

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
Studijní program: Biologie
Studijní obor: Botanika



BC. MARTIN MACEK

**VLIV SVĚTLA NA SLOŽENÍ A DIVERZITU LESNÍ
VEGETACE V ČESKÉM STŘEDOHOŘÍ**

*EFFECTS OF LIGHT ON UNDERSTORY VEGETATION
COMPOSITION AND DIVERSITY*

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Školitel: Mgr. Martin Kopecký

PRAHA, 2011



„Prostřední hory se nazývají ty, jež se táhnou v souvislém řetězu od Litoměřic k Bílíně a k Mirošovicům. Královnou těch hor je nepochybně Milešovka, která nad ostatní vyniká svým temenem. Ostatní stojí kolem ní jako mlčenliví sluhové, kteří nic neoznamují, ona sama však předpovídá jasné nebo deštivé počasí, chmurný a oblačný den nebo zase veselý a jasný; slovem: naprosto jasně naznačuje, jak bude.“

Bohuslav Balbín: Miscellanea historica regni Bohemiae, 1679

Poděkování

Zasloužený dík patří především mému školiteli, Martinovi Kopeckému, za příkladné vedení práce. Alžbětě děkuji za trpělivost, jakou se mnou měla když jsem se trmácel po kopcích středohorských. Všem geobotanikům pak za příjemné a tvůrčí prostředí, jaké na geobotanice panuje.

Obsah

Abstrakt	4
Abstract	5
1 Úvod	6
1.1 Světlo jako ekologický faktor	6
1.2 Vliv světla na diverzitu	10
1.3 Metody stanovení světelných podmínek	11
1.4 Cíle práce	13
2 Metodika	14
2.1 Území	14
2.2 Studijní plochy	16
2.2.1 Výběr ploch	16
2.2.2 Tvar ploch a jejich vyznačení v terénu	18
2.3 Vegetační data	18
2.4 Stanovení světelných podmínek	19
2.5 Stanovení půdní reakce	21
2.6 Statistické zpracování dat	22
3 Výsledky	25
3.1 Charakteristika světelných podmínek	25
3.2 Vliv dominantní dřeviny	27
3.3 Srovnání Ellenbergových indikačních hodnot s měřením	29
3.4 Diverzita	32
3.4.1 Alfa diverzita	32
3.4.2 Beta diverzita	38
3.5 Vliv světla na druhové složení a pokryvnosti	40
3.6 Ekologická nika druhů	44
4 Diskuze	48
4.1 Diskuze metodiky	48
4.2 Diskuze výsledků	49
4.2.1 Ekologický význam složek záření	49
4.2.2 Diverzita	49
4.2.3 Vliv dominantní dřeviny na vegetaci	52
4.2.4 Vliv světla na vegetaci	53
4.2.5 O věrohodnosti Ellenbergových indikačních hodnot	54
4.2.6 Ekologické nároky rostlin na světlo	55
5 Závěr	58
6 Literatura	59
7 Přílohy	67
7.1 Seznam zkratk	67
<i>Zkratky druhových názvů</i>	67
Nastavení parametrů analýzy hemisférických fotografií	72
7.2 Mapy	73
7.2.1 Druhová diverzita ploch	73
7.2.2 Množství difúzního záření na plochách	74
7.2.3 Půdní pH svrchního A horizontu	75
7.3 Soupis ploch	76

Abstrakt

Světlo hraje důležitou roli v lesních ekosystémech, protože jeho snížená dostupnost je limitujícím faktorem pro rozvoj bylinného patra a růst semenáčků dřevin. Význam světla pro druhové složení a diverzitu vegetace nebyl dosud v České republice dostatečně prozkoumán. Tato práce přináší poznatky o vlivu světla na vegetaci v krajinném i lokálním měřítku a srovnává je s účinkem dalších ekologických faktorů v modelovém území Českého středohoří. V práci jsem kvantifikoval jsem vliv světelných podmínek na pokryvnost, diverzitu a druhové složení lesní vegetace. Množství dostupného difúzního záření bylo po půdní reakci a svažitosti terénu nejsilnějším prediktorem druhové diverzity bylinného patra v krajinném měřítku, na jemné škále byl vliv světla silnější než vliv půdní reakce. Zjistil jsem rozdíly prostorové variability i celkového množství dostupného světelného záření v bylinném patře podle dominantní dřeviny. Fotometrické měření světelných podmínek pomocí hemisférické fotografie přispělo významně k zvýšení predikční schopnosti modelů vysvětlujících druhovou diverzitu. Vliv světla na druhové složení lesní bylinné vegetace byl sice průkazný, v porovnání s jinými fyzicko-geografickými gradienty prostředí byl méně důležitý.

Klíčová slova: Beta diverzita; České středohoří; druhová diverzita; ekologická nika; heterogenita prostředí; lesní vegetace; půda; světlo; temperátní opadavé lesy

Abstract

Light is essential component of forest ecosystem, as limited light availability in forest-floor restricts herb and tree seedlings growth. Importance of light availability for maintaining plant species diversity and community structure wasn't sufficiently evaluated in the Czech Republic. This study focus on the ecological relevance of light availability on both landscape and local scale. Relationship of light to cover, diversity and species composition was quantified in the thesis. Dominant tree species affected light availability and its spatial variability. Light availability was along the soil reaction and slope most influential factor for large-scale species diversity. Within-site light variability affected plant diversity more than soil reaction variability. Measuring light by means of hemispherical photography seems to be an appropriate for studies like this. Light availability influence on community composition is weak in comparison with other environmental gradients.

Keywords: Beta diversity; České středohoří; Ecological niche; Heterogeneity; Forest vegetation; Light conditions; Soil; Species richness; Temperate deciduous forest

1 Úvod

1.1 Světlo jako ekologický faktor

Světlo je považováno za jeden z důležitých faktorů, ovlivňujících druhové složení (Jelaska et al. 2006), diverzitu (Hofmeister et al. 2009; Naaf & Wulf 2007) a pokryvnost či produktivitu bylinných lesních společenstev (Elemans 2004; Wernerová 2009). Fotosynteticky aktivní část záření o vlnových délkách 400 až 700 nm (*photosynthetic active radiation* - PAR) je nezastupitelným zdrojem pro fotosyntézu rostlin. PAR se svým rozsahem téměř shoduje s viditelnou částí spektra. Rostliny jsou schopné přijmout pomocí fytochromů informaci o záření kratší i delší vlnové délky než je rozsah PAR, zvláště důležité je dlouhovlnné červené záření (Procházka et al. 2003). Přímé sluneční záření a záření rozptýlené při průchodu atmosférou – difúzní záření představují základní složky dopadajícího záření. V celoročním průměru na území ČR mírně převažuje energie difúzního záření (Tolasz et al. 2007).

Procházející záření není pouze zdrojem pro fotosyntézu, působí i jako faktor ovlivňující stanovištní mikroklima. Známý je vliv na půdní vlhkost a teplotu (Breshears et al. 1998; 1997). Dále světelné podmínky ovlivňují aktivitu živočichů, což může mít díky četným interakcím sekundární vliv i na vegetaci (Endler 1993). Naproti tomu struktura vegetace do značné míry závisí na stanovištních podmínkách, jedná se tedy o vzájemně provázaný zpětnovazebný systém.

Lesní prostředí je charakteristické omezeným množstvím záření, které prochází korunami stromů a zvýšenou variabilitou v prostoru i čase (Bazzaz 1996; Martens, Breshears, & Meyer 2000). Časová a prostorová variabilita je způsobena zejména charakteristikami stromového patra: výškou a tvarem korun dřevin, listovou plochou, fenologií olistění, dále pak denním a ročním chodem Slunce a počasím (Barbier, Gosselin, & Balandier 2008; Canham et al. 1994; Hutchison & Matt 1977; Lechowicz 1984). V temperátních opadavých lesích prochází největší množství záření porostem v jarních měsících těsně před rozvojem olistění dřevin, následuje rychlý pokles během jara. V letních měsících je množství záření stabilně nízké, s ročním minimem počátkem podzimu, kdy jsou dřeviny ještě olistěné a slunce se pohybuje níže nad obzorem a dochází tak k absorpci velké části přímého záření vegetací (Ellenberg 1988; Hutchison & Matt 1977).

Podle Endlera (1993) charakterizují lesní prostředí čtyři základní typy světelných podmínek: (1) lesní stín, kdy je zakryta většina oblohy a spektrální křivka procházejícího záření má maxima v zelené a dlouhovlnné červené části spektra; (2) zastíněný okraj světliny, kam dopadá pouze difúzní záření s převahou modré části spektra; (3) malá světlina, kam po část dne dopadá i přímé sluneční záření a (4) velká světlina se světelnými podmínkami podobnými otevřené krajině. Při oblačném počasí se kvalitativní spektrální charakteristiky všech stanovišť přibližují k typu velké světliny. Kvalita a kvantita záření slouží jako signál, kterým rostliny regulují germinaci a morfogenezi (Procházka et al. 2003).

Různé druhy dřevin se liší schopností utvářet stinné porosty. Severoamerické dřeviny seřadili Canham et al. (1993) vzestupně dle průměrného množství záření procházejícího porostem takto: *Fagus sp.* < *Acer sp.* < *Quercus sp.* < *Fraxinus sp.* Pro střeoevropské druhy platí podobný vztah, uvádí se posloupnost *Fagus sylvatica* < *Quercus petraea* < *Betula sp.* (Ellenberg 1988). Druhově specifická schopnost utvářet zástin je daná tvarem světelné křivky fotosyntézy, souvisí s růstovou rychlostí na plně osluněném stanovišti (Coomes & Grubb 2000) a určuje pozici druhů v sukcesi (Valladares 2003). S dostupností světla patrně souvisí i vyšší druhová bohatost lesů s dominancí dubu v porovnání s bukovými lesy (Ellenberg 1988). Kwiatkowska (1994) poukazuje na snižování dostupnosti světla a s tím spojené snížení diverzity v důsledku šíření habru do lesů as. *Potentillo albae* – *Quercetum*. Se změnami v kvalitě a kvantitě záření dochází k sukcesním změnám společenstev. Množství záření ovlivňuje poměr pokryvností funkčních skupin rostlin, manipulací se zápojem tak lze ovlivnit zastoupení zmlazení jednotlivých druhů dřevin a omezit kompetici bylinné vegetace (Wagner, Fischer, & Huth 2010).

Rostliny lesního prostředí využívají různých strategií, jak se s nízkým množstvím světla vyrovnat. Existuje řada metabolických, morfologických a fenologických adaptací na hladinu osvětlení, která jsou různou měrou fenotypově plastická (Givnish 1988). Druhy jarního aspektu využívají dostatečného množství záření před olistěním dřevin. Druhy tolerující zástin v letních měsících musí být schopny využít i velmi nízké hodnoty PAR a obvykle mají nižší růstovou rychlost při vyšších hladinách PAR. Druhy náročnější na světlo v průběhu celé vegetační sezóny pak musí buď kolonizovat prostorově a časově omezené světliny po narušení stromového patra, nebo růst na trvale světlejších místech v lese, které se tvoří zpravidla na extrémně

neproduktivních stanovištích. Trvalé prosvětlení lesů mohou podmínit i velcí herbivoři blokováním obnovy dřevin, míra historického vlivu herbivorů v krajině je však předmětem diskuze (Fraser 2005; Vera 2000). Také výmladkové hospodaření, dříve poměrně běžné ve středoevropském prostoru, zvýhodňovalo světlomilné druhy (Buckley 1992).

Soubor poznatků o ekologických nárocích jednotlivých druhů cévnatých rostlin pro světlo představují Ellenbergovy indikační hodnoty, které přiřazují druhům hodnoty 1 až 9 podle realizované ekologické niky na gradientu světelných podmínek, kdy druhy s vyšší hodnotou vyžadují více světla (Ellenberg et al. 1992; tab. 1). Na základě indikačních hodnot lze vypočítat průměrnou hodnotu pro fytoecologický snímek. Je třeba zohlednit omezenou vyovídací hodnotu, pokud je společenstvo druhově chudé, ekologický gradient příliš krátký, nebo pokud nejsou podmínky v čase stabilní (Diekmann 2003).

Tab. 1: Interpretace Ellenbergových indikačních hodnot pro světlo (podle Ellenberg et al., 1992)

Hodnota	Indikované prostředí	Tolerance relativních hodnot ozáření
1	rostliny hlubokého stínu	méně než 1%, maximálně 30%
2	mezi 1 a 3	
3	rostliny stínomilné	obvykle < 5%
4	mezi 3 a 5	
5	rostliny polostínu	> 10%, výjimečně v plném světle
6	mezi 5 a 7	> 20%
7	částečně světlomilné	> 30%
8	mezi 7 a 9	> 40%
9	rostliny zcela světlomilné	> 50%
x	indiferentní	

Většina ekologických prací, věnující se vlivu světla v lesním prostředí, se soustředí na dynamiku obnovy dřevin po narušení stromového patra (Gálhidy et al. 2005; Naaf & Wulf 2007; Whitmore 1989). Světliny (*gapy*) vznikají narušením stromového patra buď lidským zásahem, nebo pádem stromů vlivem silného větru, či narušením biologickými činiteli. Tím dochází ke změně světelných podmínek a následným sukcesním změnám vegetace (Kozłowski 2002). V tropických deštných lesích byl dynamice gapů přičítán značný vliv na udržení vysoké diverzity dřevin, tento

názor je postupně revidován (Brokaw & Busing 2000; Hubbell 1999). Dynamiku vývoje lesa s důrazem na obnovu dřevin stromového patra ve světlinách popsal pro Československo prof. Zlatník (malý a velký vývojový cyklus lesa). Velký vývojový cyklus podle Zlatníka je podmíněn rozsáhlou disturbancí, po které dojde k výměně klimaxových dřevin za pionýrské druhy s většími nároky na světlo a následnou sukcesí zpět směrem ke klimaxu. Pokud je disturbance menšího rozsahu, předpokládá zachování stejného druhového složení jako před disturbancí. Klíčení, rychlost růstu a mortalita semenáčků závisí na velikosti a orientaci světliny a vzdálenosti semenáčku od okraje porostní stěny (Coates 2000). Práci zaměřených variabilitu světla v disturbancemi nenarušených porostech lze najít méně (např. Hofmeister et al., 2009; Mölder, Bernhardt-Römermann, & Schmidt, 2008; Tinya et al., 2009). Práci která by popisovala světelné poměry lesů v širším regionu jsem nenašel.

Dřeviny nejen utvářejí světelné podmínky v podrostu, ale ovlivňují i půdní vlastnosti čerpáním živin a vody kořeny a kvalitou opadu (Barbier et al. 2008; Wagner et al. 2010). Zároveň se různé druhy dřevin vyskytují na jiných typech stanovišť podle svých ekologických nároků a tak je často obtížné oddělit abiotickou a biotickou složku jejich vlivu na vegetaci.

Dostupnost živin v substrátu, zejména dusíku a fosforu, a vodní režim jsou důležité pro činnost fotosyntetického a metabolického aparátu rostlin. Tím, že se půdní vlastnosti zprostředkovaně podílí spolu se světlem na růstové rychlosti rostlin, dochází k vzájemné interakci faktorů (Chapin et al. 1987; Peace & Grubb 1982). Pokud se mění dostupnost světla, může docházet i ke změně ekologické odezvy pro půdní vlastnosti a naopak. Elemans (2004) ve své studii poukazuje na jev, kdy při nízkém osvětlení lesní rostliny nereagovaly na zvýšený přísun dusíku. Tento jev lze podle Chapina et al. vysvětlit vyšší respirací listů bohatých na dusík ve tmě, čímž se stírá jinak pozitivní vliv dostupnosti dusíku na produktivitu. Rostliny mohou být limitovány více faktory zároveň, pokud mohou kompenzovat nedostatek jednoho zdroje využitím jiného. U druhu *Impatiens parviflora*, který toleruje zástín, pozorovali Peace & Grubb (1982) zvýšení relativní růstové rychlosti nezávisle po přidání fosforu i dusíku při všech úrovních zastínění. To podle nich dokládá, že lesní rostliny jsou schopné plasticky reagovat na stres způsobený nedostatkem zdrojů a tím je možná i koexistence rostlin s různým typem hospodaření s živinami a vodou na stejném stanovišti. Na úživnějších substrátech tak mohou být ekologické niky rostlin pro

světlo širší, jak předpokládají Coomes et al. (2009). Tato skutečnost mimo jiné znesnadňuje využití Ellenbergových indikačních hodnot pro stanovení podmínek stanoviště, které předpokládá unimodalitu druhové odpovědi na ekologickém gradientu a nezávislost na ostatních faktorech (Diekmann 2003). Například pro pH a vlhkost není tato podmínka splněna (Pakeman et al. 2008). Někteří autoři proto navrhují korigovat hodnoty pro lokální podmínky (Schaffers & Sýkora 2000).

Kořenová kompetice o vodu a živiny je značně prostorově vázána s kompeticí nadzemních částí rostlin o světlo. Pozorovaný nárůst produktivity bylinného patra nebo semenáčků dřevin po vzniku gapu tak lze přičíst kromě zvýšené dostupnosti světla i vyššímu množství vody dostupné bylinám. Pokusy s odstraněním kořenů dřevin tuto závislost dokládají (Kozłowski 1949). Najdou se však i práce, které při kontrolovaném pokusu zjistily pouze průkazný vliv prosvětlení porostu (Ricard et al. 2003). Tento rozpor je vysvětlován interakcí se stanovištními podmínkami, tam kde není půdní vlhkost pro rostliny limitující se neočekává významný nárůst produktivity bylinného patra po omezení kořenové kompetice dřevin.

1.2 Vliv světla na diverzitu

Druhová rozmanitost je předmětem pozornosti teoretické ekologie i politiky ochrany životního prostředí, proto považují za nutnou co nejlepší znalost faktorů, které ji ovlivňují. Člověk svými hospodářskými zásahy výrazně ovlivňuje strukturu lesa a s tím související světelné podmínky v podrostu, ovlivňuje tak druhové složení a diverzitu všech pater lesního porostu (Ellenberg 1988; Moora et al. 2007; Rubio, Gavilán, & Escudero 1999). Poznatky o ekologii lesa s ohledem na světelný režim jsou tak důležité zejména pro lesní hospodaření ve zvláště chráněných územích.

Ne zcela uspokojivě vysvětlený je vztah heterogenity a celkové dostupnosti zdrojů na diverzitu bylinné vegetace (Lundholm 2009). Ač se všeobecně předpokládá, že heterogenní prostředí nabízí více specializovaných nik a variabilita v dostupnosti zdrojů zabraňuje kompetitivnímu vyloučení druhů a podporuje tak větší diverzitu (Tilman & Pacala 1993), objevují se i práce, které předpokládají pro určitou skupinu organismů, či v určitém prostorovém měřítku nepotvrzují. Variabilita difúzního záření vysvětlovala druhovou diverzitu na jemné škále (4 m²) podle Moora et al. (2007), naproti tomu Palmer (1990) pozoroval na jemné škále (2 m²) pouze průkazný vliv celkového množství světla. V kontrolovaném experimentu manipulujícím množstvím a heterogenitou světla byl pozorován pokles počtu druhů se snižujícím se průměrným

množstvím světla, zatímco prostorová heterogenita světla neměla na diverzitu vliv (Stevens & Carson 2002). Podle souhrnné práce (Bartels & Chen 2010) jsou sukcesní stáří, přítomnost disturbancí a typ lesa rozhodující, zda převládá vliv celkového množství zdrojů, nebo jejich variability.

V oblasti Milešovského středohoří se diverzitou lesní vegetace zabývala Tydlitátová (2010). Podle jejích výsledků neměla pokryvnost stromového patra, veličina určující dostupnost světla, průkazný vliv na diverzitu. Jako determinanty počtu druhů stanovila index tepelného požitku stanoviště a výměnnou půdní reakci. Že světelné podmínky nejsou jediným faktorem, zvyšujícím diverzitu lesní (hájové) vegetace v Českém středohoří poukazoval již Domin (1904) ve své fyto geografické studii: „*Volný přístup paprsků slunečních záhy z jara nedovedl by však sám vykouzlití celé to bohatství jarní květeny. Jest to již sám podklad, bohatá a silná vrstva výživného humusu, často jak úhel černého a nadmíru jemného, krytá svrchu taktéž značně mocnou vrstvou spadaného listí, dole znenáhla v úrodnou prst se přeměňujícího, který udržuje vždy značně vysokou teplotu, takže podzemní části rostlin se tam nejen výborně uchrání, nýbrž mohou i brzy vyraziti a do květu dospěti.*“

Pozitivní závislost druhové diverzity na světelných podmínkách v doubravách středních Čech, včetně Českého středohoří, našel Hofmeister et al. (2009). Rovněž podle Hardtleho (2003) má světlo průkazný vliv na druhovou diverzitu v lesích svazů *Fagion a Carpinion*.

1.3 Metody stanovení světelných podmínek

Canham (1988) doporučuje v ekologických studiích používat index relativního světelného požitku stanoviště - *gap light index (GLI)*, který vyjadřuje podíl fotosynteticky aktivního záření procházejícího porostem za stanovenou dobu, nejčastěji za vegetační sezonu. Běžně se používá zástupný vizuální odhad pokryvnosti stromového patra (poměrná plocha kolmé projekce korun), nebo vypočtené hodnoty pro otevřenost stanoviště (*canopy openness – CO*), tedy procentické vyjádření podílu viditelné části oblohy z bodu měření (Jennings 1999). Méně časté je radiometrické stanovení hustoty světelného toku nebo energie dopadajícího záření (Jennings 1999). Z kvalitativních ukazatelů se v ekologických studiích uplatňuje poměr množství červeného a dlouhovlnného červeného záření (R:FR) (Hofmeister et al. 2009). Kvantitu záření lze měřit fotosenzitivními diodami. Tato metoda však vyžaduje

rovnouměrnou oblačnost a referenční měření mimo lesní stanoviště (Gendron, Messier, & Comeau 1998).

S nástupem digitální fotografie a počítačového zpracování obrazu se rozvíjí využití analýzy hemisférických fotografií. Metoda umožňuje stanovení relativního i absolutního množství přímého (DIR), difúzního (DIF), a celkového (TOT) záření. Dále pak je možné určit geometrii porostu: otevřenost stanoviště a odhad indexu listové plochy (Gendron et al. 1998; Guevara-Escobar, Tellez, & Gonzalez-Sosa 2005; Jonckheere 2004; Macfarlane et al. 2007). Tato metoda se široce uplatňuje v ekologických studiích řady autorů (Canham et al. 1994; Jelaska et al. 2006; Takashima, Kume, & Yoshida 2006; Weiss 2000). Nevýhodou metody je citlivost vůči expozičním podmínkám, zdrojem nejistoty je i stanovení prahové hodnoty, předností pak možnost odhadu světelných podmínek v zadaném časovém úseku bez nutnosti dlouhodobého měření a trvalý záznam geometrie porostu.

1.4 Cíle práce

V dostupné literatuře jsem neobjevil v širším regionu žádnou studii systematicky mapující světelné podmínky lesů, rozsáhlejší studie s měřeními světelnými podmínkami pocházejí především ze Severní Ameriky. Z toho plyne potřeba základní studie variability světelných podmínek lesů a vlivu na vegetaci. Vzhledem k otevřené otázce vztahu heterogenity prostředí a diverzity se chci věnovat i této problematice. Druhové niky jsou obecně uznávaným základním konceptem v ekologii, přesto se téměř neobjevují práce, které by realizované niky rostlin pro světlo statisticky kvantifikovaly na základě přímého měření. Na základě uvedených skutečností jsem stanovil cíle diplomové práce takto:

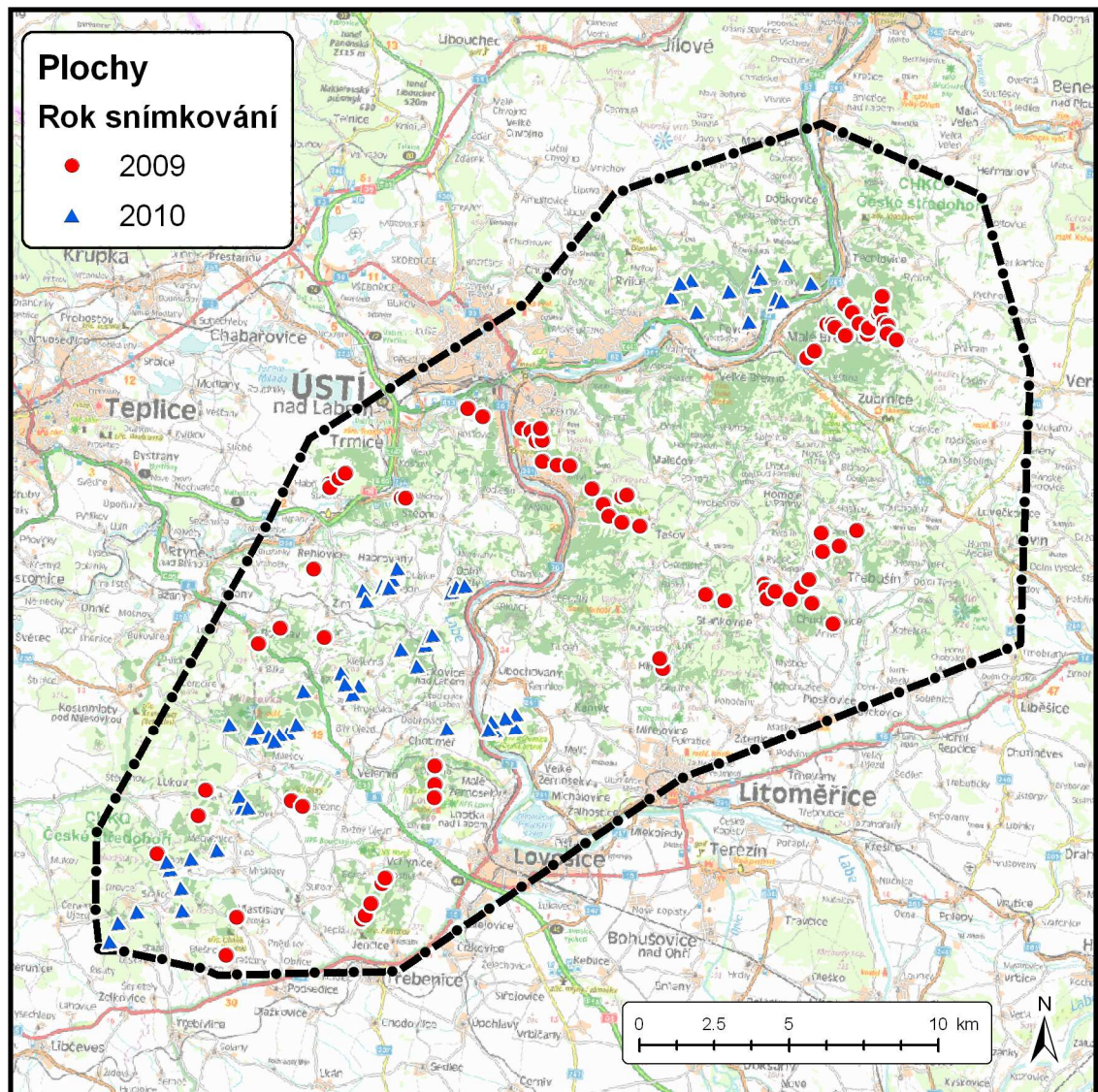
1. Zjistit jak se liší dostupnost světla a jeho variabilita v porostech v závislosti na složení stromového patra.
2. Zjistit vliv dostupnosti světla na druhové složení lesní vegetace
3. Zjistit vztah mezi dostupností světla, jeho variabilitou a alfa/beta diverzitou na různých prostorových škálách.
4. Kvantifikovat ekologickou niku vybraných druhů pro světlo.

