

**JAK DOBŘE DOKÁŽOU ROSTLINY INDIKOVAT ANALYTICKY ZJIŠTĚNÉ PŮDNÍ
CHARAKTERISTIKY? PŘÍPADOVÁ STUDIE ZE ŠLP MASARYKŮV LES KŘTINY**

HOW CLEARLY DO THE PLANTS INDICATE ANALYTICALLY MEASURED SOIL PROPERTIES? CASE
STUDY FROM THE TRAINING FOREST ENTERPRISE MASARYK FOREST KŘTINY.

Michal Friedl¹, Aleš Kučera²

¹ Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie, Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita v Brně. Zemědělská 3, Brno, 613 00. email: michal.friedl@email.cz

² Ústav geologie a pedologie, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita v Brně.
Zemědělská 3, Brno, 613 00. email: ala.coutchera@gmail.com

ABSTRACT

Phytoindication using geobiocoenological landscape typology and Czech forest ecosystem classification units was verified using selected soil properties such as soil reaction (pH), organic carbon and total nitrogen content and C/N ratio. The case study was performed at three research plots with 5 × 5 m grid and rectangle 100 × 50 m (231 samples per plot; 693 in total). At each sampling point, geobiocoenological landscape typology unit and Czech forest ecosystem classification unit were determined and organomineral A soil horizons were sampled for laboratory analysis. Results were expressed using boxplots for all the plots in sum, as well as for each research plot. The typological units were found to be well-determined by soil properties in correspondence with bibliography. Soil reaction was found to be more distinguishing the trophic ranges while C/N ratio was less differing particularly in the BC trophic range. Generalization of the results demand wider range of edaphic conditions. However, the case study have demonstrates ability to phytoindicate the observing soil properties and narrow significant correspondence of plant-soil-habitat relations.

Keywords: phytoindication, soil properties, geobiocoenology, Czech forest ecosystem classification, soil reaction, C/N ratio

Úvod

V geobiocenologické typologii, stejně jako v lesnicko-typologickém klasifikačním systému má klíčovou roli hodnocení trvalých ekologických podmínek. Jejich přímé měření bývá zpravidla časově i finančně nákladné, a proto v podmínkách rutinního typologického průzkumu či mapování zpravidla nepoužitelné. Stanovištní charakteristiky se tak obvykle měří jen na geobiocenologických, či lesnicko-typologických plochách a posléze slouží např. k podrobné charakteristice klasifikačních jednotek, nebo k nejrozličnějším vědeckým účelům. Při rutinních průzkumech bývají pro zjišťování stanovištních poměrů naopak mnohem častěji používány nepřímé metody, ke kterým můžeme zařadit například hodnocení růstových projevů edifikátorů, jejich vzájemné postavení a zejména pak bioindikaci, v rámci které se nejčastěji používá fytoindikace. Bioindikaci rozumíme empirické, nebo experimentálně více méně verifikované poznání, že mezi výskytem určitých druhů, skupin druhů (v případě fytoindikace rostlin), nebo společenstev a abiotickým prostředím existují často velmi úzké korelace (AMBROS 1985). V praxi se předpokládá, že každý druh snáší určité rozpětí ekologického faktoru (např. pH, obsah živin, světelný režim, vlhkost, teplotní režim apod.) a mírou, či vahou jeho fytoindikačního významu bývá obvykle kvantifikovaná biomasa (nejčastěji prostřednictvím dominance druhu) (AMBROS 1985, 2003).

Významu bioindikace trvalých ekologických podmínek, či společenstev si byli autoři jednotlivých klasifikačních systémů vědomi, a proto byla jejich součástí v podstatě od jejich

vzniku. V geobiocenologii se používají fytoindikační hodnoty dle ZLATNÍKA (ZLATNÍK et al. 1970), AMBROSE (AMBROS 1986, 1991) a zejména pak dle AMBROSE a ŠTYKARA (AMBROS a ŠTYKAR 2004). V lesnicko-typologickém systému se dodnes používají ekologické skupiny rostlin podle PRŮŠI (PRŮŠA 1967). V prostoru střední Evropy jsou ovšem nejznámější a nejpoužívanější fytoindikační hodnoty zpracované ELLENBERGEM (ELLENBERG et al. 1992), případně pro Slovensko JURKEM (JURKO 1990), pro Polsko ZARZYCKIM (ZARZYCKI 2002), pro Ukrajinu DIDUKHEM (DIDUKH 2011) a pro Maďarsko BORHIDIM (BORHIDI 1995).

Publikované fytoindikační hodnoty jsou ovšem údaji empirickými. Lze se proto setkat s řadou studií, které se snaží tyto empirické hodnoty testovat s měřeními daty. V případě půdních charakteristik lze jmenovat např. studie PINTO (PINTO et al. 2016), DZWONKA a LOSTER (DZWONKO a LOSTER 2000), či SCHAFFERSE a SÝKORY (SCHAFFERS a SÝKORA 2000).

Předkládaná případová studie patří k podobným pracím. Jejím hlavním cílem je prověřit, zda a jak se diagnostika stanoviště zjištěná pomocí fytoindikace shoduje s měřeními půdními charakteristikami prostředí.

