

VPLYV VYBRANÝCH PORASTOVÝCH CHARAKTERISTÍK NA DRUHOVÚ DIVERZITU LESNÝCH PORASTOV

Ján M E R G A N I Ć

Merganič, J.: Vplyv vybraných porastových charakteristík na druhovú diverzitu lesných porastov. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XLIV, 2002, s. 99–111.

Kvantifikácia väčšiny indexov druhovej diverzity vychádza z poznatku o počte a zastúpení druhov. Pri určovaní druhovej diverzity lesných porastov môžeme zastúpenie druhov vyjadrovať z troch hlavných porastových veličín (počet stromov $M.ha^{-1}$, kruhová základňa $G.ha^{-1}$ a zásoba $V.ha^{-1}$). V predkladanej práci analyzujeme vplyv porastových veličín $M.ha^{-1}$, $G.ha^{-1}$, $V.ha^{-1}$ a zastúpenia druhu (MAX , MIN) na indexy druhovej diverzity (N_p , $R1$, $R2$, λ , N_p , N_2 , $E1$, $E3$, $E5$). Najväčší vplyv na indexy má porastová veličina $M.ha^{-1}$ a najmenší $G.ha^{-1}$, čo sme využili aj pri konštrukcii modelu BIODIVERSS (MERGANIĆ 2001). Z výsledkov taktiež vyplýva, že hodnota maximálneho zastúpenia druhu, ktorý sa vyskytuje na určitej plošnej jednotke, významnejšie ovplyvňuje indexy ako zastúpenie druhu s minimálnym zastúpením.

Kľúčové slová: indexy diverzity, porastové veličiny, zastúpenie druhov

1. ÚVOD

Zmeny v biologickej rozmanitosti (biodiverzite) prírodných systémov v dôsledku intenzívnej ľudskej činnosti sa v 20. storočí stali globálnym problémom a preto sa začala tejto problematike venovať zvýšená pozornosť. Za prelomový rok možno označiť rok 1992, kedy bol v rámci Konferencie OSN o životnom prostredí a rozvoji (UNCED 1992 – United Nations Conference on Environment and Development) v Rio de Janeiro prijatý „Dohovor o biologickej diverzite“. Vláda Slovenskej republiky uvedomujúc si význam zachovania biologickej diverzity súhlasila s pristúpením k Dohovoru v máji 1993. Dňa 23. augusta 1994 prezident Slovenskej republiky so súhlasom NR SR z 18. augusta 1994 Dohovor ratifikoval. Od roku 1997 má Slovensko ako jedna z mála krajín stredovýchodnej Európy parlamentom schválenú Národnú stratégiu ochrany biodiverzity. Za účasti zainteresovaných rezortov bol zároveň pripravený „Akčný plán pre interpretáciu Národnej stratégie ochrany biodiverzity na Slovensku pre roky 1998–2010“.

Čo sa vlastne pod pojmom biologická diverzita rozumie? V samotnom Dohovore o biologickej diverzite (článok 2) je termín biologická diverzita definovaný ako „rôznorodosť“ všetkých živých organizmov vrátane ich suchozemských, morských a ostatných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou. Termín biologická diverzita v zmysle Dohovoru teda označuje nielen rôznorodosť v rámci druhov a medzi druhmi, ale aj rozmanitosť (diverzitu) ekosystémov (SIBL & GUZIOVÁ & STRAKA 1996). Trilógia štandardných zložiek zakomponovaná do tejto definície, teda diverzita na genetickej, druhovej a ekosystémovej úrovni sa stala vžitou definíciou biodiverzity.

Ako vyplýva z definície biodiverzity, jednou z jej dôležitých zložiek je druhová diverzita. V predkladanej práci analyzujeme vplyv vybraných porastových charakteristík (porastové veličiny: kruhová základňa $G.ha^{-1}$, zásoba $V.ha^{-1}$, počet stromov $M.ha^{-1}$ a zastúpenie druhov) na druhovú diverzitu lesného ekosystému. Druhová diverzita je pri tom kvantifikovaná najčastejšie používanými indexovými metódami.

2. POKUSNÝ MATERIÁL

Empirický materiál pre analýzu vplyvu porastových charakteristík na druhovú diverzitu sa získal z porastových modelov. Porastové modely (PM) predstavujú trvalé výskumné plochy, ktoré boli založené za účelom overovania reprezentatívnych metód inventarizácie lesa (ŠMELKO 1979). Ide o plochy s pomerne veľkou výmerou (3–7 ha) umiestnené v porastoch s typickou štruktúrou na území Školského lesného podniku pri Technickej univerzite vo Zvolene. Všetky stromy na ploche sú priebežne očíslované a ich pozícia na ploche je zachytená súradnicami v pravouhlej sústave X, Y . Na každom strome sa zistili základné taxačné znaky: drevina, hrúbka ($d_{1,3}$), výška (h), objem (v). Pre účely prieskumu sme použili desať porastových modelov. Vzhľadom na to, že medzi reálnymi PM sa nenachádzal taký model, ktorý by reprezentoval porasty s veľmi veľkou druhovou bohatosťou, diverzitou a vyrovnanosťou, nasimulovali sme ho umelo (PM 10) použitím softwaru SILVA 2.2 (PRETZSCH *et al.* 1998). Základné údaje o vybraných PM sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Základné charakteristiky porastových modelov
Table 1 Basic characteristics of forest stand models

