

## Formalizované přístupy k fytoocenologické klasifikaci vegetace

Formalized approaches to phytosociological vegetation classification

Milan Chytrý

Věnováno prof. Jiřímu Vicherkovi k 70. narozeninám



*Katedra systematické botaniky a geobotaniky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: chytry@sci.muni.cz*

Chytrý M. (2000): Formalized approaches to phytosociological vegetation classification. – Preslia, Praha, 72: 1–29. [In Czech]

The current methods of phytosociological vegetation classification are divided into two major types: imperfectly formalized approaches, which build classifications without explicit description of the classification process, and formalized approaches, which aim at precise definitions of classification criteria and algorithms, thus yielding repeatable classifications. These two approaches are not antagonistic as each of them is better applicable in different situations. As a rule, the imperfectly formalized approach is invaluable in fine-scale classifications at the landscape level, whereas the formalized approach is superior for large-scale vegetation surveys. In this paper, application of the formalized methods of vegetation classification in phytosociology is reviewed. First, classification criteria used in vegetation classification are evaluated. Second, possibilities for formalizing the phytosociological field sampling procedure are discussed, including the sample plot choice, spatial arrangement and size. Third, formalized approaches to data analysis are reviewed, including concepts of character species, sociological species groups, fidelity, hierarchy of classification units, deductive classification method, numerical classification, and nomenclature rules. Finally, recent developments of formalized classification are summarized with respect to large-scale vegetation surveys, phytosociological databases, analysis of large datasets and expert systems.

**Key words:** Braun-Blanquet approach, data analysis, methods, theory, vegetation sampling

### Úvod

09389 / 01 ✓

Klasifikaci vegetace věnují botanici a ekologové tradičně velkou pozornost, která je pochopitelná s ohledem na obrovskou variabilitu rostlinného krytu Země. Podobně jako v jiných vědních oborech, ani ve vědě o vegetaci není klasifikace hlavním smyslem vědeckého zkoumání – pracuje totiž s jednotlivostmi, zatímco nositelem pokroku ve vědě je spíše tvorba koncepcí aplikovatelných v mnoha různých situacích (Keddy 1987, Pickett & Kolasa 1989, Wiegand 1986, 1989). Přesto má klasifikace nezastupitelné místo jako nástroj pro utřídění poznatků do přehledného systému a pro tvorbu pojmového aparátu.

Specifikem klasifikace vegetace je nemožnost práce s diskrétními, jasně ohraničenými objekty. Klasifikované jednotky jsou arbitrárně ohraničené porosty, umístěné ve více či méně kontinuálně proměnlivém vegetačním krytu (Whittaker 1951, McIntosh 1967, Austin 1985). Kontinuální variabilita vegetace přispívá ke značným metodickým obtížím při klasifikačním procesu, ale není zásadní překážkou, která by tvorbu klasifikace znemožňovala. Podobně jako má praktický smysl klasifikovat např. barvy na zelenou, modrou, hnědou apod., bez ohledu na existenci kontinuálních přechodů mezi nimi, má smysl klasifikovat i vegetaci.

180, —

9480232

Předložený článek se bude zabývat výhradně klasifikačními přístupy navazujícími na tradici tzv. curyšsko-montpellierské školy (Braun-Blanquet 1928), které jsou ve středoevropském kontextu často synonymizovány se stručnějším termínem „fytoecologie“ (Herben 1986, Krahulec & Lepš 1989, Moravec et al. 1994). Sjednocujícím rysem těchto přístupů je zdůraznění floristického složení jako hlavního klasifikačního kritéria.

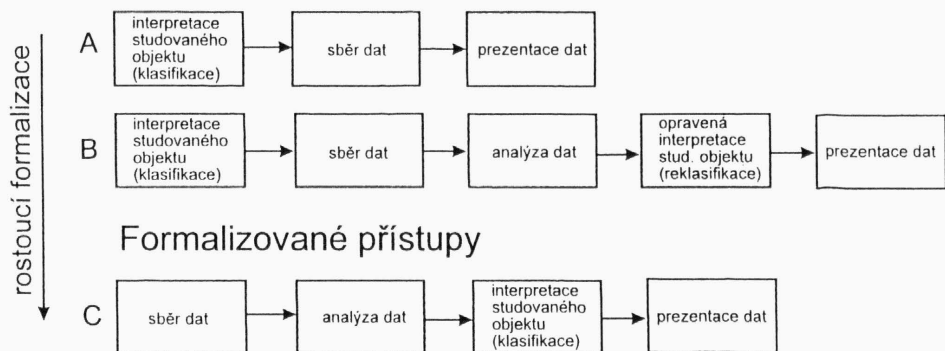
Fytoecologie získala zejména v kontinentální Evropě mnoho příznivců, ale musela už poměrně záhy čelit ostré kritice (Egler 1954, Ellenberg 1954, Gams 1954, viz též Deyl 1974), zpravidla kvůli subjektivitě a značné neprůhlednosti svých metodických postupů. Zpočátku to bylo způsobeno hlavně dosti vágním popisem části jejich metodik v klasické Braun-Blanquetově učebnici (Braun-Blanquet 1928, další vydání 1951 a 1964). I když novější učebnice a přehledy (zejména Scamoni 1955, Ellenberg 1956, Westhoff & van der Maarel 1973, 1978, Mueller-Dombois & Ellenberg 1974, viz též Dierschke 1994, Moravec et al. 1994, Schaminée et al. 1995) definovaly metodické postupy mnohem jednoznačněji, je i v současné fytoecologii řada kroků při sběru dat a ve vlastním klasifikačním procesu ponechána na subjektivním rozhodnutí badatele, přičemž nebývá nutně stanoveno jednoznačné rozhodovací kritérium použité v konkrétním kroku. To nese řadu nevýhod: klasifikace není opakovatelná; není jednoznačně stanoveno, které vlastnosti musí daný porost mít, aby byl zařazen do určité klasifikační jednotky; klasifikační systémy vytvořené různými badateli se často výrazně liší, ale není jasné proč (např. paralelní klasifikace ruderalní vegetace západního Slovenska vytvořené prakticky ve stejném období Eliášem a Mucinou – viz Klimeš 1989). Řešením těchto problémů je formalizace, kterou rozumím jednoznačné vymezení všech kroků klasifikačního postupu, při jejichž zachování může kdokoli dospět při klasifikaci daného vegetačního typu v určitém území ke stejným výsledkům. Cílem tohoto článku je zhodnotit metodické postupy fytoecologie z hlediska možnosti jejich formalizace.

### **Nedokonale formalizované a formalizované klasifikační přístupy**

Do současné doby bylo ve fytoecologii aplikováno mnoho různých metodických přístupů ke klasifikaci vegetace, které se pohybují od velmi málo formalizovaných po vysoce formalizované. Přesto lze zhruba rozlišit dvě základní skupiny přístupů, které pro účely tohoto článku označuji jako (1) nedokonale formalizované a (2) formalizované (obr. 1). Toto rozdělení je do značné míry arbitrární, protože na jedné straně i mnohé nedokonale formalizované přístupy zahrnují řadu formalizovaných prvků, na druhé straně je obtížné představit si v klasifikaci vegetace metodický přístup formalizovaný do důsledků a zároveň funkční.

1. Nedokonale formalizované přístupy rozlišují vegetační jednotky už před terénním sběrem dat nebo v jeho průběhu. V nejjednodušším případě (obr. 1A) není fytoecologická tabulka klasifikační metodou, ale pouhou formou prezentace dat (Moore 1962, Fischer & Bemberlein 1989). Poněkud větší stupeň formalizace je používán u přístupu (obr. 1B), který předem rozlišené vegetační jednotky dokumentuje sběrem dat a ve fytoecologické tabulce pak kontroluje, zda jsou odlišitelné na základě floristické diferenciace. Pokud se ukáže, že některé jednotky rozlišované během terénní práce nejsou diferencovány floristicky, jsou spojeny. Případně může být při práci s tabulkou zjištěna výrazná floristická diferenciace uvnitř některé jednotky rozlišené předtím v terénu – v tom případě badatel zvažuje její rozdělení. Tento druhý postup je v současné fytoecologické klasifikaci patrně

## Nedokonale formalizované přístupy



Obr. 1. – Metodické postupy nedokonale formalizovaných a formalizovaných přístupů k fytocenologické klasifikaci vegetace.

nejrozšířenější (viz Moravec et al. 1994: 63–64), ale stejně jako u prvního postupu je jeho výsledek velmi závislý na počáteční klasifikaci vzniklé v terénu.

Nedokonale formalizované přístupy se vyvinuly při studiu relativně malých území, kde se badatelé dobře seznámili s variabilitou vegetace přímo v terénu, navrhli klasifikaci a sběrem dat poté dokumentovali rozlišené jednotky. Klasifikace byla tvořena na základě floristického složení, struktury vegetace, stanoviště a dalších kritérií, jejichž vzájemné vážení však nelze v subjektivním rozhodování badatelů rekonstruovat a kvantitativně vyjádřit (Vahle & Dettmar 1988). Zpravidla je takto vytvořená nedokonale formalizovaná klasifikace podložena hlubokou terénní zkušeností, zahrnuje množství nejrozličnějších klasifikačních kritérií, jejich jemné subjektivní vážení a na úrovni konkrétní krajiny může být z hlediska praktického využití nedocenitelná.

2. U formalizovaných přístupů probíhá terénní sběr dat bez ohledu na badatelovy subjektivní představy o diferenciaci vegetace a klasifikace vzniká až na základě analýzy těchto dat (obr. 1C). Zatímco nedokonale formalizované přístupy uvádějí klasifikační algoritmy a kritéria v nich použitá jen vágně nebo vůbec, formalizované přístupy explicitně a přesně definují celý postup klasifikačního procesu a jasné stanoví pravidla pro přiřazování fytocenologických snímků k rozlišeným vegetačním jednotkám. To je výhodné mj. při propojování klasifikace vegetace s různými jinými aplikacemi prostřednictvím výpočetní techniky.

I formalizovaná klasifikace je však nutně subjektivním procesem – je to lidský subjekt, kdo vybírá klasifikační kritéria a způsob jejich vážení a tím předurčuje výsledek klasifikace. V závislosti na tomto výběru lze vegetaci jednoho území klasifikovat mnoha různými, logicky správnými způsoby. Klasifikace totiž není objevováním konečného množství vegetačních jednotek, protože ty objektivně neexistují, a tak ani žádná klasifikace nemůže být definitivní (Feoli 1984, Mirkin 1986, Wiegand 1989, Mucina 1997a).

Formalizovaná klasifikace používá jako hlavní klasifikační kritérium floristické složení, protože nefloristická kritéria (např. struktura, chorologie druhů, historie porostů, stanoviště) jsou často obtížně měřitelná a vzájemně natolik odlišná, že je prakticky nemožné kvantifikovat jejich poměrný význam pro klasifikaci. Kompromis mezi relativně snadno formalizovatelnou klasifikací čistě floristickou a obtížně formalizovatelnou, ale pragma-

tickou klasifikací s použitím kombinovaných kritérií se nabízí v možnosti budovat klasifikaci tak, aby co nejvíce korelovala s ne floristickými kritérii, ale zároveň aby rozlišené vegetační jednotky byly jasné definovány pomocí čistě floristických kritérií. Zdá se, že velká část úspěšných (tj. široce akceptovaných) klasifikací vychází právě z tohoto kompromisu. Pokud je vzhledem k účelu klasifikace vhodné členit vegetační jednotky jemněji než dovolují floristická kritéria, např. podle struktury nebo stanoviště, lze floristicky definované jednotky členit dále. Ve formalizované klasifikaci však v tomto případě musí být ne floristická klasifikační kritéria jednoznačně definována.

Formalizované přístupy vznikly později, zpravidla u badatelů ovlivněných anglosaskou kvantitativní ekologií. Využití našly zejména při klasifikaci vegetace velkých území, kdy zpracovatel klasifikace nemůže vždy sám poznat celou variabilitu dané vegetace přímo v terénu a zčásti využívá i data jiných badatelů. Naproti tomu na úrovni menší krajiny může pevně stanovený algoritmus, jednostranně zdůrazňující floristické složení, vytvářet klasifikaci zbytečně schématickou, nevyhovující různým praktickým požadavkům (často je totiž z praktického hlediska výhodné některé jednotlivé fenomény při klasifikaci ad hoc subjektivně nadhodnotit nebo podhodnotit). To je důvod, proč fytoecologové pracující na úrovni krajiny zpravidla dávají přednost nedokonale formalizovaným klasifikacím. Pro různé účely je tedy vhodný různý stupeň formalizace – nedokonale formalizované a formalizované přístupy nejsou antagonistické ani vzájemně nahraditelné.

V dalším textu se budu zabývat různými aspekty formalizovaných přístupů, kterým nebyla ve fytoecologické praxi ani v literatuře dosud věnována náležitá pozornost.

## Klasifikační kritéria

Klíčovým rozhodnutím při formalizované klasifikaci je vymezení kritérií, která musí daný porost splňovat, aby mohl být přiřazen do určité klasifikační jednotky (tzv. intenzionální definice logických tříd – viz Moravec 1975, Russell 1993, Štěpán 1995). Z hlediska formální logiky jsou všechna klasifikační kritéria stejnocenná (Brabec 1980), a proto neexistuje absolutní měřítko pro posouzení „správnosti“ klasifikace; lze však rozlišovat klasifikace „vhodné“ a „méně vhodné“ vzhledem k jejich praktickému využití.

Tradiční fytoecologická klasifikace používá za základ floristická klasifikační kritéria, tj. přítomnost nebo nepřítomnost určitých druhů, případně jejich kvantitativní poměry. Doplňkově se používají i kritéria ne floristická, např. strukturní, chorologická, historická nebo vlastnosti stanoviště.

### *Floristická klasifikační kritéria*

Formalizovaná klasifikace vegetace musí jednoznačně vymezit, která floristická kritéria (např. určité systematické skupiny) bude používat a jakým způsobem. Floristické složení je ve fytoecologii zpravidla hodnoceno na úrovni druhů, infraspecifických taxonů nebo skupin blízké příbuzných druhů. Tento přístup je hluboce zakořeněný ve fytoecologické tradici, i když stejně dobře lze použít i vyšších taxonomických jednotek (Pignatti 1968a, van der Maarel 1972). Při studiu převážně většiny vegetačních typů by jistě nebylo výhodné tuto zažitou konvenci měnit, ale existují typy vegetace, kde by pro některé taxonomické skupiny bylo pragmatickým řešením např. použití rodů místo druhů. Například na středomořských pobřežních útesech se vyskytuje druhově extrémně chudá vegetace třídy

*Criihmo-Staticetea* s dominancí stenoendemitních druhů rodu *Limonium*, přičemž v konkrétních porostech se nejčastěji vyskytuje právě jeden druh tohoto rodu. Uplatnění druhů rodu *Limonium* jako klasifikačních kritérií by vedlo k tvorbě nepraktické klasifikace s velkým množstvím lokálních asociací, rozlišitelných prakticky jen taxonomickými specialisty na rod *Limonium*. Podobný problém ve středoevropské vegetaci představují ostružiníkové křoviny (T. Kučera, in litt.).