MATERIÁL A METODY

Studie byla zpracována v rámci řešení projektu (IGA 84/2013 "Dynamika přirozené obnovy v podmínkách porostních mezer na příkladu ŠLP Křtiny") zaměřeného na studium přirozené obnovy dřevin v porostních mezerách („gaps“) v závislosti na stanovištních podmínkách, a to zejména podmínkách světelných, půdních, ale také biotických prostřednictvím konkurence bylinného patra. Na tomto místě je třeba zmínit skutečnost, že projekt byl primárně zaměřena na přirozenou obnovu dřevin, nikoliv na cíl definovaný v úvodu této práce. Proto je třeba akceptovat zvolený design rozmístění vzorkovacích ploch, který by pro potřeby naší studie jistě mohl být i vhodnější.

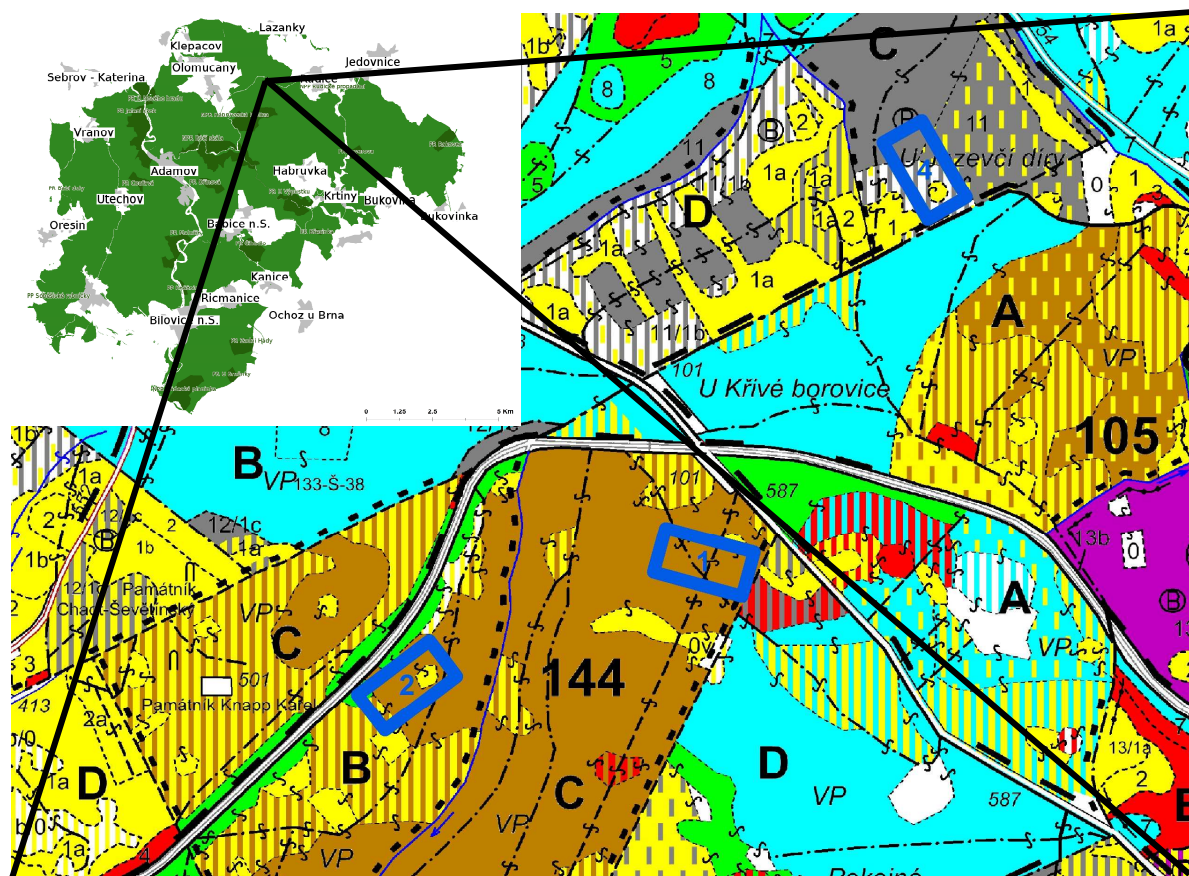
Na Školním lesním podniku Masarykův les Křtiny byly na polesí Habrůvka, v lokalitě Pokojná hora vybrány tři výzkumné plochy v dílcích 144C (tzv. GAP 1), 144B (GAP 2) a 106D (GAP 4), každá o velikosti 100 × 50 m (viz obr. 1). Na každé z těchto ploch byla v pravidelné síti po 5 metrech rozmístěna vzorkovací místa (plošky). Na jedné ploše jich tedy bylo celkem 231, dohromady pak 693.

Střední plochy 2 a 4 se nacházejí v nadmořské výšce přibližně 480 m n. m., střed plochy 1 leží asi o 20 m výše. Všechny plochy leží na geologickém podloží rudických vrstev, zejména v případě plochy 2 pak výrazně překrytých polygenetickými hlínami. Plochu číslo 1 lze charakterizovat jako jednotlivě až skupinovitě smíšený porost buku a jehličnanů, zejména smrku, borovice a modřínu. Na ploše číslo 2 dominuje dospělý bukový porost s příměsí modřínu, na části se však vyskytuje mladší porost s převahou smrku. Plocha číslo 4 je tvořena silně heterogenním porostem jak co se týče struktury, tak také textury (časté světliny o různé velikosti), dominující dřevinou je smrk, přimíšena je borovice. Na okraji pak plocha plynule přechází do bukového porostu.