K dosažení stanovených cílů je třeba pracovat na velkém gradientu proměnných prostředí s dostatečně velkým počtem měření. Jako vhodné modelové území jsem vybral České středohoří, vyznačující se pestrou geologickou stavbou, výraznou geomorfologií i poměrně zachovalými a druhově bohatými lesními společenstvy. Pro lesy Českého středohoří předpokládám i významné rozdíly světelných podmínek. Stratifikovaně-náhodný výběr ploch volím, aby byla zachycena variabilita světla na hlavních gradientech prostředí. Výběr druhů pro kvantifikaci ekologických nik bude proveden na základě četností pozorování výskytu těchto druhů.

2 Metodika

2.1 Území

Pro tuto práci jsem si vybral území Českého středohoří, v rozsahu vyznačeném v mapě (obr. 1). Plocha zájmového území je 535 km², zahrnuje Milešovské a část Verneřického středohoří.



Obr. 1: Přehledová mapa zájmového území a lokalizace ploch. Plochy rozděleny symbolem podle roku vegetačního snímkování. Přírodě blízké lesy vyznačeny tmavou zelenou.

Geologicky je pohoří tvořeno terciárními nefelinitovými a fonolitovými sopečnými kužely, z podkrušnohorské pánve přistupují terciárními jíly a mezozoické jílovce, kvartérní sedimenty tvoří terasy řek a nivy potoků.

V území převládají eutrofní kambizemě, na strmějších svazích se utvářejí rankery, v menší míře jsou zastoupeny i pseudogleje, gleje, fluvizemě, pararendziny, kambizemě typické, kyselé a arenické (Tomášek 2007).

Klima oblasti je dle Quittta (1972) mírně teplé. Nadmořská výška vybrané oblasti se pohybuje mezi 125 m v Těchlovicích u toku Labe a 837 m na vrcholu Milešovky, střední hodnota je 355 m. Členitost reliéfu a vyznívající srážkový stín Krušných hor způsobuje nerovnoměrnou distribuci srážek a teplot v území. Jihozápadní část území a okolí Ústí nad Labem má klima teplejší a kontinentálnější, Verneřické středohoří je naproti tomu chladnější a oceaničtější laděné. Množství srážek rovněž narůstá a teplota klesá s nadmořskou výškou (Tolasz et al. 2007; Domin 1904). Střední svažitost území je 9.9°, střední svažitost přírodě blízkých lesů je 16.2°. Tyto lesy pokrývají 19% zájmového území (vypočteno z mapových podkladů).

Oblast spadá do fyto geografických okresů Lounsko-labského středohoří (termofytikum), Milešovského středohoří a Verneřického středohoří (obojí mezofytikum) (Skalický in Hejný 1997). Potenciální přirozenou lesní vegetaci tvoří syntaxony *Melampyro nemorosi-Carpinetum*, *Dentario enneaphylli-Fagetum*, *Brachypodio pinnati-Quercetum*, *Tilio platyphylli-Fagetum*, *Potentillo albae-Quercetum*, *Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis*, *Luzulo albidae-Quercetum petraeae* a *Sorbo torminalis-Quercetum* (seřazeno sestupně dle zastoupení v území, podle Neuhäuslová et al. 2001). Vývoj krajiny byl již od pravěku ovlivněn lidskou činností, díky které byl zvláště v západní části zpomalen a místy trvale vyloučen nástup lesa, což vedlo k vytvoření mozaikovitě krajiny lesů, skalních stepí a ostepněných pastvin (Ložek 2007).

Lesní fytocenózy Českého středohoří, zaznamenané v této práci výrazně ovlivňuje klimatický gradient srážek a teplot. Na tomto gradientu dochází ke změně společenstev od teplomilných doubrav svazu *Quercion petrae* až po mezofilní bučiny svazu *Fagion sylvaticae*. S tímto gradientem sekundárně souvisí i stoupající zástin bylinného patra v mezofilních porostech. Druhým významným faktorem pro složení vegetace je gradient lokálních půdních podmínek, výrazně ovlivňující zejména druhové složení doubrav, utvářejí se zde bazifilní (*Brachypodio pinnati-Quercetum*,

Lathyro versicoloris-Quercetum pubescentis) i subacidofilní až acidofylní doubravy (*Potentillo albae-Quercetum*, *Sorbo torminalis-Quercetum* a *Luzulo albidae-Quercetum petraeae*). Na méně ekologicky vyhraněných stanovištích Českého středohoří se typicky utváří společenstva dubohabřin (*Melampyro nemorosi-Carpinetum*), která jsou zde plošně zastoupena nejvíce.

České středohoří bylo vzhledem ke svým přírodovědným hodnotám a charakteristickému krajinnému rázu vyhlášeno chráněnou krajinnou oblastí výnosem ministerstva kultury dne 19. 3. 1976.

2.2 Studijní plochy

2.2.1 Výběr ploch

Sběr vegetačních dat, půdních vzorků a focení hemisférických fotografií jsem provedl na plochách čtvercového tvaru o ploše 100 m². Stratifikovaně-náhodné rozmístění ploch jsem vygeneroval v programu ArcGIS 9.2 (ESRI Inc., Redlands, USA). Výběr jsem omezil na lesy přirozeného charakteru podle biotopového mapování NATURA 2000 - formační skupinu L (Chytrý, Kučera, & Kočí 2001). Pro stratifikaci bylo území kategorizováno do 27 kategorií podle potenciální solární radiace (Fu & Rich 1999), topografického vlhkostního indexu (Böhner & Selige 2006) a klasifikace půdních typů podle mapy půd „Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB“ (dostupné na <http://geoportal.gov.cz>); vždy byly vytvořeny 3 třídy pro každou veličinu. Pro výpočet solární radiace a vlhkostního indexu byl použit digitální model terénu (DEM) s velikostí pixelu 10m. DEM byl odvozený z vektorizovaných vrstevnic (podklad ZABAGED, 1:10 000) pomocí nástroje *Topo to raster* v programu ArcGIS 9.2. Vlhkostní index je bezrozměrná veličina, solární radiace je vyjádřena průměrnou denní energií záření dopadajícího na jednotku plochy (Wh·m⁻²). Prahové hodnoty klasifikace uvádím v tabulce (tab. 2). Pro minimalizaci okrajového efektu a odchylek v zakreslení přirozených lesů jsem minimální vzdálenost ploch od okraje biotopové vrstvy omezil na 70 metrů, minimální vzdálenost mezi plochami jsem stanovil na 150 metrů. V každé kategorii jsem nechal náhodně umístit 12 bodů. Program vygeneroval celkem 267 bodů, v některých plošně omezených kategoriích se nepodařilo umístit všech 12 ploch při splnění kritérií minimálních vzdáleností mezi body a od okrajů přirozených lesů. Body klasifikované jako stinné, vlhké, s půdním typem 3 nebyly nalezeny vůbec.

Pro všechny plochy jsem vypočítal na základě digitálního modelu terénu hodnoty potenciální solární radiace, topografického vlhkostního indexu, nadmořské výšky, orientace a sklonu svahu. Z mapových vrstev databáze WorldClim, (<http://worldclim.org>, Hijmans et al. 2005) jsem odvodil hodnoty průměrných ročních srážek a průměrné roční teploty a sumy teplot ve vegetační sezóně. Během vegetační sezóny roku 2009 jsem zpracoval 83 ploch, během roku 2010 65 ploch, celkem tedy 148 ploch, dalších 29 ploch jsem vyřadil z důvodu nedávné těžby nebo neodpovídající struktury stromového patra – výsadeb regionálně nepůvodních druhů dřevin, zejména jehličnanů. Vzhledem k značné časové náročnosti jsem nenavštívil všechny lokality. Podrobný seznam snímkaných ploch a jejich charakteristiky uvádím v příloze 7.4, počty snímkaných ploch dle kategorií v tab. 3.

Tab. 2: *Klasifikace území pro stratifikovaně-náhodný výběr ploch*

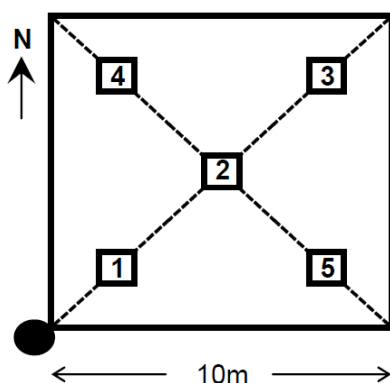
<i>Faktor</i>	<i>Kategorie</i>	<i>Hodnoty</i>	<i>Počet snímků</i>
Půdní typ	1	kambizemě eutrofní	49
	2	kambizemě typické, arenické, pelické	52
	3	rankery, luvizemě, fluvizemě, pararendziny, gleje, pseudogleje	47
Solární radiace	stinné	3937 – 5215	39
	střední	5215 – 5640	51
	výslunné	5640 – 6063	58
Vlhkost	suché	6.1 – 9.9	59
	střední	9.9 – 13.0	60
	vlhké	13.0 – 15.7	29

Tab. 3: *Počty snímkaných ploch dle kategorií použitých při stratifikovaně-náhodném výběru ploch*

		<i>Solární radiace</i>			
		<i>stinné</i>	<i>střední</i>	<i>výslunné</i>	
Půdní typ	<i>kambizemě eutrofní</i>	5	7	7	<i>suché</i>
		6	6	10	<i>střední</i>
		1	2	5	<i>vlhké</i>
	<i>kambizemě typické, arenické, pelické</i>	6	7	6	<i>suché</i>
		7	6	9	<i>střední</i>
		4	6	1	<i>vlhké</i>
	<i>rankery, luvizemě, fluvizemě, pararendziny, gleje, pseudogleje</i>	7	6	8	<i>suché</i>
		3	5	8	<i>střední</i>
		0	6	4	<i>vlhké</i>

2.2.2 Tvar ploch a jejich vyznačení v terénu

Plochy byly lokalizovány GPS přístrojem *Magellan SportTrack Pro* (v roce 2009) a *Garmin 60CSx* (v roce 2010). Nejbližší strom místu zaměření jsem určil jako jihozápadní roh plochy a označil jej modrým pruhem, od něj jsem pak vyměřil čtverec o straně 10 m, polopřímky stran čtverce s počátkem u rohového stromu jsem pomocí magnetického kompasu orientoval v azimutu 0° a 90° . Na každé ploše jsem dále vyměřil pět podplošek o straně čtverce 1 m – čtyři na diagonále ve vzdálenosti středu podplošky 2.71 m od rohů plochy a jednu podplošku ve středu plochy (obr. 2). Tyto podplošky sloužily pro měření světla, odběry půd a zjištění vnitřní variability vegetace.



Obr. 2: Schéma studijní plochy, šipka směřuje k severu. Plný kruh znázorňuje rohový strom, označený v terénu modrým pruhem. Na velké ploše (100m^2) byla stanovena pokryvnost druhů bylinného, keřového a stromového patra. V podploškách (1 až 5) o ploše 1m^2 byla sepsána prezenčně-absenční data o výskytu druhů bylinného patra, odebrány půdní vzorky a ve výšce 1.3 m nad středem podplošky byla pořízena hemisférická fotografie korunového zápoje.

2.3 Vegetační data

Na každé ploše jsem sepsal výskyt druhů cévnatých rostlin a jejich pokryvnost dle modifikované Braun-Blanquetovy stupnice v jednotlivých vegetačních patrech. Keřové patro bylo vymezeno výškou 1.5 až 5 m. Dále jsem zaznamenával pokryvnost jednotlivých pater vegetace a pokryvnost kamení. Pro každou z pěti podplošek jsem zaznamenal prezenci druhů. Jarní geofyty a terofyty byly zaznamenány pokud jsem našel přetrvávající orgány (*Anemone sp.*, *Ficaria bulbifera*, *Convalaria major*), nebo nekromasu (*Galium aparine*). Vegetační data jsem zapsal do databáze programu

Turboweg for Windows 2.89 (Hennekens & Schaminée 2001), pro následnou editaci dat jsem použil software *Juice 7.0* (Tichý 2002).

Pro každý snímek byl druh stromového patra s nejvyšší pokryvností na ploše označen jako dominantní dřevina. V případě shodné pokryvnosti mohlo být určeno i více dominantních dřevin.

Nomenklatura druhů použitá v práci je podle Klíče ke květeně ČR (Kubát 2002).

Vegetační snímkování probíhalo v období 13. 6. až 29. 7. 2009 a 17. 7. až 29. 7. 2010.

2.4 Stanovení světelných podmínek

Pro kvantifikaci světelných podmínek jsem použil fotometrickou metodu hemisférické fotografie korunového zápoje (Frazer, Trofymow, & Lertzman 1997).

Hemisférické fotografie korunového zápoje jsem pořídil digitálním zrcadlovým fotoaparátem *Canon 350D* s objektivem typu rybí oko *Sigma 4.5mm F2.8 EX DG Circular Fisheye*. Udávaný všesměrný obrazový úhel objektivu je 180°. Při focení jsem fotoaparát umístil na stativ ve výšce 1.3m nad středem každé podplošky, osa objektivu směřovala svisle, fotografie jsou orientovány spodní stranou k severu. Výšku nad zemí jsem zvolil tak, aby reprezentovala světelné podmínky bylinného vegetace. K orientaci fotoaparátu jsem použil vodováhu a magnetický kompas. Expozice byla vypočtena automatickým měřením ve středové části záběru s korekcí expozice -1EV, aby se zabránilo nežádoucí přeexpozici světlých partií obrazu v zastíněných porostech a při zhoršených světelných podmínkách (Yamamoto et al. 2010). Správnost expozice jsem kontroloval porovnáním výsledného histogramu, pokud došlo k přeexpozici, byla expozice upravena až na -2EV oproti automatickému nastavení. Fotografie byly uloženy ve formátu *jpg* s rozlišením obrazu 3888 x 2592 px.

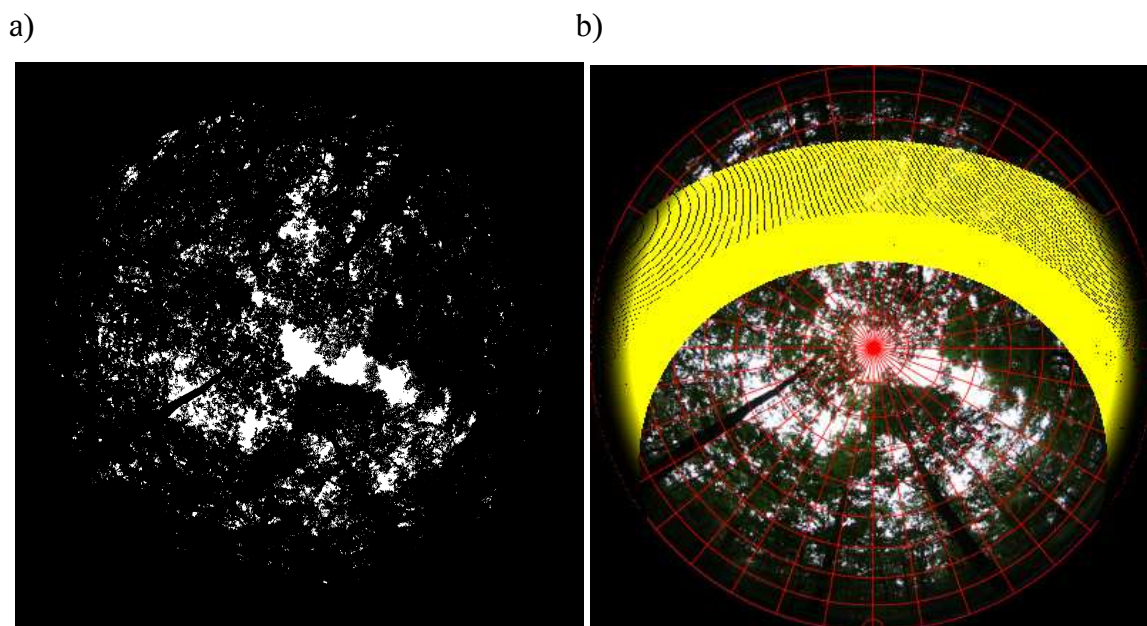
Analýza obrazu se skládá ze dvou dílčích částí. Prvním krokem je určení prahové hodnoty pro transformaci obrazu na bitovou mapu, poté lze vypočítat geometrii porostu a množství procházející radiace. Pro úsporu času i z důvodu zatížení subjektivní chybou (Inoue, Yamamoto, & Mizoue 2011) je vhodné provádět určení prahové hodnoty automaticky. Vzhledem k variacím v expozičních podmínkách je třeba určit tuto hodnotu pro každý snímek zvlášť. Ke klasifikaci jsem použil program *SideLook 1.1.01* (Nobis 2005). V programu *SideLook* je implementována funkce *Automatic tresholding*, určená speciálně pro stanovení prahové hodnoty obrazu

(Nobis & Hunzinger 2005). Pro výpočet jsem použil modrý barevný kanál, který poskytuje největší kontrast mezi oblohou a vegetací. Prahová hodnota leží v maximu hodnoty funkce *Edge value*. Obraz se převede do bitové mapy a uloží se ve formátu *bmp*. V některých případech automatický algoritmus chybně převedl část oblohy na černou, tyto jednotlivé případy bylo třeba vyhodnotit manuálně.

Výpočet světelných podmínek stanoviště jsem provedl v programu *Gap Light Analyzer 2.0* (Frazer, Canham, & Lertzman 1999). Program pracuje se vstupními údaji o orientaci fotografie, projekci objektivu, geografické poloze, nadmořské výšce, solární konstantě, průměrné roční oblačnosti, doby vegetační sezóny (výpočet dráhy Slunce provede v zadaném vegetačním období). Pro všechny fotografie jsem použil shodné nastavení, které uvádím v příloze č. 1. Průměrnou roční oblačnost jsem odvodil z Atlasu podnebí Česka (Tolasz et al. 2007). Protože jsem nezadával informace o sklonu svahu, odpovídají výsledné hodnoty množství záření dopadající na jednotku vodorovné plochy.

Do výpočtů vstupuje informace o zkreslení prostorových úhlů vlivem projekce objektivu. Pro výpočet přímého záření se na základě vstupních údajů o zeměpisné poloze vypočítá poloha Slunce v zadaném období v intervalových krocích po 3 minutách (obr. 3). Pro výpočet difúzního záření jsou zohledněny rozdíly v množství světelné radiace přicházející z různých částí jasné a oblačné oblohy.

Pro další analýzy jsem z výsledných hodnot použil hodnoty přímé (DIR), difúzní (DIF) a celkové (TOT) radiace, vyjádřené jako procento procházejícího záření porostem a hodnotu *Canopy openness (CO)* pro otevřenost stanoviště. Pro každou plochu jsem vypočetl aritmetický průměr, směrodatnou odchylku složek radiace z pětic měření na jedné ploše. Celkem jsem pořídil a vyhodnotil 740 hemisférických fotografií, 5 fotografií na každé ze 148 snímkových ploch.



Obr. 3 a) hemisférická fotografie korunového zápoje po úpravě na bitovou mapu (černá/bílá) **b)** tatáž fotografie s vyznačenou dráhou Slunce ve vegetačním období a sítí vertikál a almukantarát v rozestupu po 10°

2.5 Stanovení půdní reakce

Ze středu každé podplošky jsem odebral půdní vzorek o objemu asi 300 ml ze svrchních 5 cm A horizontu po odstranění nerozloženého opadu. Vzorky byly odebrány během listopadu a prosince 2009 a října až prosince 2010. Vzorky jsem vysušil na miskách při pokojové teplotě a následně připravil 2mm jemnozem a směsnou 0.1mm jemnozem z pětice vzorků. Hodnota aktuálního pH byla stanovena potenciometricky kombinovanou pH elektrodou s teplotní korekcí z filtrovaného půdního roztoku připraveného z 10 g jemnozeme a 50 ml destilované vody. Roztok byl 30 minut protřepáván, po dekantaci byl filtrován do kádinky. Analýzy provedla pedologická laboratoř BÚ AVČR v Brně. Pro pětice vzorků z jedné plochy jsem vypočetl aritmetický průměr pH a směrodatnou odchylku jako míru variability půdního pH na ploše.

Použité přístrojové zařízení: WTW Multilab 540, kombinovaná pH elektroda WTWSenTix 4

Celkem jsem odebral a analyzoval 575 půdních vzorků ze 115 ploch, soupis viz příloha 7.4, odebrané plochy jsou zobrazeny v mapové příloze č. 7.3.3. Plocha č. 250

vykazovala abnormálně vysoké hodnoty pH a vysokou variabilitu naměřených hodnot, tato plocha byla z dalších analýz vyjmuta.

2.6 Statistické zpracování dat

Druhovou diverzitu ploch jsem vypočetl jako počet druhů bylinného patra bez semenáčků dřevin. Prediktory druhové diverzity pro mnohonásobnou regresi jsem vybíral postupně podle koeficientu determinace samostatného působení faktoru. Do modelu jsem zahrnul faktory průkazně zvyšující predikční schopnost modelu.

Betadiverzitu plochy jako míru vnitřní heterogenity snímků jsem vypočetl z druhového složení bylinného patra včetně semenáčků dřevin v pětících podplošek za použití indexů nepodobnosti pro vícenásobná pozorování (Baselga 2010) v programu R. Vzorce pro výpočet uvádím níže; S_i je počet druhů na ploše i , S_T počet druhů všech ploch dohromady, b_{ij} je počet druhů přítomných na ploše i a chybějících na ploše j :

1) *Simpson-based multiple-site dissimilarity* pro obrat v druhovém složení:

$$\beta_{SIM} = \frac{\left[\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{\left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i < k} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}$$

2) *Nestedness-resultant multiple-site dissimilarity* - pro vyjádření hnízdovité struktury diverzity (nepodobnost způsobenou ochuzením druhového složení):

$$\beta_{NES} = \frac{\left[\sum_{i < j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right] - \left[\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{2 \left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i < k} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] - \left[\sum_{i < k} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]} \times \frac{\sum_i S_i - S_T}{\left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}$$

3) *Sørensen-based multiple-site dissimilarity* - pro celkovou míru nepodobnosti ploch:

$$\beta_{SOR} = \frac{\left[\sum_{i < j} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] + \left[\sum_{i < j} \max(b_{ij}, b_{ji}) \right]}{2 \left[\sum_i S_i - S_T \right] + \left[\sum_{i < k} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right] - \left[\sum_{i < k} \min(b_{ij}, b_{ji}) \right]}$$

Mezi uvedenými indexy platí vztah $\beta_{\text{SOR}} = \beta_{\text{SIM}} + \beta_{\text{NES}}$; každý z indexů může nabývat hodnot $<0,1>$. Čím je hodnota vyšší, tím je v druhovém složení větší variabilita.

Pro výpočet průměrné indikační hodnoty stanoviště jsem v programu JUICE přiřadil druhům indikační hodnoty podle Ellenberg et al. (1992). Indikační hodnoty snímku jsem vypočetl ve dvou variantách – nevážené a vážené pokryvnostmi druhů.

Pro zobrazení variability vegetace a hlavních ekologických gradientů jsem použil metodu nemetrického mnohorozměrného škálování (NMDS) v programu JUICE. Pokryvnosti jsem odmocninově transformoval, jako míru nepodobnosti jsem použil Bray-Curtis. Pro přímé gradientové ordinační analýzy mnohorozměrných dat jsem využil program CANOCO (ter Braak & Šmilauer 2002), metodu kanonické korespondenční analýzy (CCA) s kovariáty, která je vhodná pro určení pozice druhů a stanovišť na delších ekologických gradientech (Palmer 1993). Vysvětlující proměnné jsem testoval postupným výběrem s Monte Carlo permutačním testem o 999 permutacích. Pokryvnosti druhů jsem pro ordinační analýzy odmocninově transformoval, méně četným druhům jsem snížil váhu.

Pro výpočet modelů druhové odpovědi na gradientu světelných podmínek jsem použil hierarchické HOF modely (Huisman, Olf, & Fresco 1993), které poskytují poměrně robustní a realistické odhady realizovaných nik druhů (Oksanen & Minchin 2002). Jedná se o pět modelů s rostoucím počtem parametrů, odvozené pomocí logistické regrese. Tyto modely postihují tvary křivek druhové odpovědi od konstantní, přes monotónní až po unimodální nesymetrickou. Popis jednotlivých modelů uvádím v tab. 4. Výběr modelu jsem stanovil na základě minimální hodnoty Akaikeho informačního kritéria (AIC):

$$AIC = \ln(\hat{\sigma}_Z^2) + \frac{P}{n} \cdot 2$$

kde n je počet pozorování, P je počet odhadovaných parametrů, Z je matoucí proměnná, $\hat{\sigma}_Z^2$ je empirická variance Z . Z charakteristik dostupnosti světla jsem pro modely druhové odpovědi použil hodnotu DIF. Obecným předpokladem pro tvorbu křivek druhové odpovědi dostatečný počet pozorování, pro logistickou regresi se uvádí jako dostatečný počet 50 výskytů druhu v datovém souboru (Coudun & Gegout 2006).

Do výběru druhů v této práci jsem zahrnul druhy, které měly více než 35 výskytů. Z celkem 33 vybraných druhů mělo 6 druhů méně než 50 výskytů. Pro výpočet HOF modelů vybraných druhů jsem použil knihovnu HOF (Jansen, zdroj: <http://geobot.botanik.unigreifswald.de/download/>) v programu R. Pro analýzu druhových odpovědí jsem použil měření z podplošek, u kterých byla zajištěna maximální shoda měřených podmínek prostředí s reálnými podmínkami v místě růstu zaznamenaných rostlin. Optimum druhů vypočtené na základě HOF modelů leží v maximu funkce, u modelu typu I není optimum definováno. Modely III až IV se skládají ze dvou částí popisujících odděleně rostoucí a klesající/konstantní část funkce.

Tab. 4: Hierarchie modelů HOF podle vzrůstající complexity. V rovnicích μ symbolizuje odpověď druhu; M maximální možnou hodnotu odpovědi (1 pro relativní četnosti); a, b, c, d jsou parametry; x je vysvětlující proměnná. Podle Huisman et al. (1993).

Typ HOF modelu	rovnice	tvar křivky
I	$\mu = M \frac{1}{1 + e^a}$	konstantní
II	$\mu = M \frac{1}{1 + e^{(a+bx)}}$	monotónní
III	$\mu = M \frac{1}{1 + e^{a+bx}} \frac{1}{1 + e^c}$	konstantní v části gradientu
IV	$\mu = M \frac{1}{1 + e^{a+bx}} \frac{1}{1 + e^{c-bx}}$	symetrická, unimodální
V	$\mu = M \frac{1}{1 + e^{a+bx}} \frac{1}{1 + e^{c-dx}}$	asymetrická, šikmá

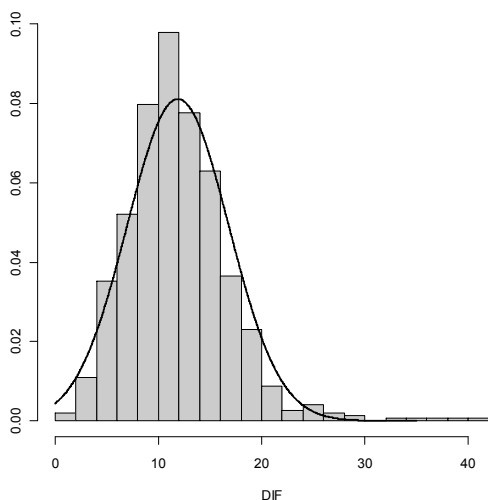
3 Výsledky

3.1 Charakteristika světelných podmínek

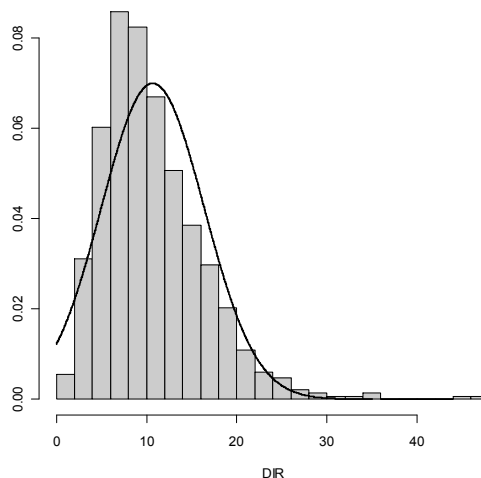
Na základě obrazové analýzy hemisférických fotografií jsem vypočetl charakteristiky světelných podmínek v podrostu. Rozdělení hodnot přímého a difúzního záření zobrazuje obr. 4, obě charakteristiky mají nenulovou šikmost, u přímého záření výraznější. Mezi množstvím přímé a difúzní složky záření jsem našel korelaci, na jemné škále (jednotlivá měření na podploškách) byl vztah slabší než pro průměry záření na celé ploše (obr. 5). Lesním porostem proniká relativně více difúzního než přímého záření (průměrně 11.89% DIF, resp. 10.67% DIR; $p < 0.001$, párový t-test). Variabilita procházejícího záření na malé škále byla průkazně vyšší pro DIR s průměrnou směrodatnou odchylkou 3.22 oproti $sd = 2.21$ u DIF ($p < 0.001$; párový t-test). Odlehlou hodnotou byla pozorování z plochy č. 70 s průměrně 34% DIF. Plocha se nalézala na suti, tuto plochu jsem vzhledem k značné odlišnosti druhového složení i světelných podmínek vyřadil z dalších analýz vegetace.

