

Stajić B., Vučković M. 2012. *Abundance of woody species as the element of structure and diversity in mixed stands of beech and valuable broadleaves*. Bulletin of the Faculty of Forestry 105: 157-172.

Бранко Стајић
Миљивој Вучковић

UDK: 630*568:630*228
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF111017001S

БРОЈНОСТ ДРВЕНАСТИХ ВРСТА КАО ЕЛЕМЕНАТ СТРУКТУРЕ И ДИВЕРЗИТЕТА МЕШОВИТИХ САСТОЈИНА

Извод: У нашој шумарској науци и оперативи бројност и разноврсност дрвенастих врста у шумским састојинама оцењиване су најчешће преко укупног броја врста дрвећа, што је методолошки делимично неадекватан приступ. Стога је у овом раду квантификација бројности и оцена разноврсности дрвенастих врста у мешовитим шумама букве са племенитим лишћарима на подручју Националног парка „Ђердап” анализирана помоћу пет различитих индекса бројности врста: броја врста (S индекс), два индекса бројности врста (R_1 и R_2), очекиваног броја врста при узорку са једнаким бројем стабала ($E(S_{84})$) и очекиваног броја при узорку једнаке површине ($E(S_{0,25ha})$). Резултати су показали да оцена нивоа разноврсности дрвенастих врста у шумским састојинама зависи од примењеног индекса којим се карактерише бројност врста дрвећа. Закључено је да су бројност и разноврсност дрвенастих врста највеће у састојинама еколошке јединице Б ($E(S_{84})=8,6$ врста) и еколошке јединице Г ($E(S_{0,25ha})=9,4$ врста), а најмање у састојинама еколошке јединице В ($E(S_{84})=5,8$ врста, $E(S_{0,25ha})=5,5$ врста).

Кључне речи: структура састојине, бројност дрвенастих врста, буква и племенити лишћари

TREE SPECIES RICHNESS AS THE ELEMENT OF STRUCTURE AND DIVERSITY IN MIXED STANDS OF BEECH AND VALUABLE BROADLEAVES

Abstract: In our forest science and forest operations, the tree species richness and diversity of woody species in forest stands are most often evaluated based on the total number of tree species, which is a methodologically partly inadequate approach. For this reason, the quantification and the evaluation of diversity of woody species in mixed forests of beech with valuable broadleaves in the area of the National Park „Đerdap” were analysed by five different indices of tree species richness:

др Бранко Стајић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
др Миљивој Вучковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет,
Београд

number of species (S index), two indices of the species richness (R_1 and R_2), expected number of species in the sample with equal numbers of trees ($E(S_{84})$), and expected number of species in the sample with equal areas ($E(S_{0,25ha})$). The results showed that the level of woody species diversity in forest stands depended on the applied index characterising the tree species richness. It was concluded that the tree species richness and diversity were the highest in the stands of ecological unit B ($E(S_{84})=8.6$ species) and in the stands of ecological unit G ($E(S_{0,25ha})=9.4$ species), and they were the lowest in the stands of ecological unit V ($E(S_{84})=5.8$ species, $E(S_{0,25ha})=5.5$ species).

Key words: stand structure, tree species richness, beech and valuable broadleaved tree species

1. УВОД

Квантитативи подаци о састојинској структури представљају есенцијалне „input“-е за схватање изграђености и начина функционисања шума, а тиме и за одрживо газдовање шумама и шумским екосистемима (Kint *et al.*, 2003). Посебно су значајни за мешовите једнодобне и разнодобне састојине, које се одликују израженим диверзитетом врста, хабитата и структуре (Stajić, 2010).

Бројност дрвенастих врста представља важну карактеристику структуре шумских састојина (Svensson, Jeglum, 2001) и основу многих еколошких модела структуре различитих популација (Connell, 1978, Stevens, 1989). Број јединки по јединици површине коју насељавају представља густину популације, која се значајно мења у току времена у зависности од промена услова средине, биолошких особина врста, старења и низа других фактора. Повећање бројности врста на максимално могућу меру у конкретним условима један је од основних циљева конзервационих студија у еколошким истраживањима (Maу, 1988). Истовремено, бројност дрвенастих врста је често коришћена као основни показатељ изражености специјског диверзитета. Управо Fisher и сарадници (1943), који су увели и дефинисали појам „диверзитет“, под диверзитетом су подразумевали број врста, односно богатство врстама.