Na každé vzorkovací ploše byl zapsán fytocenologický snímek (viz RANDUŠKA et al. 1986) o velikosti 1 m² a stanovištní poměry byly na základě fytoindikace přímo v terénu popsány ekologickou formulí podle geobiocenologického klasifikačního systému (BUČEK a LACINA 2007) a lesnicko-typologického klasifikačního systému (PLÍVA 1991). Kódování stanovištních poměrů popisovalo aktuální stav společenstev, bylo tedy v rozporu s principy obou klasifikačních systémů (např. plošky se zrychlenou mineralizací, podílem nitrofilních druhů byly klasifikovány do trofické řady C, přestože ta se na lokalitě reálně (jako jednotka potenciální vegetace) nevyskytovala).

Na každé ploše byla popsána svrchní vrstva půdy a odebrán směsný půdní vzorek z organominerálního horizontu Ah. Zjišťovány byly: půdní reakce aktivní (pH/H₂O) ve vodném výluhu (poměr půdní vzorek jíl.: H₂O 1 : 2,5 w : v); obsah organického uhlíku (Corg) oxidací

chromsírovou směsí se spektrofotometrickou koncovkou [% hm.]; obsah celkového dusíku (Nt) dle Kjeldahla [% hm.] (ZBÍRAL 2002; ZBÍRAL et al. 2004) s vyjádřením poměru C/N.



Obrázek 1: Poloha výzkumných ploch (1; 2; 4, označené obdélníky) na ŠLP Masarykův les Křtiny.

Vztah stanovištních poměrů determinovaný prostřednictvím fytoindikace a kódovaný ekologickou formulí a měřených půdních veličin nebyl statisticky testován, byl pouze zobrazen vynesemím do krabicových grafů.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Přehled vymezených stanovištních typů pro všech 693 plošek je zřejmý z tabulky č. 1. Všechny plošky byly zařazeny do 4. bukového vegetačního stupně. Identifikováno bylo celkem 12 typů trofických a 6 typů hydrických poměrů stanoviště, což vyústilo do vymezení 23 stanovištních typů kódovaných jednotkami geobiocenologického klasifikačního systému. Obdobně bylo vymezeno 26 stanovištních typů kódovaných jednotkami lesnicko-typologického klasifikačního systému.

Podle fytoindikace by se na území měly vyskytovat s přibližně stejným zastoupením mezotrofní (313 vzorků) a oligomezotrofní (324) půdy. Poněkud častější jsou jejich přechody (AB(B), AB-B – 25 vzorků; vysvětlivky kódů viz tabulka 1 a BUČEK A LACINA 2007; PLÍVA 1991). Vícekrát (14) byly indikovány půdy mezotrofně-nitrofilní. Zcela dominují (651 vzorků) půdy, u kterých byl rostlinami indikován normální hydrický režim odpovídající 3. hydrické řadě. Vlhčí podmínky odpovídající zamokřeným stanovištím byly indikovány v 11 případech, a to nejčastěji na hutněných půdách přibližovacích linek. Fytoindikace stanovištních podmínek v pojetí lesnicko-typologického klasifikačního systému vymežila jako dominantní edafický typ odpovídající edafické kategorii H (240 plošek), významně pak byl ještě indikován typ odpovídající středně bohaté, svěží edafické kategorii S (178) a chudé uléhavé edafické kategorii I (171). Nezanedbatelně (43) byl indikován stanovištní typ odpovídající bohaté edafické

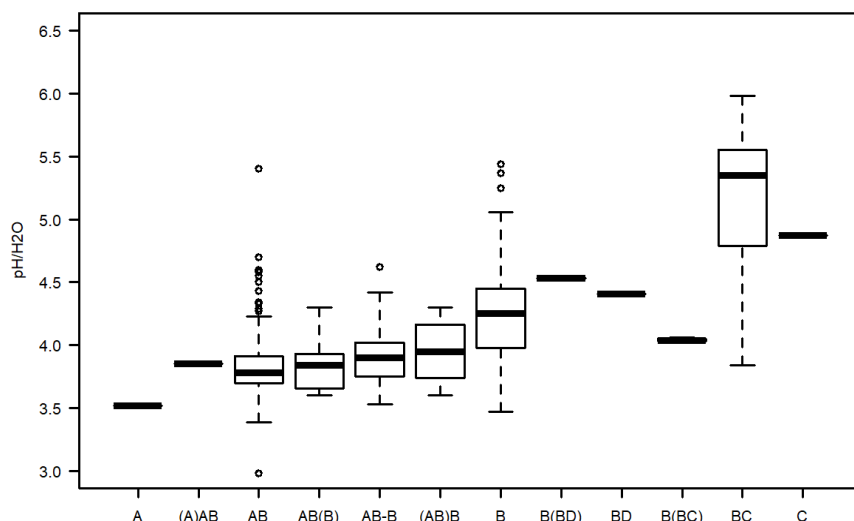
kategorii B. Z vlhčích typů byl nejčastěji indikován typ odpovídající vlhké edafické kategorii V.