Závislost mezi otevřeností stanoviště a složkami záření je ovlivněna interakcí prostorové struktury vegetace, pohybu slunečního disku a nerovnoměrným množstvím difúzního záření přicházejícího z různých úhlů nad horizontem. Mezi difúzním zářením a otevřeností stanoviště je těsný lineární vztah ($r = 0.96$), směrnice závislosti je 1.27. Pro přímé záření a otevřenost stanoviště je vztah středně silný ($r = 0.67$), směrnice závislosti je 1.05.

a)

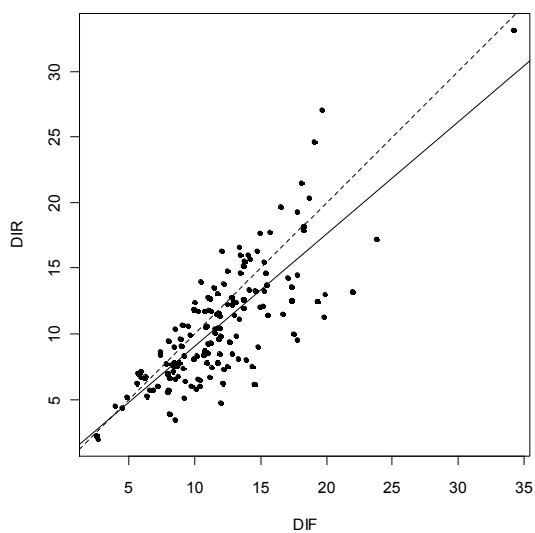


b)

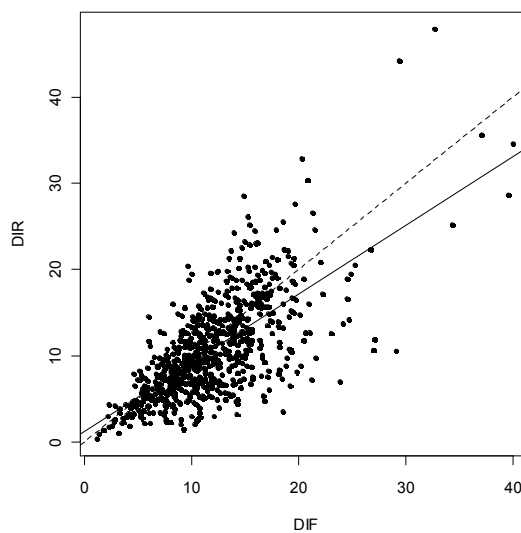


Obr. 4: Pravděpodobnostní histogram světelných podmínek v podrostu, plná křivka znázorňuje teoretické normální rozdělení: **a)** procento difúzního záření; **b)** procento přímého záření

a)

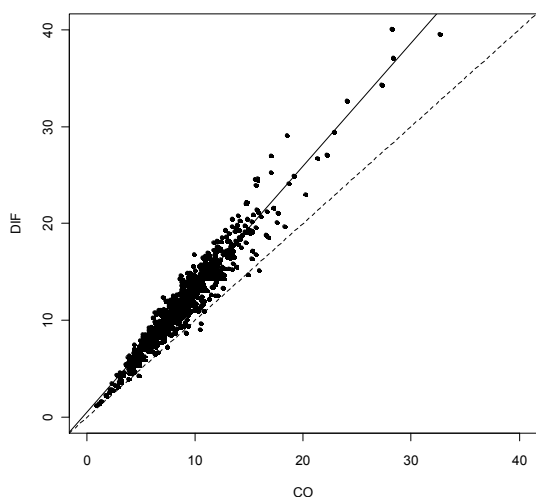


b)

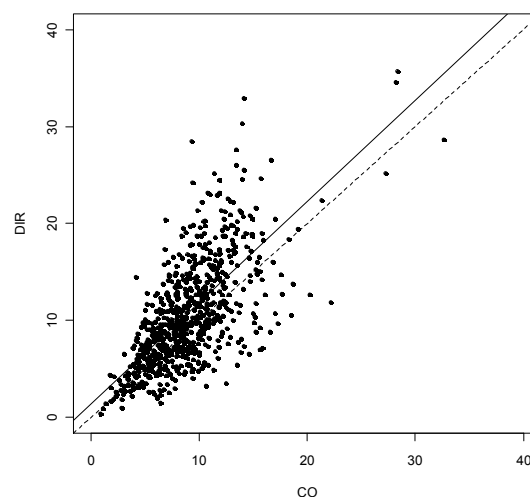


Obr. 5: Vztah podílu přímé a difúzní složky záření na dvou prostorových škálách, přerušovaná příčka znázorňuje vztah $y = x$, plná čára vyznačuje regresní vztah: **a)** pro 100m^2 plochy: $DIR = 0.854 DIF + 0.5$; $r = 0.79$; $n = 148$; **b)** v bodě měření: $DIR = 0.796 DIF + 1.2$; $r = 0.67$; $n = 740$

a)



b)



Obr. 6: Vztah otevřenosti stanoviště a relativního záření v bodě měření; přerušovaná přímkou znázorňuje vztah $y=x$, plná čára vyznačuje regresní vztah: **a)** pro difúzní záření: $DIF = 1.271 CO + 0.52$; $r = 0.96$; $p < 0.001$; $n = 740$; **b)** pro $1m^2$ podplošky: $DIR = 1.05 CO + 1.3$; $r = 0.69$; $n = 740$

3.2 Vliv dominantní dřeviny

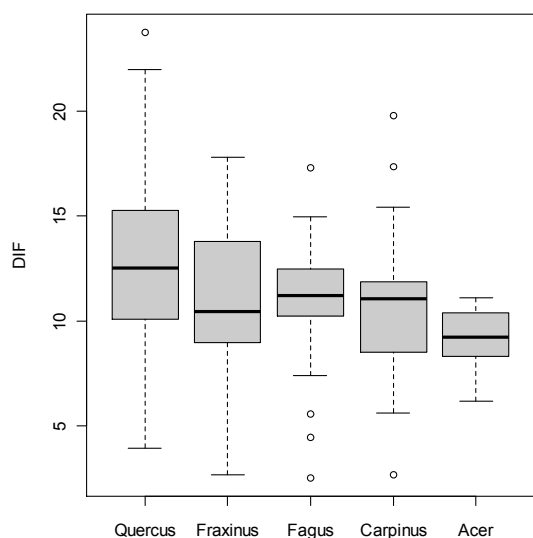
Porosty jsem rozdělil do kategorií dle dominantní dřeviny (jeden nebo více druhů dřevin s maximální pokryvností na dané ploše). Nejvíce světla prochází porosty dubu (13 % difúzního záření), nejstinnější jsou porosty dominované javory kleny (9 % difúzního záření). Charakteristiky porostů dle dominantních dřevin s deseti a více výskyty uvádím v tab. 5, množství a variabilitu difúzního záření v porostech znázorňují diagramy (obr. 7), rozdíly podle dominant zjištěny analýzou rozptylu. Variabilitu světla a půdního pH na malé škále jsem kvantifikoval pomocí směrodatné odchylky pětic měření v podploškách jedné plochy. Vyšší míru variability světla jsem pozoroval u dubu, naopak porosty dominované bukem vykazovaly nízkou prostorovou variabilitu v množství procházejícího záření.

Z hlediska půdní reakce svrchního A horizontu vykazovaly půdy stanovišť dominovaných dubem a bukem nižší hodnoty, vyšší hodnoty půdní reakce jsem pozoroval na plochách dominovaných jasanem. Variabilita v rámci jedné plochy je zhruba poloviční ve srovnání s variabilitou mezi plochami, u jaseňin byla variabilita pH v rámci ploch vyšší, viz tab. 5.

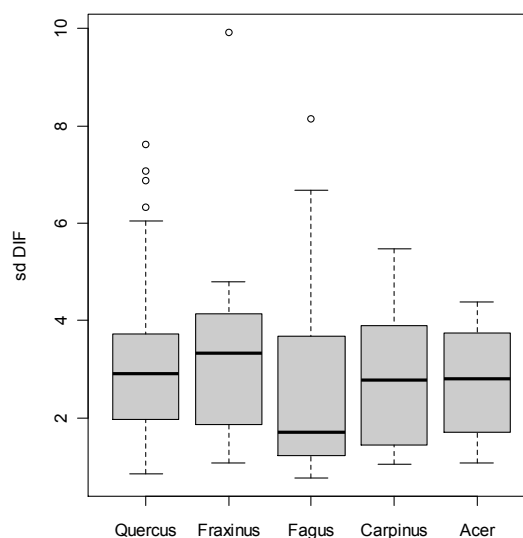
Tab. 5: Charakteristiky světelných podmínek a půdního pH dle dominantní dřeviny. Počet snímků udává počet výskytů dominanty v celém souboru a v souboru snímků s měřeným pH (v závorce). Vnitřní variabilita je průměrná směrodatná odchylka pro pětice měření světla na podploškách; sd je směrodatná odchylka mezi plochami. Průkaznost rozdílu podle dominanty je v tabulce vyznačena: $p < 0.01$ (***) < 0.05 (**) < 0.1 (*).

Druh	Počet snímků	Počet druhů bylinného patra		DIF			pH		
		průměr	sd	průměr	sd	vnitřní variabilita	průměr	sd	vnitřní variabilita
<i>Quercus petraea</i>	63 (55)	19.38	10.04	13.06**	5.00	2.47*	4.92***	0.47	0.25**
<i>Fraxinus excelsior</i>	19 (11)	22.42**	10.25	11.39	3.89	1.75	5.65*	0.69	0.44*
<i>Fagus sylvatica</i>	29 (18)	15.10*	10.33	10.90	3.10	1.51**	4.90***	0.78	0.27
<i>Carpinus betulus</i>	30 (24)	17.53	12.34	10.71	3.38	1.88	5.24	0.64	0.33
<i>Acer pseudoplatanus</i>	10 (7)	20.90	6.87	9.08*	1.68	1.85	5.55	0.57	0.28
všechny snímky	148 (115)	18.59	9.76	11.89	4.30	2.21	5.13	0.64	0.29

a)



b)

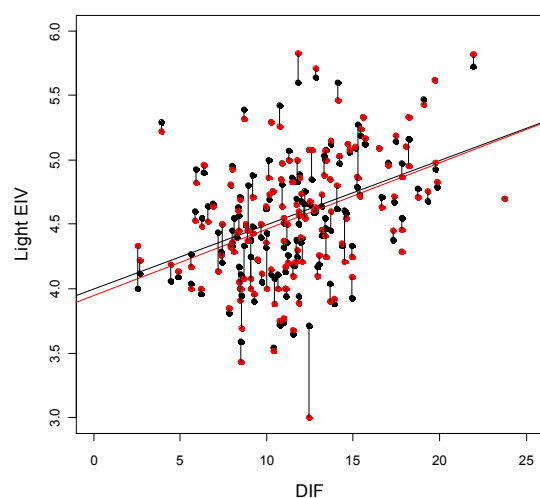


Obř. 7: Světelné podmínky porostů dle dominantní dřeviny. Znáznorněny druhy s minimálně 10 výskyty. **a)** průměrné difúzní záření na ploše; **b)** variabilita difúzního záření uvnitř ploch – směrodatné odchylky pětice měření na každé ploše

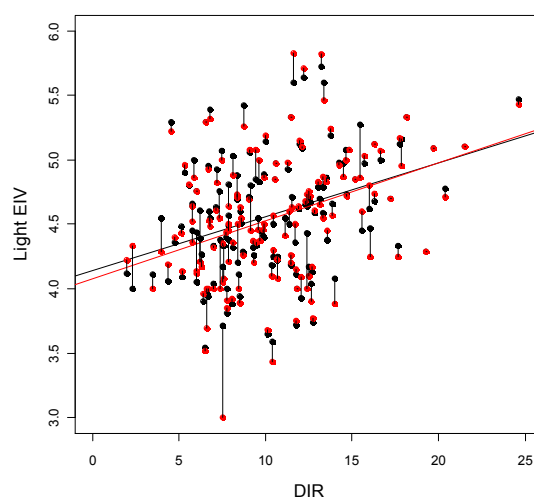
3.3 Srovnání Ellenbergových indikačních hodnot s měřením

Na základě druhového složení jsem vypočetl průměrnou Ellenbergovu indikační hodnotu stanovišť pro světlo váženou pokryvnostmi druhů a neváženou. Závislost na měřených hodnotách jsem stanovil lineární regresní (tab. 6, obr. 8.) Nejtěsnější korelace je mezi celkovým zářením a indikační hodnotou váženou pokryvnostmi, rozdíl korelací na základě vážených a nevážených hodnot je zanedbatelný.

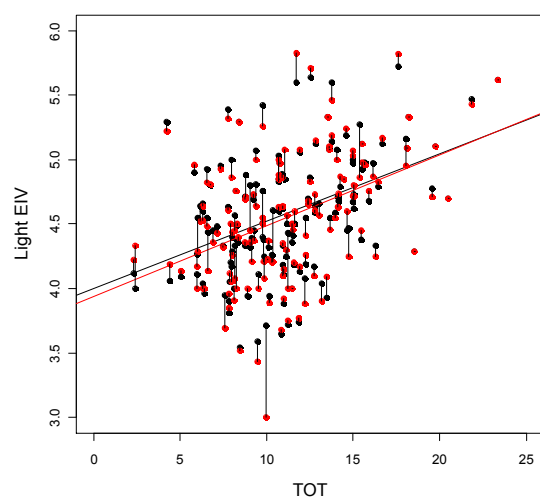
a)



b)



c)



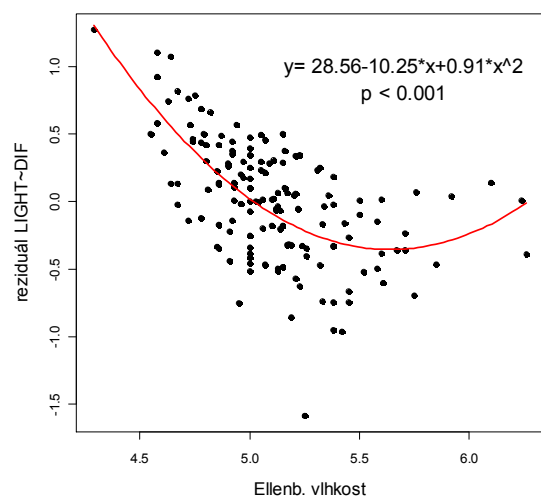
Obr. 8: Srovnání naměřených hodnot složek záření s průměrnou Ellenbergovou indikační hodnotou pro světlo. přímka lineární regrese a body pozorování jsou rozlišeny: černě pro nevážené EIV, červeně vážené pokryvnostmi, páry hodnot pro jednu plochu spojeny úsečkami. Vztah EIV pro: a) difúzní záření (DIF); b) přímé záření (DIR); c) celkové záření (TOT).

Tab. 6: Korelační koeficienty měřených hodnot záření a Ellenbergovy indikační hodnoty. Všechny regresní závislosti jsou průkazné na hladině $p < 0.001$.

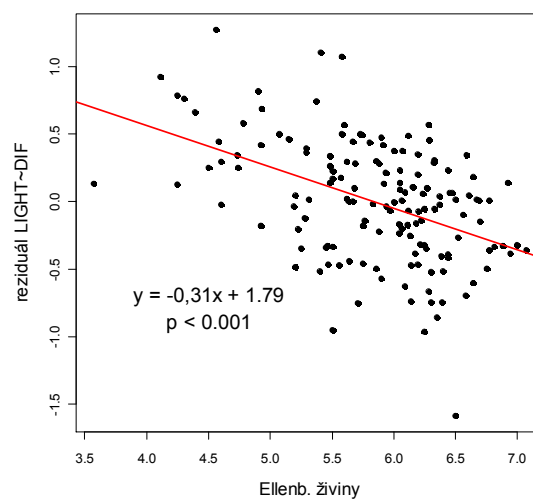
	<i>DIF</i>	<i>DIR</i>	<i>TOT</i>
EIV pro světlo vážená pokryvnostmi	0.402	0.383	0.421
EIV pro světlo nevážené	0.407	0.375	0.420

Reziduály regresního vztahu EIV pro světlo vážené pokryvnostmi na TOT jsem porovnal s ostatními průměrnými Ellenbergovými indikačními hodnotami, měřeným pH a odvozeným topografickým vlhkostním indexem. Závislost reziduálů jsem našel u EIV pro vlhkost a živiny a topografického vlhkostního indexu (obr. 9). Na půdním pH byly hodnoty reziduálů nezávislé. Společenstva vlhkomilnějších a na živiny náročnějších druhů měla relativně nižší indikační hodnotu pro světlo, než odpovídalo měřeným hodnotám světla. Ve vztahu reziduálů indikační hodnoty pro světlo k vlhkosti jsem našel polynomický trend 2. stupně ($r = 0.64$; $p < 0.001$), klesající pro hodnoty vlhkosti menší než 5.6. Závislost na vlhkostním indexu byla lineární klesající ($r = 0.21$; $p = 0.009$). Vztah pro živiny byl lineární klesající ($r = 0.46$; $p < 0.001$).

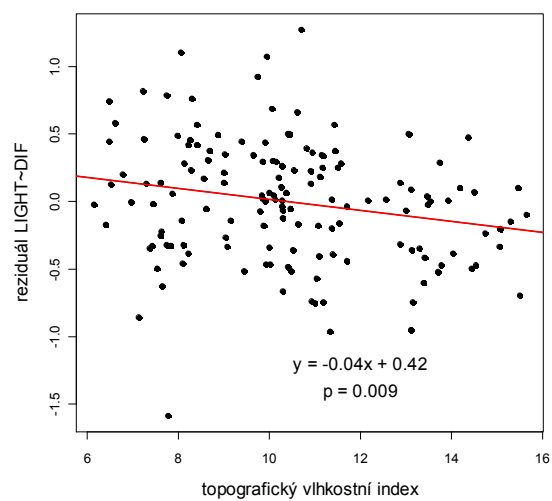
a)



b)



c)

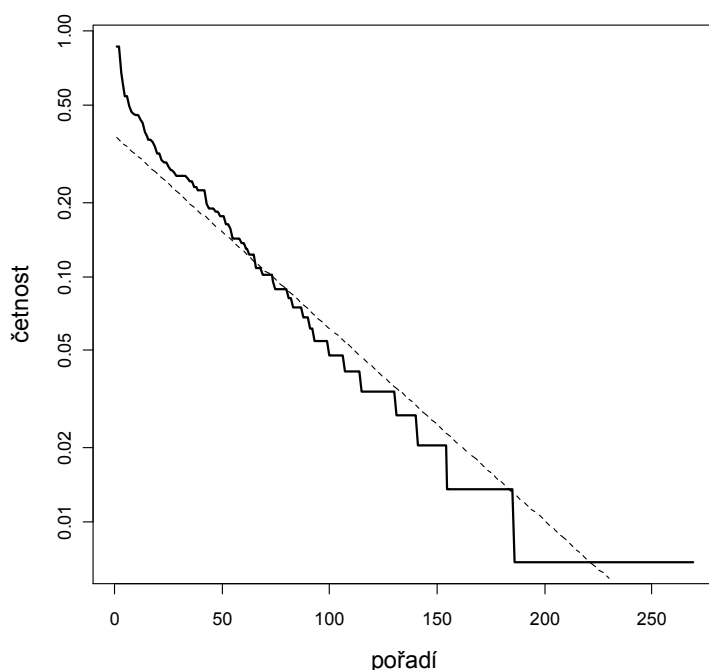


Obr. 9: Vztah reziduálů EIV pro světlo k vlhkosti stanoviště k: **a)** EIV pro vlhkost; **b)** EIV pro živiny; **c)** topografickému vlhkostnímu indexu. Vyznačena spojnice trendu a rovnice regrese.

3.4 Diverzita

3.4.1 Alfa diverzita

Celkem jsem na studovaných plochách zaznamenal 275 druhů cévnatých rostlin. Průměrný počet druhů bylinného patra ve snímku byl 18.59 ± 9.76 na ploše 100 m^2 a 4.49 ± 3.12 na ploše 1 m^2 ; počet druhů na malé škále je lineárně korelován s počtem druhů na velké škále ($r = 0.71$, $p < 0.001$). Rozložení početností druhů v rámci souboru všech snímků (křivka *rank-abundance*) odpovídalo klesajícímu exponenciálnímu vztahu (obr. 10). Nejčtenějšími druhy bylinného patra byly invazní netýkavka nedůtklivá (*Impatiens parviflora*), vyskytující se v 87 % snímků a semenáčky jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) s 86.4 % výskytů. Prostorovou strukturu druhové diverzity zobrazuje mapová příloha č. 7.3.1.



Obr. 10: Diagram seřazených četností druhů bylinného patra, osa y v logaritmickém měřítku, pokles četností s pořadím lze aproximovat vztahem $y = e^{-0.018 \cdot x - 0.977}$; $R^2 = 0.95$; $p < 0.001$, vyznačeným v grafu přerušovanou čarou.

Na základě měřených a odvozených parametrů prostředí jsem stanovil regresní vztahy podmínek prostředí a druhové diverzity pomocí lineární regrese. Srovnání záření s dalšími prediktory druhové diverzity bylinného patra uvádím v tab. 7. Nejtěsněji diverzita souvisela s pokryvností bylinného patra, koeficient determinace

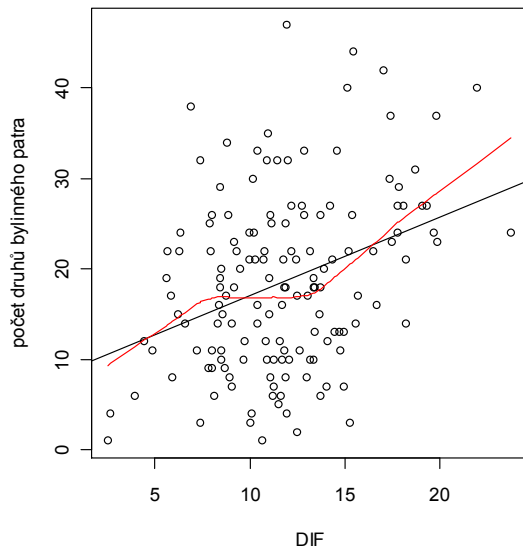
byl $R^2 = 0.266$. Z abiotických faktorů nejlépe vysvětlovalo diverzitu půdní pH ($R^2 = 0.252$), sklon svahu ($R^2 = 0.132$) a difúzní záření ($R^2 = 0.113$).

Difúzní záření bylo nejsilnějším prediktorem druhové diverzity z veličin popisujících množství světla ($R^2 = 0.113$). Celkové záření vysvětlilo méně ($R^2 = 0.085$), nejméně pak přímé záření ($R^2 = 0.036$). Počet druhů srovnávaný mezi plochami prokazatelně narůstal s DIF pokud byl vypočten pro 100m^2 plochy ($R^2 = 0.113$, $p < 0.001$) i 1m^2 podplošky ($R^2 = 0.111$; $p < 0.001$; vybrána vždy jen středová podploška z každé plochy; obr. 11). Vliv heterogenity podmínek na druhovou diverzitu nebyl po odečtení vlivu celkového množství DIF/ průměrného pH průkazný ani pro variabilitu světla (směrodatné odchylky DIF pro každou plochu) ani pro variabilitu půdního pH (směrodatné odchylky pH).

