

## NOVÉ POZNATKY O KVANTIFIKÁCIH BIOLOGICKEJ DIVERZITY STROMOVEJ ZLOŽKY LESNÝCH EKOSYSTÉMOV A MOŽNOSTI ICH PRAKTICKÉHO VYUŽITIA

Ján MERGANIČ

### Abstrakt

Predkladaná práca sa zaoberá možnosťou kvantifikácie a hodnotenia biologickej diverzity stromovej zložky. Autor zakladá hodnotenie biologickej diverzity v súčasnosti len stromovej zložky na metóde indexov diverzity v spojitosti s metódou priemeru (Model BIODIVERSS). Práca obsahuje praktickú ukážku aplikácie tejto metódy, jednak na porastovej ako aj na regionálnej úrovni. Zároveň sa v práci stručne prezentujú najčastejšie používané metódy kvantifikácie a hodnotenia biologickej diverzity.

**Kľúčové slová:** Biologická diverzita, Indexy diverzity, Model BIODIVERSS

### 1. ÚVOD

Termíny biologická diverzita, resp. biodiverzita, sa objavili vo vedeckej literatúre len nedávno a dnes patria k najfrekvencovanejším pojmom našej planéty. Pojem biologická diverzita sa prvýkrát objavil v názvoch v roku 1972. Skrátený termín biodiverzita bol prvýkrát použitý o niekoľko rokov neskôr v 1985 v súvislosti s prípravou prvého národného fóra o biodiverzite KAENNEL (1998).

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.

Potreba zaoberať sa biodiverzitou a jej ochranou v globálnom merítku vyplynula z poznania, že tradičné prístupy k ochrane biodiverzity, ktoré boli založené na izolovanej ochrane vybratých území a druhov (reflektované v dovtedy prijatých medzinárodných dohovoroch), nie sú dostatočne efektívne. Preto koncom 80-tych rokov medzinárodné spoločenstvo vychádzajúc z existujúcich dohovorov začalo rokovať o globálnej zmluve, ktorá by zastrešila nielen ochranu biodiverzity, ale súčasne aj problematiku prístupu ku genetickým zdrojom, trvalo udržateľné využívanie biodiverzity, biotechnológie, vytváranie partnerských vzťahov medzi krajinami a rovnoprávne rozdeľovanie prínosov z využívania biodiverzity. Hlavný impulz na prípravu medzinárodného dokumentu o problematike biodiverzity vyšiel zo Svetovej únie ochrany prírody (UCN). UCN pripravila štúdiu zameranú na ochranu biologickej diverzity in-situ, pojednávajúcu zároveň o právach krajín, ktoré poskytujú biologické zdroje. Tieto by mali mať zabezpečený rovnocenný podiel na prínosoch, ktoré sú získavané z ich využívania. Štúdia bola predložená na posúdenie Riadiacej rade Programu OSN pre životné prostredie (UNEP – United Nations Environment Program), ktorá na jej základe na zasadnutí v roku 1987 oficiálne uznala potrebu medzinárodne zavádzaného dohovoru a prevzala zodpovednosť za jeho prípravu. Rada ustanovila pracovnú skupinu expertov pre biodiverzitu, ktorá sa zišla po prvýkrát v roku 1988. Jej nástupcom v procese prípravy Dohovoru o biologickej diverzite sa v roku 1991 stal osobitný Medzinárodný výbor. Proces prípravných rokovaní bol ukončený 22. mája 1992 na osobitnej konferencii v Nairobi