VS		TŘ		HŘ		STG		EK		SLT	
VS	Počet	TŘ	Počet	HŘ	Počet	STG	Počet	EK	Počet	SLT	Počet
4	693	(A)AB	1	3	651	4(A)AB3	1	I	171	4B	43
		(AB)B	9	4	11	4(AB)B3	8	V	11	4B(O)	1
		A	1	(3)4	1	4(AB)B3(4)	1	B	43	4B(V)	2
		AB	324	3(4)	24	4A3	1	B(O)	1	4B-V	1
		AB(B)	7	3/4	1	4AB(B)3	7	B(V)	2	4D	1
		AB-B	18	3-4	5	4AB3	316	B-V	1	4D(V)	1
		B	313			4AB3(4)	8	D	1	4H	240
		B(BC)	3			4AB-B3	15	D(V)	1	4H(O)	2
		B(BD)	1			4AB-B3(4)	3	H	240	4H(V)	5
		BC	14			4B(BC)3(4)	2	H(O)	2	4H(W)	1
		BD	1			4B(BC)4	1	H(V)	5	4H/O	1
		C	1			4B(BD)3	1	H(W)	1	4H-O	1
						4B3	300	H/O	1	4I	171
						4B3(4)	9	H-O	1	4I(H)	4
						4B3/4	1	I(H)	4	4I(O)	10
						4B3-4	3	I(O)	10	4I(S)	4
						4BC(3)4	1	I(S)	4	4I-H	7
						4BC3	1	I-H	7	4K	2
						4BC3(4)	1	K	2	4O	2
						4BC3-4	2	O	2	4O(V)	1
						4BC4	9	O(V)	1	4S	178
						4BD3	1	S	178	4S(O)	1
						4C4	1	S(O)	1	4V	11
								V(D)	1	4V(D)	1
								V(O)	1	4V(O)	1
								W	1	4W	1
Počet	693		693		693		693		693		693

Tabulka 1: Klasifikační jednotky a jejich počty zachycené na jednotlivých ploškách. Vysvětlivky: VS = vegetační stupeň, TŘ = trofická řada, HŘ = hydrická řada, STG = skupina typů geobiocénů, EK = edafická kategorie, SLT = soubor lesních typů, () = náznak přechodu k edafické kategorii, trofické řadě, hydrické řadě, - = přechod mezi edafickou kategorií, vegetačním stupněm, trofickou či hydrickou řadou, / = výskyt oddělených segmentů trofické, hydrické řady, či edafické kategorie na jedné plošce. Nejedná se o klasifikaci potenciálních jednotek, ale o ekologickou formuli aktuálního stavu.

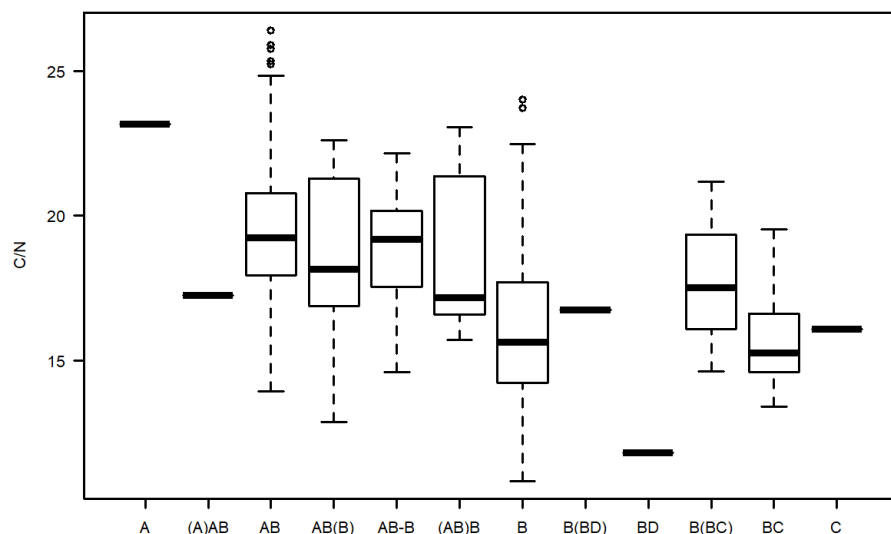
Zcela převažující půdní reakce je silně kyselá s hodnotami okolo 4,0 (průměr 4,05; medián 3,96) s nízkou variabilitou (dolní a horní kvartily s hodnotami 3,76 a 4,28). Půdy jsou nejčastěji středně humózní při průměrném obsahu Corg 4,32 %. Výraznější variabilita hodnot dokumentuje (a) častější zastoupení mírně humózních svrchních partií půdy korespondujících s půdně-taxonickými jednotkami geneticky odvozenými od substrátů sprašových a polygenetických hlín, až (b) ojedinělé zastoupení silně humózní svrchní partií půdy definované promísením svrchních částí půdy a vývoj mydatu v mocnějších vrstvách. Optimální poměr C/N, který se pohybuje mezi 15 a 25, je na bohatších stanovištích snižován ve prospěch vyšší kvality humifikace, která koresponduje s dominancí zooedafické složky půdní cenózy. Navzdory poměrně nízké variabilitě byly půdní parametry často výrazně diferencovány podle typologických jednotek, což lze považovat za určující faktor pro hledání vazeb půda-rostlina.