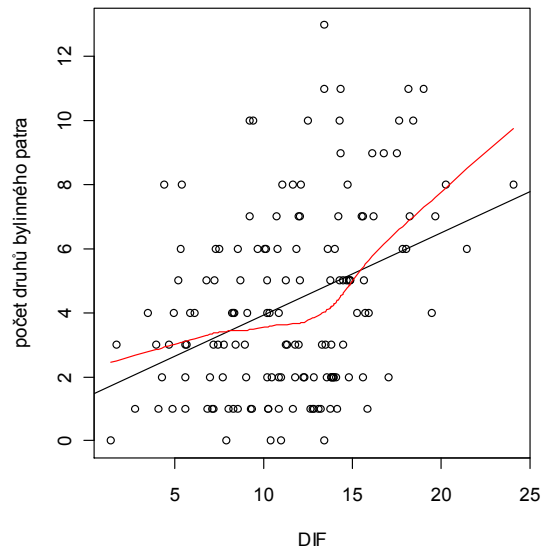
Tab. 7: Regresní analýzy vztahu počtu druhů bylinného patra na 100m^2 a samostatných vysvětlujících proměnných, seřazeno dle vysvětlené variability

Prediktor	Sklon regrese	p-hodnota	$R^2_{\text{adj.}}$
pokryv. bylinného patra (%)	0.192	< 0.001	0.266
pH	8.258	< 0.001	0.252
sklon svahu (stupně)	- 0.455	< 0.001	0.132
DIF (%)	0.758	< 0.001	0.113
nadmořská výška (m)	0.026	< 0.001	0.078
TOT (%)	0.657	< 0.001	0.078
CO (%)	0.821	< 0.001	0.077
pokryv. stromového patra (%)	- 0.134	0.004	0.051
solární radiace (Wm^{-2})	0.006	0.009	0.039
DIR (%)	0.470	0.013	0.036
topografický vlhkostní index	0.728	0.034	0.024

a)



b)



Obr. 11: Závislost druhové diverzity na relativním množství difúzního záření, černě přímka lineární regrese, červeně lokální regrese (LOWESS)

a) 100m² plochy, lin. regrese: $y = 0.86x + 8.39$; $R^2 = 0.113$; $p < 0.001$

b) 1m² podplošky, lin. regrese: $y = 0.27x + 1.44$; $R^2 = 0.111$; $p < 0.001$

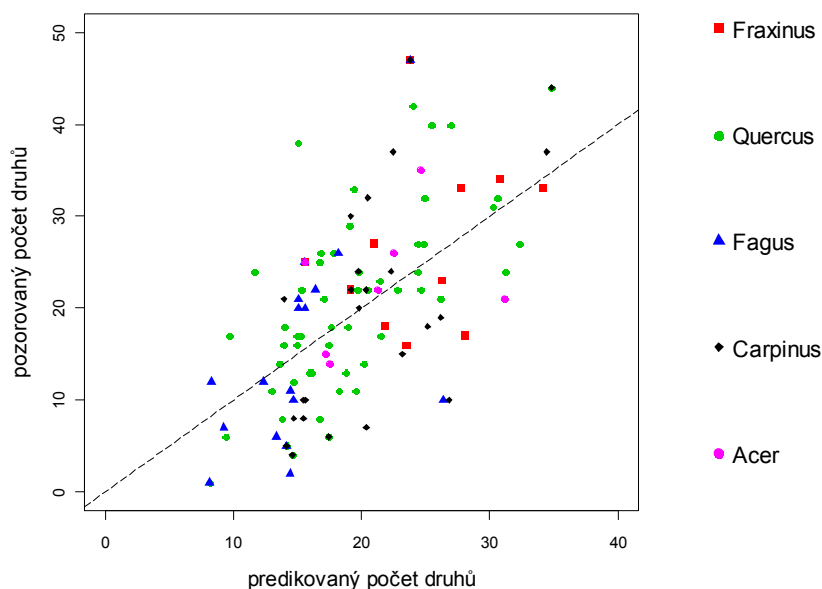
Postupným výběrem faktorů jsem vytvořil regresní model pro druhovou diverzitu, do kterého jsem zahrnul proměnné, které průkazně zvyšovaly predikční schopnost modelu. Zobecněný lineární model druhové diverzity s vysvětlujícími proměnnými pH a sklon svahu ve stupních a DIF vysvětlil 36.5 % variability ($p < 0.001$), ANOVA modelu viz tab. 8. Regresní model má tvar:

$$\text{Počet druhů} \approx 7.89 \text{ pH} - 0.22 \text{ sklon} + 0.76 \text{ DIF} - 26.8$$

Tab. 8: ANOVA modelu druhové diverzity

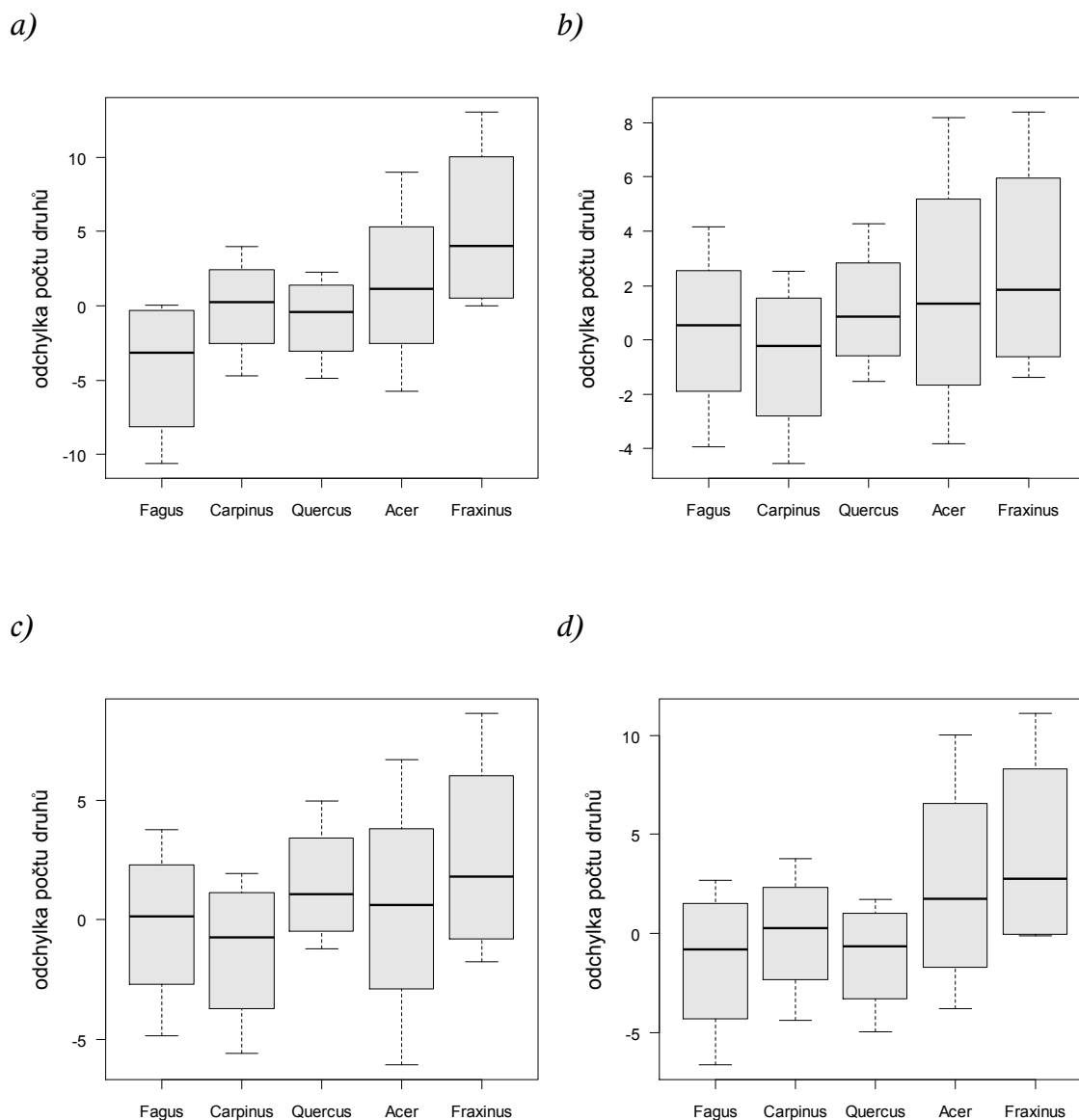
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
<i>pH</i>	1	2818.9	2818.87	45.665	<0.001	***
<i>sklon svahu</i>	1	432.9	432.92	7.013	0.009	**
<i>DIF</i>	1	914.0	913.99	14.806	<0.001	***
Residuals	109	6728.5	61.73			

Fitované hodnoty modelu v porovnání s pozorovanými zobrazuje obr. 12. Proměnné modelu jsem testoval na vzájemné interakce pro všechny páry proměnných i pro interakci všech tří proměnných dohromady. Pro žádný z modelů jsem průkaznou interakci proměnných nenašel. Testování jsem podrobil také model druhové diverzity vysvětlený vlhkostním indexem a difúzním zářením. V modelu bez interakcí byly oba faktory průkazné ($p = 0.002$ pro vlhkostní index; $p < 0.001$ pro DIF; $R^2 = 0.16$). Model s interakcí nevysvětlil více variability, interakce nebyla průkazná.



Obr. 12: Srovnání predikce modelu druhové diverzity s pozorovanými hodnotami, plochy rozlišené podle dominantní dřeviny, přerušovanou čarou vztah 1:1

Protože jsem identifikoval rozdíly v průměrném počtu druhů bylinného patra v porostech s různými dominantními dřevinami (tab. 5, obr. 13a), provedl jsem test vlivu dřevin po odečtení vlivu abiotických podmínek. Vliv dřevin byl testován na reziduálech regresního modelu pro půdní reakci, sklon svahu a množství difúzního záření a dvou částečných modelech bez DIF nebo pH analýzou variance. Dominantní dřevina byla brána jako faktor. Průkazný rozdíl počtu druhů oproti očekávání jsem nezjistil. Tukey HSD test (obr. 13b) jsem stanovil orientačně pro zjištění možných trendů, ačkoliv nebyl vliv dřeviny na reziduály modelu průkazný. Pokud byl odečten pouze vliv procházejícího záření a sklonu svahu, byly výrazně druhově bohatší jen jaseniny (obr. 13d), vykazující průměrně o 5.5 druhu více, než odpovídalo predikovaným hodnotám ($p = 0.055$).



Obr. 13 : Tukey HSD test vlivu dřeviny na počet druhů bylinného patra:

a) pro původní data, odchylka nalezena pro buk (-5.7 druhu, $p = 0.027$) a jasan (+ 7.0 druhu, $p = 0.022$)

b) po odečtení vlivu pH, sklonu svahu a difúzního záření. Nenalezena významná odchylka

c) po odečtení vlivu pH a sklonu svahu. Nenalezena významná odchylka.

d) po odečtení vlivu sklonu svahu a difúzního záření. Téměř významná odchylka nalezena pro jasan (+ 5.5 druhu; $p = 0.055$).

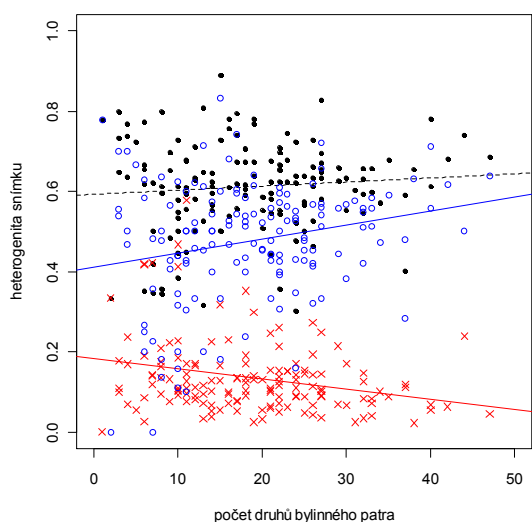
Porovnání diverzity mezi plochami vypočtené z hodnot pro 1m² podplošky (obr. 11) nezohledňovalo variabilitu uvnitř ploch a mohlo být ovlivněno vlivem lokálních zdrojů diaspor nebo jinými faktory prostředí působícími na větších prostorových škálách. Pro zjištění vztahu diverzity a podmínek prostředí na jemné škále jsem pro každou plochu stanovil sklon regresní závislosti počtu druhů na DIF

a pH měřených na pěti 1m² podploškách. Pokud by diverzita na jemné škále nebyla závislá na sledovaném faktoru, očekával bych binomiální rozdělení počtu kladných a záporných sklonů regresní přímky se shodnými pravděpodobnostmi. Počet pozitivních závislostí druhové diverzity na difúzním záření byl vyšší než počet negativních závislostí (87 pozitivních výsledků k 60 negativním, $p = 0.016$). Vliv rostoucího pH na diverzitu na jemné škále nebyl průkazný (60 pozitivních výsledků k 55 negativním; $p = 0.36$).

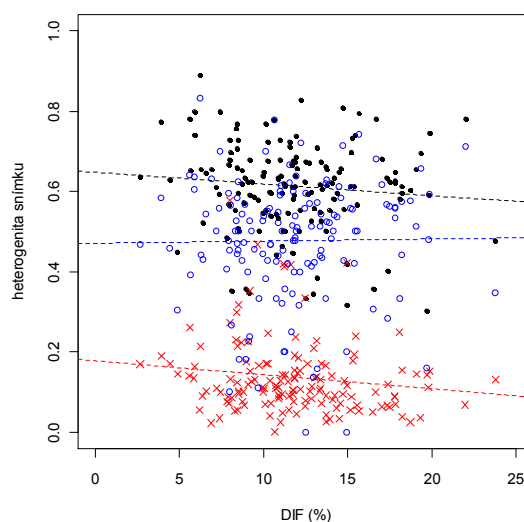
3.4.2 Beta diverzita

Pro všechny plochy jsem vypočetl indexy beta diverzity s výjimkou plochy č. 110, kde byly některé podplošky zcela bez vegetace, pro nulovou diverzitu není funkce betadiverzity definována. Vztah s celkovou diverzitou plochy, množstvím a variabilitou světla a pH zobrazuje obr. 14. Plochy druhově bohatší nevykazovaly vyšší celkovou míru nepodobnosti vyjádřenou indexem β_{SOR} . S rostoucí diverzitou ploch byl prokazatelně spojen vyšší obrat ve druhovém složení (β_{SIM} ; $r = 0.26$; $p = 0.001$) a klesající hnízdovitost (β_{NES} ; $r = -0.23$, $p = 0.005$). Na množství dostupného difúzního záření (DIF) žádná ze složek beta diverzity nereagovala. S vyšší variabilitou světelných podmínek na ploše narůstala průkazně celková nepodobnost druhového složení (β_{SOR} ; $r = 0.18$; $p = 0.02$), pro složky diverzity β_{SIM} a β_{NES} jsem závislost neprokázal. Pro půdní pH nebyla nalezena žádná závislost ani pro průměrné pH, ani pro jeho variabilitu na ploše.

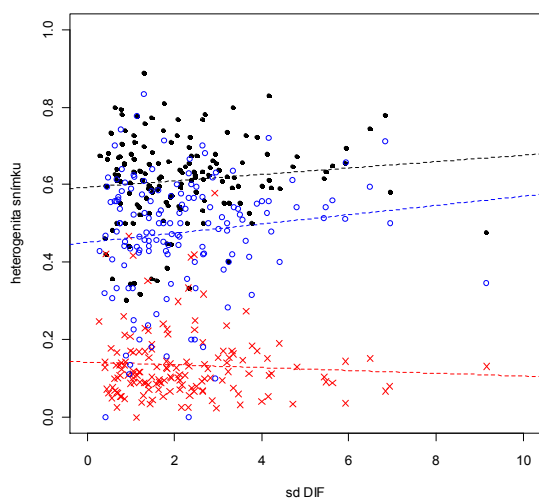
a)



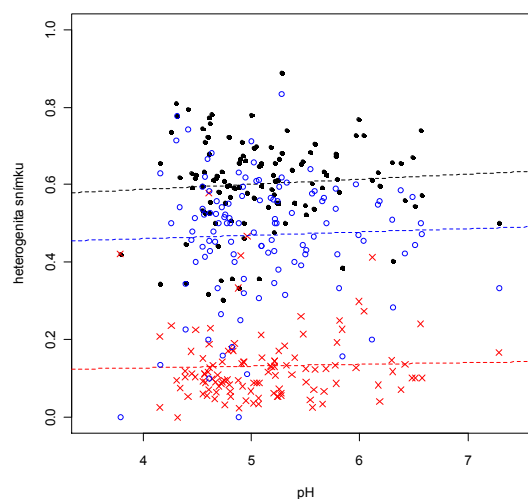
b)



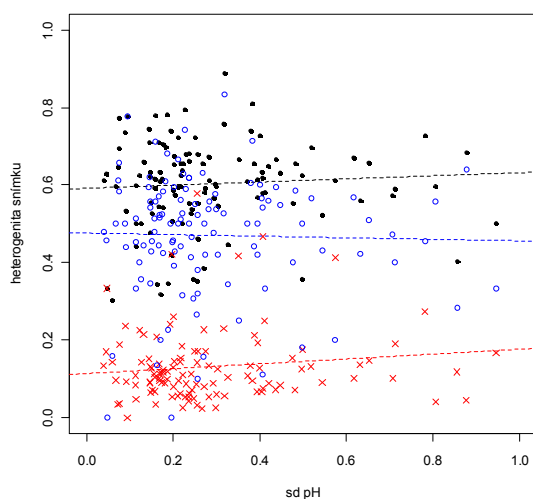
c)



d)



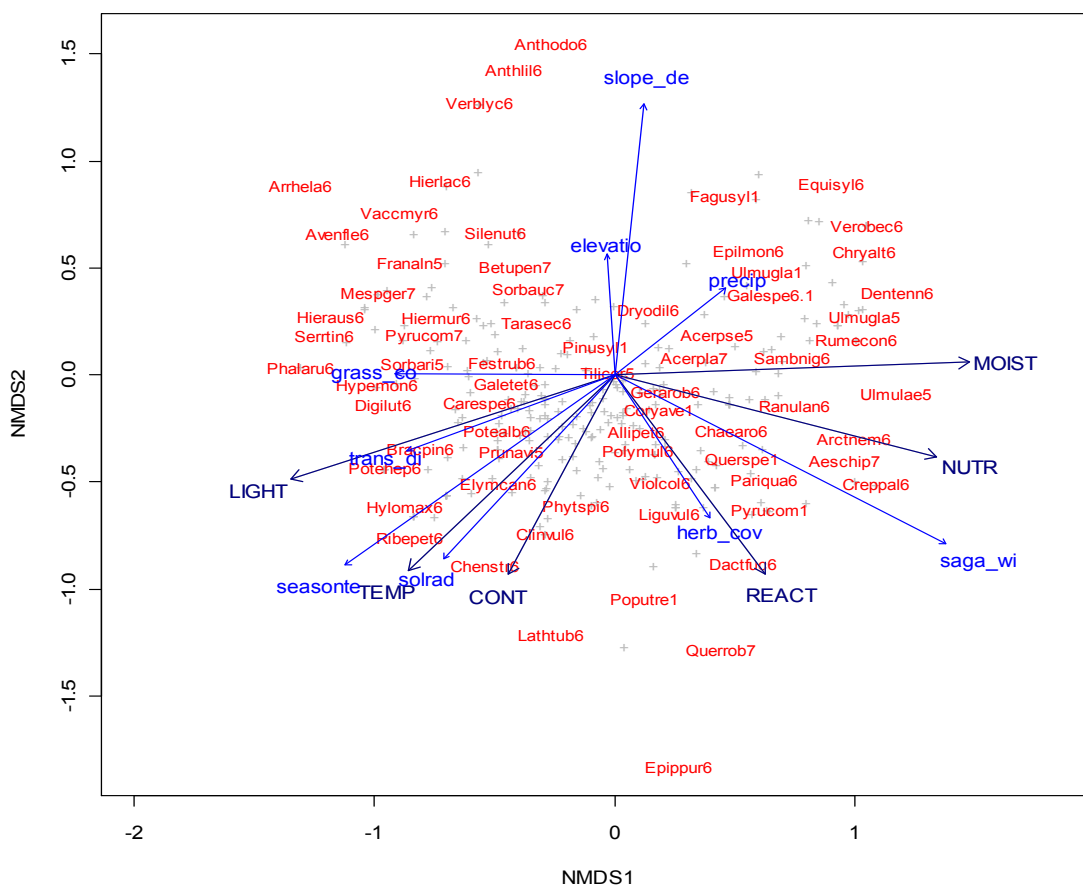
e)



Obr. 14: Heterogenita druhového složení snímků vyjádřená indexy beta diverzity β_{SOR} (plné černé kruhy), β_{SIM} (prázdné modré kruhy) pro obrat v druhovém složení a β_{NES} (červené křížky) pro vyjádření hnízdovitosti druhového složení. Průkazné vztahy beta diverzity ($p < 0.05$) vyznačeny plnou čarou v závislosti na nezávislé proměnné: **a)** celkový počet druhů bylinného patra na ploše 100 m²; **b)** průměrná DIF; **c)** směrodatná odchylka DIF; **d)** průměrné pH; **e)** směrodatná odchylka pH na ploše

3.5 Vliv světla na druhové složení a pokrývnosti

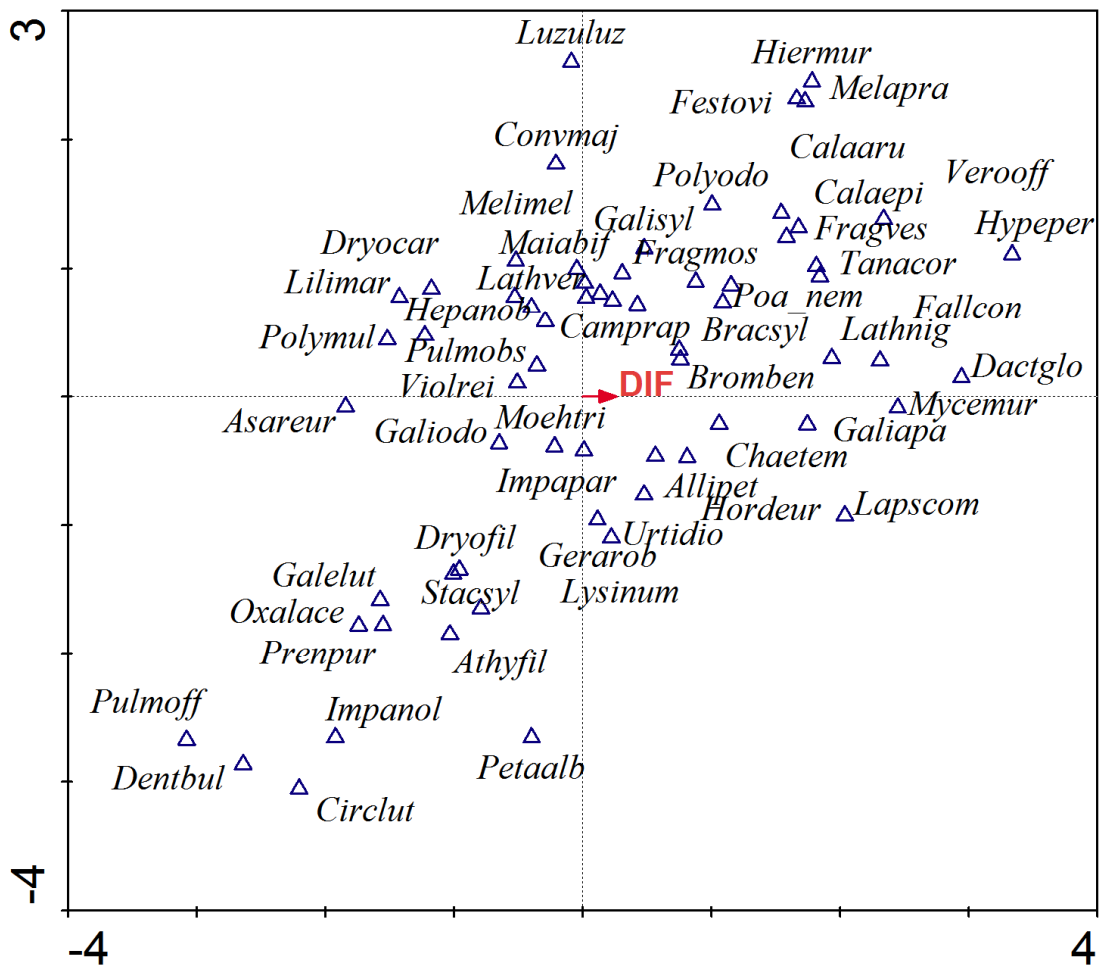
Celkovou variabilitu vegetace zobrazuje ordinační diagram (obr. 15) vypočtený metodou nemetrického škálování (NMDS). Na složení zkoumané vegetace se zřetelně projevuje vliv klimatu. Hlavní gradient rozděluje xerofilní a mezofilní lesy, souvisí s množstvím srážek a teplotou. Prosvětlenost porostů klesá společně s tímto gradientem. Doplňující vliv na složení vegetace mají půdní podmínky a topografie terénu. Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo vykazují shodný trend jako měřené hodnoty DIF, EIV pro teplotu odpovídá vypočtené solární radiaci i klimatickým datům pro teploty ve vegetační sezóně.



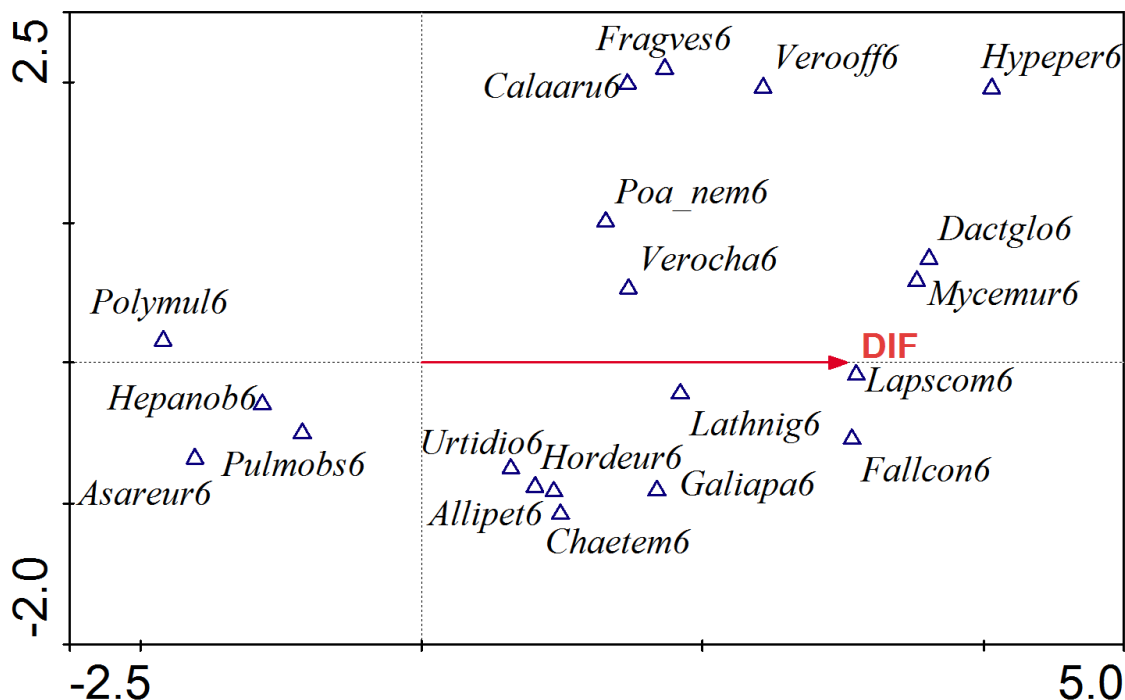
Obr. 15: Ordinační diagram NMDS, zobrazeny druhy (červeně), plochy (šedé křížky) a ekologické gradienty prostředí (šipky). Vysvětlení zkratk: *trans_di* - difúzní záření; *solrad* - potenciální solární radiace, *seasoite* - teplota ve vegetační sezóně; *precip* - roční úhrn srážek; *saga_wi* - topografický vlhkostní index, *grass_co* - pokrývnost travin, *herb_cov* - pokrývnost bylin; Ellenbergovy indikační hodnoty: *MOIST* - vlhlost; *NUTR* - živiny; *REACT* - půdní reakce; *CONT* - kontinentalita; *TEMP* - teplota; *LIGHT* - světlo.

Vliv světla na druhové složení ploch jsem testoval přímou gradientovou analýzou CCA. Samostatný vliv DIF v modelu bez kovariát vysvětlil 1.5 % variability vegetačních dat ($p = 0.001$; obr. 16), první neomezená osa pak 7.5 %. Všechny sledované proměnné prostředí průkazně vysvětlují dohromady 15.7 % variance. Celková variance je 4.716. Mezi druhy s nízkými skóry pro DIF převládají druhy bučin a suťových lesů (tj. *Dentaria bulbifera*, *Circea lutetiana*, *Asarum europeum*, *Oxalis acetosella*, *Prenanthes purpurea*, *Galeobdolon luteum*), druhy s nejvyššími skóry pro DIF náleží k druhům s těžištěm výskytu v bezlesí (*Hypericum perforatum*, *Dactylis glomerata*, *Fallopia convolvulus*). Mezi druhy světlých stanovišť je větší zastoupení trav (*Calamagrostis sp.*, *Festuca ovina*, *Poa nemoralis*, *Brachypodium sylvaticum*) a druhů teplomilných doubrav (např. *Tanacetum corymbosum*, *Lathyrus niger*). Druhy s těžištěm výskytu ve svazu *Carpinion* se umístily zhruba uprostřed gradientu.

Pro zjištění vlivu světla po očištění od vlivu geografických, klimatických a pedologických podmínek jsem použil přímou gradientovou analýzu s kovariáty (CCA). Formulace modelu byla: $\text{PrimaryData} \sim (\text{trans_dir} + \text{trans_dif} + \text{trans_to}) \mid (\text{altitude} + \text{slope} + \text{longitud} + \text{latitude} + \text{solrad} + \text{twi} + \text{precip} + \text{deficit} + \text{season_t})$. Složky záření (DIF, DIR, TOT) byly testovány postupně od složky s nejvyšší vysvětlenou variancí. Po přidání proměnné DIF samostatně již další složky nezvyšovaly průkazně predikční schopnost modelu. DIF vysvětlila 1.2% zbývající variance po odečtení vlivu ostatních proměnných prostředí ($p = 0.006$; obr. 17). Druhy relativně stinnějších stanovišť jsou podle této analýzy *Asarum europeum*, *Polygonatum multiflorum*, *Hepatica nobilis* a *Pulmonaria obscura*.



