

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



Bakalářská práce

**Sledování dlouhodobých změn lesní vegetace za  
použití historických fytoecologických snímků**

Monitoring of the long-term changes of woodland vegetation  
using historical phytosociological relevés

Alina Veverková

Praha 2010

Školitel: Mgr. MgA. Radim Hédli Ph.D.

Konzultant: Mgr. Martin Kopecký

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím citované literatury.

V Praze dne 30.4.2010

Alina Veverková

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá studiem dynamiky vegetace, možnými přístupy ke studiu a především pak pojednává o dlouhodobém výzkumu vegetace pomocí opakování fytoocenologických snímků. Jsou zde rozpracovány metodické problémy, se kterými se v tomto druhu výzkumu setkáváme, zejména nepřesná lokalizace původních snímků. Hlavním studovaným objektem je bylinné patro v lesním podrostu. Práce je literární rešerší vybraných publikací týkajících se tématu.

## **Abstract**

This bachelor thesis concerns in study of vegetation dynamics and possible approaches to research, in particular long-term vegetation research using repeating vegetation sampling with phytosociological relevés. This study work up methodology problems, especially imprecise localization of original plots. Main focus is on herb layer in forests. Thesis is review of selected literature about this subject.

## **Klíčová slova**

dynamika vegetace, fytoocenologický snímek, opakované snímkování, nepřesná lokalizace, polotrvalé plochy, dlouhodobý výzkum, změny ve vegetaci, bylinné patro

## **Key words**

vegetation dynamics, phytosociological relevé, repeated sampling, imprecise localization, semi-permanent plots, long-term research, herb layer, field layer

# Obsah

Abstrakt .....	3
Abstract .....	3
Klíčová slova .....	3
Key words .....	3
Obsah .....	4
1. Úvod .....	5
2. Studium dynamiky vegetace .....	7
3. Možné způsoby popisu dynamiky vegetace .....	8
4. Dlouhodobý výzkum .....	10
5. Fytocenologické snímky .....	12
5.1. Databáze snímků .....	13
5.2. Problémy a nedostatky vegetačního snímkování .....	14
6. Využití fytocenologických snímků při dlouhodobém studiu vegetace .....	15
6.1. Přesná poloha .....	17
6.2. Přibližná poloha .....	18
6.2.1. Pseudoturnover .....	18
6.2.2. „Strategie I.“ .....	19
6.2.3. „Strategie II.“ .....	21
6.3. Žádná informace o poloze .....	22
7. Závěr .....	23
8. Poděkování .....	24
9. Literatura .....	25

# 1. Úvod

Pro studiu dlouhodobých procesů, trendů a změn v prostředí (ekologická sukcese) je velmi vhodné používat rostlinných druhů jako ukazatelů a indikátorů ekologických změn. Jednotlivé rostlinné druhy mají různě specifické nároky na prostředí, tzv. ekologické niky (Begon et al. 1997). Na gradientech důležitých faktorů prostředí (například světlo, pH, půdní živiny, vlhkost) mají jednotlivé druhy svá optima (podmínky s největšími četnostmi daného druhu) a rozmezí, za kterými už jsou limitovány hodnotami faktoru. A jelikož se hodnoty environmentálních faktorů v relativně krátkém čase mění, zatímco preference jednotlivých druhů se mění spíše v evolučním čase a na velkých geografických škálách, distribuce druhů a celých rostlinných společenstev potom poměrně dobře odráží změny podmínek prostředí. Pokud máme data o výskytu rostlinných druhů z určitého časového rozpětí, můžeme analyzovat časovou změnu a interpretovat ji jako změnu prostředí.

V této práci se budu nejprve věnovat možným způsobům studia dynamiky vegetace, poté se zaměřím především na použití opakovaného fytoecnologického (či obecně vegetačního) snímkování. Počátek přibližně standardizovaného fytoecnologického snímkování jako metody popisu vegetace se datuje na začátek dvacátého století a s postupem času intenzita snímkování roste (Chytrý & Rafajová 2003). Vegetační záznamy se postupem času vyvinuly ve specifické odvětví botaniky široce nazývané jako „fytoecnologie“.

Fytoecnologické snímky lze opakovat a tím získat informaci o proběhlé změně v rostlinných společenstvech. Studie, kde se opakují zápisy fytoecnologických dat ze stejných lokalit, začínají být stále běžnější i v mezinárodním měřítku (týká se Evropy a severní Ameriky) a dovolují vegetaci analyzovat s čím dál větším časovým rozpětím.

Ačkoliv nejpresnějším přístupem pro kvantifikaci dlouhodobých změn vegetace jsou trvalé plochy, jejich použití má i řadu nevýhod. Některé hlavní nedostatky opakovaných fytoecnologických snímků lze částečně odstranit (např. Ross et al. 2010). Asi hlavním problémem je nepřesná lokalizace původních snímků. Typickou vlastností fytoecnologických snímků je, že jejich přesná poloha není v terénu přesně

vyznačena. Teprve v poslední době se jejich pozice zaměřuje pomocí GPS, ale tím také nedosáhneme absolutní přesnosti (srovnatelné s trvalými plochami). Proto náš nový snímek s největší pravděpodobností nebude ležet na přesně stejném místě a my musíme mít toto v patrnosti.

V dalších kapitolách bych se chtěla věnovat problémům vegetačního snímkování, a hlavně pak právě nepřesné lokalizaci snímků při jejich opakování. Přístupů, jak se postavit k tomuto problému, je více.

Mým předmětem zájmu je lesní vegetace mírného pásu. Protože bylinné patro v těchto lesích, a obzvláště těch starých, nejvíce přispívá k celkové lesní diverzitě vegetace, je prioritou výzkumů zaměřená právě na přízemní vrstvy vegetace. Porozumění komplexním odpovědím této vrstvy na změny prostředí je nezbytné pro zachování fungování lesních ekosystémů a jejich diverzity (Van Calster et al. 2007; Corney et al. 2008; Baeten et al. 2009).

Za hlavní motory změn v bylinném patře lesních komplexů jsou považovány:

1) Acidifikace a s ní často spojená eutrofizace substrátů. Příčinou jsou stále stoupající depozice dusíkatých sloučenin a ve druhé polovině 20. let vrcholící vzdušné depozice sloučenin síry. V současné době je spád dusíku považován za jeden z hlavních globálních antropogenních faktorů ovlivňujících biosféru (Diekmann & Dupré 1997; Bobbink et al. 2010).

2) Změny lesního hospodaření (managementu). V Evropě se v posledních zhruba 200 letech značně změnily hospodářské praktiky – v hustě osídlených oblastech vedly ke změnám od otevřeného lesa s bohatým podrostem a roztroušenými dominantami starých stromů až k vytvoření obvykle stejnověkého lesa s hustým korunovým zápojem. To poté vede ke zvyšujícímu se zástínu podrostu a následnému ubývání světlomilných druhů v bylinném patře (Baeten et al. 2009; Hédal et al. 2010).

3) Klimatická změna, konkrétně v současnosti hojně diskutované globální oteplování. Pravděpodobně bude mít v budoucnu stále větší podíl na změnách v ekosystémech. To se projevuje posunem druhových areálů do vyšších nadmořských výšek nebo sukcesní změnou společenstev v arktických podmínkách (Lenoir et al. 2009).

