

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra ekologie a životního prostředí



**GRADIENTY FUNKČNÍ DIVERZITY
TROPICKÉHO DEŠTNÉHO LESA NA PŘÍKLADU
HMYZU**

MAGISTERSKÁ PRÁCE

Bc. Lenka Coufalová
Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Olomouc 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Tomáše Kurase, Ph.D, uvedla všechny použité odborné a literární zdroje a postupovala podle zásad vědecké etiky.

V Olomouci ...28.7.2017...

.....

Bc. Lenka Coufalová

Poděkování

Moje poděkování za podporu při řešení problému patří především vedoucímu mého projektu RNDr. Tomáši Kurasovi, Ph.D za odborné vedení, pomoc, užitečné rady a také zprostředkování cenných materiálů. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Janu Šipošovi, Ph.D. za pomoc při výpočtech gradientů diverzit a odbornou pomoc. Upřímně děkuji svému příteli a rodině za nekonečnou psychickou podporu a přátelům, kteří mě podporovali za celou dobu mého studia.

Coufalová L. 2017. Gradienty funkční diverzity tropického deštného lesa na příkladu hmyzu [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 31 stran, česky.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá gradienty funkční a druhové diverzity v nížinném tropickém deštném lese na příkladu hmyzu. Cílem práce bylo studovat gradienty diverzity (druhové a funkční) a nezávislé proměnné, což byly enviromentální faktory a jejich rozkolísanost, typy pastí s různými atraktanty, výšková patrovitost lesa. Výpočty parametrů diverzity (druhové a funkční) a to jak se mění v gradientu podmínek probíhaly pomocí RaoQ a Shannon-Wienerova indexů. V rámci studie bylo zkoumáno 2052 jedinců, kteří byli sesbíráni z 16ti sběrných míst, kde byly umístěny pasti s náhodně rozmístěnými barevnými kelímky a třemi druhy návnad po dobu 5ti dnů. Největší diverzita byla v kelímcích se žlutou a bílou barvou, v kvasových návnadách a v nejvyšších patrech tropického deštného lesa. Můžeme pozorovat shodné trendy u druhové a funkční diverzity a vysokou druhovou bohatost v nejvyšším patře lesa, jelikož nejvyšší patra mají dostatečné množství slunečního svitu.

Coufalová L. 2017. Gradients functional diversity of tropical rainforest on the example of insects [Diploma Thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 31 pages, in Czech.

ABSTRACT

This Diploma thesis deals with gradients of functional and species diversity in the lowland tropical rainforest on the example of insects. The aim of the thesis is to study the gradients of diversity (species and functional) and independent variables, which were environmental factors and their variation, types of traps with various attractants, height patrimony of the forest. Calculations of diversity parameters (species and functional), as varied in conditions gradient, were performed using the RaoQ and Shannon-Wiener indexes. Within the study, 2052 individuals were examined. They were collected from 16 collection points where traps with randomly spaced colored cups and three kinds of baits were placed for 5 days. The largest diversity was in the cups with yellow and white colour, in the yeast baits and on the highest floors of the tropical rainforest. We can observe the same trends with species and functional diversity along with a high species richness on the top floor of the forest, since the top floors have sufficient amount of sunshine.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle.....	5
3	Metodika	6
3.1	Stručný popis studovaného území	6
3.2	Sběr materiálu	6
3.3	Laboratorní zpracování vzorků.....	8
3.4	Metody výpočtů	9
3.5	Měření enviromentálních parametrů	9
4	Výsledky	10
5	Diskuze	21
5.1	Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě.....	21
5.2	Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k funkční diverzitě	22
5.3	Význam barvy kelímků pastí a typů atraktantů na změny v druhové bohatosti a funkční diverzitě.....	22
6	Souhrn	24
7	Reference	25
8	Přílohy	29

Seznam tabulek

Tabulka 1: Sumární přehled testovaných parametrů diverzity (druhové, funkční a druhové bohatosti) v závislosti na proměnných prostředí.	10
Tabulka 2: Proporce jednotlivých řádů hmyzu ve vertikálním profilu tropického deštného lesa (NP Ulu Temburong, Brunej)	13
Tabulka 3: Množství zastoupených funkčních znaků hmyzu v jednotlivých patrech lesa ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo.....	16

Seznam obrázků

- Obrázek 1:** Kelímkové padací pasti. Seskupení šesti kelímků různých barev (průhledná, bílá, žlutá, zelená, modrá, červená) a do některých byl přidán atraktant ve formě kvasu (K) nebo iontového roztoku (I). Takováto trojice souboru pastí (3x6 kelímků) byla instalována na každé sběrné místo, které bylo umístěno vždy v pravidelných vzdálenostech a výškách uvnitř lesa na konstrukci korunové naučné lávky. 7
- Obrázek 2:** Schéma umístění sběrných míst na věžové konstrukci (*canopy walkway*) v NP Ulu Temburong Brunej, severní Borneo. Tato konstrukce měla schéma dvou 40 metrů vysokých protilehlých věží (T1 a T2), byly propojené dvěma lávkami (V1 a V2), které od sebe byly vzdáleny 75 metrů. Jedna z lávek byla ve výšce 1 metru, druhá ve výšce 30 metrů a dohromady se zde nacházelo 16 souborů sběrných pastí 7
- Obrázek 3:** Vliv slunečního záření na druhovou bohatost hmyzu ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo..... 11
- Obrázek 4:** Závislost druhové bohatosti hmyzu na patrech (výšce) lesa ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky..... 11
- Obrázek 5:** Závislost druhové diverzity hmyzu na množství dopadajícího slunečního záření ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo 12

Obrázek 6: Závislost intenzity slunečního záření (v lx) a funkční diverzity hmyzu v tropickém deštném lese (NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo).....	14
Obrázek 7: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na výšce lesních pater ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky	15
Obrázek 8: Histogram závislosti druhové bohatosti hmyzu na barvách kelímků v daných pastích, se zanesením směrodatné odchylky ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo	17
Obrázek 9: Histogram závislosti druhové bohatosti hmyzu na typech návnady (atraktantu) uvnitř pastí ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky	18
Obrázek 10: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na barvách pastí (kelímků) ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky	19
Obrázek 11: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na typu atraktantu (návnady) ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky	20

Seznam příloh

Příloha 1: Letecký snímek orientovaný severně oblasti studovaného území v oblasti NP Ulu Temburong, kde probíhal sběr vzorků (převzato z www.mapy.cz)	29
Příloha 2: Mapa orientovaná severně celé oblasti Bornea, s vyznačeným bodem studované oblasti (převzato z www.mapy.cz)	29
Příloha 3: Sběrné pasti a jejich umístění na lávce v NP Ulu Temburong (foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D)	30
Příloha 4: Sběrná past (soubor barevných kelímků, uprostřed atraktant) s hmyzem, převážně Formicidae (foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D)	30
Příloha 5: Pohled na část NP Ulu Temburong s lávkou, na níž byly pasti umístěny (foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D)	31

1 Úvod

Pochopení struktury společenstev a vzájemných interakcí druhů patří mezi základní témata teoretické ekologie. Rámec, kterým nahlížíme na společenstva je poměrně rozsáhlý a představuje kontinuum od společenstev typu náhodně seskupených druhů bez vzájemných interakcí (tj. společenstva ve smyslu *assamblage*) až po společenstva vysoce organizovaná, kde druhy mezi sebou vytvářejí vzájemné vazby (společenstva typu *communities*) (Miller 2002).

Strukturu společenstev je možno popisovat hned několika způsoby, konceptuálně ale vycházíme vesměs ze zastoupení jednotlivých druhů a jejich vzájemné významnosti ve společenstvu (Bernardi 2012). Na těchto vlastnostech společenstev jsou postaveny nejrůznější metrické indexy diverzity. Ty se snaží postihnout míru neuspořádanosti společenstev (tedy míru proporčního zastoupení druhů ve společenstvech). Takto popisují strukturu společenstev tradiční indexy diverzity, které navrhují např. Shannon (1948), Simpson (1949) a další (Magurran 1988). Míra neuspořádanosti společenstev je pak interpretována z hlediska mezidruhových interakcí, dostupnosti zdrojů, fylogenetické příbuznosti druhů ap. (Simpson 1949). Relativně novým přístupem, jak vysvětlit organizaci druhů ve společenstvech, je koncept funkční diverzity (Huang et al. 2002). Tento koncept vychází opět ze znalosti druhů a jejich významností (viz početnost, biomasa) ve společenstvech, ale navíc k jednotlivým jedincům/druhům přiřazuje soubory jejich funkčních vlastností (*functional traits*) (Altieri 1999). Funkčními vlastnostmi se rozumí ty vlastnosti, které predeterminují jedince/druh k využívání nějakého zdroje v určitém prostředí nebo jsou svázány se specifickým způsobem životní historie druhu (Tilman 2001). Popis struktury společenstva prostřednictvím parametrů funkční diverzity nám tak pomáhá pochopit funkční propojení druhů ve společenstvech z hlediska obsazení nik druhů. Popis funkční diverzity má přímý vztah také k praktickým aspektům jako je produktivita společenstva nebo jeho odolnost vůči vnějšímu narušení, invazím ap. (Petchey et al. 2002).