У НП „Ђердап“, услед јако разнородних климатских, хидрогеографских и рељефних карактеристика, присутан је већи број типова и подтипова земљишта, преко 60 шумских заједница, међу којима је више изузетно вредних заједница реликтног и полидоминантног карактера и 40 аутохтоних врста дрвећа што, поред свега осталог, указује на изражени биодиверзитет (Medarević, 2001). У оквиру мешовитих састојина овог подручја, својим бројним особеностима, нарочиту стручну и научну пажњу привлаче мешовите, једнодобне и разнодобне састојине букве и племенитих лишћара. Поред економских „бенефита“ (висока потенцијална вредност и количина произведеног дрвета, брз раст и рано достизање употребљивих димензија), изражених естетских својстава, високог степена отпорности и стабилности према штетном дејству различитих абиотичких и биотичких фактора,

ове шуме се, према Drachenfels-у и сарадницима (1984), убрајају у шумске заједнице најбогатије дрвенастим врстама у Европи. Стога су оне, са аспекта сагледавања и квантификације бројности и диверзитета дрвенстих врста, од непроценљивог значаја.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Као полазни материјал у овом раду послужили су подаци и резултати Стајића (2010). Истраживане састојине (укупно 15 огледних површина) налазе се на територији Националног парка „Ђердап”, на подручју ГЈ „Штрбачко корито” (СПП1-СПП8), ГЈ „Лева река” (СПП9-СПП12) и ГЈ „Кожица” (СПП13-СПП15). Национални парк „Ђердап” простире се у Ђердапској клисури на десној обали Дунава, у дужини од 130 *km*, између Голупца и Кладова и обухвата површину од 63.680 *ha*. Шуме заузимају 44.851 *ha* (око 70% укупне површине), при чему су буква и китњак најзаступљеније врсте дрвећа (Medarević, 2001). Клима Ђердапа је у знатном степену модификована умерено-континентална клима (која влада у већем делу Србије) и континентална клима Влашке и Бугарске низије (Mišić, 1981). Просечна годишња релативна влага је изнад 70%, а просечна вишегодишња сума падавина износи 784 *mm*, што је приближно за 7% изнад просека за Србију (Medarević, 2001).

Истраживане састојине сврстане су у 4 еколошке јединице:

- шума букве и мечје леске (*Corylo colurnae-Fagetum* V. Jov. 1979, субасоцијација *aceretosum*), на средње дубоком смеђем земљишту на кречњаку - еколошка јединица А (огледне површине СПП1-СПП4);
- шума букве и мечје леске (*Corylo colurnae-Fagetum* V. Jov. 1979, субасоцијација *aceretosum*) на скелетном кречњачком колувијуму - еколошка јединица Б (огледне површине СПП5-СПП 8);
- шума планинске букве са јаворима (*Fagetum moesiacaе montanum*, субасоцијација *aceretosum*) на еутричним хумусно силикатним земљиштима - еколошка јединица В (огледне површине СПП9-СПП12);
- шума букве и мечје леске (*Corylo colurnae-Fagetum* V. Jov. 1979, субасоцијација *typicum*), на дубоком смеђем земљишту на кречњаку - еколошка јединица Г (огледне површине СПП13-СПП15).

Величина огледних поља износи од 0,25-0,45 *ha*, а укупна истраживањима обухваћена површина је око 5 *ha*. Неке од основних карактеристика састојина у којима су постављена огледна поља приказане су у табели 1.