Pro představu vzájemného vztahu fytoindikačně determinovaných stanovištních typů a měřených půdních vlastností bylo z důvodu omezeného rozsahu příspěvku vybráno pH půdy a poměr C/N. Půdní reakce (viz obrázek 2) plynule vzrůstá od nejchudších k nejbohatším fytoindikačně determinovaným stanovištním typům. S výjimkou ojedinělých fytoindikačně determinovaných stanovištních typů (např. nitrofilní půdy odpovídající trofické řadě C, či půdy bohatší bázemi odpovídající trofické řadě BD, či přechodu B(BD)) výsledek dokonale sedí, můžeme tedy konstatovat, že gradient půdní reakce je rostlinami velmi dobře indikován. Fytoindikačně jsou průkazně odlišeny půdní kategorie již na úrovni jednotek odpovídajících trofickým meziřadám (viz stanovištní typy AB, B a BC na obrázku 2).



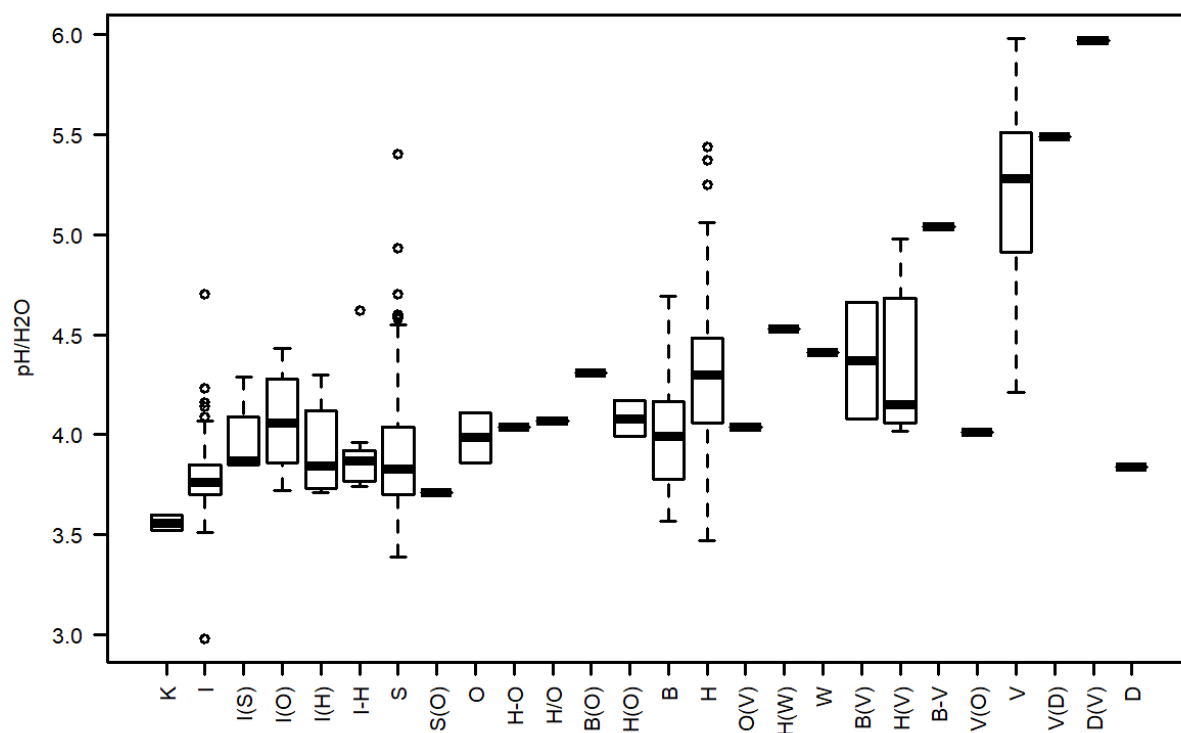
Obrázek 2: Měřené pH vzorků podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formulami odpovídajícími trofickým řadám.

Fytoindikace poměru C/N (viz obrázek 3) již tak dobře nevychází, i když i zde můžeme pozorovat očekávaný pokles hodnot od nejchudších stanovištních typů odpovídajících trofické řadě AB k nitrofilním stanovištním typům odpovídajícím trofické meziřadě BC. Opět je fytoindikačně dobře determinován rozdíl mezi stanovištním typem odpovídajícím trofické meziřadě AB a řadě B, naopak špatně vychází stanovištní typ odpovídající trofické meziřadě BC, kde by měl být poměr C/N nižší, než u stanovištního typu odpovídajícího trofické řadě B. To ale může být dáno i tím, že některé fytoindikátory nitrofilních stanovišť jsou často také druhy ruderálními, či druhy obecně rozšířenými. Jejich výskyt na stanovišti tak nemusí být jen důsledkem vyššího obsahu dusíku, ale také např. narušení stanoviště, či způsobem šíření daného druhu.