(Biodiversity Convention on Biological Diversity). Dohovor bol otvorený k podpisu na Konferencii OSN pre životné prostredie a rozvoj (UNCED 1992 – United Nations Conference on Environment and Development), ktorá sa konala v Rio de Janeiro v júni 1992 a už počas konferencie ho podpísalo 156 krajín a Európska únia. Vláda Slovenskej republiky, uvedomujúc si význam zachovania biologickej diverzity, súhlasila s prístupom k Dohovoru v máji 1993. Dňa 23. augusta 1994 prezident Slovenskej republiky so súhlasom NR SR z 18. augusta 1994 Dohovor ratifikoval. Ratifikačné listiny boli uložené v New Yorku, v sídle OSN 25. augusta 1994. O 90 dní, 23. novembra 1994, sa Slovensko stalo zmluvnou stranou Dohovoru. V septembri 1994 bol na Ministerstve životného prostredia Slovenskej republiky zriadený Národný sekretariát Dohovoru o biologickej diverzite ako hlavný organizačný a koordinačný útvar s priamym napojením na všetky inštitúty využívajúce zložky biologickej diverzity pre vedecké, hospodárske a konvenčné ciele a s prepojením na medzinárodnú sieť kontaktných štruktúr zodpovedných za implementáciu Dohovoru na národných a medzinárodných úrovniach. Z nevyhnutnosti zabezpečenia nezávislého a odborného prierezového dohľadu bola ustanovená Slovenská komisia Dohovoru o biologickej diverzite ako prierezový orgán pre odbornú koordináciu a garanciu implementácie v Slovenskej republike. Komisiu zriadil minister životného prostredia 24. novembra 1995 a jej štatút prerokovala vláda SR 25. júna 1996. Táto komisia so širokým odborným tímom spracovala na základe komplexných odborných štúdií o stave biodiverzity na Slovensku „Národnú stratégiu ochrany biodiverzity na Slovensku“ ako odpoveď na ustanovenia článku 6 Dohovoru. Stratégiu schválila vláda SR 1. 4. 1997. Týmto sa stala stratégia principiálnym programovým dokumentom pre implementáciu Dohovoru o biologickej diverzite na území Slovenska a v stanovených časových horizontoch sa rozpracúva a realizuje podľa vládou SR schválených Akčných plánov (STRAKA *et al.* 1998).

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie TU Zvolen zapojila uvedené zámery v rezorte lesníctva do výskumu v rámci grantového projektu VEGA 1/4030/97 „Metódy zisťovania, regulácie a prognózovania produkcie lesov v zmenených ekologických podmienkach a formách vlastníctva k lesom“ a VEGA 1/7053/20 „Integrovaná sústava výberových metód na permanentné sledovanie stavu lesných ekosystémov“.

## 2. METÓDY KVANTIFIKÁCIE A HODNOTENIA BIOLOGICKEJ DIVERZITY

Hodnotenie biodiverzity lesného ekosystému sa v prevažnej miere zameriava na vyššie rastliny. Existuje veľké množstvo spôsobov, ktorými je možné biodiverzitu hodnotiť, ale v podstate každý z nich je založený minimálne na jednom z troch nasledujúcich znakov (BRUCIAMACCHIE 1996), a to na:

- druhovej bohatosti, ako na najstaršom a najjednoduchšom poňatí druhovej diverzity vyjadrenej iba na základe počtu druhov;
- druhovej vyrovnanosti, ako mieri rovnomernosti zastúpenia jednotlivých druhov v spoločenstve a
- druhovej heterogenite, ako charakteristike zahŕňajúcej v sebe druhovú bohatosť a vyrovnanosť v jednom.

Na meranie, resp. číselné vyjadrenie druhovej diverzity existuje podobne ako pri jej hodnotení viacero spôsobov od najjednoduchšieho vyjadrenia počtu druhov až po zložité matematické výrazy. V nasledujúcom texte uvidíme len stručný prierez metódami, ktoré sa na meranie biologickej diverzity najčastejšie používajú. Sú to:

- Rarefrakčný metóda (SANDERS 1968, HULBERT 1971). Pri hodnotení biodiverzity veľkých populácií sa nevyhneme použitiu výberových metód. Jedným z problémov, ktorý nastáva pri porovnávaní spoločenstiev je, že výberové vzorky majú rozdielnu veľkosť. Spôsobom, ako tento problém odstrániť, je štandardizácia všetkých porovnávaných vzoriek na rovnakú veľkosť.

