

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA BOTANIKY



Diplomová práce

Sezónní dynamika podrostu temperátního lesa

Autor práce:	Bc. Magdaléna Tenglerová
Studijní program:	N1101 Matematika
Studijní obor:	Matematika – Biologie
Forma studia:	prezenční
Vedoucí diplomové práce:	Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D.

Olomouc 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. MgA. Radima Hédla, Ph.D. za použití uvedené literatury.

V Olomouci dne:

Podpis autora:

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Mgr. MgA. Radimovi Hédlovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady, množství odborné literatury a laskavý přístup. Dále chci poděkovat Mgr. Ondřeji Vildovi, Ph.D. za poskytnutí informací a obrazového výsledku automatického určování rostlin z fotografického snímku. Mé poděkování patří také mým nejbližším, za jejich podporu a pomoc při terénním a fotografickém snímání. Tento výzkum byl podporován grantem IGA Přf 2017 001 a IGA Přf 2018 001.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Magdaléna Tenglerová

Název práce: Sezónní dynamika podrostu temperátního lesa

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Katedra botaniky PřF UP

Vedoucí práce: Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D., katedra botaniky PřF UP

Rok obhajoby práce: 2018

Abstrakt

Sledování časové proměnlivosti vegetace temperátních lesů bývá na krátkém časovém měřítku obvykle spojeno s porovnáváním sezónních změn. V této práci byla zaznamenávána vegetace bylinného podrostu na trvalých plochách s třítydenní frekvencí v průběhu roku 2017 ve dvou lokalitách poblíž Opavy. Kromě klasického fytoocenologického snímkování byly všechny plochy fotografovány a z těchto fotografií byla následně získána data stejným způsobem jako při snímkování v terénu. Změna v diverzitě a druhovém složení vegetace v průběhu roku byla vyhodnocena z fotografických fytoocenologických snímků. Jako součást práce byly výsledky srovnány s klasickými snímky. Za použití analýzy variance pro opakovaná měření byla statisticky průkazně zjištěna nejvyšší diverzita bez ohledu na lokality, v rámci lokalit i v rámci jednotlivých ploch na jaře (březen–květen). Následně docházelo k poklesu, případně k vyrovnání diverzity v průběhu léta a k mírnému zvýšení nebo pokračujícímu poklesu v průběhu podzimu. Změny ve druhovém složení jednotlivých ploch v průběhu roku byly zjišťovány pomocí analýzy hlavních komponent (PCA). Z ordinačních diagramů byl patrný převážně cyklický charakter změn ve druhovém složení. Z hlediska výzkumu sezónní proměnlivosti vegetace je zřejmé, že vegetace se během roku mění kontinuálně a pozornost si zaslouží celé vegetační období, nikoli pouze arbitrárně definovaná roční období. Závěrem lze konstatovat, že zavedení automatizovaného systému, který by zvládl vyhodnotit druhové složení a pokryvnost z fotografických záznamů, by mohlo pomoci omezit subjektivní chybu ve snímkování a také zvýšit efektivitu sběru dat o druhovém složení vegetace.

Klíčová slova: časová proměnlivost vegetace, třítydenní frekvence, terénní fytocenologický snímek, fotografický fytocenologický snímek, diverzita, druhové složení

Počet stran: 103

Počet příloh: 3

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification

Autor's first name and surname: Bc. Magdaléna Tenglerová

Title of thesis: Seasonal dynamics of a temperate forest undergrowth

Type of thesis: Master thesis

Department: Department of Botany PřF UP

Supervisor: Mgr. MgA. Radim Hédl, Ph.D., department of Botany PřF UP

The year of presentation: 2018

Abstract

Monitoring the vegetation of the temperate forests and its variability over a short timescale is usually associated with comparison of the seasonal changes. In this thesis, the vegetation of herbaceous undergrowth on permanent plots was recorded with a three-week frequency during 2017 in two localities close to Opava. Apart from standard phytosociological relevé, all the plots were also photographed. The data obtained from the photos were subsequently acquired in the same way as during the fieldwork sampling. The changes in diversity and species composition of the vegetation during the year were evaluated from the photographic phytosociological relevé. As a part of the thesis, the results were compared with the classic images. Using the analysis of variance for repeated measurements, the highest diversity statistically detected occurred in spring (March–May) in three cases: irrespective of the localities, within the localities as well as the individual areas. Subsequently, a decline or, alternatively, a balance in diversity during summer, and a slight increase or a continuing decline during autumn was observed. The changes in the species composition in the individual plots over the year were examined using the principal component analysis (PCA). When it comes to ordination diagrams, the predominantly cyclical nature of changes in species composition was evident. From the point of view of the seasonal vegetation variability it is clear that the vegetation changes continuously during the year, i.e. it is worth to pay attention to the whole vegetation period, not just the arbitrarily defined seasons. In conclusion, introducing an automated system to evaluate the species composition and the coverage of photographic records could help reduce the subjective imaging error and also increase the efficiency of collecting data on the species composition of vegetation.

Keywords: temporal variation of vegetation, three-week frequency, fieldwork phytosociological relevé, photographic phytosociological relevé, diversity, species composition

Number of pages: 103

Number of appendices: 3

Language: Czech

Obsah

ÚVOD	9
1. TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1 Časová proměnlivost rostlinných společenstev a sezonalita vegetace.....	12
1.2 Metody záznamu druhového složení vegetace	15
2. CÍLE A HYPOTÉZY	18
3. MATERIÁL A METODY	19
3.1 Popis lokalit	19
3.1.1 Lokalita Slavkov.....	19
3.1.2 Lokalita Dolní Životice	20
3.2 Sběr dat	21
3.2.1 Snímkovací design	21
3.2.2 Snímkování v terénu.....	24
3.3 Úprava dat.....	25
3.4 Analýza dat	26
3.4.1 Diverzita	26
3.4.2 Druhové složení.....	27
3.4.3 Srovnání metod záznamu vegetace	27
4. VÝSLEDKY	28
4.1 Časová proměnlivost celkově	28
4.2 Časová proměnlivost na úrovni lokalit	29
4.3 Časová proměnlivost na úrovni ploch	32
4.4 Srovnání metod záznamu vegetace.....	36
5. DISKUZE	40
5.1 Sezónní proměnlivost lesní vegetace.....	40
5.2 Použité metody	42
6. ZÁVĚR	45
7. DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU	46
7.1 Zařazení tématu do výuky	46
7.2 Projekt.....	47
7.2.1 Návrh žákovského projektu.....	47
LITERATURA	49
INTERNETOVÉ ZDROJE	53
PŘÍLOHY	54

ÚVOD

Studium dynamiky vegetace může probíhat krátkodobě v průběhu jednoho roku nebo dlouhodobě, jednorázově nebo opakovaně po řadu let. Dlouhodobé sledování dynamiky vegetace prostřednictvím trvalých ploch může naznačit směr sukcese a napomoci k ověření hypotéz o mechanismech a příčinách změn vegetace (Bakker a kol. 1996). Nejdelší sledování probíhající už od roku 1856 je na experimentálních trvalých plochách na výzkumné stanici v Rothamstedu v Anglii, jedná se o tzv. Park Grass Experiment, který sleduje účinky různých typů hnojení na druhovou rozmanitost a vlastnosti půdy (Silvertown a kol. 2006). Optimální délka sledování vegetace není stanovena. Zpravidla je dána očekáváním, jak dlouhé sledování bude stačit k ověření hypotéz. Mnohdy je však závislá na délce trvání finanční podpory nebo existenci pracovní skupiny, která se daným sledováním zabývá. Dlouhodobé sledování je vhodné proto, že spíše odhalí dlouhodobé trendy a variabilitu v jejich rámci. Zatímco krátkodobé sledování může vést v tomto smyslu k chybným závěrům. Studie probíhající v průběhu jednoho roku se většinou zaměřují na změny ročních období. Například výzkumy Vymazalové a kol. (2012, 2014, 2016) ukazují odlišnosti v druhovém složení a diverzitě mezi jarní, letní a podzimní vegetací, nebo také výzkum Yorkse a Dabydeena (1999) sleduje letní a podzimní vegetaci. Také další výzkumy (Small a McCarthy 2002, McEwan a Muller 2011) sledují jarní a letní aspekt, které jsou následně porovnávány. Tyto odlišnosti lze pozorovat zejména v prostředí s výraznou sezonalitou, tj. například v mírném klimatickém pásmu.

Monitoring změn vegetace se nejčastěji uskutečňuje prostřednictvím trvalých ploch, na kterých se opakovaně zaznamenává druhové složení a někdy i strukturní parametry vegetace. Plochy lze založit také na různě starých sukcesních stadiích, a tedy nemusí docházet k opakovanému sledování. Jedná se o tzv. space-for-time substitution neboli nahrazení času prostorem. Navíc je možné spojit sledování dynamiky vegetace s experimenty, kdy se manipuluje s podmínkami prostředí (Hédl 2005a). Při sledování změn vegetace se nejčastěji používá fytocenologické snímkování monitorovacích ploch (Hédl 2005b), existují však i jiné techniky zachycení změn vegetace, jako jsou např. družicové, letecké, bezpilotní letecké nebo fotografické snímky. Fytocenologické a fotografické snímky zvládnou zachytit druhové složení společenstva, zatímco metody dálkového průzkumu nikoli, nebo jen s velmi malým rozlišením, a tedy je ke sledování změn biodiverzity aspoň prozatím nemůžeme vůbec použít.

Předmětem této práce je výzkum sezónní proměnlivosti diverzity a druhového složení bylinné vegetace podrostu temperátního lesa. Metodicky se jedná o zaznamenávání probíhající od března do prosince každé tři týdny v průběhu roku 2017 prostřednictvím fytoecnologického snímkování. Takto častý opakovaný záznam vegetace se používá zcela výjimečně, avšak může vést k přesnějším výsledkům ohledně sezónní dynamiky vegetace než záznam zohledňující pouze roční období. Jako podobnou práci z hlediska frekvence záznamu lze uvést např. studii Beatty (1984) sledující dynamiku vegetace od dubna až do listopadu ve dvoutýdenních intervalech. Dynamika vegetace během roku je v lesích mírného klimatického pásu velmi výrazná, důvodem jsou klimatické změny projevující se od pozdní zimy v prodlužování světelné periody, ve zvyšování teploty vzduchu i půdy, ve zvýšeném množství slunečního záření, které však pro bylinné patro následně klesá s olistěním stromů (Werger a Van Laar 1985). Tedy druhové složení i diverzita se v průběhu roku mění podle okolních podmínek včetně fluktuací, disturbancí nebo náhodných změn.

Sběr dat probíhal na trvalých plochách založených na dvou lokalitách, v lese u Slavkova a v lese u Dolních Životic poblíž Opavy. Jednalo se o klasické fytoecnologické snímkování – terénní zapisování druhů a jejich pokryvnosti pomocí Braun-Blanquetovy sedmičlenné stupnice. Kromě toho byla paralelně využita také metoda záznamu vegetace pomocí fotografických snímků. Podobně postupovali ve své studii Chen a kol. (2010), kteří rozebírají tři přístupy vyhodnocování fotografických dat, přičemž jedna z nich (subjektivní vizuální metoda) je využita také v této práci. Právě subjektivní vizuální determinace druhů spolu s určením jejich pokryvností je spojena s určitou mírou subjektivní chyby. Tato subjektivita by mohla být v budoucnu výrazně snížena s rozvojem automatizovaných programů, které by spolehlivěji vyhodnotily fotograficky pořízený snímek rostlinného společenstva. Stejně jako dnes lze k určování rostlin z fotografie použít různé aplikace (např. FlowerChecker, Flora Incognita nebo PlantNet), jednou snad bude možné vyhodnotit prostřednictvím programu a aplikace v mobilním zařízení celý vegetační snímek s druhovým složením i pokryvností. Výrazně by se tak snížily náklady na výzkum dané hlavně časovou náročností a snížila by se chyba daná subjektivitou pozorovatele.

Přestože byly v této práci použity obě metody sběru dat, tedy klasické terénní fytoecnologické snímkování i fotografické fytoecnologické snímkování, data pro vyhodnocení byla získána subjektivním určováním z fotografií. Důvodem je jejich malá

odlišnost a z mého pohledu větší přesnost získaných dat. Protože se jedná o nezvyklou techniku, zahrnuje jsem výsledky změn diverzity z terénních fytoocenologických snímků do této práce v podobě přílohy 2.

Diplomová práce je členěna do několika kapitol. V teoretické části je zpracována časová proměnlivost rostlinných společenstev a sezonalita vegetace, která je rozebrána z několika hledisek a následně jsou popsány metody záznamu druhového složení vegetace. Další část obsahuje cíle práce a stanovené hypotézy, které udávají strukturu vyhodnocování výsledků i diskuze. V rámci kapitoly 3 Materiál a metody se zabývám popisem lokalit, sběrem dat, jejich úpravou a analýzou. Výsledky jsou rozděleny z pohledu časové proměnlivosti do čtyř částí: časová proměnlivost celková, na úrovni lokalit, na úrovni jednotlivých ploch a srovnání metod záznamů vegetace. Následuje diskuze zabývající se získanými výsledky časové proměnlivosti vegetace a porovnáním metod záznamů. V závěru shrnuji hlavní výsledky a hodnotím výhody a nevýhody fotografického snímání. Poslední částí je didaktická analýza odborného tématu, kde zařazuji téma do výuky a navrhuji žákovský projekt. Součástí práce jsou také přílohy obsahující všechny terénní fytoocenologické i fotografické fytoocenologické snímky (příloha 1) a výsledky změn diverzity z terénního zaznamenávání (příloha 2). Protože mě zajímala možnost vyhodnocování fenofází všech druhů vyskytujících se na fotografickém záznamu, rozhodla jsem se udělat návrh pozorování fenofází plochy s nejvyšší druhovou bohatostí. Tento návrh je obsažen v příloze 3.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Časová proměnlivost rostlinných společenstev a sezonalita vegetace

Časové měřítko je významnou charakteristikou variability ve druhovém složení vegetace. Ta se projevuje kvantitativními i kvalitativními změnami v průběhu času. Z kvantitativního hlediska lze sledovat změny v pokryvnosti, počtu druhů, biomase nebo druhovém složení. Tyto změny jsou rychlé a lze je pozorovat na lokálním prostorovém měřítku. Počet druhů může být reakcí na změny klimatických podmínek v průběhu roku, které mohou ovlivnit klíčení a přežívání různých druhů. Kvalitativní změny představují ztráty a zisky rostlin, které mohou způsobit změny v kompozici a ve funkci společenstva. Mohou nastat v širokém prostorovém i časovém rozmezí (Huntley a Baxter 2013).

Obecně se lze na změny v druhovém složení z časového hlediska dívat ze tří hledisek. Prvním z nich je charakter změn z hlediska směřování. Na jednu stranu existují fluktuace, které mohou být různé co do frekvence a trvání, na druhou pozorujeme trendy, a tedy vývoj určitým směrem. Fluktuace jsou oscilující změny způsobené meteorologickými, hydrologickými a jinými podmínkami v průběhu roku (Rabotnov 1974), během dne např. v kolísání teploty (Poschod a kol. 2013), ale mohou být i delšího trvání, které je závislé například na přísunu sluneční energie, která se mění v různě dlouhých periodách (například střídání dob ledových a meziledových). Trendy jsou směřované změny, které vedou k postupné směně společenstev na určitém místě. Tyto směny jsou často označovány jako sukcese, která může být zapříčiněna např. disturbancemi, jako jsou požáry, vichřice, stresem indukovanými změnami a dalšími mechanismy (Pickett a kol. 2013). Sledovány jsou např. probíhající sukcesní změny na opuštěných zemědělských plochách každý rok už od roku 1958 v New Jersey, USA. Takto dlouhodobě sledované změny mohou vést k lepšímu pochopení dlouhodobé dynamiky rostlinných společenstev (Pickett a kol. 2001). Sukcesí v měřítku tisíců let se rozumí vývoj vegetace a podmínek prostředí během holocénu a předchozích meziledových dob. Hlavním disturbančním faktorem je změna klimatu a uvolnění prostoru po ledovci. Prostřednictvím ústupu ledovce rakouských Alp je sledována primární sukcese a specifické procesy kolonizace nebo dynamika klíčení, přičemž jsou sledovány morény různého stáří a změny po aplikaci osiva (Erschbamer a kol. 2008).

Dalším pohledem na změny vegetace je rozlišení mezi náhodnými a pravidelnými změnami, přičemž pravidelné změny, například ty cyklické (sezónní) jsou vyvolány roční

periodicitou klimatu, která způsobuje střídání fenofází jednotlivých vegetačních období (Moravec a kol. 1994) nebo z dlouhodobého hlediska jsou vyvolány střídáním dob ledových a meziledových, jde o cykly v délce přibližně 100 tisíc let. Změny mohou být sledovány na různých biotopech a zaznamenávány jednorázově během vegetačního období s následným porovnáním (Yorks a Dabydeen 1999, Small a McCarthy 2002, McEwan a Muller 2011, Vymazalová a kol. 2012, 2014, 2016), nebo opakovaně ve stejných intervalech v průběhu vegetačního období, například studie od Beatty (1984) probíhající od dubna do listopadu 1978 a od května do srpna 1979 každé dva týdny ukázala závislost druhového složení na mikroreliefu a času. Mezi náhodné změny lze zařadit různé katastrofické změny způsobené například hurikánem (Xi a kol. 2008), požáry (De Grandpré a kol. 1993), anebo změny způsobené tzv. driftem, který ovlivňuje dynamiku společenstva natalitou, mortalitou a produkcí potomků. Narušení demografických parametrů může vést až k extinkci druhu, která je závislá na původní velikosti populace. Drift může být navíc doprovázen selekcí, speciací nebo disperzí (Vellend 2010).

Posledním typem pohledu na uspořádání rostlinných společenstev je časoprostorové měřítko, kde je rozlišován rozsah a rozlišení (Levin 1992). Vegetaci lze sledovat od velmi jemného rozlišení obvykle v malém (tj. časově krátkém) rozsahu po dlouhé děje (třeba miliony let), zpravidla s hrubým rozlišením. Stanovené měřítko může ovlivnit získané výsledky, přičemž například nelze srovnávat záznamy různě velkých ploch (Hédl 2005a). Při krátkodobém i dlouhodobém pozorování vegetace probíhá získávání dat na malých plochách prostřednictvím fytocenologických snímků, ale za použití dálkového průzkumu Země (DPZ) také na větších územích mapujících vegetační pokryv krajiny. V dálkovém průzkumu se uplatňují družicové nebo letecké snímky, které jsou analyzovány prostřednictvím geografických informačních systémů (GIS), který využívá k jejich hodnocení různých indexů (Guth a Kučera 1997). Zatímco v terénu lze prostřednictvím fytocenologického snímkování zachytit všechny rostlinné druhy, pomocí DPZ lze zaznamenat pouze vegetační typy (les, louka, pole), případně hlavní druhy. Přínosná je studie Murphyho a McCarthyho (2014) zabývající se krátkodobými (sezónními), meziročními i relativně dlouhodobými (15 let) změnami bylinné vegetace současně, která doporučuje před sledováním dlouhodobých změn sledovat změny krátkodobé.

Sezonalita vegetace, která je výrazně pozorovatelná v opadavých lesích mírného pásma, je hlavním tématem této práce. Na základě sezónnosti mohou být rostlinné druhy rozděleny přibližně do čtyř skupin (Bratton 1976), a sice jarní druhy, které dokončují celý svůj životní cyklus, než dojde k olistění stromového patra, druhy pozdního jara s vrcholem v počátcích olistění stromů, letní druhy rostoucí pod zcela uzavřeným stromovým patrem a druhy vyskytující se skrze většinu vegetačního období. Druhové složení i diverzita se tedy mění v závislosti na ročním období. Což také ukazují již dříve zmiňované studie (Yorks a Dabydeen 1999, Small a McCarthy 2002, McEwan a Muller 2011, Vymazalová a kol. 2012, 2014, 2016). Nejvyšší druhová diverzita i druhová bohatost v průběhu roku může být zaznamenána na jaře s následným poklesem (Holland 1971, Bratton 1976, Tremblay a Larocque 2001, Murphy a McCarthy 2014) nebo naopak může být nejvyšší v létě (Yorks a Dabydeen 1999, Vymazalová a kol. 2012, 2014, 2016). Existují ale také studie zaměřující se pouze na určitý vegetační aspekt, například Schnitzler a kol. (1991) se ve své studii zaměřují pouze na jarní druhy ve čtyřech různých typech lesa.

1.2 Metody záznamu druhového složení vegetace

Pozorovat změny v druhovém složení rostlinných společenstev a pokryvnosti vegetace nebo jednotlivých druhů lze prostřednictvím různých metod záznamů. Nejčastěji jsou využívány dvourozměrné plochy (Hédl 2005a), přičemž lze rozlišit různé techniky sběru dat, ale běžně se využívá fytocenologického snímkování.