Састојине еколошких јединица А и Б припадају заштитним шумама и у њима се не спроводи редовно газдовање већ више десетина година. По окуларно оцењеној структури димензија стабала и спољнем изгледу састојине еколошке јединице А најближе су разnodобним шумама, а састојине еколошке јединице Б једнодобним. У састојинама еколошке јединице В проводи се редовно газдовање и, према

Табела 1. Основне карактеристике истраживаних састојина
Table 1. Main characteristics of the study stands

Ек. јед.	Огледна површина Sample plot <i>m</i>	Надморска висина Altitude	Експозиција Aspect	Облик рељефа Relief	Нагиб Slope °	Број стабала № of trees		<i>G/ha</i> $m^2 \cdot ha^{-1}$	<i>V/ha</i> $m^3 \cdot ha^{-1}$
						по огл. повр. Per sample plot	по <i>ha</i> per <i>ha</i>		
А	СПП 1	600	N	страна	9	218	577	37,9	463
	СПП 2	600	N	страна	9	365	811	38,8	453
	СПП 3	610	N	страна	11	142	391	33,7	441
	СПП 4	620	N	страна	11	178	705	39,2	455
	Просечно	608	-	-	-	226	621	37,4	453
Б	СПП 5	360	NW	страна	27	137	456	41,0	527
	СПП 6	390	WNW	страна	29	115	383	30,5	380
	СПП 7	420	NW	страна	30	120	399	35,3	402
	СПП 8	350	WNW	страна	27	110	366	32,8	414
	Просечно	380	-	-	-	121	401	34,9	431
В	СПП 9	750	W-SW	страна	13	112	373	42,1	563
	СПП 10	770	S-SW	страна	14	87	290	37,6	500
	СПП 11	770	SW	страна	16	88	293	32,5	410
	СПП 12	760	SW	страна	14	84	280	36,9	502
	Просечно	763	-	-	-	93	309	37,3	494
Г	СПП 13	460	N-NE	страна	20	310	700	30,7	312
	СПП 14	460	N-NE	страна	21	131	508	28	320
	СПП 15	460	N-NE	страна	22	192	503	24,9	262
	Просечно	460	-	-	-	211	570	27,9	298

критеријумима Medarevića (2006), могу се сврстати у приближно једнодобне састојине (мањи део инвентара по старости се разликује за више од граница утврђених једним добним разредом). Састојине еколошке јединице Г налазе се у приватној шуми и по структури димензија стабала представљају разnodобне, мешовите, добро очуване и виталне састојине.

Бројност дрвенастих врста у састојинама утврђен је преко укупног броја дрвенастих врста (S), индекса бројности R_1 (Margalef, 1958) и R_2 (Menhinick, 1964), преко очекиваног броја врста ($E(S_n)$) у стандардизованом узорку са једнаким бројем индивидуа (стабала) и очекиваног броја врста у узорку стандардизоване (једнаке) површине. Индекси бројности врста утврђени су на следећи начин:

$$R_1 = \frac{S-1}{\ln n} \text{ и } R_2 = \frac{S}{\sqrt{n}}, \dots \dots \dots (1)$$

где су: S - укупан број врста у узорку и n - укупан број свих индивидуа (стабала) у узорку.

За утврђивање очекиваног броја врста дрвећа у стандардизованим узорцима примењен је тзв. „rarefraction” статистички метод или метод неједнаких делова хабитата (Hurlbert, 1971, Simberloff, 1972, James, Rathbun, 1981, Koellner *et al.*, 2004). Очекивани број врста у узорку n индивидуа $E(S_n)$ из популације са укупним бројем од N јединки, које припадају укупном броју врста S прорачунат је на следећи начин:

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^{s_n} \left\{ \left[\binom{N-n_i}{n} / \binom{N}{n} \right] \right\}, \dots \dots \dots (2)$$

при чему је n_i број индивидуа i -те врсте.

3. РЕЗУЛТАТИ

Број врста дрвећа S и величине индекса бројности R_1 и R_2 по огледним површинама и еколошким јединицама приказани су у табели 2 и на графикону 1.