Porastový model ¹	Výmera [ha] ²	Vek [r] ³	$G \cdot ha^{-1}$ [m ²] ⁴	$V \cdot ha^{-1}$ [m ³] ⁵	$M \cdot ha^{-1}$ [ks] ⁶	Počet druhov [ks] ⁷	Výmera sk. pl. [ha] ⁸	Počet sk. plôch [ks] ⁹	Stupeň druhovej diverzity ¹⁰
1	4.12	110	33.6	341.6	483	6	0.04	103	SS
2	3.12	90	27.9	307.8	542	10	0.04	78	VS
3	2.98	75	31.4	275.6	710	7	0.03	99	SS
4	5.16	50	26.2	208.5	950	6	0.02	258	MS
5*	5.16	70	29.4	310.4	560	1	0.04	129	MS
6	6.16	70	41.9	554.4	766	5	0.03	206	SS
7	6.48	70	28.4	254.3	920	7	0.02	324	SS
8	6.48	70	23.5	209.1	803	7	0.02	324	SS
9	6.48	90	29.6	300.1	672	6	0.03	216	SS
10**	6.25	72	38.6	434.1	681	10	0.03	208	VVS

¹Forest stand model, ²Area [ha], ³Age [years], ⁴basal area $G \cdot ha^{-1}$ [m²], ⁵volume $V \cdot ha^{-1}$ [m³], ⁶number of trees $M \cdot ha^{-1}$ [Nu], ⁷Number of species [Nu], ⁸Area of experimental plot [ha], ⁹Number of experimental plots [Nu], ¹⁰Degree of species diversity

Poznámka: *PM 5 reprezentuje čistý rovnorodý porast, ktorý zväčša slúži len ako prirovnávacía miera; **porastový model umelo nasimulovaný; Stupeň druhovej diverzity MS – malý, SS – stredný, VS – veľký, VVS – veľmi veľký (MERGANIČ 2001)

Notice: *PM 5 represents pure stand that is usually used only as a standard for comparison; **artificially created forest stand model; Degree of species diversity MS – low, SS – medium, VS – high, VVS – very high (MERGANIČ 2001)

3. METODIKA

Ako už bolo v úvode uvedené, druhová diverzita bola kvantifikovaná indexami diverzity. Z veľkého množstva známych indexov sme vybrali tie, ktoré väčšina autorov (in LUDWIG & REYNOLDS 1988, KREBS 1989) považuje za vhodné na číselné vyjadrenie diverzity skúmaných populácií. Tvoria tri samostatné skupiny:

- indexy druhovej bohatosti (species richness), ktoré vyjadrujú diverzitu spoločenstva na základe počtu druhov

$$N_0 = S \quad (\text{HILL 1973}) \quad [1]$$

$$R1 = (S-1)/\ln(N) \quad (\text{MARGALEF 1958}) \quad [2]$$

$$R2 = S / \sqrt{N} \quad (\text{MENHINICK 1964}) \quad [3]$$

- indexy druhovej diverzity (species heterogeneity), ktoré zahŕňajú v sebe druhovú bohatosť a vyrovnanosť

$$\lambda = \sum_{i=1}^S w_i^2 \quad (\text{SIMPSON 1949}) \quad [4]$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S (w_i \ln(w_i)) \quad (\text{SHANNON \& WEAVER 1949}) \quad [5]$$

$$N_1 = e^{H'} \quad (\text{HILL 1973}) \quad [6]$$

$$N_2 = 1/\lambda \quad (\text{HILL 1973}) \quad [7]$$

- indexy druhovej vyrovnanosti (species evenness), ktoré vyjadrujú rovnomernosť zastúpenia druhov v spoločenstve

$$E1 = H'/\ln(S) = \ln(N_1)/\ln(N_0) \quad (\text{PIELOU 1975, 77}) \quad [8]$$

$$E3 = (e^{H'}-1)/(S-1) = (N_1-1)/(N_0-1) \quad (\text{HEIP 1974}) \quad [9]$$

$$E5 = ((1/\lambda)-1)/(e^{H'}-1) = (N_2-1)/(N_1-1) \quad (\text{HILL 1973}) \quad [10]$$

Pred vlastným výpočtom indexov bolo potrebné vstupné veličiny upraviť. Nakoľko výberové jednotky v jednotlivých PM neboli rovnaké, porastové i stromové veličiny x_i sa vzťahujú na variabilnú plošnú výmeru pl_i . Tie nemajú podľa najnovších výsledkov výskumu (SABOROWSKI & ŠMELKO 1998, 99, ŠMELKO 1997) rovnakú pravdepodobnosť dostať sa do výberu, preto je potrebné všetky zisťované veličiny (zásoba, počet stromov) prepočítať na 1 ha:

$$V_i ha^{-1} = \frac{V_i}{pl_i} \quad N_i ha^{-1} = \frac{N_i}{pl_i} \quad \text{všeobecne} \quad X_i = \frac{x_i}{pl_i} \quad [11]$$

Týmto krokom zároveň štandardizujeme zisťovanú charakteristiku na rovnakú jednotku, čo nám umožní ich jednoduché vzájomné porovnávanie.

Pre vyšetrenie skúmaných vzťahov sme použili korelačnú analýzu a vplyv porastových veličín sme testovali Studentovým t -testom významnosti regresného koeficienta voči nule $H_0: b_1=0$ proti $H_1: b_1 \neq 0$ (ide o štandardný výstup v softvare STATISTICA). Týmto testom, ktorý je alternatívnou metódou na testovanie korelačného koeficienta, alebo koeficienta determinácie, štatisticky preukážeme vplyv faktora ($G, V, M \text{ ha}^{-1}$, zastúpenie druhu) na veľkosť hodnôt indexov diverzity. Faktor zastúpenie druhu pritom uplatňujeme v podobe dvoch extrémov, teda ako hodnotu maximálneho a minimálneho zastúpenia druhu na skusnej ploche. Napr. ak sa na skusnej ploche vyskytujú 3 druhy ($A = 0.30$, $B = 0.05$ a $C = 0.65$) hodnota maximálneho zastúpenia $MAX = 0.65$ a $MIN = 0.05$.