Při studiu struktury společenstva nám mnohé nejasnosti objasní jednotlivé funkční vlastnosti druhů nebo jedinců těchto společenstev. Funkčními vlastnostmi se rozumí takové vlastnosti, které ovlivňují fungování ekosystému (např. využívání zdrojů v prostředí). Jendou z možností jak definovat funkční vlastnosti je pomocí tzv. funkčních znaků (= *functional traits*) jednotlivých druhů nebo jedinců. Množství těchto funkčních znaků ve společenstvu nám vyjadřuje funkční bohatost (*sensu* Mason et al. 2005). Funkční bohatost představuje míru využití dostupných zdrojů, tedy jakým způsobem obsazují jednotlivé druhy nikový prostor. Tento výklad funkční bohatosti můžeme lépe pochopit tak, když si niku definujeme například jako rozsah dostupných zdrojů ve společenstvu. Funkční bohatost lze vyjádřit pomocí RaoQ indexu (Rao 1982). Čím vyšší hodnoty index nabývá, tím je zastoupení jedinců s funkčně odlišnými znaky v prostředí vyšší. V případě vysokých hodnot RaoQ indexu lze proto předpokládat, že škála využívání zdrojů v prostředí bude širší (Tilman 1996).

Teorie obsazenosti nikového prostoru závisí na specializaci druhů, kteří danou niku obývají. Druhy, které jsou specializované na určitý druh zdrojů mají úzkou niku, tudíž nezabírají široké spektrum nikového prostoru. Oproti tomu druhy, které nejsou specializovány na určitý typ zdrojů, tudíž využívají široké spektrum zdrojů, mají také širokou niku a obsazují tak větší nikový prostor (Petchey 2003). Pokud nám funkční charakter představuje míru tolerance druhů vůči dostupným zdrojům, poté nízká funkční bohatost znamená, že se sníží odolnost druhů vůči různým výkyvům (Tilman 1996). Schopnost odolávat takovýmto výkyvům může být také způsobena tím, že se zde vyskytnou mezery v daném prostoru, které může využít predátor (Dukes 2001). Vysokou funkční bohatost lze chápat tak, že v daném prostoru jednotlivé druhy zaujímají celý prostor obsazení niky, využívají rovnoměrně veškeré zdroje, bez jakýchkoliv větších mezer a odstupů (Mason et al. 2005).

Ve chvíli, kdy nastane situace, že je nikový prostor téměř zcela obsazen, k čemuž dochází v situacích, kdy jsou využívány rovnoměrně všechny zdroje prostředí, tak není důležité, zda je tu nějaká individualita druhů nebo ne a neřešíme, zda jsou zde druhy zastoupeny specialisty nebo generalisty.

Je tomu tak z toho důvodu, že nás vlastně nezajímá druhová příslušnost jedinců, kteří mají stejné funkční znaky. Funkční diverzita se dá vyjádřit prostřednictvím indexu funkční diverzity *sensu* Mason et al. 2005. Indexy funkční diverzity vycházejí z toho, že různé množství jedinců se vyskytuje nebo využívá různé části myšleného prostoru niky celého společenstva a z tohoto důvodu je třeba pro praktické výpočty indexů zjišťovat danou funkční charakteristiku případně její míru u co největšího množství jedinců různých druhů ve společenstvu. Podle autorů lze funkční diverzitu vyjádřit třemi základními indexy funkční diverzity, tj. funkční bohatostí (*functional richness*), funkční vyrovnaností (*functional evenness*) a funkční rozdílností (*functional divergence*). Indexy funkční diverzity tak prostřednictvím kalkulované hodnoty popisují obsazení funkčních nik v prostředí a schopnost využívat dostupné zdroje jednotlivými druhy (Mason et al. 2005).

Studium gradientů druhové a funkční diverzity ve vztahu k proměnlivým parametrům prostředí jsem studovala na příkladu hmyzích bezobratlých v tropickém deštném lese. Pro studium funkčních vztahů se tropy jeví jako vhodnější modelové prostředí (oproti temperátní nebo boreální zóně), a to zejména díky vysokému druhovému bohatství a dlouhodobě nenarušenému vývoji tropických deštných lesů (Wilson 1995). Lze tak předpokládat přítomnost komplexních společenstev bezobratlých s menší proporcí tzv. neobsazených nik a z toho vyplývajícímu vyššímu poměru mezidruhových interakcí. Znalost průběhu parametrů druhové diverzity v prostředí tropických ekosystémů je jen velmi malá, gradienty funkční diverzity v tomto prostředí studovány doposud nebyly (Ashton 1989).

V rámci předložené diplomové práce jsem se zaměřila na problematiku změny průběhu druhové diverzity a funkční diverzity v gradientech vybraných faktorů prostředí. Dle různých autorů lze konstatovat, že klimatické charakteristiky jakými jsou teplota, srážky, příp. dostupnost slunečního záření, determinují provoz ekosystémů tropického deštného lesa, včetně rozvoje společenstev bezobratlých a jejich komplexnost (Hershey et al. 2010). Oba klimatické parametry (teplota i srážky)

v prostředí deštného lesa vykazují gradienty, měnící se zpravidla s výškou od země do korunových pater lesa (Whitmore 1998).

Předpokládám tedy, že se se změnou klimatických parametrů prostředí budou měnit také parametry funkční a druhové diverzity. Pro nižší etáže lesa jsou typické klimatické parametry jako je vysoká a konstantní humidita a konstantní teplota v průběhu času (Kessler 2000). Současně je zde nízký světelný tok. Naopak ve vyšších etážích lesa a zejména pak v korunovém patře dochází k rozkolísání klimatických podmínek prostředí a je zde vyšší světelný tok (Valladares et al. 1997). Rozkolísané podmínky prostředí by měly vést k nelineárním vztahům mezi proměnnými prostředí a parametry druhové i funkční diverzity. Disturbance ve vyšších korunových patrech deštného lesa by měly snižovat mezidruhovou konkurenci (Connel 1978).

Ve smyslu teorie střední míry disturbance (Connel, 1978) by měla stoupat druhová bohatost (*species richness*) a pravděpodobně také druhová diverzita. Funkční diverzita by měla vykazovat rovněž jistou proměnlivost. Vyšší míra druhového bohatství v korunách lesa by se měla projevit vyššími hodnotami funkční bohatosti.

2 Cíle

Vzhledem k výše uvedenému textu, kdy předpokládáme, že ve výškovém rozrůznění se bude lišit druhová i funkční diverzita, jsem si dala za cíl otestovat následující:

- Testovat význam gradientu faktorů prostředí (jako je světlo, teplota, humidita a výška) ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě.
- Testovat význam gradientu faktorů prostředí (jako je světlo, teplota, humidita a výška) ve vztahu k funkční diverzitě (na příkladu indexu RaoQ).
- Testovat význam barvy kelímků pastí a typů atraktantů na změny v druhové bohatosti a funkční diverzitě.

3 Metodika

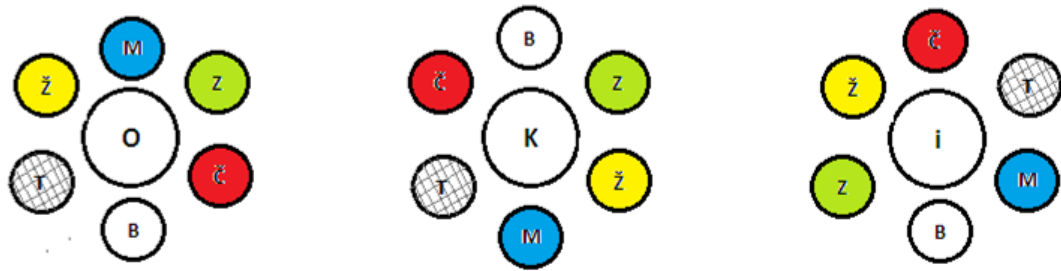
3.1 Stručný popis studovaného území

Studované území se nachází v NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo. Souřadnice této oblasti jsou N 4°33.11528', E 115°9.60255' (příloha 1).