Fytocenologické snímkování je charakteristické zakládáním ploch různých rozměrů a zapisováním prezence druhu na ploše, nebo i jejich relativního zastoupení (abundance, pokryvnost) od nejspodnějšího patra zastoupeného mechy a lišejníky, přes bylinné patro se semenáčky dřevin až k nejsvrchnějšímu patru keřů a stromů. Pokryvnost je nejčastěji odhadována prostřednictvím Braun-Blanquetovy stupnice, ale je možné využít i jiné stupnice nebo procentuální odhady (Moravec a kol. 1994). Tato klasifikace se snaží u rostlinného společenstva popsat jeho pattern na lokální, regionální i globální úrovni a prozkoumat i vysvětlit jeho ekologický kontext. Je využívána už více než 90 let; zpočátku pouze úzkým okruhem výzkumníků, poté však došlo k jejímu rozšíření a využívání různými výzkumníky po celém světě a s tím se také objevily značné rozdíly v metodice, které následně vedly ke snažení o určité sjednocení přístupů. Stále jsou zde určité nedostatky, a sice druhy se od sebe odlišují na základě vizuálního určení, ale přesná odlišnost je až na základě rozdílné genetické struktury. Dále mohou ve studiích chybět ekologické podmínky lokality, mohou se objevit nízké zkušenosti autora, nebo nevyhnutelnost subjektivní chyby. Problémem jsou také různé velikosti založených ploch, různá období měření a jiné přístupy k hodnocení vegetace. V Evropě je zaveden seznam EuroVegChecklist, který obsahuje informace o evropské vegetaci na odborné úrovni a tím přispívá k větší reprezentativnosti dat (Guarino a kol. 2018). Počet přítomných druhů na dané ploše informuje o druhové bohatosti společenstva, které je ovlivňováno mnoha faktory, jako příklad lze uvést frekvenci narušování komunity konkurenčními interakcemi (Huston 1979) nebo změny v demografických parametrech (Vellend 2010). Důležitá je však heterogenita prostředí a strukturální složitost (Huston 1979).

Další techniku sběru dat o vegetaci představuje vegetační mapování. Měřítko může být různé, lze se setkat s vegetačními mikromapami, mapami krajinných částí nebo krajinných celků. Nevýhodou tohoto zaznamenávání je nepřesnost vymezení hranic jednotlivých segmentů vegetace a subjektivní chyba pozorovatele (Hédl 2005a).

Prostřednictvím vegetačního mapování byla vytvořena také mapa potenciální přirozené vegetace České republiky (Neuhäuslová a kol. 1998).

K zachycení vegetace na velkém prostorovém rozsahu se využívá dálkového průzkumu země (Hédl 2005a), jehož předpokladem je dálkový snímač, tedy zařízení, které získává informace o objektech. Objektem může být vegetace, která má určité spektrální vlastnosti jako odrazivost nebo emisní oblasti, prostřednictvím kterých lze tyto objekty identifikovat a monitorovat (Xie a kol. 2008). Už od 30. let 20. století jsou využívány letecké fotografie, které zachycují značně přesný krajinný pokryv a informují o dlouhodobých změnách vegetace (Morgan a kol. 2010). Nově získané letecké snímky mohou být porovnávány s historickými záznamy a zaznamenat změny v pokrytí (Lydersen a Collins 2018). Posledních čtyřicet let jsou využívány také satelitní (družicové) snímky, které sice mají menší rozlišení než snímky letecké, ale zvládnou zachytit rozsáhlá území (Cohen a Goward 2004). Nejčastěji využívané senzory jsou Landsat, SPOT, MODIS, NOAA–AVHRR, IKONOS a QuickBird. Velký význam dálkového průzkumu prostřednictvím satelitních snímků je v monitorování a posuzování stavu zemského povrchu v rámci výzkumu globálních změn (Xie a kol. 2008).

S rozvojem bezpilotních letadel dochází k mapování vegetace s vysokým rozlišením a lze tak rozpoznat i některé výrazné druhy. Takto získané fotomapy mohou mít využití např. v ochraně přírody, dokážou sledovat změny a poškození daného území nebo monitorovat šíření invazních druhů. Metodikou mapování invazních druhů jako jsou bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*) nebo druhy rodu křídlatka (*Reynoutria spp.*) se zabývá Müllerová a kol. (2017). Důležitým předpokladem zaznamenávání prostřednictvím bezpilotních letadel je specifická fenologie pozorovaného druhu (např. v případě bolševníku výrazné květenství) a správné načasování snímkování. Tato metoda je také oproti metodě leteckých snímků provozně i cenově méně náročná (Kaneko a Nohara 2014, Hůda a Bělohoubek 2016).

Vzácně jsou k záznamu vegetace využívány fotografické snímky. V práci Chena a kol. (2010) byly rozebrány a srovnávány tři různé metody vyhodnocování pokryvnosti z fotografií. První z nich využívá vizuální vyhodnocení pokryvnosti druhů ze získané fotografie, které je značně subjektivní. Další metodou je překrytí získané fotografie sít'ovou mřížkou prostřednictvím počítače a následné vyhodnocení pokryvnosti z bodů,

které mřížka vytvořila. Tato metoda je obdobou bodové metody prováděné v terénu prostřednictvím předem vytvořené síťové mřížky (Moravec a kol. 1994). Poslední metoda, která je ve studii rozebrána a také ji autoři považují za nejpřesnější, spočívá v digitální klasifikaci fotografií. Tato metoda spočívá v analýze obrazu prostřednictvím pixelů, přičemž obraz je rozdělen do několika polygonů na základě tří parametrů, a sice měřítka, barvy (spektrální informace) a tvaru. Každý polygon je následně vizuálně vyhodnocen a označen jako určitý druh v prostředí GIS (Chen a kol. 2010).

2. CÍLE A HYPOTÉZY

CÍLE

Změny v druhovém složení a diverzitě v průběhu roku mohou informovat o struktuře vegetace, přičemž tato struktura může být navíc ovlivněna metodou záznamu. V této práci byly stanoveny následující cíle:

- Popsat časovou variabilitu v druhovém složení a diverzitě bylinného podrostu temperátního lesa během jednoho roku.
- Porovnat druhové složení a diverzitu vegetace mezi klasickými terénními fytoocenologickými snímky a fotografickými fytoocenologickými snímky.

HYPOTÉZY

Na základě cílů práce bylo stanoveno několik hypotéz, které zahrnují diverzitu, druhové složení a srovnání metod záznamu vegetace.

H1: H₀: Diverzita bez ohledu na lokalitu se v čase nemění.

H_A: Diverzita bez ohledu na lokalitu se v čase mění.

H2a: H₀: Diverzita v lese u Slavkova se celkově v čase nemění.

H_A: Diverzita v lese u Slavkova se celkově v čase mění.

H2b: H₀: Diverzita v lese u Dolních Životic se celkově v čase nemění.

H_A: Diverzita v lese u Dolních Životic se celkově v čase mění.

H3a: H₀: Diverzita na jednotlivých plochách v lese u Slavkova se v čase nemění.

H_A: Diverzita na jednotlivých plochách v lese u Slavkova se v čase mění.

H3b: H₀: Diverzita na jednotlivých plochách v lese u Dolních Životic se v čase nemění.

H_A: Diverzita na jednotlivých plochách v lese u Dolních Životic se v čase mění.

H4: H₀: Druhové složení se v čase neliší v rámci jednotlivých ploch.

H_A: Druhové složení se v čase liší v rámci jednotlivých ploch.

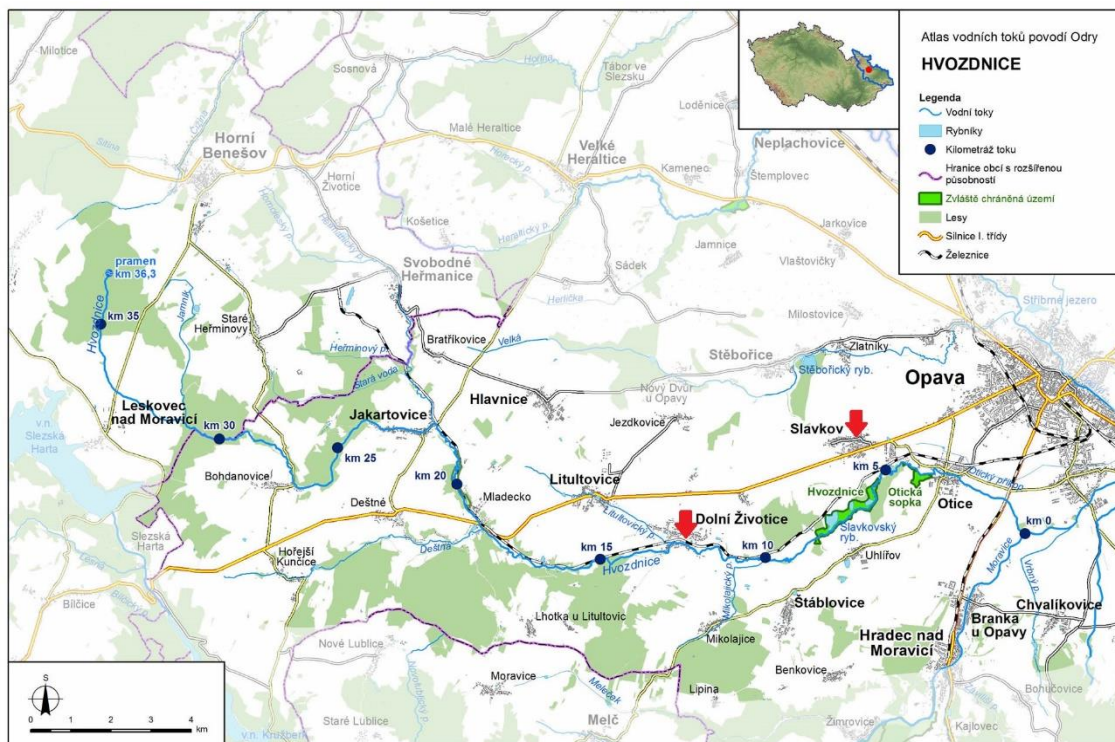
H5: H₀: Fytoocenologické záznamy získané z fotografií se od fytoocenologických záznamů v terénu neliší.

H_A: Fytoocenologické záznamy získané z fotografií se od fytoocenologických záznamů v terénu liší.

3. MATERIÁL A METODY

3.1 Popis lokalit

Lesní porosty, jejichž vegetace je předmětem této práce, se nacházejí poblíž obcí Slavkov a Dolní Životice. Tyto obce se nacházejí v Moravskoslezském kraji, v okrese Opava a jsou od sebe vzdáleny asi 7 km. Přes řadu odlišností mají jedno společné, a sice protéká jimi řeka Hvozdnice, která je z velké části obklopena lesy (viz obr. 1). Tato řeka, která pramení v podhůří Nízkého Jeseníku poblíž Horního Benešova, je 36,3 km dlouhá a je levostranným přítokem řeky Moravice, která se následně vlévá do řeky Opavy (Povodí Odry 2016, viz internetové zdroje).



Obr. 1: Řeka Hvozdnice s vyznačením obcí Slavkov a Dolní Životice.

Zdroj: https://www.pod.cz/atlas_toku/hvozdnice.html

3.1.1 Lokalita Slavkov

První lokalitou je les mezi Slavkovem, Oticemi a Uhlířovem, který je od roku 1988 přírodní rezervací Hvozdnice o rozloze 56,24 ha. Tvoří ji zbytky lužního lesa, který v minulosti pokrýval celou Poopavskou nížinu. Geomorfologicky patří lokalita do Stěbořické pahorkatiny, která je součástí Nízkého Jeseníku. Významnou součástí lesa je protékající řeka Hvozdnice a rybníky, které sice byly založeny z ekonomických

důvodů, ale zároveň zabránily přeměně lesa na ornou půdu a přispěly k vytvoření mokřadních biotopů.

Z geologického hlediska byla tato oblast nejvíce ovlivněna v období karbonu, kdy droby a slídnaté břidlice vznikaly na dně moře. Na zvětralých horninách karbonských vrstev se také objevují zbytky říčních štěrků, písků a jílu ukládaných v době sálského zalednění. Nakonec byla na tyto usazeniny naváta spraš a vytvořily se pak sprašové hlíny (Kubačka a Opravil 2004). Půdním typem je pravděpodobně glejová fluvizem (Geoportál, viz internetové zdroje), která je typická občasnými záplavami, dobrými sorpčními vlastnostmi a většinou slabě kyselou až neutrální půdní reakcí (Tomášek 2007).

Lesní vegetaci tvoří střemchová jasenina (*Pruno padi-Fraxinetum excelsioris*) a středoevropské tvrdé luhy nížinných řek (*Ficario vernaе-Ulmetum campestris*) spadající do lesní vegetace mezofilních a vlhkých opadavých lesů třídy *Carpino-Fagetea* (Chytrý 2013). Stromové patro je zastoupeno olší lepkavou (*Alnus glutinosa*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*), dubem letním (*Quercus robur*), ale také jilmy (*Ulmus laevis*), javory (*Acer* sp.) a lípou srdčitou (*Tilia cordata*). Keřové patro tvoří střemcha obecná (*Prunus padus*), brslen evropský (*Euonymus europaeus*) nebo bez černý (*Sambucus nigra*). Výrazný jarní aspekt vytváří bylinná vegetace tvořená sasankami (*Anemone nemorosa* a *A. ranunculoides*), dymnivkou dutou (*Corydalis cava*), orsejí jarní (*Ficaria verna*), ptačincem velkokvětým (*Stellaria holostea*) a křivatcem žlutým (*Gagea lutea*). Později jsou tyto jarní geofyty nahrazeny letními druhy, jako jsou například bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*), kuklík městský (*Geum urbanum*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) nebo čistec lesní (*Stachys sylvatica*).

3.1.2 Lokalita Dolní Životice

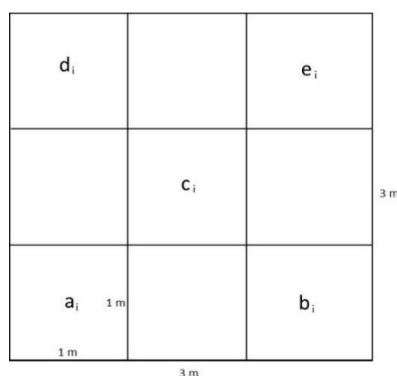
Druhou lokalitou je les mezi Dolními Životicemi, Mladeckem a Lhotkou u Litultovic, který je také součástí Stěbořické pahorkatiny. Řeka Hvozdnice zde protéká pouze v okrajových částech lesa a nemá tak velký význam jako v případě lesa u Slavkova. Půdním typem je pravděpodobně kambizem (Geoportál, viz internetové zdroje). Na těchto půdách probíhá pod obvykle mělkou humusovou vrstvou vnitropůdní zvětrávání, hlouběji pak vystupuje zvětráváním méně dotčená hornina. Půdní reakce je většinou slabě kyselá až kyselá (Tomášek 2007).

Vegetaci zkoumané části lesa lze zařadit mezi acidofilní doubravy třídy *Quercetea robori-petraeae*, které jsou typické převážně světlomilnými druhy tolerantními k nízkému pH půdy (Chytrý 2013). Stromové patro tvoří duby (*Quercus petraea* agg., *Quercus robur*), javory (*Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus*) dále se zde vyskytuje bříza bělokorá (*Betula pendula*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), může se objevovat habr obecný (*Carpinus betulus*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*) nebo buk lesní (*Fagus sylvatica*). Bylinné patro je zastoupeno například sasankou hajní (*Anemone nemorosa*), dymnivkou dutou (*Corydalis cava*), ptačincem velkokvětým (*Stellaria holostea*), lipnicí hajní (*Poa nemoralis*), konvalinkou vonnou (*Convallaria majalis*), nebo šťavelem kyselým (*Oxalis acetosella*).

3.2 Sběr dat

3.2.1 Snímkovací design

Výběru studijních ploch předcházely průzkumy zmíněných zájmových oblastí. Všechny plochy byly založeny subjektivně 25. 3. 2017 v listnatém lese u Slavkova a Dolních Životic. Celkem bylo založeno 8 trvalých ploch, přičemž čtyři byly založeny v lese u Slavkova (obr. 3) a čtyři v lese u Dolních Životic (obr. 4). Každá plocha má rozměry 3x3 m a je rozdělena na 9 podploch o velikosti 1 m² (obr. 2). Z devíti podploch bylo sledováno pět podploch označovaných jako a_i , b_i , c_i , d_i , e_i ($i = 1, \dots, 8$). Důvodem stanovené velikosti podploch bylo pořizování fotografických snímků a časová náročnost opakovaného zaznamenávání vegetace v třítydenních intervalech.



Obr. 2: Názorná ukázka plochy.

Souřadnice jednotlivých ploch byly zjišťovány prostřednictvím přístroje GRS-1, značky TOPCON, který měří v jednotné trigonometrické síti katastrální (JTSK). Tento

přístroj zvládá měřit souřadnice s ± 20 cm přesností, v lese ale nemusí být dostatečný signál, a proto je přesnost měření snižena a pohybuje se do 1 m. Zaměřen byl vždy levý dolní bod u podplochy a_i pro všechny plochy. Následně byly tyto souřadnice prostřednictvím online mapy (mapy.cz, viz internetové zdroje) převedeny do souřadnic typu WGS84.

Les u Slavkova	
Plocha číslo:	Souřadnice:
Plocha č. 1	JTSK: osa Y: -501094.31619, osa X: -1090231.35561 WGS84: N 49°54.79413', E 17°50.81058'
Plocha č. 2	JTSK: osa Y: -501094.31619, osa X: -1090231.35561 WGS84: N 49°54.76885', E 17°50.76857'
Plocha č. 3	JTSK: osa Y: -501191.33027, osa X: -1090300.14741 WGS84: N 49°54.72713', E 17°50.69312'
Plocha č. 4	JTSK: osa Y: -501253.06650, osa X: -1090538.27289 WGS84: N 49°54.59618', E 17°50.65990'

Tabulka 1: Souřadnice ploch č. 1–4 v lese u Slavkova.



Obr. 3: Umístění ploch č. 1–4 na mapě.

Zdroj: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

Les u Dolních Životic

Plocha číslo: Souřadnice:

Plocha č. 5 JTSK: osa Y: -507848.266391, osa X: -1092196.792030
WGS84: N 49°53.37870', E 17°45.30253'

Plocha č. 6 JTSK: osa Y: -507819.358235, osa X: -1092152.577842
WGS84: N 49°53.40390', E 17°45.32315'

Plocha č. 7 JTSK: osa Y: -507469.651538, osa X: -1092038.175270
WGS84: N 49°53.48277', E 17°45.60507'

Plocha č. 8 JTSK: osa Y: -507624.193598, osa X: -1092035.731889
WGS84: N 49°53.47638', E 17°45.47640'

Tabulka 2: Souřadnice ploch č. 5–8 v lese u Dolních Životic.



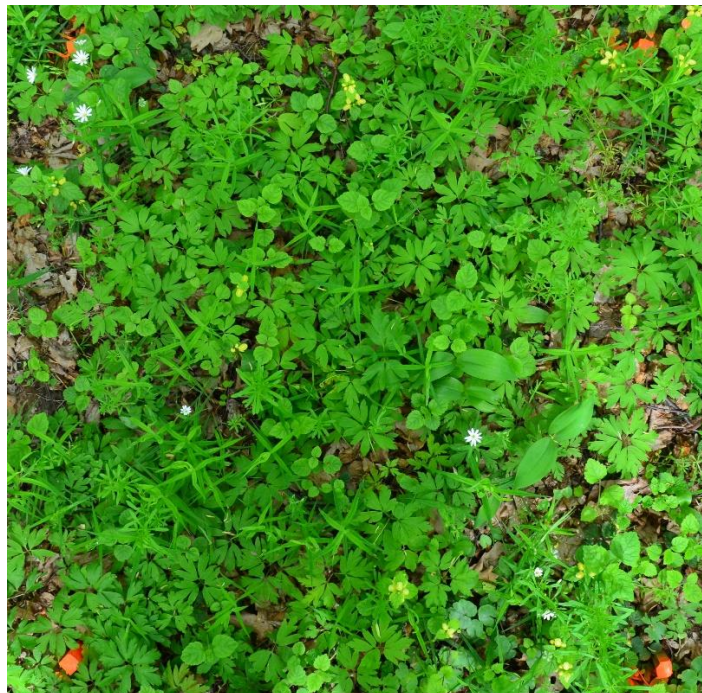
Obr. 4: Umístění ploch č. 5–8 na mapě.