4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

4.1 Vplyv porastových veličín (G , V , $M.ha^{-1}$) na druhovú diverzitu

Prieskumom vplyvu porastovej veličiny na veľkosť hodnôt indexov diverzity sme sa chceli presvedčiť, či existuje nejaká závislosť medzi veľkosťou hodnoty konkrétnej porastovej veličiny a veľkosťou hodnoty indexu. Túto analýzu sme vykonali samostatne po PM ako aj súhrnne, kde sme zlúčili skusné plochy zo všetkých PM do jedného súboru. Výsledky analýzy obsahuje tabuľka 2.

Z rozboru výsledkov nie je možné vyvodit' jednoznačný záver. Jednak preto, že tieto vzťahy sú veľmi slabé, ale aj preto, že medzi porastovými modelmi sa mení aj zmysel závislosti (záporná vs. kladná). Najväčší vplyv na veľkosť indexov diverzity z troch posudzovaných porastových veličín má $M.ha^{-1}$, čo vyplýva z najväčšieho počtu signifikantne preukázaných výsledkov. Koeficient determinácie R_{xy}^2 , ktorý vyjadruje, koľko % rozptylu sme vysvetlili použitím danej regresnej rovnice, má najvyššiu hodnotu 31 % pri indexe N_2 v PM 6. Odhliadnuc od tohto PM, kde sa štatisticky signifikantne prejavil vplyv všetkých porastových veličín na každý z indexov (pravdepodobne to je spôsobené formou zmiešania), najvyššia hodnota R_{xy}^2 je 19 %. Je to naozaj nízka hodnota indikujúca, že vzťahy medzi porastovými veličinami a indexami diverzity sú slabé. Najmenej vplyvnou porastovou veličinou je veličina $G.ha^{-1}$, pri ktorej najvyššia hodnota R_{xy}^2 je pri vzťahu s N_0 v PM 10 (14 %). Porastová veličina $V.ha^{-1}$ sa z hľadiska vplyvu nachádza medzi $G.ha^{-1}$ a $M.ha^{-1}$.

4.2 Vplyv zastúpenia druhu na druhovú diverzitu

Zastúpenie druhu je charakteristika, ktorá priamo ovplyvňuje veľkosť hodnôt indexov diverzity, pretože vplýva na dva rozhodujúce komponenty, od ktorých sú indexy diverzity závislé, t. j. počet a vyrovnanosť zastúpenia druhov. Veľmi jednoducho povedané, ak je zastúpenie jedného druhu vysoké, je veľká pravdepodobnosť, že na danej skusnej ploche sa bude vyskytovať malý počet druhov a vyrovnanosť bude nízka. Účelom tejto analýzy nie je dokázať, že tento predpoklad platí, ale pomocou štatistickej analýzy ide o bližšie objasnenie tohto vplyvu v rôznych štruktúrach porastov, ako aj to, do akej miery reagujú na tento faktor jednotlivé indexy. Výsledky analýzy (korelačná analýza) sú uvedené v tabuľke 3. Z nich vyplýva, že „maximálne zastúpenie“ štatisticky signifikantne vplýva

na hodnoty takmer všetkých skúmaných indexov diverzity bez ohľadu na štruktúru porastu (výnimku tvoria dva indexy $E3$ a $E5$ v PM 2). Tento vplyv je maximálny v porastoch s prevažne rovnorodou štruktúrou (PM 4) a s pribúdajúcou druhovou rôznorodosťou klesá. Veľmi dobre odzrkadľuje túto zmenu veľkosť Studentovej t štatistiky a hodnota koeficienta determinácie.

Hodnota „minimálneho zastúpenia“ druhu na skusnej ploche neovplyvňuje na indexy tak významne ako maximálne zastúpenie. Svedčí o tom 28 % štatisticky nevýznamných výsledkov, ktoré sme analýzou získali. Avšak štruktúra porastu zohráva aj tu rozhodujúcu úlohu, pretože v takmer rovnorodých porastoch (PM 4) tento faktor štatisticky významne ovplyvňuje všetky indexy a naopak, podobne ako v predchádzajúcom prípade, pri vyššej druhovej bohatosti klesá. Súvisí to s tým, že ak je hodnota minimálneho zastúpenia malá a počet druhov veľký, vzniká veľké množstvo kombinácií medzi druhovou početnosťou a vyrovnanosťou. Táto skutočnosť sa pravdepodobne podpísala aj pod to, že nie je možné jednoznačne interpretovať vplyv skúmaného faktora (MAX , MIN) na jednotlivé indexy. Existuje určitý náznak toho, že v málo diverzných porastoch má veličina „maximálne zastúpenie“ najväčší vplyv na indexy druhovej diverzity a najmenší na indexy druhovej bohatosti. S pribúdajúcou diverzitou stúpa vplyv na indexy druhovej bohatosti a slabne pri indexoch druhovej vyrovnanosti. Pri hodnotení vplyvu „minimálneho zastúpenia“ môžeme badať určitý trend, ktorý naznačuje, že táto veličina najviac ovplyvňuje v porastoch v 1. a 2. stupni druhovej diverzity (MERGANIČ 2001) indexy druhovej vyrovnanosti a najmenej indexy druhovej bohatosti. S pribúdajúcou diverzitou vzrastá vplyv na indexy druhovej bohatosti.