- Jackknife odhad (HELTSHE & FORRESTER 1983). Ďalším neparametrickým prístupom slúžiacim k odhadu druhovej bohatosti je jackknife odhad. Môžeme ho použiť vtedy, ak sú výberové jednotky štvorcového tvaru (pravdepodobne nejde tak o štvorcový tvar výberovej jednotky ako o to, že majú plošný charakter). Tento odhad je založený na zistenej frekvencii vzácných druhov v spoločenstve, kde sa zaznamenala iba prítomnosť (1) alebo neprítomnosť (0) druhov v každom štvorci.
- Bootstrap procedúra (SMITH & VAN BELLE 1984). Alternatívna metóda pre odhad druhovej bohatosti pri použití štvorcových výberových jednotiek je Bootstrap procedúra. Táto metóda súvisí s Jackknife, ale pre získanie odhadov vyžaduje simuláciu na počítači.
- Metóda logaritmického radu (FISCHER *et al.* 1943). Jednou z veľmi charakteristických vlastností spoločenstiev je, že obsahujú relatívne málo početných druhov a veľa vzácných druhov. Prvým, ktorý sa pokúsil takéto dáta analyzovať bol FISCHER *et al.* (1943). FISCHER *et al.* (1943) zobrazil tieto údaje graficky a zistil, že môžu byť opísané konkávnou logaritmickou krivkou.
- Metóda lognormálneho rozdelenia (MAY 1975). Logaritmický rad naznačuje, že počet druhov reprezentovaných jedným jedincom je vždy maximálny. To nie je jav vo všetkých spoločenstvách a teda početnosť jedincov zastupujúcich jednotlivé druhy sa nedá vždy vyjadriť konkávnou krivkou. PRESTON (1984) (in KREBS 1989) navrhol vyjadriť počet jedincov reprezentovaných vo vzorke (os  $x$ ) geometrickou, resp. logaritmickou stupnicou namiesto tradičnej pravidelnej stupnice. Keď sa urobí takáto transformácia mierok, údaje o relatívnych početnostiach získavajú tvar normálneho rozdelenia a pretože  $x$ -ová os je vyjadrená geometricky alebo logaritmicky; toto rozdelenie sa nazýva lognormálne.
- Indexy biodiverzity (MARGALEF 1958, MENHINICK 1964, SIMPSON 1949, SHANNON & WEAVER 1949, HILL 1973 a ďalší). Indexy biodiverzity patria medzi najpopulárnejšie a najčastejšie používané metódy. Počas ich historického vývoja sa postupne vyšpecifikovali tri samostatné skupiny, t.j. indexy druhovej bohatosti, indexy druhovej diverzity a indexy druhovej vyrovnanosti.
- Diverzitné profily (GOVE & PATIL & TAILLIE 1996). Diverzita spoločenstva podľa PATILA a TAILLEHO (1979,82) je definovaná ako priemerná druhová vzácnosť. Títo autori rozlišujú dva typy mier druhovej vzácnosti, typ dichotomický a typ poradový. Pri dichotomických mierach vzácnosti závisí vzácnosť  $i$ -teho druhu v spoločenstve len na jeho relatívnej početnosti  $p_i$ . Pri poradových mierach však vzácnosť druhu závisí aj od poradia medzi druhmi zoradenými od najpočetnejšieho po najmenej početný druh. Takéto chápanie druhovej vzácnosti použili PATIL & TAILLIE (1979,82) pri tvorbe metódy diverzitných profilov, ktoré umožňujú grafické porovnanie diverzity medzi spoločenstvami.

Vo výskume kvantifikácie biodiverzity stromovej vrstvy v lesných ekosystémoch sme uplatnili metódu indexov biodiverzity a to hlavne z týchto dôvodov:

- biodiverzita je charakterizovaná len jedným číslom;
- výpočet indexov je jednoduchý;
- pre výpočet indexov nie je potrebné náročné materiálo-technické vybavenie;
- jedna kvantitatívna hodnota sa dá ľahko previesť na kvalitatívne hodnotenie (malý, stredný atď. stupeň biodiverzity);
- indexy biodiverzity patria medzi neparametrické metódy, čo odstraňuje niektoré teoretické problémy parametrických metód;
- indexovanú hodnotu je možné pri niektorých indexoch ľahko ekologicky interpretovať;
- hodnota indexov je nezávislá na vertikálnej štruktúre populácie ako aj na jej vývojovom štádiu;
- indexami biodiverzity je možné zachytiť všetky tri zložky biodiverzity samostatne;

- indexy heterogenity a vyrovnanosti je možné vypočítať z rôznych porastových veličín, čo umožňuje zohľadniť množstvo vyprodukovanej biomasy jednotlivými druhmi;
- pri vhodnom výbere indexov biodiverzity a ich kombinácii môžeme získať jednoduchú metódu pre komplexné hodnotenie biodiverzity.  
Najčastejšie sa používajú nasledovné indexy biodiverzity:
- indexy druhovej bohatosti

