88	6,04	9,4	3,84	0,446	5,22	0,709
12	3,72	5,96	11,24	8,84	7,6	0,341	7,47	0,617
13	0,36	6,44	1	5,6	5,84	0,678	3,85	0,564
14	31,68	36,88	29,04	5,4	20,28	0,447	24,66	0,156
15	16,16	20,24	12,56	23,12	23,28	0,218	19,07	0,486
16	1,64	4,92	4,8	2,48	0,96	0,549	2,96	0,283
17	2,16	2,68	1,32	2,6	3,12	0,257	2,38	0,662
18	18,04	5,16	14	14,76	26,16	0,434	15,62	0,604
19	38,76	12,88	8,16	26,04	26,32	0,484	22,43	0,387
20	23,6	43,4	31,76	31,8	19,56	0,273	30,02	0,312
21	3,48	5,92	2	10,48	6,52	0,511	5,68	0,738
22	3,52	16,64	11,8	5,72	11,2	0,477	9,78	0,593
23	20,92	10,28	11,24	27,48	19,52	0,359	17,89	0,41
24	2,2	6,72	27,16	2,96	9,96	0,93	9,8	0,393
25	30,88	20,4	16,76	15,92	27,64	0,267	22,32	0,302
26	2,4	0,6	13,64	18,28	6,4	0,813	8,26	1,208
27	9,64	9,32	4,92	3,68	12,24	0,399	7,96	0,257
28	1,6	7,08	10,56	24,92	17,24	0,66	12,28	0,636
29	11,88	16,44	12,28	27,24	12,88	0,358	16,14	0,557
30	13,32	22,2	9,2	9,2	24,92	0,418	15,77	0,528
31	2,68	5,04	8,56	6,6	10,44	0,405	6,66	0,703
32	26,68	19,36	10,52	12,52	6,32	0,475	15,08	0,274
33	9,56	4,12	5,44	5,12	4,44	0,343	5,74	0,932
34	8,2	37,92	29,92	33,68	57,52	0,473	33,45	0,269
35	24,76	49,96	25,44	21,84	10,12	0,492	26,42	0,508
36	20,64	8,76	27,08	17,36	24,12	0,323	19,59	0,365
37	23,72	9,12	14,64	15,96	14,4	0,302	15,57	0,256
38	10,36	41,2	15,68	22,48	40,76	0,488	26,1	0,601
39	20,2	29,72	24,76	24,04	48,64	0,341	29,47	0,287
40	8,16	8,92	15,6	19,12	20	0,347	14,36	0,23

plot	mean14	richness	shannon	even	simpson	gapfract	opennes	direct15
1	5,98	37	2,63	0,73	0,85	34,56	34,95	20,38
2	16,8	36	2,96	0,83	0,91	51,72	51,86	29,57
3	2,58	32	3,05	0,88	0,92	55,16	55,25	28,12
4	12,8	36	2,9	0,81	0,87	57,49	57,67	36,43
5	10,88	41	2,89	0,78	0,9	54,09	54,09	37,52
6	9,78	33	2,46	0,7	0,81	13,48	13,43	5,91
7	5,59	38	2,4	0,66	0,79	19,71	19,81	11,15
8	16,7	44	3,12	0,82	0,91	22,58	22,72	13,74
9	14,1	43	3,31	0,88	0,94	30,78	30,79	10,09
10	11,23	43	3,36	0,89	0,95	23,81	23,8	4,69
11	6,26	40	2,59	0,7	0,81	12	12,07	5,42
12	6,84	37	2,9	0,8	0,88	14,83	14,9	11,89
13	4,6	43	3,02	0,8	0,89	15,71	15,72	10,99
14	44,41	39	3,22	0,88	0,94	20,17	20,27	19,82
15	27,41	43	3,46	0,92	0,95	23,77	23,69	12,35
16	4,91	31	2,56	0,74	0,83	8	8,04	5,14
17	6,97	31	2,63	0,76	0,86	8,99	9,12	4,79
18	12,13	42	3,28	0,88	0,94	17,44	17,51	8,97
19	33,96	35	3,17	0,89	0,94	30,19	30,45	22,46
20	60,18	49	3,46	0,89	0,95	25,89	25,97	19,02
21	12,7	37	2,76	0,76	0,86	12,36	12,38	10,13