Dále je nutno jasně vymezit taxonomické skupiny (taxocenózy) použité pro klasifikaci. Fytoocenologie z pragmatických důvodů nepracuje s heterotrofními organismy ani s mikroskopickými řasami. Zatímco cévnaté rostliny jsou zpravidla dobře rozeznatelné a determinovatelné přímo v terénu, heterotrofní organismy je přímo v terénu často obtížné zjistit, determinovat a stanovit jejich kvantitativní zastoupení. Dosud se ví relativně málo o tom, jak koreluje rozmístění taxocenóz cévnatých rostlin a jiných organismů v krajině, a proto fytoocenologickou klasifikaci nelze vydávat za klasifikaci biocenóz nebo ekosystémů – zůstává „jen“ klasifikací vegetace.

V otázce nutnosti zahrnutí údajů o mechorostech, lišejnících a vodních makroskopických řasách do klasifikace je fytoocenologie nejednotná. Společná analýza cévnatých rostlin a kryptogamů ve vegetačních datech naráží na objektivní i subjektivní potíže. Především kryptogamické synuzie reagují na ekologické faktory dosti odlišně než synuzie cévnatých rostlin a „čtou“ variabilitu prostředí v menším prostorovém měřítku než cévnaté rostliny (Barkman 1958, Herben 1987, Canters et al. 1991, Økland & Eilertsen 1994). U přechodových rašelinišť se mechorosty a cévnaté rostliny často chovají víceméně nezávisle na sobě (Rybníček 1985, Solomeš 1995) a jejich rozdílné vážení se může promítnout do tvorby značně odlišných klasifikací pro jednu a tutéž vegetaci (srovnej např. Dierssen 1982 versus Rybníček 1984).

K subjektivním potížím patří hlavně menší znalost a obtížnější determinovatelnost kryptogamů ve srovnání s cévnatými rostlinami. Mnohé druhy kryptogamů jsou při terénním výzkumu často bezděčně přehlíženy nebo záměrně ignorovány, např. epilittické korovité lišejníky a veškeré epifyty, zatímco řada autorů nezaznamenává kryptogamy vůbec. Tendence zanedbávat kryptogamy existuje zejména u té vegetace, kde je taxocenóza cévnatých rostlin druhově bohatá a poskytuje tak sama dostatek klasifikačních kritérií (druhů). Dokládá to např. kontrast mezi praxí badatelů španělských, kteří v druhově bohaté vegetaci Pyrenejského poloostrova kryptogamy nezaznamenávají, a badatelů skandinávských, věnujících v druhově chudé skandinávské vegetaci zpravidla značnou pozornost právě analýze kryptogamů. Tradičně se uznává, že mechorosty je nutné zaznamenávat při sběru dat o vegetaci rašelinišť a pramenišť. Právě tyto typy vegetace jsou ve složce cévnatých rostlin zpravidla druhově chudé, a proto se lze domnívat, že primárním důvodem analýzy kryptogamických taxocenóz je nedostatek klasifikačních kritérií mezi cévnatými rostlinami.

Různí autoři věnují záznamu kryptogamů v terénu rozdílnou pozornost a kvalita údajů o mechorostech nebo lišejnících ve fytoocenologických snímcích velmi kolísá. Ve formalizovaných klasifikacích zpracovávajících společně data od různých autorů nelze často údaje o zastoupení kryptogamů využít, protože by tak mohla vzniknout klasifikace odrážející spíše rozdíly v kvalitě záznamu kryptogamů než ve skutečném druhovém složení (Valachovič 1996). Každý formalizovaný klasifikační systém musí jasně deklarovat, je-li budován pouze na základě cévnatých rostlin nebo na základě cévnatých rostlin, mechorostů a lišejníků. V druhém případě by měl vycházet pouze ze snímků s kvalitně zaznamenanými kryptogamickými taxocenózami.

### Nefloristická klasifikační kritéria

Použití floristických klasifikačních kritérií je velmi výhodné vzhledem ke snadné zaznamenatelnosti, rychlosti a instrumentální nenáročnosti sběru dat. Braun-Blanquet (1921) zdůvodňuje nadřazenost floristických kritérií tezí, že všechny vlastnosti vegetace i stanoviště lze od floristického složení odvodit. Ve skutečnosti však existují typy vegetace se značně odlišnou strukturou i stanovištěm při velmi podobném floristickém složení. Proto sám Braun-Blanquet i většina ostatních fytocenologů vedle floristických kritérií vždy používali, ať už implicitně nebo explicitně, také strukturu vegetace, chorologii druhů, historii porostů a vlastnosti stanoviště jako doplňková klasifikační kritéria.

Struktura (fyziognomie) je v terénu tak nápadná vlastnost vegetace, že umožňuje i laikům rozlišit hlavní vegetační typy. Proto se nedokonalé formalizované přístupy často pragmaticky snažily na základě struktury definovat různé klasifikační jednotky i ve vegetaci s poměrně jednotným floristickým složením. Tak byla ve fytocenologickém systému oddělena vegetace subalpínských keřů a jehličnaté lesy (*Loiseleurio-Vaccinietea* vs. *Vaccinio-Piceetea*), lesní lemy, křoviny a listnaté lesy (*Trifolio-Geranietea* vs. *Rhamno-Prunetea* vs. *Quercu-Fagetea*), subalpínská vysokobylinná vegetace a kontaktní listnaté křoviny (*Mulgedio-Aconitetea* vs. *Betulo carpaticae-Alnetea viridis*) apod. Negativem tohoto vývoje byla „inflace vyšších vegetačních jednotek“ (Pignatti 1968b), pozitivem naopak pragmatické propojení vyšších hierarchických úrovní fytocenologické klasifikace s formační klasifikací vegetace (Westhoff 1967). Tím se fytocenologický systém stal přístupný i pro uživatele bez důkladných floristických znalostí, např. pro geografy a ochránce přírody. Nedávno navržená definice fytocenologické třídy (Pignatti et al. 1995) je založena především na kritériích floristických, stanovištních a chorologických, přičemž fyziognomii uvažuje jako doplňkové kritérium. U nižších vegetačních jednotek (např. asociací) přitom zůstává zachován dominantní význam floristických kritérií.

Využití chorologických kritérií znamená, že při klasifikaci na základě floristického složení je druhům dáвана různá váha podle toho, k jaké fytogeografické skupině (např. areálu typu, geoelementu) patří. Zpravidla jsou více váženy druhy vyskytující se na hranici areálu nebo v izolovaných exklávách, relikty a endemity.

Historická kritéria využívají při klasifikaci znalost historie a dynamiky vývoje daného vegetačního typu. V klasifikaci se to projevuje nejčastěji přiřazováním floristicky nevyhraněných porostů (např. druhově chudých opuštěných nebo přehnojených luk) k floristicky vyhraněným vegetačním jednotkám, z nichž vznikly. Častým důsledkem je zařazování dvou porostů s téměř identickým druhovým složením k různým jednotkám (např. „*Arrhenatheretum alopecuretosum*“ a „*Alopecuretum arrhenatheretosum*“ mohou být floristicky shodné a liší se pouze tím, že první se vyvinulo z jednotky „*Arrhenatheretum*“ a druhé z „*Alopecuretum*“).

Vlastnosti stanoviště jsou při klasifikaci často využívány zejména v členitém terénu, kde se na malé ploše střídají různá stanoviště, snadno ohraničitelná při terénní pochůzce. Tento fakt je však v příslušných publikacích většinou zamlčen. Explicitně je využití stanovištních kritérií deklarováno hlavně u klasifikací vytvářených pro lesnické účely (Zlatník 1959, Ellenberg & Klötzli 1972, Klötzli 1972, Frey 1995). Zdá se, že čistě floristická klasifikace zpravidla člení poměrně podrobně vegetaci na extrémních koncích gradientů prostředí, kde se i při malé změně prostředí může výrazně měnit druhové složení (různé typy stresu nebo disturbance podporují selekci vhodně adaptovaných druhů – viz Grime 1979).

Naproti tomu ve středních částech gradientů, tj. na „průměrných“ stanovištích s převahou kompetičně silných dominant, vymezuje floristická klasifikace jen malé množství vegetačních jednotek v relativně širokém rozpětí hodnot stanovištních faktorů (Frey 1995, Chytrý & Kučera 1999). Právě na těchto „průměrných“ stanovištích se však mohou při relativně konstantním floristickém složení výrazně měnit vlastnosti prostředí (např. produktivita), a proto klasifikace zdůrazňující stanovištní kritéria (např. lesnická typologie) zde zpravidla definují užší klasifikační jednotky než klasifikace čistě floristické, zatímco na extrémních koncích gradientů je tomu naopak.

## Možnosti formalizace sběru dat

### *Výběr objektu studia*

Základní otázkou při formalizovaném sběru dat je, zda má být v terénu dokumentován jakýkoliv porost nebo jen porost s určitými vlastnostmi. Každý sběr dat obsahuje samozřejmě triviální restrikci dánou vymezením studovaného problému – např. je-li studium zaměřeno na klasifikaci vegetace luk, nebudou sbírána data v rákosinách nebo v lesích. Závažnějším problémem je, zda mají být v rámci studovaného vegetačního typu uvažovány jakékoliv porosty existující v terénu nebo jen porosty s určitými vlastnostmi.

Fytoocenologové uplatňující nedokonale formalizované přístupy zpravidla v terénu subjektivně vybírají nápadné typy vegetace, často s výskytem ekologicky úzce specializovaných druhů, které je možno jednoduše klasifikovat. Ostatní porosty, často v krajině plošně převažující, jsou opomíjeny s poukazem na jejich „nevyhraněnost“, „degradovanost“, „nestabilitu“ apod. Pokusem o teoretické zdůvodnění tohoto přístupu bylo zavedení restriktivní definice objektu zájmu fytoocenologie – rostlinného společenstva, která omezují tento pojem na seskupení rostlin, mezi nimiž existují vzájemné interakce, případně která jsou integrovaná, diskrétní, stabilní nebo nenáhodná (Alechin 1926, Neuhäusl 1980, Moravec 1975, 1989a,b, srovnej též Wilson 1991). Porosty nevyhovující těmto kritériím pak nejsou předmětem klasifikace<sup>1</sup>.

Povaha kritérií je však taková, že s použitím běžné fytoocenologické terénní metodiky nelze rozhodnout, zda jim konkrétní porost vyhovuje či ne. Formalizovanému sběru dat proto nejlépe vyhovuje nerestriktivní přístup (např. Mueller-Dombois & Ellenberg 1974, Mirkin 1985, 1994, Krahulec & Lepš 1989, Palmer & White 1994), definující rostlinné společenstvo široce jako jakékoliv seskupení rostlinných druhů. Potom mají všechny porosty šanci být zachyceny při sběru dat a žádné typy vegetace, potenciálně zajímavé pro uživatele, nejsou z klasifikace předem vyloučeny.

---

1 Ve fytoocenologické i ekologické literatuře je pojem společenstvo zpravidla chápán v abstraktním smyslu. Klasifikace je abstrahována z vlastností konkrétních porostů, resp. jejich jednoduchých popisů (fytoocenologických snímků). Möller (1993) rozlišuje jako výsledek klasifikace společenstva na jedné straně abstraktní vegetační typy (opakující se kombinace znaků jednotlivých porostů), na druhé straně abstraktní vegetační jednotky (souhrn jednotlivých porostů). Fytoocenologie někdy používá termín *společenstvo* i ve významu vegetační jednotky bez definované pozice v klasifikační hierarchii (např. společenstvo *Fagus sylvatica-Avenella flexuosa*, společenstvo s *Impatiens glandulifera*). Kvůli jednoznačnosti není v předloženém článku termín společenstvo v tomto významu používán.

Jediným kritériem výběru ploch pro sběr dat u formalizovaných přístupů by tedy měl být požadavek homogenity vegetace a abiotického prostředí (Braun-Blanquet 1928). Ve fytoocenologické tradici jsou zpravidla mozaiky lokálních dominant považovány za homogenní, pokud jsou shluky výsledkem klonálního růstu nebo shlukovitého šíření semen a abiotické prostředí jednotlivých shluků se neliší, případně když lokální dominance není spojena s kvalitativními rozdíly ve floristickém složení (Noy-Meir & van der Maarel 1987, Barkman 1989a). Tato orientační pravidla však připouštějí široký subjektivní výklad homogenity.

Požadavek homogenity vegetace při sběru fytoocenologických dat je prakticky nemožné formalizovat. Vegetace má fraktální strukturu (Palmer 1988, Kenkel & Walker 1993), což se projevuje heterogenitou ve všech prostorových měřítcích. Homogenita je tedy funkcí měřítka studia, které má dvě složky: zrno a rozsah (Wiens 1989, Allen & Hoekstra 1992). Zrno je velikost strukturních jednotek rozlišovaných v rámci plochy a rozsah je velikost plochy fytoocenologického snímku. Homogenita, resp. heterogenita, může být měřena pomocí různých indexů, subjektivní stanovení zrna a rozsahu však dopředu určuje výsledek těchto měření (Li & Reynolds 1995). Stanovením jednotné velikosti ploch fytoocenologických snímků (viz dále) lze sjednotit rozsah, určení zrna však bude vždy velmi závislé na subjektivním rozhodnutí badatele ad hoc. Zpravidla pak platí, že vegetace je považována za homogenní, je-li zrno nejhrubší subjektivně rozlišované mozaiky v rámci studované plochy o jeden nebo více řádů menší než vlastní plocha. Naopak, je-li toto zrno řádově stejně velké jako plocha, daná vegetace je považována za mozaiku dvou nebo více typů.

### *Rozmístění ploch pro studium vegetace v krajině*

Nedokonale formalizované klasifikační přístupy, které definují vegetační jednotky před sběrem dat, vybírají plochy fytoocenologických snímků zcela subjektivně v porostech považovaných za typické. Tento způsob sběru dat a rozmístění ploch se někdy označuje jako preferenční (Orlói 1978, Podani 1984), na rozdíl od rozmístění náhodného nebo systematického (při plochách umístěných v pravidelných vzdálenostech na transektech nebo v sítích).

Pro formalizovaný přístup, v němž jsou nejprve sbírána data a teprve na jejich základě definovány vegetační jednotky, je preferenční sběr dat nepřijatelný. Formalizace sběru dat však je ve fytoocenologii značně obtížnou záležitostí. Zatímco většina běžných strategií sběru dat v přírodních vědách je zaměřena na odhad střední hodnoty nějakého parametru, ve vegetační vědě např. biomasy nebo počtu druhů na jednotkové ploše, data pro klasifikaci vegetace (fytoocenologické snímky) slouží ke dvěma účelům: nejprve k rozlišení vegetačních jednotek a poté k jejich popisu, tj. k odhadu parametrů pro každou jednotku (Kenkel et al. 1989). Pro účely klasifikace je důležité reprezentativně zachytit celý rozsah variability vegetace studovaného území, přičemž zaznamenání vzácných druhových kombinací je stejně důležité jako sběr dat z běžných vegetačních typů (Austin 1998). Náhodný nebo systematický sběr dat přitom snadno selhává kvůli malé pravděpodobnosti zaznamenání specializovaných, v krajině plošně omezených a vzácných typů vegetace (Moore et al. 1970). I při zachycení všech vegetačních typů rozlišitelných v dané krajině se může stát, že po provedení klasifikace jsou některé klasifikační jednotky zastoupeny jen jedním nebo dvěma snímky, což je pro účely jejich popisu a odhadu parametrů nedostatečné.