5. ZÁVER

Predkladaná práca sa zaoberá analýzou vplyvu vybraných porastových charakteristík (porastové veličiny a zastúpenie druhu) na diverzitu stromovej zložky lesného porastu. Diverzita porastu je kvantifikovaná 10 indexami druhovej diverzity (N_p , $R1$, $R2$, Λ , H' , N_p , N_2 , $E1$, $E3$, $E5$). Z výsledkov rozboru vyplývajú nasledovné poznatky:

- najväčší vplyv na indexy druhovej diverzity má porastová veličina počet stromov ($M \cdot ha^{-1}$);
- najmenší vplyv sa prejavil pri kruhovej základni ($G \cdot ha^{-1}$). Tento poznatok sme využili pri konštrukcii modelu BIODIVERSS (MERGANIČ 2001), ktorý slúži na určovanie stupňa druhovej diverzity, čím sme zabezpečili nezávislosť indexov heterogenity a vyrovnanosti na porastovej veličine, z ktorej sa vyjadruje zastúpenie druhov a zároveň na vývojovom štádiu (s vekom sa hodnoty $G \cdot ha^{-1}$ menia);
- porastová veličina zásoba ($V \cdot ha^{-1}$) sa z hľadiska vplyvu nachádza medzi už spomínanými porastovými veličinami;

druhovej diverzity, čím sme zabezpečili nezávislosť indexov heterogenity a vyrovnanosti na porastovej veličine, z ktorej sa vyjadruje zastúpenie druhov a zároveň na vývojovom štádiu (s vekom sa hodnoty $G \cdot ha^{-1}$ menia);

- porastová veličina zásoba ($V \cdot ha^{-1}$) sa z hľadiska vplyvu nachádza medzi už spomínanými porastovými veličinami;
- maximálne zastúpenie druhu (*MAX*) významne ovplyvňuje takmer všetky indexy druhovej diverzity (okrem *E3* a *E5*), pričom maximálny vplyv sa prejavuje v porastoch s prevažne rovnorodou štruktúrou;
- minimálne zastúpenie druhu (*MIN*) nevlýva na indexy tak významne, ale rozhodujúcu úlohu tu zohráva štruktúra porastu, pretože v takmer rovnorodých porastoch sa prejavuje silný vplyv tohto faktora.

POĎAKOVANIE

Práca je riešená v rámci grantového projektu VEGA SR 1/7053/20 „Integrovaná sústava výberových metód na permanentné sledovanie stavu lesných ekosystémov“ a projektu ITM EU 1902 „Implementing Tree Growth Models as Forest Management Tools“.

TABULKOVÁ PŘÍLOHA – TABLE APPENDIX

Tabuľka 2a Korelačná analýza vplyvu základných produkčných porastových veličín G, V, M·ha⁻¹ na druhovú diverzitu vyjadrenú indexami diverzity
 Table 2a Correlation analysis of the influence of main production stand characteristics basal area (G·ha⁻¹), volume (V·ha⁻¹), number of trees (M·ha⁻¹) on species diversity determined by diversity indices