Zdroj: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/lpis/>

3.2.2 Snímkování v terénu

Sběr dat v terénu probíhal dvěma způsoby: pořizování soupisu druhů s jejich odhadovaným zastoupením (klasická metoda fytoocenologického snímkování) a fotografií monitorovaných ploch. Pro odhad zastoupení druhů byla využita Braun-Blanquetova sedmičlenná stupnice pokryvnosti (Moravec a kol. 1994). Sledováno bylo pouze bylinné patro se semenáčky dřevin. Fytoocenologické snímky obsahovaly záhlaví s číslem plochy, datem záznamu, nadmořskou výškou, velikostí plochy a rozdělením na jednotlivé podplochy (viz příloha 1).

Všechny sledované podplochy dané plochy byly vyfoceny pomocí fotoaparátu značky Nikon D5100 s formátem DX s objektivem typu AF-S NIKKOR 18–55 mm 1:3,5–5,6G. Fotografie byly pořizovány bez blesku, přes automatický režim na mřížku objektivu, z výšky přibližně 160–170 cm při stejně vysunutém objektivu kolmo na rovinu terénu.



Obr. 5: Ukázka fotografie podplochy a_1 pořízené 8. 5. 2017 v lese u Slavkova. Fotografie je upravena oříznutím, velikost podplochy je ohraničena čtyřmi oranžovými kolíky. Foto: autorka

Fotografické snímky byly získávány v průběhu roku 2017 v těchto datech: 23. 5., 14. 4., 8. 5., 28. 5., 17. 6., 8. 7., 30. 7., 21. 8., 17. 9., 7. 10., 28. 10., 17. 11. a 10. 12., celkem se jedná o třináct pořízeních. Každá podplocha byla vyfocena třikrát z důvodu zaostření. K vyhodnocení bylo tedy pořízeno 1560 fotografií, z toho 520 bylo vyhodnoceno jako fytoocenologické snímky získané z fotografií, tedy nikoli přímo v terénu, jak je tomu obvykle.

Fytoocenologické snímky získané přímo v terénu byly sepisovány v datech: 8. 5., 28. 5., 17. 6., 8. 7., 30. 7., 21. 8., 17. 9., 7. 10., 28. 10., 17. 11. a 10. 12. celkem jedenácti zápisy, bylo tedy pořízeno 440 zápisů z terénu pro jednotlivé podplochy. K určení druhů byl využíván klíč ke květeně České republiky od Kubáta a kol. (2002), nomenklatura byla sjednocena podle databáze o české flóře a vegetaci Pladias (Pladias, viz internetové zdroje).

3.3 Úprava dat

Sebraná data z fotografií i z terénu byla přepsána do programu MS Excel. Na plochách se objevovaly jasně určitelné druhy, ale také druhy s nejasným určením označované jako neurčené druhy. U několika zástupců došlo k určení pouze rodového jména s doplněním sp. Největší problém jsem sledovala v rozlišování hluchavky a pitulníku, jelikož hlavní rozlišovací znak projevující se v kvetení nebyl vždy přítomen. Pomocí tohoto programu byla zjištěna α diverzita pro každou plochu i podplochu v daném období měření. Ke zjištění Shannon-Wienerova indexu diverzity pro podplochy byla provedena úprava stupňů pokryvnosti zaznamenané prostřednictvím Braun-Blanquetovy stupnice na procenta: r \rightarrow 0,1; + \rightarrow 0,5; 1 \rightarrow 2,5; 2 \rightarrow 15; 3 \rightarrow 37,5; 4 \rightarrow 62,5; 5 \rightarrow 87,5. Z fotografických fytoocenologických záznamů se zjistilo druhové složení na jednotlivých plochách k určitému datu. Přítomnost druhu byla zaznamenána jako 1, nepřítomnost jako 0. Všechna zpracovaná data se následně importovala do programu Statistica (TIBCO Software Inc. 2017) a vyhodnotila se.

3.4 Analýza dat

Pro analýzu dat jsem zvolila program Statistica (TIBCO Software Inc. 2017), který je pro studenty Univerzity Palackého volně dostupný. Tento program je přehledný, dokáže vyhodnotit informace prostřednictvím různých statistických metod a výsledky graficky znázornit. Naučit se v tomto programu zpracovávat data bylo pro mě velmi přínosné vzhledem k budoucímu využití, ačkoli užitím programů používaných ve vegetační ekologii (Turboveg, Juice, Canoco) bych jistě ušetřila čas a vše by se zjednodušilo.

V programu Statistica (TIBCO Software Inc. 2017) byla vyhodnocena data jak z terénních fytoocenologických snímků, tak data z fotografických fytoocenologických snímků. Hlavní vyhodnocení hypotéz probíhalo prostřednictvím dat získaných z fotografií, tedy druhového složení a pokryvnosti bylinného patra na jednotlivých podplohách zjištěných z fotografií obdobou terénního zaznamenávání. Důvodů, proč byly vybrány fotografické fytoocenologické snímky k vyhodnocování časové proměnlivosti vegetace, je více. Prvním z nich je větší rozsah získaných dat k pozorování dynamiky vegetace, jelikož snímkování probíhalo už od 25. 3. 2017. Dále si myslím, že fotografické fytoocenologické snímky jsou přesnější, jelikož jsem mohla porovnávat všechny fotografie dané podplochy zároveň a sledovat rozdíly v pokryvnosti v průběhu času. Navíc probíhalo vyhodnocování u počítače v domácím prostředí, což může mít také určitý vliv na zaznamenávání. Tyto snímky by nejspíše neměly takovou přesnost, kdybych neznala druhové složení z fytoocenologických snímků získaných přímo v terénu. Posledním důvodem byla podobnost fotografických fytoocenologických snímků s terénními fytoocenologickými snímky při jejich porovnávání.

3.4.1 Diverzita

Diverzita byla zjišťována prostřednictvím vyjádření počtu druhů na dané podploše v daném období měření. Dále došlo ke zohlednění pokryvnosti druhů, a tedy diverzita byla zjištěna prostřednictvím Shannon-Wienerova indexu (Zelený 2015, viz internetové zdroje): $H' = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$; p_i je relativní abundance druhu, n je počet druhů ve společenstvu. Pro testování hypotéz se zvolila metoda analýzy variance pro opakovaná měření. Tato statistická metoda sleduje objekty měnící se v čase a předpokládá, že variabilita mezi skupinami se v čase nemění. Prostřednictvím této

metody byla testována H1: časová odlišnost bez ohledu na lokalitu, tedy celková při zprůměrování všech ploch, H2 (a,b): časová proměnlivost na úrovni lokalit a H3 (a, b): interakce mezi plochami a jejich změnami v čase na jednotlivých lokalitách. V rámci této analýzy je nutné ověřit všechny předpoklady, mezi které patří předpoklad homogenity variancí a předpoklad sférickosti, který srovnává hodnoty mezi jednotlivými měřeními. V případě narušení předpokladu sférickosti byly použity korigované (Huynh-Feldt, Greenhouse-Geisser) přibližné testy (Lepš a Šmilauer 2016).

3.4.2 Druhové složení

Druhové složení bylo zjišťováno prostřednictvím tzv. binární metriky, která počítá s přítomností či absencí druhu na jednotlivých plochách v daném období měření (Jarkovský a kol. 2012). Pro vyhodnocení byla zvolena analýza hlavních komponent (PCA), což je lineární metoda neomezené ordinace, která analyzuje variabilitu mezi proměnnými (tj. druhy) a jejich vztahy. Výsledky jsou prezentovány prostřednictvím ordinačního diagramu, který zobrazuje plochy jako symboly (body) a uspořádává je do dvourozměrného prostoru tak, aby jejich vzdálenosti co nejlépe odpovídaly nepodobnosti studovaných objektů (Lepš a Šmilauer 2016).

3.4.3 Srovnání metod záznamu vegetace

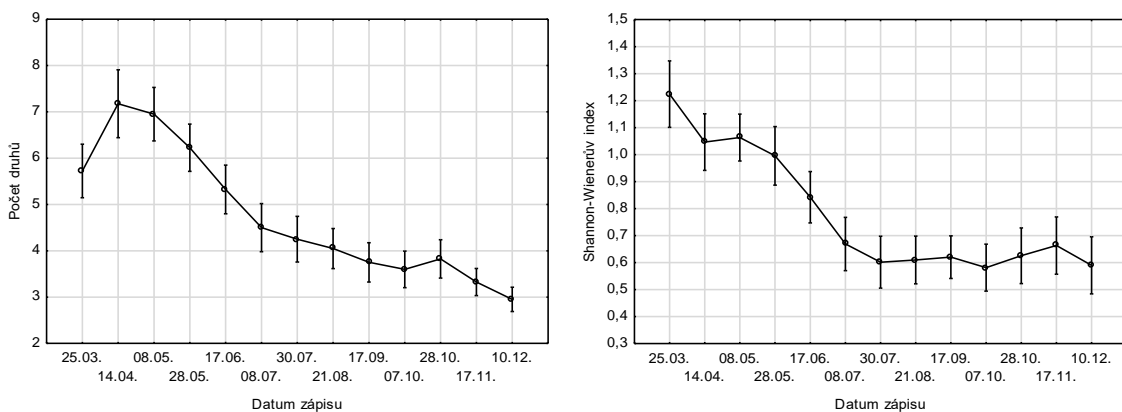
Protože byly získány údaje z klasických terénních fytoocenologických snímků a také z fotografických fytoocenologických snímků, bylo možné jejich porovnání. Srovnávání probíhalo pro společná období měření, tedy od 8. 5. 2017 až po 10. 12. 2017. Sledována byla druhová bohatost a Shannon-Wienerův index diverzity pro jednotlivé podplochy. Analýza variance pro opakovaná měření byla využita nejdříve pro zjištění rozdílů mezi terénními fytoocenologickými snímky a fotografickými fytoocenologickými snímky bez časového faktoru, následně jsem ke zjištění rozdílů zohlednila časovou proměnlivost. Pro přesnější stanovení rozdílů mezi snímky v jednotlivých zápisech byl vypočítán jednovýběrový t-test, který byl zadán pomocí rozdílů hodnot fotografických fytoocenologických snímků a terénních fytoocenologických snímků (Lepš a Šmilauer 2016).

4. VÝSLEDKY

4.1 Časová proměnlivost celkově

Za celé období měření bylo prostřednictvím fotografických fytoecologických snímků zjištěno 34 druhů. Druhovú rozmanitost se pohybovala od 1 (nejnižší α diverzita) do 13 (nejvyšší α diverzita) v rámci podploch. Shannon-Wienerův index diverzity zjištěný pro podplochy fotografických fytoecologických snímků tvořil rozmezí od 0 do 2,08.

Počet druhů ve snímku se bez ohledu na lokalitu a plochu v průběhu vegetační sezóny statisticky průkazně měnil (ANOVA pro opakovaná měření, $F_{12,456} = 85,604$; $p < 0,01$). Průměrně nejvíce druhů se zaznamenalo na jaře, poté docházelo k postupnému snižování druhové bohatosti (viz obr. 6). Podobný výsledek byl získán za použití Shannon-Wienerova indexu diverzity ($F_{12,456} = 38,097$; $p < 0,01$). Nulovou hypotézu č. 1 (H_{10}) lze zamítnout. Na obr. 6 lze vidět klesající tendenci s následným ustálením diverzity a menším nárůstem na konci vegetační sezóny.



(a)

(b)

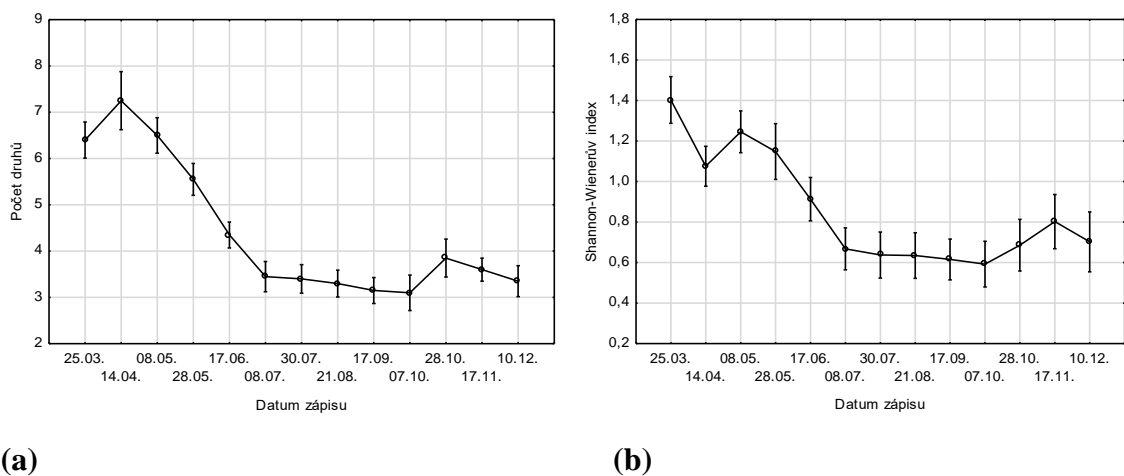
Obr. 6: Znázornění průměrů a intervalových odhadů pro (a) počet druhů a (b) Shannon-Wienerův index diverzity pro jednotlivé fotografické fytoecologické snímky v roce 2017. Výsledek analýzy variance pro opakovaná měření je v obou případech statisticky průkazný ($p < 0,01$).

Druhovú složení se bez ohledu na lokalitu měnilo. Na jaře dominovaly převážně druhy *Anemone nemorosa* (sasanka hajní), *Corydalis cava* (dymnivka dutá), *Ficaria verna* (orsej jarní), *Stellaria holostea* (ptačinec velkokvětý), *Symphytum tuberosum* (kostival hlíznatý), *Galeobdolon luteum* agg. (okruh pitulníku žlutého), *Lamium maculatum* (hluchavka skvrnitá), *Galium aparine* agg. (okruh svízele přítuly) a *Poa*

nemoralis (lipnice hajní). V létě došlo k úbytku těchto druhů a přidaly se druhy jako *Aegopodium podagraria* (bršlice kozí noha), *Geranium phaeum* (kakost hnědočervený), *Stachys sylvatica* (čistec lesní), *Brachypodium sylvaticum* (válečka lesní), nebo *Impatiens parviflora* (netýkavka malokvětá). Až do konce sledování zůstaly vegetativní orgány druhů *Galeobdolon luteum* agg. (okruh pitulníku žlutého), *Lamium maculatum* (hluchavka skvrnitá), *Stellaria holostea* (ptačinec velkokvětý) a dalších.

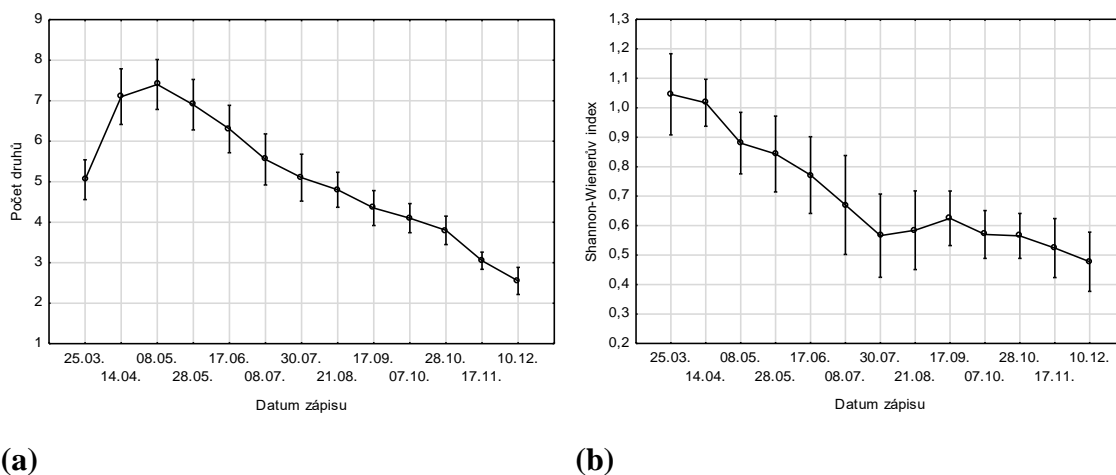
4.2 Časová proměnlivost na úrovni lokalit

Na základě testu analýzy variance pro opakovaná měření bylo zjištěno, že se diverzita ploch v lese u Slavkova v čase mění. Tato časová proměnlivost je statisticky průkazná z hlediska počtu druhů ($F_{12,192} = 123,054$; $p < 0,01$) a také indexu diverzity ($F_{12,192} = 41,603$; $p < 0,01$). Můžeme tak zamítnout nulovou hypotézu č. 2a (H_{2a0}). Na grafickém zobrazení tohoto výsledku (obr. 7) lze pozorovat nejvyšší diverzitu na jaře, poté postupný pokles, vyrovnání v období léta, a nakonec mírný nárůst na podzim. Tento nárůst byl způsoben opětovným klíčením *Galium aparine* agg. (okruh svízele přítuly).



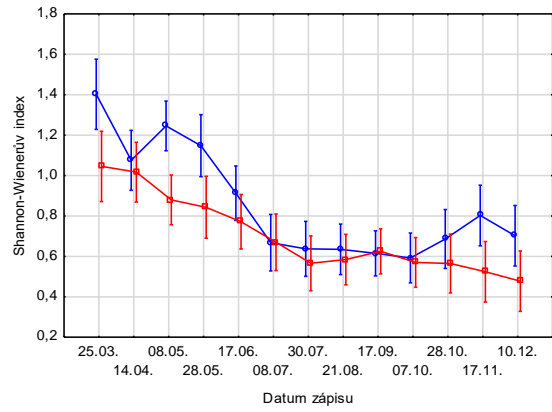
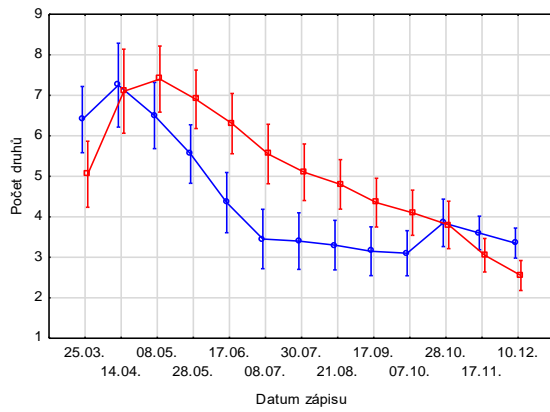
Obr. 7: Znárodnění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Slavkova, která je výrazná ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

V Dolních Životicích byla časová proměnlivost diverzity statisticky průkazná u druhové bohatosti ($F_{12,192} = 56,631$; $p < 0,01$) a indexu diverzity ($F_{12,192} = 19,772$; $p < 0,01$). Podobně jako v druhé lokalitě tak lze zamítnout nulovou hypotézu č. 2b (H2b₀). Na obr. 8 lze vidět odlišnost mezi oběma parametry 25. 3. až 8. 5. a dále klesající trend, který v případě Shannon-Wienerova indexu v létě ustává a příliš se nemění až do konce roku.



Obr. 8: Znárodnění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Dolních Životic, která je výrazná ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

Ačkoli nebylo cílem zjišťovat, zda se nějak liší studované lokality, byla z ANOVY pro opakovaná měření prokázána jejich odlišnost. Větší druhová bohatost se zaznamenala v lese u Dolních Životic, v lese u Slavkova byl vyšší počet druhů na začátku a na konci měřicího období. Na obr. 9 (a) lze vidět, že k největším překryvům došlo 14. 4. a 28. 10. 2017. Naopak vyšší pokryvnost po celé období jsem zaznamenala v lese u Slavkova s určitými místy překryvu hlavně v letním období, které lze pozorovat na obr. 9 (b). Na obou grafech lze zaznamenat rozdílné uspořádání křivek pro jednotlivé lokality.