Slibné výsledky dávají alternativní metody stratifikovaného sběru dat. Austin & Heyligers (1989, 1991) navrhli metodu, při které nejprve vybrali faktory prostředí s předpokládaným největším vlivem na studovanou vegetaci, stanovili všechny kombinace hodnot

těchto faktorů vyskytující se v daném území a sběr dat naplánovali tak, aby právě pokryly tyto kombinace. Tím se vyhnuli zbytečným replikacím sběru dat v běžných vegetačních typech a zároveň nevynechali typy vzácné. Podobný příklad stratifikace při sběru vegetačních dat uvádějí Cooper & Loftus (1998). Je však evidentní, že i při stratifikaci je konečný výběr ploch v krajině nutně zatížen určitou subjektivitou.

### *Velikost ploch pro studium vegetace a problém měřítka*

Součástí klasické fytoecologické teorie byla koncepce tzv. minimálního areálu, podle níž má každý vegetační typ objektivně určitelnou nejmenší plochu pro zápis fytoecologického snímku, na které lze zachytit všechny jeho vlastnosti. Definici minimálního areálu, přesně odpovídající nedokonale formalizovanému přístupu, který rozlišuje vegetační jednotky už před sběrem dat, podal Toman (1990). Podle ní je minimální areál nejmenší plocha, která už obsahuje reprezentativní kombinaci druhů, dovolující spolehlivé přiřazení k vegetační jednotce. Z hlediska formalizované fytoecologie je však takto definovaná velikost ploch nepoužitelná, protože vymezení vegetačních jednotek a tedy ani jejich reprezentativní druhové kombinace nejsou ve fázi dat sběru ještě známy (Feoli 1984, Barkman 1989a, Krahulec & Lepš 1989).

Podle představ klasické fytoecologie mělo být možné objektivně určit minimální areál podle zlomu na křivce závislosti počtu druhů na velikosti plochy. Tento zlom je ale pouhým artefaktem měřítka použitého pro škálování os v grafu (Barkman 1968, 1989a, Moravec 1973, Krahulec & Lepš 1989, Toman 1990, Moravec et al. 1994). Protože počet druhů při zvětšování plochy nepřestává růst, byly pro určení minimálního areálu navrženy metody založené na kritériu floristické podobnosti (Moravec 1973, Dietvorst et al. 1982). Velikost minimálního areálu pro jeden porost se ale může značně lišit podle metody jejího stanovení. Všechny dosud navržené metody zjišťují nějakou vlastnost vegetace a její změnu v závislosti na měřítku studia. Některé metody objektivně určují velikost plochy, pro kterou se daná vlastnost buď nemění nebo dosahuje minima či maxima. Neexistuje však žádný teoretický důvod, proč by právě takto určená velikost plochy měla být tou „správnou“ velikostí pro studium vegetace.

V ekologickém výzkumu jakýchkoliv společenstev neexistuje jedno „správné“ měřítko studia. Z možných měřítek zpravidla používáme to, které odpovídá studovanému fenoménu, nebo možná častěji to, které odpovídá možnostem našeho vnímání a logistickým nebo technologickým omezením (Levin 1992). Se změnou měřítka se však může klasifikace a popis vegetace měnit. Statistická korelace mezi výskytem druhů je závislá na velikosti studovaných ploch (Bouxin & La Boulengé 1983, Greig-Smith 1983, Juhász-Nagy & Podani 1983, Hauser 1993). Se změnou velikosti ploch se společný výskyt druhů může objevovat nebo mizet, pozitivní korelace se může nejen ztratit, ale také změnit v negativní, a tyto skutečnosti ovlivňují i výsledky numerické klasifikace a ordinace (Fekete & Szöcs 1974). Podobně studie vlivu velikosti ploch na vztahy mezi vegetací a prostředím ukazují, že u malých ploch je korelace složení vegetace s prostředím obvykle menší než u velkých ploch a složení vegetace je v různých měřítcích ovlivňováno různými faktory (Palmer 1990, Reed et al. 1993). Menší korelace u malých ploch jsou důsledkem převažujících interakcí mezi jednotlivými rostlinnými individui nebo lokálních disturbancí, zatímco u ploch řádově větších než rostlinná individua tyto faktory hrají nepatrnou roli a do popředí vystupují vztahy mezi vegetací a prostředím.

Fytocenologie, zdůrazňující právě vztahy mezi vegetací a prostředím na úkor mezidruhových interakcí (Noy-Meir & van der Maarel 1987), volí plochy větší, v nichž jsou tyto vztahy výraznější. Velmi přibližně jde o plochy asi o řád větší, než je velikost jedinců dominantních druhů (Barkman 1990), čímž se omezuje vliv interakcí na úrovni jedinců. Klasikové curyšsko-montpelliérské školy začali pro studium různých typů vegetace používat určité velikosti ploch, které byly dalšími autory víceméně dodržovány (v přehledu viz např. Westhoff & van der Maarel 1973 a Dierschke 1994: 151). Přibližné sjednocení velikosti ploch v rámci široce pojatých vegetačních typů je velmi výhodné při srovnávání dat různých autorů, i když je nutné chápat je jako konvenci a nikoliv jako důsledek skutečnosti, že každý vegetační typ má objektivně stanovitelný minimální areál. Standardizované velikosti ploch jsou nezbytným předpokladem pro tvorbu formalizovaných klasifikací, vytvořených na základě analýzy dat.

Používání různě velkých ploch pro různé typy vegetace je však v rozporu se snahou o vybudování jednotného klasifikačního systému, protože data z ploch o řádově rozdílné velikosti jsou nesrovnatelná. Použití různých velikostí ploch na jediném místě v terénu může vést dokonce ke klasifikaci do různých tříd. Např. vegetace jarních terofytů třídy *Sedo-Scleranthetea* tvoří často maloplošné ostrůvky uprostřed suchých trávníků třídy *Festuco-Brometea*, prameniště svazu *Caricion remotae* (*Montio-Cardaminetea*) se maloplošně vyskytují v olšinách svazu *Alnion incanae* (*Quercio-Fagetea*), vegetační jednotky lesních lemů svazu *Geranion sanguinei* (*Trifolio-Geranietea*) lze při použití relativně malých ploch rozlišit na porostních světlinách teplomilných doubrav (*Quercetalia pubescenti-petraeae*, *Quercio-Fagetea*). Curyšsko-montpelliérská fytocenologie tedy umožňuje paralelní existenci víceméně nezávislých klasifikací v různých měřítcích. Tyto klasifikace jsou nesrovnatelné a je nutno je od sebe jasně oddělit. Ve fytocenologickém klasifikačním systému toto oddělení v podstatě existuje, protože většina tříd zahrnuje vegetaci studovanou pouze v jednom měřítku. Definice třídy, kterou navrhli Pignatti et al. (1995) by měla proto být doplněna požadavkem jednotného měřítka studia a každá jednotlivá třída by měla být definována mj. údajem o měřítku.

Praktickým problémem je, že plochy používané různými autory pro studium vegetace jedné třídy jsou jen přibližně stejně velké. Pokud je jejich velikost shodná alespoň řádově, jsou možné efekty velikostních rozdílů na formalizovanou klasifikaci zpravidla zanedbávány, i když jejich vliv není přesně znám. Existují však i data z ploch o velikosti výrazně odlišné od konvenčních velikostí, hlavně v publikacích z 20.–30. let, kdy byla fytocenologická metodika teprve velmi málo standardizována. Zejména starší skandinávští autoři používali pod vlivem tzv. uppsalské školy odlišné velikosti ploch než curyšsko-montpelliérští fytocenologové. Např. van der Maarel (1993) ukazuje, že plocha použitá různými fytocenology pro studium suchých trávníků na švédském Ölandu se měnila od 0,25 po 50 m<sup>2</sup>. Dalším příkladem jsou data z druhově chudé vegetace, kde někteří autoři mají tendenci používat větších ploch se zřejmým cílem zvětšit počet druhů v zápisu, a tím i počet klasifikačních kritérií (např. pro studium dnešní ochuzené plevelové vegetaci bývají často používány větší plochy než dříve – Hobohm 1994). Naopak v druhově bohaté vegetaci může být plocha snímků někdy zmenšována, aby se ušetřil čas strávený zápisem snímku. Pokud mají být existující fytocenologická data z různě velkých ploch použita pro tvorbu formalizované klasifikace, je nutno velikostně výrazně odlišné plochy z analýz vyloučit.

## Formalizace ve fázi zpracování dat

### *Charakteristické druhy versus sociologické skupiny druhů*

Klasická fytoocenologie (např. Braun-Blanquet 1921, 1928) stanovila princip, že každá vegetační jednotka na úrovni asociace nebo vyššího ranku musí obsahovat charakteristické druhy, tj. druhy omezené svým výskytem právě na danou vegetační jednotku a odlišující ji od jednotek ostatních. Charakteristické druhy byly v pionýrských dobách fytoocenologie stanovovány na základě materiálu z omezených území, kde byla vazba druhů na určitou vegetační jednotku zpravidla vyhraněná. Postupem času se hromadila další data a ukázalo se, že většina dříve definovaných charakteristických druhů se v jiných územích vyskytuje i ve značně odlišné vegetaci. Při přenosu lokálně vzniklých klasifikací do širších území tak musel být přehodnocen status převážně většiny charakteristických druhů, snad s výjimkou některých stenoendemitů. Situace se ještě komplikovala při zesilování lidských vlivů na krajinu od poloviny 20. století, kdy původně definované charakteristické druhy jako ekologičtí specialisté často mezi prvními ustupovaly pod antropickým tlakem (Tüxen 1962). Koncepce charakteristických druhů byla proto poměrně brzy nahrazena nejednoznačnými koncepcemi diagnostických druhů (Whittaker 1962, Westhoff & van der Maarel 1973), charakteristické druhové kombinace (termín časně zavedl už Braun-Blanquet 1925, uplatněn byl teprve později), indikační druhové skupiny (Holub et al. 1967) aj., které způsobily odklon od formalizace k vágnějšímu definování floristických klasifikačních kritérií. V zásadě šlo o přechod na vymezování vegetačních jednotek pomocí diferenciálních druhů a jejich skupin, tj. druhů odlišujících svým výskytem jednu vegetační jednotku od druhé, aniž by měly nutně absolutní vazbu na jedinou jednotku.

Princip charakteristických druhů dobře funguje v měřítku krajiny nebo menšího regionu. Je dobře slučitelný s nedokonale formalizovanou metodikou, kdy jsou vegetační jednotky rozlišeny už před sběrem dat. Přítomnost charakteristických druhů přítom zaručuje floristickou rozlišitelnost vegetačních jednotek předem definovaných na základě subjektivního vážení floristických a ne floristických klasifikačních kritérií. Někteří fytoocenologové i v dnešní době uplatňují požadavek, aby asociace měla alespoň jeden charakteristický druh, byť platný regionálně nebo v rámci určité formace (Oberdorfer 1977 et seq., Bergmeier et al. 1990, Dierschke 1996a). Důvodem je snaha o stanovení přibližné horní hranice počtu rozlišovaných vegetačních jednotek a tím o udržení klasifikačního systému v mezích přehlednosti. I v těchto klasifikacích je ale zřejmé, že vznikly na základě jiných kritérií než přítomnosti charakteristických druhů, protože deklarované charakteristické druhy mají často nízkou konstanci (tzn. k dané vegetační jednotce byly přiřazeny i porosty bez zastoupení charakteristických druhů).

Charakteristické druhy nemohou být jediným klasifikačním kritériem pro tvorbu formalizované klasifikace, zejména na úrovni asociací. Zatímco mnohé třídy, řády a svazy mají i relativně velké skupiny charakteristických druhů, platné v celém areálu, většina asociací rozlišovaných dnes ve střední Evropě má velmi málo, často jen jeden nebo žádný charakteristický druh. Vegetační jednotky ve formalizované klasifikaci však nelze vymezovat prezencí jediného druhu, protože pak by teoreticky každý druh mohl být použit pro definici jedné vegetační jednotky a samotný výskyt tohoto druhu v jakémkoliv porostu by mohl znamenat přiřazení daného porostu k této jednotce (Deyl 1974). Takový přístup by byl mimochodem velmi nestabilní, neboť přehlédnutí daného druhu při terénním sběru dat by vedlo k chybné klasifikaci celého porostu. Formalizované klasifikace proto musí expli-

citně vymezovat asociace na základě jiných kritérií než charakteristických druhů, např. pomocí skupin několika diferenciálních druhů.

Jako alternativa k principu charakteristických druhů, použitelná pro formalizovanou klasifikaci, byla navržena metoda sociologických skupin druhů (Scamoni & Passarge 1959, Doing 1969b, viz též Hegg 1965, Jurko 1973). Druhy určitého území jsou při použití této metody rozděleny do tzv. sociologických skupin, tj. skupin druhů, které se v širším území zpravidla vyskytují spolu. Klasifikačním kritériem není přítomnost druhu, ale druhové skupiny. Dva porosty jsou přiřazeny do stejné skupiny, je-li v nich zastoupena stejná sociologická skupina druhů, i když je třeba v každém snímku reprezentována jinými druhy (teoreticky by tak do jedné skupiny mohly být zařazeny dva snímky s žádným společným druhem, ale pravděpodobnost tohoto extrémního případu je u druhově bohaté vegetace velmi malá). Vegetační jednotky jsou definovány až při analýze dat v tabulce na základě přítomností různých kombinací sociologických skupin druhů. Tento princip je blízký definování vegetačních jednotek na základě diferenciálních druhů.

Princip sociologických skupin druhů byl důsledně uplatněn při klasifikaci vegetace severovýchodního Německa (Passarge 1964, 1996, Passarge & Hofmann 1968), nizozemských lesů (Doing 1963, 1969a) a v řadě dalších prací. Passarge a Doing však sociologické skupiny aplikovali způsobem, který přivodil tvrdou kritiku (Tüxen 1971). Především to byl statisticky nereálný požadavek, aby všechny druhy přítomné v tabulkách byly zařazeny do některé skupiny, a to právě do jedné. Tak musely být vedle statisticky průkazných skupin druhů rozlišovány i skupiny značně neprůkazné. Rovněž způsob prezentace tabulek se všemi druhy začleněnými do skupin byl velmi nepřehledný a floristická diferenciací vegetačních jednotek byla obtížně rozeznatelná. Passarge navíc vyčlenil velké množství vegetačních jednotek na základě drobných rozdílů v kombinacích sociologických skupin a v jejich pokryvnosti. Jeho systém vegetačních jednotek byl mnohem podrobnější rozčleněný než analogické systémy jiných autorů, velmi málo respektoval nebo navazoval na relativně stabilizovaný systém vegetačních jednotek curyšsko-montpelliérské fytocenologie, a proto nebyl převážnou většinou fytocenologů akceptován. Přestože i dnes je některými autory metoda sociologických skupin považována za slepou cestu v klasifikaci vegetace (cf. Dierschke 1994: 338–339), otevírá značné možnosti pro formalizaci klasifikace a současný vývoj numerických metod pro klasifikaci velkých souborů dat na ni navazuje (viz dále).