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

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

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

- indexy druhovej diverzity

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

kde:

$p_i$  - je pravdepodobnosť výskytu  $i$  - toho druhu v spoločenstve

$$p_i = \frac{M_i}{M} \quad [5]$$

kde:

$M_i$  - počet jedincov  $i$  - toho druhu v spoločenstve

$M$  - počet všetkých jedincov v spoločenstve

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i) \quad \text{(SHANNON & WEAVER 1949)} \quad [6]$$

$$N_1 = e^{H'} \quad \text{HILL (1973)} \quad [7]$$

$$N_2 = 1 / \lambda \quad \text{HILL (1973)} \quad [8]$$

- indexy druhovej vyrovnanosti

$$E1 = H' / \ln(S) = \ln(N_1) / \ln(N_0) \quad \text{(PPIELOU 1975, 77)} \quad [9]$$

$$E2 = e^{H'} / S = N_1 / N_0 \quad \text{(SHELDON 1969)} \quad [10]$$

$$E3 = (e^{H'} - 1) / (S - 1) = (N_1 - 1) / (N_0 - 1) \quad \text{(HEIP 1974)} \quad [11]$$

$$E4 = (1/\lambda) / e^{H'} = N_2 / N_1 \quad \text{(HILL 1973)} \quad [12]$$

$$E5 = ((1/\lambda) - 1) / (e^{H'} - 1) = (N_2 - 1) / (N_1 - 1) \quad \text{(HILL 1973)} \quad [13]$$

Pri zisťovaní diverzity veľkých populácií sme často nútení siahnúť po výberových metódach. Zväčša je to spôsobené ekonomickými podmienkami, ale aj technickými možnosťami, pretože zaevidovať všetky jedince tvoriace určitú populáciu je takmer nemožné. Výberové štatistické metódy sú efektívnym spôsobom ako prekonať tento problém. Pri ich použití neznáme parametre tzv. základného súboru iba odhadujeme na základe výberových charakteristík (napr. hodnota indexu určeného na výberovej vzorke). Rámec, v ktorom by sa mala táto skutočná hodnota nachádzať s určitou mierou pravdepodobnosti sa vyjadruje intervalom spoľahlivosti.

Vlastná kvantifikácia indexov biodiverzity sa dá vykonať dvojakým spôsobom, ktorý ovplyvňuje techniku výpočtu intervalu spoľahlivosti indexov biodiverzity. Jeden spôsob je, že index sa určí na základe súhrnných podkladov za celú populáciu. V tomto prípade existuje viacero možností, ako je možné tieto súhrnné podklady získať:

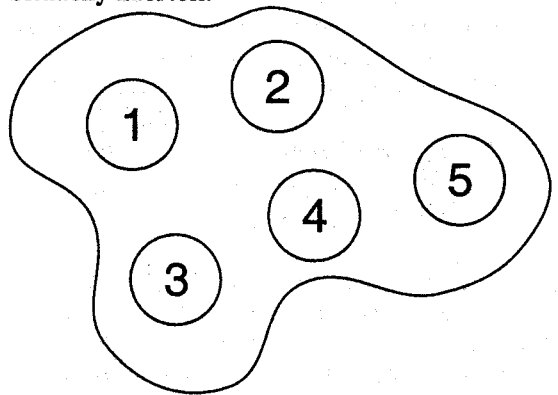
- „presným“ meraní všetkých jedincov v populácii, teda celoplošne;
- okulárnym odhadom pri prehliadke po skúmanej populácii;
- výberovými metódami tým spôsobom, že súhrnné podklady získame sumarizáciou údajov zistených na viacerých miestach v populácii (napr. v lesnom poraste).

Túto metódu nazvime metódou súčtu. Druhý spôsob vychádza z určenia indexov biodiverzity na viacerých miestach rozložených po celom skúmanom spoločenstve a z nich sa odvodí priemerná hodnota typická pre celú populáciu. Túto metódu pomenujeme metóda priemeru. Druhý z uvedených prístupov poskytuje okrem výslednej hodnoty biodiverzity aj veľmi cenné informácie jednak o skutočnej variabilite biodiverzity, jednak o presnosti a spoľahlivosti získaného výsledku. Jedná sa o matematicko-štatistický výberový postup, ktorého teória je dnes už všeobecne známa a úspešne sa používa pri inventarizácii a monitorovaní zdravotného a produkčného stavu lesa (ŠMELKO *et al.* 1997): Rozdiel v interpretácii výsledkov uvedených metód spočíva v tom, že kým pri metóde súčtu sa hodnota indexu vzťahuje na celé hodnotené spoločenstvo, pri metóde priemeru určený priemerný index vyjadruje iba diverzitu na ploche zodpovedajúcej veľkosti výberovej jednotky.