## 2. Studium dynamiky vegetace

Analýza rostlinných společenstev je první fází studia dynamiky vegetace. Jejím účelem je postihnout znaky vyplývající ze struktury a druhového složení společenstva a stručně je popsat pro další zpracování, které může sledovat různé cíle, např.: poznání vegetace určitého území vymezením vegetačních jednotek, jejich inventarizací a klasifikací; studium vlivu ekologických faktorů na složení společenstev a jejich rozmístění v území; sledování změn (dynamiky); hodnocení kvality jejich biomasy aj. (Moravec et al. 1994).

Důvody studia dynamiky vegetace jsou rozmanité. Primárně se zájem soustřeďuje na vegetaci samu o sobě, tj. jaké je složení společenstev, proč je takové, jaké je, z jakého důvodu jsou některá společenstva bohatší než jiná aj. V poslední době se pozornost zaměřuje také na změny v ekosystémech, jejich projevy, mechanismy, dopady a následně možná vysvětlení a předvídání směru sukcese (Bakker et al. 1996). Tyto změny prostředí jsou řízeny buď přirozenými procesy, anebo souvisejí přímo či nepřímo s činností člověka a jejími důsledky. Z nabytých poznatků poté můžeme vyvozovat důsledky pro ochranu přírody a výběr vhodného způsobu hospodaření.

Změny řízené přirozenými procesy vznikající ve složení rostlinného společenstva jsou buď adaptační změny vyvolané periodickými změnami vnějšího prostředí (podle délky intervalu lze jejich působení rozdělit na cirkadiánní, lunární a sezónní), nebo změny spojené s náhlými extrémními změnami prostředí (disturbance), nebo změny vyvolané komplexním působením nejen vnějšího prostředí, ale i existencí a projevy rostlin ve společenstvu (Slavíková 1986). Řídícím mechanismem změn spojených s činností člověka může být např. vzrůstající antropogenní znečištění, atmosférická depozice, s tím související acidifikace a eutrofizace prostředí, změna tradičního managementu, selektivní kácení, fragmentace krajiny, invaze nepůvodních druhů, přemnožení velkých kopytníků a další (Rooney et al. 2004; Taverna et al. 2005).

Změny struktury společenstva v čase jsou důsledkem změn v jednotlivých populacích rostlin. Možné události jsou:

- Úbytek druhů s úzkou ekologickou valencí, specialistů, vzácných druhů, na které má přímý vliv změna určitého faktoru prostředí (teplota, vlhkost, dostupnost světla, pH, živiny, herbivoři, disturbance atd.) a naopak zvýšení počtu generalistů.
- Úbytek druhů, které jsou v symbióze s jinými organismy. Tím pádem na ně změna faktoru prostředí nemusí působit přímo a stačí, aby působila na některého symbionta.
- Rozšíření introdukovaných, nepůvodních druhů.
- Zvýšení počtu kosmopolitních či široce rozšířených druhů.
- Biotická homogenizace. Tím se rozumí zvyšující se podobnost mezi společenstvy v čase. Narůstající similarita odráží změny v druhové kompozici dané lokálními imigracemi a extinkcemi. Biotickou homogenizaci můžeme rozpoznat na třech úrovních – genetické, taxonomické a funkční (Keith et al. 2009).

### **3. Možné způsoby popisu dynamiky vegetace**

Dynamiku vegetace můžeme zkoumat různými způsoby na různých měřítkách v prostoru a v čase. Sledování může být jednak pasivní, neintervenční nebo manipulativní, kdy se nějakým způsobem upravují podmínky prostředí, např. pastevní, vypalovací, hnojící pokusy atd. (např. Sassi et al. 2009).

Pro výzkum v prostorových měřítkách na krajinné úrovni lze využít již zmiňované letecké a družicové snímky, popřípadě historické mapy (Bowman 2001). Na menších škálách se používají každoroční záznamy z trvalých ploch, z nichž je mnoho zaznamenáváno s větším důrazem na detail – používají např. v rámci ploch mřížku s jemnějším měřítkem (Bakker et al. 1996; Herben 1996; Engelmark 1998). Dále to jsou opakované fytoecologické snímky, floristické soupisy či záznamy parametrů vybraných druhů po několika letech (např. Fischer & Stöcklin 1997; Wiegmann & Waller 2006; Van Calster 2007; Rogers et al. 2008). Nejjemnější

prostorové měřítko ke studiu vegetačních změn se používá v populační biologii rostlin ke studiu jedinců, nebo jejich ramet, které jsou v terénu přímo označeny (např. Denisiuk 2009).

Temporální změny vegetace lze zkoumat v různých časových měřících. Srovnávací studie s největším časovým rozpětím provádí paleobotanika, kde se využívá tzv. „přírodních archivů“ – rašeliniště, vápenité sedimenty atd. Předmětem výzkumu jsou rostlinné makrozbytky, zuhelnatělé fragmenty dřev (antrakologie), pylová zrna (palynologie) (DiMichele & Phillips 1994).

Na časových měřítkách v řádech roků, desítek až stovek let lze využít ke srovnávání data z „lidských archivů“, jako jsou například historické mapy, mapy z vojenských mapování, družicové a letecké snímky staršího data (fotogrammetrie) (Niang et al. 2008). Dále to jsou stará vegetační data či floristické soupisy, které nacházíme v celé řadě literárních zdrojů, v podobě záznamů z trvalých ploch nebo fytoecologických snímků (např. Engelmark et al. 1998; Woods 2000; Baeten et al. 2009; Hédli et al. 2010).

Analýzou trvalých ploch získáme nejvíce spolehlivá (co se týče přesnosti kvantifikace časové změny) data k dlouhodobému výzkumu. Tyto plochy jsou v dané lokalitě označeny, známe jejich přesnou polohu a můžeme je tedy opakovaně navštěvovat a zaznamenávat výskyt všech rostlin, jejich biomasu, pokryvnost atd. Hlavní výhodou zavedení systému trvalých ploch je, že nám umožní zcela odfiltrovat prostorovou variabilitu od zkoumané časové změny, a následně popsat změnu ve vegetaci a generovat hypotézy na příčiny a mechanismy druhové výměny během sukcese, které se potom testují různorodými manipulativními pokusy (Bakker et al. 1996; Herben 1996; Herben & Münzbergová 2003).

V rámci jedné vegetační sezóny lze provádět fenologický průzkum. Fenologie se zabývá časovými průběhy základních životních projevů v souvislosti s ročním obdobím. Fenologickou fází (fenofází) rozumíme dobře rozeznatelný a zpravidla každoročně se opakující projev orgánů vývoje sledovaných rostlin. Získané fenologické údaje lze poté meziročně srovnávat (např. Gordienko & Sokolov 2009).

Jednou z možností studia dynamiky vegetace je použití starých datových souborů, které je možné poté srovnávat se současnou podobou rostlinných společenstev. Při studiu si pokládáme otázku, zda se liší dnešní vegetace od vegetace v minulosti a čím (Herben & Münzbergová 2003). Dlouhodobé retrospektivní studie jsou nezbytné pro detekci ekologické změny v ekosystémech. Nicméně tento druh výzkumu je limitován prostým faktem – a to nedostatkem kvalitních historických dat (např. Nygaard & Ødegaard 1999; Hédl 2004; Wiegmann & Waller 2006).