### *Fidelita*

Fidelita (věrnost) je definována jako míra koncentrace druhu ve snímcích určité vegetační jednotky, ať už jde o jednotku předem rozlišenou v terénu nebo až při tabulkovém zpracování dat. Druhy s největší koncentrací jsou pro danou jednotku diagnosticky nejvýznamnější. Výpočet fidity má ve formalizovaných přístupech velký význam, protože umožňuje přesně definovat relativní význam jednotlivých druhů pro vymezení vegetačních jednotek.

Fidelita je statistická veličina, která nemůže být stanovena jinak než výpočtem. Všechny významné učebnice a přehledy fytocenologických metod (Braun-Blanquet 1928, 1951, 1964, Westhoff & van der Maarel 1973, 1978, Dierschke 1994) však tento statistický problém ignorují a v zásadě se spokojují s přetiskem srovnávací tabulky, kterou intuitivně, nikoliv statisticky, vytvořili Szafer & Pawłowski (1927), a která by měla sloužit jako hrubé vodítko pro stanovení fidity. Zásadní nedostatky této tabulky shrnul Barkman (1989b). Především je nesymetrická (3 stupně fidity, 1 stupeň neutrální a 1 stupeň „infidelity“), což znemožňuje negativní vymezení vegetačních jednotek „infidelitou“ druhů

(viz též Doing 1972). Dále složitě kombinuje frekvenci a pokryvnost, přičemž některé kombinace těchto dvou proměnných nezohledňuje a navíc nesprávně předpokládá, že frekvence je vždy pozitivně korelována s pokryvností. Dále je založena na rozdílech frekvence, ale ve skutečnosti rozdíl 30 % nemá stejný význam, když frekvence druhu ve dvou vegetačních jednotkách je 80 a 50 % a když je 40 a 10 %. Konečně Barkman zdůrazňuje, že statistická významnost fidelity je závislá na velikosti srovnávaných souborů dat, tj. srovnání frekvencí 30 a 10 % nemusí být statisticky významné v tabulce s 10 snímky, ale může se stát významným při 100 snímcích (Flintrop 1984). K Barkmanovým výhradám je nutno doplnit, že výpočet fidelity musí být založen na procentické frekvenci, nikoliv na pěti frekvenčních (konstančních) třídách, jak uvádějí Szafer & Pawłowski (1927). Rozdíl jedné frekvenční třídy může totiž odpovídat procentickému rozdílu 1 %, ale také 39 %. Většina těchto nedostatků platí i pro novější, ale rovněž pouze intuitivní definici fidelity, kterou podali Bergmeier et al. (1990).

Barkman (1989b) upozornil i na další podstatný problém, a to, že nikdy nebylo explicitně stanoveno, zda se pro výpočet fidelity má používat srovnání výskytu druhu ve snímcích dané vegetační jednotky se všemi ostatními dostupnými fytocenologickými snímky nebo jen se snímky vegetační jednotky kde má tento druh nejvyšší frekvenci. Zdá se, že v praxi je častější druhý případ, který Barkman také preferuje. Tento způsob je však velmi nepraktický v tom, že jakékoliv změny v klasifikaci, např. rozdělení vegetační jednotky nebo sloučení dvou jednotek, mohou vést k výrazným změnám fidelity druhů i v dosti vzdálených jednotkách.

Statisticky podloženou metodu výpočtu fidelity navrhl Bruelheide (1995, viz také Bruelheide & Jandt 1995). Tato metoda stanovuje fidelitu druhu pro danou skupinu snímků srovnáním se všemi ostatními dostupnými snímky a uvažuje pouze prezenci. K výpočtu fidelity používá statistického koeficientu  $u$ , který je odvozen z vlastností Gaussova rozložení. V úvahu není brán pouze rozdíl, případně podíl procentického zastoupení jako ve starších intuitivních definicích, ale také celkový počet snímků (při velkém množství vzorků mají menší rozdíly nebo podíly zastoupení větší váhu) a relativní velikost skupiny snímků, pro kterou je fidelita počítána, vzhledem k celkovému počtu snímků. Koeficient  $u$  umožňuje rovnocenný výpočet fidelity i „infidelity“ a nemá ani jeden z výše uvedených nedostatků klasické tabulky Szafera & Pawłowského, i když určitou nevýhodou je zanedbání rozdílů v pokryvnosti druhů. Použití tohoto koeficientu ve fytocenologii umožňuje formalizaci při stanovování diagnostické hodnoty druhů.

### *Hierarchická povaha fytocenologického systému*

Klasický fytocenologický systém vegetačních jednotek je striktně hierarchický. Základní jednotky, asociace, jsou podle Braun-Blanquetových návrhů (Braun-Blanquet 1921, 1925) na základě podobnosti seskupovány ve svazy, svazy v řady a řady v třídy. Někdy se používají také podtřída, podřád, pods vaz, subasociace a některé další pomocné jednotky, s výjimkou subasociace však nenašly ve fytocenologické tradici většího uplatnění, protože složitější hierarchie je příliš komplikovaná.

Jestliže sama klasifikace vnáší do popisu relativně kontinuálně variabilní vegetace jeden poměrně nepřírozený prvek, tj. vymezování hranic, hierarchie tuto nepřírozenost ještě prohlubuje tím, že některé hranice deklaruje jako významnější a jiné jako méně významné. Existuje mnoho dvojic vegetačních jednotek, které jsou si floristicky velmi podobné, ale musí být odděleny na vysoké hierarchické úrovni, protože každá vyhovuje definici jiné vyšší jednotky. Přes tyto nevýhody je hierarchický systém pragmatický (Mirkin 1989),

protože je v něm poměrně snadná orientace a umožňuje klasifikovat vegetaci na různých detailních úrovních.

Základní problém při formalizaci klasifikace je, že žádná z hierarchických úrovní není uspokojivě definována. Dosavadní pojetí asociace ve fytocenologii vychází v podstatě z Braun-Blanquetovy definice (Braun-Blanquet 1921), podle které je asociace vymezena floristickým složením. Požadavkům této definice i všech jejích pozdějších modifikací však v zásadě vyhovují i svaz, řád nebo třída, takže jedinou podstatnou odlišností klasifikačních jednotek je jejich pozice v hierarchii.

Floristické složení vegetace je variabilní podle různých gradientů prostředí, které nejsou uspořádány hierarchicky a naopak se často chovají vzájemně nezávisle. Fytocenologická klasifikace vyžaduje hierarchizaci jednotlivých směrů variability spojených s různými gradienty tak, aby variabilita podle jednoho gradientu byla klasifikována např. na úrovni subasociace, variabilita podle dalších gradientů na úrovni asociace, svazu atd. (Solomeš 1995). Fytocenologie nemá žádná pravidla pro spojení různých typů variability s hierarchickými úrovněmi klasifikace, a to ani pro zásadní dichotomii mezi variabilitou stanovištní a geografickou (Moravec 1980). Zatímco v rámci jedné fytocenologické třídy je variabilita podle gradientu A klasifikována na úrovni asociace a variabilita podle gradientu B na úrovni svazu, u jiné třídy to může být naopak. Kromě toho jsou často na jedné hierarchické úrovni použity dva i více gradientů pro dvou- či vícecestné třídění. Tato praxe odráží složitou strukturu variability vegetace, kdy se poměrný význam jednotlivých gradientů může velmi lišit mezi různými typy vegetace. Proto není patrně možné jednotlivé hierarchické úrovně definovat tak, aby každé odpovídal určitý gradient nebo skupina gradientů. Jediným přibližným vodítkem je empirické pravidlo rozeznatelné ve fytocenologické tradici, že pro nižší úrovně (např. asociace) je nejvýznamnější floristické složení včetně kvantitativních poměrů druhů, při přechodu na vyšší úroveň (např. svaz) klesá význam kvantitativních poměrů ve prospěch floristického složení a u nejvyšších hierarchických úrovní (např. třída) roste význam nefloristických kritérií, např. struktury, stanoviště a chorologie (Westhoff 1967, Pignatti et al. 1995).

### *Deduktivní metoda klasifikace*

Uplatnění nadřazenosti floristických klasifikačních kritérií vede v nedokonale formalizované fytocenologii k tomu, že klasifikovány jsou často pouze porosty s výskytem ekologicky úzce specializovaných druhů, tj. dobrých klasifikačních kritérií. Naproti tomu ostatní porosty klasifikovány nejsou, i když v krajině často plošně převažují (Deyl 1974, Klimeš 1989). Ekologicky specializované druhy, použitelné jako diagnostické druhy nižších vegetačních jednotek, chybějí zejména v sukcesně mladých vegetačních typech, např. u vegetace ruderalní. Tyto porosty jsou buď přehlíženy už při preferenčním sběru dat v terénu, nebo jsou jejich snímky vyřazeny při zpracování materiálu, případně jsou zařazeny do klasifikace, ale v ní nejsou vymezeny do samostatné jednotky a přiřazují se k nejbližší podobným jednotkám s dobrou floristickou diferenciací.

Při formalizaci sběru dat však musí mít každý porost existující v krajině šanci být zaznamenán a tomu odpovídající klasifikační metoda musí umožnit všechny porosty klasifikovat. Návrh na řešení klasifikace floristicky slabě vyhraněných společenstev podali Kopecný & Hejný (1971, 1978, 1980) v podobě tzv. deduktivní metody, která umožňuje přiřazovat jednotlivé porosty přímo ke svazům, řádům nebo třídám. Rozlišili přitom typy s převahou diagnostických druhů nadřazených vegetačních jednotek (tzv. bazální spole-

čenstva) a typy s dominancí některého průvodního druhu (tzv. odvozená společenstva). Zatímco Kopecký a Hejný používali deduktivní metodu pro klasifikaci antropicky ovlivněné vegetace, Dierschke (1981) navrhl koncepci tzv. centrální asociace, prakticky totožnou s koncepcí bazálního společenstva, a aplikoval ji obecně pro jakékoliv vegetační jednotky bez asociačních charakteristických druhů.

Deduktivní metoda a podobné přístupy umožňují klasifikovat prakticky každý porost existující v krajině, aniž by se systém vegetačních jednotek stal zbytečně rozsáhlý a nepřehledný. V praxi však deduktivní metodu dosti znehodnotila snaha o „objevení“, popis a pojmenování všech existujících kombinací dominant a diagnostických druhů různých vegetačních jednotek, používaná v kontextu nedokonale formalizovaných přístupů, která vyústila v tvorbu nepřehledných klasifikačních systémů s komplikovanou nomenklaturou (např. Višňák 1986, 1996, Kopecký & Hejný 1992).

Princip deduktivní metody nebo centrální asociace však umožňuje velmi výstižně popsat povahu variability vegetace, kde některé porosty obsahují ekologicky specializované druhy a jiné se skládají jen z druhů nevyhraněných. Přiřazování druhého typu porostů přímo k vyšším jednotkám je výhodnou alternativou k ignorování jejich existence (přehlížením v terénu, vyřazováním materiálu při zpracování nebo nezohledněním při klasifikaci) nebo k popisování velkého množství v praxi obtížně rozlišitelných asociací, založených na jemných rozdílech v kombinacích ekologicky nevyhraněných diferenciálních druhů. Před použitím deduktivní metody musí být vytvořen stabilní klasifikační systém pro floristicky vyhraněné typy. Deduktivní klasifikace je tím úspěšnější, čím více je tento systém formalizovaný a používá floristicky jednoznačné definice klasifikačních jednotek. Formalizaci deduktivní metody, i když použitou v souvislosti s nedokonale formalizovanou klasifikací floristicky vyhraněných typů, navrhli Kopecký et al. (1995) a její praktické využití ukázal Dostálek (1996, 1997).

### *Numerická klasifikace*

Úsilí o formalizaci fytocenologie od 60. let zásadně ovlivnil vývoj numerických klasifikačních metod (van der Maarel et al. 1980, Mucina & van der Maarel 1989). Numerické metody vytvářejí klasifikaci na základě floristických dat a na rozdíl od klasické fytocenologie zpravidla nekombinují floristická a ne floristická klasifikační kritéria. Obvykle pracují s úplným druhovým složením, nikoliv jen s jeho částí (charakteristickými, diferenciálními druhy nebo druhy sociologických skupin) jako klasická fytocenologie. Podle různých statistických šetření však tento rozdíl nemusí výsledek příliš ovlivňovat, protože podstatná část informace v datových souborech je obvykle vázána na menší část druhů, a proto se výsledek numerické klasifikace při vyloučení určitých druhů z výpočtu prakticky nemusí měnit (Lausi 1972, Orlóci 1978, Jancey 1979, Dale et al. 1986).

Numerické metody byly zpravidla hodnoceny podle toho, jak se jejich výsledky shodovaly s tradiční klasifikací (Werger 1973, Lausi & Feoli 1979, Feoli & Lagonegro 1982, Mucina 1982, Kovář & Lepš 1986, Török et al. 1989, Hakes 1994). Wildi (1989) formalizoval fytocenologické zpracování dat do důsledků návrhem numerického postupu, který kromě vlastní tvorby klasifikace vytváří i tabulku snímků, svým uspořádáním víceméně analogickou tradičním fytocenologickým tabulkám. Tento postup zahrnuje vyhledání skupin druhů maximálně diferencujících rozlišené skupiny snímků (Jancey 1979), přeskupení skupin snímků tak, aby odrážely hlavní gradient v datech (analýza koncentrace – Feoli & Orlóci 1979), přesun maximálně diferencujících druhových skupin do horní části tabulky

a přeskupení bloků snímků a druhů s největší koncentrací nenulových hodnot na hlavní diagonálu.

Možnost získat s numerickou klasifikací výsledky podobné tradiční fytoocenologické klasifikaci vedla k jejímu velkému rozšíření v 80. a 90. letech, kdy se stala ve fytoocenologii zcela běžnou. Nejčastěji používanými metodami jsou různé varianty shlukové analýzy a TWINSpan (Hill 1979). Dnes používané metody jsou zpravidla poměrně robustní, což znamená, že dávají alespoň uspokojivé nebo dobré výsledky při většině aplikací (Minchin 1987), a proto se současní fytoocenologové při výběru numerických klasifikačních metod obvykle neřídí ani tak jejich vlastnostmi, jako spíše dostupností v běžném software (Kent & Ballard 1988, Mucina & van der Maarel 1989, Fischer & Bemerle 1989).