Index ²	Porastová veličina ¹																	
	G·ha ⁻¹			V·ha ⁻¹			M·ha ⁻¹			G·ha ⁻¹			V·ha ⁻¹			M·ha ⁻¹		
	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%	R _{xy}	R ² _{xy}	t _(n-2) *95% **99%
	Porastový model 1 - f = 101									Porastový model 2 - f = 76								
N ₀	0.08	0.01	0.81	0.00	0.00	0.03	0.23	0.05	2.39 *	0.16	0.03	1.45	0.10	0.01	0.87	0.29	0.08	2.59 **
R1	0.03	0.00	0.33	-0.03	0.00	-0.33	0.16	0.03	1.63	0.11	0.01	1.00	0.10	0.01	0.86	0.11	0.01	0.93
R2	-0.13	0.02	-1.29	-0.14	0.02	-1.47	-0.11	0.01	-1.15	-0.06	0.00	-0.55	0.07	0.00	0.59	-0.43	0.19	-4.17 **
λ	0.06	0.00	0.61	0.13	0.02	1.28	-0.07	0.00	-0.68	-0.17	0.03	-1.54	-0.06	0.00	-0.48	-0.33	0.11	-3.05 **
N ₁	-0.10	0.01	-1.05	-0.16	0.03	-1.64	0.04	0.00	0.37	0.17	0.03	1.48	0.04	0.00	0.36	0.36	0.13	3.32 **
H'	-0.06	0.00	-0.63	-0.13	0.02	-1.35	0.07	0.01	0.75	0.18	0.03	1.62	0.06	0.00	0.55	0.37	0.14	3.49 **
N ₂	-0.09	0.01	-0.95	-0.16	0.03	-1.64	0.06	0.00	0.58	0.17	0.03	1.54	0.05	0.00	0.45	0.39	0.15	3.64 **
E1	-0.11	0.01	-1.07	-0.16	0.03	-1.62	-0.01	0.00	-0.10	0.13	0.02	1.12	0.03	0.00	0.26	0.24	0.06	2.18 *
E3	-0.14	0.02	-1.42	-0.18	0.03	-1.80	-0.07	0.00	-0.69	0.09	0.01	0.83	0.00	0.00	0.04	0.21	0.04	1.84
E5	-0.04	0.00	-0.41	-0.10	0.01	-1.06	0.10	0.01	1.03	0.12	0.01	1.05	0.03	0.00	0.28	0.16	0.03	1.44
	Porastový model 3 - f = 97									Porastový model 4 - f = 256								
N ₀	0.01	0.00	0.12	-0.06	0.00	-0.55	0.29	0.09	3.04 **	-0.02	0.00	-0.29	-0.04	0.00	-0.61	0.07	0.01	1.15
R1	-0.04	0.00	-0.36	-0.08	0.01	-0.76	0.16	0.03	1.61	-0.04	0.00	-0.58	-0.05	0.00	-0.87	0.05	0.00	0.83
R2	-0.19	0.04	-1.95	-0.13	0.02	-1.29	-0.34	0.11	-3.55 **	-0.30	0.09	-5.10 **	-0.27	0.07	-4.45 **	-0.32	0.11	-5.49 **
λ	0.07	0.00	0.69	0.12	0.01	1.21	-0.09	0.01	-0.92	0.11	0.01	1.77	0.12	0.02	1.98 *	0.01	0.00	0.22
N ₁	-0.05	0.00	-0.50	-0.11	0.01	-1.05	0.10	0.01	0.96	-0.11	0.01	-1.80	-0.12	0.02	-2.00 *	-0.02	0.00	-0.28
H'	-0.06	0.00	-0.63	-0.12	0.02	-1.23	0.13	0.02	1.29	-0.10	0.01	-1.56	-0.11	0.01	-1.80	0.00	0.00	0.01
N ₂	-0.05	0.00	-0.53	-0.11	0.01	-1.14	0.14	0.02	1.38	-0.10	0.01	-1.61	-0.11	0.01	-1.84	0.00	0.00	-0.05
E1	-0.09	0.01	-0.91	-0.11	0.01	-1.08	-0.07	0.00	-0.65	-0.10	0.01	-1.65	-0.12	0.01	-1.89	0.00	0.00	-0.01
E3	-0.10	0.01	-0.99	-0.10	0.01	-1.04	-0.12	0.01	-1.19	-0.11	0.01	-1.72	-0.12	0.01	-1.96	0.00	0.00	-0.07
E5	-0.05	0.00	-0.51	-0.09	0.01	-0.84	-0.01	0.00	-0.12	-0.05	0.00	-0.85	-0.07	0.01	-1.18	0.05	0.00	0.84
	Porastový model 6 - f = 202									Porastový model 7 - f = 320								
N ₀	0.28	0.08	4.15 **	0.25	0.06	3.64 **	0.34	0.12	5.18 **	0.26	0.07	4.91 **	0.26	0.07	4.81 **	0.20	0.04	3.65 **
R1	0.18	0.03	2.57 *	0.16	0.03	2.31 *	0.22	0.05	3.26 **	0.23	0.05	4.15 **	0.23	0.05	4.26 **	0.13	0.02	2.35 *
R2	-0.29	0.08	-4.27 **	-0.24	0.06	-3.51 **	-0.33	0.11	-4.97 **	0.02	0.00	0.30	0.07	0.01	1.28	-0.22	0.05	-3.98 **
λ	-0.38	0.14	-5.82 **	-0.33	0.11	-4.94 **	-0.47	0.23	-7.67 **	-0.05	0.00	-0.92	-0.04	0.00	-0.77	-0.18	0.03	-3.36 **
N ₁	0.42	0.18	6.62 **	0.36	0.13	5.41 **	0.56	0.31	9.63 **	0.06	0.00	1.01	0.05	0.00	0.87	0.16	0.03	2.99 **
H'	0.39	0.15	5.97 **	0.33	0.11	5.02 **	0.50	0.25	8.10 **	0.09	0.01	1.61	0.08	0.01	1.45	0.19	0.04	3.50 **
N ₂	0.41	0.17	6.42 **	0.35	0.12	5.27 **	0.54	0.30	9.23 **	0.09	0.01	1.53	0.08	0.01	1.35	0.18	0.03	3.32 **
E1	0.31	0.10	4.63 **	0.27	0.08	4.06 **	0.36	0.13	5.57 **	-0.01	0.00	-0.23	-0.02	0.00	-0.30	0.13	0.02	2.31 *
E3	0.31	0.10	4.69 **	0.28	0.08	4.08 **	0.38	0.14	5.76 **	-0.05	0.00	-0.93	-0.05	0.00	-0.98	0.09	0.01	1.71
E5	0.30	0.09	4.47 **	0.27	0.07	4.01 **	0.34	0.11	5.08 **	0.08	0.01	1.46	0.08	0.01	1.50	0.16	0.02	2.83 **