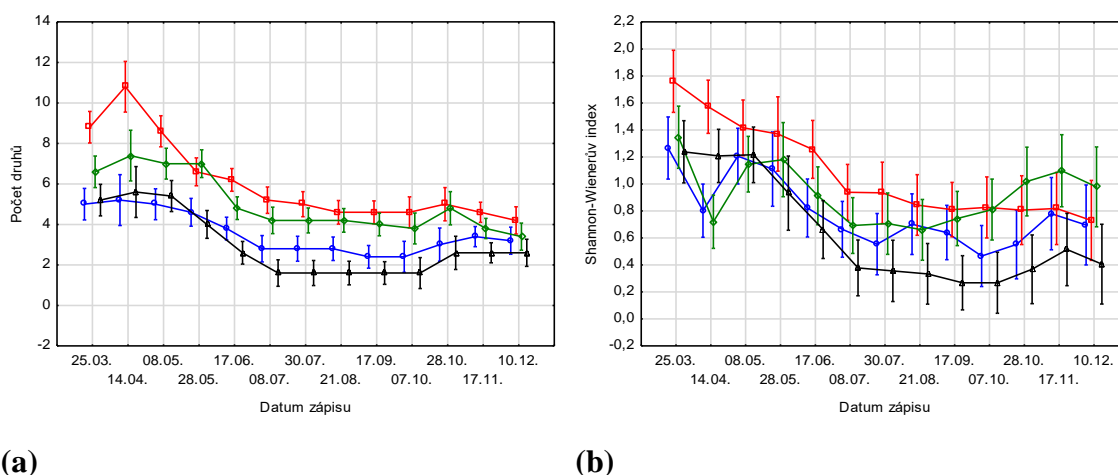
(a)

(b)

Obr. 9: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Slavkova (modře) a u Dolních Životic (červeně). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

4.3 Časová proměnlivost na úrovni ploch

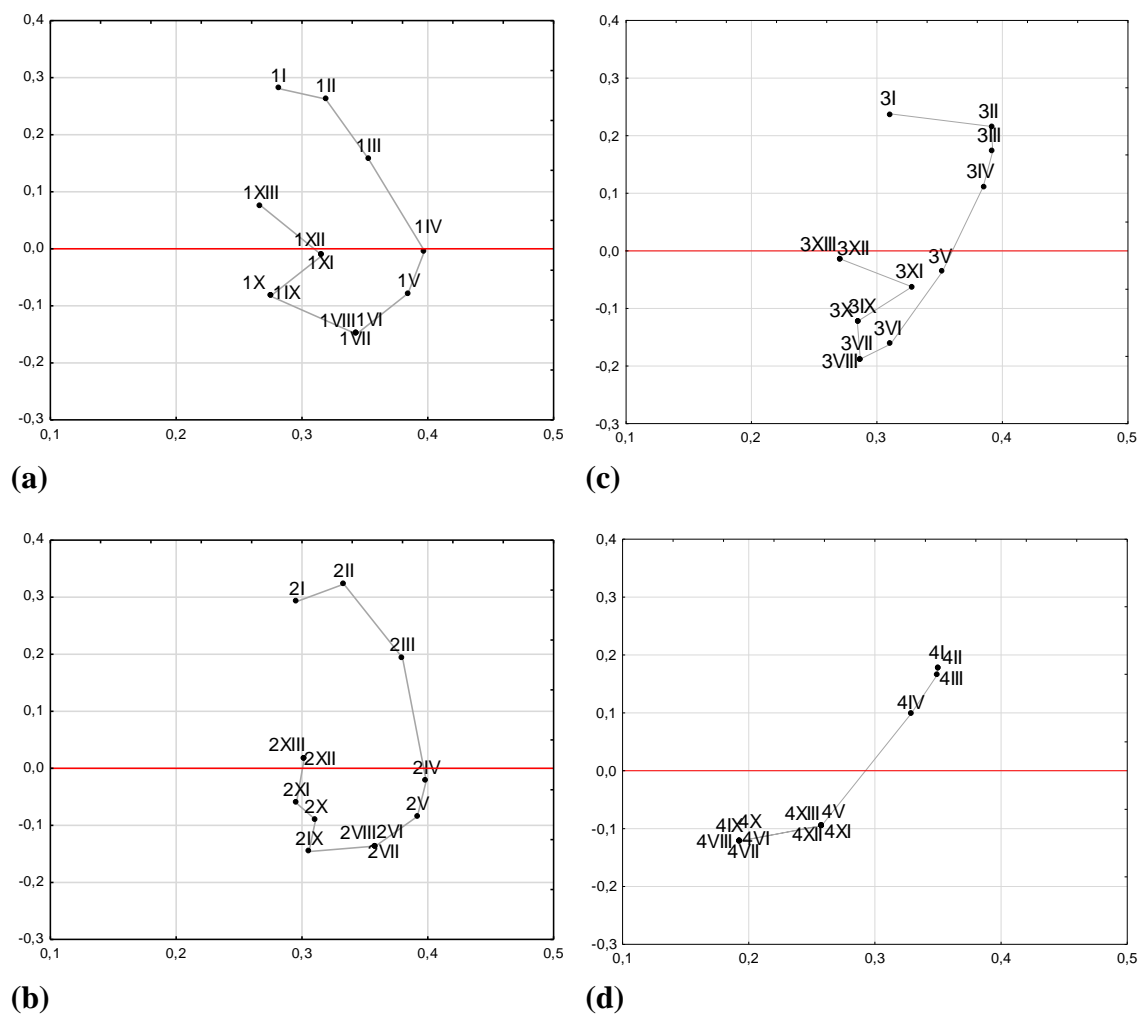
Prostřednictvím analýzy variance pro opakovaná měření byl také zjišťován vliv data zápisu na druhovou diverzitu v rámci pěti podploh na každé ploše. V lese u Slavkova se zjistil statisticky průkazný rozdíl ($F_{36,192} = 5,096$; $p < 0,01$) mezi plochami, který lze sledovat na obr. 10. Je zde vidět zpočátku klesající trend, který poté ustává. Tento výsledek se reflektoval i prostřednictvím Shannon-Wienerova indexu ($F_{36,192} = 3,666$; $p < 0,01$). Nulovou hypotézu č. 3a (H_{3a0}) lze zamítnout. Celkově bylo zjištěno 24 druhů.



Obr. 10: Zjištění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem na jednotlivých plochách v lese u Slavkova ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti pro každou plochu v jednotlivých datech za rok 2017. Modře je znázorněna plocha č. 1, červeně plocha č. 2, zeleně plocha č. 3 a černě plocha č. 4 (srovnání viz příloha 1).

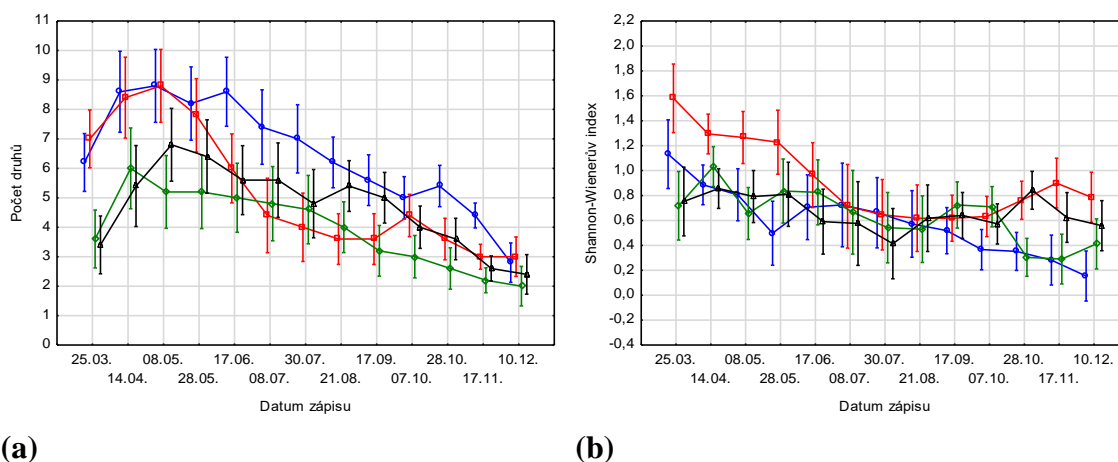
Druhové složení v lese u Slavkova se v průběhu roku nápadně měnilo a můžeme tak zamítnout nulovou hypotézu č. 4 (H_{40}). Lze pozorovat čtyři základní typy trajektorií: lineární, nacházející se mezi každým bodem, cyklickou, retrográdní (návrat zpět) a nulovou (beze změny). Na plochách 1, 2 a 3 (obr. 11) lze pozorovat částečné cyklickou trajektorii z hlediska nepodobnosti ve druhovém složení, které bylo nejspíše způsobeno vymizením letní vegetace a opětovným klíčením *Galium aparine* agg. (okruh svízele přítuly). Plocha 4 se vrací ve stejném směru zpět, a tedy má retrográdní trajektorii. Větší podobnost je mezi plochou 1 s plochou 2 a plochou 3 s plochou 4. První dvě plochy mají

spíše cyklický charakter a jejich druhové složení má nulovou trajektorii v období 8. 7., 30. 7., 21. 8. 2017. Na ploše 1 je navíc druhová skladba beze změny 17.9., 7. 10. a také 28. 10., 17. 11. 2017. Na ploše 2 jsou shodná dvě poslední období měření a sice 17. 11., 10. 12. 2017. Spíše necyklický charakter je zaznamenán na ploše 3, kde se shoduje druhové složení v datech 30. 7., 21. 8., dále 17. 9., 7. 10. a 17. 11., 10. 12. 2017. Výrazně necyklický charakter je zaznamenán u plochy 4, kde dochází k retrográdní trajektorii v druhovém složení. Druhová skladba je shodná v datech 17. 6., 28. 10., 17. 11., 10. 12. a 8. 7., 30. 7., 21. 8., 17. 9., 7. 10. 2017.



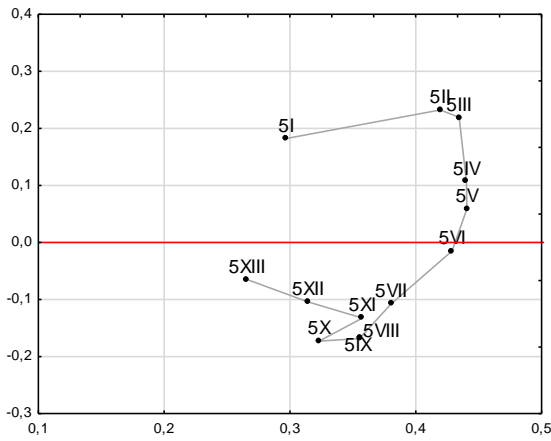
Obr. 11: Změna druhového složení v průběhu roku 2017 (I: 25. 3., II: 14. 4., III: 8. 5., IV: 28. 5., V: 17. 6., VI: 8. 7., VII: 30. 7., VIII: 21. 8., IX: 17. 9., X: 7. 10., XI: 28. 10., XII: 17. 11. a XIII: 10. 12.) na (a) ploše č. 1, (b) ploše č. 2, (c) ploše č. 3, (d) ploše č. 4.

Časová proměnlivost v rámci jednotlivých ploch, která byla zjišťována v lese u Dolních Životic, ukázala statisticky průkazné výsledky pro počet druhů ($F_{36,192} = 4,113$; $p < 0,01$) i pro Shannon-Wienerův index ($F_{36,192} = 4,326$; $p < 0,01$), a tedy dochází k zamítnutí hypotézy č. 3b (H_{3b_0}). Jak se plochy měnily v průběhu měření lze pozorovat na obr. 12. Celkově bylo zjištěno 26 druhů.

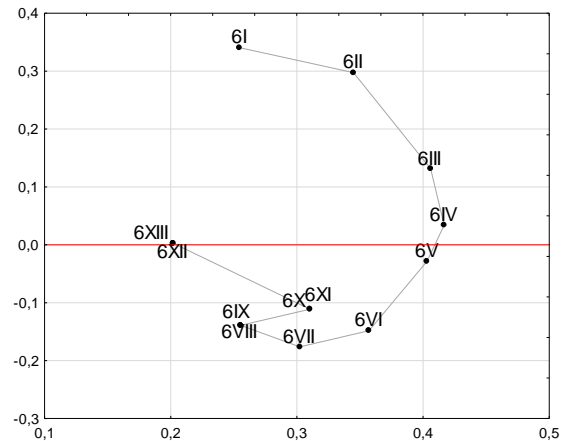


Obr. 12: Časová proměnlivost druhové bohatosti vyjádřené **(a)** počtem druhů a **(b)** Shannon-Wienerovým indexem na jednotlivých plochách v lese u Dolních Životic. Rozdíly mezi záznamy jsou statisticky průkazné ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti pro každou plochu v jednotlivých datech za rok 2017. Modře je znázorněna plocha č. 5, červeně plocha č. 6, zeleně plocha č. 7 a černě plocha č. 8 (srovnání viz příloha 1).

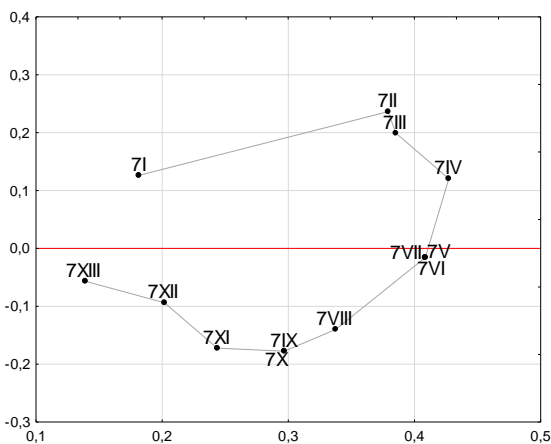
Druhové složení se v lese u Dolních Životic výrazně měnilo, a tedy lze zamítnout nulovou hypotézu č. 4 (H_{4_0}) i z hlediska těchto ploch. Na obr. 13 lze sledovat průběh změn na jednotlivých plochách za celý rok a také zde je možné zaznamenat trajektorii lineární mezi jednotlivými body, trajektorii cyklickou a nulovou. Cyklický charakter je nejvíce pozorovatelný u plochy 7 a 8. Určitou podobnost lze sledovat mezi plochami 5 a 6 a také mezi plochami 7 a 8. V prvních dvou případech se druhová skladba nejvíce podobala v období 30. 7., 21. 8., 17. 9., 7. 10., 28. 10. 2017. Plochy 7 a 8 vykazovaly výrazný cyklický charakter, u plochy 7 bylo druhové složení shodné v datech 17. 6., 8. 7., 30. 7. a v datech 17. 9., 7. 10. 2017. Na ploše 8 se shodnost projevila v období 8. 7., 30. 7., 21. 8., 17. 9. 2017.



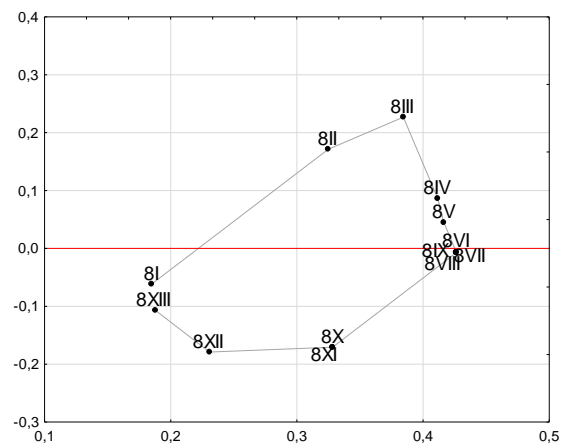
(a)



(b)



(c)

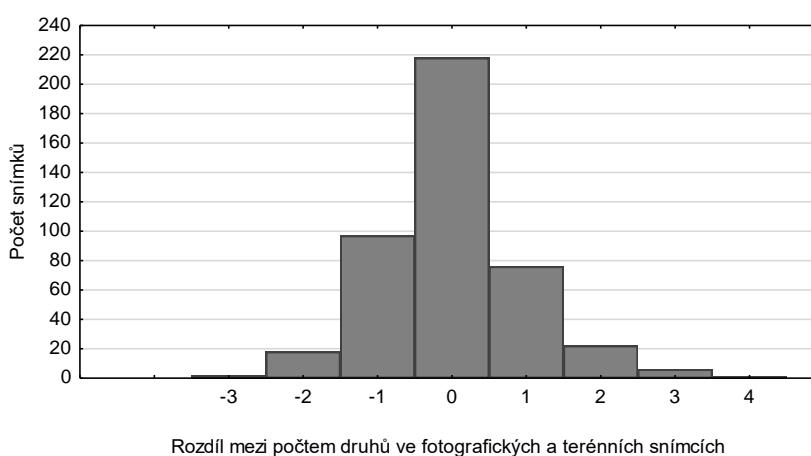


(d)

Obr. 13: Změna druhového složení v průběhu roku 2017 (I: 25. 3., II: 14. 4., III: 8. 5., IV: 28. 5., V: 17. 6., VI: 8. 7., VII: 30. 7., VIII: 21. 8., IX: 17. 9., X: 7. 10., XI: 28. 10., XII: 17. 11. a XIII: 10. 12.) na (a) ploše č. 5, (b) ploše č. 6, (c) ploše č. 7, (d) ploše č. 8.

4.4 Srovnání metod záznamu vegetace

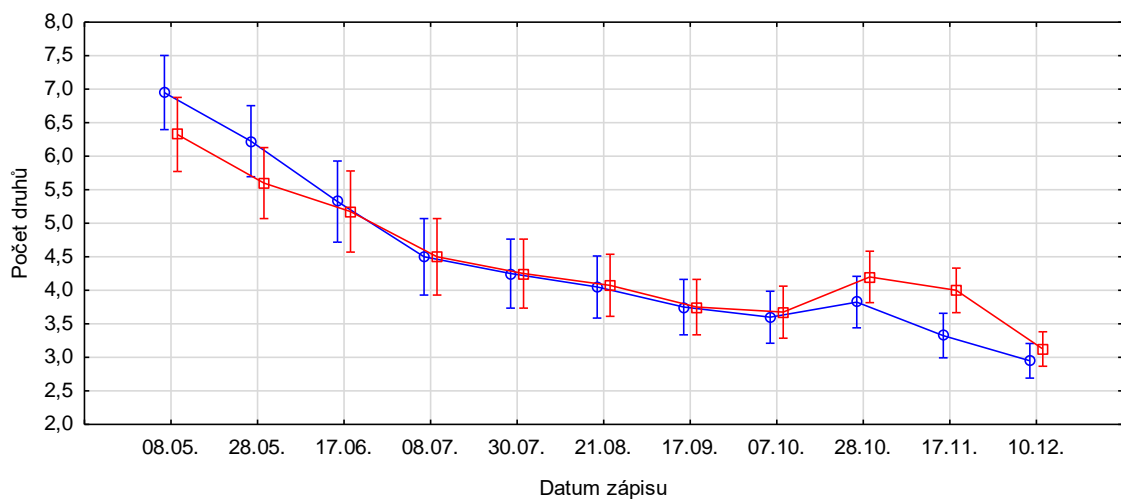
Při porovnávání fotografických fytoocenologických snímků s terénními fytoocenologickými snímky bez časového faktoru nebyla zjištěna odlišnost mezi snímky v počtu druhů prostřednictvím analýzy rozptylu pro opakovaná měření ($F_{1,78} = 0,001$; $p = 0,98$), ani použitím jednovýběrového t-testu ($t_{439} = 0,146$; $p = 0,88$). Nelze tak zamítnout nulovou hypotézu H_5 na hladině $\alpha = 0,05$. Na obr. 14 je znázorněn histogram, který ukazuje rozložení rozdílů hodnot počtu druhů na fotografických fytoocenologických snímcích a terénních fytoocenologických snímcích za celou vegetační sezónu.



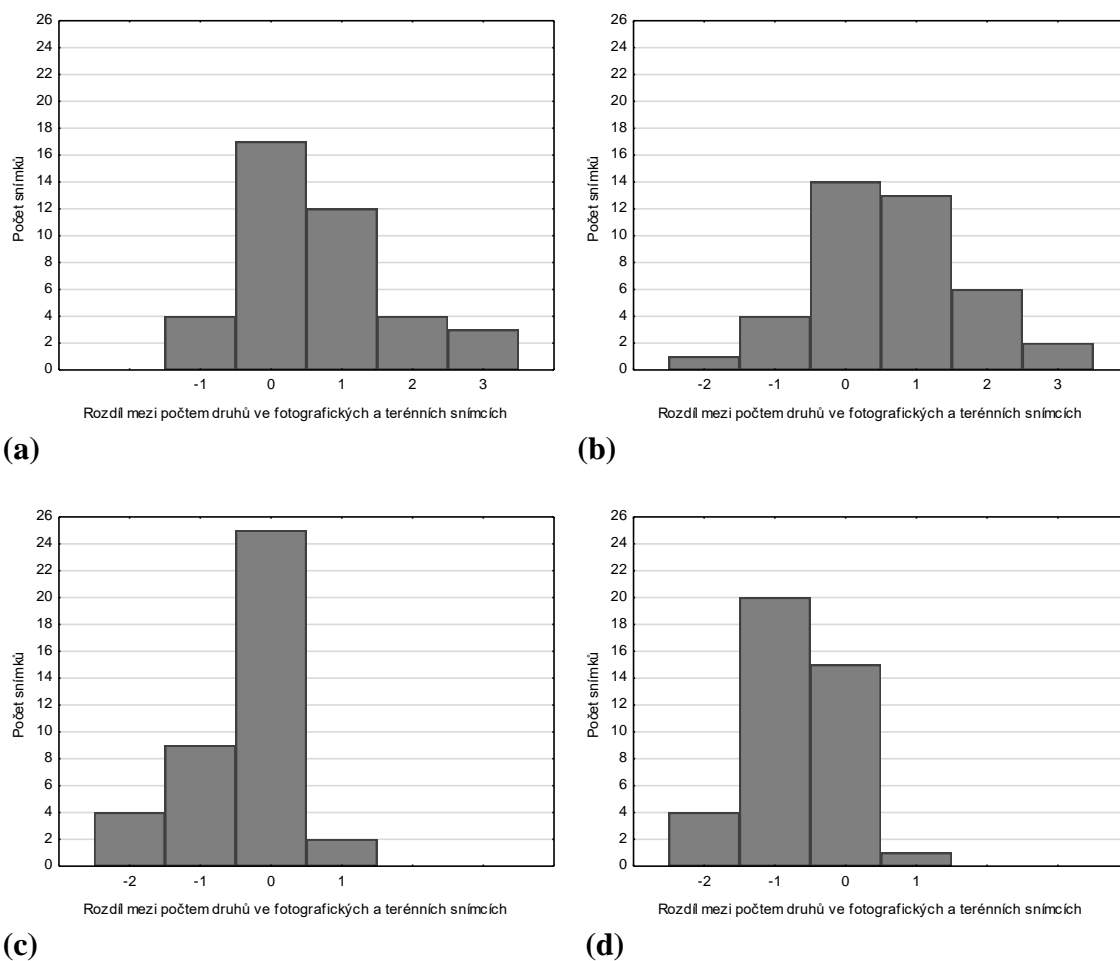
Obr. 14: Histogram rozložení hodnot rozdílů v počtu druhů ve fotografických fytoocenologických snímcích a terénních snímcích (celkem 440 párů snímků). Jednovýběrový t-test neukázal statisticky průkaznou odlišnost ($t_{439} = 0,146$; $p = 0,88$).