Výzkumná stanice se nachází v primárním, nížinném, dipterokarpovém lese na řece Belalong v nadmořské výšce asi 60 m.n.m a je lemován hřebeny hor stoupajících až do 300 m.n.m. (příloha 2). Průměrný roční úhrn srážek pro danou oblast je asi 4500 mm (Ashton 1964). Průměrná teplota se pohybuje mezi 24 °C – 31 °C a průměrná vlhkost je zde 79 %. Nejdeštivější období je od září do ledna a nejsušší od února do dubna (Richmond 2010). V tomto lese jsou jedny z nejvyšších dřevin, jejichž dominanty patří mezi nejvyšší stromy na světě (Ashton 1964).

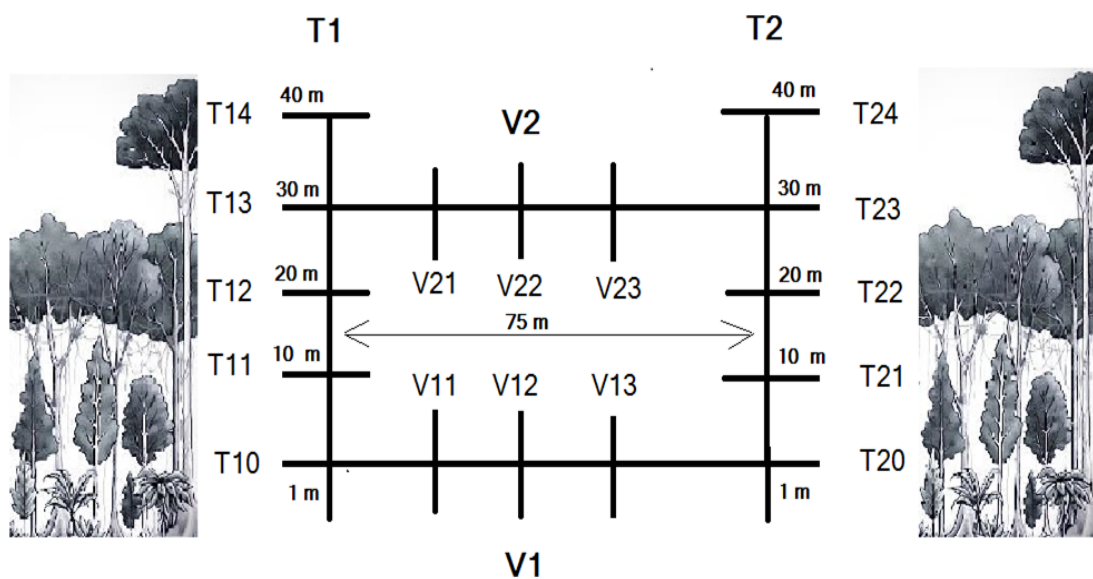
3.2 Sběr materiálu

Sběr materiálu probíhal pomocí kelímkových padacích pastí, které byly rozestavěny do pravidelného geometrického tvaru. Z důvodu zvýšení účinnosti záchytu hmyzu byl do seskupení kelímků různých barev (6 barevných kelímků – průhledná, bílá, žlutá, zelená, modrá, červená) přidán atraktant. Na každé sběrné místo byla instalovaná trojice souboru pastí (3x6 barevných kelímků). Barevné kelímky v jednotlivých souborech pastí byly umístěny náhodně, přičemž do středového kelímku byl umístěn atraktant (voda, kvas a iontový roztok), (obrázek 1). Každá trojice souboru barevných pastí byla umístěna v pravidelných výškových a vzdálenostních odstupech do interiéru lesa, a to na konstrukci korunové naučné lávky (*canopy walk*). Takto rozdělené pasti byly umístěny na sběrná stanoviště, která měla schéma dvou protilehlých věží (40 metrů vysokých), které byly vzájemně mezi sebou propojeny (obrázek 2). Cílem bylo sesbírat co největší spektrum druhů, jejichž sběr probíhal v denních intervalech v období 31.1.2015 - 9.2.2015.



Obrázek 1: Kelímkové padací pasti

Seskupení šesti kelímků různých barev (průhledná, bílá, žlutá, zelená, modrá, červená) a do některých byl přidán atraktant ve formě kvasu (K) nebo iontového roztoku (I). Takováto trojice souboru pastí (3x6 kelímků) byla instalována na každé sběrné místo, které bylo umístěno vždy v pravidelných vzdálenostech a výškách uvnitř lesa na konstrukci korunové naučné lávky.



Obrázek 2: Schéma umístění sběrných míst na věžové konstrukci (*canopy walkway*) v NP Ulu Temburong Brunej, severní Borneo. Tato konstrukce měla schéma dvou 40 metrů vysokých protilehlých věží (T1 a T2), byly propojené dvěma lávkami (V1 a V2), které od sebe byly vzdáleny 75 metrů. Jedna z lávek byla ve výšce 1 metru, druhá ve výšce 30 metrů a dohromady se zde nacházelo 16 souborů sběrných pastí.

3.3 Laboratorní zpracování vzorků

Vzorky byly odebírány po dobu pěti dnů, a to v datech 1.2., 3.2., 6.2., 8.2. a 9.2. v roce 2015. Odebraný vzorek z jednotlivých barevných kelímků byl uložen do transportních igelitových sáčků, popsán a zalihován. Následně byly vzorky laboratorně zpracovány pod mikroskopem byli determinováni jedinci, změřeni a určeny jejich vlastnosti, přičemž byl každý z nich jednotlivě vyfocen a tříděn na morfospecie (morfospecie definuje druh na základě morfologických znaků, jde tedy o soubor podobných jedinců (*morfospecies*), který však může být jen součástí biologického druhu nebo naopak zahrnovat více podobných druhů (např. kryptické druhy) v jednotlivých taxonech. Celkový počet jedinců byl dohromady 2052, z nichž byla také značná část vyřazena z důvodu špatné kvality vzorků nebo z důvodu, že daný řád nebyl vhodný pro naše výpočty (př. pavouci). Poté byly každému z jedinců v daném vzorku přiřazeny ekologické funkční znaky (*traits*) a byli determinováni do skupin dle klíče (CSIRO, 1991) :

- velikost - měřena délka těla jedince v mm
- přítomnost křídel schopných letu jedince
- druh ústního ústrojí – bylo rozlišováno ústní ústrojí typu sací, bodavé, lízací, bodavě/sací a kousací/lízací
- trofie – zařazením jedinců do příslušného taxonu (čeledi, podčeledi, rodu) bylo možno orientačně stanovit jeho potravní strategii (trofii). Typy trofií, které jsem rozlišovala byly tyto: saprofág, predátor, fruktivor, nektarofág, omnivor, herbivor, mykofag a xylofag.

3.4 Metody výpočtů

V této kapitole popisují metody výpočtů gradientů druhové a funkční diverzity. Jsou zde popsány jednotlivé indexy, se kterými se pracovalo. Pro výpočty gradientů druhové a funkční diverzity bylo použito několik indexů. RaoQ Index (Rao 1982) je měřítkem rozmanitosti v ekologických společenstvech. Tento index počítá jaké je zastoupení jedinců s rozdílnými funkčními znaky ve vzorku. Čím vyšší bude hodnota indexu, tím bude vyšší rozrůzněnost v zastoupení jedinců s funkčně odlišnými znaky. Druhovou diverzitu jsem počítala dle indexu Shannon-Wiener, který je založen na teorii informace, jinými slovy, jaké množství informací se průměrně dozvíme, determinujeme-li jednoho jedince ze společenstva (Shannon, 1948). Indexy dle Masona 2005 nebylo možno počítat a to z důvodů: a) mezer v datech b) malého množství odchycených jedinců c) jedinci měli podobné funkční vlastnosti.

3.5 Měření enviromentálních parametrů

Měření parametrů prostředí bylo prováděno pomocí elektronických záznamníků (dataloggerů) a ručních luxmetrů. Tato měření byla prováděna opakovaně na jednotlivých souborech pastí v průběhu několika dní. Měření teploty a humidity pomocí dataloggerů probíhalo po celou dobu terénního výzkumu a hodnoty byly zaznamenávány každých 20 minut. Testovány byly hodnoty parametrů jako jsou aritmetický průměr z teplot a humidity, median intenzity dopadajícího světelného záření a dále druhová rozmanitost jako míra rozkolísanosti daného parametru. Pro testování vlivu enviromentálních proměnných byly použity průměrné denní teploty (ve °C), humidity (v %) a světla (v lux). Rozkolísanost teplot byla počítána z chodu denních teplot měřených každých 20 minut v průběhu 24 hodin daného dne. Veškerá tato měření nám slouží k určení druhové a funkční diverzity, které vycházejí z konceptu druhu.