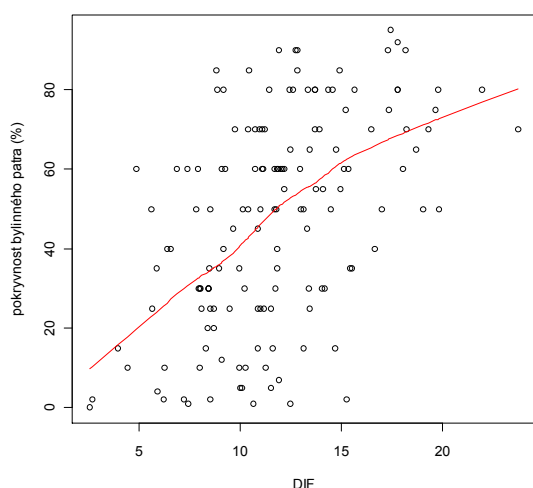
Obr. 16: *Přímý ordinační diagram druhového složení na gradientu světelných podmínek. CCA bez kovariát, difúzní záření (DIF) jako vysvětlující proměnná. Zobrazeny druhy s fit > 2% a weight > 1%. Seznam zkratk uveden v kapitole 6.*



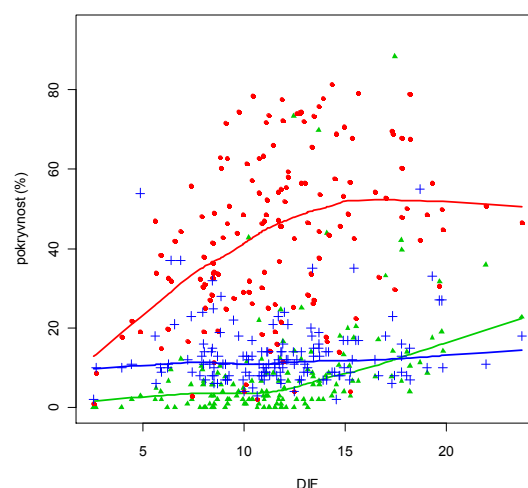
Obr. 17: CCA s kovariáty, difúzní záření (DIF) jako vysvětlující proměnná. Zobrazeny druhy s $\text{fit} > 3\%$ a $\text{weight} > 1\%$, vysvětlující proměnná 10x přeškálována. Seznam zkratk uveden v kapitole 6.

Na gradientu difúzního záření rostla celková pokryvnost bylinného patra (Spearmanův korelační koeficient $\rho = 0.52$, $p < 0.001$; obr. 18a). Druhy bylinného patra jsem rozdělil na semenáčky dřevin, graminoidy (druhy z čeledí Poaceae, Juncaceae a Cyperaceae) a ostatní byliny. Pokryvnosti těchto skupin jsem získal sloučením v JUICE. Vztah pokryvností na množství difúzního záření jsem testoval Spearmanovým korelačním koeficientem. Pro zobrazení vztahu pokryvnosti na množství záření jsem použil lokálně vážené regrese LOWESS (obr. 18b). Semenáčky dřevin nereagovaly svou pokryvností na množství záření ($\rho = 0.07$, $p = 0.39$). Pokryvnost travin se začala výrazně zvyšovat až při vyšších hodnotách záření nad 12 % DIF ($\rho = 0.52$, $p < 0.001$). Naopak pokryvnost ostatních bylin rostla při nižších hodnotách záření, pro vyšší hodnoty nad asi 15% DIF se nárůst zastavil ($\rho = 0.38$, $p < 0.001$).

a)



b)



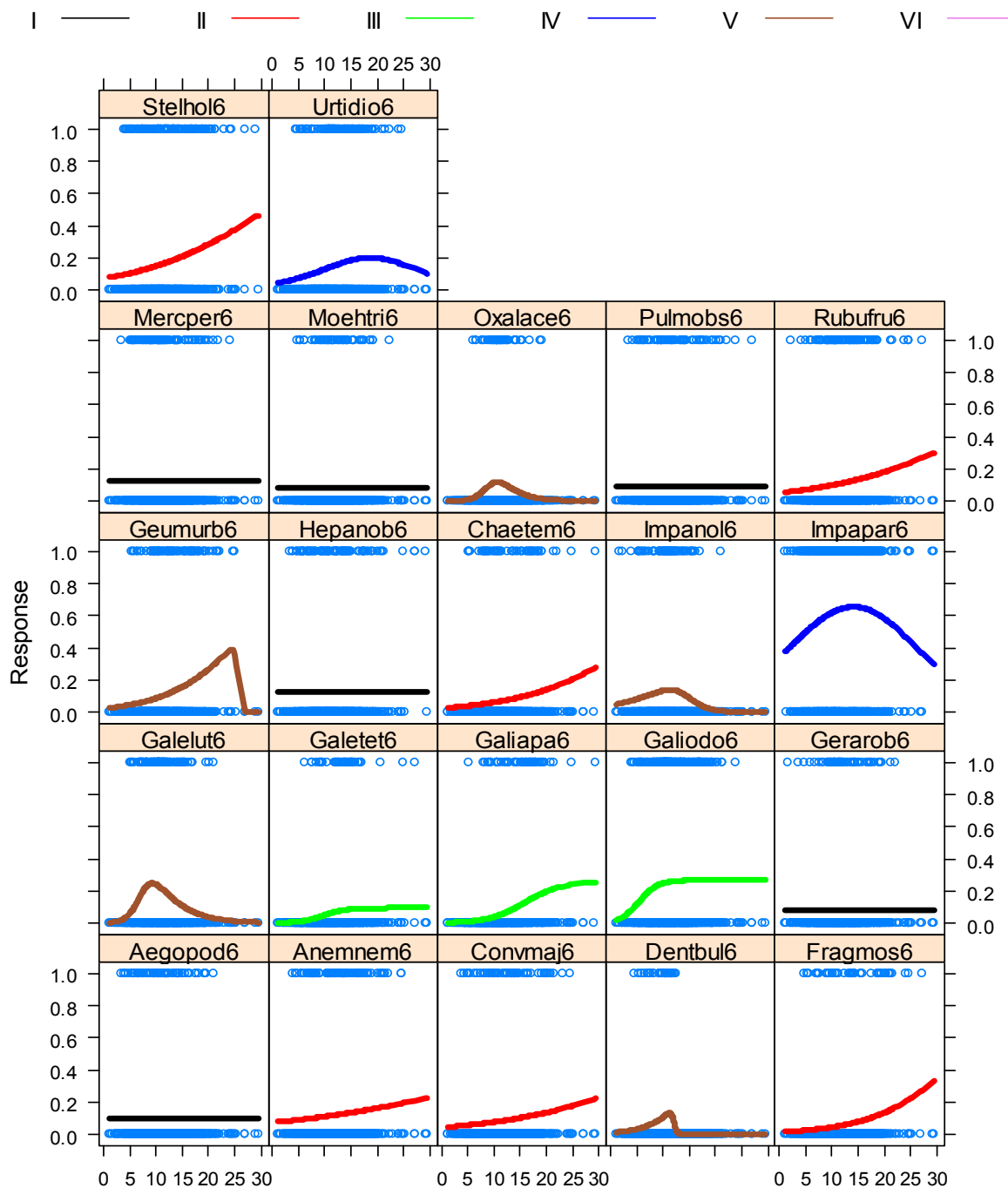
Obr. 18: Pokryvnosti vegetace na gradientu difúzního záření: **a)** celková pokryvnost bylinného patra; **b)** pokryvnost semenáčků dřevin (modré křížky), travin (zelené trojúhelníky) a bylin (červená kolečka). Křivky zobrazují lokální regresi metodou LOWESS.

3.6 Ekologická nika druhů

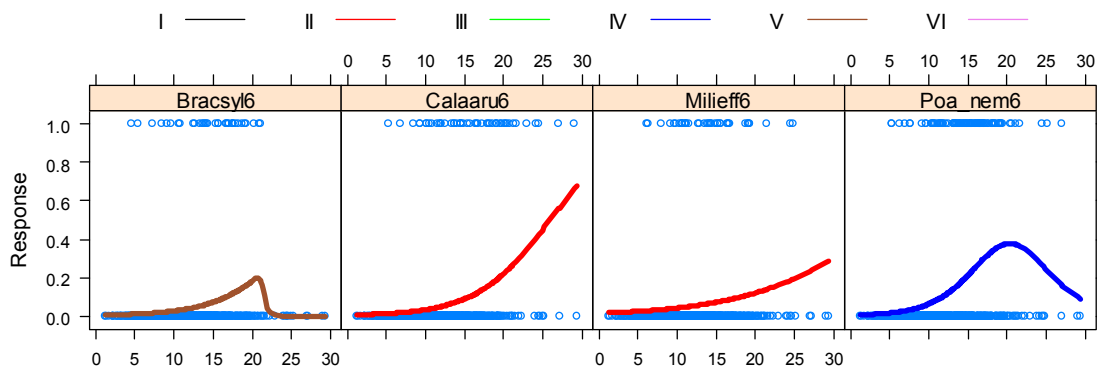
Křivky druhových odpovědí modelované HOF modely jsem vypočetl z prezenčních dat pro 22 druhů bylin (obr. 19), 4 druhy travin (obr. 20) a 7 druhů semenáčků dřevin (obr. 21). Výběr druhů byl stanoven na základě požadavku na počet pozorování. Výběr modelu jsem provedl na základě minimální hodnoty statistiky AIC. Pro každý druh jsem určil hodnotu optima a porovnal ji s Ellenbergovou indikační hodnotou druhu (tab. 9). Pro modely typu II a III jsem optimum stanovil jako maximální pozorovanou hodnotu měření. Nenalezl jsem žádný bylinný druh, který by měl klesající odpověď na množství světla. Mezi vypočteným optimem druhu a Ellenbergovou hodnotou pro světlo byla průkazná korelace (Spearmanův korelační koeficient: $\rho = 0.42$; $p = 0.048$).

Tab. 9: Optima druhů a typ HOF modelu pro DIF v porovnání s Ellenbergovou indikační hodnotou pro světlo, seřazeno podle optima druhu.

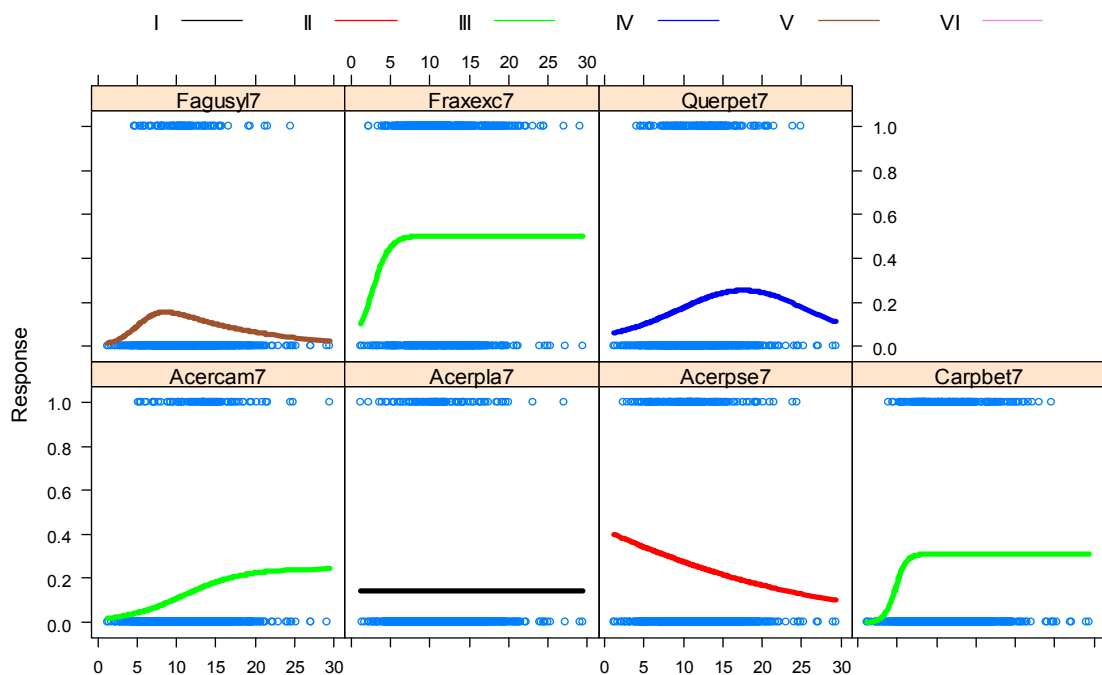
<i>Druh</i>	Počet výskytů	Optimum (DIF)	HOF model	Ellenb. Light
byliny				
<i>Aegopodium podagraria</i>	72	—	I	5
<i>Geranium robertianum</i>	57	—	I	5
<i>Hepatica nobilis</i>	95	—	I	4
<i>Mercurialis perennis</i>	92	—	I	2
<i>Moehringia trinervia</i>	59	—	I	4
<i>Pulmonaria obscura</i>	65	—	I	4
<i>Galeobdolon luteum</i>	113	9.27	V	3
<i>Oxalis aceetosella</i>	49	10.66	V	1
<i>Dentaria bulbifera</i>	36	11.26	V	3
<i>Impatiens noli-tangere</i>	75	11.34	V	4
<i>Impatiens parviflora</i>	444	14.05	IV	4
<i>Urtica dioica</i>	106	18.59	IV	x
<i>Geum urbanum</i>	86	24.39	V	4
<i>Anemone nemorosa</i>	88	29.41	II	x
<i>Convallaria majalis</i>	65	29.41	II	5
<i>Fragaria moschata</i>	45	29.41	II	6
<i>Chaerophyllum temulum</i>	56	29.41	II	5
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	84	29.41	II	x
<i>Stellaria holostea</i>	129	29.41	II	5
<i>Galium aparine</i>	53	29.41	III	7
<i>Galeopsis tetrahit</i> agg.	44	29.41	III	7
<i>Galium odoratum</i>	173	29.41	III	2
traviny				
<i>Poa nemoralis</i>	92	20.37	IV	5
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	34	20.70	V	3
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	50	29.41	II	6
<i>Milium effusum</i>	41	29.41	II	4
semenáčky dřevin				
<i>Acer platanoides</i>	105	—	I	4
<i>Acer pseudoplatanus</i>	190	1.20	II	4
<i>Fagus sylvatica</i>	87	8.57	V	3
<i>Quercus petraea</i> agg.	139	17.61	IV	6
<i>Acer campestre</i>	96	29.41	III	5
<i>Carpinus betulus</i>	216	29.41	III	4
<i>Fraxinus excelsior</i>	362	29.41	III	4



Obr. 19: Křivky druhových odpovědí bylin pro DIF (HOF modely). Na ose x jsou hodnoty DIR, na ose y predikované hodnoty četností. Barva křivky reprezentuje typ vybraného modelu: I - černá; II - červená; III - zelená; IV - modrá; V - hnědá.



Obr. 20: Křivky druhových odpovědí travin pro DIF (HOF modely). Na ose x jsou hodnoty DIR, na ose y predikované hodnoty četností. Barva křivky reprezentuje typ vybraného modelu: I - černá; II - červená; III - zelená; IV - modrá; V – hnědá.



Obr. 21: HOF modely druhové odpovědi semenáčků dřevin pro DIF. Na ose x jsou hodnoty DIR, na ose y predikované hodnoty četností. Barva křivky reprezentuje typ vybraného modelu: I - černá; II - červená; III - zelená; IV - modrá; V – hnědá.

4 Diskuze

4.1 Diskuze metodiky

Metoda analýzy hemisférické fotografie umožnila odděleně testovat vliv přímého a difúzního záření. Zvolenou metodu považuji za vhodnou pro tento typ studie. Vzhledem k značnému množství a vzdálenostem mezi plochami bylo třeba provádět měření i za nepříznivých světelných podmínek. Přímé sluneční záření mohlo zkreslit výsledný obraz, hemisférická fotografie je však na aktuální světelné podmínky méně citlivá než měření fotodiodami (Gendron et al. 1998). Použití kvalitního objektivu pro zrcadlový digitální fotoaparát minimalizovalo nežádoucí odlesky a chromatickou aberaci. Automatizované kroky metody (expozice a určení prahové hodnoty obrazu) jsem manuálně kontroloval a v případě potřeby korigoval nastavení pro dosažení žádoucího kontrastu mezi oblohou a vegetací. Náročný sběr a zpracování půdních vzorků z pětic podplošek nepřinesl očekávané vysvětlení variability vegetace na jemné škále. Stanoveno bylo pouze půdní pH, je tedy možné, že efekt na vegetaci na jemné škále bude mít spíše dostupnost vybraných prvků. Přesto považuji tento negativní výsledek za cenný, protože pravděpodobnost chyby II typu není vzhledem k počtu měření vysoká. Naopak měření světla a sběr vegetačních dat v pěti podploškách z každé plochy přineslo zajímavé pozitivní výsledky.

Stratifikovaně-náhodný výběr ploch byl nutný z hlediska požadavku kvantifikovat světelné podmínky porostů a relativní význam světla na složení vegetace v oblasti. Z hlediska výpočtu ekologických nik druhů by bylo vhodnější zaměřit výběr ploch na maximalizaci délky gradientu světelných podmínek, kdy chyběly pozorování na obou koncích gradientu.

4.2 Diskuze výsledků

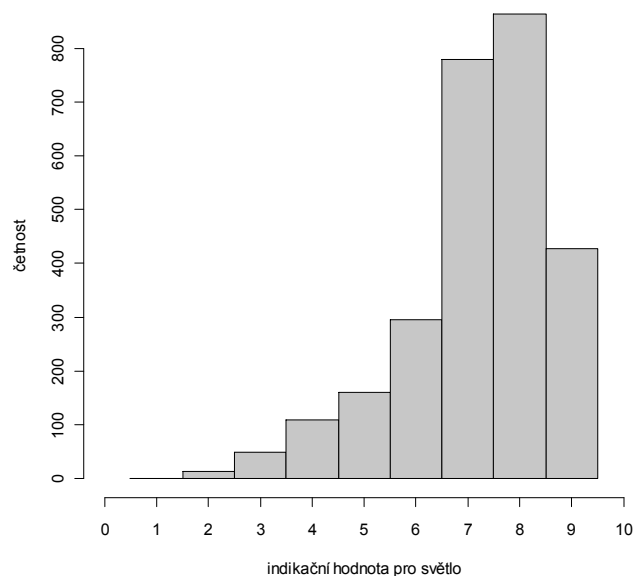
4.2.1 Ekologický význam složek záření

Z ukazatelů světelných podmínek vykazovala difúzní složka záření nejsilnější vazbu k diverzitě vegetace. Z hlediska významu pro složení vegetace bylo difúzní a celkové záření rovnocenné. Průměrná indikační hodnota stanoviště pro světlo byla nepatrně lépe korelována s celkovým množstvím záření. Menší výpovědní hodnotu přímého záření pro strukturu vegetace si vysvětlují menším podílem na celkovém množství záření v podrostu, vysokou variabilitou na malé škále, na které však převažují jiné procesy určující strukturu vegetace (klonální růst, kompetice, disturbance) a možnou slabší prostorovou korelací s dalšími faktory - kořenovou kompeticí dřevin, intercepce srážek korunami, či distribucí opadu. Přímé záření totiž proniká porostem šikmo v závislosti na poloze Slunce a dochází tak k posunu místa osvětleného přímým zářením vůči kolmé projekci porostní mezery, kterou světlo prochází. Zachycena je zpravidla větší část přímého záření kvůli delší dráze šikmých paprsků při průchodu vegetací. V případě větších porostních mezer může být vliv přímého záření výraznější, protože na okraji světliny jsou světelné podmínky způsobené přímým zářením mnohem kontrastnější, periody přímého záření trvají déle, než u malých mezer v porostu (Canham et al. 1990), více se pravděpodobně projeví i vliv přímého záření na teplotní režim stanoviště. Podle Wernerové (2009) byl nejsilnějším prediktorem druhového složení lesní vegetace v Českém krasu z kvantitativních ukazatelů záření celkové množství záření, Hofmeister et al. (2009) také použil celkového záření pro vysvětlení diverzity. Pro studie interiéru lesa lze považovat ekologický význam difúzního a celkového množství záření i díky jejich silné vzájemné závislosti za téměř identický, pro studie systémů, kde se očekávají větší systematické rozdíly mezi přímým a difúzním zářením (zejména pro paseky, nebo pro různé expozice skalních výchozů) doporučuji testovat odděleně vliv obou složek záření.

4.2.2 Diverzita

Nejsilnější pozitivní korelaci s diverzitou měla pokryvnost bylinného patra, kterou lze brát jako odhad produktivity. Na malých škálách se obecně uvádí unimodální vztah produktivity a diverzity (Oksanen 1996; Zobel & Liira 1997), já jsem pozoroval pouze rostoucí trend. To je zřejmě dáno krátkým gradientem

produktivity lesní bylinné vegetace, která je limitována dostupností světla. Zobel & Liira (1997) pozorovali pokles diverzity až při vyšší produktivitě na nelesních typech stanovišť, Adkison (2004) také pozoroval pouze nárůst druhové diverzity na kombinovaném gradientu dostupnosti světla, živin a vlhkosti. Pozoroval jsem nárůst počtu druhů s rostoucím pH, což je v souladu s výsledky analýzy snímků lesní vegetace z České národní fytoecologické databáze (Chytrý, Tichý, & Roleček 2003), jako vysvětlení se uvádí převaha bazických substrátů v kvartérní minulosti, která mohla mít vliv na vytvoření většího species-poolu bazofilních druhů. Pozitivní závislost druhové bohatosti bylinného patra na množství procházejícího záření v listnatých opadavých lesích pozorovaná v této práci je v souladu s pozorováním řady dalších studií (Gálhidy et al. 2005; Hofmeister et al. 2009; Macek 2009; Tinya et al. 2009). Příčinou tohoto jevu může být buď neutrální efekt rostoucího počtu jedinců na gradientu produktivity, diskutovaný výše, nebo historicko-evoluční efekt většího množství druhů s vyššími nároky na světlo. První domněnku podporuje pozorovaný nárůst pokryvnosti a tedy patrně i počtu jedinců s rostoucí dostupností světla, druhé vysvětlení pak podporuje rostoucí *species-pool* druhů s vyšší Ellenbergovou indikační hodnotou pro světlo (obr. 22). Oba efekty mohou samozřejmě působit současně. Počet jedinců na ploše nebyl přímo kontrolován, přímá kvantifikace vlivu počtu jedinců na diverzitu proto není na základě mých dat možná. Přesto lze na základě srovnání diverzity jednometrových plošek usuzovat, že vliv počtu jedinců je na jemné škále relativně důležitější. Zatímco rostoucí půdní pH mělo velký vliv na druhovou diverzitu 100m² ploch, při srovnání variability v rámci plochy na 1m² podploškách jsem pozitivní vliv neprokázal. Oproti tomu světelné záření, které je výrazněji svázáno s produktivitou prostředí a ovlivňuje hustotu jedinců (viz Adkison 2004), bylo významným prediktorem diverzity na velké i jemné škále a to i při zanedbání vlivu lokální diverzity. Pokles korelace mezi půdními vlastnostmi a složením lesní bylinné vegetace na malé škále byl již pozorován i v jiných studiích (Reed et al. 1993).



Obr. 22: Histogram četností Ellenbergových indikačních hodnot pro světlo středoevropské flóry

Regresní model druhové diverzity pro lesní vegetaci Českého středohoří navržený v této práci vysvětlil 36.5 % variability, což je výrazně více, než u modelu navrženého Tydlitátovou (2010), který vysvětloval 23% variability druhové diverzity snímků v Milešovském středohoří. Možnou příčinou by mohlo být zahrnutí měřené hodnoty světelného záření, protože Tydlitátová provedla pouze vizuální odhad pokrývnosti stromového patra, který nebyl statisticky významným prediktorem druhové bohatosti. Obě práce se však liší velikostí plochy, je tedy možné, že vliv světelných podmínek pozorovaný na menších plochách použitých v této práci (100 m²) vyznívá na větších plochách, které použila Tydlitátová (225 m²). Silnější vztah vegetace a prostředí se na druhou stranu očekává pro větší plochy (Schuster & Diekmann 2005).

Interakci vlhkostních podmínek, půdních vlastností a dostupností světla ve vlivu na diverzitu, jak ji pozoroval Härdtle et al. (2003), jsem neprokázal. Vzhledem k srovnatelnému rozsahu obou studií (114 snímků s měřeným pH v této práci vs. 91 snímků u Härdtleho) a délce gradientů se domnívám, že rozdílné výsledky mohou být dány také specifičností regionální flóry a abiotických podmínek. Härdtle však rozdělil

soubor pozorování do tří syntonů, v každém typu tak bylo méně opakování a neprůkaznost vlivu světla na diverzitu společenstev *Alno-Ulioniu* a *Fagion sylvaticae* mohla být chybou II typu.

Při studiu betadiverzity na jemné škále (obrat druhového složení v podploškách o velikosti 1 m² a vzájemné vzdálenosti max. 10 m) jsem nenalezl vztah betadiverzity k heterogenitě prostředí. Jediný průkazný vztah byl mezi betadiverzitou na jemné škále a alfa diverzitou 100m² ploch, kdy s rostoucím počtem druhů narůstal i obrat druhů v rámci plochy a klesala hnízdovitost druhového složení. Na jemné škále je variabilita vegetace zřejmě způsobená jinými faktory prostředí, než jaké byly sledovány (tj. světlo a půdní pH), a nebo strukturu vegetace na jemné škále utvářejí převážně neutrální mechanismy jako prostorové šíření rostlin (Gilbert & Lechowicz 2004; Miller, Mladenoff, & Clayton 2002) nebo lokální disturbance a vazba k faktorům prostředí tak na malé škále pozorování slábne (Reed et al. 1993). Vztah betadiverzity k variabilitě světla jsem očekával na základě výsledků své bakalářské práce (Macek 2009). V bakalářské práci jsem použil k vyjádření vztahu variability vegetace na jemné škále jiný metodický přístup, kdy jsem variabilitu na jemné škále srovnával pomocí prostorové statistiky na základě ordinačních analýz s četnostními daty, na rozdíl od prezenčně-absenčních dat v této studii a použití odlišné statistiky betadiverzity.

4.2.3 Vliv dominantní dřeviny na vegetaci

Množství procházejícího záření bylo ovlivněno druhem dominantní dřeviny. Byl rovněž pozorován i rozdíl v průměrném půdním pH ploch podle dominantní dřeviny. Pořadí druhů podle průměrného zástínu jejich korun odpovídalo očekávání. Rozdíl půdního pH svrchního horizontu může být značně ovlivněn kvalitou opadu jednotlivých druhů (Kooijman & Cammeraat 2010; Oijen et al. 2005), odlišení od vlivu matečné horniny by však vyžadovalo kontrolní odběry půdy vzniklé za stejných podmínek pouze s jinou dominantní dřevinou, to ale nebylo předmětem práce.

Rozdíly v druhové diverzitě bučin a jasenin nebyly po odečtení vlivu světla, sklonu svahu a půdního pH průkazné. Vyšší druhová bohatost jasenin byla stále patrná na nižší hladině pravděpodobnosti, počet pozorování u ploch dominovaných jasanem byl poměrně nízký (11 ploch se změřeným pH). Jedním z možných vysvětlení

pro vyšší druhovou bohatost jasenin je pozdní rašení jasanu (Sparks & Carey 1995), které poskytuje větší světelný požitek bylin na jaře. Pozitivně může působit i kvalita opadu, díky které dochází k rychlejší dekompozici (Oijen et al. 2005) a byliny jsou tak méně limitovány při klíčení než v případě nahromaděné opadanky buku a dubu. Jaseniny v Českém středohoří jsou zpravidla sukcesně mladší porosty, ve kterých mohou přežívat druhy vázané na předchozí typ stanoviště.