Po zahrnutí časového faktoru však byl zaznamenán rozdíl ($F_{10,780} = 3,221$; $p < 0,01$), který lze interpretovat pomocí grafu na obr. 15. Můžeme vidět vyšší počet zaznamenaných druhů z fotografických fytoocenologických snímků (modře) v průběhu jara a menší v průběhu podzimu. V létě se počet druhů téměř neliší. Jednovýběrovým t-testem byla zjištěna statisticky průkazná odlišnost ($p < 0,01$) obou typů záznamů pro 8. 5., 28. 5., 28. 10. a 17. 11. 2017; jejich rozdíly jsou znázorněny prostřednictvím histogramů na obr. 16. Větší odlišnost mezi záznamy se projevovala v datech získaných z lesa u Dolních Životic, také druhové složení zde bylo značně rozdílné. Záznamy se 8. 5. lišily v osmi druzích, na fotografických fytoocenologických záznamech se objevily navíc kromě společných druhů také *Stachys sylvatica* (čistec

lesní), *Dactylis glomerata* agg. (okruh srhy laločnaté), *Galeobdolon luteum* agg. (okruh pitulníku žlutého), *Geum urbanum* (kuklík městský), *Impatiens parviflora* (netýkavka malokvětá) a neurčený druh č. 3. Na fytoocenologickém záznamu byla navíc zaznamenána *Anemone ranunculoides* (sasanka pryskyřníkovitá) a *Urtica dioica* (kopřiva dvoudomá). K datu 28. 5. se snímky lišily v druzích *Galeobdolon luteum* agg. (okruh pitulníku žlutého), *Geranium phaeum* (kakost hnědočervený), *Geum urbanum* (kuklík městský), *Quercus* sp. (dub), *Stachys sylvatica* (čistec lesní) a v neurčeném druhu č. 3. V dalších obdobích následovalo snížení odlišnosti druhového složení, 28. 10. se lišily pouze o tři druhy a sice *Stachys sylvatica* (čistec lesní), *Urtica dioica* (kopřiva dvoudomá), neurčený druh č. 2. a k datu 17. 11. už pouze o *Acer* sp. (javor) a *Brachypodium sylvaticum* (válečka lesní).

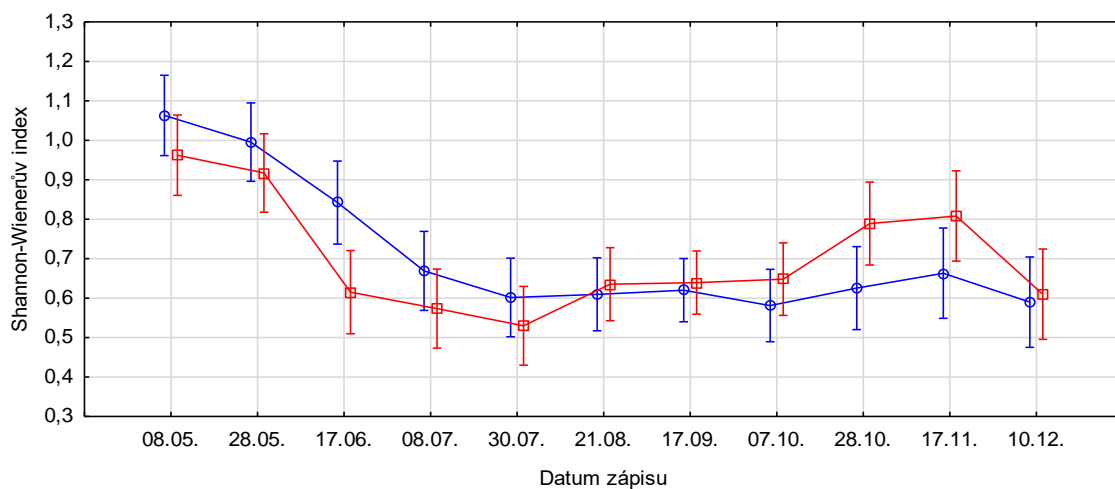


Obr. 15: Znázornění časové proměnlivosti fotografických fytoocenologických snímků (modře) a terénních fytoocenologických snímků (červeně). V grafu jsou zaznamenány průměry a intervaly spolehlivosti pro počet druhů v rámci snímků. ANOVA pro opakovaná měření ukázala statisticky průkaznou odlišnost ($p < 0,01$) mezi oběma typy záznamu. Jednovýběrový t-test vyhodnotil statisticky průkaznou odlišnost ($p < 0,01$) pro záznamy pořízené v datech 8. 5., 28. 5., 28. 10. a 17. 11.



Obr. 16: Histogramy rozložení hodnot rozdílů v počtu druhů v terénních fytoocenologických snímcích a fotografických fytoocenologických snímcích. Znázorněna jsou období snímkování (a) 8. 5., (b) 28. 5., (c) 28. 10. a (d) 17. 11., pro která jednovýběrový t-test ukázal statisticky průkaznou odlišnost ($p < 0,01$).

Stejně porovnání fotografických fytoocenologických snímků s terénními fytoocenologickými snímky bylo provedeno prostřednictvím Shannon-Wienerova indexu diverzity. Analýza rozptylu pro opakovaná měření bez časového faktoru nezjistila odlišnost mezi snímky ($F_{1,78} = 0,054$; $p = 0,82$). Odlišnost se však zjistila pro interakci snímků s obdobím měření ($F_{10,780} = 5,051$; $p < 0,01$). Po provedení jednovýběrového t-testu se projevila statisticky průkazná odlišnost ($p < 0,05$) v datech 8. 5., 17. 6., 28. 10. a 17. 11. Také v tomto případě nelze zamítnout nulovou hypotézu č. 5 (H_{50}). Celkový průběh diverzity lze pozorovat na obr. 17, kde se projevují výkyvy na jaře a na podzim.



Obr. 17: Znázornění časové proměnlivosti fotografických fytoocenologických snímků (modře) a terénních fytoocenologických snímků (červeně). V grafu jsou zaznamenány průměry a intervaly spolehlivosti pro počet druhů v rámci snímků. Zjištěný rozdíl je statisticky průkazný ($p < 0,01$), jednovýběrový t-test vyhodnotil odlišnost ($p < 0,05$) pro záznamy pořízené v datech: 8. 5., 17. 6., 28. 10. a 17. 11.

5. DISKUZE

5.1 Sezónní proměnlivost lesní vegetace

Diverzita se v průběhu roku měnila, přičemž nejvyšší diverzita byla zaznamenána na jaře, následovalo postupné snižování až vyrovnání na konci léta a v průběhu podzimu, popřípadě došlo k mírnému nárůstu na podzim. Vyšší diverzita a druhová bohatost v dubnu a následný postupný pokles až do srpna je zaznamenána také například ve výzkumu Murphyho a McCarthyho (2014), zatímco změna v pokryvnosti se v rámci sezónnosti příliš neprojevila. Nicméně existují také studie zabývající se sezónními změnami, které sice ukazují odlišnosti mezi jarní, letní i podzimní vegetací, ale můžou zaznamenat nejvyšší druhovou bohatost v letním období, a tedy doporučují toto období pro sběr dat (Vymazalová et al. 2012, 2014, 2016). Výsledky této diplomové práce potvrzují, že pokud chceme porozumět sezónní variabilitě lesní vegetace, je třeba prozkoumat všechny aspekty v průběhu roku, jelikož zaměření pouze na jaro nebo léto nemusí být dostačující.

V případě studie Yorkse a Dabydeena (1999), kteří prováděli snímkování během června, srpna a října, a tedy nezkoumali jarní aspekt, nebyla zjištěna odlišná druhová rozmanitost mezi červnem a srpnem. Obě období však měly diverzitu výrazně vyšší vzhledem k měsíci říjnu. V mém výzkumu došlo k mírnému snižování druhové rozmanitosti od června do srpna, v říjnu nastal další pokles v lese u Dolních Životic, zatímco v lese u Slavkova jsem zaznamenala mírné zvýšení, které však nepřekročilo druhovou bohatost zaznamenanou v červnu. Na studii Yorkse a Dabydeena (1999) reaguje práce Tremblaye a Larocquea (2001), kteří zjišťovali nejenom druhovou bohatost, ale také biomasu a obsah živin už od května ve čtyřech různých typech lesa (dva listnaté, dva jehličnaté). Tvrdí, že Yorks a Dabydeen (1999) zmeškali vrchol rozmanitosti v květnu, což vyvozují ze svých výsledků nejvyšší druhové bohatosti na konci května s následnou klesající tendencí, které navíc podpořili odkazem na studii Hollanda (1971) s obdobnými výsledky. Také mé výsledky potvrzují důležitost zahrnutí jarního sběru dat do výzkumu sezónní proměnlivosti vegetace. Vzhledem ke zjištěným výsledkům různých výzkumů se druhové složení, diverzita i pokryvnost v rámci sezónnosti liší i přes celkovou podobnost studované vegetace. Z hlediska zkoumaných typů lesa se zdá, že nejlepší období pro zachycení maximální druhové diverzity je jaro (květen). Pokud ovšem

chceme zachytit celkové druhové složení, je potřeba snímkovat minimálně na jaře a v létě.

Z hlediska odlišnosti studovaných lokalit se ukázalo, že vyšší druhovou bohatost lze zaznamenat v lese u Dolních Životic, zatímco vyšší pokryvnost byla spíše v lese u Slavkova, vždy však s určitými překryvy. Srovnáváním různých lokalit se zabývá mnoho výzkumů, přičemž se zaměřují na různé typy lesa (Tremblay a Larocque 2001), případně orientaci svahu (jih/sever apod.). Například studie Murphyho a McCarthyho (2014) zjistila vyšší druhovou diverzitu na jižním svahu, ale celková pokryvnost byla vyšší na svahu severním. Sledováním vegetace, a navíc půdních mikrobiálních společenstev severovýchodních a jihozápadních svahů se také zabývá studie Gilliana a kol. (2014), kde byla zjištěna vyšší druhová bohatost na jižním svahu a odlišné půdní vlastnosti obou svahů.

Diverzita i druhové složení se měnily v průběhu roku také na jednotlivých plochách. Ordinační diagramy ukazovaly přibližně čtyři typy trajektorií změn druhového složení vegetace během roku, a sice lineární, cyklickou, retrogradní a nulovou. Převážně se však objevuje cyklický charakter, který je nejlépe pozorovatelný na ploše 8. Na plochách v lese u Slavkova, tedy plochách 1–4 se objevila podobnost mezi plochou 1 s plochou 2 a mezi plochou 3 s plochou 4. Možnou příčinou této podobnosti je umístění ploch na opačných březích řeky Hvozdnice. Právě rozdílné množství slunečního záření dopadajícího na oba břehy, ale také rozdílné půdní vlastnosti mohou být důležitým faktorem ovlivňující druhovou bohatost a rozmanitost vegetace (Czarnecka a kol. 2014). V případě ploch 5–6 nacházejících se v lese u Dolních Životic bylo možné pozorovat určitou podobnost mezi plochou 5 a 6 a také mezi plochou 7 a 8. Plochy 5 a 6 byly umístěny blízko řeky, zatímco plochy 7 a 8 se nacházejí na vzdálenějším místě a blízko okraje lesa, což může být příčinou této podobnosti. Vegetace poblíž řeky vytváří dynamickou část krajiny, přičemž distribuce a složení rostlinných společenstev jsou ovlivněny povodňovými i jinými disturbancemi. Druhová bohatost se dále od řeky postupně snižuje (Gregory a kol. 1991), což bylo zaznamenáno také v mém výzkumu u jednotlivých ploch.

5.2 Použité metody

Sledování vegetace je spojeno s chybami vlivem pozorovatele, jedná se o přehlédnutí druhu v terénu, nesprávnou identifikaci nebo chybný odhad pokryvnosti (Morrison 2016). Nesrovnalosti při zjišťování druhového složení dvěma různými výzkumníky byly zjištěny například v práci Lepše a Hadincové (1992), kde každý přehlédl přibližně dva druhy, jednalo se však o druhy vzácné. Více jsou přehlédnuty druhy s menší pokryvností (Vittoz a Guisan 2007), což se projevilo také při srovnání druhového složení fotografických a terénních fytoocenologických snímků v této práci. V případě pokryvnosti se záznamy Lepše a Hadincové (1992) lišily o více než jeden stupeň Braun-Blanquetovy stupnice pouze ve 3 %. V práci Morrisona (2016) byla zjištěna průměrná chyba v záznamu druhového složení v 10–30 % a nesprávné identifikaci v 5–10 %. V případě pokryvnosti se projevila menší chyba u druhů s vyšší pokryvností. Zdrojem chyb mohou být vegetační charakteristiky, prostředí spojené s odběrem vzorků a vlastnosti pozorovatele (Morrison 2016), a proto mé nízké zkušenosti nebo nepozornost mohly ovlivnit získaná data. Bylo by zajímavé zjistit, jak moc by se lišilo vyhodnocení fotografických fytoocenologických snímků osobou s dlouholetou odbornou praxí a s neznalostí druhového složení z terénu. Možnost vyhodnocení fotografických snímků jiným pozorovatelem je velkou výhodou, protože snímky zůstávají neměnné a lze tak hodnotit míru subjektivní chyby. Plochy byly v obou lokalitách založeny subjektivně, tzv. preferenčním způsobem (Hédl 2005a), dvě v blízkosti řeky a dvě dále od řeky. Byla stanovena jednotná velikost ploch a jejich rozdělení v podplochy. Také velikost plochy může ovlivnit chybu v zápisech, přičemž plochy větších rozměrů (více než 4 m²) ukazují větší odlišnosti v odhadu pokryvnosti z důvodu náročnějšího vyhodnocování (Morrison 2016). V rámci této práce jsem stanovila velikost ploch a podploch na základě fotografického snímkování a časové náročnosti při sběru dat na 1 m², což umožňuje dobrou přehlednost pokryvnosti jednotlivých druhů.

V teoretické části této práce jsem se zabývala různými metodami sledování vegetace včetně pořizování fotografických snímků s následným klasickým vyhodnocováním druhového složení a pokryvnosti druhů. Tento způsob vyhodnocování není běžný a zaznamenala jsem ho pouze v práci Chena a kol. (2010), kde jsou navíc využívány a porovnávány další způsoby vyhodnocování dat. Srovnáním metody fotografických fytoocenologických snímků s terénními fytoocenologickými snímky v této práci nebyla zjištěna velká odlišnost. Více se lišily záznamy provedené v lese u Dolních

Životic. Druhové složení se lišilo hlavně v počátcích výzkumu, přičemž více druhů bylo zaznamenáno prostřednictvím vyhodnocení fotografií. Důvodem je nejspíše znalost druhového složení z terénního zaznamenávání ještě před určováním z fotografií. Postupně však docházelo k vyrovnání a na závěr naopak terénní fytoocenologické snímkování projevilo větší počet druhů, a tedy jiné druhové složení, což bylo nejspíše způsobeno větší přehledností v terénu.

Využití fotografického snímkování může mít v budoucnu velký význam. Už dnes existují aplikace na určování rostlin, např. FlowerChecker, kde jsou rostlinné druhy určovány prostřednictvím zkušených odborníků. Existují také aplikace s automatickým rozpoznáváním rostlin jako Flora Incognita, PlantNet, Garden Answers, Plantsnap a další, tyto však nemusí být vždy přesné. Částečné automatické rozpoznávání druhů z celého snímku se vyskytuje v práci Chena a kol. (2010), kde dochází k rozdělování vegetace na základě určitých vlastností do několika polygonů, stále je však důležitá přítomnost osoby k potřebným úpravám a dalšímu určení. Na vývoji zcela automatizovaného programu k vyhodnocování pokryvnosti a druhového složení fotografického snímku pracuje Ondřej Vild a jeho kolegové z Brna. Pokud by takový program fungoval s velkou přesností, došlo by k usnadnění práce ekologů, snížení finanční i časové náročnosti a k odstranění subjektivity pozorovatele. Tato metoda měla být také zahrnuta v této práci, bohužel však nedošlo k tak rychlému vývoji a stále se na ní pracuje, aktuální stav lze vidět na obr. 18.



(a)



(b)

Obr. 18: Ukázka vývoje metody automatického určování druhů s jejich pokryvností z fotografického snímku (a) podplocha a₂, 8. 5. 2017, (b) podplocha b₁, 8. 5. 2017. Foto: autorka. Zdroj určení druhů: Ondřej Vild, BÚ AV ČR.

6. ZÁVĚR

V této diplomové práci byla zkoumána časová proměnlivost diverzity a druhového složení bylinného podrostu temperátního lesa v průběhu roku 2017. Nejvyšší diverzita a zároveň proměnlivost mezi jednotlivými obdobími záznamu byla zjištěna na jaře (březen až květen), největší podobnost mezi plochami ve druhovém složení byla v průběhu léta (červen až září) a dále pak v průběhu podzimu a časně zimy (říjen až prosinec). Zamítnutím nulových hypotéz, že vegetace se v čase celkově a ani při rozlišení na lokality a plochy nemění, byly podpořeny závěry o časové proměnlivosti diverzity a druhového složení vegetace v průběhu téměř celého roku, tzn. že sledování vegetace by nemělo probíhat pouze v určitém ročním období, ale skrze celé vegetační období. Nulová hypotéza nemohla být zamítnuta pouze při porovnání obou srovnávaných metod záznamu vegetace, tedy klasických terénních fytoecologických snímků s fotografickými fytoecologickými snímky. Tento závěr podpořil předpoklad robustnosti analyzovaných dat.

Fotografické fytoecologické snímkování, které bylo využito pro analýzu časové proměnlivosti vegetace, mělo řadu výhod i nevýhod. Nevýhodou je nemožnost detailnějšího zkoumání jednotlivých ploch, které lze provádět pouze v terénu a s tím související určování taxonomicky obtížnějších druhů. Časová náročnost je pro obě metody srovnatelná, nejspíše by ale trvalo déle určování druhů z fotografií, kdybych neznala druhové složení zkoumané vegetace z terénu. Z mého pohledu vnímám jako výhodu přesnější určování pokryvnosti druhů, jelikož jsou k dispozici všechny fotografie najednou a je tedy možné jejich přímé srovnávání. Další předností je možnost uchování fotografií v digitální nebo tištěné formě a v případě potřeby navrácení se k dalšímu vyhodnocení. Jejich uplatnění může být také při sledování dlouhodobých změn prostřednictvím nově získaných fotografií se shodnými souřadnicemi a vyznačenými hranicemi ploch.

7. DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU

7.1 Zařazení tématu do výuky

Na základě rámcového vzdělávacího programu (RVP) pro gymnázia, který obsahuje vzdělávací oblast člověk a příroda s oborem biologie a tematickým celkem ekologie, je zařazena ekologie také do školního vzdělávacího programu (ŠVP). V rámci ekologie se student nejdříve seznamuje s jejím předmětem a se základními pojmy, následně studuje vztah organismů a prostředí a také ekologii populací, společenstev a ekosystémů. Ačkoli se studiu vegetace nevěnuje velká pozornost, lze ji zařadit nejspíše mezi ekologii společenstev.