4 Výsledky

V předložené diplomové práci se věnuji významu gradientu faktorů prostředí (světlo, teplota, humidita) ve vztahu k funkční a druhové diverzitě a druhové rozmanitosti bezobratlých. Cílem předložené diplomové práce je otestovat význam rozkolísání faktorů prostředí na druhovou rozmanitost bezobratlých a také na průběh parametrů funkční diverzity bezobratlých. Současně jsem se zabývala také významem barev pastí a typů atraktantů na změny v druhové a funkční diverzitě hmyzu (tabulka 1).

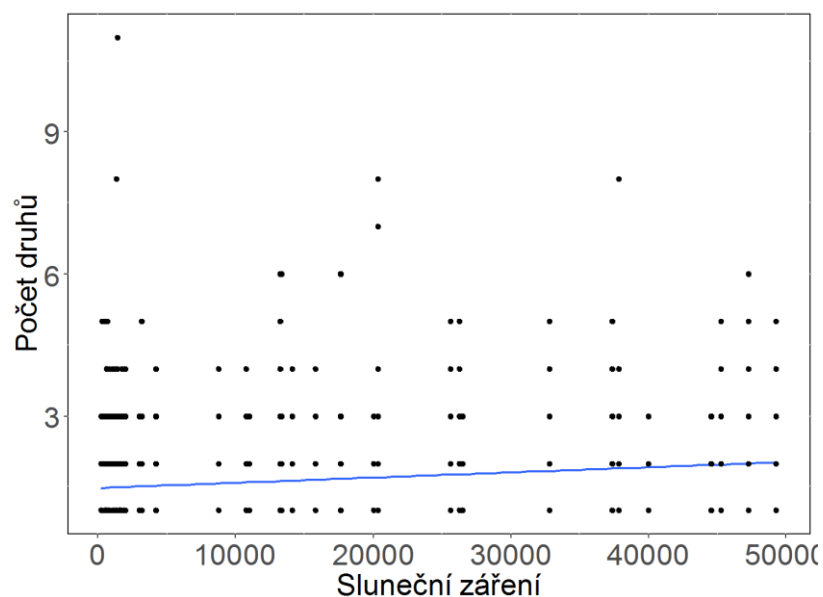
Tabulka 1: Sumární přehled testovaných parametrů diverzity (druhové, funkční a druhové bohatosti) v závislosti na proměnných prostředí.

	Druhová bohatost (<i>species richness</i>)	Druhová diverzita (Shannon-Wiener)	Funkční diverzita (RaoQ)
Světlo _(MED)	p<0,001	p<0,001	p<0,05
Světlo _(SE)	n.s.	n.s.	n.s.
Humidita (prům.)	n.s.	n.s.	n.s.
Humidita _(SE)	n.s.	n.s.	n.s.
Teplota _(prům.)	n.s.	n.s.	n.s.
Teplota _(SE)	n.s.	n.s.	n.s.
barva pastí	p<0,05	n.s.	p<0,001
atraktant	p<0,001	n.s.	p<0,05
výška pastí	p<0,001	n.s.	p<0,001

Pozn.: Světlo_(Med) = medián naměřených hodnot intenzity slunečního záření (v lx); Světlo_(SE) = směrodatná odchylka naměřených hodnot intenzity slunečního záření; Humidita_(prům.) = aritmetický průměr naměřených denních hodnot humidity (v %); Humidita_(SE) = střední chyba průměru naměřených denních hodnot humidity (v %); Teplota_(prům.) = aritmetický průměr naměřených denních hodnot teplot (v °C); Teplota_(SE) = střední chyba průměru naměřených denních hodnot teplot; n.s. = statisticky neprůkazné (p>0,05).

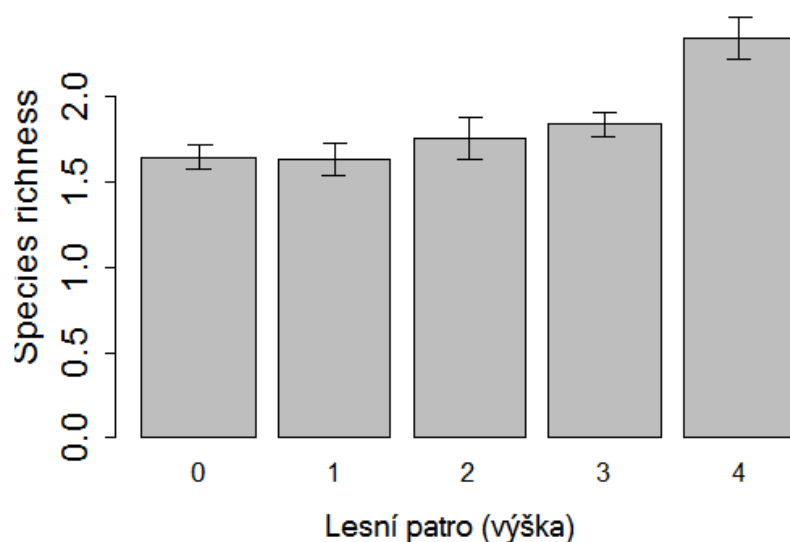
Význam klimatických faktorů prostředí na studované parametry diverzity (funkční, druhová a druhová bohatost) sumarizuje tabulka 1. Z testovaných klimatických parametrů prostředí vykazovala průkazný vliv na diverzitu pouze intenzita dopadajícího slunečního záření (vyjádřená jako medián naměřených hodnot). Průměrná denní teplota ani průměrná denní humidita (vč. denní míry rozkolísanosti daného parametru vyjádřeného střední chybou průměru) na parametry diverzity průkazný vliv

nevykazovaly. Druhová bohatost (podobně jako druhová diverzita) se s mírou dopadajícího slunečního záření přímo úměrně zvyšuje (obrázek 3).



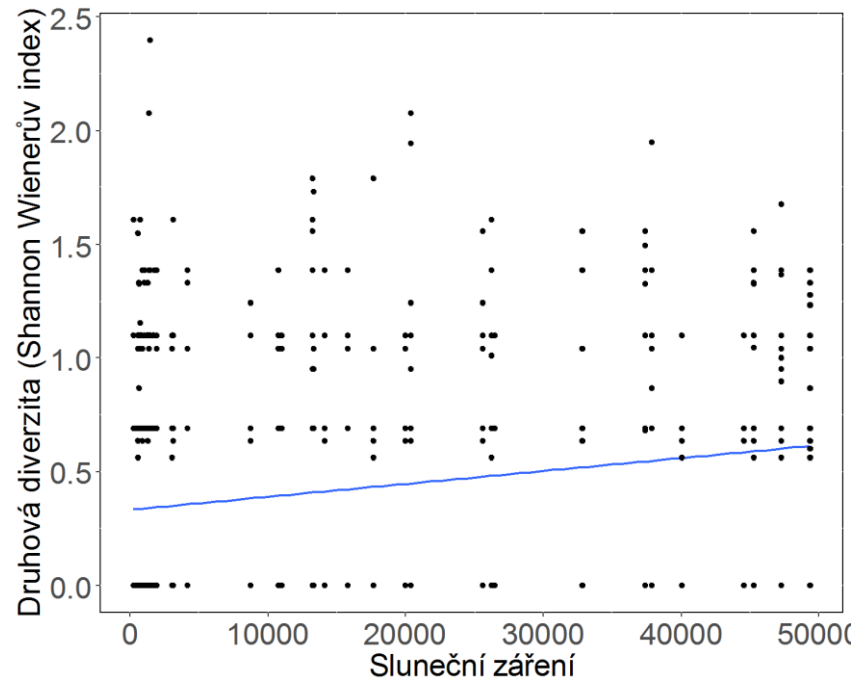
Obrázek 3: Vliv slunečního záření na druhovou bohatost hmyzu ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo

Další proměnnou, kterou jsem studovala, byla závislost druhové bohatosti na výškovém profilu lesního porostu. Vliv výškového profilu lesního porostu měl pozitivní vliv na druhovou bohatost (obrázek 4).



Obrázek 4: Závislost druhové bohatosti hmyzu na patrech (výšce) lesa ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky.

Význam enviromentálních gradientů na druhovou diverzitu byl počítán pomocí Shannon Wienerova indexu, kdy z testovaných proměnných (teplota, humidita, světlo a výška) jako jediná vyšla ve výsledku pozitivně intenzita světla. Význam intenzity světla měl průkazný pozitivní trend ($p < 0,001$) na druhovou diverzitu (obrázek 5).