Величине R_1 индекса износе од 0,85 (СПП 9) до 2,11 (СПП 6), а R_2 индекса од 0,47 (СПП 1, СПП 9) до 1,03 (СПП 6). Као што се може видети, највећи износи R_1 и R_2 индекса забележени су на огледној површини СПП 6, која има највећи број дрвенастих врста (11). Међутим, највећи број дрвенастих врста по огледним површинама не мора да претпоставља и највеће величине R_1 и R_2 индекса. Као пример може послужити огледна површина СПП 2, у којој је такође забележено 11 врста дрвећа, али и знатно мања величина R_1 индекса (1,70) и скоро двоструко мања величина R_2 индекса (0,58) у односу на величине ових индекса на огледној површини СПП 6 (са једнаким укупним бројем врста дрвећа).

Најмањи ниво диверзитета дрвенастих врста, утврђен на основу R_2 индекса, забележен је на огледним површинама СПП 1 и СПП 9. Ако би у исту сврху

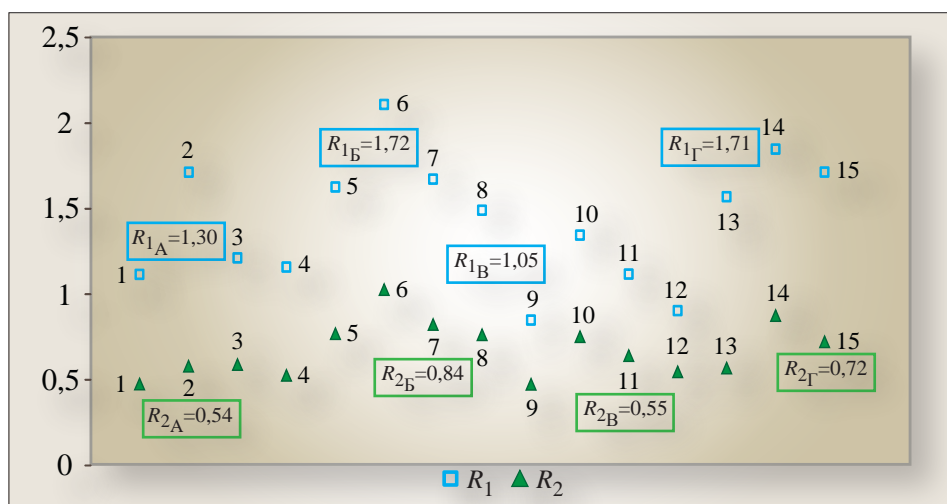
применили R_1 индекс или S индекс, може се закључити да је најмањи диверзитет међу огледним површинама утврђен на огледним површинама СПП 9 и СПП 12 (на основу R_1 индекса) или на СПП 9, СПП 11 и СПП 12 (на основу S индекса).

Просечне величине R_1 и R_2 индекса по еколошким јединицама (графикон 1) упућују на закључак да је највећи ниво диверзитета дрвенастих врста забележен

Табела 2. Укупан број дрвенастих врста (S) и величине Margalef-овог (R_1) и Menhinick-овог (R_2) индекса бројности врста по огледним површинама и еколошким јединицама

Table 2. Total number of woody species (S), Margalef index (R_1) and Menhinick index (R_2) of the species abundance per sample plots and ecological units

	Огледне површине Sample plots														
	Еколошка јединица А Ecological unit A				Еколошка јединица Б Ecological unit B				Еколошка јединица В Ecological unit V				Еколошка јединица Г Ecological unit G		
	СПП 1	СПП 2	СПП 3	СПП 4	СПП 5	СПП 6	СПП 7	СПП 8	СПП 9	СПП 10	СПП 11	СПП 12	СПП 13	СПП 14	СПП 15
S	7	11	7	7	9	11	9	8	5	7	6	5	10	10	10
R_1	1,11	1,70	1,21	1,16	1,63	2,11	1,67	1,49	0,85	1,34	1,12	0,90	1,57	1,85	1,71
R_2	0,47	0,58	0,59	0,52	0,77	1,03	0,82	0,76	0,47	0,75	0,64	0,55	0,57	0,87	0,72



Графикон 1. Индекси бројности врста R_1 (□) и R_2 (▲) по огледним површинама и просечно за еколошке јединице (плави оквир, зелени оквир)

Diagram 1. Indices of the species abundance R_1 (□) and R_2 (▲) per sample plots and the average for ecological units (blue frame, green frame)

БРОЈНОСТ ДРВЕНАСТИХ ВРСТА КАО ЕЛЕМЕНАТ СТРУКТУРЕ И ДИВЕРЗИТЕТА...