V novější době se v oboru numerické klasifikace experimentuje také s tzv. fuzzy metodami, které definují vegetační jednotky s neostrými hranicemi (Feoli & Zuccarello 1986, 1988, Dale 1988, Moraczewski 1993). Fytoocenologické snímky přitom nejsou k vegetačním jednotkám přiřazovány jednoznačně – spíše jsou pro jeden snímek kvantifikovány stupně příslušnosti k několika vegetačním jednotkám. Fuzzy metody však zatím nenašly v klasifikaci vegetace většího uplatnění, patrně proto, že při praktických aplikacích je často výhodné právě jednoznačné přiřazení objektů do skupin, zatímco v opačném případě, kdy cílem není jednoznačná klasifikace, se spíše používá ordinace.

Všechny numerické metody sice jednoznačně formalizují zpracování dat, mají však jeden podstatný nedostatek. Využívají totiž výhradně floristické informace v souboru dat, nikoliv také externí informace o sociologickém chování druhů v širokém území, i mimo soubor dat, což je typický přístup pro klasickou fytoocenologii. Diferenciální druhy vyplývající z numericky klasifikované tabulky omezeného souboru dat nemají často platnost mimo tento soubor, naproti tomu druhy s obecněji platnou diagnostickou hodnotou mohou mít při klasifikaci tohoto souboru malý význam. S tím souvisí i problém značné závislosti výsledku numerické klasifikace na výchozím souboru dat, např. na jeho rozsahu, heterogenitě, množství a poměrném zastoupení různých vegetačních jednotek. Jak ukázali Bruehl & Chytrý (2000) na separátních klasifikacích dvou velkých souborů dat stejného typu vlhkých luk z Německa a České republiky, odlišnosti ve struktuře obou souborů dat způsobily, že metoda TWINSpan vytvořila dvě naprosto odlišné klasifikace, jejichž konečné skupiny si vůbec neodpovídaly, přestože v obou zemích nepochybně existují porosty přiřaditelné ke stejným vegetačním jednotkám.

### *Nomenklatura*

Se vzrůstajícím počtem různých klasifikací rostl i počet jmen používaných pro vegetační jednotky. Stále častěji se objevovala shodná (homonymní) jména pro různé vegetační jednotky nebo případy, kdy jedna vegetační jednotka byla označována více různými (synonymními) jmény. Snaha o tvorbu jednotné klasifikace a narůstající chaos ve jménech vegetačních jednotek vedly už v 50. letech k vypracování prvních návrhů na zavedení formalizovaných pravidel fytoocenologické nomenklatury. Protože se v té době fytoocenologie vyvíjela pod dominantním vlivem Braun-Blanqueta a Tüxena, kteří do značné míry rozhodovali o používání nebo nepoužívání jednotlivých jmen, nebyla tato pravidla často považována za nutná a už vůbec ne za závazná (Theurillat 1997). První verze závazných nomenklatorických pravidel, akceptovaných velkou částí fytoocenologů, byla sestavena v podobě Kódu fytoocenologické nomenklatury až v době, kdy se fytoocenologie začala vy-

mykat z vlivu jediné autority a objevilo se množství různých, často neslučitelných koncepcí (Barkman et al. 1976, druhé vydání 1986).

Nepochybnou výhodou Kódu fytocenologické nomenklatury je zavedení vysokého stupně formalizace nomenklatury vegetačních jednotek. Snaha o přesné vymezení pravidel pro řešení nejružnějších nomenklatorických problémů, podle vzoru Mezinárodního kódu botanické nomenklatury, však vedla ke značné komplikovanosti Kódu. Zejména u vegetačních jednotek, kde existuje více schémat klasifikace a tedy i více jmen, je hledání správných jmen ve shodě s Kódem často nesmírně časově náročné a odvádí badatele od hlavní práce, tj. samotné klasifikace a popisu vegetace. Je otázkou, zda tato cena za formalizaci není příliš vysoká. Princip Kódu vychází z nerealistického předpokladu konečného množství rozlišitelných vegetačních jednotek, uspořádaných v jednotném a stabilním klasifikačním systému. Klasifikace vegetace v lokálním, národním a kontinentálním měřítku však mohou vést k vymezení prakticky neporovnatelných jednotek a zavádění jednotného systému nomenklatury může situaci spíše komplikovat.

Narůstající opozice proti Kódu požaduje jeho podstatné zjednodušení (Pignatti 1995, Mucina 1997c, Julve 1997). Zjednodušení Kódu by však omezilo formalizaci nomenklatury a dalo větší volnost subjektivnímu rozhodování jednotlivých autorů, čímž by se v nomenklatuře zvyšoval chaos (Theurillat 1997, Krahulec 1997). Mnohé fytocenologické studie vzniklé mimo kontinentální Evropu (např. britský přehled vegetace – Rodwell 1990 et seq.) problém nomenklatury obcházejí používáním neformálních jmen postavených mimo hierarchii fytocenologických ranků, např. „*Fagus sylvatica-Mercurialis perennis* woodland“ a zaváděním ad hoc nomenklatury pro každou jednotlivou klasifikaci.

Řešení těchto rozporuplných problémů je obtížné. Krahulec (1997) požaduje, aby případné změny v současném Kódu nebyly v rozporu se současnými pravidly a nevyžadovaly tak přehodnocení dosavadních, časově často velmi náročných nomenklatorických revizí. Dílčí řešení může být i v práci Nomenklatorické komise, která by měla aktivně využívat možnosti konzervace nebo zamítnutí jmen v případech, kde by striktní aplikace nomenklatorických pravidel výrazně změnila tradiční nomenklaturu nebo vedla k přijetí jmen obsahově nevhodných či zavádějících (Mucina 1997c). Především by ale měly být nomenklatorické revize a formální popisy jmen nových syntaxonů prováděny jen u studií v národním a nadnárodním měřítku, kde lze předpokládat, že výslednou klasifikaci bude používat široký okruh uživatelů po mnoho let. Formalizace nomenklatury je naopak nežádoucí u lokálních klasifikací vegetace, které mají význam pro omezený okruh uživatelů a často jsou nepřenosné do jiných nebo širších regionů. Formální nomenklatura v nich eventuálně zavedená však musí být podle Kódu přebírána i v národních či nadnárodních klasifikacích, čímž se nomenklatorické problémy výrazně prohlubují. Autoři fytocenologických klasifikací často podléhají pokušení formalizovat nomenklaturu i vyšších jednotek (např. třída, řád) předčasně i u úzce lokálních studií. Některé kritické úvahy (např. Pignatti 1968b, Mucina 1997c) v tom nikoliv neprávem vidí snahu autorů zvětšit vlastní jméno připojením ke jménu vegetační jednotky. Proto by bylo žádoucí maximálně omezit používání autorských jmen ve spojení se jmény vegetačních jednotek.

## Současné formalizační trendy a perspektivy

### *Velkoplošné přehledy vegetace*

První, ale nedokončený pokus o spojení lokálních klasifikací vegetace do jednotného systému uskutečnil už Braun-Blanquet se spolupracovníky ve formě Prodrumu rostlinných společenstev (Braun-Blanquet 1933–1940). Pokusy o obnovení projektu Prodrumu pokračovaly i po válce (Beefink & Géhu 1973, Pignatti 1990), ale teprve v 90. letech založila skupina fytoecologů se zkušenostmi z tvorby národních přehledů vegetace (např. Velká Británie – Rodwell 1990 et seq., Rakousko – Mucina et al. 1993, Nizozemí – Schaminée et al. 1995 et seq.) aktivní mezinárodní pracovní skupinu pro Evropský přehled vegetace (Mucina et al. 1993, Pignatti 1995, Rodwell et al. 1995, 1997). Pracovní skupina podporuje tvorbu národních přehledů vegetace, které začaly být vydávány pro Slovensko (Valachovič et al. 1995 et seq.), Německo (Dierschke 1996b et seq.), Rumunsko (Coldea 1997), Litvu (Balevičienė et al. 1998) a Českou republiku (Moravec 1998), hlavním cílem je však postupná tvorba jednotné celoevropské klasifikace. Základním krokem byla kompilace soupisu tříd evropské vegetace (Mucina 1997b), na který navazují podobné soupisy pro nižší úrovně klasifikační hierarchie. Podle předběžného zpracování je v Evropě rozlišeno 73 tříd a přibližně 220 řádů a 770 svazů. Následně nebo paralelně by měla probíhat analýza velkých souborů dat, které jsou připravovány v různých evropských centrech, a exaktní charakteristika druhového složení, stanoviště, struktury a dalších vlastností rozlišených vegetačních jednotek (tzv. parametrizace).

Velkoplošné přehledy vegetace lze vytvářet dvojím způsobem: buď zdola, kdy jsou do nich převzaty a po určité revizi přehledně uspořádány vegetační jednotky dříve vytvořené v lokálních klasifikacích menších území (např. Mucina et al. 1993, Moravec et al. 1995, Moravec 1998), nebo shora, kdy se vychází z velkého souboru dat, který je dělen, až se dospěje k základním jednotkám (např. Rodwell 1990 et seq.). Velkoplošná klasifikace vytvořená zdola je zpravidla dobře aplikovatelná v těch malých územích, která byla dříve podrobně studována, zatímco v mnoha jiných územích selhává – je tedy nevyvážená. Navíc je v ní často zahrnuto větší množství vzájemně velmi podobných, ale regionálně omezených vegetačních jednotek, které jsou v praxi často rozlišitelné jen na základě implikací typu „jsme v regionu X, proto tato vegetace patří k asociaci Y“. Velkoplošná klasifikace vytvořená shora naopak umožňuje dobrou meziregionální porovnatelnost vegetačních jednotek a stírá geografickou nevyváženost klasifikace zdola, je ale poměrně hrubá a nemusí zohledňovat různá lokální specifika. Postup shora je dobře formalizovatelný, zatímco u postupu zdola je formalizace velmi problematická.

Domnívám se, že lokální klasifikace na úrovni krajiny a velkoplošné, např. národní klasifikace jsou v mnoha případech vzájemně nesrovnatelné, nepřenositelné a je nutno je víceméně chápat jako vzájemně nezávislé. Z toho vyplývá, že postup zdola, snažící se o přenos lokálně definovaných vegetačních jednotek do velkoplošné klasifikace, je v budoucnu neudržitelný, i když v době, kdy nebyly k dispozici velké soubory dat a vhodná technologie pro jejich zpracování, sehrál nepochybně významnou roli při velkoplošné inventarizaci vegetačních jednotek. Představa nekompatibility lokální a velkoplošné klasifikace se opírá o několik argumentů:

Především jsou při klasifikaci dat z malých území vegetační jednotky rozlišovány zpravidla pomocí diferenciálních druhů nebo sociologických skupin indikujících různé vlastnosti stanovišť (půdy, mezo- a mikroklima, management aj.), ale u velkoplošných klasifi-

kací tyto druhy obvykle ztrácejí význam ve prospěch geografických diferenciálních druhů (Moravec 1980) a vegetační jednotky odrážejí spíše variabilitu makroklimatu nebo fyto-geografickou historii jednotlivých větších území.

Jiným problémem je, že v menších územích často existují lokálně specifické kombinace faktorů prostředí a jim odpovídající vyhraněné vegetační typy. V širším území však mohou převažovat úplně jiné kombinace těchto faktorů a vegetace širšího území proto vůbec neodráží vyhraněné lokální typy. Tento problém ilustruje Diekmann (1997) na příkladu extrapolace středoevropské klasifikace do jižního Švédska. Zatímco ve střední Evropě průměrná teplota pozitivně koreluje s kontinentalitou, Švédsko je v průměru chladnější a přitom kontinentální. Proto druhy diferencující ve střední Evropě teplomilné a zároveň kontinentální vegetační jednotky (např. *Festucion valesiacae*, *Geranion sanguinei*) od jednotek méně teplomilných a a zároveň méně kontinentálních (např. *Bromion*, *Trifolion medii*) rostou ve Švédsku společně a uvedené vegetační jednotky nelze rozlišit. Extrapolací do Švédska by se tedy středoevropská klasifikace v podstatě negovala. Zdá se, že podobné vztahy platí i při extrapolaci klasifikace na úrovni krajiny do národní klasifikace pro území velké např. jako Česká republika.

Chápání lokálních a velkoplošných klasifikací vegetace jako navzájem nezávislých může být výhodné i z čistě pragmatického hlediska. Klasifikace, pokud má sloužit, musí být přehledná, složená z omezeného počtu klasifikačních jednotek, které jsou pro uživatele zapamatovatelné (Hegg & Brun-Hool 1999). Jak lokální, tak velkoplošné klasifikace by měly definovat právě tolik vegetačních jednotek, aby umožnily podrobný popis vegetace, ale zároveň aby systém zůstal v mezích přehlednosti. Jestliže však každá lokální klasifikace definuje určitý počet jednotek přijatelný pro dané území, velkoplošná klasifikace sestavená z lokálních klasifikací pak má často velmi vysoký a nepřehledný počet jednotek, přestože mnohé jednotky definované v různých lokálních klasifikacích jsou sloučeny (viz např. zpracování tříd *Molinio-Arrhenatheretea* a *Festuco-Brometea* v publikaci Moravec et al. 1995). Naopak, při striktním uplatnění velkoplošné klasifikace v malém území je často k dispozici mnohem méně klasifikačních jednotek než by bylo potřeba pro adekvátní popis a velká část lokální variability vegetace je zanedbána. Často se traduje představa, že hierarchická povaha fytoocenologické klasifikace tento problém řeší, protože umožňuje používat pro velká území např. třídy a řády, pro malá území svazy a asociace, a proto mohou lokální i národní klasifikace pracovat s přibližně stejným počtem jednotek. Ve skutečnosti však je v lokálních klasifikacích velmi často možné rozlišit jen jednu nebo několik málo asociací v rámci každé třídy, takže tyto klasifikace nemohou obvykle pracovat s příliš větším počtem asociací než je počet tříd u odpovídající klasifikace velkoplošné.

Představa oddělení lokálních a velkoplošných klasifikací s sebou nese kromě zmíněných výhod také problémy, např. z hlediska nomenklatury. Knapp (1942), který jako jeden z prvních upozornil na otázky vztahu lokálních a velkoplošných klasifikací, navrhl pro velkoplošné klasifikace zavedení nové jednotky, tzv. hlavní asociace (Hauptassoziation) a zároveň předdefinoval asociaci na jednotku vymezenou lokálně. Na rozdíl od výše uvedených úvah však předpokládal, že lokální asociace lze striktně hierarchicky seskupovat do hlavních asociací. Proto je Knappova koncepce sotva použitelná. Jak bylo zmíněno výše, vhodnější řešení se nabízí spíše v používání formalizované nomenklatury jen pro vegetační jednotky definované ve velkoplošných klasifikacích.