Obrázek 5: Závislost druhové diverzity hmyzu na množství dopadajícího slunečního záření ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo.

V rámci druhové diverzity a její závislosti na enviromentálních parametrech můžeme na následující tabulce vidět, jaká byla proporce jednotlivých taxonů - řádů hmyzu ve vertikálním profilu lesa (tabulka 2). V nultém patře je nejvyšší zastoupení Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, poté v nižších proporcích následují Heteroptera, Lepidoptera a v zanedbatelných množstvích ostatní řády. Ve středních výškách pater se u většiny druhů kromě Diptera dá říci, že jejich početnost lehce klesala a v horním korunovém patře je zde dominantní převaha Diptera.

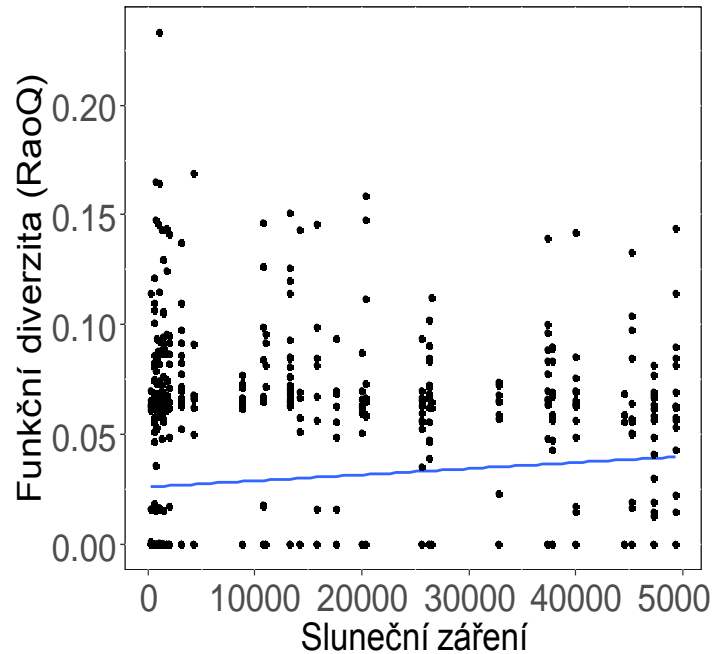
Tabulka 2: Proporce jednotlivých řádů hmyzu ve vertikálním profilu tropického deštného lesa (NP Ulu Temburong, Brunej)

řád	0. patro			1. patro			2. patro			3. patro			4. patro		
	N	N _i	N _i (%)	N	N _i	N _i (%)	N	N _i	N _i (%)	N	N _i	N _i (%)	N	N _i	N _i (%)
Diptera	224	14,9	39,2	42,0	7,0	23,7	73,0	12,2	37,2	374,0	24,9	58,0	315,0	52,5	67,9
Coleoptera	60	4,0	10,5	22,0	3,7	12,4	31,0	5,2	15,8	49,0	3,3	7,6	39,0	6,5	8,4
Hymenoptera	86	5,7	15,1	37,0	6,2	20,9	23,0	3,8	11,7	61,0	4,1	9,5	28,0	4,7	6,0
Isoptera	2	0,1	0,4	2,0	0,3	1,1	0,0	0,0	0,0	3,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0
Thysanoptera	3	0,2	0,5	1,0	0,2	0,6	3,0	0,5	1,5	0,0	0,0	0,0	4,0	0,7	0,9
Mantodea	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,5	1,0	0,1	0,2	1,0	0,2	0,2
Psocoptera	1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Heteroptera	34	2,3	6,0	15,0	2,5	8,5	5,0	0,8	2,6	14,0	0,9	2,2	4,0	0,7	0,9
Lepidoptera	28	1,9	4,9	18,0	3,0	10,2	11,0	1,8	5,6	16,0	1,1	2,5	10,0	1,7	2,2
Dermaptera	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Collembola	2	0,1	0,4	2,0	0,3	1,1	1,0	0,2	0,5	2,0	0,1	0,3	6,0	1,0	1,3
Psocoptera	2	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0
Blattodea	2	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0	0,2	0,5	3,0	0,2	0,5	1,0	0,2	0,2
VYŘAZENO	127	8,5	22,2	38,0	6,3	21,5	42,0	7,0	21,4	119,0	7,9	18,4	56,0	9,3	12,1
Hemiptera	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,8	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CELKEM	571	38,1	100,0	177,0	29,5	100,0	196,0	32,7	100,0	645,0	43,0	100,0	464,0	77,3	100,0

Pozn.: N = počet jedinců, N_i = počet jedinců daného taxonu vážený počtem pastí daného patra, $N_i\%$ = procentní podíl N_i

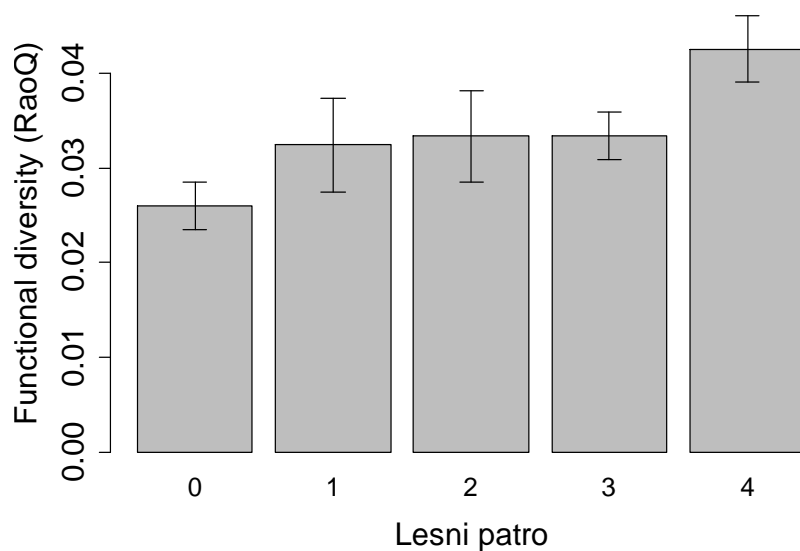
Obdobně jako byl testován vliv enviromentálních proměnných na druhovou diverzitu a druhovou bohatost, studovala jsem také závislost na funkční diverzitě. Pro výpočet funkční diverzity jsem použila RaoQ indexu. I v případě funkční diverzity,

stejně jako v případě diverzity druhové, lze sledovat trend zvyšující se funkční diverzity s rostoucím množstvím dopadajícího slunečního záření ($p < 0,05$) (obrázek 6).



Obrázek 6: Závislost intenzity slunečního záření (v lx) a funkční diverzity hmyzu v tropickém deštném lese (NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo).

Posledním grafem a výpočtem zkoumaného významu gradientu faktorů je vztah funkční diverzity a patrovitosti (výšky) tropického deštného lesa. Můžeme zde opět vidět podobnost výsledků s výsledky závislosti druhové bohatosti na výšce lesa. Hodnoty funkční diverzity se zvyšují s rostoucí výškou vertikálního profilu lesního patra (obrázek 7).



Obrázek 7: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na výšce lesních pater ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky.

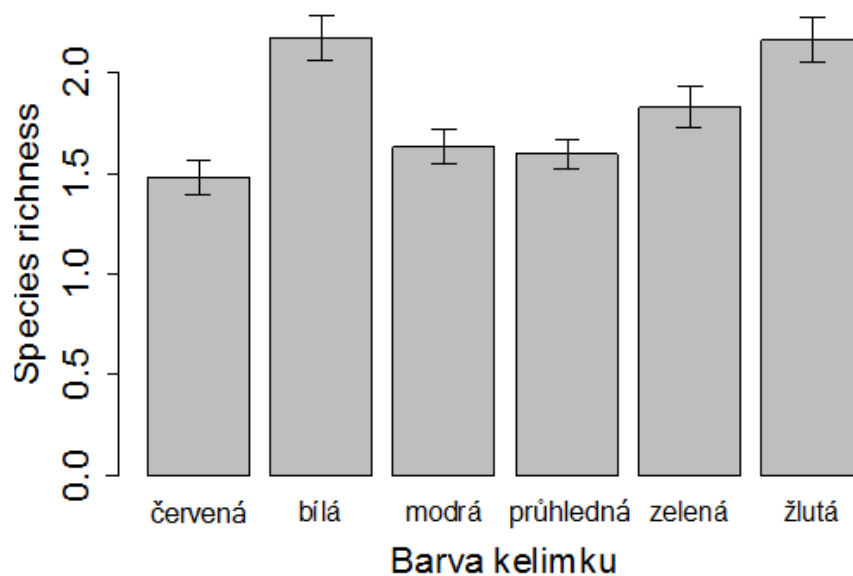
V následující tabulce (tabulka 3) je zaznamenáno množství zastoupených funkčních znaků (*traitů*) v jednotlivých patrech (výškách) lesa. Bylo zjištěno vysoké množství nektarofágů a saprofágů, za nimi v menším, ale stále výrazném množství predátor a fruktivor. Ve středních polohách vertikálního členění lesa je stále pozorovatelný vzestup početnosti saprofágů, oproti nimž se hodnoty počtu nektarofágů a ostatních funkčních skupin už snižují. V nejvyšším korunovém patře stromů již převládají svou početností saprofágové.