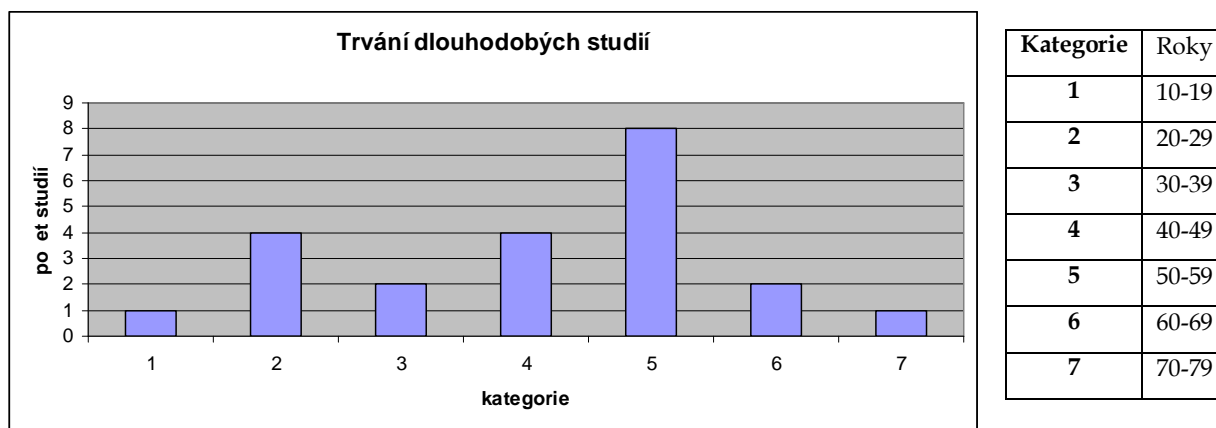
Jiný přístup při studiu vegetační dynamiky je použití chronosekvencí, kde nahrazujeme průběh sukcese v čase za prostorovou heterogenitu (tzv. *space-for-time substitution*). Provádíme tedy odhad obratu druhů na lokalitách různého sukcesního stáří. Chronosekvence se používají při studiu primární i sekundární sukcese. Předpokladem těchto výzkumů je, že studované plochy v prostoru měly výchozí podmínky stejné a tudíž se liší pouze stářím a dále, že během sukcesního vývoje panovaly na jednotlivých plochách shodné podmínky – abiotické i biotické. Pokud jsou tyto předpoklady splněny, potom každá plocha bude opakovat sukcesní sérii každé další plochy až k současnému stáří (např. Johnson & Kiyoko 2008; Smithwick et al. 2009). Chronosekvence jsou považovány za užitečný nástroj, který může být zdrojem hypotéz, ale je nejistý z hlediska hlubšího poznání sukcesních změn právě kvůli problému rozdílné historie jednotlivých ploch (Bakker et al. 1996; Zmeškalová 2009).

Metody studia dynamiky vegetace jsou často specifické jednak pro účel zjištění, jednak pro časově-prostorovou škálu. Jednoduše, každou metodu lze využít jen v určitých podmínkách, pro určitá data.

#### **4. Dlouhodobý výzkum**

Pojem „dlouhodobý výzkum“ se v různých vegetačních studiích objevuje často. Co si ale pod tímto pojmem představit? Jak ideálně dlouho trvá dlouhodobá studie? Na tuto otázku není jednoznačná odpověď, většinou jsme limitováni právě omezeným množstvím historických dat a studií, které s nimi pracují.

Bakker et al. (1996) během setkání v Groningenu určili minimální délku trvání dlouhodobé studie na 10 let. Persson (1980) uvádí, že při studiu dlouhodobých změn v lesní vegetaci, kde jsou změny závislé na vývoji keřového a stromového patra, je nezbytné, aby výzkum trval přes několik desetiletí. Rozdíly v délce trvání studií jsou však značné (Graf 1).



Graf 1. Zobrazení délky trvání dlouhodobého výzkumu z výběru 22 šlong-termo studií z let 1980-2010.

Prvenství v délce trvání monitoringu nese Park Grass Experiment (PGE), kde se pracuje s trvalými plochami. Založen byl v roce 1856 v Rothamstedu v Anglii. Původním cílem tohoto experimentu bylo zodpovědět otázky týkající se zemědělství (vliv různých hnojiv na výnos louky), ale postupem času se zaměření rozšířilo na různá jiná ekologická témata. Důležitý je z hlediska rozpoznání ekologických procesů a péče o životní prostředí. K ekologii obecně přispěl PGE také tím, že pomohl vědcům k pochopení obrovského významu dlouhodobých studií a inspiroval k založení podobných experimentů na jiných místech (Silvertown et al. 2006).

O překonání nedostatků a omezení krátkodobého projektového financování výzkumu se snaží Koncept dlouhodobého ekologického výzkumu (LTER; *Long-Term Ecological Research*). Jeho idea vznikala postupně a navazuje na nejlepší tradice ekosystémového výzkumu a dlouholetého ekologického monitoringu. K nejdéle sledovaným lokalitám patří právě Park Grass Experiment. V devadesátých letech se

myšlenka dlouhodobého výzkumu rozšířila a byl iniciován vznik mezinárodní sítě (ILTER). ILTER se skládá ze stále se rozšiřující sítě vědeckých pracovišť, zabývajících se dlouhodobým ekologickým výzkumem jednak na velkých časových škálách („paleo-“ bádání) a jednak na menších časových škálách maximálně několika desítek let pomocí experimentů nebo srovnávání různě starých vegetačních dat se současným stavem vegetace. Posláním ILTER je zlepšit chápání fungování globálních ekosystémů a nabízet řešení současných a budoucích problémů životního prostředí. ILTER je zajímavý také svým přesahem do socio-ekonomické kulturní sféry a spoluprací na projektech programu UNESCO. Mezi prioritní směry LTER v Evropě patří výzkum biodiversity, ekosystémových služeb, klimatické změny, adaptivních strategií, udržitelných socio-ekologických systémů atd. (Anderson et al. 2008)

Ke zhodnocení dlouhodobých změn ve složení společenstev musíme tedy buď provádět dlouhodobé monitorovací programy pomocí trvalých ploch, nebo srovnat data současné podoby vegetace s historickými daty. Paralelou trvalých ploch, které je třeba stále udržovat a z nichž data, až na výjimky nesahají hlouběji do minulosti, jsou fytoecologické snímky. Těm se budu detailněji věnovat v následující kapitole.

## 5. Fytoecologické snímky

Základní a již více či méně standardizovanou jednotkou sběru fytoecologických dat jsou fytoecologické snímky (v angličtině se používá termín *phytosociological relevé*). Na rozdíl od trvalých ploch nejsou v prostoru přesně ohraničené a obvykle ani zcela přesně umístěné. Jedná se o soupis druhů v dané ploše se záznamy o pokryvnosti jednotlivých druhů, pokryvnosti jednotlivých vegetačních pater a celkové pokryvnosti uvedenou v procentech zakryté plochy. Pokryvnosti druhů se odhadují s pomocí různých stupnic. Klasicky se používá Braun-Blanquetova stupnice pokryvnosti a početnosti (další varianty mohou být například Dominova stupnice, Londova decimální stupnice, Hult-Sernanderova – Du Rietz stupnice, procentuální stupnice aj.) (Van Calster et al. 2007; Ross et al. 2010; Baeten et al. 2009; von Oheimb & Brunet 2007). Dále mohou být u snímku uvedeny informace, které souvisí se

zaměřením studie, např. údaje kvantitativního složení biomasy atd. (Moravec et al. 1994).