**Príklad 1. Princíp metódy súčtu a priemeru.**

V poraste schématicky znázornenom na situačnom náčrtku, sme vykonali inventarizáciu biodiverzity výberovým spôsobom na piatich skusných plochách o výmere 500 m<sup>2</sup>. Charakteristika druhového zloženia na jednotlivých skusných plochách je uvedená v tabuľke. Na príklade troch vybraných indexov biodiverzity ( $\lambda$ ,  $H'$  a  $N_0$ ) demonštrujeme princíp a rozdiely medzi metódami súčtu a priemeru.

Situačný náčrtok:



SKP	Dreviny počet stromov / zastúpenie drevín						$\Sigma$	Indexy biodiverzity		
	SM	JD	BO	BK	DB	HB		$\lambda$	$H'$	$N_0$
1	100/0.50			50/0.25		50/0.25	200/1.00	0.38	1.04	3
2		100/0.40		150/0.60			250/1.00	0.52	0.67	2
3	30/0.17		70/0.38	50/0.28		30/0.17	180/1.00	0.28	1.33	4
4	150/0.68		30/0.14		40/0.18		220/1.00	0.51	0.85	3
5	200/1.00						200/1.00	1.00	0.00	1
<b>METÓDA PRIEMERU</b>										
Aritmetický priemer indexov $\bar{X} =$								0.54	0.78	2.60
<b>METÓDA SÚČTU</b>										
1-5	480/0.45	100/0.10	100/0.10	250/0.23	40/0.04	80/0.08	1050/1.0	0.28	1.49	6

Metódou priemeru sme z hodnôt jednotlivých skusných plôch odvodili priemernú hodnotu typickú pre zisťované spoločenstvo, ktorá sa ale viaže na použitú veľkosť výberovej

jednotky, teda v našom príklade na 500 m<sup>2</sup>. Napr. v uvedenom poraste na skusnej ploche o výmere 500 m<sup>2</sup> zachytíme v priemere 2.6(± chyba) druhov drevín (N<sub>0</sub>).

Pri metóde súčtu sme najprv zosumarizovali hodnoty zo všetkých skusných plôch, a až potom sme určili indexy biodiverzity. Tie sa ale už vzťahujú na celé spoločenstvo, na celú jeho výmeru. Napr. v danom poraste môžeme predpokladať výskyt 6(± chyba) druhov drevín. Toto je zásadný rozdiel v chápaní a interpretácii metód priemeru a súčtu.

### 3. KVANTIFIKÁCIA BIOLOGICKEJ DIVERZITY STROMOVEJ VRSTVY V LESNÍCTVE NA PODKLADE VÝBEROVÝCH ZISŤOVANÍ NA PORASTOVEJ ÚROVNI

Z rozboru biodiverzity už vieme, že biodiverzita sa skladá z troch základných zložiek a to druhovej bohatosti, diverzity a vyrovnanosti. V týchto intenciách sme pristúpili ku konštrukcii modelu kvantifikácie biodiverzity pre stromovú vrstvu (MERGANIČ 2001). Ťažiskovou metódou konštrukcie modelu bola diskriminačná analýza (COOLEY & LOHNES 1971) a model bol parametrizovaný na údajoch s porastových modelov (PM) založených na školskom lesnom podniku pri TU Zvolen (ŠMELKO 1979). V navrhovanom diskriminačnom modeli (BIODIVERSS) sme použili nasledovných päť indexov biodiverzity: R1, R2, λ, H' a E1. Z veľkého množstva odskúšaných kombinácií dávala práve táto kombinácia indexov najlepšie výsledky správnej klasifikácie stupňa biodiverzity (rozlišujeme 4 stupne biodiverzity: malý, stredný, veľký a veľmi veľký). Indexy diverzity a vyrovnanosti sú odvodzované zo zastúpenia určovaného z  $G \cdot ha$ . Výsledný diskriminačný model má nasledovný všeobecný tvar:

$$\text{Diskriminačné skóre } j = R1 \cdot b_{j1} + R2 \cdot b_{j2} + \lambda \cdot b_{j3} + H' \cdot b_{j4} + E1 \cdot b_{j5} + b_{j6} \quad [14]$$

kde:  $j$  - 1 až 4 stupeň biodiverzity  
 $b$  - regresný koeficient

Vlastná kvantifikácia stupňa biodiverzity spočíva v tom, že po dosadení aktuálnych hodnôt indexov biodiverzity do diskriminačných rovníc vypočítame diskriminačné skóre pre príslušné stupne biodiverzity (1-4). Hodnotená lokalita, porast atď. patrí do toho stupňa biodiverzity, v ktorom je jeho hodnota diskriminačného skóra maximálna. Na prvý pohľad sa môže zdať táto procedúra veľmi komplikovaná, ale ak si uvedomíme, že je zvládnuteľná aj na vreckovej kalkulačke, opak je pravdou.

Navrhovaný diskriminačný model BIODIVERSS je aj návrhom metodiky tvorby modelu, ktorý by platil pre celoslovenské pomery. Pre jeho odvodenie by bolo potrebné spracovať údaje z viacerých porastov, kde by parametrizačnú vzorku pre každý stupeň biodiverzity tvorilo niekoľko porastov, ktoré by zároveň reprezentovali aj jednotlivé vývojové štádiá lesa. Je totiž možné, že aplikácia tohto modelu mimo územia školského lesného podniku Zvolen, kde boli PM zakladané, by mohla ovplyvniť správnosť klasifikácie stupňa biodiverzity. Na druhej strane sa domnievame, že biologická diverzita je veličinou, ktorá je nezávislá na regionálnych vplyvoch. Napr. porasty s malou diverzitou sú rovnako na Východnom Slovensku ako aj na Západnom, v nížinách ako aj pri hornej hranici lesa. Mení sa iba druhové zloženie, čo priamo model neovplyvňuje. Navyše, navrhovaný diskriminačný model BIODIVERSS je konštruovaný so širokou valenciou a hoci je tvorený iba na báze štyroch reprezentatívnych porastov, musíme si uvedomiť, že je zostavený na podklade 865 skusných plôch.

Na záver by sme ešte raz chceli zdôrazniť, že navrhovaný diskriminačný model určovania stupňa biologickej diverzity stromovej vrstvy BIODIVERSS je možné použiť iba vtedy, ak je biodiverzita zisťovaná indexovými metódami na optimálne veľkých skusných

plochách (ŠMELKO 1968) metódou priemeru. Kvantifikáciu stupňa biodiverzity použitím navrhovaného modelu BIODIVERSS ukážeme na nasledujúcom príklade.

**Príklad 2. Kvantifikácia stupňa biodiverzity modelom BIODIVERSS na porastovej úrovni.**

V dieľci 33 bola vykonaná inventarizácia produkčných charakteristík ako aj charakteristík biodiverzity. Ide o porast, ktorý by sme z hľadiska variability produkčných charakteristík zaradili do prvého stupňa rozrôznenia. V rámci inventarizácie boli v danom dieľci založené štyri skusné plochy, ktorých základné charakteristiky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Na základe podkladových údajov určíme stupeň biodiverzity stromovej vrstvy dieľca 33 použitím diskriminačného modelu BIODIVERSS.

Dielec: 33												Výmera dieľca: 3.2 ha						
Optimálna výmera skusnej plochy: 3 áre						Počet skusných plôch: 4						Intenzita výberu: 3.75 %						
Sk. pl.	Druhy drevín / zastúpenie drevín								Spolu		Produkčné charakteristiky		Indexy biodiverzity					
	BK		HB		DB		JV		$\Sigma G.ha^{-1}$	$\Sigma p_i$	$V.ha^{-1}$	$N.ha^{-1}$	$N_0$	$R1$	$R2$	$\lambda$	$H'$	$EI$
	$G.ha^{-1}$	$p_i$	$G.ha^{-1}$	$p_i$	$G.ha^{-1}$	$p_i$	$G.ha^{-1}$	$p_i$										
1	16.83	0.45	4.49	0.12	7.85	0.21	8.23	0.22	37.40	1.00	379.40	700.00	4.00	0.46	0.15	0.31	1.27	0.92
2	9.63	0.30	8.35	0.26	11.24	0.35	2.89	0.09	32.10	1.00	318.40	650.00	4.00	0.46	0.16	0.29	1.30	0.93
3	15.54	0.60	6.22	0.24	4.14	0.16	0.00	0.00	25.90	1.00	253.70	500.00	3.00	0.32	0.13	0.44	0.94	0.86
4	11.97	0.38	6.62	0.21	9.14	0.29	3.78	0.12	31.50	1.00	309.30	550.00	4.00	0.48	0.17	0.29	1.31	0.94
1-4	Aritmetický priemer veličín =								31.73		315.20	600.00	3.75	0.43	0.15	0.33	1.21	0.91