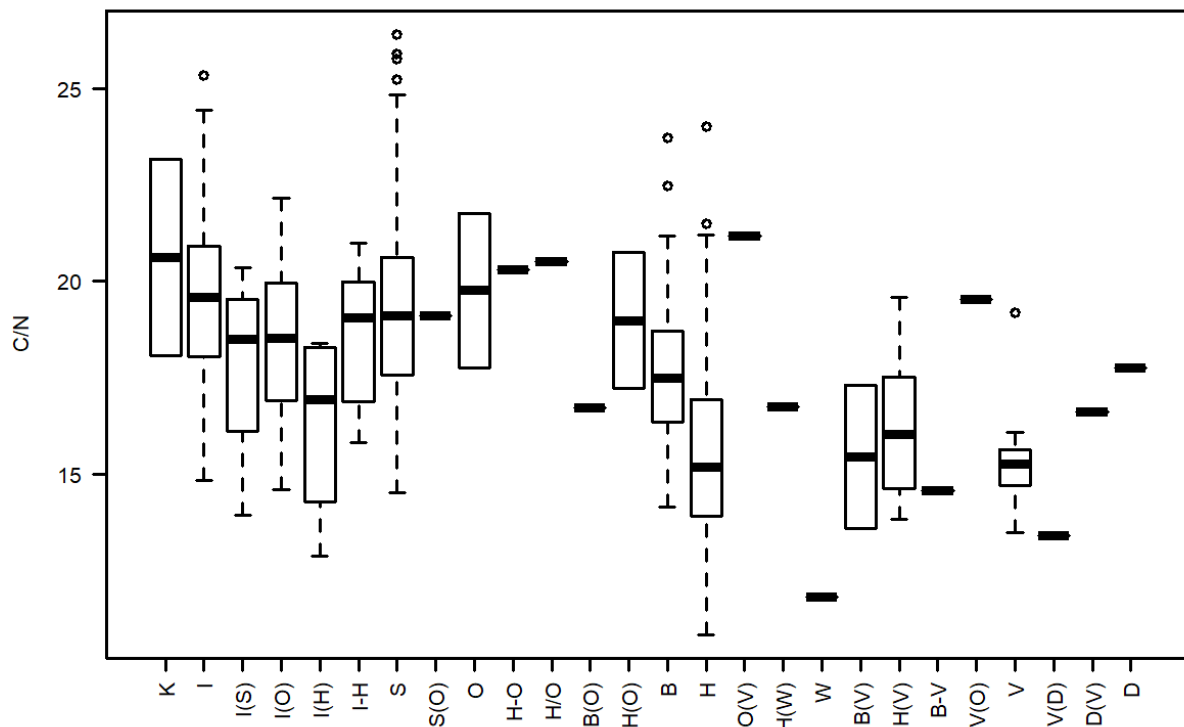


Obrázek 3: Měřený poměr C/N vzorků podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formulami odpovídajícími trofickým řadám.

Analogicky jsou prezentovány výsledky fytoindikačně determinovaných stanovištních typů v pojetí lesnicko-typologického klasifikačního systému a jejich vztahu k měřeným hodnotám pH (viz obrázek 4) a C/N (viz obrázek 5).

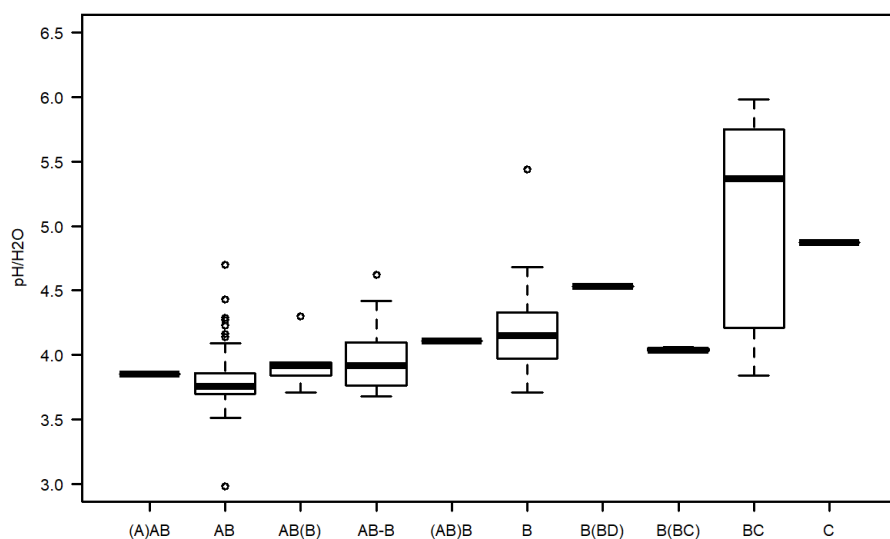


Obrázek 4: Měřené pH vzorků podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formulami odpovídajícími edafickým kategoriím lesnicko-typologického klasifikačního systému.