Obr. 1. Příklad vymezení fytoecenologického snímku v rostlinném společenstvu (Moravec et al. 1994)

Vegetační výzkum, který je založen na snímkování ploch má v Evropě dlouhou tradici. Počátek používání fytoecenologických snímků se datuje okolo roku 1920, tj. používají se bezmála devadesát let (Chytrý & Rafajová 2003).

Tento základní přístup k fytoecenologii se stal standardem pro mnoho evropských vědců věnujícím se studiu vegetace (zde je na mysli především Curyšsko-montpelliérský směr fytoecenologie). Základem je popis vegetace v pravidelně tvarovaných plochách, tj. zjištění celkové druhové skladby a dalších floristických proměnných (pokryvnost, frekvence výskytu, aj.) a následná analýza dat. Velké množství fytoecenologických studií vyústily k postupnému sestavování lokálních a regionálních vegetačních typů založených na klasifikaci snímekovaných relevé (Schaminée et al. 2009).

### **5.1. Databáze snímků**

Po mnoho let byla vegetační data tříděna a analyzována „ručně“. Na konci osmdesátých let minulého století se digitalizace dat začínala stávat dostupnější

s vývojem osobních počítačů a specializovaných softwarů. Začaly vznikat různé národní databáze, které snímky digitalizují, archivují a usnadňují pracování s daty. Tato vegetační data jsou primárně používána pro klasifikaci vegetace a jako zdroj informací o prostorové distribuci vegetace, které se potom dále využívají v ochraně přírody, lesním managementu, ale i pro různé jiné účely, jako je například zjišťování změny ve vegetaci, definování hlavních enviromentálních gradientů, kalibrování indikačních hodnot pro druhy, mapování distribuce jednotlivých druhů a modelování potencionální distribuce druhů a rostlinných společenstev.

Ewald (2001) uvedl, že počet snímků se celosvětově pohybuje okolo jednoho miliónu. Toto číslo však rapidně narůstá, a to díky neustále probíhajícím výzkumům a díky postupnému přidávání zatím nedigitalizovaných snímků do databází. Jenom v Evropě je dnes již více než 4 300 000 snímků. V rámci Evropy je potom nejvíce snímků zaznamenáno ve střední a západní části. V této oblasti je totiž silná tradice vegetačního snímkování pro klasifikační účely (Chytrý & Rafajová 2003; Schaminée et al. 2009).

V České republice funguje projekt České národní fytoecnologické databáze. V listopadu 2002 databáze obsahovala 54 310 snímků z období 1922-2002. Vývoj databáze je spojen s výzkumem struktury velkých fytoecnologických datových souborů a s testováním formalizovaných metod vegetační klasifikace a datové analýzy (Chytrý & Rafajová 2003).

## ***5.2. Problémy a nedostatky vegetačního snímkování***

Problémem každé fytoecnologické databáze je nevyrovnaná kvalita dat. Nejzávažnější chyby jsou ty, které vznikly přímo při činnosti v terénu. Jedná se například o přehlédnutí nebo špatnou identifikaci druhu. V publikovaných fytoecnologických snímcích je jen malá část druhů označena jako „neidentifikovaná“ nebo „identifikovaná s nejistotou“. Přesto jsou ale pochyby ohledně určování druhů, hlavně mladých individuí, běžné.

Dále se setkáváme s problémem subjektivních odhadů pokryvnosti jednotlivých taxonů. Nejčastěji je pokryvnost odhadována vizuálně, potom je na místě otázka, jak vyhodnotit přesnost a jakým způsobem doložit výsledky. Jinou možností odhadu

pokryvnosti je zaznamenávání přítomnosti/nepřítomnosti druhů v bodech, nebo malých čtvercích v rámci snímku. Tento způsob nám dovoluje vyhodnotit přesnost odhadu (Lepš & Hadincová 1992; Milberg et al. 2008). Chyby vzniklé subjektivním hodnocením jednotlivých badatelů mohou záviset na znalostech a zkušenostech jednotlivých badatelů s prací v terénu a vegetačním snímkováním a na preciznosti, jakou práci věnují.

Nápadný problém jsou také chybějící údaje u různých proměnných v popisech snímků, které jsou pro opakovatelnost výzkumu zásadní. Jedná se především o údaje o lokalizaci snímku, údaje o rozměrech snímkové plochy a kalendářní datum snímkování (Hédli 2004). Tyto problémy jsou zjevné hlavně u záznamů staršího data. Mucina et al. (2000) se pokusili o standardizaci snímkování. Navrhli povinná a nepovinná data k zaznamenávání při snímkování ploch. Zabývali se také doporučeným měřítkem velikosti ploch pro různé vegetační typy. Problémy se standardizací rozměrů snímků řešili také Chytrý & Otýpková (2003). Obecně platí, že plocha snímku je pozitivně korelovaná s výškou vegetace, např. ve vzrostlém lese bývají snímky několikanásobně větší, než v travinných porostech atd.

Pravdou je, že postupem času se fytoecenologické snímkování stává více standardizované a tím pádem vhodnější pro porovnání než dříve (Chytrý 2001).

## **6. Využití fytoecenologických snímků při studiu dlouhodobých změn vegetace**

Vegetační dynamika je určena rychlostí a intenzitou změn faktorů, které podmiňují společný výskyt určitých druhů, stejně jako vztahy mezi druhy ve společenstvech. V evropských podmínkách má dlouhodobě výrazný vliv člověk. Dynamika přímých a nepřímých vlivů člověka se v posledních desetiletích velmi změnila. Množství dříve běžných vegetačních typů je dnes vzácných, nebo dokonce zaniklo. Velká část je také závislá na pravidelném obhospodařování. Na druhou stranu vznikají zcela nové typy vegetace, kde se na vytváření podoby podílí introdukované invazní rostliny, z nichž některé se chovají invazně.

Fytoecenologické snímky zachycují zhruba posledních devadesát let, tudíž zachycují dobu s poměrně rychle se měnícím vegetačním pokryvem a druhovým

složením společenstev. I snímky, které jsou staré „jen“ dvacet let velmi často zachycují stav vegetace, který už není. A proto snímky mají velký potenciál coby archiv informací o dřívějším druhovém složení vegetace. Opětovným snímkováním lokalit lze popsat časovou změnu (Hédl 2005).

Při opakování snímků bychom se měli snažit o maximální porovnatelnost mezi studii. Je vhodné, pokud je to možné, zachovat metodologii vegetačního průzkumu, jako měl náš předchůdce. Díky tomu se vyhneme potenciaální chybě, která plyne ze změněné metodiky, a je možné přímé srovnání s předchozími výsledky (Wiegmann & Waller 2006; Rogers et al. 2008). Jde především o tyto základní parametry: snímkovat alespoň přibližně ve stejné kalendářní datum (Bunn et al. 2010), používat stejně velké plochy, pokud možno zachovat stupnici odhadu pokryvnosti, používat stejná kritéria (např.: stejná doba prohledávání jedné plochy (Keith et al. 2009), zahrnutí/nezahrnutí semenáčků (Van Calster et al. 2008), vzácných druhů (Hédl 2004), druhů s nízkou frekvencí, mechorostů, lišejníků (Rooney et al. 2004) aj. do seznamu). Při nezachování stejné stupnice pokryvnosti, kterou měl náš předchůdce, ji lze zpětně na původní stupnici přepočítat (např.: Ross et al. 2010). Když je patrné, že by mohl nastat problém s blízce příbuznými druhy, které je těžké od sebe odlišit, lze je sloučit do nejbližších vyšších taxonomických kategorií (Taverna 2005; von Oheimb & Brunet 2007).