Tabuľka 2b pokračovanie
Table 2b continuation

Index ²	Porastová veličina ¹																	
	G·ha ⁻¹			V·ha ⁻¹			M·ha ⁻¹			G·ha ⁻¹			V·ha ⁻¹			M·ha ⁻¹		
	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%	R _{x,y}	R ² _{x,y}	t _(n-2) *95% ***99%
	Porastový model ³ 8 - f = 322									Porastový model 9 - f = 216								
N ₀	0.31	0.10	5.94 **	0.30	0.09	5.61 **	0.24	0.06	4.42 **	0.24	0.06	3.60 **	0.24	0.06	3.61 **	0.09	0.01	1.37
R1	0.28	0.08	5.19 **	0.27	0.07	5.10 **	0.17	0.03	3.05 **	0.19	0.04	2.89 **	0.20	0.04	3.06 **	0.02	0.00	0.27
R2	0.06	0.00	1.13	0.12	0.01	2.08 *	-0.20	0.04	-3.62 **	0.00	0.00	-0.05	0.05	0.00	0.68	-0.29	0.08	-4.46 **
λ	-0.05	0.00	-0.85	-0.03	0.00	-0.49	-0.21	0.04	-3.87 **	-0.13	0.02	-1.87	-0.14	0.02	-2.03 *	-0.15	0.02	-2.20 *
N ₁	0.03	0.00	0.54	0.01	0.00	0.25	0.18	0.03	3.20 **	0.09	0.01	1.32	0.11	0.01	1.60	0.11	0.01	1.68
H'	0.10	0.01	1.88	0.08	0.01	1.49	0.23	0.05	4.21 **	0.17	0.03	2.47 *	0.18	0.03	2.63 **	0.14	0.02	2.10 *
N ₁	0.09	0.01	1.58	0.07	0.00	1.21	0.21	0.04	3.85 **	0.14	0.02	2.11 *	0.16	0.02	2.30 *	0.13	0.02	1.86
E1	-0.01	0.00	-0.15	-0.02	0.00	-0.41	0.15	0.02	2.76 **	0.08	0.01	1.18	0.09	0.01	1.28	0.14	0.02	2.03 *
E3	-0.06	0.00	-1.12	-0.07	0.01	-1.31	0.11	0.01	1.98 *	0.03	0.00	0.50	0.04	0.00	0.64	0.12	0.01	1.72
E5	0.09	0.01	1.58	0.08	0.01	1.36	0.18	0.03	3.20 **	0.10	0.01	1.41	0.10	0.01	1.52	0.13	0.02	1.99 *
	Porastový model 10 - f = 205									Porastový model: Spolu ⁴ - f = 1809								
N ₀	0.38	0.14	5.80 **	0.36	0.13	5.60 **	0.40	0.16	6.29 **	0.35	0.12	15.78 **	0.36	0.13	16.49 **	-0.12	0.01	-5.21 **
R1	0.21	0.04	3.06 **	0.20	0.04	2.92 **	0.22	0.05	3.24 **	0.32	0.10	14.37 **	0.34	0.12	15.61 **	-0.17	0.03	-7.44 **
R2	-0.32	0.10	-4.88 **	-0.32	0.11	-4.91 **	-0.36	0.13	-5.49 **	0.22	0.05	9.43 **	0.28	0.08	12.58 **	-0.36	0.13	-16.62 **
λ	-0.08	0.01	-1.21	-0.08	0.01	-1.14	-0.02	0.00	-0.27	-0.26	0.07	-11.60 **	-0.31	0.10	-13.92 **	0.08	0.01	3.63 **
N ₁	0.13	0.02	1.87	0.12	0.01	1.76	0.11	0.01	1.56	0.30	0.09	13.54 **	0.34	0.11	15.15 **	-0.09	0.01	-3.71 **
H'	0.21	0.04	3.02 **	0.20	0.04	2.90 **	0.19	0.03	2.72 **	0.30	0.09	13.38 **	0.34	0.12	15.34 **	-0.10	0.01	-4.37 **
N ₁	0.21	0.04	3.10 **	0.20	0.04	2.96 **	0.20	0.04	2.98 **	0.31	0.10	14.02 **	0.34	0.12	15.50 **	-0.10	0.01	-4.12 **
E1	-0.20	0.04	-2.86 **	-0.19	0.04	-2.82 **	-0.27	0.07	-4.04 **	0.17	0.03	7.47 **	0.24	0.06	10.52 **	-0.08	0.01	-3.44 **
E3	-0.24	0.06	-3.46 **	-0.23	0.05	-3.43 **	-0.30	0.09	-4.48 **	0.14	0.02	6.14 **	0.21	0.05	9.30 **	-0.06	0.00	-2.69 **
E5	-0.18	0.03	-2.65 **	-0.18	0.03	-2.64 **	-0.26	0.07	-3.91 **	0.19	0.04	8.30 **	0.26	0.07	11.23 **	-0.09	0.01	-3.75 **

¹Stand characteristic, ²Species diversity index, ³Forest stand model, ⁴sum, R_{x,y} – korelačný koeficient (coefficient of correlation), R²_{x,y} – koeficient determinácie (coefficient of determination), t_(n-2) – Studentova t štatistika pri stupňoch voľnosti n-2 (Student t statistic with n-2 degrees of freedom), *95 % ***99 % – hladina spoľahlivosti výsledku (confidence level of the result), f – počet stupňov voľnosti (number of degrees of freedom)

Tabuľka 3a Korelačná analýza vplyvu maximálneho (MAX) a minimálneho (MIN) zastúpenia druhu na skusnej ploche na indexy diverzity
 Table 3a Correlation analysis of the influence of maximum (MAX) and minimum (MIN) species abundance on the area of the experimental plot on diversity indices