Druhově specifické účinky dominantní dřeviny na vegetaci byly jen zřídka zkoumány pro čistě listnaté lesy, zobecňující teorie v podstatě chybí (Barbier et al. 2008). Vzhledem k ekologické vazbě mezi dřevinami a prostředím není snadné odlišit vliv dřeviny od vlivu prostředí. Podle práce Reed et al. (1993) nebyl vliv jednotlivých druhů dřevin na složení vegetace po odečtení vlivu prostředí průkazný. Pokud chápeme průměrný zástin dřevin jako druhově specifický (ačkoliv se může lišit i v konspecifických porostech podle stanovištních podmínek), pak lze na základě mojí práce potvrdit vliv buku a dubu na diverzitu vegetace. V případě jasanu by bylo třeba zjistit, jaká je kauzalita mezi vyšším pH a jeho dominancí na ploše.

4.2.4 Vliv světla na vegetaci

Vliv světla na druhovou skladbu vegetace jsem testoval pomocí přímé ordinační analýzy. Samostatný efekt světla vysvětloval 1.5 % z celkové variability, pozice druhů na gradientu světla odpovídala především pozici na gradientu od teplomilných doubrav po mezofilní bučiny. Abych zjistil čistý vliv světla, použil jsem klimatická a geografická data jako kovariáty. Ze zbývajících variability vysvětlovalo světlo průkazně 1.2 %. Množství vysvětlené variability se zdá být poměrně nízké. V obdobné studii v NP Örség v Maďarsku vysvětlovala proměnná relativního záření 15 % variability bylinného patra (Tinya et al. 2009). Moje práce postihovala větší a členitější území, celková variabilita vegetace na klimaticko-geografických a edafických gradientech byla podstatně větší než ve zmiňované práci. Žádný samostatný faktor nemohl v mojí práci vysvětlit více než první osa nepřímé korespondenční analýzy, tedy 7.9 % variability.

Skupina druhů se zápornými skóry na omezené ose, typická pro stinnější stanoviště byla poměrně malá, jednalo se o druhy *Asarum europeum*, *Polygonatum multiflorum*, *Hepatica nobilis* a *Pulmonaria obscura*. Tyto druhy mají poměrně nízké indikační hodnoty pro světlo (3, 2, 4 a 4). Naopak druhů s vyššími nároky na světlo

bylo více. Jednalo se o trávy (*Dactylis glomerata*, *Calamagrostis arundinacea*, *Poa nemoralis*), světlomilné byliny, rostoucí i v bezlesí (*Hypericum perforatum*, *Fallopia convolvulus*, *Galium aparine*, *Veronica officinalis*, *V. chamaedris*, *Fragaria vesca*, *Lapsana communis*). Mezi druhy vázanými na světlejší stanoviště byla i *Mycelis muralis*, pro kterou se uvádí výskyt od stinných humózních lesů až po paseky a lemy a *Lathyrus niger*, rovněž rostoucí i v lemových společenstvech. Druhy zmiňované i ve studii Tinya et al. (2009) vykazovaly obdobnou pozici v RDA analýze, jakou jsem pozoroval v této práci.

Z porovnání s dalšími faktory prostředí vyplývá, že vliv světla na druhové složení lesní vegetace na krajinné úrovni je druhotný. Na krajinné úrovni je výsledné složení flóry určováno především interakcí klimatu, horninového podkladu a historického vývoje, ačkoliv ani vliv světla není zanedbatelný. Na malé škále dostupnost světla úzce souvisí s pokryvnostmi a četnostmi druhů v prostoru. Z toho plyne i efekt na druhovou diverzitu, kdy je počet pozorovaných druhů funkcí počtu jedinců. Druhové složení vegetace na jemné škále má naproti tomu náhodný charakter. K podobným závěrům dospěl i Bartemucci, Messier, & Canham (2006).

Pokryvnost funkčních skupin bylin a trav se na gradientu světelných podmínek měnila. Byliny jsou lépe adaptovány na nízké množství záření, reagují na prosvětlení v první polovině gradientu. Zhruba při 15 % záření se nárůst pokryvností bylin zastavuje, trávy naopak při této hladině světla teprve začínají zvyšovat svou pokryvnost. Poněkud překvapivě jsem nenašel žádnou závislost pro pokryvnosti semenáčků dřevin. Vzhledem k metodice výběru ploch se lze domnívat, že na světlejších plochách byly dřeviny limitovány nízkou produktivitou stanoviště, logicky tak nelze očekávat na takových místech ani vyšší pokryvnost semenáčků. Ale ani v případě prosvětlení porostu disturbancí stromového patra nelze očekávat výrazný nárůst pokryvnosti semenáčků dřevin: dřeviny na prosvětlení reagují především větší investicí do výškového přírůstku (Petritan, Von Lupke, & Petritan 2007; Van Hees 1997), v případě překročení výšky 1.5 m se navíc nepočítají do bylinného patra.

4.2.5 O věrohodnosti Ellenbergových indikačních hodnot

Odhad světelných podmínek z druhového složení na základě Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo byl průkazně korelován s měřenými hodnotami. Korelační koeficient byl $r = 0.42$. Dzwonko (2001) pozoroval pro starobylé lesy

v Polsku sílu vztahu silnější ($r = 0.59$), zatímco u novodobých lesů byl vztah obdobný jako v této práci ($r = 0.42$); Diekmann (1995) pro opadavé lesy jižního Švédska uvádí korelační koeficient 0.53 a navrhuje kalibrovat indikační hodnoty vybraných druhů pro zlepšení síly vztahu.

Pozorovaný vztah EIV pro světlo a měřených hodnot byl zatížený chybou díky interakci s vlhkostními a živinovými poměry na stanovišti. Závislost reziduálů indikační hodnoty pro světlo na vlhkosti a živinách, potažmo tedy produktivitě bylinného patra, lze interpretovat jako artefakt vzájemného stínění rostlin bylinného patra. Provedl jsem proto srovnání pokryvnosti bylinného patra a reziduálů indikační hodnoty, mezi pokryvností a reziduálem indikační hodnoty nebyl žádný vztah ($r = 0$, $p = 0.89$). Alternativně si lze závislost vysvětlit jako fyziologickou interakci záření a dostupného množství živin, nebo vody. Pro závislost na živinách se očekává opačný směr – tedy že by na živinami bohatých místech měly rostliny tolerovat naopak i hlubší stín (Coomes et al. 2009; Peace & Grubb 1982), naopak vyšší půdní vlhkost může podporovat růst stínomilných rostlin, které mají obecně nižší poměr rychlosti fotosyntézy k transpiraci (Chapin et al. 1987). Vzhledem k zmíněným skutečnostem považuji pozorovanou závislost průměrných indikačních hodnot pro světlo na dalších faktorech prostředí za nežádoucí artefakt, indikační hodnoty pro světlo je třeba revidovat na základě přímého měření.

4.2.6 Ekologické nároky rostlin na světlo

Pro výpočet ekologických nik jsou zapotřebí rozsáhlé datové soubory, aby byl splněn předpoklad počtu výskytů druhu. Pro méně četné druhy může model chybně zamítnout komplexnější tvary křivek. Použitý typ modelů druhových odpovědí považuji za vhodný, výsledné křivky lze rozumně interpretovat, výsledky nejsou v rozporu s terénní zkušeností.

S výjimkou javoru klenu jsem nenalezl monotónní klesající závislost na světle. Přítomnost semenáčků dřevin i při nízkých hodnotách dostupnosti světla lze vysvětlit produkcí velkého množství semen, která klíčí ve stínu a přežíváním semenáčků v hlubokém stínu po několik sezón při snížené rychlosti růstu (Petritan et al. 2007; Walters & Reich 2000). U dřevin se v datech může výrazněji projevit artefakt prostorového šíření, kdy většina semen klíčí v podmínkách, jaké vytváří matečný strom a pozorovaná odpověď tak může vypovídat více o schopnosti dospělých stromů

utvářet stín než o preferencích semenáčků. Velmi širokou niku měl jasan, který se s výjimkou velmi stinných míst vyskytoval v celém gradientu světelných podmínek. Široká tolerance světelných podmínek zřejmě přispěla k vysoké četnosti jasanových semenáčků napříč celým Středohořím. Také semenáčky habru se vyskytují v poměrně širokém spektru podmínek. Javor babyka byl ze studovaných druhů dřevin nejsvětlo- milnější, ačkoliv dle Ellenbergovy indikační hodnoty je více světlo- milný dub zimní. Ekologická tolerance dubu podle Ellenberga je pro > 20 % relativního záření, ačkoliv v kontrolovaném pokusu dosahoval dub kladné růstové rychlosti již od 8 % relativního záření (Jarvis 1964), optimum dubu vypočtené v této práci bylo 17.6 %. Interpretace hodnot na okraji zaznamenaného gradientu je však značně nejistá – vysoké hodnoty záření mohou v daném území být vázány na extrémní prostředí (vysýchavost stanoviště, přítomnost suti), což může zkreslovat odpověď druhů pro světlo.

Optima všech studovaných druhů trav ležela v nadprůměrných hodnotách DIF. Trávy mají vzhledem ke své evoluční minulosti řadu fixovaných adaptací na vyšší množství záření a i druhy trav obecně chápané jako lesní proto indikují světlejší místa.

Optimum při nízké hladině dostupnosti světla měly druhy typické pro bučiny (*Dentaria bulbifera*, *Oxalis acetosella*, *Galeobdolon luteum*, *Impatiens noli-tangere*). U řady druhů jsem žádné optimum nenalezl, ačkoliv je Ellenberg neuvádí jako indiferentní (*Aegopodium podagraria*, *Geranium robertianum*, *Hepatica nobilis*, *Mercurialis perennis*, *Moehringia trinervia*, *Pulmonaria obscura*). Bršlici (*A. podagraria*) Ellenberg přiřazuje poměrně vysokou indikační hodnotu (5), která zjevně neodpovídá široké toleranci druhu. Vzhledem k schopnosti tolerovat i poměrně hluboký zástin (méně jak 10% záření), a výskytu bršlice i v nelesních společenstvech navrhuji považovat bršlici za indiferentní. To samé platí i pro kakost smrdutý (*G. robertianum*). U zbývajících druhů je vazba na lesní prostředí zjevná, přiřazení hodnoty 4 pro jaterník podléšku (*H. nobilis*), mateřku trojžilnou (*M. trinervia*) a plicník tmavý (*P. obscura*) považuji za oprávněné. Indikační hodnota bažanky vytrvalé (*M. perennis*) (2), je zřejmě příliš nízká, protože bažanka se hojně vyskytovala i na světlejších stanovištích.

Řada druhů typicky lesních naopak vykazovala toleranci nebo preferenci míst s vyšší dostupností světla. Například mařinka vonná (*Galium odoratum*) s EIV 2 tolerovala i nadprůměrně světlá místa. Pro mařinku tedy také navrhuji zvýšení

indikační hodnoty. Vyšší indikační hodnoty druhů *Convallaria majalis*, *Fragaria moschata*, *Chaerophyllum temulum*, *Stellaria holostea* nebo *Galium aparine* jsou v souladu s pozorovanými nároky druhů v této práci. U sasanky hajní (*Anemone nemorosa*), kterou uvádí Ellenberg jako indiferentní jsem pozoroval rostoucí četnost při vyšších hodnotách záření, nárůst však není výrazný a tolerance je poměrně široká. U kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*), která je také dle Ellenberga indiferentní, jsem našel optimum při 19 % DIF, což by odpovídalo indikační hodnotě 5.

Takzvané lesní druhy převážně zástin pouze tolerují, jejich realizovaná nika leží v lesním prostředí pravděpodobně díky vazbě na jiné faktory prostředí typické pro les (mikroklima, půdní vlastnosti) a nebo se tak vyhýbají silnému konkurenčnímu tlaku v převážně zapojených nelesních společenstvech, kterému nedokáží odolávat.

5 Závěr

Na základě vlastního pozorování se podařilo kvantifikovat světelné podmínky v přírodě blízkých lesích Českého středohoří dle jejich dominantní dřeviny. Lesy dominované dubem byly světlejší a prostorově variabilnější v množství procházejícího záření, naopak bučiny byly celkově tmavší a prostorově uniformnější. Difúzní složka záření byla lepším prediktorem pro druhovou diverzitu bylinného patra. Celkové dostupné záření a difúzní záření vysvětlovalo téměř totožnou část variability vegetace, přímé záření bylo slaběji korelované s vegetací. Vypovídací schopnost průměrné Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo k vypočteným hodnotám byla střední až slabá (17.7 % vysvětlené variability pro celkové záření). Nalezl jsem rušivou interakci mezi vlhkostním a živinovým režimem stanoviště a průměrnou indikační hodnotou pro světlo.

Nejsilnějšími abiotickými prediktory druhové bohatosti bylinného patra bylo půdní pH, sklon svahu a difúzní záření, vysvětlující 25.2 %, 13.2 %, respektive 11.3 % variability. Regresní model druhové diverzity na základě těchto tří proměnných vysvětlil 36.5 % variability počtu druhů bylinného patra. Rozdíly druhové bohatosti mezi porosty s různými dominantními dřevinami byly tímto modelem vysvětleny. Čistý vliv světla na druhové složení vegetace byl poměrně slabý (1.2% vysvětlené variability).

Žádná ze složek beta diverzity na jemné škále nebyla závislá na heterogenitě světelných podmínek plochy ani na heterogenitě půdního pH. Druhově bohatší plochy byly více heterogenní v druhovém složení. Na jemné škále je pro diverzitu lesní vegetace významný pouze vliv celkového množství zdroje, nikoliv jeho variabilita. Na druhové úrovni se podařilo kvantifikovat ekologické niky pro světlo vybraných druhů bylin a semenáčků dřevin a na základě porovnání s Ellenbergovými indikačními hodnotami jsem navrhnul korekci pro vybrané druhy. Práce tak splnila stanovené cíle, přinesla však nové otázky ohledně možností indikace prostředí pomocí vegetace.

6 Literatura

- Adkison, G. (2004) Forest understory vegetation along a productivity gradient. *Journal of the Torrey Botanical Society*, **131**, 32-44.
- Barbier, S., Gosselin, F. & Balandier, P. (2008) Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, **254**, 1-15.
- Bartels, S.F. & Chen, H.Y.H. (2010) Is understory plant species diversity driven by resource quantity or resource heterogeneity? *Ecology*, **91**, 1931–1938.
- Bartemucci, P., Messier, C. & Canham, C.D. (2006) Overstory influences on light attenuation patterns and understory plant community diversity and composition in southern boreal forests of Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, **36**, 2065-2079.
- Baselga, A. (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, **19**, 134-143.
- Bazzaz, F.A. (1996) *Plants in changing environments: linking physiological, population, and community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Braak, C.J.F. ter & Šmilauer, P. (2002) Scientific Commons: CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5).
- Breshears, D.D., Nyhan, J.W., Heil, C.E. & Wilcox, B.P. (1998) Effects of woody plants on microclimate in a semiarid woodland: Soil temperature and evaporation in canopy and intercanopy patches. *International Journal of Plant Sciences*, **159**, 1010-1017.
- Breshears, D.D., Rich, P.M., Barnes, F.J. & Campbell, K. (1997) Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecological Applications*, **7**, 1201-1215.
- Brokaw, N. & Busing, R. (2000) Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology & Evolution*, **15**, 183-188.
- Buckley, G.P. (1992) *Ecology and management of coppice woodlands*. Chapman & Hall.
- Böhner, J. & Selige, T. (2006) Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. *SAGA—Analyses and Modelling Applications.—Göttinger Geographische. Abhandlungen*, **115**, 13–28.
- Canham, C.D. (1988) An index for understory light levels in and around canopy gaps. *Ecology*, **69**, 1634-1638.

- 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.
- Canham, C.D., Finzi, A.C., Pacala, S.W. & Burbank, D.H. (1994) Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian Journal of Forest Research*, **24**, 337-349.
- Chapin, F.S., Bloom, A.J., Field, C.B. & Waring, R.H. (1987) Plant responses to multiple environmental factors. *BioScience*, **37**, 49-57.
- Chytrý, M., Tichý, L. & Roleček, J. (2003) Local and regional patterns of species richness in Central European vegetation types along the pH/calcium gradient. *Folia Geobotanica*, **38**, 429-442.
- Chytrý, M., Kučera, T. & Kočí, M. (Eds.). (2001) *Katalog biotopů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha.
- Coates, K.D. (2000) Conifer seedling response to northern temperate forest gaps. *Forest Ecology and Management*, **127**, 249-269.
- Coomes, D.A. & Grubb, P.J. (2000) Impacts of root competition in forests and woodlands: a theoretical framework and review of experiments. *Ecological Monographs*, **70**, 171-207.
- Coomes, D.A., Kunstler, G., Canham, C.D. & Wright, E. (2009) A greater range of shade-tolerance niches in nutrient-rich forests: an explanation for positive richness-productivity relationships? *Journal of Ecology*, **97**, 705-717.
- Coudun, C. & Gegout, J. (2006) The derivation of species response curves with Gaussian logistic regression is sensitive to sampling intensity and curve characteristics. *Ecological Modelling*, **199**, 164-175.
- Diekmann, M. (2003) Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. *Basic and Applied Ecology*, **4**, 493-506.
- Diekmann, M. (1995) Use and improvement of Ellenberg's indicator values in deciduous forests of the Boreo-nemoral zone in Sweden. *Ecography*, **18**, 178-189.
- Domin, K. (1904) *České středohoří: studie fyto geografická*. Královská Česká Společnost Nám, Praha.
- Dzwonko, Z. (2001) Assessment of light and soil conditions in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 942-951.
- Elemans, M. (2004) Light, nutrients and the growth of herbaceous forest species. *Acta Oecologica*, **26**, 197-202.
- Ellenberg, H. (1988) *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge University Press.

- Ellenberg, H., Weber, H.E., Dull, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, **18**, 258.
- Endler, J.A. (1993) The color of light in forests and its implications. *Ecological Monographs*, **63**, 1-27.
- Fraser, M.J.G. (2005) How open were European primeval forests? Hypothesis testing using palaeoecological data. *Journal of Ecology*, **93**, 168-177.
- Frazer, G.W., Canham, C.D. & Lertzman, K.P. (1999) Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. *Program*.
- Frazer, G.W., Trofymow, J.A. & Lertzman, K.P. (1997) *A method for estimating canopy openness, effective leaf area index, and photosynthetically active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques*. Victoria.
- Fu, P. & Rich, P. (1999) Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales. *Proceedings of the 19th Annual ESRI User Conference*. p. 33. San Diego, USA.
- 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.
- Gilbert, B. & Lechowicz, M.J. (2004) Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **101**, 7651-6.
- Givnish, T. (1988) Adaptation to Sun and Shade: a Whole-Plant Perspective. *Australian Journal of Plant Physiology*, **15**, 63.
- Guevara-Escobar, A., Tellez, J. & Gonzalez-Sosa, E. (2005) Use of Digital Photography for Analysis of Canopy Closure. *Agroforestry Systems (in cooperation with ICRAF)*, **65**, 175-185.
- Gálhidy, L., Mihók, B., Hagyó, A., Rajkai, K. & Standovár, T. (2005) Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. *Plant Ecology*, **183**, 133-145.
- Hennekens, S.M. & Schaminée, J.H.J. (2001) TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, **12**, 589-591.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, **25**, 1965-1978.

- 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.
- Hubbell, S.P. (1999) Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science*, **283**, 554-557.
- Huisman, J., Olff, H. & Fresco, L.F.M. (1993) A hierarchical set of models for species response analysis. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 37-46.
- Hutchison, B.A. & Matt, D.R. (1977) The distribution of solar radiation within a deciduous forest. *Ecological Monographs*, **47**, 185 - 207.
- Härdtle, W., Oheimb, G. von & Westphal, C. (2003) The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management*, **182**, 327-338.
- Inoue, A., Yamamoto, K. & Mizoue, N. (2011) Comparison of automatic and interactive thresholding of hemispherical photography. *Journal of Forest Science*, **57**, 78-87.
- Jarvis, P. (1964) The Adaptability to Light Intensity of Seedlings of *Quercus Petraea* (Matt.) Liebl. *Journal of Ecology*, **52**, 545-571.
- Jelaska, S., Antičić, O., Božić, M., Križan, J. & Kušan, V. (2006) Responses of forest herbs to available understory light measured with hemispherical photographs in silver fir-beech forest in Croatia. *Ecological Modelling*, **194**, 209-218.
- Jennings, S. (1999) Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry*, **72**, 59-74.
- 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.
- Kooijman, A.M. & Cammeraat, E. (2010) Biological control of beech and hornbeam affects species richness via changes in the organic layer, pH and soil moisture characteristics. *Functional Ecology*, **24**, 469-477.
- Kozłowski, T. (2002) Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, **158**, 195-221.
- Kozłowski, T.T. (1949) Light and water in relation to growth and competition of Piedmont forest tree species. *Ecological monographs*, **19**, 207-231.
- Kubát, K. (Ed.). (2002) *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.

- Kwiatkowska, A.J. (1994) Changes in the species richness, spatial pattern and species frequency associated with the decline of oak forest. *Vegetatio*, **112**, 171-180.
- Lechowicz, M.J. (1984) Why do temperate deciduous trees leaf out at different times? Adaptation and ecology of forest communities. *The American Naturalist*, **124**, 821–842.
- Ložek, V. (2007) Krajinná historie Českého středohoří. *Zrcadlo minulosti*. pp. 91-98. Dokořán, Praha.
- Lundholm, J.T. (2009) Plant species diversity and environmental heterogeneity: spatial scale and competing hypotheses. *Journal of Vegetation Science*, **20**, 377-391.
- Macek, M. (2009) *Variabilita vegetace dubohabrových lesů na jemné škále*. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Bakalářská práce.
- Macfarlane, C., Arndt, S., Livesley, S., Edgar, A., White, D., Adams, M. & Eamus, D. (2007) Estimation of leaf area index in eucalypt forest with vertical foliage, using cover and fullframe fisheye photography. *Forest Ecology and Management*, **242**, 756-763.
- Martens, S.N., Breshears, D.D. & Meyer, C.W. (2000) Spatial distributions of understory light along the grassland/forest continuum: effects of cover, height, and spatial pattern of tree canopies. *Ecological Modelling*, **126**, 79–93.
- Miller, T.F., Mladenoff, D.J. & Clayton, M.K. (2002) Old-growth northern hardwood forests: Spatial autocorrelation and patterns of understory vegetation. *Ecological Monographs*, **72**, 487-503.
- Moora, M., Daniell, T., Kalle, H., Liira, J., Pussa, K., Roosaluuste, E., Opik, M., Wheatley, R. & Zobel, M. (2007) Spatial pattern and species richness of boreonemoral forest understorey and its determinants—A comparison of differently managed forests. *Forest Ecology and Management*, **250**, 64-70.
- Mölder, A., Bernhardt-Römermann, M. & Schmidt, W. (2008) Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management*, **256**, 272-281.
- Naaf, T. & Wulf, M. (2007) Effects of gap size, light and herbivory on the herb layer vegetation in European beech forest gaps. *Forest Ecology and Management*, **244**, 141-149.
- Neuhäuslová, Z., Blažková, D., Grulich, V., Husová, M., Chytrý, M., Jeník, J., Jirásek, J., Kolbek, J., Kropáč, Z., Ložek, V., Moravec, J., Prach, K., Rybníček, K., Rybníčková, E. & Sádlo, J. (2001) *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*. Academia, Praha.
- Nobis, M. (2005) SideLook 1.1 - Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. , 5.

- Nobis, M. & Hunziger, U. (2005) Automatic thresholding for hemispherical canopy-photographs based on edge detection. *Agricultural and Forest Meteorology*, **128**, 243-250.
- Oijen, D., Feijen, M., Hommel, P., Den Ouden, J. & Waal, R. de. (2005) Effects of tree species composition on within-forest distribution of understorey species. *Applied Vegetation Science*, **8**, 155–166.
- Oksanen, J. (1996) Is the humped relationship between species richness and biomass an artefact due to plot size? *Journal of Ecology*, **84**, 293–295.
- Oksanen, J. & Minchin, P.R. (2002) Continuum theory revisited: what shape are species responses along ecological gradients? *Ecological Modelling*, **157**, 119-129.
- Pakeman, R.J., Reid, C.L., Lennon, J.J. & Kent, M. (2008) Possible interactions between environmental factors in determining species optima. *Journal of Vegetation Science*, **19**, 201-208.
- Palmer, M.W. (1993) Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*, **74**, 2215–2230.
- Palmer, M. (1990) Spatial scale and patterns of vegetation, flora and species richness in hardwood forests of the North Carolina piedmont. *Coenoses*, **5**, 89–96.
- Peace, W. & Grubb, P. (1982) Interaction of light and mineral nutrient supply in the growth of *Impatiens parviflora*. *New Phytologist*, **90**, 127–150.
- Petritan, A.M., Von Lupke, B. & Petritan, I.C. (2007) Effects of shade on growth and mortality of maple (*Acer pseudoplatanus*), ash (*Fraxinus excelsior*) and beech (*Fagus sylvatica*) saplings. *Forestry*, **80**, 397-412.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J. & Šebánek, J. (2003) *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha.
- Quitt, E. (1972) Klimatické oblasti Československa. *Studie Geografická*, **16**, 1–84.
- Reed, R.A., Peet, P., Palmer, M.W. & White, P.S. (1993) Scale dependence of vegetation-environment correlations : A case study of a North Carolina piedmont woodland. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 329-340.
- Ricard, J.P., Messier, C., Delagrangé, S. & Beaudet, M. (2003) Do understory sapling respond to both light and below-ground competition?: a field experiment in a north-eastern American hardwood forest and a literature review. *Annals of forest science*, **60**, 749–756.
- Rubio, A., Gavilán, R. & Escudero, A. (1999) Are soil characteristics and understorey composition controlled by forest management? *Forest Ecology and Management*, **113**, 191-200.

- Schaffers, A.P. & Sýkora, K.V. (2000) Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science*, **11**, 225–244.
- Schuster, B. & Diekmann, M. (2005) Species richness and environmental correlates in deciduous forests of Northwest Germany. *Forest Ecology and Management*, **206**, 197-205.
- Sparks, T.H. & Carey, P.D. (1995) The responses of species to climate over two centuries: An analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. *The Journal of Ecology*, **83**, 321.
- Stevens, H.H. & Carson, W.P. (2002) Resource quantity, not resource heterogeneity, maintains plant diversity. *Ecology Letters*, **5**, 420–426.
- Takashima, A., Kume, A. & Yoshida, S. (2006) Methods for estimating understory light conditions using crown projection maps and topographic data. *Ecological Research*, **21**, 560-569.
- Tichý, L. (2002) JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, **13**, 451-453.
- Tilman, D. & Pacala, S. (1993) The maintenance of species richness in plant communities. *Species diversity in ecological communities*. (eds R.E. Ricklefs & D. Schluter), pp. 13-25. University of Chicago Press, Chicago.
- Tinya, F., Márialigeti, S., Király, I., Németh, B. & Ódor, P. (2009) The effect of light conditions on herbs, bryophytes and seedlings of temperate mixed forests in Órség, Western Hungary. *Plant Ecology*, **204**, 69-81.
- Tolasz, R., Míková, T., Valeriánová, A. & Voženílek, V. (Eds.). (2007) *Atlas podnebí Česka*. Praha - Olomouc.
- Tomášek, M. (2007) *Půdy České republiky*. Česká geologická služba, Praha.
- Tydlitátová, K. (2010) *Diverzita lesní vegetace českého středohoří*. Katedra botaniky PřF UK, Praha.
- Valladares, F. (2003) Light Heterogeneity and Plants: from Ecophysiology to Species Coexistence and Biodiversity. *Progress in Botany*, **64**, 439-471.
- Van Hees, A. (1997) Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur* L) and beech (*Fagus sylvatica* L) seedlings in relation to shading and drought. *Annales des Sciences Forestières*. p. 9–18.
- Vera, F.W.M. (2000) *Grazing ecology and forest history*. CABI Publishing, Wallingford.