Tabulka 3: Množství zastoupených funkčních znaků hmyzu v jednotlivých patrech lesa ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo

typ trofie	0. patro			1. patro			2. patro			3. patro			4.patro		
	N	Ni	Ni(%)	N	Ni	Ni(%)	N	Ni	Ni(%)	N	Ni	Ni(%)	N	Ni	Ni(%)
saprofag	99,0	6,6	30,6	28,0	4,7	25,9	46,0	7,7	36,2	171,0	11,4	41,7	216,0	36,0	61,9
predátor	48,0	3,2	14,8	20,0	3,3	18,5	22,0	3,7	17,3	92,0	6,1	22,4	44,0	7,3	12,6
fruktivor	49,0	3,3	15,1	10,0	1,7	9,3	18,0	3,0	14,2	34,0	2,3	8,3	13,0	2,2	3,7
nektarofág	104,0	6,9	32,1	41,0	6,8	38,0	29,0	4,8	22,8	97,0	6,5	23,7	70,0	11,7	20,1
omnivor	5,0	0,3	1,5	5,0	0,8	4,6	5,0	0,8	3,9	9,0	0,6	2,2	2,0	0,3	0,6
herbivor	0,0	0,0	0,0	3,0	0,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mykofág	9,0	0,6	2,8	1,0	0,2	0,9	4,0	0,7	3,1	4,0	0,3	1,0	1,0	0,2	0,3
xylofág	10,0	0,7	3,1	0,0	0,0	0,0	3,0	0,5	2,4	3,0	0,2	0,7	3,0	0,5	0,9
CELKEM	324,0	21,6	100,0	108,0	18,0	100,0	127,0	21,2	100,0	410,0	27,3	100,0	349,0	58,2	100,0

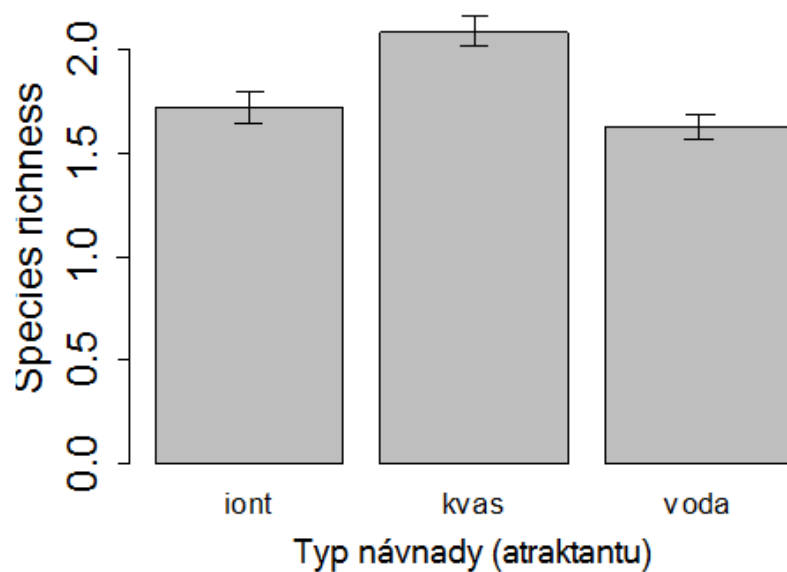
Pozn.: N = počet jedinců, N_i = počet jedinců příslušné trofické gildy vážený počtem pastí daného patra, $N_i\%$ = procentní podíl N_i

Dalším zkoumaným bodem byl význam barvy kelímků pastí a typu použitého atraktantu na změny v druhové bohatosti a ve funkční diverzitě. V rámci použitých sběrných pastí byly instalovány kelímky o 6ti barvách (červená, modrá, zelená, žlutá, bílá a průhledná). Tyto barevné kelímky byly náhodně uspořádány kolem středového kelímků s atraktantem (kvas, iontový roztok) nebo bez návnady (voda). Z testovaných souborů barev je pro druhovou bohatost patrný významně odlišný záchyt jednotlivých barev ($p < 0,05$), přičemž nejvyšší záchyt hmyzu vykazovaly barvy bílá a žlutá (obrázek 8).



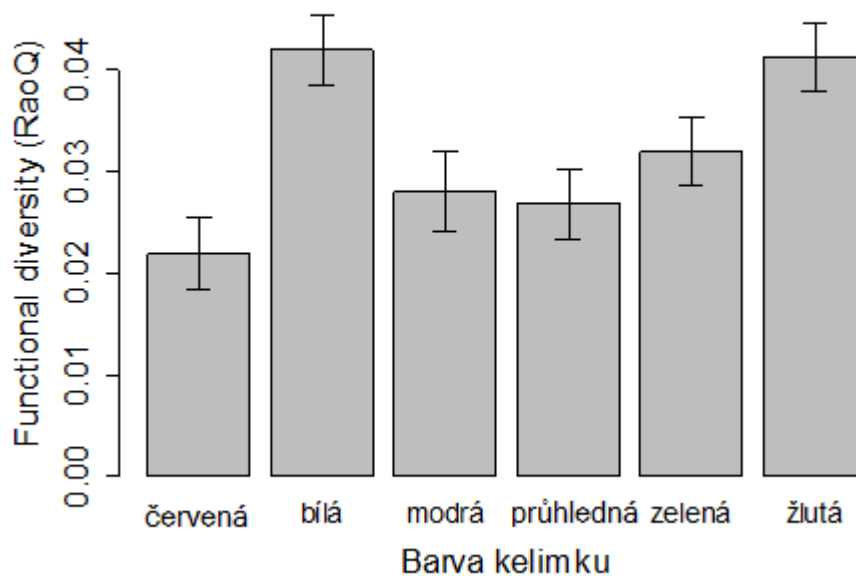
Obrázek 8: Histogram závislosti druhové bohatosti hmyzu na barvách kelímků v daných pastích se zanesením směrodatné odchylky ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo

Významný vliv na záchyt hmyzu vykazoval též typ použitého atraktantu ve středech jednotlivých souborů pastí ($p < 0,001$). Nejvíce hmyzu se kumulovalo v pastech s kvasnou návnadou, zatímco soubory pastí bez návnady (voda), resp. s iontovým roztokem, průkazně zvýšenou atrahovatelnost nevykazovaly (Obrázek 9).



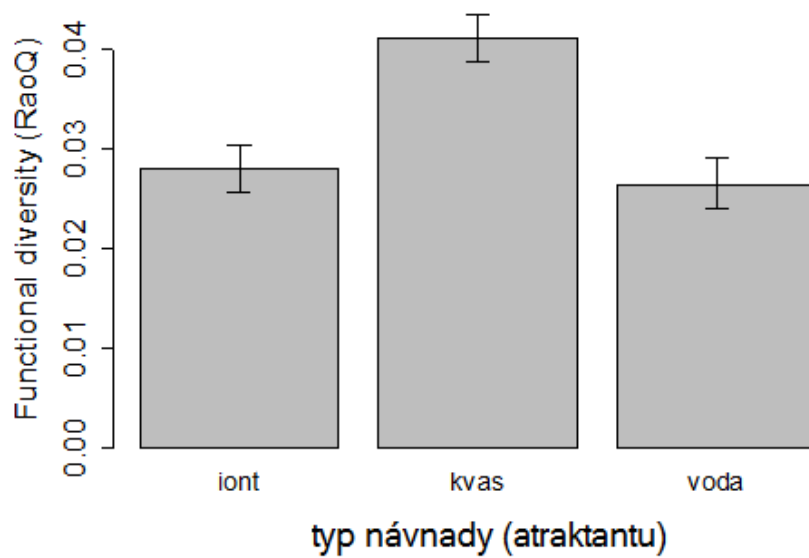
Obrázek 9: Histogram závislosti druhové bohatosti hmyzu na typech návnady (atraktantu) uvnitř pastí ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky

Obdobná měření probíhala také v rámci funkční diverzity a to opět na proměnných jako byly barvy kelímků a typ atraktantu. Z měření vlivu barvy kelímků pastí na funkční diverzitu vykazovaly výsledky podobné trendy, jako u druhové bohatosti, jelikož z testovaných souborů barev je opět výrazně odlišný záchyt jednotlivých barev ($p < 0,001$), přičemž nejvyšší záchyt hmyzu byl v pastech s bílou a žlutou barvou (obrázek 10).