Pro celkové sjednocení metodologie během průzkumu a minimalizování vlivu subjektivity jednotlivých badatelů při umisťování snímků je vhodné určit pozici snímků předem a najít je v terénu pomocí souřadnic GPS. Například ve studiích Keith et al. (2009), Ross et al. (2010) určili jednu osobu, která bude dohlížet na umisťování ploch a tím snížili možný vliv subjektivity jednotlivých výzkumníků ve studii.

Hlavní úskalí je však skryto v nepřesné lokalizaci snímků. Nepřesně známá pozice původních snímků má za následek, že pozorovaná změna ve vegetaci může být dána jednak skutečnou časovou změnou, jednak prostorovou variabilitou ve vegetaci a my ji nedokážeme přesně odlišit. Nepřesnost umístění opakovaných snímků může být ovšem různá. Proto je při opakování snímků vhodné uvažovat několik různých strategií k dosažení co nejpřesnějších výsledků a k minimalizaci

vlivu prostorové variability. Záleží na charakteru dat, které máme k dispozici, na hustotě snímků v krajině, na přesnosti lokalizace původních ploch a na heterogenitě vegetace předtím i nyní.

V zásadě mohou nastat tyto tři situace:

1. polohu jednotlivých snímků známe (téměř) přesně
2. polohu snímků můžeme určit do prostorových jednotek řádově větších, než jsou samotné snímky
3. polohu jednotlivých snímků neznáme v rámci studovaného území vůbec

### **6.1. Přesná poloha**

Při znalosti přesné polohy snímků můžeme zkoumat změny ve vegetaci v čase bez rušivých vlivů prostorové variability. Tato data jsou alternativou trvalých ploch a při analýzách se postupuje obdobně. Hlavní otázka je o povaze a rychlosti časové změny (Herben & Münzbergová 2003).

Přesnou polohu starého snímku lze zjistit, pokud byla práce původních badatelů precizní. Záleží na dostupném dodatkovém materiálu, jako jsou kompletní popisy stanoviště, topografie terénu, orientace svahu, nadmořská výška, mapové zákresy, fotografie a v poslední době také GPS souřadnice. Při relokizaci původních snímků jistě pomůže účast badatelů, kteří vedli nebo se podíleli na původním výzkumu, a jsou schopni dohledat jejich přesnou polohu, ale nebývá to, vzhledem k velkým časovým rozpětí studií, běžné. Nejdůležitější ovšem je, pokud byla poloha snímku v terénu označena značkou - např. kovovou tyčí, kterou je poté možné vyhledat i s pomocí detektoru kovů (např. Nygaard & Ødegaard 1999; Woods 2000; Bunn et al. 2010), barvou na kmenech stromů (Thimonier et al. 1994) atd. Při nedohledání přesné polohy nevelkého počtu snímků z původního souboru, jsou tyto snímky z analýz vyloučeny (Lameire et al. 2000; Woods 2000).

Ve studii rozkladu dřevní hmoty v horské oblasti ve Švédsku sice plochy nebyly v terénu přesně označeny, ale díky dodatečným informacím, fotografiím a detailním zákresům každé plochy, byla zcela přesná relokizace možná (Hofgaard 1993; Engelmark 1998).

Dalším příkladem studií, jež pracují se snímky jako s alternativou trvalých ploch jsou Wisser et al. (1998), Taverna et al. (2005), Corney et al. (2008), Zmeškalová (2009).

## 6.2. Přibližná poloha

To, že známe pouze přibližnou polohu starého snímku, nám dává i tak do rukou cennou informaci. V této situaci můžeme při zpracování dat částečně odlišit časovou a prostorovou variabilitu. Čím přesněji lokalizujeme starý snímek, tím úspěšnější budeme (Herben & Münzbergová 2003).

Lokalizovat snímek alespoň přibližně je možné díky dodatečným informacím, které u snímku jsou (viz výše). Tyto informace mají často různorodou kvalitu, a proto je ve studiích přesnost lokalizace různá. Například v České národní fytoecologické databázi je u většiny snímků uveden geografický popis stanoviště, který dovoluje relokaci snímku na přesnost padesát až pět set metrů (Chytrý & Rafajová 2003).

Persson (1980) zavádí pojem „polotrvalé plochy“ (*semi-permanent plots*). Jsou to všechny vegetační snímky, u kterých nejsme schopni spolehlivě lokalizovat jejich pozici, jelikož není v terénu přesně označena.

Při umisťování nového snímku řešíme otázku heterogenity prostředí. Musíme vzít v úvahu, že oblast, kde plocha může být umístěna, je přirozeně floristicky i ekologicky heterogenní. Potom tedy závisí na poměru mezi přesností záznamu a prostorovou heterogenitou vegetace. Je-li zrno vegetace hrubé (např. von Oheimb & Brunet 2007), můžeme předpokládat, že možné odchylky výsledky tolik neovlivní a na přesnosti lokalizace závisí méně, než když je zrno vegetace jemné (např. Brewer 1980). Záleží také na hustotě historických snímků. Pokud jsou rozmístěny s dostatečnou hustotou, nebo je prostředí homogenní, potom se vyplatí umisťovat nové snímky na předpokládanou pozici těch historických (viz kapitola „strategie I.“). Pokud ovšem je hustota původních snímků nízká, tudíž je potenciální oblast pro umístění nových snímků relativně heterogenní, je třeba zvolit jiné metody umisťování (viz kapitola „strategie II.“).

### 6.2.1. Pseudoturnover

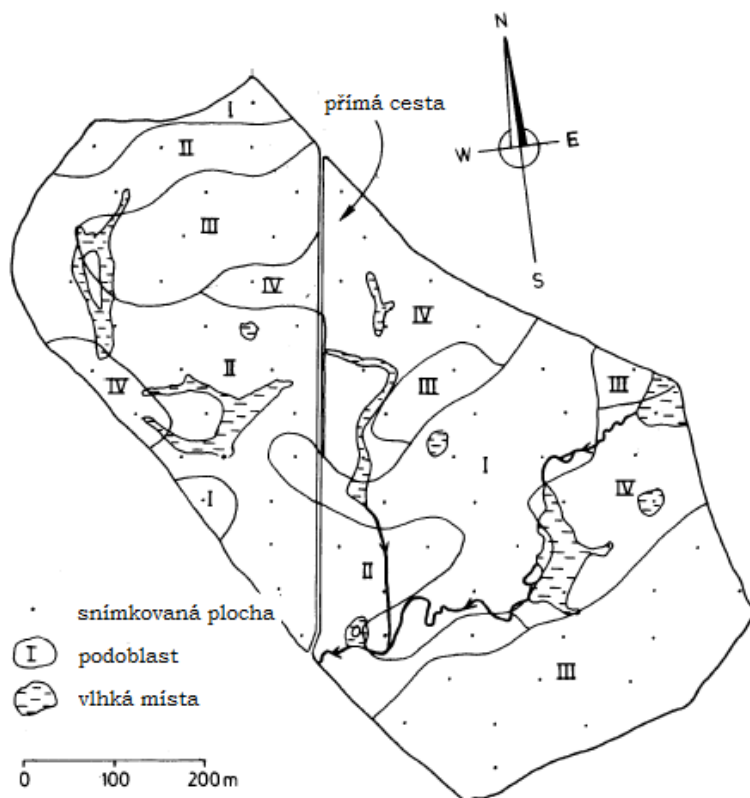
Fischer & Stöcklin (1997) při studiu extinkce druhů na pastvinách na vápenitěm podloží zkoumali také, jakou roli hraje nepřesné lokalizace původních