у оквиру еколошке јединице Б (просечно $R_{1B}=1,72$ и просечно $R_{2B}=0,84$). Међутим, примена ова два индекса у циљу оцене у којој еколошкој јединици су састојине у просеку са најмањим диверзитетом дрвенастих врста доводи до различитих резултата. На бази индекса R_1 најмањи ниво диверзитета утврђен је у оквиру еколошке јединице В (просечно $R_{1B}=1,05$), а на бази индекса R_2 у оквиру еколошке јединице А (просечно $R_{2A}=0,54$).

У циљу реалне оцене и поређења нивоа диверзитета између огледних површина и еколошких јединица израчунат и очекивани број врста дрвећа - $E(Sn)$ при једнаком броју индивидуа n (Hulbert 1971, James, Rathbun 1981, Koellner *et al.*, 2004, итд.). Очекивани број дрвенастих врста израчунат је у односу на узорак (огледну површину) у којем је n одговарао најмањем броју стабала на свим огледним површинама (84, СПП 12). Добијени резултати представљени су на графикону 2 и у табели 3.

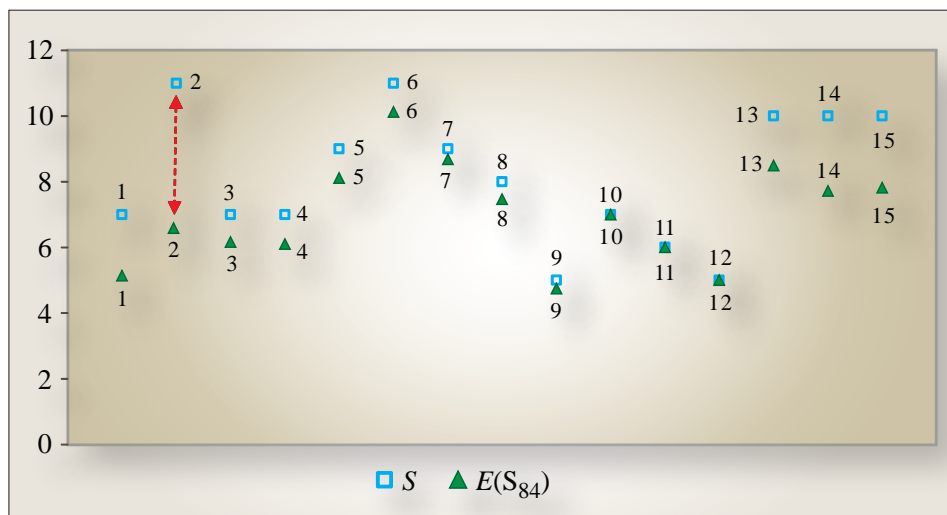
Табела 3. Емпиријски (S) и очекивани број дрвенастих врста ($E(S_{84})$) по огледним површинама и еколошким јединицама (стандардизован узорак са $n=84$)

Table 3. Empirical (S) and expected numbers of woody species ($E(S_{84})$) per sample plots and ecological units (standardised sample with $n=84$)

	Огледне површине Sample plots														
	Еколошка јединица А Ecological unit A				Еколошка јединица Б Ecological unit B				Еколошка јединица В Ecological unit V				Еколошка јединица Г Ecological unit G		
	СПП 1	СПП 2	СПП 3	СПП 4	СПП 5	СПП 6	СПП 7	СПП 8	СПП 9	СПП 10	СПП 11	СПП 12	СПП 13	СПП 14	СПП 15
S	7	11	7	7	9	11	9	8	5	7	6	5	10	10	10
$E(S_{84})$	5,14	6,59	6,16	6,10	8,11	10,12	8,68	7,47	4,74	7,00	6,00	5,00	8,49	7,72	7,82

Диверзитет дрвенастих врста, окарактерисан очекиваним бројем дрвенастих врста при стандардизованом узорку са једнаким бројем стабала (84 стабла), најизраженији је на огледним површинама еколошке јединице Б (просечно $E(S_{84})=8,6$ врста дрвећа), а најмањи на огледним површинама еколошке јединице В (просечно $E(S_{84})=5,8$ врста). По огледним површинама, највећи очекивани број врста при оваквом узорку констатован је на огледној површини СПП 6 ($E(S_{84})=10,12$), а најмањи на огледној површини СПП 9 ($E(S_{84})=4,74$).