Obrázek 10: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na barvách pastí (kelímků) ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky

Použitý atraktant ve středech jednotlivých souborů pastí ($p < 0,05$) se projevil tak, že nejvyšší hodnoty funkční diverzity byly naměřeny v pastech s kvasným atraktantem, zatímco soubory pastí s žádným atraktantem (vodou) nebo iontovým roztokem průkazně zvýšenou atrahovatelnost nevykazovaly (obrázek 11).



Obrázek 11: Histogram závislosti funkční diverzity hmyzu na typu atraktantu (návnady) ve studované oblasti NP Ulu Temburong, Brunej, severní Borneo, se zanesením směrodatné odchylky

Výsledky závislosti funkční diverzity na proměnných vycházely podobně jako u druhové bohatosti. Z výsledného měření jsou patrné nejvyšší hodnoty druhové bohatosti a funkční diverzity v pastech s bílou a žlutou barvou, v pastech s kvasným atraktantem a v nejvyšším korunovém patře tropického deštného lesa.

5 Diskuze

V předložené diplomové práci se věnuji významu gradientu faktorů prostředí (světlo, teplota, humidita) ve vztahu k funkční a druhové diverzitě a druhové rozmanitosti bezobratlých. Z testovaných proměnných prostředí vykazovaly průkazný vliv na parametry diverzity intenzita dopadajícího slunečního záření a pozice pasti ve vertikálním profilu lesa. Na záchyt hmyzu do použitých pastí má dále vliv barva použité pasti a přítomnost atraktantu.

5.1 Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě

Studovala jsem význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě. Z výsledků provedených analýz vyplynulo, že ve vertikálním profilu lesního porostu stoupá počet druhů (druhová bohatost). Vysvětlení tohoto trendu může být několik – od zvýšené potravní nabídky (množství zdrojů) pro studované skupiny organismů až po disturbanční klimatické jevy, jejichž zvýšenou roli lze v korunovém patře lesa očekávat. Význam rozkolísaných klimatických parametrů prostředí, ve vztahu k počtu druhů (viz teorie střední míry disturbance, *sensu* Connel 1978), se mi prokázat nepodařilo, tedy se lze domnívat, že zvýšený počet druhů v korunovém patře bude souviset spíše s heterogenitou prostředí (a z toho vyplývající širí tzv. nikového prostoru pro hmyz) nebo se zvýšenou potravní nabídkou korunového patra. Hodnoty humidity a teploty vyšly však nesignifikantně, a to z toho důvodu, že hodnoty obou proměnných neměly tak rozdílné hodnoty v nižších a vyšších výškových patrech. Rozkolísanost podmínek nebyla natolik velká, aby selektovala různé morfodruhy, respektive funkční vlastnosti. Heterogenitu v korunovém patře tropického deštného lesa popisuje např. Denslow (1987). Zvýšená potravní nabídka může souviset jak s vlastní produkcí listoví (potravní zdroj pro herbivory, Janzen 1970), tak s celkovou abundancí hmyzu (viz „biodiverzita dělá biodiverzitu“, Phalan et al. 2017). To, že ve vertikálním profilu lesa stoupá množství dostupné potravy, podporuje přímo i nepřímo celkový trend vzestupu početnosti hmyzu (viz tabulka 2). Obdobně lze v daném kontextu odvodit význam světla, jakožto stěžejního faktoru prostředí, který limituje produkci formou rozvoje biomasy

listoví (především v podkorunových etážích lesa). V jistém ohledu překvapivý je nárůst saprofágu (resp. saproxylofágů) ve výškovém profilu lesa. Kategorie „saprofág“ byla ve vzorcích zastoupena především nematocerními morfodruhy řádu Diptera. Je možné, že atraktivita použitých barevných pastí se zvyšovala s expozicí ke světlu (tedy především ve vyšších etážích lesa).

5.2 Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k funkční diverzitě

Analyzovala jsem význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k funkční diverzitě hmyzu studované oblasti. Z výsledků provedených měření vyplynulo, že se funkční diverzita (vyjádřená RaoQ indexem) zvyšuje ve vertikálním profilu tropického deštného lesa (viz tabulka 3). Možných důvodů této stoupající tendence je více – od zvýšené druhové bohatosti v korunovém patře až po disturbanční klimatické jevy. Z měření se mi nepodařilo prokázat význam rozkolísaných parametrů prostředí na funkční diverzitu (Connel 1978). Lze se tedy domnívat, že funkční diverzita bude více souviset s šíří nikového prostoru v korunovém patře lesního porostu. Důvodem může být, že je tu natolik široký nikový prostor, že jsou zde specializované druhy a nekonkurují si nebo je tento nikový prostor užší, a z toho důvodu si druhy začaly konkurovat a proto se začínají rozrůžňovat, speciálně se (Grinnell 1917). Z důvodu toho, že měřené hodnoty humidity a teploty neměly dostatečné rozdíly ve svých hodnotách mezi nižším a vyšším výškovým patrem lesa, vyšly hodnoty nesignifikantně, jelikož rozkolísanost podmínek nebyla natolik velká, aby selektovala funkční vlastnosti. Naopak naměřené hodnoty světelného záření, jakožto významného faktoru prostředí a jeho vliv na funkční diverzitu vyšel pozitivně, s množstvím světelného záření stoupla i funkční diverzita (Wright et al. 1994).

5.3 Význam barvy kelímků pastí a typů atraktantů na změny v druhové bohatosti a funkční diverzitě

V posledním tématu, které jsem studovala, se zabývám významem barevných kelímků pastí a typem atraktantů na změny v druhové bohatosti a funkční diverzitě hmyzu. Z provedených analýz vyplývá, že vyšší hodnoty druhové bohatosti a funkční diverzity

vykazují pasti s bílou a žlutou barvou. Důvodem může být rozsah vlnových délek těchto dvou barev. Vlnové délky bílé a žluté barvy jsou atraktivnější pro hmyz (Kim et al. 2014). Jiným vysvětlením může být také to, že v oblasti tropických deštných lesů většína rostlin kvete právě těmito barvami, proto se hmyz kumuloval v kelímcích pastí s těmito barvami (McClure 1966). V případě atraktantu docházelo k největšímu množství odchytu v pastích s kvasným atraktantem. Je možné, že je to z důvodu toho, že v tropických deštných lesích je velká část hmyzu zastoupena fruktivory (Novotný et al. 2005). Tento výzkum může být přínosem do praxe, protože pokud bude prováděn další odchyt a pro nás bude ztěžejní mít v záchytu co největší množství funkčně i morfo odlišných jedinců, budeme vědět, že nejefektivnější je použít bílou a žlutou barvu pastí.

6 Souhrn

Studovala jsem gradienty funkční diverzity tropického deštného lesa na příkladu hmyzu.

Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě:

- S výškou vertikálního profilu lesního porostu tropického deštného lesa stoupá počet jedinců (druhová bohatost), druhová diverzita vyšla nesignifikantně.
- Klimatické parametry teplota a humidita ve vztahu k druhové bohatosti a druhové diverzitě vyšly nesignifikantně, ale se světelným zářením stoupaly hodnoty druhové bohatost i druhové diverzity.
- Z měření nelze prokázat význam rozkolísaných parametrů prostředí na druhovou bohatost a druhovou diverzitu.

Význam gradientu faktorů prostředí ve vztahu k funkční diverzitě:

- Funkční diverzita se zvyšuje s výškou vertikálního profilu lesního porostu tropického deštného lesa.
- Měřené hodnoty humidity a teploty neměly dostatečné rozdíly ve svých hodnotách mezi nižším a vyšším vertikálním profilem lesa, tudíž vyšly hodnoty nesignifikantně. Naměřené hodnoty světelného záření vyšly vůči funkční diverzitě pozitivně, funkční diverzita stoupala s množstvím světelného záření.
- Význam rozkolísaných parametrů prostředí na funkční diverzitu se nepodařil z měření prokázat.