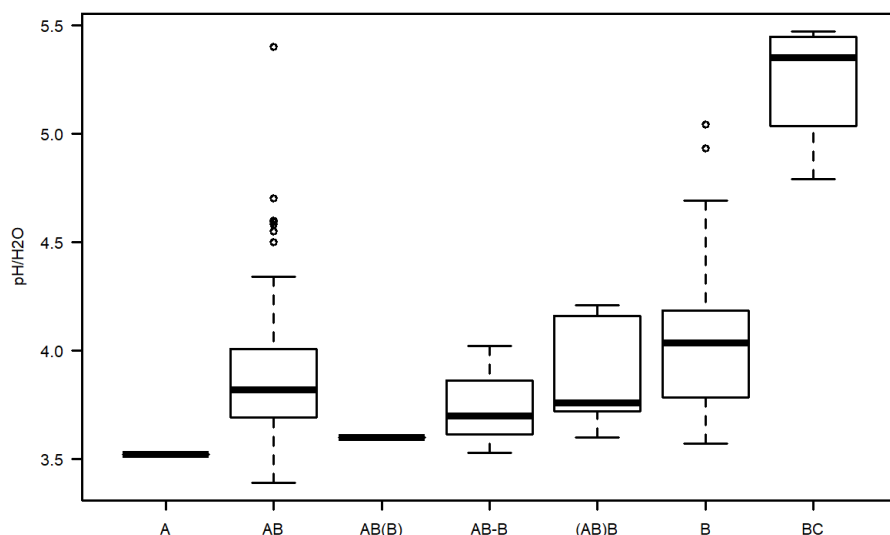


Obrázek 5: Měřený poměr C/N vzorků podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formulami odpovídajícími edafickým kategoriím lesnicko-typologického klasifikačního systému.

Zajímavý pohled, který výrazně naruší dosavadní interpretaci, přinese rozdělení výsledků podle jednotlivých výzkumných ploch, jak ilustruje pro plochu 4 obrázek 6 a pro plochu 1 obrázek 7. Zatímco na ploše 4 (viz obrázek 6), tedy na ploše se strukturně a texturně diferencovaným jehličnatým porostem, fytoindikačně determinované stanovištní typy opět velmi dobře sedí s měřenými hodnotami pH a zároveň jsou správně odděleny stanovištní typy na úrovni odpovídající trofickým řadám, tak v jednotlivě až skupinovitě smíšeném porostu buku a jehličnanů na ploše 1 (viz obrázek 7) gradient fytoindikačně determinované trofnosti nesedí s měřenými hodnotami pH (vymyká se fytoindikačně determinovaný typ odpovídající trofické řadě AB). Zdá se, jako by rostliny na této ploše indikovaly bohatší půdy (odpovídající trofické řadě B), než vychází z půdních rozborů. Na zbývajících plochách (plocha 2 a plocha 4) se na fytoindikačně determinovaných stanovištních typech odpovídajících trofické řadě B pohybuje pH přibližně v rozmezí hodnot 4,0–4,5, na ploše 1 to je v rozmezí asi 3,7–4,0. Zda je to dáno vlivem dominantní dřeviny, případně jiným faktorem, je potřeba dále testovat. Je však zvláštní, že fytoindikace trofnosti půdy odpovídající trofické řadě B a vyjádřená měřeným pH vyšla podobně v převážně bukovém porostu na ploše 2 i ve strukturně i texturně heterogenním jehličnatém porostu na ploše 4, zatímco ve smíšeném porostu (intuitivně vnímaném na přechodu mezi porostem na ploše 2 a 4) vyšlo odpovídající pH výrazně nižší. Příčinu však nelze spatřovat pouze ve vztahu půda-dřevinná složka jako edifikátor, ale také ve vztahu k managementu hospodářského lesa. Při jeho zohlednění v navazujícím zpracování dat by některé extrémní hodnoty byly pravděpodobně odstraněny jako vlivné, nevystihující fytoindikační roli fytocenózy v geobiocenologickém pojetí.



Obrázek 6: Měření pH vzorků na ploše 4 (smrkový porost) podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formullemi odpovídajícími trofickým řadám.



Obrázek 7: Měření pH vzorků na ploše 1 (smíšený porost) podle stanovištních typů indikovaných rostlinami a vyjádřených ekologickými formullemi odpovídajícími trofickým řadám.

Měřené hodnoty pH (viz tabulka 2) v odpovídajících fytoindikačně determinovaných stanovištních typech a jim analogických trofických řadách velmi dobře korespondují s literárními údaji (BUČEK a LACINA 2007). Odlišují se však v případě C/N, kdy jsou hodnoty uváděné v literatuře vyšší, než jaké byly měřeny na výzkumných plochách.

TŘ	pH		C/N	
	Výsledky	(BUČEK a LACINA 2007)	Výsledky	(BUČEK a LACINA 2007)
AB	3,7–3,9	3,8–4,2	18–21	25–30
B	4,0–4,5	4,2 a více	14–18	do 25
BC	4,8–5,5	5–6,5	15–16	12–16

Tabulka 2: Srovnání měřených (dolní a horní kvartily) a literárních hodnot vybraných půdních charakteristik dle trofických řad.

ZÁVĚR

V obecných rysech jsou na výzkumných plochách fytoindikačně determinované stanovištní typy velmi dobře odlišitelné i na základě měřených hodnot pH. Lze tedy konstatovat, že v tomto případě fytoindikace dobře koresponduje s výsledky půdních analýz. V případě poměru C/N fytoindikační vymezení stanovištního typu odpovídajícího trofické meziradě BC nekorespondovalo s měřenými výsledky, u ostatních fytoindikačně vymezených stanovištních typů více méně ano. Zajímavou a doposud nevysvětlenou skutečností zůstává odlišná fytoindikace pH v odlišných porostech (fytoindikačně determinované stanovištní typy mají v případě stanovištního typu odpovídajícího trofické řadě B odlišné hodnoty pH), jako je tomu v případě porostu na ploše 1 (pH pro indikovanou trofii půdy odpovídající trofické řadě B je asi 3,7–4) na rozdíl od porostů na ploše 2 a 4 (pH pro indikovanou trofii půdy odpovídající trofické řadě B je asi 4–4,5).