Stupeň	$b_1$	$R1$	$b_2$	$R2$	$b_3$	$\lambda$	$b_4$	$H'$	$b_5$	$EI$	$b_6$	Skóre	Výsledok
1	-625.54	· 0.43	+ 623.89	· 0.15	+ 2376.13	· 0.33	+ 1208.42	· 1.21	+ 404.61	· 0.91	+(-1201.47)	= 1240.44	
2	-599.78	· 0.43	+ 616.99	· 0.15	+ 2383.77	· 0.33	+ 1194.35	· 1.21	+ 436.94	· 0.91	+(-1216.76)	= 1250.30	
3	-623.08	· 0.43	+ 737.29	· 0.15	+ 2362.28	· 0.33	+ 1196.97	· 1.21	+ 422.71	· 0.91	+(-1205.33)	= 1253.16	***
4	-653.02	· 0.43	+ 779.46	· 0.15	+ 2486.22	· 0.33	+ 1282.84	· 1.21	+ 426.60	· 0.91	+(-1352.92)	= 1247.36	

**4. ZÁVER**

Predkladaná práca referuje o možnostiach kvantifikácie biologickej diverzity v lesných ekosystémoch. Biologická diverzita je dôležitým článkom plného a funkčného integrovaného lesného hospodárstva.

Na praktickom príklade sa prezentuje aplikácia nového modelu (BIODIVERSS) zameraného na kvantifikáciu biologickej diverzity v súčasnosti len stromovej vrstvy. Pravdepodobnosť správnej klasifikácie stupňa biodiverzity pomocou modelu BIODIVERSS je pomerne vysoká. Už pri intenzite výberu cca 5% dosiahneme približne 90% úspešnosť. Tento model môžeme však s výhodou použiť aj pri regionálnych a veľkoplošných inventarizáciách, ak predpokladáme, že stupeň biodiverzity určený na skusnej ploche reprezentuje určitú časť hodnoteného územia. Ďalšie zhodnotenie už podlieha bežným matematicko-štatistickým postupom. Navrhovaný model BIODIVERSS je aj návrhom metodiky tvorby modelu, ktorý by platil pre celoslovenské pomery. Model BIODIVERSS je jednoduchý a pomerne praktický. Môžeme ho použiť priamo pri hodnotení v teréne, pretože k práci s ním potrebujeme iba vreckovú kalkulačku. Zavedenie tohto modelu do praxe prostredníctvom Lesoprojektu, napr. v rámci špeciálnych prieskumov, by teda nemal byť problém. Ďalšou možnosťou jeho aplikácie je zhodnotenie biologickej diverzity (v súčasnosti len stromovej vrstvy) na celoslovenskej úrovni pre potreby implementácie Dohovoru o biologickej diverzite. Na údajoch z celoštátneho monitoringu, ktorý Lesoprojekt realizoval v sieti 4x4km je toho vyhodnotenie možné vykonať.