Vzdělávací oblast	Člověk a příroda
Vzdělávací obor	Biologie
Tematický celek	Ekologie
Učivo	Ekologie společenstev
Výukové cíle	<ul style="list-style-type: none">▪ Žák charakterizuje společenstvo s jeho vlastnostmi▪ Žák založí studovanou plochu, určí všechny rostlinné druhy, zapíše fytoecologický snímek s využitím Braun-Blanquetovy stupnice pokryvnosti▪ Žák vyhodnotí získané výsledky a prezentuje je spolužákům
Klíčové kompetence	<ul style="list-style-type: none">▪ Kompetence k učení (žák prezentuje znalosti a dovednosti, účastní se exkurze, pracuje s literaturou)▪ Kompetence komunikativní (žák je schopen diskutovat, prezentovat svoji práci)▪ Kompetence k řešení problémů (žák využívá teoretických poznatků k řešení situace v terénu, zvažuje možnosti řešení)▪ Kompetence sociální a personální (žák aktivně spolupracuje s ostatními žáky ve skupině)
Organizační forma výuky	Frontální, projektová, skupinová výuka (exkurze)
Metoda výuky	Práce s literaturou, diskuze, pozorování

Tabulka 3: Zařazení tématu do výuky spolu s výukovými cíli, kompetencemi žáka, organizačními formami a metodami výuky.

Protože se žáci na gymnáziích seznamují s tematickým celkem ekologie většinou až ve čtvrtém ročníku, tedy před maturitní zkouškou, zařadila bych studium vegetace do prvního ročníku jako součást velkého tematického celku biologie rostlin. Realizace by se uskutečnila prostřednictvím botanické exkurze a zpracováním projektu.

7.2 Projekt

Předmětem projektového vyučování je zadávání úkolů či problémů žákům souvisejících s praktickým životem. Důležitým předpokladem pro motivaci žáků je volba názvu projektu, jasně definován jeho cíl, obsah a realizace. Projektové vyučování přináší řadu výhod, mezi které se řadí například spolupráce žáků a učitele, širší a zajímavé téma, změna v tradičním vyučování, nebo možnost prezentovat své výsledky. Nevýhodou mohou být problémy spojené s organizací projektu, malá iniciativa žáků (učitelé navrhnou témata projektů) či omezující počet žáků podílejících se na projektu (Nezvalová 2006). Název projektu se odvíjí od jeho tématu. Tématem projektu je bylinná vegetace podrostu temperátního lesa. Název mohou žáci navrhnout sami, nebo za pomoci učitele.

7.2.1 Návrh žákovského projektu

Název projektu: Jarní aspekt vegetace vybraného lesa

Oblast vzdělávání, ročník: Biologie rostlin, 1. ročník

Cíl projektu, záměr:

Cílem projektu je, aby žáci v přírodních podmínkách lesa dokázali určit druhy rostoucí na dané ploše pomocí klíče nebo svých znalostí, zapsat fytoocenologický snímek a odhadnout stupně pokryvnosti podle Braun-Blanquetovy stupnice. Záměrem je vzájemná spolupráce žáků ve skupinách při práci v terénu, při zápisu zjištěných informací a jejich vyhodnocení a při prezentaci zjištěných výsledků.

Anotace:

Prostřednictvím projektu s názvem Jarní aspekt vybraného lesa žáci navštíví lesní prostředí, které je na jaře velmi podnětné. Žáci ve skupinách založí plochy, zapíší fytoocenologický snímek a pro pozdější srovnání a prezentaci vyfotí jednotlivé druhy vyskytující se na dané ploše. Následně představí svou plochu a prezentují své výsledky ostatním spolužákům. Konečné zpracování a vyhodnocení provede celá třída.

Délka projektu: 7 hodin

Obsah projektu:

Obsahem projektu bude seznámení žáků se studiem vegetace v hodinách biologie. Žáci navrhnou, jaký les by mohl být předmětem zkoumání, a sami ho zvolí. Žáci také navrhnou postup výzkumu, určí se skupiny a vhodné datum exkurze. Při realizaci založí skupiny studentů plochy o zvolené velikosti (od 50 do 200 m²), vytvoří vegetační snímek za pomoci klíče a svých znalostí ze systematiky, seznámí se s Braun-Blanquetovou metodou pokryvnosti, kterou nejdříve vyzkouší samostatně a následně porovnají získané výsledky uvnitř skupiny. Také vyfotí pomocí svých telefonů všechny druhy rostlin vyskytující se na dané ploše.

Výstup projektu:

Všechny skupiny budou na závěr prezentovat své výsledky výzkumné plochy ostatním skupinám a bude vyhodnocena plocha s největší, případně s nejmenší druhovou bohatostí. Celá třída udělá společně velký poster s vegetačními záznamy jednotlivých ploch a s fotkami druhů, které byly nalezeny na všech plochách.

Organizační zajištění:

Příprava na realizaci bude probíhat v učebně, žákům bude zapůjčen botanický klíč, kolíky, metr. Žákům budou jasné všechny pokyny, na stanovené místo se dopraví sami. Realizace bude probíhat ve zvoleném lese, vyhodnocení s posterem ve škole.

Vyhodnocení výsledků a hodnocení žáků:

Vyhodnocení provede každá skupina a u dané plochy informuje ostatní spolužáky o svých zjištěních. Konečné zpracování výsledků provede celá třída ve školním prostředí. Učitel na závěr ohodnotí výkon všech žáků, uvede pozitivní přínos práce, případně upozorní na negativní vlivy, pokud se vyskytly.

LITERATURA

- Bakker J. P., Olff H., Willems J. H. a Zobel M. (1996): Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics? *Journal of Vegetation Science* 7: 147–156.
- Beatty S. W. (1984): Influence of microtopography and canopy species on spatial patterns of forest understory plants. *Ecology* 65: 1406–1419.
- Bratton S. P. (1976): Resource division in an understory herb community: responses to temporal and microtopographic gradients. *The American Naturalist* 110: 679–693.
- Cohen W. B. a Goward S. N. (2004): Landsat's role in ecological applications of remote sensing. *BioScience* 54: 535–545.
- Czarnecka B., Rysiak A. a Chabudziński L. (2014): How a river course influences the species richness and ecological requirements on two opposite riverbanks in a forest area. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 84: 13–22.
- De Grandpré L., Gagnon D. a Bergeron Y. (1993): Changes in the understory of Canadian southern boreal forest after fire. *Journal of Vegetation Science* 4: 803–810.
- Erschbamer B., Niederfriniger Schlag R. a Winkler E. (2008): Colonization processes on a central Alpine glacier foreland. *Journal of Vegetation Science* 19: 855–862.
- Gilliam F. S., Hédli R., Chudomelová M., McCulley R. L., a Nelson J. A. (2014): Variation in vegetation and microbial linkages with slope aspect in a montane temperate hardwood forest. *Ecosphere* 5: 1–17.
- Gregory S. V., Swanson F. J., McKee W. A. a Cummins K. W. (1991): An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience* 41: 540–551.
- Guarino R., Willner W., Pignatti S., Attorre F., a Loidi J. J. (2018): Spatio-temporal variations in the application of the Braun-Blanquet approach in Europe. *Phytocoenologia*, 48: 239–250.
- Hédli R. (2005a): Sledování změn vegetace. In: Vačkář D. (ed.), *Ukazatele změn biodiverzity*, Academia, Praha, 171–194.
- Hédli R. (2005b): Co popisuje fytocenologie? O některých nedostacích střeoevropské fytocenologie. *Zprávy České botanické společnosti*, Praha, 40: 301–314.
- Holland P. G. (1971): Seasonal change in the shoot flora diversity of hardwood forest stands on Mont St. Hilaire, Quebec. *Canadian Journal of Botany* 49: 1713–1720.
- Huntley B. a Baxter R. (2013): Vegetation ecology and global change. In: Van der Maarel E. a Franklin J., *Vegetation ecology*, 2. vyd., John Wiley & Sons, 509–530.

- Hůda V. a Bělohoubek J. (2016): Využití bezpilotních prostředků v ochraně přírody. *Ochrana přírody* 5: 26–31.
- Huston M. (1979): A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113: 81–101.
- Chen Z., Chen W., Leblanc S. G. a Henry G. H. R. (2010): Digital photograph analysis for measuring percent plant cover in the Arctic. *Arctic* 63: 315–326.
- Chytrý M. (ed.), (2013): *Vegetace České republiky, 4. lesní a křovinná vegetace*. Academia, Praha.
- Jarkovský J., Littnerová S. a Dušek L. (2012): *Statistické hodnocení biodiverzity*. CERM, Brno.
- Kaneko K. a Nohara S. (2014): Review of effective vegetation mapping using the UAV (unmanned aerial vehicle) method. *Journal of Geographic Information System* 6: 733–742.
- Kubát K. (ed.) a kol. (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.
- Lepš. J. a Hadincová V. (1992): How reliable are our vegetation analyses? *Journal of Vegetation Science* 3: 119–124.
- Lepš J. a Šmilauer P. (2016): *Biostatistika*. Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- Levin S. A. (1992): The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1967.
- Lydersen J. M. a Collins B. M. (2018): Change in vegetation patterns over a large forested landscape based on historical and contemporary aerial photography. *Ecosystems* 21: 1–16.
- McEwan R. W. a Muller R. N. (2011): Dynamics, diversity, and resource gradient relationships in the herbaceous layer of an old-growth Appalachian forest. *Plant Ecology* 212: 1179–1191.
- Moravec J. a kol. (1994): *Fytocenologie*. Academia, Praha.
- Morgan J. L., Gergel S. E. a Coops N. C. (2010): Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. *BioScience* 60: 47–59.
- Morrison L. W. (2016): Observer error in vegetation surveys: A review. *Journal of Plant Ecology* 9: 367–379.
- Murphy S. J. a McCarthy B. C. (2014): Temporal change in the herbaceous understory community of an old-growth forest: from seasons to decades. *Plant Ecology* 215: 221–232.

- Müllerová J., Bartaloš T., Brůna J., Dvořák P. a Vítková M. (2017): *Metodika mapování invazních druhů pomocí dálkového průzkumu*. Botanický ústav AV ČR, Průhonice.
- Neuhäuslová Z. a kol. (1998): *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky (textová část)*. Academia, Praha.
- Pickett S. T. A., Cadenasso M. L. a Bartha S. (2001): Implications from the Buell-Small succession study for vegetation restoration. *Applied Vegetation Science* 4: 41–52.
- Pickett S. T. A., Cadenasso M. L. a Meiners S. J. (2013): Vegetation dynamics. In: Van der Maarel E. a Franklin J., *Vegetation ecology*, 2. vyd., John Wiley & Sons, 107–140.
- Poschlod P., Abedi M., Bartelheimer M., Drobnik J., Rosbakh S. a Saatkamp A. (2013): Seed ecology and assembly rules in plant communities. In: Van der Maarel E. a Franklin J., *Vegetation ecology*, 2. vyd., John Wiley & Sons, 164–202.
- Rabotnov T. A. (1974): Differences between fluctuations and successions. Examples in grassland phytocoenoses of the U.S.S.R. In: Knapp R., *Vegetation dynamics*, Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 21–24.
- Schnitzler A., Carbiener R. a Sanchez-Perez J-M. (1991): Variation in vernal species composition in alluvial forests of the Rhine valley, eastern France. *Journal of Vegetation Science* 2: 485–490.
- Silvertown J., Poulton P., Johnston E., Edwards G., Heard M. a Biss P. M. (2006): The park grass experiment 1856–2006: its contribution to ecology (essay review). *Journal of Ecology* 94: 801–814.
- Small C. J. a McCarthy B. C. (2002): Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. *Plant Ecology* 164: 37–48.
- TIBCO Software Inc. (2017): Statistica (data analysis software system), version 13. <http://statistica.io>.
- Tomášek M. (2007): *Půdy České republiky*. Česká geologická služba, Praha.
- Tremblay N. O. a Larocque G. R. (2001): Seasonal dynamics of understory vegetation in four eastern canadian forest types. *International Journal of Plant Sciences* 162: 271–286.
- Vellend M. (2010): Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology* 85: 183–206.
- Vittoz P. a Guisan A. (2007): How reliable is the monitoring of permanent vegetation plots? A test with multiple observers. *Journal of Vegetation Science* 18: 413–422.

- Vymazalová M., Axmanová I. a Tichý L. (2012): Effect of intra-seasonal variability on vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 23: 978–984.
- Vymazalová M., Axmanová I. a Tichý L. (2014): How does vegetation sampling in different parts of the growing season influence classification results and analyses of beta diversity? *Applied Vegetation Science* 17: 556–566.
- Vymazalová M., Axmanová I. a Tichý L. (2016): The role of vernal species in vegetation classification: a case study on deciduous forests and dry grasslands of Central Europe. *Phytocoenologia* 46: 9–20.
- Werger M. J. A. a Van Laar E. M. J. M. (1985): Seasonal changes in the structure of the herb layer of a deciduous woodland. *Flora* 176: 351–364.
- Xi W., Peet R. K. a Urban D. L. (2008): Changes in forest structure, species diversity and spatial pattern following hurricane disturbance in a Piedmont North Carolina forest, USA. *Journal of Plant Ecology* 1: 43–57.
- Xie Y., Sha Z. a Yu M. (2008): Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology* 1: 9–23.
- Yorks T. E. a Dabydeen S. (1999): Seasonal and successional understory vascular plant diversity in second-growth hardwood clearcuts of western Maryland, USA. *Forest Ecology and Management* 119: 217–230.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- Geoportál. In: [geoportal.gov](http://geoportal.gov.cz) [online], [cit. 26. 2. 2018]. Dostupné na: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- Mapy.cz. In: [mapy](http://mapy.cz) [online], [cit. 15. 3. 2018]. Dostupné na: <https://mapy.cz>
- Kubačka M., Opravil E. (2004): Naučná stezka Hvozdnice. Statutární město Opava. In: [natura-opava](http://www.natura-opava.org/opavsko/naucna-stezka-hvozdnice-20.html) [online], [cit. 5. 2. 2018]. Dostupné na: <http://www.natura-opava.org/opavsko/naucna-stezka-hvozdnice-20.html>
- Nezvalová D. (2006): Výukový proces. In: [esfmoduly.upol](http://esfmoduly.upol.cz) [online], [cit. 5. 2. 2018]. Dostupné na: http://esfmoduly.upol.cz/texty/vyuk_proces.pdf
- Pladias. Databáze české flóry a vegetace. In: pladias.ibot.cas [online], [cit. 16. 7. 2018]. Dostupné na: www.pladias.cz
- Povodí Odry (2016): Hvozdnice. In: [Pod](https://www.pod.cz) [online], [cit. 26. 2. 2018]. Dostupné na: https://www.pod.cz/atlas_toku/hvozdnice.html
- Zelený D. (2015): Zpracování dat v ekologii společenstev. Diverzita. In: davidzeleny.net [online], [cit. 16. 7. 2018]. Dostupné na: http://davidzeleny.net/wiki/lib/exe/fetch.php/zpradat:zpracovani-dat-4_2015.pdf

PŘÍLOHY

Příloha 1: Tabulky fotografických (bílé pozadí) a terénních (šedé pozadí) fytoocenologických záznamů pro jednotlivá období měření na dané lokalitě. Modré zbarvení textu značí rozdílné druhové složení, červené zbarvení textu značí rozdílnou pokryvnost podploh mezi fotografickými a terénními fytoocenologickými záznamy.

Fotografický fytoocenologický záznam																Fotografický fytoocenologický záznam																															
Datum: 25. 3. 2017 Lokalita: Slavkov u Opavy Nadmořská výška: 275 Velikost ploch (1, 2, 3, 4): 3 × 3 m Velikost podploh (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																Datum: 25. 3. 2017 Lokalita: Dolní Životice Nadmořská výška: 310 Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m Velikost podploh (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																															
Bylinné patro	Plocha č. 1					Plocha č. 2					Plocha č. 3					Plocha č. 4					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8										
	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃	e ₃	a ₄	b ₄	c ₄	d ₄	e ₄		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈						
<i>Aegopodium podagraria</i>						+	r	1	r	+											<i>Anemone nemorosa</i>	1	+	1	1	+	+	+	+	+	+																
<i>Anemone nemorosa</i>	1	1	1	1	1	1	+	+	1	1	1	1	+	1	1	1	1	1	+	+	<i>Asarum europaeum</i>	r	r	r		r																					
<i>Asarum europaeum</i>					r																<i>Corydalis cava</i>	+	+	+	1	1	+	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	r	+	r	r	r		
<i>Carex</i> sp.											+	+	+	r	r						<i>Dactylis glomerata</i> agg.																					r	r				
<i>Corydalis cava</i>				r		+	+	1	1		+	+	r	+	r						<i>Ficaria verna</i>			r		+		+	+	+	r																
<i>Ficaria verna</i>	+	+			+	+	r	+	+	r	r	1	1	r		1	2	+	2	r	<i>Galium aparine</i> agg.	r	r	r	r			+	r	1	+																
<i>Gagea lutea</i>						+	+	+	1	+											<i>Geranium phaeum</i>			+	r																						
<i>Galanthus nivalis</i>																				r	<i>Geranium robertianum</i> agg.			r	r						+	r															
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.	1	1	2	2	1	1	+	+	1	+	+	r	1	+	+					<i>Lamium maculatum</i>							1	1	1	r	+																
<i>Galium aparine</i> agg.	1	1	1	1	1	+	r	+	+	1	1	r	+	1	r	1	1	1	2	1	<i>Oxalis acetosella</i>	r				+																					
<i>Geranium phaeum</i>						2		1	r	1											<i>Poa nemoralis</i>									r		1	1	1	2	2	1	1	1	1	1						

<i>Lamium maculatum</i>						1	+	+	1	+						1	1	1	2	1	<i>Stellaria holostea</i>	2	1	1	1	1	1	1	+	1	+	2	1	1	1	+	1	2	1	1	1			
<i>Stellaria holostea</i>	1	+	1	+	1					r		+	r							+	1	2	<i>Symphytum tuberosum</i>						+	r	r		+											
<i>Symphytum tuberosum</i>											r			r						+		+	<i>Veronica hederifolia</i> agg.								+	+	+											
POČET DRUHŮ	5	5	4	5	6	9	8	9	9	9	7	7	7	7	5	4	4	6	6	6	POČET DRUHŮ	6	5	8	6	6	5	6	8	8	8	5	4	3	3	3	3	4	4	3	3			
14	7				10					8				7			14					9			9			5					4											

Fotografický fytoecnologický záznam										Fotografický fytoecnologický záznam																															
Datum: 14. 4. 2017 Lokalita: Slavkov u Opavy Nadmořská výška: 275 Velikost ploch (1, 2, 3, 4): 3 × 3 m Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m										Datum: 14. 4. 2017 Lokalita: Dolní Životice Nadmořská výška: 310 Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																															
Bylinné patro	Plocha č. 1					Plocha č. 2					Plocha č. 3					Plocha č. 4					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8				
	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃	e ₃	a ₄	b ₄	c ₄	d ₄	e ₄		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈
<i>Acer sp.</i>												r	r								<i>Acer sp.</i>	r	r	+			+		r	r	r	r	r			r	r	r			
<i>Aegopodium podagraria</i>						2	1	2	1	2												<i>Anemone nemorosa</i>	2	2	3	3	3	2	1	1	2	2									
<i>Anemone nemorosa</i>	4	4	4	4	4	2	+	2	2	2	4	4	3	3	3	4	3	3	3	2	<i>Asarum europaeum</i>	r	r	r		r															
<i>Anemone ranunculoides</i>						+		+	+	+											<i>Corydalis cava</i>	+	r	1	1	+	r	r	+	+		1	1	2	1	2	+	1	+	r	+
<i>Asarum europaeum</i>					r																<i>Cruciata glabra</i>																		+	+	
<i>Carex sp.</i>											+	2	1	+	1						<i>Dactylis glomerata</i> agg.																+	+			
<i>Corydalis cava</i>				r	r			+	+		+	r	r	+	+						<i>Euphorbia dulcis</i>	r	r																		
<i>Euphorbia dulcis</i>												r									<i>Ficaria verna</i>			+		1		r	1	+	r	r									
<i>Ficaria verna</i>	1	1		r	+		+	1	r	+	2	+	r		1	2	r	1	r	<i>Galeobdolon luteum</i> agg.						r															
<i>Gagea lutea</i>						+		+	+	+											<i>Galium aparine</i> agg.	r	+	+	+	r	+	+	+	1	1			r			r	r	r		
<i>Galanthus nivalis</i>																		r			<i>Geranium phaeum</i>	r		1	+																
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	r		r	r	+					<i>Geranium robertianum</i> agg.			r	r							1	r									
<i>Galium aparine</i> agg.	1	2	1	1	1	1	+	+	+	1	1		+	1	+	2	2	1	2	1	<i>Geum urbanum</i>												r								
<i>Geranium phaeum</i>						2		1	r	1											<i>Impatiens parviflora</i>			+						+	r	r		r							
<i>Lamium maculatum</i>						2	2	1	2	1						2	2	1	2	2	<i>Lamium maculatum</i>					2	1	2	r	1											
<i>Stachys sylvatica</i>						r	r	r	r												<i>Oxalis acetosella</i>	r	r			r															