### *Fytocenologické databáze a kvalita existujících dat*

V průběhu 90. let vznikají na mnoha místech v Evropě i jinde rozsáhlé databáze fytocenologických dat, které mají sloužit k formalizované analýze variability vegetace v rozsáhlých územích (Chytrý 1997, tam i další citace). Jen v Evropě se podle dosti rezervovaného odhadu (Rodwell 1995) předpokládá existence více než jednoho milionu fytocenologických snímků. Mnoho snímků pochází z doby před pronikavými změnami krajiny v 2. polovině 20. století, čímž se nabízí využití těchto dat nejen pro vlastní klasifikaci, ale i pro historické srovnání. Lze tak rozlišit vegetační jednotky pro porosty dříve hojné a dnes vzácné nebo z krajiny úplně vymizelé, případně naopak jednotky pro porosty vzniklé teprve nedávno po změnách hospodaření v krajině (Blažková 1999). Data ve fytocenologických databázích mají obrovský potenciál využití, ale zároveň i mnohá omezení.

Často diskutovaným problémem je kvalita zápisu dat v terénu (Tüxen 1972). Zatímco chyba při odhadu pokryvnosti v ordinální stupnici (Braun-Blanquet 1921) další zpracování většinou příliš neovlivní, daleko závažnější je přehlédnutí některých druhů a zejména determinační omyly. Pokud je však zápisu fytocenologických snímků v terénu věnována dostatečná pozornost, ovlivnění výsledné klasifikace chybami při sběru dat je zpravidla menší než rozdíly vyplývající z použití různých metod numerické klasifikace nebo transformace dat (Lepš & Hadincová 1992). Podobný nebo i větší vliv může mít i fenofáze, v níž jsou snímky zapisovány. Zvlášť u vegetace s výraznou sezónní dynamikou (např. opadavé listnaté lesy) mohou být snímky z jarního období dosti odlišné od snímků z léta, což může zkreslovat výslednou klasifikaci (Kaiser et al. 1998).

Patrně mnohem významnějším problémem je, že data existující v databázích byla převážně sbírána preferenčním způsobem, aby dokumentovala předem rozlišené vegetační typy. Jednotliví badatelé v terénu vyhledávali porosty vyhovující jejich koncepci typu, zatímco ostatní porosty byly opomíjeny, i když třeba v krajině představovaly desítky procent vegetačního krytu. Frey (1995) to ilustruje na příkladu bučin a dubohabřin v kantonu Zürich. Do začátku 60. let tam byly dubohabřiny pokládány za přirozený typ vegetace a bučiny za typ antropicky podmíněný, a proto se fytocenologické snímky zapisovaly převážně v dubohabřinách. Po přehodnocení tohoto názoru (tj. bučiny jsou pokládány za přirozené a dubohabřiny za antropicky podmíněné) začali fytocenologové záměrně snímkovat bučiny a vyhýbat se dubohabřinám. Je-li klasifikace vytvářena jako formalizovaná, na základě analýzy dat, bude její výsledek při použití preferenčně sbíraných dat zčásti odrážet subjektivní koncepci uplatněné při jejich sběru. Lze spekulovat, že při analýze velkých souborů dat sbíraných různými autory se některé z těchto subjektivních koncepcí neprojeví a zčásti se změní v šum. Problémem však zůstávají systematické chyby pod vlivem dobových paradigmat, vnášené celými generacemi badatelů v dané geografické oblasti, jak ukazuje Freyův příklad.

S preferenčním sběrem dat souvisí také problém nereprezentativního zachycení druhově chudých nebo monospecifických porostů, které poskytují málo floristických klasifikačních kritérií a fytocenologové se jim proto vyhýbají. Tento trend kvantitativně dokumentoval Wolek (1997) na velkém souboru fytocenologických snímků svazu *Lemnion* z celého Polska. Prakticky v něm chyběly jednodruhové snímky, snímky se dvěma druhy byly vzácné a jednoznačně převažovaly snímky se třemi až pěti druhy. V přírodě však převládají porosty jedno- až dvoudruhové.

Dalším závažným omezením je, že existující fytocenologická data jsou prakticky bezvýhradně zkresleným vzorkem skutečného rozšíření a variability vegetace. Byla zpravidla

sbírána jednotlivými autory v omezených regionech, kde bylo dosaženo dosti hustého pokrytí terénu fytocenologickými snímky, zatímco v jiných regionech neexistují žádná data nebo je jich podstatně méně, přestože je tam daný vegetační typ hojný. Klasifikace na základě existujících souborů dat tedy může odrážet skutečnou diskontinuitu ve vegetaci, ale také diskontinuitu vzniklou jako artefakt nevhodného rozmístění ploch (Goodall & Feoli 1988). Jako u všech proměnných získaných z geografického prostoru je tento problém dále vyostřen existencí prostorové autokorelace (Palmer 1988, Fortin et al. 1989, Borcard et al. 1992, Legendre 1993, Koenig & Knops 1998), která se obecně projevuje větší podobností mezi bližšími místy. V rostlinné ekologii jsou některé z jejích projevů známy jako vicinismus nebo „mass effect“ (Zonneveld 1995), způsobovaný např. stálým přesunem diaspor mezi sousedícími porosty.

Nutnost provádět rychlé expertízy pro účely územně plánovacích a politických rozhodnutí vyžaduje plné využití existujících dat, i přes jejich nedostatky. Za poměrně reprezentativní z hlediska teritoriálního pokrytí a subjektivními koncepcemi méně zatížené lze snad považovat velké soubory dat z relativně vzácné a badateli oblíbené vegetace, jako jsou v České republice suché trávníky třídy *Festuco-Brometea*. U této vegetace existuje snímkový materiál z převážně většiny existujících, téměř vždy plošně nevelkých lokalit, a doposud sbíraná data lze tedy považovat za dosti realistický obraz o variabilitě a rozšíření. U mnoha typů vegetace však je nutné existující data před analýzou důkladně filtrovat tak, aby se co nejvíc přiblížila datům sbíraným stratifikovaně a bez zatížení subjektivními koncepcemi. V řadě případů bude jediným východiskem doplnění existujících dat terénním sběrem, provedeným podle přesných a statisticky zdůvodněných plánů (Gillison & Brewer 1985, Austin & Heyligers 1989, Haila & Margules 1996).

### *Formalizovaná klasifikace velkých souborů dat*

Velké fytocenologické databáze umožňují kvantifikovat diagnostickou hodnotu jednotlivých druhů v širokých územích (Brisse et al. 1995, Bruelheide 1995). Nově vyvíjené metody numerické klasifikace využívají externí informace o diagnostické hodnotě druhů a do značné míry vycházejí z principu sociologických skupin druhů. Nemají nevýhody tradiční numerické klasifikace, která nezohledňuje obecnější diagnostickou hodnotu druhů, vychází výhradně ze struktury analyzovaných souborů dat, a proto je platná pouze v rámci těchto dílčích souborů.

Formalizované klasifikace velkých souborů dat mohou podle použité metody vymezit vegetační jednotky různým způsobem. Je ale pragmatické použít metody umožňující tvorbu takových klasifikací, které by se maximálně přiblížily ke klasifikacím dosavadním, široce akceptovaným ve fytocenologické tradici a vyvinutým na základě kolektivního konsensu dosaženého mezi koncepcemi různých badatelů (Poore 1955–1956, Mirkín 1989). To však neznamená, že by musela být z dosavadních klasifikací nutně přebírána i taková dílčí řešení, která nelze formalizovat, např. proto, že odporují statistickým kritériím.

Velmi slibné výsledky v tomto směru dává metoda COCKTAIL (Bruelheide 1995, Bruelheide & Jandt 1995), která vychází z principu sociologických skupin druhů a částečně uplatňuje prvky deduktivní metody, resp. koncepci centrální asociace. Na základě dat z velkých databází je nejprve kvantifikován společný výskyt druhů pomocí statistiky odvozené z Gaussova rozložení a poté jsou definovány sociologické skupiny. Jádra (tj. výchozí druhy) sociologických skupin je možno subjektivně vybrat tak, aby odpovídala vegetačním jednotkám rozlišovaným klasickou fytocenologií, pro každý další druh však existuje statistická kontrola, jestli může být k dané skupině skutečně přiřazen. Fytocenolo-

gické snímky jsou poté klasifikovány podle toho, které druhové skupiny obsahují. Pro každou druhovou skupinu je přitom statisticky definován minimální počet druhů zastoupených v jednom snímku, dostatečný k tomu, aby skupina byla chápána jako zastoupená ve snímku. Pro tvorbu hierarchické klasifikace musí být nejprve hierarchizována priorita jednotlivých druhových skupin a pro každou rozlišovanou vegetační jednotku definována konkrétní kombinace skupin, které musí snímky k ní přiřazené obsahovat (Bruehlheide 1997). Tato rozhodnutí jsou subjektivní a umožňují definovat vegetační jednotky tak, aby se přibližovaly jednotkám rozlišovaným v klasické fytocenologii. Rozhodovací proces je však přesně popsán pomocí logických spojek a umožňuje jednoznačné přiřazování snímků do skupin. Snímky, v nichž chybějí druhové skupiny pro přiřazení do vegetačních jednotek na určité hierarchické úrovni (např. do asociací), jsou klasifikovány přímo k vyšším jednotkám jako u klasifikace deduktivní metodou.

Velkou výhodou této metody je využití znalosti o sociologických vazbách druhů v širokém území i mimo studovanou vegetaci, což umožňuje vymezovat vegetační jednotky podobně jako v klasické fytocenologii, přitom ale s využitím statistických kritérií a přesně formalizovaných algoritmů. Tradiční vegetační jednotky tak lze statisticky testovat, jednoznačně definovat a případně předefinovat v duchu formalizace. Při srovnání klasifikace německých a českých vlhkých luk ukázali Bruehlheide & Chytrý (2000), že pro různá území o velké rozloze lze metodou COCKTAIL vytvářet vzájemně srovnatelné klasifikační systémy, zatímco použití klasických numerických metod (TWINSPAN) může vést k tvorbě zcela nekompatibilních klasifikačních systémů.

U druhově bohaté travinné vegetace, na níž byla metoda dosud testována (Bruehlheide 1995, Bruehlheide & Jandt 1995, 1997, Bruehlheide & Chytrý 2000), bylo velmi dobře možné reprodukovat fytocenologické svazy a některé široce pojaté asociace nebo skupiny asociací v rámci svazů, často však nemohly být rozlišeny asociace, založené na lokální kombinaci druhů, na jednom diagnostickém druhu nebo na kvantitativních poměrech pokryvnosti druhů. To v podstatě odpovídá současné praxi, kdy svazy většina botaniků v terénu poměrně lehce identifikuje, zatímco přiřazení jednotlivých porostů k asociacím je často obtížným úkolem i pro specialisty fytocenology. Na druhé straně metoda dobře rozlišuje přechodné typy mezi svazy, které bývají v klasické fytocenologii obvykle hodnoceny na úrovni subasociací, např. vlhká louka svazu *Calthion* s druhy svazu *Caricion fuscae*.

Problémy s použitím metody mohou vzniknout při aplikaci na vegetační typy, kde tradičním vodítkem pro klasifikaci není jen celkové druhové složení jako u druhově bohatých trávníků, ale roste význam dominance druhů, např. u třídy *Phragmito-Magnocaricetea* nebo u ruderální vegetace. Při tvorbě národní klasifikace s široce pojatými jednotkami lze při použití metody COCKTAIL postavit dominantní výskyt vybraných druhů ve snímku na úroveň přítomnosti druhové skupiny a pracovat s ním dále jako s druhovou skupinou. Při použití formalizované klasifikace v lokálním měřítku je ale nutné vypracovat jemnější systém vážení dominance druhů (viz např. Kopecký et al. 1995), což klasifikaci dosti komplikuje nutností arbitrárního výběru více parametrů.

### Expertní systémy

Přesná formalizace klasifikace, jak je např. použita v metodě COCKTAIL, je výhodná pro budoucí tvorbu expertních systémů, využitelných např. při managementu vegetace. Expertní systémy jsou počítačové programy obsahující určité informace, schopné klást uživateli cílené otázky a na základě odpovědí dospět k určitému závěru (Noble 1987). Zá-

věrem může být v nejjednodušším případě přiřazení konkrétního fytoecologického snímku k dané vegetační jednotce, ale také třeba návrh vhodného způsobu managementu. Manažery využívající expertní systémy samozřejmě vůbec nemusí zajímat, jak se vegetační jednotka v daném klasifikačním systému jmenuje, nicméně expertní systém musí být schopen kladením otázek (např. na výskyt určitých druhů, strukturu vegetace, stanoviště) zjistit její totožnost a navrhnout management. Různé dosud vyvinuté metody automatického přiřazování fytoecologických snímků k vegetačním jednotkám (Orlói 1978, Hill 1989, Malloch 1990, Dodd et al. 1994, Kopecký et al. 1995, Dring 1996) ukazují, že zahrnutí klasifikace vegetace do expertních systémů může být poměrně rutinní záležitostí za předpokladu, že vegetační jednotky jsou dokumentovány alespoň soupisem druhů a tabulkami frekvencí výskytu.

## Závěr

Na rozdíl od klasické, nedokonale formalizované klasifikace, jsou metody formalizované klasifikace ve vývoji. Oba směry se vzájemně nevylučují, protože každý z nich se lépe hodí pro jiné účely. Současná fytoecologie, původně vzniklá v rámci základního akademického výzkumu, se stále více přesouvá do oblasti výzkumu aplikovaného. Jako alternativu proti náznakům určité akademické strnulosti proto musí uplatňovat otevřený, pluralitní přístup. Podle cílů, kterým má klasifikace sloužit, je pragmatické vybírat různé klasifikační metody, od klasických nedokonale formalizovaných po vysoce formalizované. Potenciální odlišnosti výsledků získaných různými metodami jsou spíše výhodou než nedostatkem pluralitního přístupu.

## Poděkování

Podnětné kritické připomínky k předchozí verzi textu laskavě poskytli L. Klimeš, J. Kolbek, F. Krahulec, J. Sádlo, P. Kovář, J. Moravec, K. Prach, J. Vicherek, T. Kučera, T. Herben a J. Danihelka. Tento článek byl vypracován jako součást projektu GA ČR 206/99/1523 a výzkumného záměru MŠMT J07/98:143100010.

## Literatura

- Alechin W. W. (1926): Was ist eine Pflanzengesellschaft? Ihr Wesen, und ihr Wert als Ausdruck des sozialen Lebens der Pflanzen. – Repert. Spec. Nov. 37: 1–50.
- Allen T. F. H. & Hoekstra T. W. (1992): Toward a unified ecology. – Columbia Univ. Press, New York.
- Austin M. P. (1985): Continuum concept, ordination methods, and niche theory. – Ann. Rev. Ecol. Syst. 16: 39–62.
- Austin M. P. (1998): An ecological perspective on biodiversity investigations: examples from Australian Eucalypt forests. – Ann. Missouri Bot. Gard. 85: 2–17.
- Austin M. P. & Heyligers P. C. (1989): Vegetation survey design for conservation: Gradsect sampling of forests in North-eastern New South Wales. – Biol. Conserv. 50: 13–32.
- Austin M. P. & Heyligers P. C. (1991): New approach to vegetation survey design: Gradsect sampling. – In: Margules C. R. & Austin M. P. (eds.), Nature conservation: Cost effective biological surveys and data analysis, p. 31–36, CSIRO.
- Balevičienė J., Kizienė B., Lazdauskaitė Ž., Patalauskaitė D., Rašomavičius V., Sinkevičienė Z., Tučienė A. & Venckus Z. (1998): Lietuvos augalija I. Pievos. – Šviesa, Kaunas & Vilnius.
- Barkman J. J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes (including a taxonomic survey and description of their vegetation units in Europe). – Van Gorcum, Hakk, Prakke, Assen.
- Barkman J. J. (1968): Das synsystematische Problem der Mikrogesellschaften innerhalb der Biozönosen. – In: Tüxen R. (ed.), Pflanzensoziologische Systematik, Ber. Int. Symp. Stolzenau/Weser 1964, p. 21–53, W. Junk, Den Haag.