ploch. Protože druhy jsou na stanovišti zřídka pravidelně distribuované, fytoecologický snímek nezahrne všechny druhy, které se ve větší, třebaže homogenní, oblasti vyskytují. Pokud potom starý a nový snímek neleží přesně na stejném místě, některé druhy mohou v nových záznamech chybět, a tím pádem mohou být označeny jako vyhynulé, třebaže skutečnost je jiná, tzv. „pseudoturnover“. Pro výzkum míry pseudoturnoveru založili na dvou stanovištích sérii ploch. Jedna plocha sloužila jako kontrolní, další tři plochy byly umístěny ve vzdálenosti 15, 45 a 135 metrů od kontroly. Všechny případy, kdy byly druhy přítomné v kontrolní ploše a chyběly v jiné, byly označeny jako pseudoturnover. Ze všech možných případů to bylo 19,7 %. Pseudoturnover byl nižší pro druhy více abundantní v kontrolní ploše, a také byl nižší v plochách blíže umístěných ke kontrolní ploše. Je tedy vhodné, pokud máme dostatečná data, se snažit původní snímek lokalizovat s co největší přesností.

### 6.2.2. „Strategie I.“

Příkladem prvního případu, kdy badatelé umísťovali nové snímky na předpokládanou pozici původních, může být vegetační průzkum bylinného patra v NP Dalby Söderskog v jižním Švédsku. Plochy byly snímkovány v čase celkem čtyřikrát. Původní snímky byly umístěny v pravidelných vzdálenostech na liniích kolmých k rovné cestě vedoucí skrz les. K dispozici byla mapa se zákresy snímků (Obr. 2.). Při jednotlivých vegetačních průzkumech se plochy vzhledem k jejich malé velikosti pravděpodobně nepřekrývaly, nebo jen velmi málo. Jelikož se tamní bylinné patro skládá z relativně homogenních rostlinných seskupení, nebyl důvod předpokládat, že možná odchylka daná nepřesnou lokalizací ovlivní pozorovaný obecný vzor ve vegetaci (Persson 1980; Bennie et al. 2006; von Oheimb & Brunet 2007).

Studie s podobnou metodikou, jako byl výzkum v Dalby Söderskog byla studie ve Warren Woods v Michiganu (Brewer 1980), na horských pastvinách ve Švýcarsku (Fischer & Stöcklin 1997) a ve smíšeném lese Vorte Bossen v Belgii (Lameire et al. 2000).

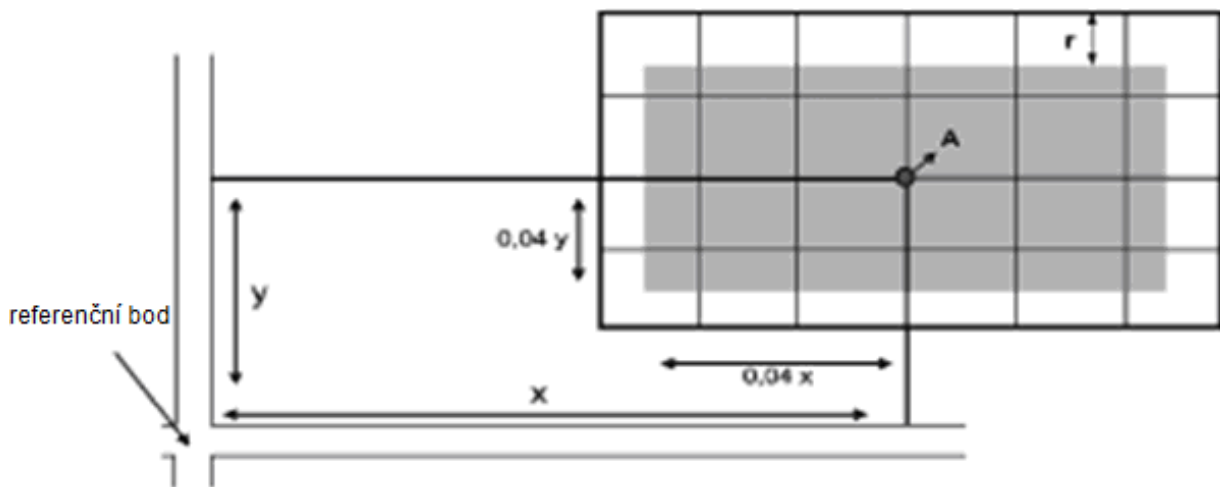


Obr. 2. Příklad mapového zákresu umístění snímků. V celé ploše lesa je systematicky rozmístěno 74 snímkovaných ploch. Snímky jsou položeny na liniích kolmých na přímou cestu procházející lesem (upraveno; Persson 1980).

Sofistikovanější a komplexnější metodu použili Baeten et al. (2009) při vegetačním průzkumu bylinného patra v lesním komplexu Meerdaal ve střední Belgii. V této studii zkoumali změny v bylinném patře mezi lety 1954 a 2000. K dispozici měli vegetační záznamy z roku 1954. Tato data obsahovala soupis vegetace v sedmdesáti kruhových snímcích různé velikosti. Poloha každého původního snímku byla zaznamenána jako vzdálenost středu snímku k referenčnímu bodu (např. křižovatce cest) a/nebo kolmá vzdálenost k cestě. Plochy nebyly trvale označeny, proto zcela přesná lokalizace snímku při průzkumu v roce 2000 nebyla možná. Zvolili tedy tento postup zjišťování polohy vybraných ploch:

Na základě popisu polohy snímků a kartografických dat ze studie z roku 1954 vybrali snímky vhodné k relokalizaci, a vyznačili pravděpodobnou polohu středu plochy - bod „A“ (Obr. 3.) Následně odhadli odchylku jako 0,04 násobek vzdálenosti

od bodu „A“ k referenčnímu bodu, nebo 5° odchylka od kolmice, když byla poloha popsána jako vzdálenost k lesní cestě. Tímto došli k obdélníkovitému území (šedý obdélník. Obr. 3.) Rozšířením tohoto území o poloměr původní kruhové plochy dostali plochu, která musí obsahovat původní snímek (tučný obdélník. Obr. 3.) Jelikož byly původní snímky různé velikosti, byla obdélníková oblast rozdělena na 25m<sup>2</sup> čtverce, z nichž byl náhodně vybrán takový počet, který odpovídal velikosti původního snímku.