Index ²	Zastúpenie druhu ¹											
	MAX			MIN			MAX			MIN		
	R_{xy}	R^2_{xy}	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	R_{xy}	R^2_{xy}	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	R_{xy}	R^2_{xy}	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	R_{xy}	R^2_{xy}	$t_{(n-2)}$ *95% **99%
	Porastový model ³ 1 - $f = 101$						Porastový model 2 - $f = 76$					
N_0	-0.73	0.53	-10.76 **	-0.16	0.02	-1.60	-0.38	0.14	-3.56 **	-0.55	0.30	-5.70 **
$R1$	-0.73	0.54	-10.84 **	-0.14	0.02	-1.45	-0.45	0.20	-4.40 **	-0.49	0.24	-4.91 **
$R2$	-0.70	0.50	-9.99 **	-0.09	0.01	-0.94	-0.54	0.30	-5.64 **	-0.21	0.04	-1.88
λ	0.89	0.78	19.17 **	-0.30	0.09	-3.17 **	0.34	0.12	3.18 **	0.22	0.05	1.99 *
N_2	-0.87	0.76	-17.75 **	0.26	0.07	2.71 **	-0.24	0.06	-2.16 *	-0.28	0.08	-2.52 *
H'	-0.91	0.83	-21.85 **	0.23	0.05	2.34 *	-0.38	0.14	-3.56 **	-0.32	0.10	-2.91 **
N_1	-0.90	0.81	-20.57 **	0.18	0.03	1.88	-0.33	0.11	-3.01 **	-0.35	0.12	-3.26 **
$E1$	-0.75	0.57	-11.51 **	0.60	0.36	7.59 **	-0.23	0.05	-2.07 *	0.08	0.01	0.73
$E3$	-0.64	0.41	-8.44 **	0.70	0.49	9.85 **	-0.12	0.02	-1.08	0.17	0.03	1.52
$E5$	-0.73	0.54	-10.79 **	0.50	0.25	5.79 **	-0.12	0.01	-1.06	0.05	0.00	0.42
	Porastový model 3 - $f = 97$						Porastový model 4 - $f = 256$					
N_0	-0.49	0.24	-5.57 **	-0.51	0.26	-5.84 **	-0.88	0.77	-29.55 **	0.86	0.74	27.00 **
$R1$	-0.50	0.25	-5.71 **	-0.49	0.24	-5.57 **	-0.89	0.79	-31.42 **	0.87	0.76	28.58 **
$R2$	-0.45	0.20	-4.94 **	-0.34	0.11	-3.53 **	-0.88	0.77	-29.45 **	0.86	0.75	27.48 **
λ	0.77	0.60	12.01 **	-0.11	0.01	-1.11	0.93	0.86	39.36 **	-0.93	0.86	-40.00 **
N_2	-0.76	0.58	-11.46 **	0.05	0.00	0.52	-0.92	0.85	-38.20 **	0.92	0.86	38.89 **
H'	-0.79	0.62	-12.54 **	0.01	0.00	0.06	-0.94	0.88	-42.63 **	0.94	0.87	42.23 **
N_1	-0.78	0.60	-12.15 **	-0.03	0.00	-0.27	-0.94	0.87	-42.19 **	0.93	0.87	41.90 **
$E1$	-0.61	0.37	-7.62 **	0.47	0.22	5.28 **	-0.93	0.87	-40.88 **	0.94	0.88	42.69 **
$E3$	-0.53	0.28	-6.10 **	0.56	0.31	6.58 **	-0.93	0.86	-39.55 **	0.93	0.87	42.04 **
$E5$	-0.65	0.42	-8.33 **	0.36	0.13	3.82 **	-0.91	0.82	-34.72 **	0.91	0.83	34.85 **
	Porastový model 6 - $f = 202$						Porastový model 7 - $f = 320$					
N_0	-0.62	0.38	-11.23 **	-0.07	0.01	-1.06	-0.59	0.35	-13.00 **	-0.30	0.09	-5.57 **
$R1$	-0.62	0.39	-11.31 **	-0.06	0.00	-0.81	-0.59	0.35	-13.16 **	-0.29	0.08	-5.39 **
$R2$	-0.48	0.23	-7.74 **	0.00	0.00	0.05	-0.56	0.31	-11.99 **	-0.23	0.05	-4.29 **
λ	0.87	0.76	25.53 **	-0.44	0.19	-6.99 **	0.48	0.23	9.71 **	-0.04	0.00	-0.71
N_2	-0.78	0.61	-17.81 **	0.31	0.10	4.65 **	-0.41	0.17	-8.15 **	-0.06	0.00	-1.16
H'	-0.84	0.71	-22.35 **	0.34	0.11	5.12 **	-0.54	0.29	-11.33 **	-0.05	0.00	-0.91
N_1	-0.80	0.64	-18.75 **	0.26	0.07	3.83 **	-0.50	0.25	-10.38 **	-0.12	0.01	-2.12 *
$E1$	-0.83	0.69	-21.30 **	0.68	0.46	13.18 **	-0.37	0.14	-7.23 **	0.32	0.10	6.04 **
$E3$	-0.80	0.64	-19.05 **	0.72	0.52	14.91 **	-0.29	0.09	-5.46 **	0.35	0.13	6.77 **
$E5$	-0.84	0.71	-22.14 **	0.62	0.38	11.23 **	-0.39	0.15	-7.56 **	0.32	0.10	6.10 **

Tabuľka 3b pokračovanie
Table 3b continuation

Index ²	Zastúpenie druhu ¹											
	MAX			MIN			MAX			MIN		
	$R_{x,y}$	$R^2_{x,y}$	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	$R_{x,y}$	$R^2_{x,y}$	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	$R_{x,y}$	$R^2_{x,y}$	$t_{(n-2)}$ *95% **99%	$R_{x,y}$	$R^2_{x,y}$	$t_{(n-2)}$ *95% **99%
	Porastový model ³ 8 – $f = 322$						Porastový model 9 – $f = 216$					
N_0	-0.59	0.35	-13.16 **	-0.26	0.07	-4.77 **	-0.57	0.32	-10.07 **	-0.33	0.11	-5.09 **
$R1$	-0.60	0.36	-13.42 **	-0.24	0.06	-4.53 **	-0.56	0.31	-9.81 **	-0.33	0.11	-5.04 **
$R2$	-0.57	0.32	-12.40 **	-0.18	0.03	-3.33 **	-0.47	0.22	-7.83 **	-0.30	0.09	-4.68 **
λ	0.43	0.19	8.66 **	-0.04	0.00	-0.76	0.36	0.13	5.73 **	-0.01	0.00	-0.14
N_2	-0.37	0.14	-7.22 **	-0.06	0.00	-1.00	-0.28	0.08	-4.26 **	-0.09	0.01	-1.35
H'	-0.50	0.25	-10.37 **	-0.04	0.00	-0.75	-0.44	0.19	-7.14 **	-0.09	0.01	-1.34
N_1	-0.47	0.22	-9.50 **	-0.11	0.01	-1.97	-0.40	0.16	-6.31 **	-0.15	0.02	-2.26 *
$E1$	-0.33	0.11	-6.21 **	0.31	0.10	5.84 **	-0.25	0.06	-3.81 **	0.32	0.10	4.98 **
$E3$	-0.24	0.06	-4.43 **	0.34	0.11	6.42 **	-0.15	0.02	-2.22 *	0.36	0.13	5.61 **
$E5$	-0.35	0.12	-6.68 **	0.33	0.11	6.18 **	-0.26	0.07	-3.98 **	0.31	0.09	4.70 **
	Porastový model 10 – $f = 205$						Porastový model: Spolu ⁴ – $f = 1809$					
N_0	-0.30	0.09	-4.56 **	-0.49	0.24	-8.02 **	-0.82	0.67	-60.91 **	-0.13	0.02	-5.66 **
$R1$	-0.35	0.12	-5.30 **	-0.38	0.14	-5.89 **	-0.82	0.68	-62.02 **	-0.13	0.02	-5.43 **
$R2$	-0.38	0.15	-5.96 **	0.04	0.00	0.55	-0.81	0.66	-58.93 **	-0.10	0.01	-4.13 **
λ	0.74	0.55	15.94 **	0.10	0.01	1.39	0.82	0.67	59.97 **	-0.16	0.03	-6.97 **
N_2	-0.68	0.46	-13.30 **	-0.15	0.02	-2.21 *	-0.78	0.60	-52.28 **	-0.05	0.00	-1.93
H'	-0.63	0.39	-11.52 **	-0.26	0.07	-3.85 **	-0.85	0.73	-69.44 **	0.05	0.00	1.99 *
N_1	-0.60	0.36	-10.83 **	-0.27	0.07	-3.96 **	-0.80	0.64	-56.81 **	-0.06	0.00	-2.75 **
$E1$	-0.62	0.39	-11.42 **	0.31	0.10	4.70 **	-0.67	0.45	-38.28 **	0.45	0.20	21.37 **
$E3$	-0.55	0.31	-9.53 **	0.37	0.13	5.64 **	-0.60	0.36	-31.78 **	0.49	0.24	23.61 **
$E5$	-0.59	0.35	-10.42 **	0.27	0.07	4.00 **	-0.65	0.42	-36.23 **	0.46	0.21	21.96 **