## 5. CITOVANÁ LITERATÚRA

1. BRUCIAMACCHIE, M., 1996: *Comparison between indices of species diversity*. Munich, 3/96, 14s.
2. COOLEY, W. W.–LOHNES, P. R., 1971: *Multivariate data analysis*. New York Wiley
3. FISHER, R. A.–CORBET, A. S.–WILLIAMS, C. B., 1943: *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population*. *J. Anim. Ecol.* 12, s.42-58
4. GOVE, J. H.–PATIL, G. P.–TAILLIE, CH., 1996: *Diversity Measurements and Comparison with Examples*. (In SZARO, R. C.–JOHNSTON, D. W. : *Biodiversity in Managed Landscapes. Theory and Practice*, Oxford, University Press), s. 157 – 175
5. HEIP, C., 1974: *A new index measuring evenness*. *Journal of Marine Biological Association*, 54, s. 555 - 57
6. HELTSHE, J. F.–FORRESTER, N. E., 1983: *Estimating species richness using the jackknife procedure*. *Biometrics* 39, s. 1-11
7. HILL, M. O., 1973: *Diversity and Evenness: a unifying notation and its consequences*. *Ecology* 54/2, s. 427-432
8. HURLBERT, S. H., 1971: *The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters*. *Ecology* 52, s. 577-586
9. KAENNEL, M., 1998: *BIODIVERSITY: a Diversity in Definition*. (In BACHMANN, P. – KÖHL, M. – PÄIVINEN, R.: *Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning. Proceedings of the Conference on Assessment of Biodiversity for Improved Forest Planning, 7 - 11 October 1996, held in Monte Verita, Switzerland, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*), s. 71 – 82
10. KREBS, C. J., 1989: *Ecological methodology*. Harper and Row, New York, 471 s.
11. MARGALEF, R., 1958: *Information theory in ecology*. *General Systematics* 3, s.36-71
12. MAY, R. M., 1975: *Patterns of Species Abundance and Diversity*. (In CODY, M.L.-DIAMOND, J.M. (eds.): *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press, Harvard University, Cambridge, Mass) s. 81 – 120
13. MENHINICK, C. F., 1964: *A comparison of some species – individuals diversity indices applied to samples of field insects*. *Ecology* 45, s.859-861
14. MERGANIČ, J., 2001: *Regionálna inventarizácia lesa s dôrazom na kvantifikáciu biodiverzity*. Dizertačná práca. Technická univerzita Zvolen, 176 s.
15. PATIL, G. P.–TAILIE, C., 1979: *An Overview of diversity*. (In GRASSLE, J. F.–PATIL, G. P.–SMITH, W.–TAILLIE, C. (eds.): *Ecological diversity in Theory and Practice. Statistical Ecology: Vol. 6, International Co-operative Publishing House, Burtonsville*), s. 3 – 27
16. PATIL, G. P.–TAILIE, C., 1982: *Diversity as a concept and its measurement*. *Journal of the American Statistical Association* 77, s. 548-567
17. PIELOU, E. C., 1975: *Ecological Diversity*. Wiley, New York
18. PIELOU, E. C., 1977: *Mathematical Ecology*. Wiley, New York
19. SANDERS, H. L., 1968: *Marine benthic diversity: a comparative study*. *American Naturalist*, 102, s. 243 – 282
20. SHANNON, C.–WEAVER, W., 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. Illinois
21. SIBL, J.–GUZIOVÁ, Z.–STRAKA, P., 1996: *Ochrana biodiverzity*. Skriptá, PF UK Bratislava, 88s.
22. SIMPSON, E. H., 1949: *Measurement of diversity*. *Nature* 163, s. 688
23. SMITH, E. P.–VAN BELLE, G., 1984: *Nonparametric estimation of species richness*. *Biometrics* 40, s. 119 – 129
24. STRAKA, P.–ŠEFFER, J.–STANOVÁ, V.–TÓTH, D., 1998: *Národná správa o stave a ochrane biodiverzity na Slovensku. Prvá správa pre Dohovor o biologickej diverzite*. MŽP SR, GOYA Bratislava, 80 s.
25. ŠMELKO, Š., 1968: *Matematicko – štatistická inventarizácia zásob lesných porastov*. SAV, Bratislava, 299s.
26. ŠMELKO, Š., 1979: *Skúšobné plochy pre overovanie reprezentatívnych plôch inventarizácie lesa*. Zborník prác Lesníckej fakulty VŠLD Zvolen, 21, Bratislava, Príroda, s. 153-182
27. ŠMELKO, Š.–SCHEER, L.–ĎURSKÝ, J., 1997: *Poznatky z monitorovania zdravotného a produkčného stavu lesa v imisnej oblasti Horná Orava*. *Vedecké štúdie* 16/1996/A, TU Zvolen, 142 s.

### Adresa autora:

Ing. Ján MERGANIČ

Technická univerzita, Lesnícka fakulta

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Masarykova 24

960 53 ZVOLEN