Obr. 3. Znárodnění relokalizace snímku (upraveno; Baeten et al. 2009)

### 6.2.3. „Strategie II.“

Pokud je situace taková, že nemáme k dispozici informace o přesné lokalizaci a prostředí je heterogenní, musíme zvolit jiný postup. Nejprve určíme oblast, kde se snímek pravděpodobně nachází. Tato oblast je minimálně několikanásobně větší než plocha starého snímku. V této ploše provedeme nový záznam vegetace. Mohu umístit nový snímek tak, aby byl co nejpodobnější starému (odhad minimální změny vegetace), nebo naopak, aby se od starého záznamu odlišoval co nejvíce (odhad maximální změny vegetace), nebo náhodně. Nejlepší postup je asi zaznamenat v oblasti snímků více k postižení prostorové heterogenity a snažit se potom oba zdroje variability (časovou a prostorovou) oddělit při analýze (Herben & Münzbergová 2003).

V případě studie v Rychlebských horách byly historické snímky přibližně lokalizovány v rámci jednotlivých lesních oddělení. Lesním oddělením rozumíme

prostorovou jednotku v lesnickém rozdělení lesa, s variabilní rozlohou od jednoho do několika hektarů a většinou s pravidelnými tvary. Hranice mezi lesními odděleními zůstávají stejné od konce 19. století a lze tedy této informace o poloze využít. Náhodným umístěním většího počtu snímků v každém oddělení se dosáhlo postihnutí současné prostorové variability. V případě této studie se počet nových snímků v oddělení odvíjel od subjektivního odhadu vegetační variability bylinného patra (Hédl 2004).

Obdobný přístup, kdy snímkování bylo více intenzivní (snímkovaná plocha byla mnohonásobně větší než u původní studie), zvolili Wiegmann & Waller (2006), Rogers et al. (2008). Snímky byly umísťovány v rámci homogenních částí stanoviště a když to bylo nezbytné, byl použit stratifikovaný výběr podle historie disturbance.

### **6.3. *Žádná informace o poloze***

Komplikovanější situace nastává, když nemáme informaci o poloze vůbec žádnou. Nemůžeme zpětně zjistit, jakou strategii umísťování snímků měl náš předchůdce, tím pádem s největší pravděpodobností náš výzkum nebude přesná kopie předchozího výzkumu. Nevíme, jak v předešlé studii definovali různé typy vegetace, zda snímkovali všechny typy, jestli byl počet snímků v jednom typu vegetace funkcí plochy toho vegetačního typu nebo jeho variability atd. (Herben & Münzbergová 2003).

Pokud neznáme přesnou pozici snímku, neoddělitelně se nám smíchá současná variabilita v prostoru a naše požadovaná variabilita v čase (Hédl 2004). To platí bez ohledu na to, zda byly snímky rozmístěny náhodně či nikoliv. Při zpracování dat je nutné toto stále mít v patrnosti. Zpracování samo o sobě je jednoduché, ale díky smíšené prostorové a časové variabilitě je interpretace výsledků složitá a nepříliš jasná (Herben & Münzbergová 2003).

## 7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit literární rešerši vědeckých publikací týkajících se tématu a seznámit se s různými přístupy ke studiu dynamiky vegetace se zaměřením na opakování historických fytocenologických snímků. Tyto nabyté informace budou posléze využity v navazující diplomové práci, která se bude zabývat lesní vegetací v CHKO Český kras. Budoucí práce bude postavena na srovnání současné podoby vegetace s historickou. Ke srovnání se budou využívat historické záznamy fytocenologických snímků Věroslava Samka z 50. let minulého století. U těchto konkrétních historických dat se setkáváme s problémy, které byly v této práci rozpracovány. Musíme se vypořádat s nedostatkem tehdejších informací, tj. neznáme přesnou pozici, velikost originálních snímků a datum snímkování.

Cílem práce bude seznámení se současným vegetačním pokryvem Českého krasu a vyhodnocení případných změn ve vegetaci. Získané informace lze posléze využít v ochraně přírody.

## 8. Poděkování

Děkuji svému školiteli Radimu Hédlovi za pomoc a konstruktivní připomínky při psaní práce, děkuji také Martinu Kopeckému za cenné rady. Děkuji Martinu Weiserovi za pomoc při výběru tématu práce. Děkuji Karin Hladové za přečtení a korekturu celého textu. Dále děkuji svým rodičům, přátelům a kamarádům, kteří mi poskytli psychickou i materiální podporu nejen při psaní a studiu a snažili se, abych se úplně nezbláznila ☺.

## 9. Literatura

- Anderson, Ch. B., Likens, G. E., Rozzi, R., Gutiérrez, J. R., Armesto, J. J. & Poole, A.** (2008): Integrating Science and Society through Long-Term Socio-Ecological Research. *Environmental Ethics* 30: 295-312.
- Baeten, L., Bauwens, B., De Schrijver, A., De Keersmaecker, L., Van Calster, H., Vandekerckhove, K., Roelandt, B., Beeckman, H., & Verheyen, K.** (2009): Herb layer changes (1954-2000) related to the conversion of coppice-with-standards forest and soil acidification. *Applied Vegetation Science* 1: 1-11.
- Bakker, J. P., Olf, H., Willems, J. H. & Zobel, M.** (1996): Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics? *Journal of Vegetation Science* 7: 147-156.
- Begon, M., Harper, J. L. & Townsed, C. R.** (1997): Ekologie. Jedinci, populace, společenstva. Vydavatelství univerzity Palackého, Olomouc.
- Bennie, J., Hill, M. O., Baxter, R. & Huntley, B.** (2006): Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology* 94: 355-368.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmet, B., Erisman, J.-W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L. & De Vries, W.** (2010): Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20: 30-59.
- Bowman, D. M. J. S., Walsh, A. & Milne, D. J.** (2001): Forest expansion and grassland contraction within a Eucalyptus savanna matrix between 1941 and 1994 at Litchfield National Park in the Australian monsoon tropics. *Global Ecology & Biogeography* 10: 535-548.
- Brewer, R.** (1980): A half-century of changes in the herb layer of a climax deciduous forest in Michigan. *Journal of Ecology* 68: 823-832.
- Bunn, W. A., Jenkins, M. A., Brown, C. B. & Sanders, N. J.** (2010): Change within and among forest communities: the influence of historic disturbance, environmental gradients, and community attributes. *Ecography* (Early View).
- Chytrý, M.** (2000): Formalizované přístupy k fytocenologické klasifikaci vegetace. *Preslia* 72: 1-29.
- Chytrý, M.** (2001): Phytosociological data give biased estimates of species richness. *Journal of Vegetation Science* 12: 439-444.
- Chytrý, M. & Otýpková, Z.** (2003): Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. *Journal of Vegetation Science* 14: 563-570.