- Barkman J. J. (1989a): A critical evaluation of minimum area concepts. – *Vegetatio* 85: 89–104.
- Barkman J. J. (1989b): Fidelity and character-species, a critical evaluation. – *Vegetatio* 85: 105–116.
- Barkman J. J. (1990): Controversies and perspectives in plant ecology and vegetation science. – *Phytocoenologia* 18: 565–589.
- Barkman J. J., Moravec J. & Rauschert S. (1976): Code of phytosociological nomenclature. – *Vegetatio* 32: 131–185.
- Beeftink W. G. & Géhu J.-M. (1973): *Spartinetea maritima*. Prodrome des groupements végétaux d'Europe. Vol. 1. – J. Cramer, Lehre.
- Bergmeier E., Härdtle W., Mierwald U., Nowak B. & Peppler C. (1990): Vorschläge zur syntaxonomischen Arbeitsweise in der Pflanzensoziologie. – *Kieler Not. Pflanzenk. Schleswig-Holst. Hamburg* 20: 92–103.
- Blažková D. (1999): Současné změny vegetace a jejich odraz ve fytoocenologii. – *Muzeum a Současnost, ser. natur.*, 13: 109–112.
- Borcard D., Legendre P. & Drapeau P. (1992): Partialling out the spatial component of ecological variation. – *Ecology* 73: 1045–1055.
- Bouxin G. & Le Boulengé E. (1983): A phytosociological system based on multi-scaled pattern analysis: a first example. – *Vegetatio* 54: 3–16.
- Brabec E. (1980): Proč není kalkul tříd adekvátním modelem klasifikace. – *Zpr. Čs. Bot. Společ., Mater. I*: 47–50.
- Braun-Blanquet J. (1921): Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. – *Jahrb. St. Gallischer Naturwiss. Ges.* 57: 305–351.
- Braun-Blanquet J. (1925): Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie. – *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich* 70: 122–149.
- Braun-Blanquet J. (1928, 1951, 1964): *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Ed. 1–3. – Springer, Berlin, Wien, New York.
- Braun-Blanquet J. (ed.) (1933–1940): *Prodrome des groupements végétaux. Prodromus der Pflanzengesellschaften*. Vol. 1–7. – Montpellier.
- Brisse H., de Ruffray P., Grandjouan G. & Hoff M. (1995): The Phytosociological Database “SOPHY” Part I: Calibration of indicator plants, Part II: Socio-ecological classification of the relevés. – *Ann. Bot. (Roma)* 53: 177–223.
- Bruelheide H. (1995): Die Grünlandgesellschaften des Harzes und ihre Standortbedingungen. Mit einem Beitrag zum Gliederungsprinzip auf der Basis von statistisch ermittelten Artengruppen. – *Diss. Bot.* 244: 1–338.
- Bruelheide H. (1997): Using formal logic to classify vegetation. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 41–46.
- Bruelheide H. & Jandt U. (1995): Survey of limestone grassland by statistically formed groups of differential species. – *Coll. Phytosoc.* 23: 319–338.
- Bruelheide H. & Jandt U. (1997): Demarcation of communities in large databases. – *Phytocoenologia* 27: 141–159.
- Bruelheide H. & Chytrý M. (2000): Towards unification of national vegetation classifications: a comparison of two methods for analysis of large datasets. – *J. Veg. Sci.* 11. [in press]
- Canter K. J., Schöller H., Ott S. & Jahns H. M. (1991): Microclimatic influences on lichen distribution and community development. – *Lichenologist* 23: 237–252.
- Coldea G. (ed.): *Les associations végétales de Roumanie. Tome 1. Les associations herbacées naturelles*. – Presses Universitaires, Cluj.
- Cooper A. & Loftus M. (1998): The application of multivariate land classification to vegetation survey in the Wicklow Mountains, Ireland. – *Pl. Ecol.* 135: 229–241.
- Dale M. B. (1988): Some fuzzy approaches to phytosociology: ideals and instances. – *Folia Geobot. Phytotax.* 23: 239–274.
- Dale M. B., Beatrice M., Venanzoni R. & Ferrari C. (1986): A comparison of some methods of selecting species in vegetation analysis. – *Coenoses* 1: 35–52.
- Deyl M. (1974): Klasifikační metody v geobotanice. – *Preslia* 46: 74–88.
- Dickmann M. (1997): The differentiation of alliances in South Sweden. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 193–205.
- Dierschke H. (1981): Zur syntaxonomischen Bewertung schwach gekennzeichnete Pflanzengesellschaften. – In: Dierschke H. (ed.), *Syntaxonomie*. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1980, p. 109–122, Cramer, Vaduz.
- Dierschke H. (1994): *Pflanzensoziologie*. – Ulmer, Stuttgart.
- Dierschke H. (1996a): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands – eine Einführung. – In: Dierschke H. (ed.), *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 1*, p. 3–6, Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft, Göttingen.

- Dierschke H. (ed.) (1996b): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Heft 1. – Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft, Göttingen.
- Dierssen K. (1982): Die wichtigsten Pflanzengesellschaften der Moore NW-Europas. – *Conserv. Jard. Bot.*, Genève.
- Dietvorst P., van der Maarel E. & van der Putten H. (1982): A new approach to the minimal area of a plant community. – *Vegetatio* 50: 77–91.
- Dodd M. E., Silvertown J., McConway K., Potts J. & Crawley M. (1994): Application of the British National Vegetation Classification to the communities of the Park Grass Experiment through time. – *Folia Geobot. Phytotax.* 29: 321–334.
- Doing H. (1963): Übersicht der floristischen Zusammensetzung, der Struktur und der dynamischen Beziehungen niederländischen Wald- und Gebüschgesellschaften. – *Med. Landbouwhogeschool* 63/2: 1–60.
- Doing H. (1969a): Sociological species groups. – *Acta Bot. Neerl.* 18: 398–400.
- Doing H. (1969b): Assoziationstabellen von niederländischen Wäldern und Gebüsch. – *Laboratorium voor Plantensystematiek en -geografie, Landbouwhogeschool Wageningen, Wageningen*.
- Doing H. (1972): Proposals for an objectivation of phytosociological methods. – In: van der Maarel E. & Tüxen R. (eds.), *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*, p. 59–74, W. Junk, The Hague.
- Dostálek J. (1996): Application of the algorithm of the deductive method of syntaxonomic classification on an example of trampled communities in the Biosphere Reserve Křivoklátsko (Central Bohemia). – *Feddes Repert.* 107: 103–133.
- Dostálek J. (1997): Die Entwicklung von Pflanzengesellschaften auf entblößten Ruderalstandorten im LSG Křivoklátsko (Mittelböhmen). – *Feddes Repert.* 108: 233–257.
- Dring J. (1996): SIMIL: a program to calculate the similarity of samples and communities. – *Unit of Vegetation Science, Lancaster University, Lancaster*.
- Egler F. E. (1954): Philosophical and practical considerations of the Braun-Blanquet system of phytosociology. – *Castanea* 19: 54–60.
- Ellenberg H. (1954): Zur Entwicklung der Vegetationssystematik in Mitteleuropa. – *Angew. Pflanzensoz. (Wien)* 1: 133–143.
- Ellenberg H. (1956): Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. – In: Walter H. (ed.), *Grundlagen der Vegetationsgliederung*, p. 1–135, Ulmer, Stuttgart.
- Ellenberg H. & Klötzli F. (1972): Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. – *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* 48: 593–930.
- Fekete G. & Szöcs Z. (1974): Studies on interspecific association processes in space. – *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 20: 227–241.
- Feoli E. (1984): Some aspects of classification and ordination of vegetation data in perspective. – *Stud. Geobot.* 4: 7–21.
- Feoli E. & Lagonegro M. (1982): Syntaxonomical analysis of beech woods of Apennines based on the program package IAHOPA. – *Vegetatio* 50: 129–174.
- Feoli E. & Orlóci L. (1979): Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables. – *Vegetatio* 40: 49–54.
- Feoli E. & Zuccarello V. (1986): Ordination based on classification: yet another solution? – *Abstr. Bot.* 10: 203–219.
- Feoli E. & Zuccarello V. (1988): Syntaxonomy: a source of useful fuzzy sets for environmental analysis? – *Coenoses* 3: 141–147.
- Fischer H. S. & Bemerlein F. A. (1989): An outline for data analysis in phytosociology: past and present. – *Vegetatio* 81: 17–28.
- Flintrop T. (1984): Die Aussagekraft von Stetigkeitsangaben. – *Tüxenia* 4: 293–295.
- Frey H.-U. (1995): Waldgesellschaften und Waldstandorte im St. Galler Berggebiet. – *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel* 126: 1–280.
- Fortin J.-M., Drapeau P. & Legendre P. (1989): Spatial autocorrelation and sampling design in plant ecology. – *Vegetatio* 83: 209–222.
- Gams H. (1954): Vegetationssystematik als Endziel oder Verständigungsmittel? – *Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel* 29: 35–40.
- Gillison A. N. & Brewer K. R. W. (1985): The use of gradient directed transects or gradsects in natural resource survey. – *J. Environm. Manage.* 20: 103–127.
- Goodall D. W. & Feoli E. (1988): Application of probabilistic methods in the analysis of phytosociological data. – *Coenoses* 1: 1–9.
- Greig-Smith P. (1983): *Quantitative plant ecology*. Ed. 3. – Blackwell, Oxford.

- Grime J. P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. – Wiley, Chichester.
- Haila Y. & Margules C. R. (1996): Survey research in conservation biology. – *Ecography* 19: 323–331.
- Hakes W. (1994): On the predictive power of numerical and Braun-Blanquet classification: an example from beechwoods. – *J. Veg. Sci.* 5: 153–160.
- Hauser M. (1993): Graphs and multigraphs depict the change of community structure by scale. – *Abstr. Bot.* 17: 103–114.
- Hegg O. (1965): Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Ökologie im Naturschutzgebiet Hochgant (Berner Voralpen). – *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz* 46: 1–188.
- Hegg O. & Brun-Hool J. (1999): How many associations does a phytosociologist need? – *Ann. Bot. (Roma)* 57: 191–196.
- Herben T. (1986): Problém využití fytoecologických znalostí v ČSSR – pokus o rozbor. – *Preslia* 58: 223–229.
- Herben T. (1987): Bryophytes in vegetation sample plots: What is their correlation with vascular plants. – *Folia Geobot. Phytotax.* 22: 35–41.
- Hill M. O. (1979): TWINSpan. A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. – Cornell Univ., Ithaca.
- Hill M. O. (1989): Computerized matching of relevés and association tables, with an application to the British National Vegetation Classification. – *Vegetatio* 83: 187–194.
- Hobohm C. (1994): Einige wissenschaftstheoretische Überlegungen zur Pflanzensoziologie. – *Tüxenia* 14: 3–16.
- Holub J., Hejný S., Moravec J. & Neuhäusl R. (1967): Übersicht der höheren Vegetationseinheiten der Tschechoslowakei. – *Rozpr. Čs. Akad. Věd, ser. math.-natur.*, 77/3: 1–75.
- Chytrý M. (1997): Česká národní fytoecologická databáze: počáteční stav a perspektivy. – *Zpr. Čes. Bot. Společ., Mater.* 15: 27–40.
- Chytrý M. & Kučera T. (1999): Systémy klasifikace vegetace a jejich využití v ochraně přírody. – *Ochr. Přír.* 54: 137–140.
- Jancey R. C. (1979): Species ordering on a variance criterion. – *Vegetatio* 39: 59–63.
- Juhász-Nagy P. & Podani J. (1983): Information theory methods for the study of spatial processes and succession. – *Vegetatio* 51: 129–140.
- Julve P. (1997): Some comments on the present Code of Phytosociological Nomenclature. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 407–410.
- Jurko A. (1973): Multilaterale Differenziation als Gliederungsprinzip der Pflanzengesellschaften. – *Preslia* 45: 41–69.
- Kaiser T., Baier V., Grünwald I. & Haas S. (1998): Erfassungsdefizite bei Vegetationsaufnahmen mesophiler Laubwälder in Abhängigkeit vom Aufnahmezeitpunkt. – *Tüxenia* 18: 51–61.
- Keddy P. A. (1987): Beyond reductionism and scholasticism in plant community ecology. – *Vegetatio* 69: 209–211.
- Kenkel N. C. & Walker D. J. (1993): Fractals and ecology. – *Abstr. Bot.* 17: 53–70.
- Kenkel N. C., Juhász-Nagy P. & Podani J. (1989): On sampling procedures in population and community ecology. – *Vegetatio* 83: 195–207.
- Kent M. & Ballard J. (1988): Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. – *Vegetatio* 78: 109–124.
- Klímeš L. (1989): Příspěvek k ruderalním společenstvům Novosibirska (SSSR) a k obecným problémům syntaxonomie ruderalní vegetace. – *Preslia* 61: 259–277.
- Klötzli F. (1972): Grundsätzliches zur Systematik von Pflanzengesellschaften. – *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel* 41: 35–47.
- Knapp R. (1942): Zur Systematik der Wälder, Zwergstrauchheiden und Trockenrasen des eurosibirischen Vegetationskreises. – Ms., Halle/Saale.
- Koenig W. D. & Knops J. M. H. (1998): Testing for spatial autocorrelation in ecological studies. – *Ecography* 21: 423–429.
- Kopecký K. & Hejný S. (1971): Nitrofilní lemová společenstva víceletých rostlin severovýchodních a středních Čech. – *Rozpr. Čs. Akad. Věd, ser. math.-natur.* 81/9: 1–126.
- Kopecký K. & Hejný S. (1978): Die Anwendung einer deduktiven Methode syntaxonomischer Klassifikation bei der Bearbeitung der Strassenbegleitenden Pflanzengesellschaften Nordostböhmens. – *Vegetatio* 36: 43–51.
- Kopecký K. & Hejný S. (1980): Deduktivní způsob syntaxonomické klasifikace rostlinných společenstev. – *Zpr. Čs. Bot. Společ., 15, Mater.* 1: 51–58.
- Kopecký K. & Hejný S. (1992): Ruderalní společenstva bylin České republiky. – *Stud. ČSAV* 1992/1: 1–128.