У циљу даље оцене степана изражености диверзитета дрвенастих врста, израчунат је и очекивани број дрвенастих врста на огледним површинама стандардизоване (једнаке) површине, по методологији James-а и Rathbun-а (1981). Наиме, извршено је свођење емпиријског броја стабала по огледним површинама на хипотетички број стабала, који би био утврђен на огледним површинама



Графикон 2. Емпиријски (S) и очекивани број дрвенастих врста ($E(S_{84})$) при стандардизованом узорку са једнаким бројем стабала ($n=84$) по огледним површинама и еколошким јединицама

Diagram 2. Empirical (S) and expected numbers of woody species ($E(S_{84})$) in standardised sample with equal number of trees ($n=84$) per sample plots and ecological units

Табела 4. Емпиријски (S) и очекивани број дрвенастих врста ($E(S_{0,25ha})$) по огледним површинама и еколошким јединицама (стандардизован узорак величине $0,25 ha$)

Table 4. Empirical (S) and expected numbers of woody species ($E(S_{0,25ha})$) per sample plots and ecological units (standardised sample area $0.25 ha$).

	Огледне површине Sample plots														
	Еколошка јединица А Ecological unit A				Еколошка јединица Б Ecological unit B				Еколошка јединица В Ecological unit V				Еколош. јед. Г Ecological unit G		
	СПП 1	СПП 2	СПП 3	СПП 4	СПП 5	СПП 6	СПП 7	СПП 8	СПП 9	СПП 10	СПП 11	СПП 12	СПП 13	СПП 14	СПП 15
S	7	11	7	7	9	11	9	8	5	7	6	5	10	10	10
$E(S_{0,25ha})$	6,20	8,98	6,40	7	8,67	10,51	8,84	7,67	4,84	6,63	5,84	4,82	9,51	9,72	8,97

када би њихова величина износила $0,25 ha^*$. Затим је за тај број стабала дефинисан очекивани број дрвенастих врста (табела 4).

На нивоу хипотетичке величине огледних површина од $0,25 ha$, највећи очекивани број врста дрвећа забележен је, такође, на огледној површини СПП 6

* Свођење величина свих огледних површина на заједничку хипотетичку величину од $0,25 ha$ извршено је из разлога што та величина одговара стварној величини најмање огледне површине у оквиру ових истраживања (СПП 4).