- Chytrý, M. & Rafajová, M.** (2003): Czech National Phytosociological Database: basic statistics of the available vegetation-plot data. *Preslia* 75: 1-15.
- Corney, P. M., Kirby, K. J., Le Duc, M. G., Smart, S. M., McAllister, H. A. & Marrs, R. H.** (2008): Changes in the field-layer of Wytham Woods - assessment of the impacts of a range of environmental factors controlling change. *Journal of Vegetation Science* 19: 287-298.
- Denisiuk, Z., Chmura, D. & Adamski P.** (2009): Flowering and generative reproduction in isolated populations of endangered species *Carlina onopordifolia* Besser (Asteraceae) in Poland. *Polish Journal of Ecology* 57: 89-97.
- Diekmann, M. & Dupré, C.** (1997): Acidification and eutrophication of deciduous forests in northwestern Germany demonstrated by indicator species analysis. *Journal of Vegetation Science* 8: 855-864.
- DiMichele, W. A. & Phillips, T. L.** (1994): Paleobotanical and paleoecological constraints on models of peat formation in the Late Carboniferous of Euramerica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 106: 39-90.
- Engelmark, O., Hofgaard, A. & Arnborg, T.** (1998): Successional trends 219 years after fire in an old *Pinus sylvestris* stand in northern Sweden. *Journal of Vegetation Science* 9: 583-592.
- Ewald, J.** (2001): Der Beitrag pflanzensoziologischer Datenbanken zur vegetationsökologischen Forschung. *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 13: 53-69. In: Hédl 2004.
- Fischer, M. & Stöcklin, J.** (1997): Local Extinctions of Plants in Remnants of Extensively Used Calcareous Grasslands 1950-1985. *Conservation Biology* 11: 727-737.
- Gordienko, N. S. & Sokolov, L. V.** (2009): Analysis of Long-Term Changes in the Dates of Seasonal Phenomena in Plants and Insects of the Il'men Reserve As Related to Climatic Factors. *Russian Journal of Ecology* 40: 86-92.
- Hédl, R.** (2004): Vegetation of beech forests in the Rychlebské Mountains, Czech Republic, re-inspected after 60 years with assessment of environmental changes. *Plant ecology* 170: 243-265.
- Hédl, R.** (2005): Co popisuje fytocenologie? O některých nedostacích střeoevropské fytocenologie. *Zprávy České Botanické Společnosti* 40: 301-314.
- Hédl, R., Kopecký, M. & Komárek, J.** (2010): Half a century of succession in a temperate oakwood: from species-rich community to mesic forest. *Diversity and Distributions* 16: 267-276.
- Herben, T.** (1996): Permanent plots as tools for plant community ecology. *Journal of Vegetation Science* 7: 195-202.

- Herben, T. & Münzbergová, Z.** (2003): Zpracování geobotanických dat v příkladech. Část I. Praha. 118 s.
- Hofgaard, A.** (1993): 50 years of change in Swedish boreal old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 4: 773-782.
- Johnson, E. A. & Kiyoko, M.** (2008): Testing the assumptions of chronosequences in succession. *Ecology Letters* 11: 419-431.
- Keith, S. A., Newton, A. C., Morecroft, M. D., Bealey, C. E. & Bullock, J. M.** (2009): Taxonomic homogenization of woodland plant communities over 70 years. *Proceedings of the Royal Society* 276: 3539-3544.
- Lameire, S., Hermy, M. & Honnay, O.** (2000): Two decades of change in the ground vegetation of a mixed deciduous forest in an agricultural landscape. *Journal of Vegetation Science* 11: 695-704.
- Lenoir, J., Gégout, J.-C., Pierrat, J.-C., Bontemps, J.-D., Dhôte, J.-F.** (2009): Differences between tree species seedling and adult altitudinal distribution in mountain forests during the recent warm period (1986-2006). *Ecography* 32: 765-777
- Lepš, J. & Hadincová, V.** (1992): How reliable are our vegetation analyses? *Journal of Vegetation Science* 3: 119-124.
- Milberg, P., Bergstedt, J., Fridman, J., Odell, G. & Westerberg, L.** (2008): Observer bias and random variation in vegetation monitoring data. *Journal of Vegetation Science* 19: 633-644.
- Moravec, J. et al.** (1994): Fytocenologie. Academia, Praha.
- Mucina, L., Schaminée, J. H. J. & Rodwell, J. S.** (2000): Common data standards for recording relevés in field survey for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 11: 769-772.
- Niang, A. J., Ozer, A., Ozer, P.** (2008): Fifty years of landscape evolution in Southwestern Mauritania by means of aerial photos. *Journal of Arid Environments* 72: 97-107.
- Nygaard, P. H. & Ødegaard, T.** (1999) Sixty years of vegetation dynamics in a south boreal coniferous forest in southern Norway. *Journal of Vegetation Science* 10: 5-16.
- Persson, S.** (1980): Succession in a South Swedish Deciduous Wood: A Numerical Approach. *Vegetatio* 43: 103-122.
- Rogers, D. A., Rooney, T. P., Olson, D. & Waller, D. M.** (2008): Shifts in southern Wisconsin forest canopy and understory richness, composition, and heterogeneity. *Ecology* 89: 2482-2492.

- Ross, L. C., Woodin, S. J., Hester, A., Thompson, D. B. A. & Birks, H. J. B.** (2010): How important is plot relocation accuracy when interpreting re-visitation studies of vegetation change? *Plant Ecology & Diversity* 1: 1-8.
- Rooney, T. P., Wiegmann S. M., Rogers, D. A. & Waller, D. M.** (2004): Biotic Impoverishment and Homogenization in Unfragmented Forest Understory Communities. *Conservation Biology* 18: 787-798.
- Sassi, P. L., Taraborelli, P. A., Borghi, C. E. & Ojeda, R. A.** (2009): Cattle grazing effects on annual plants assemblages in the Central Monte Desert, Argentina. *Journal of Arid Environments* 73:537-541.
- Schaminée, J. H. J., Hennekens, S., Chytrý, M. & Rodwell, J. S.** (2009): Vegetation-plot data and databases in Europe: an overview. *Preslia* 81: 173-185.
- Silvertown, J., Poulton, P., Johnston, E., Edwards, G., Heard, M. & Biss, P. M.** (2006): The Park Grass Experiment 1856-2006: its contribution to ecology. *Journal of Ecology* 94: 801-814.
- Slavíková, J.** (1986): Ekologie rostlin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Smithwick, E. A. H., Kashian, D. M., Ryan, M. G. & Turner, M. G.** (2009): Long-Term Nitrogen Storage and Soil Nitrogen Availability in Post-Fire Lodgepole Pine Ecosystems. *Ecosystems* 12: 792-806.
- Taverna, K., Peet R. K. & Phillips L. C.** (2005): Long-term change in ground-layer vegetation of deciduous forests of the North Carolina Piedmont, USA. *Journal of Ecology* 93: 202-213.
- Thimonier, A., Dupouey, J. L., Bost, F. & Becker, M.** (1994): Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. *New Phytologist* 126: 533-539.
- Van Calster, H., Baeten, L., De Schrijver, A., De Keersmaeker, L., Rogister, J. E., Verheyen, K. & Hermy, M.** (2007): Management driven changes (1967-2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management* 241: 258-271.
- von Oheimb, G., Brunet, J.** (2007): Dalby Söderskog revisited: long-term vegetation changes in a south Swedish deciduous forest. *Acta Oecologica* 31: 229-242.
- Wiegmann, S. M. & Waller, D. M.** (2006): Fifty years of change in northern upland forest understories: Identity and traits of "winner" and "loser" plant species. *Biological Conservation* 129: 109-123.
- Wiser, S. K., Allen, R. B., Clinton, P. W. & Platt, K. H.** (1998): Community structure and forest invasion by an exotic herb over 23 years. *Ecology* 79: 2071-2081.

**Woods, K. D.** (2000): Long-term change and spatial pattern in a late successional hemlock-northern hardwood forest. *Journal of Ecology* 88: 267-282.

**Zmeškalová, J.** (2009): Změny stepní vegetace na modelovém území NPR Oblík, CHKO České středohoří. Diplomová práce PřF UK. Praha. 95 s.