- Wagner, S., Fischer, H. & Huth, F. (2010) Canopy effects on vegetation caused by harvesting and regeneration treatments. *European Journal of Forest Research*, **130**, 17-40.
- Walters, M.B. & Reich, P.B. (2000) Seed Size, Nitrogen Supply, and Growth Rate Affect Tree Seedling Survival in Deep Shade. *Ecology*, **81**, 1887-1901.
- Weiss, S.B. (2000) Vertical and temporal distribution of insolation in gaps in an old-growth coniferous forest. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, **30**, 1953-1964.
- Wernerová, V. (2009) Vliv světla na vybrané druhy cévnatých rostlin xero- a mezofilních lesů JZ části Českého krasu. , 93.
- Whitmore, T.C. (1989) Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, **70**, 536-538.
- Yamamoto, K., Kobayashi, K., Nonoda, T., Inoue, A. & Mizoue, N. (2010) Effect of settings of digital fisheye photography to estimate relative illuminance within forest under low light conditions. *Journal of Forest Research*, **15**, 283-288.
- Zobel, K. & Liira, J. (1997) A scale-independent approach to the richness vs biomass relationship in ground-layer plant communities. *Oikos*, **80**, 325.

7 Přílohy

7.1 Seznam zkratek

CCA	kanonická korespondenční analýza
CO	otevřenost stanoviště, procento viditelné části oblohy, <i>canopy openness</i>
DIR	podíl energie přímého slunečního záření procházející porostem (v %)
DIF	podíl energie difúzního záření procházející porostem (v %)
HOF	hierarchický model pro druhové odpovědi (Huisman et al. 1993)
NMDS	nemetrické mnohorozměrné škálování
PAR	fotosynteticky aktivní záření
TOT	podíl celkové energie záření procházející porostem (v %)
TWI	topografický vlhkostní index

Zkratky druhových názvů

čísla za zkratkou druhového názvu v grafech:

- 1 – stromové patro
- 3 – keřové patro
- 6 – bylinné patro
- 7 – semenáčky dřevin

Acercam	<i>Acer campestre</i>	Cardare	<i>Cardaminopsis arenosa</i>
Acerpla	<i>Acer platanoides</i>	Cardimp	<i>Cardamine impatiens</i>
Acerpse	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Carebri	<i>Carex brizoides</i>
Aconlyc	<i>Aconitum lycoctonum</i>	Caredig	<i>Carex digitata</i>
Actaspi	<i>Actaea spicata</i>	Caremon	<i>Carex montana</i>
Adoxmos	<i>Adoxa moschatellina</i>	Caremur	<i>Carex muricata</i> agg.
Aegopod	<i>Aegopodium podagraria</i>	Carepal	<i>Carex pallescens</i>
Aeschip	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Carerem	<i>Carex remota</i>
Agrieup	<i>Agrimonia eupatoria</i>	Caresyl	<i>Carex sylvatica</i>
Achimil	<i>Achillea millefolium</i> agg.	Carpbet	<i>Carpinus betulus</i>
Ajugrep	<i>Ajuga reptans</i>	Cephdam	<i>Cephalanthera damasonium</i>
Allipet	<i>Alliaria petiolata</i>	Cephруб	<i>Cephalanthera rubra</i>
Anemnem	<i>Anemone nemorosa</i>	Ceraluc	<i>Cerastium lucorum</i>
Anthlil	<i>Anthericum liliago</i>	Circlut	<i>Circaea lutetiana</i>
Anthodo	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Cirsarv	<i>Cirsium arvense</i>
Anthram	<i>Anthericum ramosum</i>	Cirscan	<i>Cirsium canum</i>
Anthsyl	<i>Anthriscus sylvestris</i>	Clemrec	<i>Clematis recta</i>
Arctmin	<i>Arctium minus</i>	Clinvul	<i>Clinopodium vulgare</i>
Arctnem	<i>Arctium nemorosum</i>	Convmaj	<i>Convallaria majalis</i>
Arrhela	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Cornmas	<i>Cornus mas</i>
Asareur	<i>Asarum europaeum</i>	Cornsan	<i>Cornus sanguinea</i>
Astrgly	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	Coryave	<i>Corylus avellana</i>
Astrmaj	<i>Astrantia major</i>	Cotoint	<i>Cotoneaster integerrimus</i>
Athyfil	<i>Athyrium filix-femina</i>	Cratspe	<i>Crataegus species</i>
Avenfle	<i>Avenella flexuosa</i>	Creppal	<i>Crepis paludosa</i>
Betooff	<i>Betonica officinalis</i>	Cruclae	<i>Cruciata laevipes</i>
Betupen	<i>Betula pendula</i>	Cusecur	<i>Cuscuta europaea</i>
Betupub	<i>Betula pubescens</i>	Dactfuc	<i>Dactylorhiza fuchsii</i>
Bracpin	<i>Brachypodium pinnatum</i>	Dactglo	<i>Dactylis glomerata</i>
Bracsyl	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Dactpol	<i>Dactylis polygama</i>
Bromben	<i>Bromus benekenii</i>	Daphmez	<i>Daphne mezereum</i>
Bromere	<i>Bromus erectus</i>	Dentbul	<i>Dentaria bulbifera</i>
Bupllon	<i>Bupleurum longifolium</i>	Dentenn	<i>Dentaria enneaphyllos</i>
Calaaru	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	Descces	<i>Deschampsia cespitosa</i>
Calaepi	<i>Calamagrostis epigejos</i>	Dictalb	<i>Dictamnus albus</i>
Campper	<i>Campanula persicifolia</i>	Digilut	<i>Digitalis lutea</i>
Camprap	<i>Campanula rapunculoides</i>	Dryocar	<i>Dryopteris carthusiana</i>
Camprot	<i>Campanula rotundifolia</i>	Dryodil	<i>Dryopteris dilatata</i>
Campra	<i>Campanula trachelium</i>	Dryofil	<i>Dryopteris filix-mas</i>
Cardama	<i>Cardamine amara</i>	Elymcan	<i>Elymus caninus</i>

Elymrep	<i>Elymus repens</i>	Hieraus	<i>Hierochloe australis</i>
Epilang	<i>Epilobium angustifolium</i>	Hierlac	<i>Hieracium lachenalii</i>
Epilmon	<i>Epilobium montanum</i>	Hiermur	<i>Hieracium murorum</i>
Epilspe	<i>Epilobium species</i>	Hiersab	<i>Hieracium sabaudum</i>
Epippur	<i>Epipactis purpurata</i>	Holcmol	<i>Holcus mollis</i>
Equiarv	<i>Equisetum arvense</i>	Hordeur	<i>Hordelymus europaeus</i>
Equisyl	<i>Equisetum sylvaticum</i>	Hylomax	<i>Hylotelephium maximum</i>
Euoneur	<i>Euonymus europaeus</i>	Hypehir	<i>Hypericum hirsutum</i>
Euphcyp	<i>Euphorbia cyparissias</i>	Hypemom	<i>Hypericum montanum</i>
Euphdul	<i>Euphorbia dulcis</i>	Hypeper	<i>Hypericum perforatum</i>
Fagusyl	<i>Fagus sylvatica</i>	Chaearo	<i>Chaerophyllum aromaticum</i>
Fallcon	<i>Fallopia convolvulus</i>	Chaehir	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>
Festgig	<i>Festuca gigantea</i>	Chaetem	<i>Chaerophyllum temulum</i>
Festhet	<i>Festuca heterophylla</i>	Chelmaj	<i>Chelidonium majus</i>
Festovi	<i>Festuca ovina</i>	Chenstr	<i>Chenopodium strictum</i>
Festrub	<i>Festuca rubra agg.</i>	Chryalt	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>
Ficabul	<i>Ficaria bulbifera</i>	Impanol	<i>Impatiens noli-tangere</i>
Fragmos	<i>Fragaria moschata</i>	Impapar	<i>Impatiens parviflora</i>
Fragves	<i>Fragaria vesca</i>	Juglreg	<i>Juglans regia</i>
Franaln	<i>Frangula alnus</i>	Junceff	<i>Juncus effusus</i>
Fraxexc	<i>Fraxinus excelsior</i>	Lamimac	<i>Lamium maculatum</i>
Galebif	<i>Galeopsis bifida</i>	Lapscom	<i>Lapsana communis</i>
Galelut	<i>Galeobdolon luteum</i>	Lathnig	<i>Lathyrus niger</i>
Galepub	<i>Galeopsis pubescens</i>	Lathpra	<i>Lathyrus pratensis</i>
Galespe	<i>Galeopsis speciosa</i>	Lathsyl	<i>Lathyrus sylvestris</i>
Galetet	<i>Galeopsis tetrahit agg.</i>	Lathtub	<i>Lathyrus tuberosus</i>
Galialb	<i>Galium album s.lat.</i>	Lathver	<i>Lathyrus vernus</i>
Galiapa	<i>Galium aparine</i>	Liguvul	<i>Ligustrum vulgare</i>
Galibor	<i>Galium boreale</i>	Lilimar	<i>Lilium martagon</i>
Galigla	<i>Galium glaucum</i>	Linavul	<i>Linaria vulgaris</i>
Galiodo	<i>Galium odoratum</i>	Lonixyl	<i>Lonicera xylosteum</i>
Galisax	<i>Galium saxatile</i>	Lotucor	<i>Lotus corniculatus</i>
Galisyl	<i>Galium sylvaticum</i>	Lunared	<i>Lunaria rediviva</i>
Galiuli	<i>Galium uliginosum</i>	Luzuluz	<i>Luzula luzuloides</i>
Gerarob	<i>Geranium robertianum</i>	Luzusyl	<i>Luzula sylvatica</i>
Geumurb	<i>Geum urbanum</i>	Lycoeur	<i>Lycopus europaeus</i>
Glycmax	<i>Glyceria maxima</i>	Lysinum	<i>Lysimachia nummularia</i>
Hedehel	<i>Hedera helix</i>	Maiabif	<i>Maianthemum bifolium</i>
Hepanob	<i>Hepatica nobilis</i>	Melaarv	<i>Melampyrum arvense</i>
Herasph	<i>Heracleum sphondylium</i>	Melapra	<i>Melampyrum pratense</i>

Melimel	<i>Melittis melissophyllum</i>	Pyrupyr	<i>Pyrus pyraster</i>
Melinut	<i>Melica nutans</i>	Quercer	<i>Quercus cerris</i>
Meliuni	<i>Melica uniflora</i>	Querpet	<i>Quercus petraea</i>
Mentarv	<i>Mentha arvensis</i>	Querrob	<i>Quercus robur</i>
Mercper	<i>Mercurialis perennis</i>	Querrub	<i>Quercus rubra</i>
Mespger	<i>Mespilus germanica</i>	Querspe	<i>Quercus species</i>
Milieff	<i>Milium effusum</i>	Ranuaur	<i>Ranunculus auricomus agg.</i>
Moehtri	<i>Moehringia trinervia</i>	Ranulan	<i>Ranunculus lanuginosus</i>
Moliaru	<i>Molinia arundinacea</i>	Ranunem	<i>Ranunculus nemorosus</i>
Mycemur	<i>Mycelis muralis</i>	Ranurep	<i>Ranunculus repens</i>
Myosaqu	<i>Myosoton aquaticum</i>	Ribepet	<i>Ribes petraeum</i>
Myosdec	<i>Myosotis decumbens</i>	Ribeuva	<i>Ribes uva-crispa</i>
Origvul	<i>Origanum vulgare</i>	Robipse	<i>Robinia pseudacacia</i>
Oxalace	<i>Oxalis acetosella</i>	Rosacan	<i>Rosa canina agg.</i>
Pariqua	<i>Paris quadrifolia</i>	Rosagal	<i>Rosa gallica</i>
Petaalb	<i>Petasites albus</i>	Rubufru	<i>Rubus fruticosus agg.</i>
Phalaru	<i>Phalaris arundinacea</i>	Rubuida	<i>Rubus idaeus</i>
Phytspi	<i>Phyteuma spicatum</i>	Rumecon	<i>Rumex conglomeratus</i>
Planmaj	<i>Plantago major</i>	Rumeobt	<i>Rumex obtusifolius</i>
Poa ang	<i>Poa angustifolia</i>	Sambnig	<i>Sambucus nigra</i>
Poa nem	<i>Poa nemoralis</i>	Sambrac	<i>Sambucus racemosa</i>
Poa pra	<i>Poa pratensis agg.</i>	Sanieur	<i>Sanicula europaea</i>
Poa tri	<i>Poa trivialis</i>	Scronod	<i>Scrophularia nodosa</i>
Polymul	<i>Polygonatum multiflorum</i>	Seneova	<i>Senecio ovatus</i>
Polyodo	<i>Polygonatum odoratum</i>	Senevis	<i>Senecio viscosus</i>
Polyver	<i>Polygonatum verticillatum</i>	Serrtin	<i>Serratula tinctoria</i>
Polyvul	<i>Polypodium vulgare</i>	Silenut	<i>Silene nutans s.lat.</i>
Poputre	<i>Populus tremula</i>	Silevis	<i>Silene viscosa</i>
Potealb	<i>Potentilla alba</i>	Solivir	<i>Solidago virgaurea</i>
Potehep	<i>Potentilla heptaphylla</i>	Sorbari	<i>Sorbus aria agg.</i>
Prenpur	<i>Prenanthes purpurea</i>	Sorbauc	<i>Sorbus aucuparia</i>
Primela	<i>Primula elatior</i>	Sorbtor	<i>Sorbus torminalis</i>
Primver	<i>Primula veris</i>	Stacsyl	<i>Stachys sylvatica</i>
Prunavi	<i>Prunus avium</i>	Stelals	<i>Stellaria alsine</i>
Prunpad	<i>Prunus padus</i>	Stelhol	<i>Stellaria holostea</i>
Prunspi	<i>Prunus spinosa</i>	Stelmed	<i>Stellaria media</i>
Prunvul	<i>Prunella vulgaris</i>	Stelneg	<i>Stellaria neglecta</i>
Pulmobs	<i>Pulmonaria obscura</i>	Stelnem	<i>Stellaria nemorum</i>
Pulmoff	<i>Pulmonaria officinalis</i>	Symptub	<i>Symphytum tuberosum</i>
Pyrucor	<i>Pyrus communis</i>	Tanacor	<i>Tanacetum corymbosum</i>

Tarasec	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>
Tilicor	<i>Tilia cordata</i>
Tilipla	<i>Tilia platyphyllos</i>
Torijap	<i>Torilis japonica</i>
Trifmed	<i>Trifolium medium</i>
Ulmugla	<i>Ulmus glabra</i>
Ulmulae	<i>Ulmus laevis</i>
Urtidio	<i>Urtica dioica</i>
Vaccmyr	<i>Vaccinium myrtillus</i>
Verblyc	<i>Verbascum lychnitis</i>
Verobec	<i>Veronica beccabunga</i>
Verocha	<i>Veronica chamaedrys</i>
Veromon	<i>Veronica montana</i>
Verooff	<i>Veronica officinalis</i>
Vibulan	<i>Viburnum lantana</i>
Vibuopu	<i>Viburnum opulus</i>
Vicicra	<i>Vicia cracca</i>
Vicidum	<i>Vicia dumetorum</i>
Vicisep	<i>Vicia sepium</i>
Vicisyl	<i>Vicia sylvatica</i>
Vinchir	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>
Violcol	<i>Viola collina</i>
Violhir	<i>Viola hirta</i>
Violmir	<i>Viola mirabilis</i>
Violodo	<i>Viola odorata</i>
Violrei	<i>Viola reichenbachiana/riviniana</i>

Nastavení parametrů analýzy hemisférických fotografií

--- IMAGE ---

Initial Cursor Point: 0.00 degrees.
Projection Distortion: User-Defined.. Sigma 4.

--- SITE ---

Latitude: 50:3435 North
Longitude: 14:725 East
Elevation: 400
Slope: 0
Aspect: 0
Topographic Mask: No

--- RESOLUTION ---

Solar Time Step: 3 mins
Growing Season Start: 4:1
Growing Season End: 10:30
Azimuth Regions: 16
Zenith Regions: 9

--- RADIATION ---

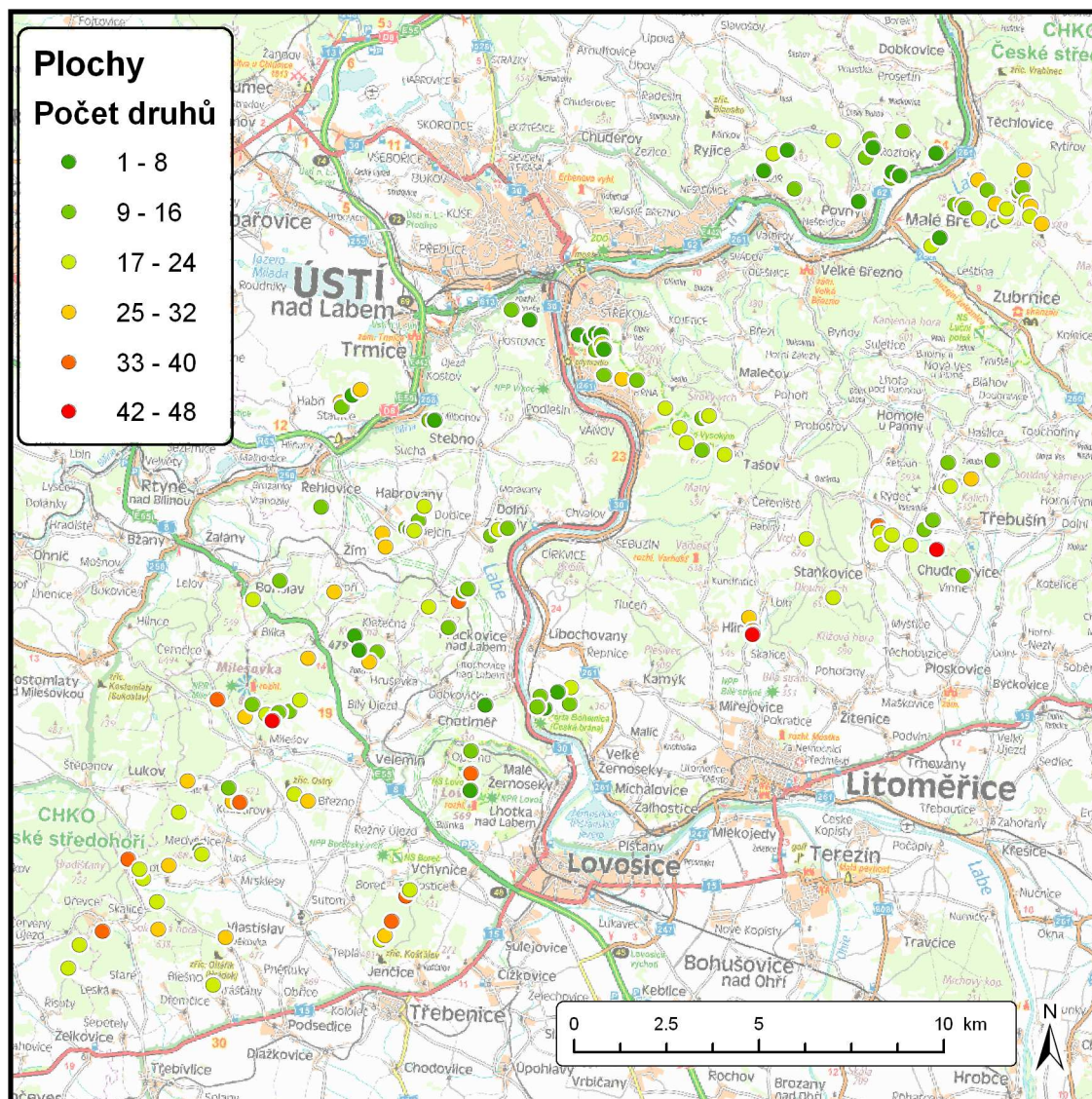
Data Source: Modelled
Solar Constant: 1367
Output Units: MJ m-2 d-1
Cloudiness Index (kt): 0.7
BeamFraction: 0.5
SpectralFraction: 0.45
Sky Brightness Dist.: UOC Model
Clear-Sky Trans.: 0.65

--- LENS PROJECTION DISTORTION ---

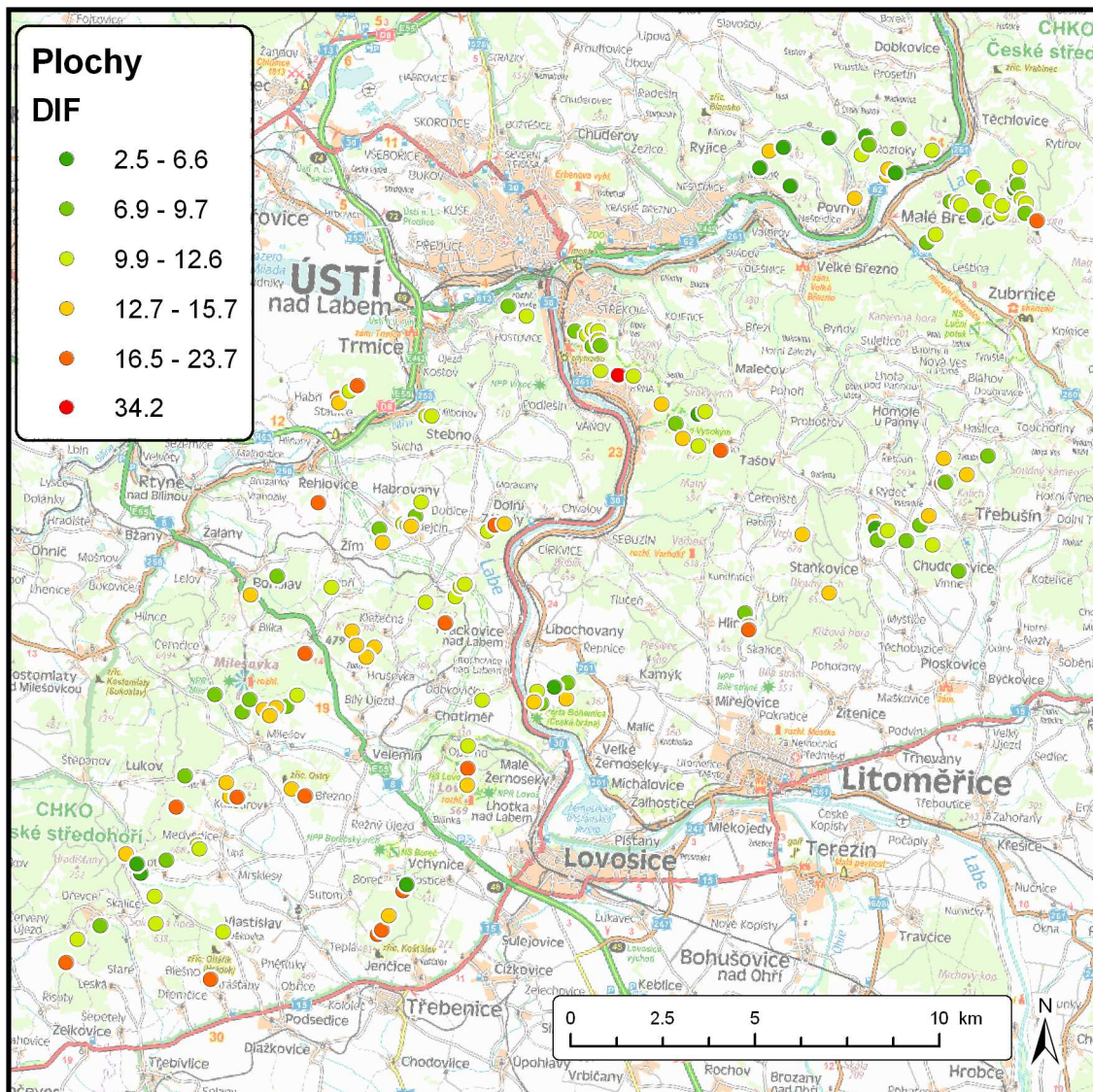
Zenith	Radius
0	0
10	11.0931
20	22.1018
30	32.9423
40	43.5321
50	53.7905
60	63.6396
70	73.0043
80	81.8135
90	90

7.2 Mapy

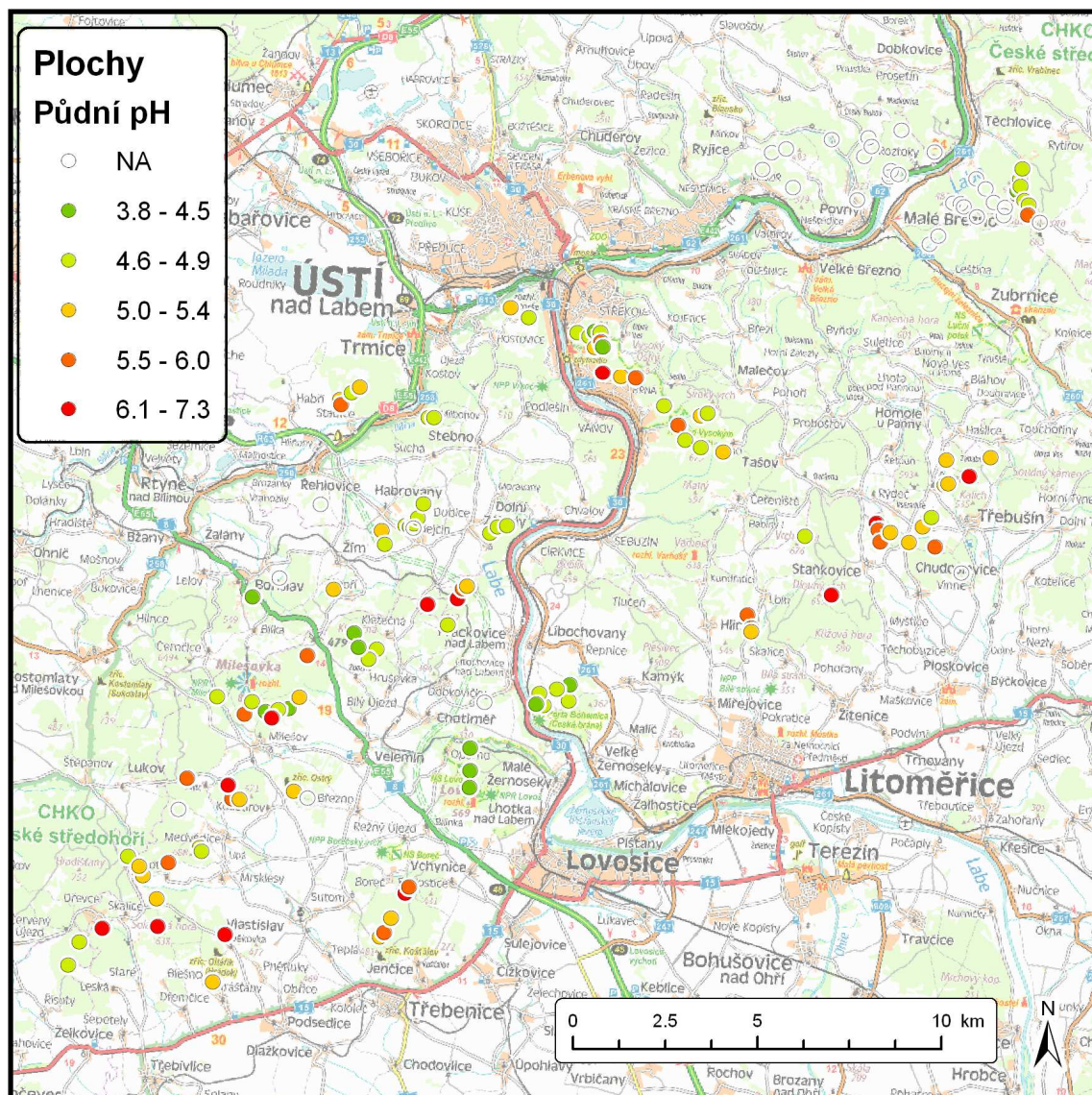
7.2.1 Druhá diverzita ploch



7.2.2 Množství difúzního záření na plochách



7.2.3 Půdní pH svrchního A horizontu



7.3 *Soupis ploch*

Vyvětlivky k tabulce:

Datum	datum fytoecnologického snímkování ve formátu YYYYMMDD
Lon	zeměpisná délka, WGS1984
Lat	zeměpisná šířka, WGS 1984
Sklon	svažitost terénu ve stupních
Orientace	azimut orientace svahu ke světovým stranám
Půdní typ	typ dle tab. 2
Sol. rad	potenciální solární radiace (Wh/m ²)
Vlhkost	topografický vlhkostní index
CO	hodnota otevřenosti stanoviště (v %)
DIR	průměrná hodnota DIR na ploše (aritmetický průměr z 5 měření na podploškách)
DIF	průměrná hodnota DIF na ploše (aritmetický průměr z 5 měření na podploškách)
TOT	průměrná hodnota TOT (aritmetický průměr z 5 měření na podploškách)
pH	průměrné pH půdního A horizontu (aritmetický průměr z 5 měření na podploškách)
pH_sd	směrodatná odchylka pH na ploše
počet druhů	počet druhů cévnatých rostlin v bylinném patře
E3 %	pokryvnost stromového patra v %
E2 %	pokryvnost keřového patra v %
E1 %	pokryvnost bylinného patra v %
E0 %	pokryvnost mechového patra v %
kamení %	pokryvnost kamenů v %
EIV Light	průměrná Ellenbergova indikační hodnota pro světlo

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
1	20090729	13.88954	50.511964	533	6	317	1	5634	9.85	9.39	8.53	12.83	10.68	4.8	0.11	33	82	5	90	4	0	4.6
2	20090728	13.908297	50.523852	553	6	69	3	5727	11.1	14.36	9.54	17.78	13.66	NA	NA	24	80	8	92	0	0	4.55
3	20090728	13.911124	50.531536	455	5	137	1	5816	13.55	6.58	5.75	8	6.88	6	0.78	26	94	15	30	0	0	4.45
5	20090728	13.924023	50.482164	412	5	155	1	5826	9.86	12.28	19.69	16.49	18.09	5.1	0.25	22	82	0	70	2	0	5.09
6	20090728	13.928075	50.493779	435	7	48	1	5589	10.22	8.96	16.29	11.99	14.14	6.3	0.65	32	90	85	60	1	1	4.68
7	20100727	13.932077	50.547872	480	17	192	3	5966	8.65	6.46	9.05	8.44	8.75	5.5	0.13	29	80	5	30	0	5	4.74
8	20090728	13.933414	50.576564	412	21	208	2	5827	8.42	12.11	17.73	15.66	16.69	4.4	0.23	17	80	7	80	0	2	5.12
9	20100727	13.934838	50.550965	552	12	184	3	6001	9.91	5.78	9.47	7.99	8.73	4.6	0.26	11	70	35	10	0	5	4.41
10	20100727	13.941582	50.548036	471	12	137	1	5880	11.09	13.13	12.48	19.31	15.89	5	0.07	27	40	4	70	0	1	4.71
11	20090728	13.943622	50.581342	347	6	69	2	5559	15.5	5.78	6.59	8.53	7.56	NA	NA	15	80	70	25	0	0	3.95
12	20100727	13.949055	50.549653	448	9	138	2	5856	9.08	6.88	10.67	9.06	9.87	4.5	0.12	14	70	15	12	15	25	4.35
13	20090728	13.952047	50.529354	461	8	185	3	5920	9	10.94	13.33	15.21	14.27	5.1	0.18	22	86	5	75	1	1	4.79
14	20090728	13.957446	50.52779	415	6	127	1	5792	11.05	13.68	19.29	17.81	18.55	NA	NA	29	85	2	80	0	0	4.29
15	20090727	13.958211	50.599644	244	8	10	2	5378	10.37	13.95	17.87	18.2	18.04	NA	NA	14	88	12	90	0	0	5.16
16	20090727	13.964053	50.625428	298	11	146	2	5791	10.29	12.72	14.48	17.79	16.14	5.1	0.42	27	60	15	80	10	10	4.97
17	20090728	13.964558	50.579109	397	14	335	1	5204	10.29	8.05	8.36	10.13	9.24	5.3	0.26	30	88	0	50	5	0	4.69
18	20090727	13.964606	50.624212	268	11	152	2	5781	10.27	10.52	12.4	13.15	12.77	5.8	0.27	10	90	0	50	1	4	4.64
19	20090727	13.968611	50.627224	300	1	9	1	5557	14.37	9.52	7.47	11.26	9.37	4.9	0.13	7	95	0	10	0	0	5.07
20	20090727	13.971466	50.628709	348	14	225	1	5790	10.46	15.2	24.62	19.06	21.84	5.2	0.22	27	86	10	50	10	25	5.47
21	20100726	13.9731	50.568719	620	23	7	1	4825	7.66	12.26	12.03	14.94	13.49	3.8	0.2	7	85	1	55	27	2	4.06
22	20100726	13.981728	50.564864	498	9	117	3	5823	10.03	10.67	17.67	14.94	16.3	4.6	0.17	13	65	4	85	1	0	4.42
23	20100724	13.981912	50.593858	290	10	347	3	5331	8.27	5.33	5.58	7.9	6.74	5	0.29	25	75	15	60	0	0	4.84
24	20090614	13.987261	50.49464	449	5	167	3	5860	9.4	13.81	18.15	18.21	18.18	5.1	0.22	21	85	0	70	38	60	5.33

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
25	20090614	13.988818	50.495821	454	2	149	3	5800	10.92	14.37	21.48	18.06	19.77	5.8	0.41	27	85	1	60	30	40	5.1
26	20100724	13.991021	50.595283	275	8	256	2	5629	10.91	7.23	7.86	10.88	9.37	4.6	0.09	10	70	5	25	1	1	4.81
27	20090614	13.991248	50.499318	449	3	113	3	5771	11.46	11.94	12.11	15.14	13.62	5.2	0.28	40	80	15	60	2	1	5.16
28	20100724	13.992738	50.595023	294	6	268	2	5624	10.09	8.55	9.89	11.91	10.9	4.3	0.09	4	80	10	7	2	4	5
29	20100724	13.994236	50.59586	309	7	246	2	5690	10.42	8.91	11.97	13.7	12.84	4.7	0.17	18	50	10	70	10	8	5.15
30	20100724	13.995653	50.597324	326	5	199	2	5769	10.55	6.03	7.15	8.37	7.76	4.6	0.32	16	70	40	20	0	1	4.68
31	20090613	13.996343	50.505489	329	8	2	3	5418	10.31	12.99	12.57	17.37	14.97	6.3	0.86	37	60	7	75	0	0	4.67
33	20090614	13.997721	50.507156	305	8	2	3	5397	10.06	5.18	5.3	6.36	5.83	5.5	0.54	24	50	50	40	0	0	4.9
34	20090727	13.998353	50.621835	260	26	319	1	4612	10	8.37	7.87	11.71	9.79	4.8	0.17	16	85	15	60	1	3	4.38
35	20090727	14.000522	50.621927	314	21	298	1	5031	10.49	9	11.81	11.08	11.44	4.9	0.21	8	86	0	60	1	5	4
36	20100725	14.000848	50.576383	403	5	337	1	5580	11.11	6.97	11.91	9.96	10.94	6.5	0.17	21	90	0	10	0	0	4.67
37	20100725	14.008759	50.5715	528	23	36	3	4927	6.42	13.75	11.52	16.65	14.08	4.6	0.19	16	45	10	40	1	2	4.78
38	20100725	14.012107	50.578009	338	10	3	1	5334	11.58	6.52	6.03	10.37	8.2	6.2	0.81	33	45	5	70	10	0	4.79
39	20100725	14.013928	50.580434	303	7	20	1	5362	13.39	6.7	14.02	10.42	12.22	5.6	0.24	16	65	3	85	0	0	4.08
40	20090613	14.019062	50.541515	215	6	209	3	5604	14.2	9.19	13.11	11.7	12.41	4.4	0.33	10	95	0	50	0	0	4.7
41	20090613	14.019332	50.535904	347	4	359	1	5568	11.37	14.64	11.27	19.77	15.52	4.5	0.16	37	50	3	80	0	0	4.93
42	20090613	14.01941	50.531857	418	9	13	1	5424	9.46	9.82	12.47	12.95	12.71	4.2	0.16	8	85	0	60	0	0	4.31
43	20100724	14.023626	50.594268	344	12	215	2	5824	7.98	8.9	9.42	12.6	11.01	4.8	0.27	11	45	12	80	10	15	4.9
44	20100725	14.023966	50.553017	222	17	359	3	4942	10.82	7.2	5.84	10.1	7.97	NA	NA	4	80	15	5	0	0	5.08
46	20090727	14.028229	50.649685	251	18	296	1	5147	11.43	6.28	6.67	8.03	7.35	5.2	0.52	9	92	25	30	0	1	4.95
47	20090727	14.035469	50.647356	270	19	31	2	4901	9.84	9.26	11.39	11.84	11.62	4.6	0.04	8	90	2	40	0	1	4.5
53	20100721	14.054323	50.556431	254	10	325	2	5334	8.06	8.6	12.21	12.84	12.52	4.6	0.24	26	45	0	85	0	0	5.65
54	20090628	14.054306	50.644139	270	21	311	3	4912	9.8	6.46	3.95	8.09	6.02	4.7	0.25	6	50	20	25	0	0	4.55
56	20090628	14.058847	50.643391	377	15	327	3	5219	7.38	9.68	11.48	11.62	11.55	4.9	0.35	6	85	0	15	0	0	4.18

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
58	20090628	14.061171	50.64071	315	15	287	3	5318	10	6.17	7.7	8.29	8	5.2	0.24	14	97	0	15	0	0	4.48
59	20090628	14.060939	50.644661	354	33	11	3	4096	7.55	8.1	8.43	10.64	9.54	4.3	0.09	1	95	5	1	0	0	4.3
60	20090628	14.06307	50.644467	361	18	10	3	4962	11.72	10.02	10.36	11.52	10.94	4.6	0.21	5	85	10	25	0	0	4.18
62	20090628	14.063543	50.642155	354	12	274	3	5505	10.13	8.4	10.47	11.86	11.16	5.8	0.28	18	90	0	60	0	0	4.5
64	20090628	14.064185	50.640881	383	23	302	3	4989	13.42	7.32	7.39	9.07	8.23	4.4	0.19	7	90	5	60	0	0	4.38
65	20090628	14.064722	50.634481	288	16	238	3	5574	8.12	8.49	9.35	11.23	10.29	6.1	0.57	10	80	12	70	3	23	4.26
70	20090701	14.071749	50.633661	312	29	186	3	5713	8.4	25.83	33.13	34.19	33.66	5.2	0.2	25	25	10	50	10	75	5.56
72	20090701	14.07751	50.633474	364	25	259	3	5333	9.15	9.19	9.27	10.98	10.13	6	0.4	15	95	5	25	0	1	4.32
82	20090701	14.088502	50.626804	453	27	276	3	5115	15.07	10.47	7.51	14.33	10.92	4.6	0.3	21	65	0	80	0	0	4.33
85	20090629	14.094259	50.622241	319	8	246	3	5562	7.84	6.28	7.52	8.42	7.97	5.6	0.18	18	90	15	30	0	0	4.23
88	20090701	14.09706	50.618707	479	28	11	1	4404	13.16	11.78	8.06	13.92	10.99	4.8	0.26	20	90	0	70	0	0	3.88
93	20090629	14.102828	50.6247	567	11	249	1	5807	9.05	5.25	6.62	6.2	6.41	5.3	0.32	15	95	10	2	0	0	3.96
94	20090630	14.103216	50.616989	499	26	9	1	4550	7.13	9.15	10.09	11.53	10.81	4.6	0.15	12	95	0	5	0	0	3.65
95	20090629	14.105294	50.62538	614	29	211	1	5839	10.71	9.07	11.61	11.82	11.71	4.8	0.71	18	88	0	35	0	0	5.64
98	20090630	14.111808	50.616193	589	6	308	1	5711	11.15	13.01	10.02	17.46	13.74	5.2	0.22	23	85	3	95	0	0	5.14
101	20100718	14.123011	50.685759	249	19	305	1	4930	12.88	2.14	1.98	2.66	2.32	NA	NA	4	94	3	2	0	0	4.12
102	20090713	14.123616	50.576595	469	10	141	1	5881	11.71	6.85	9.66	8.87	9.26	5.7	0.4	26	88	20	80	4	6	4.45
103	20090713	14.12505	50.573494	435	2	208	1	5764	10.15	8.36	13.51	11.44	12.47	5.5	0.3	32	80	10	80	0	0	4.89
104	20090713	14.125083	50.572586	416	17	159	3	5905	7.62	11.68	14.27	17.01	15.64	5.3	0.24	42	85	1	50	20	3	5
105	20100718	14.126518	50.689905	403	3	280	1	5698	7.63	10.62	11.14	13.37	12.25	NA	NA	19	78	45	30	0	0	4.59
110	20100718	14.13181	50.690919	433	22	3	1	4791	11.18	2.08	2.31	2.53	2.42	NA	NA	1	97	0	0	0	0	4
111	20100718	14.135054	50.681558	294	9	258	1	5613	8.28	5.06	5.75	6.57	6.16	NA	NA	14	94	25	40	0	0	4.64
112	20090713	14.144301	50.596256	611	25	90	2	5388	10.63	10.23	9.87	13.15	11.51	4.9	0.17	22	80	0	15	20	50	4.41
114	20100718	14.149267	50.693559	276	19	238	3	5568	13.01	3.86	6.29	5.6	5.94	NA	NA	19	90	8	50	0	0	4.32

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
119	20090713	14.155422	50.582182	517	26	68	2	5010	10.52	10.62	11.44	13.02	12.23	6.4	0.63	17	92	0	50	8	25	4.11
120	20100717	14.160005	50.679106	252	31	231	1	5404	7.31	10.56	16.02	14.03	15.03	NA	NA	7	65	5	30	0	0	4.71
121	20100718	14.161861	50.689835	419	19	231	2	5760	6.48	10.66	9.62	11.78	10.7	NA	NA	11	82	0	50	0	0	4.89
123	20100717	14.163426	50.694419	350	16	211	2	5809	10.47	3.58	5.19	4.87	5.03	NA	NA	11	80	60	60	0	0	4.17
124	20100717	14.164693	50.692297	364	18	243	2	5606	8.57	6.48	8.41	7.41	7.91	NA	NA	3	90	1	1	0	0	4.2
126	20090714	14.17164	50.600067	367	2	102	3	5694	15.31	10.54	13.32	14.57	13.94	6.4	0.48	33	70	35	80	1	0	4.59
128	20100717	14.172047	50.68496	201	22	183	3	5642	9.92	8.58	16.62	13.35	14.98	NA	NA	10	80	5	80	0	0	5.14
129	20100717	14.172327	50.686524	304	30	206	2	5645	6.53	11.45	15.48	15.27	15.38	NA	NA	3	70	1	2	0	0	5.33
130	20090714	14.172643	50.598489	366	1	63	3	5672	14.75	4.43	6.98	5.64	6.31	5.5	0.2	22	90	15	25	2	0	4.04
131	20090714	14.173414	50.595573	352	3	227	3	5704	14.5	5.86	7.87	8.41	8.14	6	1.14	19	88	10	30	0	0	4.57
132	20100717	14.175301	50.685636	205	31	146	3	5487	8.41	4.97	7.19	5.9	6.55	NA	NA	8	60	50	4	0	0	5
133	20100717	14.175977	50.696472	325	9	84	2	5568	7.44	7.12	6	9.72	7.86	NA	NA	12	80	3	70	0	0	4.14
134	20090714	14.177174	50.598028	354	4	47	3	5595	15.65	8.29	8.11	9.94	9.02	5.4	0.22	24	90	2	35	0	0	4.32
138	20090714	14.184337	50.595754	339	7	21	3	5457	15.09	7.11	10.64	9.46	10.05	5.2	0.2	20	93	0	25	0	0	4.22
139	20090708	14.188235	50.668874	219	14	198	1	5658	13.74	6.9	8.37	9.18	8.78	NA	NA	18	70	50	80	0	0	4.88
140	20100717	14.188843	50.691402	312	26	282	2	5012	6.15	10	11.72	11.19	11.46	NA	NA	6	90	0	25	0	0	4.63
141	20090715	14.189369	50.599568	354	7	244	3	5717	9.88	4.97	6.01	7.19	6.6	5.2	0.37	11	92	0	2	0	0	4.44
142	20090708	14.191469	50.67093	310	32	152	1	5507	8.1	7.32	12.38	10.02	11.2	NA	NA	3	95	0	5	0	0	4.43
143	20090715	14.192741	50.601921	391	6	298	3	5604	8.69	10.3	9.07	14.76	11.91	4.6	0.15	11	87	1	65	0	0	5.12
145	20090714	14.194597	50.594784	322	10	62	3	5453	11.55	7.9	4.75	11.93	8.34	5.5	0.88	47	45	0	90	2	0	4.39
147	20090708	14.196913	50.679215	257	11	4	2	5073	12.88	6.71	7.59	8.68	8.13	NA	NA	9	90	2	20	0	0	4.33
148	20090714	14.197231	50.609978	402	5	226	1	5777	13.78	20.77	17.23	23.75	20.49	5.2	0.15	24	70	5	70	0	0	4.7
149	20090715	14.197741	50.616098	462	7	248	1	5781	10.42	10.26	6.22	14.47	10.35	5.1	0.07	13	85	5	50	0	0	4.61
150	20090714	14.198643	50.610364	411	7	239	2	5770	10.28	6.06	7	7.93	7.47	5.3	0.44	22	93	5	30	0	0	4.38

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
151	20090708	14.1997	50.679133	263	32	30	2	3937	7.61	10.4	10.46	11.75	11.11	NA	NA	21	90	5	30	0	0	4.25
152	20090708	14.200905	50.678379	279	20	9	2	4673	11.35	7.62	6.51	10.38	8.45	NA	NA	14	90	0	50	0	0	3.54
154	20090715	14.20487	50.588739	270	9	352	3	5328	13.12	6.37	10.42	8.5	9.46	NA	NA	10	95	0	2	0	0	3.59
156	20090709	14.205342	50.685352	215	13	39	2	5057	13.49	8.53	7.33	12.18	9.75	NA	NA	27	70	2	60	0	0	4.8
157	20090709	14.206028	50.675927	348	8	335	2	5330	13.93	6.66	5.12	9.18	7.15	NA	NA	23	70	30	40	0	0	4.48
159	20090714	14.206658	50.612279	405	7	87	2	5655	12.17	9.45	12.81	12.74	12.77	6.5	0.62	27	85	5	90	3	0	4.64
161	20090709	14.208966	50.682904	258	8	340	2	5199	14.45	5.31	7.76	7.82	7.79	NA	NA	9	90	0	50	0	0	3.81
165	20090709	14.212371	50.679673	349	20	48	2	4934	10.3	9.23	8.5	11.84	10.17	NA	NA	25	92	2	60	0	0	3.94
167	20090714	14.214515	50.617122	458	22	238	3	5674	7.87	9.5	9.92	9.64	9.78	5	0.41	10	90	0	45	0	1	4.4
170	20090709	14.216367	50.676545	461	24	268	2	5305	7.74	7.79	11.74	10.25	10.99	NA	NA	21	95	0	10	0	0	4.11
172	20090709	14.216807	50.678529	412	21	294	2	5109	10.94	8.87	12.75	10.99	11.87	NA	NA	19	90	0	50	0	0	3.74
176	20090710	14.221177	50.681848	361	12	44	2	5162	13.47	8.21	8.59	10.96	9.77	5.8	0.23	35	88	0	70	0	0	4.51
177	20090710	14.221381	50.682767	350	15	108	2	5474	12.56	3.41	4.37	4.44	4.4	4.4	0.05	12	95	30	10	0	0	4.06
178	20090710	14.222217	50.685499	311	9	30	2	5288	14.55	5.78	7.78	8.47	8.12	4.8	0.2	20	85	25	35	0	0	4
180	20090710	14.222498	50.683884	332	13	329	2	5000	14.04	5.51	3.45	8.5	5.98	4.8	0.07	11	60	40	50	0	0	4.11
182	20090710	14.222901	50.688098	280	13	304	2	5260	13.71	7.68	6.69	11.11	8.9	4.7	0.11	25	88	5	60	0	0	3.94
185	20090710	14.223965	50.680373	402	15	258	2	5519	11.2	8.6	11.75	10.72	11.23	4.7	0.11	21	95	0	70	0	0	3.72
187	20090710	14.225797	50.679321	430	11	285	2	5443	13.3	8.21	12.7	11.1	11.9	4.9	0.26	26	92	0	70	0	0	4.13
188	20090709	14.225814	50.676924	499	18	41	2	5109	9.93	7.78	6.38	9.27	7.82	5.7	0.5	22	90	5	60	0	0	3.9
194	20090709	14.230241	50.675237	588	13	335	1	5371	11.39	16.14	13.58	17.31	15.44	NA	NA	30	80	0	90	0	0	4.38
207	20100721	14.0562	50.554103	271	13	264	3	5533	7.75	10.38	13.38	14.1	13.74	4.7	0.27	12	40	10	55	1	1	5.63
208	20100727	13.940307	50.548748	490	5	155	3	5865	11.5	8.43	8.1	13.32	10.71	4.5	0.16	18	25	30	45	2	2	5.06
219	20100728	13.928606	50.526875	505	18	326	1	5114	7.45	12.44	14.67	15.37	15.02	5.8	0.39	26	65	1	60	3	13	4.76
221	20100727	13.945068	50.549237	481	16	165	1	5973	8.23	9.38	16.04	13.42	14.73	4.6	0.15	13	55	4	65	3	10	4.55

Číslo plochy	Datum	Lon	Lat	Nadm. výška	Sklon	Orientace	Půdní typ	Sol. rad.	Vlhkost	CO	DIR	DIF	TOT	pH	ph_sd	Počet druhů	E3 %	E2 %	E1 %	E0 %	Kamení %	EIV Light
226	20100727	13.942717	50.547174	444	9	187	1	5900	13.06	11.14	13.75	15.43	14.59	6.6	0.19	44	60	1	35	1	3	5.24
227	20100728	13.868431	50.484943	528	5	188	1	5912	10.61	13.5	27.07	19.68	23.37	4.7	0.06	24	40	0	75	10	0	5.63
228	20100727	13.921269	50.551873	475	9	205	1	5861	11.2	5.1	5.76	6.87	6.32	4.9	0.27	38	50	55	60	0	0	4.69
229	20100725	14.015673	50.581113	295	10	358	1	5198	13.14	7.2	6.23	12.07	9.15	5.3	0.22	10	50	3	60	1	2	4.39
231	20100729	13.880819	50.494158	495	5	131	3	5822	15.47	5.72	7.85	8.8	8.32	6.6	0.71	34	70	1	85	1	1	4.49
232	20100721	14.056408	50.558039	247	20	307	2	5004	9.74	6.42	6.81	8.71	7.76	4.3	0.41	17	40	8	25	0	5	5.42
233	20100721	14.051479	50.55689	221	14	4	2	5064	9.95	2.92	4.52	3.93	4.22	4.6	0.08	6	55	40	15	0	0	5.33
234	20100721	14.046722	50.552768	240	6	6	2	5425	10.1	5.69	9.13	8.94	9.04	4.8	0.5	8	65	3	35	1	0	4.88
238	20100724	13.994176	50.594815	301	6	239	2	5701	10.95	9.02	14.65	13.43	14.04	NA	NA	18	45	35	25	0	0	5.12
239	20100726	13.955505	50.562808	487	5	108	2	5782	11.38	14.06	20.39	18.71	19.55	5.6	0.3	31	55	7	65	3	0	4.82
241	20100724	13.983522	50.590549	328	1	256	2	5677	9.03	9.79	15.71	14.19	14.95	4.7	0.15	27	65	30	30	5	4	5
242	20100721	14.044896	50.555623	219	13	353	2	5145	9.65	7.81	10.55	10.85	10.7	4.6	0.17	12	65	0	15	1	0	4.93
243	20100727	13.952876	50.552567	443	21	59	2	5127	6.97	8.96	13.86	12.15	13.01	5.4	0.48	22	70	10	55	40	70	4.69
244	20100724	14.026354	50.595836	341	13	68	2	5425	8.08	16.26	13.02	19.85	16.44	4.6	0.14	23	60	2	50	0	1	4.83
245	20100721	14.043858	50.553017	232	11	357	2	5228	8.23	10.58	16.31	14.69	15.5	4.3	0.38	13	60	0	15	3	0	5.17
246	20100724	13.997642	50.600815	359	0	25	2	5687	13.11	8.79	12.28	12.49	12.38	4.9	0.2	17	55	15	65	5	5	4.65
248	20100728	13.916832	50.514705	525	31	34	3	4417	7.78	10	7.5	12.46	9.98	4.9	0.05	2	85	0	1	0	60	3.71
250	20100727	13.92701	50.530238	413	13	356	3	5209	11	10.53	12.64	13.68	13.16	7.3	0.95	15	85	0	80	0	1	4.04
251	20100725	14.030097	50.596199	307	13	16	3	5213	6.61	12.09	11.47	15.54	13.51	4.8	0.39	14	50	15	35	25	35	5.5
252	20100728	13.895704	50.507368	528	22	141	1	5871	8.13	4.55	6.74	5.87	6.3	5.3	0.38	17	70	20	35	1	3	4.65
253	20100728	13.901245	50.501902	504	11	280	1	5629	8.31	7.67	8.75	10.74	9.75	5.2	0.18	22	50	7	60	2	2	5.44
255	20100728	13.90219	50.495225	575	14	293	1	5527	7.25	8.32	10.59	10.87	10.73	6.2	0.45	32	80	0	45	15	80	5
256	20100728	13.872326	50.490654	564	11	162	1	6009	8.87	8.24	14.81	12.45	13.63	4.7	0.15	21	55	0	80	1	1	5.12
257	20100728	13.894157	50.509582	580	13	213	1	5980	9.01	4.42	6.8	6.25	6.53	5.1	0.39	22	70	45	10	2	4	4.6

<i>Číslo plochy</i>	<i>Datum</i>	<i>Lon</i>	<i>Lat</i>	<i>Nadm. výška</i>	<i>Sklon</i>	<i>Orientace</i>	<i>Půdní typ</i>	<i>Sol. rad.</i>	<i>Vlhkost</i>	<i>CO</i>	<i>DIR</i>	<i>DIF</i>	<i>TOT</i>	<i>pH</i>	<i>ph_sd</i>	<i>Počet druhů</i>	<i>E3 %</i>	<i>E2 %</i>	<i>E1 %</i>	<i>E0 %</i>	<i>Kamení %</i>	<i>EIV Light</i>
259	20100728	13.905344	50.510867	546	13	149	1	5964	10.3	4.72	8.68	7.37	8.03	5.7	0.16	32	65	5	60	0	1	4.33
263	20100726	13.978815	50.562494	527	22	131	3	5817	6.78	10.57	15.16	13.68	14.42	4.9	0.24	26	45	3	80	1	0	4.89
264	20100726	13.974926	50.565251	591	14	139	3	5963	8.61	10.34	15.57	13.72	14.64	4.2	0.22	6	40	0	55	10	30	4.58
266	20100728	13.93162	50.526881	552	11	23	1	5465	6.48	15.46	13.24	21.97	17.6	5	0.16	40	30	6	80	5	5	5.78
267	20100728	13.917659	50.513804	540	32	80	3	4936	7.22	7.41	6.52	10.23	8.38	4.8	0.25	24	50	5	30	10	45	5.31