22	6,42	39	2,92	0,8	0,88	7,85	7,88	2,68
23	17,02	45	3,37	0,89	0,95	21,26	21,47	13,95
24	16,14	42	3,1	0,83	0,9	12,7	12,65	6,77
25	32,44	40	3,26	0,88	0,94	16,49	16,52	15,6
26	11,54	32	2,84	0,82	0,9	6,54	6,55	4,13
27	11,13	40	2,92	0,79	0,9	12,87	12,98	6,85
28	11,26	48	3,28	0,85	0,92	14,52	14,52	4,43
29	17,44	42	3,39	0,91	0,95	16,86	16,77	8,92
30	26,88	35	3,12	0,88	0,94	10,96	10,93	6,47
31	10,39	33	2,72	0,78	0,87	7,75	7,7	5,56
32	16,97	37	2,96	0,82	0,89	16,96	17,15	11,54
33	9,46	42	3,25	0,87	0,93	19,61	19,79	15,95
34	36,2	50	3,69	0,94	0,97	23,28	23,19	4,81
35	36,86	41	3,4	0,92	0,95	27,01	27,1	22,09
36	20,06	44	3,46	0,91	0,95	32,09	32,31	13,56
37	13,06	50	3,41	0,87	0,94	17,73	17,82	14,08
38	29,46	43	3,35	0,89	0,95	7,41	7,44	3,16
39	24,25	51	3,38	0,86	0,93	18,66	18,6	9,61
40	26,62	47	3,47	0,9	0,95	21,64	21,68	9,56

plot	diff15	total15	%fsun15	direct14	diff14	total14	%fsun14
1	3,4	23,77	55,1	0,62	0,14	0,76	1,7
2	4,35	33,92	78,4	1,55	0,31	1,86	4,3
3	4,43	32,55	73	1,21	0,49	1,7	3,9
4	4,89	41,32	91	1,02	0,17	1,19	2,7
5	4,32	41,84	90,5	1,39	0,29	1,68	3,8
6	1,01	6,92	16	1,13	0,29	1,42	3,3
7	1,73	12,88	30,1	1,1	0,22	1,31	3
8	2,01	15,75	36,9	0,86	0,22	1,09	2,5
9	2,43	12,52	29,4	0,73	0,18	0,9	2,1
10	1,65	6,34	15,1	2,17	0,51	2,68	6,1
11	1,04	6,46	15	1,26	0,28	1,55	3,5
12	1,26	13,15	30,9	1,36	0,27	1,63	3,7
13	1,23	12,22	28,6	2,31	0,3	2,61	6
14	1,73	21,55	50,4	2,22	0,38	2,6	6
15	1,6	13,95	33,1	1,77	0,29	2,07	4,7
16	0,69	5,83	13,5	0,79	0,23	1,03	2,4
17	0,95	5,74	12,9	1,92	0,21	2,13	4,9
18	1,49	10,46	23,9	1,98	0,51	2,5	5,7
19	2,85	25,31	57,9	4,17	0,52	4,7	10,8
20	2,13	21,15	49,4	1,92	0,34	2,26	5,2
21	0,97	11,1	26	1,18	0,29	1,47	3,4
22	0,68	3,36	7,7	0,79	0,24	1,03	2,4
23	2,09	16,05	35,5	3,15	0,51	3,66	8,4
24	0,87	7,64	18,1	3,03	0,53	3,56	8,2
25	1,34	16,94	39,3	3,29	0,58	3,87	8,9
26	0,43	4,56	10,1	2,08	0,18	2,26	5,2
27	1,19	8,04	18,9	1,08	0,15	1,23	2,8
28	1,08	5,5	13	2,66	0,38	3,04	7
29	1,18	10,1	22,8	3,34	0,53	3,87	8,9
30	0,8	7,27	16,5	2,9	0,36	3,26	7,5
31	0,58	6,14	13,3	1,74	0,21	1,95	4,5
32	1,79	13,33	28,9	1,67	0,32	1,99	4,6
33	1,81	17,75	40,3	1,18	0,21	1,4	3,2
34	1,54	6,34	15,1	1,42	0,57	2	4,6
35	2,23	24,33	56,9	1,2	0,19	1,38	3,2
36	2,84	16,4	38,5	3,52	0,32	3,84	8,8
37	1,64	15,72	34,6	0,82	0,21	1,03	2,4
38	0,63	3,78	8,7	1,32	0,36	1,68	3,8
39	1,42	11,04	24,3	1,28	0,22	1,5	3,4
40	1,9	11,45	24,8	2,62	0,41	3,03	6,9