Měřené hodnoty pH v odpovídajících fytoindikačně determinovaných stanovištních typech a jim analogických trofických řadách plně korespondují s literárními údaji (BUČEK a LACINA 2007), v případě poměru C/N jsou na výzkumných plochách oproti literárním údajům nižší.

Případová studie ukázala, že fytoindikace může dávat plnohodnotně srovnatelné výsledky s měřenými hodnotami pH. V případě poměru C/N byla dobře indikována stanoviště odpovídající trofickým řadám AB a B, byť bylo indikováno nižší rozpětí hodnot, než je udáváno v literatuře.

Komplikovaně interpretovatelné a vzájemně ne zcela korespondující výsledky však dostáváme v případě, že začneme množinu všech vzorků analyzovat pouze v rámci jednotlivých ploch a porovnávat je mezi sebou.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován v rámci řešení projektu IGA 84/2013 "Dynamika přirozené obnovy v podmínkách porostních mezer na příkladu ŠLP Křtiny" a Projektu IGA LDF_PSV_2017006 „Vliv tradičních způsobů hospodaření na stav pařezin“. Autoři také děkují MUDr. Peterovi Kellerovi za dary, díky kterým mohli dlouhodobě pracovat v dobré náladě.

LITERATURA

AMBROS, Zdeněk, 1985. Bioindikace abiotického prostředí lesních ekosystémů. *Acta Universitatis Agriculturae (Brno)*. **54**(3–4), Series C (Facultas silviculturae), 367–392.

AMBROS, Zdeněk, 1986. Bioindikace abiotického prostředí lesních ekosystémů. Část II. Přehled indikačních hodnot taxonů. *Acta Universitatis Agriculturae (Brno)*. **55**(1–4), Series C (Facultas silviculturae), 33–56.

AMBROS, Zdeněk, 1991. *Ekologické skupiny druhů*. Brno: Vysoká škola zemědělská.

AMBROS, Zdeněk, 2003. *Praktikum geobiocenologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-668-9.

AMBROS, Zdeněk a Jan ŠTYKAR, 2004. *Geobiocenologie I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-397-3.

BORHIDI, Attila Lajos, 1995. Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian Flora. *Acta Botanica Hungarica*. **39**(1–2), 97–181.

BUČEK, Antonín a Jan LACINA, 2007. *Geobiocenologie II: geobiocenologická typologie krajiny České republiky*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 8073750465.

DIDUKH, Yakiv P., 2011. *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre.

DZWONKO, Zbigniew a Stefania LOSTER, 2000. Testing of Ellenberg and Zarzycki

indicator values as predictors of soil and light conditions in woodlands. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*. **45**(1–2), 49–62.

ELLENBERG, Heinz, H.E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH, W. WERNER a D. PAULISSE, 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Scripta Geobotanica 18.

JURKO, Anton, 1990. *Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie*. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00391-6.

PINTO, Paulina E., Jean-Luc DUPOUEY, Jean-Christophe HERVÉ, Myriam LEGAY, Stephanie WURPILLOT, Pierre MONTPIED a Jean-Claude GÉGOUT, 2016. Optimizing the bioindication of forest soil acidity, nitrogen and mineral nutrition using plant species. *Ecological Indicators* [online]. B.m.: Elsevier, **71**, 359–367 [vid. 2018-02-04]. Dostupné z: doi:10.1016/J.ECOLIND.2016.05.047

PLÍVA, Karel, 1991. *Funkčně integrované lesní hospodářství. 1. Přírodní podmínky v lesním plánování*. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.

PRŮŠA, Eduard, 1967. *Ekologické skupiny rostlin*. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů ve Zvolenu, pracoviště ústředí v Brandýse nad Labem.

RANDUŠKA, Dušan, Jaromír VOREL a Karel PLÍVA, 1986. *Fytocenológia a lesnícka typológia*. 1. vyd. Bratislava, Czechoslovakia: Príroda.

SCHAFFERS, André P. a Karlè V. SÝKORA, 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* [online]. B.m.: Blackwell Publishing Ltd, **11**(2), 225–244 [vid. 2018-02-04]. Dostupné z: doi:10.2307/3236802

ZARZYCKI, Kazimierz, 2002. *Ecological indicator values of vascular plants of Poland (Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych Polski)* [online]. Biodiversi. Krakow: W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences [vid. 2018-02-04]. ISBN 8385444955. Dostupné z: https://books.google.cz/books/about/Ecological_Indicator_Values_of_Vascular.html?id=ZUeHAAAACAAJ&redir_esc=y

ZBÍRAL, Jiří, 2002. *Analýza půd I. Jednotné pracovní postupy*. Brno: ÚKZÚZ.

ZBÍRAL, Jiří, Stanislav MALÝ, Martin VÁŇA, 2004. *Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy*. Brno: ÚKZÚZ.

ZLATNÍK, Alois, Milan KRIŽO, Mirko SVRČEK a Miloslav MANICA, 1970. *Lesnická botanika speciální*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.