¹Species abundance, ²Species diversity index, ³Forest stand model, ⁴sum, $R_{x,y}$ – korelačný koeficient (coefficient of correlation), $R^2_{x,y}$ – koeficient determinácie (coefficient of determination), $t_{(n-2)}$ – Studentova t štatistika pri stupňoch voľnosti $n-2$ (Student t statistic with $n-2$ degrees of freedom), *95% **99% – hladina spoľahlivosti výsledku (confidence level of the result), f – počet stupňov voľnosti (number of degrees of freedom)

Literatúra

- HEIP, C., 1974: A new index measuring evenness. *Journal of Marine Biological Association*, 54, s. 555–557.
- HILL, M. O., 1973: Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54/2, s. 427–432.
- KREBS, C. J., 1989: *Ecological Methodology*. Harper and Row, New York, 471 s.
- LUDWIG, J. A. - REYNOLDS, J. F., 1988: *Statistical Ecology a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, 337 s.
- MARGALEF, R., 1958: Information theory in ecology. *General Systematics* 3, s. 36–71.
- MENHINICK, C. F., 1964: A comparison of some species – individuals diversity indices applied to samples of field insects. *Ecology* 45, s. 859–861.
- MERGANIČ, J., 2001: Regionálna inventarizácia lesa s dôrazom na kvantifikáciu biodiverzity. Dizertačná práca, Technická univerzita Zvolen, 176 s.
- PIELOU, E. C., 1975: *Ecological Diversity*. Wiley, New York.
- PIELOU, E. C., 1977: *Mathematical Ecology*. Wiley, New York.
- PRETZSCH, H. – SEIFERT, E. – SEIFERT, T. – BIBER, P. – POMMERENING, A. – ĎURSKÝ, J., 1998: *Silva 2.2. Benutzerhandbuch*, LMU München, 119 s.
- SABOROWSKI, J. – ŠMELKO, Š., 1998: Zur Auswertung von Stichprobeninventuren mit variablen Probeflächengrößen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 169, 4, s. 71–75.
- SHANNON, C. – WEAVER, W., 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois.
- SIBL, J. – GUZIOVÁ, Z. – STRAKA, P., 1996: *Ochrana biodiverzity*. Skriptá, PF UK Bratislava, 88 s.
- SIMPSON, E. H., 1949: Measurement of diversity. *Nature* 163, s. 688.
- ŠMELKO, Š., 1979: Skúšobné plochy pre overovanie reprezentatívnych plôch inventarizácie lesa. Zborník prác Lesníckej fakulty VŠLD Zvolen, 21, Bratislava, *Príroda*, s. 153–182.
- ŠMELKO, Š., 1997: Veľkoplošná variabilita porastových veličín v lesoch Slovenska a faktory, ktoré ju ovplyvňujú. *Acta facultatis forestalis*, Zvolen, 39, s. 131–143.
- ŠMELKO, Š. – SABOROWSKI, J., 1999: Evaluation of variable size sampling plots for monitoring of forest condition. *Journal of Forest Science*, 45, s. 341–347.
-

Adresa autora:

Ing. Jan Merganič, PhD.
Technická univerzita
Lesnícka fakulta
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
ITM – projekt
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
E-mail: merganic@vsld.tuzvo.sk
www: <http://www.tuzvo.sk/~merganic/>

Influence of selected stand characteristics on species diversity of forest ecosystems

Summary

Quantification of the majority of species diversity indices is based on the number and composition of species. The species composition of forest stands may be expressed in the form of three main stand characteristics (number of trees $M.ha^{-1}$, basal area $G.ha^{-1}$ and volume $V.ha^{-1}$). In the presented paper the influence of the stand parameters $M.ha^{-1}$, $G.ha^{-1}$, $V.ha^{-1}$ and species representation (maximum MAX and minimum MIN species abundance on an experimental plot) on species diversity indices (N_p , RI , $R2$, λ , H' , N_p , N_2 , $E1$, $E3$, $E5$) was analysed. The stand characteristic $M.ha^{-1}$ showed to have the largest influence, whereas the least influencing factor is $G.ha^{-1}$. This finding was utilised also in the construction of the model BIODIVERSS (MERGANIČ 2001). In addition, the results indicate that the value of the maximum species abundance on a certain area has a more significant effect on the diversity indices than the minimum species abundance.

Translated by Ing. Katarína Merganičová