<i>Stellaria holostea</i>	1	1	1	+	2				r		+	r				+	2	3	<i>Poa nemoralis</i>					+		+	r		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
<i>Symphytum tuberosum</i>							1		1		2	r	1	+	2		+	3	+	3	<i>Stachys sylvatica</i>			r																					
<i>Urtica dioica</i>							r	r												<i>Stellaria holostea</i>	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2				
<i>Veronica hederifolia</i> agg.									r											<i>Symphytum tuberosum</i>	r						3	2	4	1	3														
Neurčený druh č. 1					r															<i>Veronica hederifolia</i> agg.							1	1	+	1	1														
POČET DRUHŮ	5	5	4	5	7	10	8	12	13	11	7	7	9	7	7	4	5	6	7	6	Neurčený druh č. 2																					+	+		
21	8				15					10				7			Neurčený druh č. 3											r																	
																					POČET DRUHŮ	9	8	11	7	8	7	10	8	9	8	7	9	5	5	4	4	6	5	6	6	6			
																					23	15				11				10				8											

Fotografický fytoecnologický záznam															Terénní fytoecnologický záznam																												
Datum: 8. 5. 2017																																											
Lokalita: Dolní Životice																																											
Nadmořská výška: 310																																											
Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m																																											
Velikost podploh (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																											
Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8						
	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		
<i>Acer sp.</i>		+	r	1	r		r		r	r		+	r	r	r	r	r		+	+	<i>Acer sp.</i>		r	r	r	r		r			r		r	r	r	r	r	r	r	r	+		
<i>Anemone nemorosa</i>	1	2	2	2	2	1	+	r	1	1											<i>Anemone nemorosa</i>	2	2	2	3	2	+		r	r	r							r					
<i>Asarum europaeum</i>	+	+	r	r	r																<i>Asarum europaeum</i>	1	+	r	r	r																	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>																				r	<i>Brachypodium sylvaticum</i>																	r	r	r	r	+	
<i>Corydalis cava</i>			r													r	r	r		r	<i>Corydalis cava</i>				r	1															r		
<i>Cruciata glabra</i>																+			+	1	<i>Cruciata glabra</i>																r	r		r			
<i>Dactylis glomerata</i> agg.																r	1	+			<i>Dactylis glomerata</i> agg.																						
<i>Euphorbia dulcis</i>	r	r																			<i>Euphorbia dulcis</i>	r	r																				
<i>Ficaria verna</i>					1		r	r	1	+	r	r									<i>Ficaria verna</i>				+		r	r	1	r	r	r											
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.							+	+		+											<i>Galeobdolon luteum</i> agg.																						
<i>Galium aparine</i> agg.	r	+	+	1	+	1	1	+	2	2			r	r		r		r	r	<i>Galium aparine</i> agg.	1	+	+	1	+	2	2	r	3	2				r			1						
<i>Geranium phaeum</i>	r		1	1	r															<i>Geranium phaeum</i>	+		r	r	r																		
<i>Geranium robertianum</i> agg.			r	r							1	r								<i>Geranium robertianum</i> agg.				r						r	r												
<i>Geum urbanum</i>												r								<i>Geum urbanum</i>																							
<i>Glechoma hederacea</i> agg.																	r	r		<i>Glechoma hederacea</i> agg.																			r	r			
<i>Impatiens parviflora</i>			1		+						+	+	r		r					<i>Impatiens parviflora</i>																							

Fotografický fytoocenologický záznam															Terénní fytoocenologický záznam																										
Datum: 28. 5. 2017																																									
Lokalita: Dolní Životice																																									
Nadmořská výška: 310																																									
Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m																																									
Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																									
Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8				
	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈
<i>Acer sp.</i>		r	r	r	+		r		r	r	r	1	r			r	r		r	+	<i>Acer sp.</i>		r	r		r				r	r	r	r		r	r			r		
<i>Anemone nemorosa</i>	r	r	+	1	+	+		r	+	+											<i>Anemone nemorosa</i>	r	1	1	2	1	r	r	r	r	r										
<i>Asarum europaeum</i>	r	r	r		r																<i>Asarum europaeum</i>	r	r	r		r															
<i>Brachypodium sylvaticum</i>														r	1		r	r	1		<i>Brachypodium sylvaticum</i>														1	1	r	r	r		
<i>Cruciata glabra</i>																r			+	1	<i>Cruciata glabra</i>																1	1			
<i>Dactylis glomerata</i> agg.																r	2	1			<i>Dactylis glomerata</i> agg.															1					
<i>Euphorbia dulcis</i>	r	r																			<i>Euphorbia dulcis</i>	r																			
<i>Ficaria verna</i>											r										<i>Ficaria verna</i>																r				
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.							r	1		r											<i>Galeobdolon luteum</i> agg.																				
<i>Galium aparine</i> agg.	1	1	+	1	+	2	3	1	2	2		r	r	r		+		r	r	<i>Galium aparine</i> agg.	2	2	1	2	1	2	3	1	3	3			r	r		r					
<i>Geranium phaeum</i>	r		2	1	r																<i>Geranium phaeum</i>																				
<i>Geranium robertianum</i> agg.			r	r							2	r									<i>Geranium robertianum</i> agg.				r						r	r									
<i>Geum urbanum</i>												r									<i>Geum urbanum</i>																				
<i>Impatiens parviflora</i>		r	1		2	r					2	2	r		r						<i>Impatiens parviflora</i>				r	r					r	r	r								
<i>Lamium maculatum</i>						2	2	2	1	1											<i>Lamium maculatum</i>	r		r	r		1	2	2	1	1										
<i>Oxalis acetosella</i>		r	r		+	+	r	r	+	+											<i>Oxalis acetosella</i>	1	1	1		1	1	1	1	1	1										

15	7	8	6	3	16	7	8	7	3
----	---	---	---	---	----	---	---	---	---

Fotografický fytoecnologický záznam																	Terénní fytoecnologický záznam																													
Datum: 8. 7. 2017																																														
Lokalita: Dolní Životice																																														
Nadmořská výška: 310																																														
Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m																																														
Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																														
Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8									
	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈					
<i>Acer sp.</i>		+	r	+	+		r		r	r	r	r			r	r				r	<i>Acer sp.</i>	r	r	r	r	r		r		r	r						r			r						
<i>Asarum europaeum</i>	+	r	r	r	r																<i>Asarum europaeum</i>	r	r			r																				
<i>Brachypodium sylvaticum</i>														1	1	r	1			1	1	2	<i>Brachypodium sylvaticum</i>													1	1	r	2	2	2	2	2			
<i>Circaea lutetiana</i>																					<i>Circaea lutetiana</i>																									
<i>Cruciata glabra</i>																r		r	r	+	<i>Cruciata glabra</i>																r		r		r					
<i>Dactylis glomerata</i> agg.																r	2	2			<i>Dactylis glomerata</i> agg.																	1	1		r					
<i>Euphorbia dulcis</i>	r																				<i>Euphorbia dulcis</i>	r	r																							
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.							r			r											<i>Galeobdolon luteum</i> agg.																									
<i>Galium aparine</i> agg.				r	+		+														<i>Galium aparine</i> agg.	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r								r							
<i>Geranium phaeum</i>	r	r	2	2	r																<i>Geranium phaeum</i>																									
<i>Geranium robertianum</i> agg.			+	1										2	r						<i>Geranium robertianum</i> agg.				r	r					r	r														
<i>Geum urbanum</i>															r						<i>Geum urbanum</i>																									
<i>Glechoma hederacea</i> agg.																		r			<i>Glechoma hederacea</i> agg.																								r	
<i>Impatiens parviflora</i>		+	1	+	3	r								2	2	r		r			<i>Impatiens parviflora</i>				r	2	r																		+	r
<i>Lamium maculatum</i>						3	4	3	2	3											<i>Lamium maculatum</i>						2	3	3	2	2															
<i>Oxalis acetosella</i>	1	+	+	r	1	+	+	+	1	+											<i>Oxalis acetosella</i>	2	1	1	r	2	1	1	1	1	r															

<i>Stellaria holostea</i>	4	3	3	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	r	+	+	+	+	<i>Stellaria holostea</i>	3	3	3	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	r	1	1	1	1
Neurčený druh č. 2																r	r	r			Neurčený druh č. 2																r	r	r		
Neurčený druh č. 3												r									Neurčený druh č. 3																				
POČET DRUHŮ	7	6	8	8	6	4	4	3	4	5	5	7	3	4	4	5	4	7	3	5	POČET DRUHŮ	5	6	7	7	5	4	4	3	4	4	4	5	3	4	4	7	5	6	4	6
19	8			6			8			9			16			8			5			6			9																

Fotografický fytoocenologický záznam																	Terénní fytoocenologický záznam																											
Datum: 17. 9. 2017																																												
Lokalita: Dolní Životice																																												
Nadmořská výška: 310																																												
Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m																																												
Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																												
Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8							
	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈			
<i>Acer sp.</i>	r	+	r	+	+	r		r	r	r	r	r	r	r	r						<i>Acer sp.</i>	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r													
<i>Asarum europaeum</i>	+	r	r	r																	<i>Asarum europaeum</i>	r	r		r																			
<i>Brachypodium sylvaticum</i>												+	r	1		r	r	1			<i>Brachypodium sylvaticum</i>												1	1	1	1	1	1	1					
<i>Cruciata glabra</i>																r					<i>Cruciata glabra</i>																r	r	r					
<i>Dactylis glomerata</i> agg.														r	1	1					<i>Dactylis glomerata</i> agg.																1	1	1	1				
<i>Geranium phaeum</i>	r		r	+																	<i>Geranium phaeum</i>		r	r																				
<i>Geum urbanum</i>											r										<i>Geum urbanum</i>																							
<i>Glechoma hederacea</i> agg.																r	r				<i>Glechoma hederacea</i> agg.																	r	r					
<i>Impatiens parviflora</i>	r			r																	<i>Impatiens parviflora</i>																							
<i>Lamium maculatum</i>						3	4	3	2	2											<i>Lamium maculatum</i>						3	4	3	2	2													
<i>Oxalis acetosella</i>	1	+	1	r	2	1	+	+	1	+											<i>Oxalis acetosella</i>	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1													
<i>Poa nemoralis</i>											2	2	2	2	2	2	2	3	2		<i>Poa nemoralis</i>													4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	
<i>Quercus sp.</i>																			r		<i>Quercus sp.</i>																			r				
<i>Stachys sylvatica</i>	r	r	+	+																	<i>Stachys sylvatica</i>	r	r	r	r																			
<i>Stellaria holostea</i>	3	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	+	1	1	1	+		<i>Stellaria holostea</i>	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
Neurčený druh č. 2															+	r	+				Neurčený druh č. 2																		r	r	r			

POČET DRUHŮ	6	6	6	5	5	3	4	3	4	4	3	4	2	4	3	6	4	7	4	4	POČET DRUHŮ	5	5	5	5	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	5	4	6	5	5
16	7			4			5			9			14			6			4			4			8																

14	6	5	5	6	14	7	5	4	6
----	---	---	---	---	----	---	---	---	---

Fotografický fytoocenologický záznam															Terénní fytoocenologický záznam																																			
Datum: 28. 10. 2017																																																		
Lokalita: Dolní Životice																																																		
Nadmořská výška: 310																																																		
Velikost ploch (5, 6, 7, 8): 3 × 3 m																																																		
Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																																		
Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8					Bylinné patro	Plocha č. 5					Plocha č. 6					Plocha č. 7					Plocha č. 8													
	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈		a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	a ₆	b ₆	c ₆	d ₆	e ₆	a ₇	b ₇	c ₇	d ₇	e ₇	a ₈	b ₈	c ₈	d ₈	e ₈									
<i>Acer</i> sp.		r	r	+	r		r				r	r		r												r	r	r	r	r				r	r	r	r		r	r										
<i>Asarum europaeum</i>		r			r																					r	r			r																				
<i>Brachypodium sylvaticum</i>													r																																					
<i>Dactylis glomerata</i> agg.																																																		
<i>Galium aparine</i> agg.	r	r	r	+	+	1	+	+	+	1																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															
<i>Geranium phaeum</i>	r		1	r																								r	r																					
<i>Lamium maculatum</i>						2	3	2	1	2																					2	3	3	2	2															
<i>Oxalis acetosella</i>	+	r	r	r	+	r				r																1	1	+	r	+	r			r																
<i>Poa nemoralis</i>																+																				1	1	1	1	1	3	3	3	3	3					
<i>Quercus</i> sp.																																																		r
<i>Stachys sylvatica</i>		r	+	r																								r	r	r																				
<i>Stellaria holostea</i>	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	+	1	+	1	+						3	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2	3	3	2	2	1	3	2	1	+					
Neurčený druh č. 2																r																																		
POČET DRUHŮ	4	6	6	6	5	4	4	3	3	4	3	2	2	4	2	4	3	4	3	4						4	6	6	6	5	3	4	3	4	5	3	3	3	4	4	3	4	4	4	3	4				
13	7					5					4					6					12	7					5					4					5													

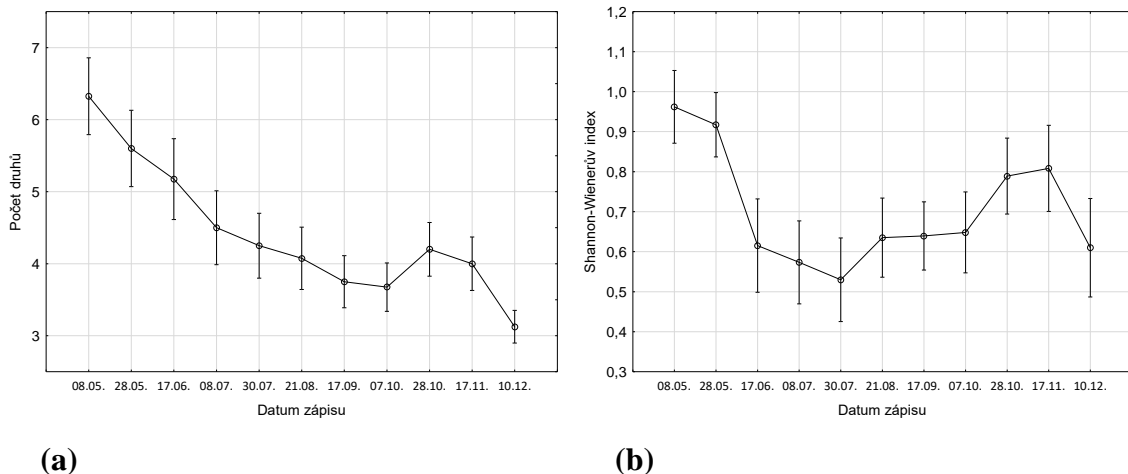
Fotografický fytoocenologický záznam														Terénní fytoocenologický záznam																											
Datum: 10. 12. 2017																																									
Lokalita: Slavkov u Opavy																																									
Nadmořská výška: 275																																									
Velikost ploch (1, 2, 3, 4): 3 × 3 m																																									
Velikost podploch (a, b, c, d, e): 1 × 1 m																																									
Bylinné patro	Plocha č. 1					Plocha č. 2					Plocha č. 3					Plocha č. 4					Bylinné patro	Plocha č. 1					Plocha č. 2					Plocha č. 3					Plocha č. 4				
	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃	e ₃	a ₄	b ₄	c ₄	d ₄	e ₄		a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃	e ₃	a ₄	b ₄	c ₄	d ₄	e ₄
<i>Aegopodium podagraria</i>								+	+												<i>Aegopodium podagraria</i>						+	+	r												
<i>Asarum europaeum</i>					r																<i>Asarum europaeum</i>					r															
<i>Carex</i> sp.											r	r	r		r						<i>Carex</i> sp.											+	+	+	r	+					
<i>Galeobdolon luteum</i> agg.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	+	r	+	+	+						<i>Galeobdolon luteum</i> agg.	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	+	+	+	r	+					
<i>Galium aparine</i> agg.	r	+	+	r	r	+	r	r	+	r	r		r	+	+	+	+	+	+	+	<i>Galium aparine</i> agg.	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	r	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Geranium phaeum</i>						+		+	+	+											<i>Geranium phaeum</i>						+	+	r	+											
<i>Lamium maculatum</i>						+	+	+	+	+						2	3	2	2	2	<i>Lamium maculatum</i>																3	3	3	3	3
<i>Stellaria holostea</i>	2	1	1	r	1						r	+	r		+			+	2	2	<i>Stellaria holostea</i>	1	1	2	1	2					r	r	+	+		r			1	2	2
POČET DRUHŮ	3	3	3	3	4	4	3	5	5	4	4	3	4	2	4	2	2	3	3	3	POČET DRUHŮ	3	3	3	3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	3	4	2	2	3	3	3
8	4					5					4					3					8	4					5					4					3				

Příloha 2: Výsledky diverzity pro terénní fytoecologické snímky.

1. Časová proměnlivost celkově

Za celé období měření bylo prostřednictvím terénních fytoecologických snímků zjištěno celkem 32 druhů. Druhová rozmanitost se pohybovala od 1 (nejnižší α diverzita) do 9 (nejvyšší α diverzita) v rámci podploch. Shannon-Wienerův index diverzity zjištěný pro podplochy fytoecologických snímků tvořil rozmezí od 0 do 1,71.

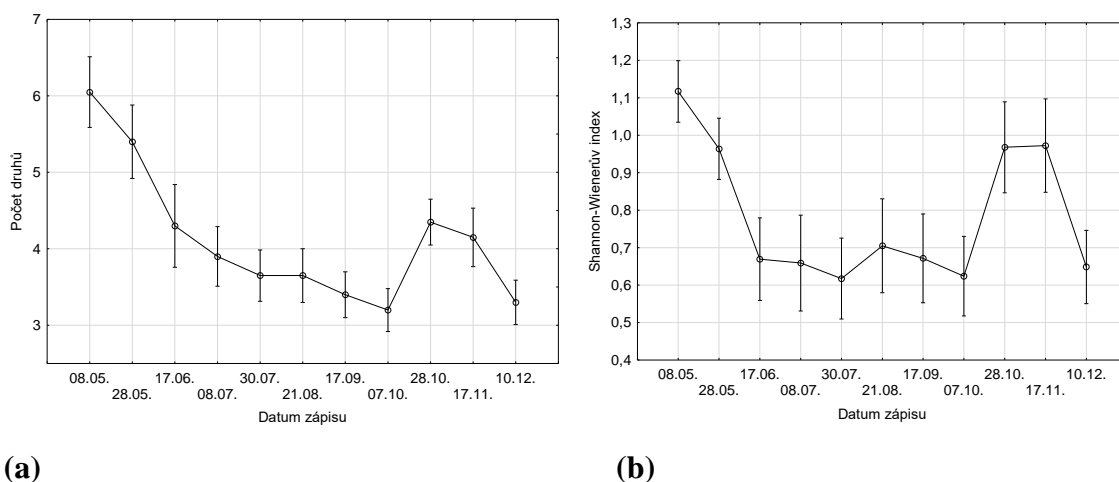
Počet druhů ve snímku se bez ohledu na lokalitu v průběhu zaznamenávání měnil (ANOVA pro opakovaná měření, $F_{10,380} = 46,433$; $p < 0,01$). Průměrně nejvíce druhů bylo zaznamenáno na jaře, poté docházelo k postupnému snižování (viz obr. 1) a následně došlo na podzim k mírnému zvýšení. Také prostřednictvím Shannon-Wienerova indexu diverzity byla zjištěna časová proměnlivost ($F_{10,380} = 14,498$; $p < 0,01$).



Obr. 1: Znáornění průměrů a intervalových odhadů pro (a) počet druhů a (b) Shannon-Wienerův index diverzity pro jednotlivé zápisy v roce 2017. Výsledek testu analýzy variance pro opakovaná měření je významný ($p < 0,01$).

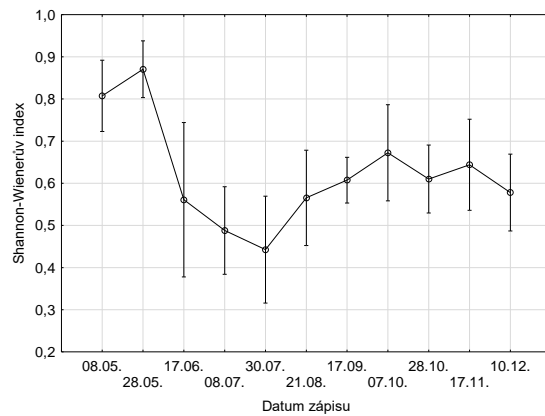
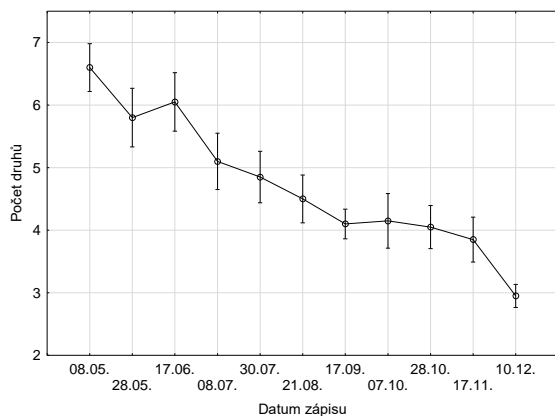
2. Časová proměnlivost na úrovni lokalit

Na základně testu analýzy variance pro opakovaná měření bylo zjištěno, že se diverzita ploch v lese u Slavkova v čase mění. Tato časová proměnlivost byla průkazná z hlediska počtu druhů ($F_{10,160} = 39,260$; $p < 0,01$) a také indexu diverzity ($F_{10,160} = 18,418$; $p < 0,01$). Na grafickém zobrazení tohoto výsledku (obr. 2), lze pozorovat nejvyšší diverzitu na jaře, poté postupný pokles, vyrovnání v období léta, a nakonec nárůst na podzim. Tento nárůst byl způsoben opětovným klíčením *Galium aparine* (svízel přítula).