- Kopecký K., Dostálék J. & Frantík T. (1995): The use of the deductive method of syntaxonomical classification in the system of vegetational units of the Braun-Blanquet approach. – *Vegetatio* 117: 95–112.
- Kovář P. & Lepš J. (1986): Ruderal communities of the railway station Česká Třebová (Eastern Bohemia, Czechoslovakia) – remarks on the application of classical and numerical methods of classification. – *Preslia* 58: 141–163.
- Krahulec F. (1997): The Code of Phytosociological Nomenclature: can the nomenclature be definitive? – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 411–413.
- Krahulec F. & Lepš J. (1989): Fytocenologie a současná věda o vegetaci. – *Preslia* 61: 227–244.
- Lausi D. (1972): Die Logik der pflanzensoziologischen Vegetationsanalyse – ein Deutungsversuch. – In: van der Maarel E. & Tüxen R. (eds.), *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*, p. 17–28, W. Junk, The Hague.
- Lausi D. & Feoli E. (1979): Hierarchical classification of European salt marsh vegetation based on numerical methods. – *Vegetatio* 39: 171–184.
- Legendre P. (1993): Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? – *Ecology* 74: 1659–1673.
- Lepš J. & Hadincová V. (1992): How reliable are our vegetation analyses? – *J. Veg. Sci.* 3: 119–124.
- Levin S. A. (1992): The problem of pattern and scale in ecology. – *Ecology* 73: 1943–1967.
- Li H. & Reynolds J. F. (1995): On definition and quantification of heterogeneity. – *Oikos* 73: 280–284.
- Malloch A. J. C. (1990): MATCH – A computer program to aid the assignment of vegetation data to the communities and subcommunities of the National Vegetation Classification. – University of Lancaster, Lancaster.
- McIntosh R. P. (1967): The continuum concept of vegetation. – *Bot. Rev.* 33: 130–187.
- Minchin P. R. (1989): Montane vegetation of the Mt. Field massif, Tasmania: a test of some hypotheses about properties of community patterns. – *Vegetatio* 83: 97–110.
- Mirkin B. M. (1985): Teoretické osnovy sovremennoj fitocenologii. – Nauka, Moskva.
- Mirkin B. M. (1986): Čto takoe rastitel'nye soobščestva? – Nauka, Moskva.
- Mirkin B. M. (1989): Plant taxonomy and syntaxonomy: a comparative analysis. – *Vegetatio* 82: 35–40.
- Mirkin B. M. (1994): Which plant communities do exist? – *J. Veg. Sci.* 5: 283–284.
- Möller H. (1993): „Pflanzengesellschaft“ als Typus und als Gesamtheit von Vegetationsausschnitten. Versuch einer begrifflichen Klärung. – *Tüxenia* 13: 11–21.
- Moore J. J. (1962): The Braun-Blanquet system: a reassessment. – *J. Ecol.* 50: 761–769.
- Moore J. J., Fitzsimons P., Lambe E. & White J. (1970): A comparison and evaluation of some phytosociological techniques. – *Vegetatio* 20: 1–20.
- Moraczewski I. R. (1993): Fuzzy logic for phytosociology I. Syntaxa as vague concepts. – *Vegetatio* 106: 1–11.
- Moravec J. (1973): The determination of the minimal area of phytocoenoses. – *Folia Geobot. Phytotax.* 8: 23–47.
- Moravec J. (1975): Poznámky k vývoji a současnému stavu syntaxonomie. – *Preslia* 47: 347–362.
- Moravec J. (1980): Ekologické a geografické pojetí syntaxonů – dualita fytocenologického systému. – *Zpr. Čs. Bot. Společ.*, Mater. 1: 59–62.
- Moravec J. (1989a): Organismální, individualistické a integrované pojetí vegetace. – *Preslia* 61: 21–41.
- Moravec J. (1989b): Influences of the individualistic concept of vegetation on syntaxonomy. – *Vegetatio* 81: 29–39.
- Moravec J. (1998): Acidofilní doubravy. – In: Moravec J. (ed.), *Přehled vegetace České republiky 1*, p. 1–63, Academia, Praha.
- Moravec J. et al. (1994): Fytocenologie (Nauka o vegetaci). – Academia, Praha.
- Moravec J. et al. (1995): Rostlinná společenstva České republiky a jejich ohrožení. Ed. 2. – Severočes. Přír., suppl. 1995: 1–206.
- Mucina L. (1982): Numerical classification and ordination of ruderal plant communities (*Sisymbrietalia*, *Onopordetalia*) in the western part of Slovakia. – *Vegetatio* 48: 267–275.
- Mucina L. (1997a): Classification of vegetation: Past, present and future. – *J. Veg. Sci.* 8: 751–760.
- Mucina L. (1997b): Conspectus of classes of European vegetation. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 117–172.
- Mucina L. (1997c): Quo vadis Code of Phytosociological Nomenclature? – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 395–400.
- Mucina L., Grabherr G., Ellmauer T. & Wallnöfer S. (eds.) (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I–III. – G. Fischer, Jena.
- Mucina L., Rodwell J. S., Schaminée J. H. J. & Dierschke H. (1993): European Vegetation Survey: current state of some national programmes. – *J. Veg. Sci.* 4: 429–439.
- Mucina L. & van der Maarel E. (1989): Twenty years of numerical syntaxonomy. – *Vegetatio* 81: 1–15.
- Mueller-Dombois D. & Ellenberg H. (1974): Aims and methods of vegetation ecology. – Wiley, New York.

- Neuhäusl R. (1980): Teoretická povaha stredoevropské fytoecenologické klasifikace. – Zpr. Čs. Bot. Společ., 15, Mater. 1: 13–20.
- Noble I. R. (1987): The role of expert systems in vegetation science. – *Vegetatio* 69: 115–121.
- Noy-Meir I. & van der Maarel E. (1987): Relations between community theory and community analysis in vegetation science: some historical perspectives. – *Vegetatio* 69: 5–15.
- Oberdorfer E. (ed.) (1977): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil I. Ed. 2. – *Pflanzensoziologie* 10: 1–311.
- Økland R. H. & Eilertsen O. (1994): Canonical correspondence analysis with variation partitioning: some comments and an application. – *J. Veg. Sci.* 5: 117–126.
- Orlóci L. (1978): Multivariate analysis in vegetation research. Ed. 2. – W. Junk, The Hague.
- Palmer M. W. (1988): Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. – *Vegetatio* 75: 91–102.
- Palmer M. W. (1990): Spatial scale and patterns of species-environment relationships in hardwood forests of the North Carolina piedmont. – *Coenoses* 5: 79–87.
- Palmer M. W. & White P. S. (1994): On the existence of ecological communities. – *J. Veg. Sci.* 5: 279–282.
- Passarge H. (1964): Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes I. – *Pflanzensoziologie* 13: 1–324.
- Passarge H. (1996): Pflanzengesellschaften Nordostdeutschlands. I. Hydro- und Therophytosa. – J. Cramer, Berlin & Stuttgart.
- Passarge H. & Hofmann G. (1968): Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes II. – *Pflanzensoziologie* 16: 1–298.
- Pickett S. T. A. & Kolasa J. (1989): Structure of theory in vegetation science. – *Vegetatio* 83: 7–15.
- Pignatti S. (1968a): Die Verwertung der sogenannten Gesamtarten für die floristische Systematik. – In: Tüxen R. (ed.), *Pflanzensoziologische Systematik*, p. 71–77, W. Junk, Den Haag.
- Pignatti S. (1968b): Die Inflation der höheren Pflanzensoziologischen Einheiten. – In: Tüxen R. (ed.), *Pflanzensoziologische Systematik*, p. 85–97, W. Junk, Den Haag.
- Pignatti S. (1990): Towards a Prodrome of plant communities. – *J. Veg. Sci.* 1: 425–426.
- Pignatti S. (1995): A new spirit in phytosociology. – *Ann. Bot. (Roma)* 53: 9–21.
- Pignatti S., Oberdorfer E., Schaminée J. H. J. & Westhoff V. (1995): On the concept of vegetation class in phytosociology. – *J. Veg. Sci.* 6: 143–152.
- Podani J. (1984): Spatial processes in the analysis of vegetation: theory and review. – *Acta Bot. Hung.* 30: 75–118.
- Poore M. E. D. (1955–1956): The use of phytosociological methods in ecological investigations. I–IV. – *J. Ecol.* 43: 226–244, 245–269, 606–651, 44: 28–50.
- Reed R. A., Peet R. K., Palmer M. W. & White P. S. (1993): Scale dependence of vegetation-environment correlations: A case study of a North Carolina piedmont woodland. – *J. Veg. Sci.* 4: 329–340.
- Rodwell J. S. (ed.) (1990): British plant communities. Vol. 1. Woodlands and scrub. – Cambridge University Press, Cambridge.
- Rodwell J. S. (1995): The European Vegetation Survey questionnaire: an overview of phytosociological data, vegetation survey programmes and databases in Europe. – *Ann. Bot. (Roma)* 53: 87–98.
- Rodwell J. S., Pignatti S., Mucina L. & Schaminée J. H. J. (1995): European Vegetation Survey: update on progress. – *J. Veg. Sci.* 6: 759–762.
- Rodwell J. S., Mucina L., Pignatti S., Schaminée J. H. J. & Chytrý M. (1997): European Vegetation Survey: the context of the case studies. – *Folia Geobot. Phytotax.* 32: 113–115.
- Russel B. (1993): Logika, věda, filozofie, společnost. – Svoboda-Libertas, Praha.
- Rybníček K. (1984): *Scheuchzeria-Caricetea fuscae* Tx. 1937. – In: Rybníček K., Balátová-Tuláková E. & Neuhäusl R., Přehled rostlinných společenstev rašeliníšť a mokřadních luk Československa, Stud. ČSAV, Praha, 1984/8: 15–69.
- Rybníček K. (1985): A Central-European approach to the classification of mire vegetation. – *Aquilo, ser. bot.* 21: 19–31.
- Scamoni A. (1955): Einführung in die praktische Vegetationskunde. – Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- Scamoni A. & Passarge H. (1959): Gedanken zu einer natürlichen Ordnung der Waldgesellschaften. – *Arch. Forstwes.* 8: 386–426.
- Schaminée J. H. J., Stortelder A. H. F. & Westhoff V. (1995): De vegetatie van Nederland I. Inleiding tot de plantensociologie: grondslagen, methoden en toepassingen. – Opulus Press, Uppsala.
- Solomeš A. I. (1995): Gomologičeskíe rjady rastitělných soobščestv: ich priroda i značenie dlja klassifikacii. – *Ž. Obšč. Biol.* 56: 425–437.

- Szafer W. & Pawłowski B. (1927): Die Pflanzenassoziationen des Tatra-Gebirges. Bemerkungen über die angewandte Arbeitstechnik. – Bull. Int. Acad. Polon. Sci. Lettres B 3, suppl. 2: 1–12.
- Štěpán J. (1995): Formální logika. Ed. 2. – Fin, Olomouc.
- Theurillat J.-P. (1997): The fitness of the Code: a three-legged cauldron. – Folia Geobot. Phytotax. 32: 401–406.
- Toman M. (1990): Das Verhältnis zwischen Artenzahl und Aufnahmeffläche in der Phytozoölogie. – Feddes Report. 101: 665–673.
- Török K., Podani J. & Borhidi A. (1989): Numerical revision of the *Fagion illyricum* alliance. – Vegetatio 81: 169–180.
- Tüxen R. (1962): Gedanken zur Zerstörung der mitteleuropäischen Ackerbiozosen. – Mitt. Flor.-Soz. Arb.-Gem., N. F. 9: 60–61.
- Tüxen R. (1971): [rec.] Passarge, H. & Hofmann, G. 1968 – Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes II. – Vegetatio 23: 382–383.
- Tüxen R. (1972): Kritische Bemerkungen zur Interpretation pflanzensoziologischer Tabellen. – In: van der Maarel E. & Tüxen R. (eds.), Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie, p. 168–182, W. Junk, Den Haag.
- Vahle H.-C. & Dettmar J. (1988): „Anschauende Urteilskraft“ – ein Vorschlag für eine Alternative zur Digitalisierung der Vegetationskunde. – Tüxenia 8: 407–415.
- Valachovič M. (1996): The role of cryptogams in differentiation of plant communities on the shady rocks in Western Carpathians. – Thaiszia – J. Bot. 5 (1995): 131–152.
- Valachovič M., Ofahelová H., Stanová V. & Maglocký Š. (1995): Rastlinné spoločenstvá Slovenska. 1. Pionierska vegetácia. – Veda, Bratislava.
- van der Maarel E. (1972): Ordination of plant communities on the basis of their plant genus, family and order relationships. – In: van der Maarel E. & Tüxen R. (eds.), Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie, p. 183–190, W. Junk, Den Haag.
- van der Maarel E. (1993): Plant species turnover and minimum area in a limestone grassland. – Abstr. Bot. 17: 173–178.
- van der Maarel E., Orlóci L. & Pignatti S. (eds.) (1980): Data processing in phytosociology. – W. Junk, The Hague.
- Višňák R. (1986): Příspěvek k poznání antropogenní vegetace v severních Čechách, zvláště v městě Liberci. – Preslia 58: 353–368.
- Višňák R. (1996): Synantropní vegetace na území města Ostravy. 1. a 2. část. – Preslia 67 (1995): 261–299, 68: 59–94.
- Wenger M. J. A. (1973): On the use of association-analysis and principal components analysis in interpreting a Braun-Blanquet phytosociological table of a Dutch grassland. – Vegetatio 28: 129–144.
- Westhoff V. (1967): Problems and use of structure in the classification of vegetation. The diagnostic evaluation of structure in the Braun-Blanquet system. – Acta Bot. Neerl. 15: 495–511.
- Westhoff V. & van der Maarel E. (1973): The Braun-Blanquet approach. – In: Whittaker R. H. (ed.), Ordination and classification of plant communities, p. 617–737, W. Junk, The Hague.
- Westhoff V. & van der Maarel E. (1978): The Braun-Blanquet approach. – In: Whittaker R. H. (ed.), Classification of plant communities, p. 289–399, W. Junk, The Hague.
- Whittaker R. H. (1951): A criticism of the plant association and climatic climax concepts. – Northwest Sci. 25: 17–31.
- Whittaker R. H. (1962): Classification of natural communities. – Bot. Rev. 28: 1–239.
- Wiegand G. (1986): Grenzen und Möglichkeiten der Datenanalyse in der Pflanzenökologie. – Tüxenia 6: 365–377.
- Wiegand G. (1989): Explanation and prediction in vegetation science. – Vegetatio 83: 17–34.
- Wiens J. A. (1989): Spatial scaling in ecology. – Funct. Ecol. 3: 385–397.
- Wildi O. (1989): A new numerical solution to traditional phytosociological tabular classification. – Vegetatio 81: 95–106.
- Wilson J. B. (1991): Does vegetation science exist? – J. Veg. Sci. 2: 289–290.
- Wolck J. (1997): Species co-occurrence patterns in pleustonic plant communities (class *Lemnetea*). Are there assembly rules governing pleustonic community assembly? – Fragm. Flor. Geobot., Suppl. 5: 3–100.
- Zlatník A. (1959): Přehled slovenských lešů podle skupin lešních typů. – LF VŠZ, Brno.
- Zonneveld I. S. (1995): Vicinism and mass effect. – J. Veg. Sci. 5: 441–444.