Význam barev kelímků pastí a typů atraktantů na změny v druhové bohatosti a funkční diverzitě:

- Nejvyšší hodnoty druhové bohatosti a funkční diverzity se nacházely v kelímcích pastí s bílou a žlutou barvou
- Největší záchyt hmyzu byl v pastech s kvasným atraktantem

7 Reference

- Altieri M.A (1999). Applying agroecology to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environ Dev Sustain* 1:197–217
- Ashton, P.S. (1989). Species richness in tropical forests. *Tropical Forests* (eds L.B.Hohn-Nielsen, I.C.Nielsen & H.Baislev), pp. 239 251. Academic Press, London.
- Ashton, P. S. (1964). Ecological studies in the mixed dipterocarp forests of Brunei State. *Oxford Forestry Memoir*, 25.
- Bernardi G. (2012). Structural and Functional Diversity of Genomes: the hometown of genetics presents 2nd international Mendel workshop : 5-8 September 2012, Brno, Augustinian Abbey of St. Thomas, Czech Republic : [book of abstracts]. Brno: Masaryk University, 2012. ISBN 978-80-210-5939-9.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302-1310
- CSIRO, (1991).. The Insects of Australia: a textbook for students and research workers. 2nd ed. Carlton South, Vic: Melbourne University Press.
- Denslow, J. S. (1987). Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual review of ecology and systematics*, 18(1), 431-451
- Dukes, J. S. (2001). Biodiversity and invasibility in grassland microcosms. *Oecologia*, 126, 563–568.
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34(4), 427-433.

- Hershey, A. E., Lamberti, G. A., Chaloner, D. T., Northington, R. M. (2010). Aquatic Insect Ecology. Ecology and Classification of north American Freshwater Invertebrates. 659–694
- Huang L, et al. (2002) Functional characterization of a novel mammalian zinc transporter, ZnT6. *J Biol Chem* 277(29):26389-95
- Janzen, D. H. (1970). Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*, 104(940), 501-528.
- Kessler, M. (2000). *Plant Ecology* 149: 181. doi:10.1023/A:1026500710274
- Kim, M. G., & Lee, H. S. (2014). Phototactic behavior 5: Attractive effects of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*, to light-emitting diodes. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 57(2), 259-262.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Mason, N. W. H., Mouillot, D., Lee, W. G. and Wilson, J. B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. / *Oikos* 111: 112/118.
- McClure, H. E. (1966). Flowering, fruiting and animals in the canopy of a tropical rain forest. *Malayan Forester*, 29(3), 182-203.
- Miller, T. J. (2002). Assemblages, communities, and species interactions. Chapter 8 In L. A. Fuiman and R. G. Werner (Eds.). *Concepts in Fishery Science: The Unique Contributions of Early Life Stages*. Blackwell Sciences. [UMCES Contribution No. 2970]
- Novotný, V., & Basset, Y. (2005). Hostitelská specifická hmyzích býložravců v tropických lesích. *Sborník Královské společnosti Londýn B: Biological Sciences*, 272 (1568), 1083-1090.

Petchey, O. L. (2003). Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning. / *Oikos* 101: 323/330.

Petchey, O. L. and Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. / *Ecol. Lett.* 5: 402/411.

Phalan, B., Hayes, G., Brooks, S., Marsh, D., Howard, P., Costelloe, B. & Whitaker, S. (2017). Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first stage of the mitigation hierarchy. *Oryx*, 1-9.

Rao, C.R. (1982). Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. *Theoretical Population Biology* 21:2443.

Richmond, S. (2010). Malajsie, Singapur a Brunej. Praha: Svojtka & Co., Z řady průvodců Lonely Planet.

Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423 and 623–656.

Simpson, E. (1949): Measurement of Diversity. *Nature*

Tilman, D. (1996): Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology* 77: 350#/363.

Tilman, D. (2001). Functional diversity. In: Levin, S. A. (ed.), *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, pp. 109/120.

Valladares, F., Allen, M. & Percy, R. *Oecologia* (1997) 111: 505.

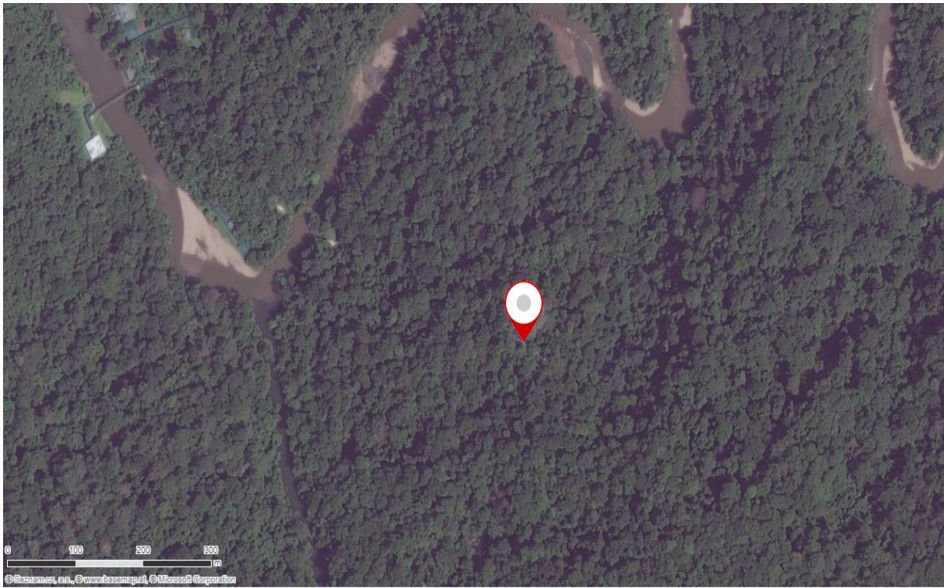
<https://doi.org/10.1007/s004420050264>

Whitmore, T. C (1998). *An introduction to tropical rain forests*. 2nd ed. New York: Oxford University Press.

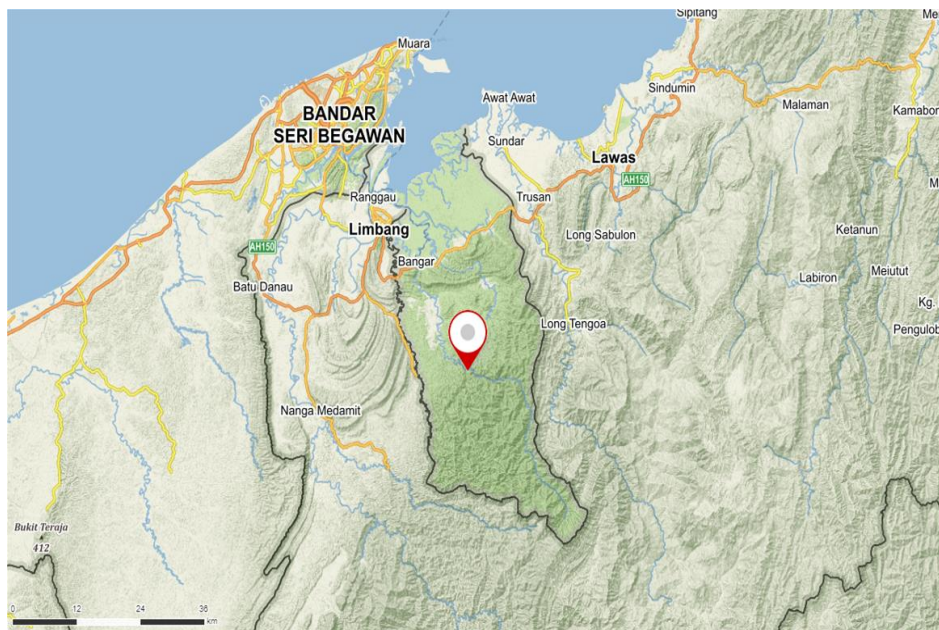
Wilson, Edward O. (1995) *Rozmanitost života: umožní poznání zákonů biodiverzity její záchranu?* Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 1995. Edice 21.

Wright, S. J., & Van Schaik, C. P. (1994). Light and the phenology of tropical trees. *The American Naturalist*, 143(1), 192-199.

8 Přílohy



Příloha 1: Letecký snímek orientovaný severně oblasti studovaného území v oblasti NP Ulu Temburong, kde probíhal sběr vzorků (převzato z www.mapy.cz).



Příloha 2: Mapa orientovaná severně celé oblasti Bornea s vyznačeným bodem studované oblasti (převzato z www.mapy.cz)



**Příloha 3: Sběrné pasti a jejich umístění na lávce v NP Ulu Temburong
(foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D).**



Příloha 4: Sběrná past (soubor barevných kelímků, uprostřed atraktant) s hmyzem, převážně Formicidae (foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D).



Příloha 5: Pohled na část NP Ulu Temburong s lávkou, na níž byly pasti umístěny (foto: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D).