Obr. 2: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Slavkova, která je výrazná ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

V Dolních Životicích byla časová proměnlivost druhové bohatosti průkazná z počtu druhů ($F_{10,160} = 44,101$; $p < 0,01$) a z indexu diverzity ($F_{10,160} = 9,314$; $p < 0,01$). Na obr. 3 lze pozorovat klesající trend, který v případě Shannon-Wienerova indexu v létě naopak roste a ke konci roku se vyrovnává.

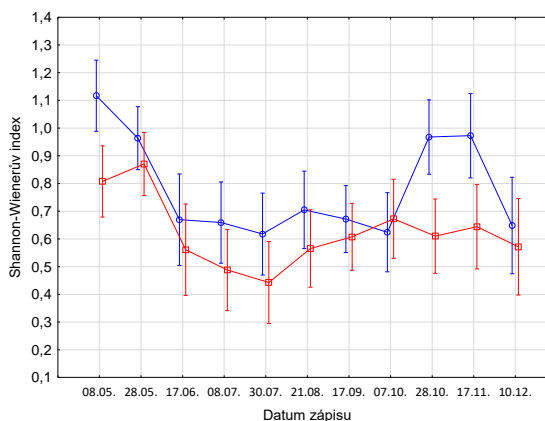
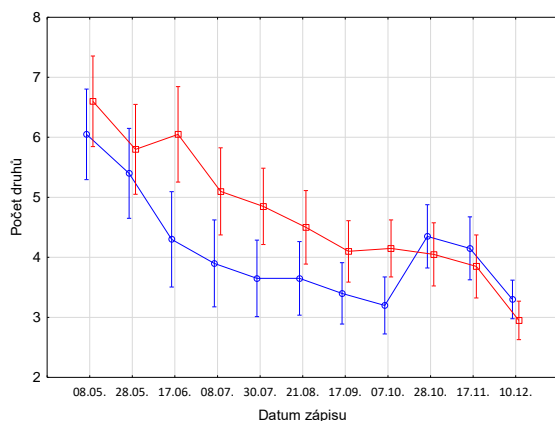


(a)

(b)

Obr. 3: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Dolních Životic, která je výrazná ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

Srovnáním obou lokalit s časovým faktorem byla zjištěna jejich odlišnost pro počet druhů i pro Shannon-Wienerův index diverzity. Na obr. 4 (a) lze vidět, že k největším překryvům došlo 28. 5., 28.10. a 17. 11. 2017. Na obr. 4 (b) lze sledovat největší překryvy 28. 5., 17. 6., 17. 9., 7. 10. a 10. 12. 2017. Na obou grafech lze zaznamenat rozdílné uspořádání křivek pro jednotlivé lokality.



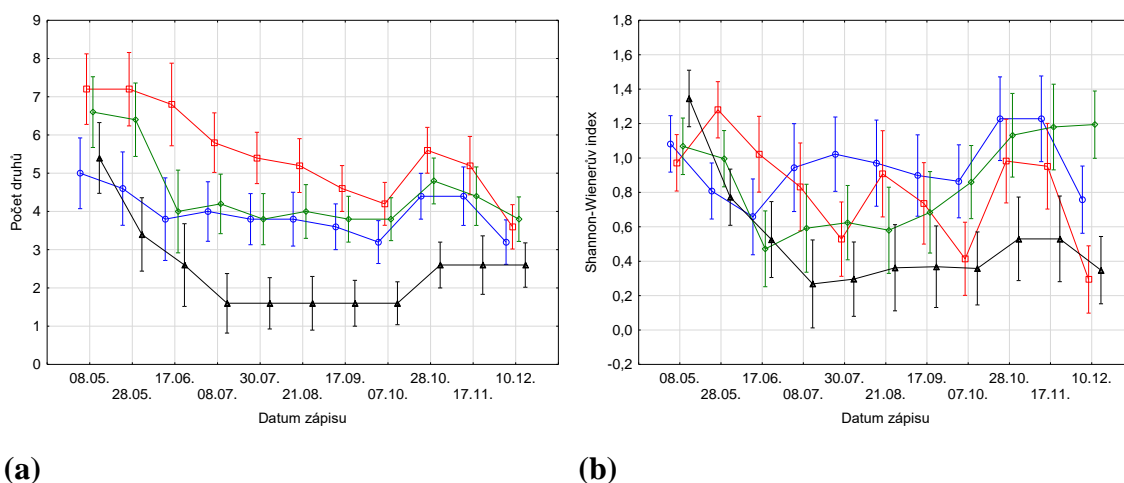
(a)

(b)

Obr. 4: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem v lese u Slavkova (modře) a u Dolních Životic (červeně), která je výrazná ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti v jednotlivých datech za rok 2017.

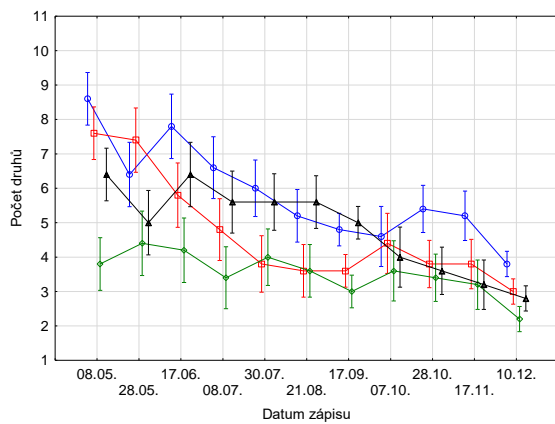
3. Časová proměnlivost na úrovni ploch

Prostřednictvím analýzy variance pro opakovaná měření byla také zjišťována interakce mezi datem zápisu a počtem druhů na každé ploše. V lese u Slavkova byl zjištěn signifikantní rozdíl ($F_{30,160} = 3,757$; $p < 0,01$) mezi těmito faktory, který je možné sledovat na obr. 5 (a). Na tomto obrázku lze pozorovat zpočátku klesající trend, který poté ustává a nakonec mírně roste. Tento rozdíl byl také ověřen prostřednictvím Shannon-Wienerova indexu ($F_{30,160} = 7,222$; $p < 0,01$).

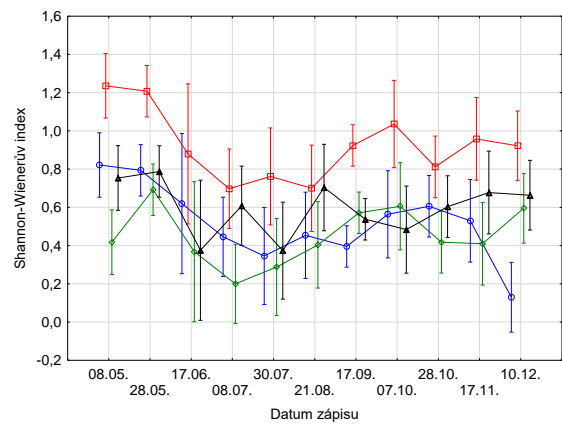


Obr. 5: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem na jednotlivých plochách v lese u Slavkova ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti pro každou plochu v jednotlivých datech za rok 2017. Modře je znázorněna plocha č. 1, červeně plocha č. 2, zeleně plocha č. 3 a černě plocha č. 4.

Časová proměnlivost v rámci jednotlivých ploch, která byla zjišťována v lese u Dolních Životic byla prokázána pro počet druhů ($F_{30,160} = 5,471$; $p < 0,01$) i pro Shannon-Wienerův index ($F_{30,160} = 2,504$; $p < 0,01$). Grafické znázornění lze pozorovat na obr. 16.



(a)



(b)

Obr. 16: Znázornění časové proměnlivosti druhové bohatosti vyjádřené (a) počtem druhů a (b) Shannon-Wienerovým indexem na jednotlivých plochách v lese u Dolních Životic ($p < 0,01$). V obou grafech jsou zaznamenány průměry a intervalové odhady druhové bohatosti pro každou plochu v jednotlivých datech za rok 2017. Modře je znázorněna plocha č. 5, červeně plocha č. 6, zeleně plocha č. 7 a černě plocha č. 8.

Příloha 3: Návrh zaznamenávání fenofází podplochy d₂ z fotografických snímků pro každé období měření.

Protože mě zajímala možnost vyhodnocování fenofází jednotlivých druhů rostlin z fotografického snímku, rozhodla jsem se udělat pouze určitý návrh. Vybrána byla plocha d₂ z důvodu nejvyšší druhové bohatosti (13 druhů) ze všech podploh k datu 14. 4. 2017. Zaznamenávání fenofází probíhalo prostřednictvím stupnice fenologie vegetace, přičemž i v případě výskytu jednoho jedince s daným znakem byl zapsán daný stupeň.

Stupnice fenologie vegetace:

1. Tvorba vegetativních orgánů (nadzemních)
2. Přítomnost starých vegetativních orgánů (z předešlého roku)
3. Tvorba poupat
4. Kvetení (otevřené květy; u trav tyčinky vysunuté z květu)
5. Konec kvetení a začátek tvorby plodů (přítomnost odkvetlých květů)
6. Přítomnost zralých plodů
7. Odumírání nadzemních orgánů (schnutí, vadnutí,...)



Lokalita: **Slavkov**
 Podplocha: **d2, 25. 3. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Anemone nemorosa: 1
Corydalis cava: 1, 3, 4
Ficaria verna: 1
Gagea lutea: 1, 3, 4
Galeobdolon sp: 1, 2
Galium aparine: 1
Geranium phaeum: 1,
Lamium maculatum: 1, 2



Lokalita: **Slavkov**
 Podplocha: **d2, 14. 4. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Anemone nemorosa: 3, 4, 5,
 6
Anemone ranunculoides: 5
Corydalis cava: 7
Ficaria verna: 4, 5, 6, 7
Gagea lutea: 7
Galeobdolon sp: 1
Galium aparine: 1
Geranium phaeum: 1
Lamium maculatum: 1, 3, 4
Stachys sylvatica: 1
Symphytum tuberosum: 1, 3
Veronica hederifolia: 1, 3,
 4



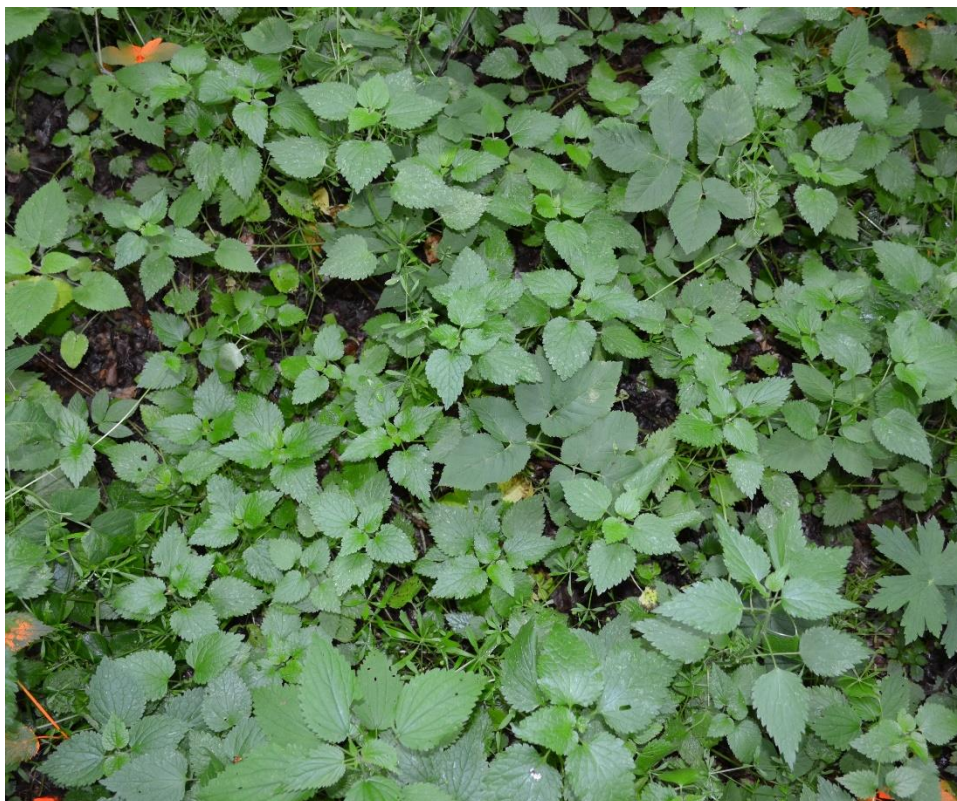
Lokalita: **Slavkov**
 Podplocha: **d2, 8. 5. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Anemone nemorosa: 6, 7
Ficaria verna: 7
Galeobdolon sp: 1, 3
Galium aparine: 1
Geranium phaeum: 1, 3
Lamium maculatum: 1, 3, 4
Stachys sylvatica: 1
Symphytum tuberosum: 4, 5



Lokalita: **Slavkov**
 Podplocha: **d2, 28. 5. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Anemone nemorosa: 7
Galeobdolon sp: 4
Galium aparine: 3, 4
Geranium phaeum: 3
Lamium maculatum: 1, 7
Stachys sylvatica: 1



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 17. 6. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Galeobdolon sp: 7
Galium aparine: 5, 6
Lamium maculatum: 7
Stachys sylvatica: 1, 4



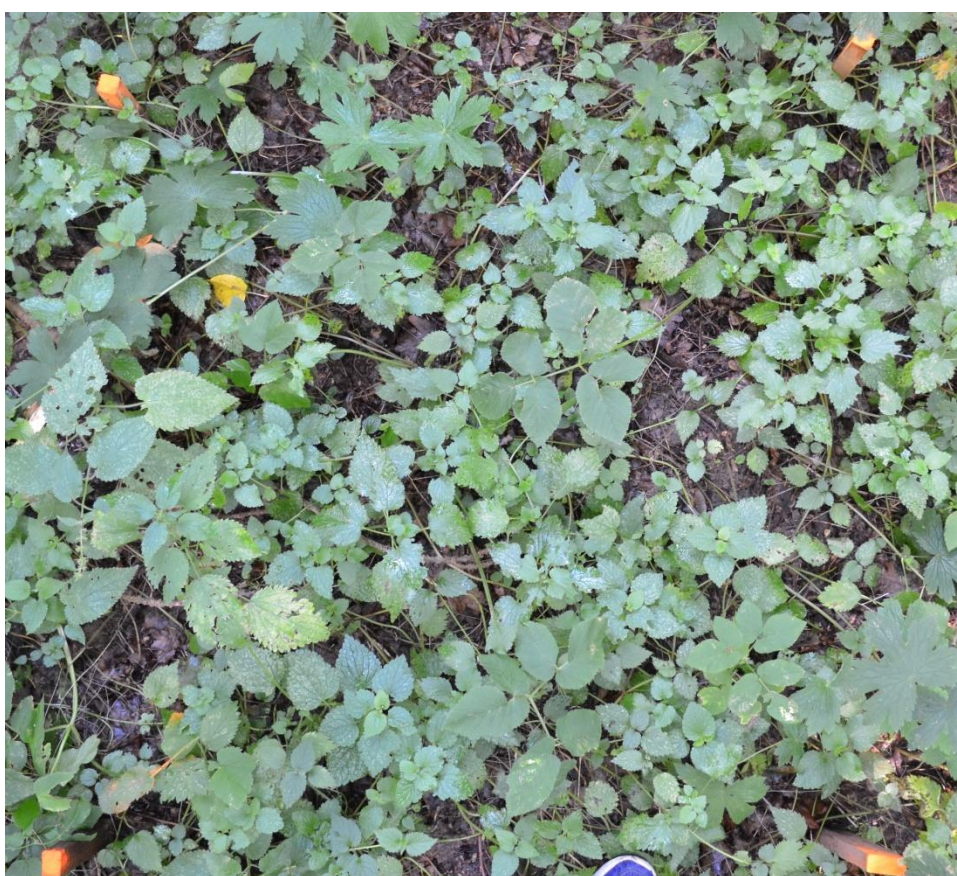
Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 8. 7. 2017**

Aegopodium podagraria: 1
Galeobdolon sp: 1, 7
Geranium phaeum: 7
Lamium maculatum: 1, 7
Stachys sylvatica: 4



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 30. 7. 2017**

Aegopodium podagraria: 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Geranium phaeum: 1, 4, 7
Lamium maculatum: 1, 7
Stachys sylvatica: 7



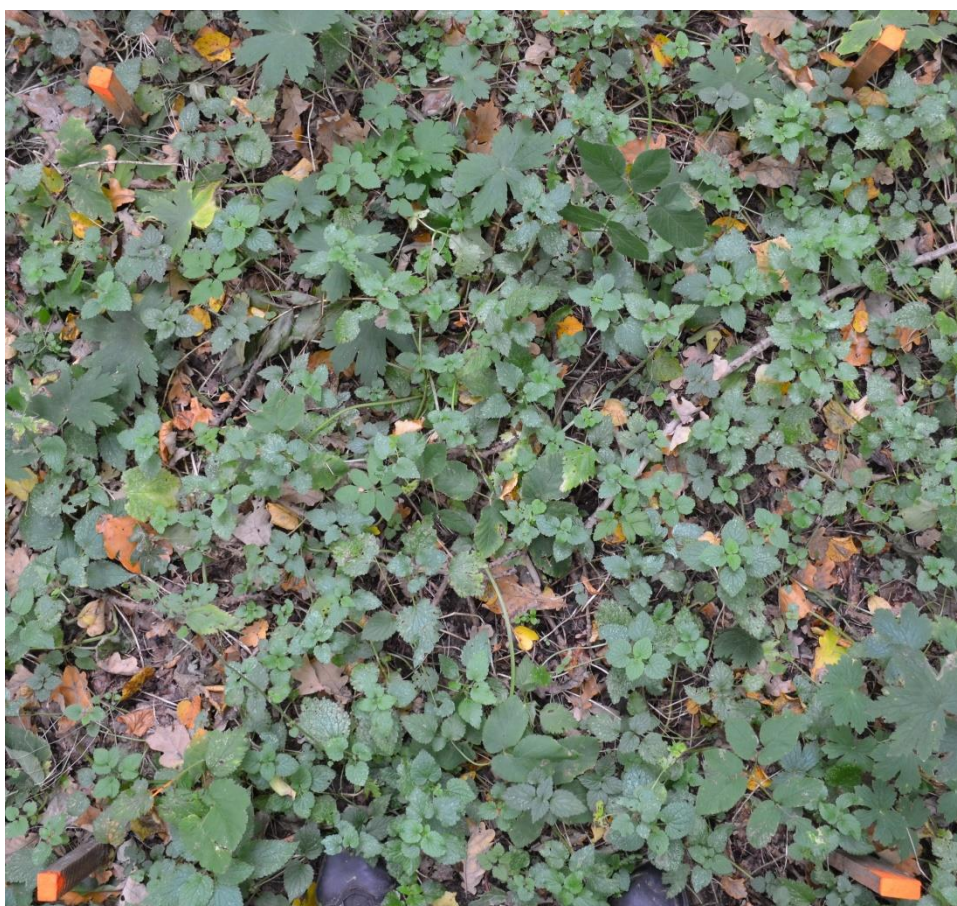
Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 21. 8. 2017**

Aegopodium podagraria: 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Geranium phaeum: 1, 7
Lamium maculatum: 1, 7
Stachys sylvatica: 7



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 17. 9. 2017**

Aegopodium podagraria: 1, 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Geranium phaeum: 1, 7
Lamium maculatum: 1, 7
Stachys sylvatica: 7



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 7. 10. 2017**

Aegopodium podagraria: 1, 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Geranium phaeum: 1, 7
Lamium maculatum: 1, 7



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 28. 10. 2017**

Aegopodium podagraria: 1, 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Galium aparine: 1
Geranium phaeum: 1, 7
Lamium maculatum: 1, 7



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 17. 11. 2017**

Aegopodium podagraria: 1, 7
Galeobdolon sp: 1, 7
Galium aparine: 1
Geranium phaeum: 1, 7
Lamium maculatum: 1, 7



Lokalita: **Slavkov**
Podplocha: **d2, 10. 12. 2017**

Aegopodium podagraria: 7

Galeobdolon sp: 7

Galium aparine: 1

Geranium phaeum: 7

Lamium maculatum: 7