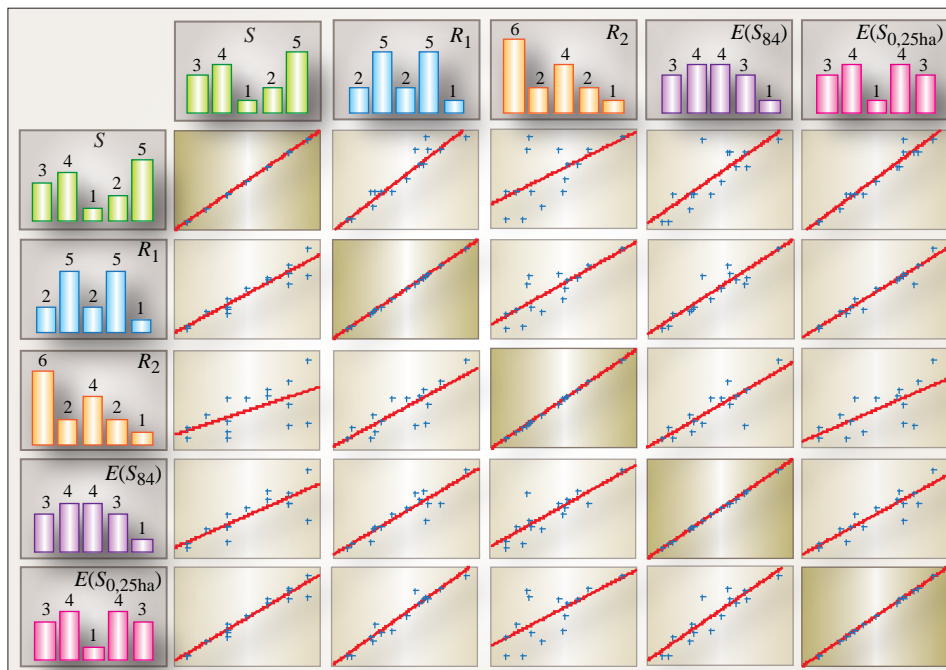
($E(S_{0,25ha})=10,51$), али је најмањи очекивани број врста утврђен на огледној површини СПП 12 ($E(S_{0,25ha})=4,82$). На нивоу еколошких јединица, највећи очекивани број врста утврђен је у оквиру огледних површина еколошке јединице Г (просечни $E(S_{0,25ha})=9,4$), а најмањи број очекиваних врста у оквиру еколошке јединице В (просечни $E(S_{0,25ha})=5,53$).

4. ДИСКУСИЈА

У раним фазама проучавања и нумеричког дефинисања диверзитета поједини истраживачи су изједначавали појмове бројност врста (енг. species richness) и диверзитет врста (енг. species diversity), или су у најмању руку сматрали број врста (S) као један од начина за мерење диверзитета (Hulbert, 1971). Међутим, број врста у великој мери зависи од величине узорка, те је у већим узорцима и већа вероватноћа да је бројност врста већа, с обзиром да је у таквим узорцима могуће обухватити и поједине ретке врсте. Стога су развијени индекси бројности врста (енг. species richness indices), за чије дефинисање је поред укупног броја врста у заједници (S) неопходно познавање и укупног броја свих јединки у заједници (n). У литератури веома познати индекси бројности су R_1 (Margalef, 1958) и R_2 (Menhinick, 1964). Резултати овде проведених истраживања показали су да оцена нивоа диверзитета дрвенастих врста и рангирање огледних површина и еколошких јединица по изражености овог диверзитета зависе од тога да ли је примењен S , R_1 или R_2 индекс, што може довести до извесних недоумица у њиховом тумачењу и апликацији. На пример, на основу примене укупног емпиријског броја врста дрвећа (S) највећи ниво диверзитета дрвенастих врста присутан је у састојинама еколошке јединице Г. Са друге стране, на основу величина индекса бројности R_1 и R_2 највећи ниво диверзитета дрвенастих врста забележен је у еколошкој јединици Б.

Стога, пре доношења генералних закључака о изражености диверзитета на основу ових мера, неопходно је „...да је важно да се схвати да коришћење R_2 индекса претпоставља да постоји функционалан однос између S и n у некој популацији, који је представљен односом $S=k\sqrt{n}$, где је k константно. Овакав однос мора бити одржан или ће R_2 варирати у узорцима са различитим n и стога популације не могу бити међусобно упоредиве” (Ludwig, Reynolds, 1988). Према Peet-у (1974), ако је ова претпоставка неодржива и неизвесна, величина ових индекса варираће са променом величине узорка на неки непознати начин.

Из напред наведених разлога, у случајевима различите величине узорка или различитог укупног број индивида у узорцима, за добијање основних информација о бројности неких популација и њихово међусобно компарирање неопходно је утврдити очекивани број врста у узорцима једнаког броја индивида, односно једнаке површине. Очекивани број врста представља суму вероватноћа да ће свака од присутних врста бити забележена у неком случајном узорку одговарајуће површине или броја индивида.



Графикон 3. Матрица дијаграма растурања података - мере бројности врста
Diagram 3. Matrix of the scatter diagram - measures of the species abundance

Добијени резултати показују да не могу бити изведени исти закључци о нивоу диверзитета дрвенастих врста и рангирању еколошких јединица по изражености овог диверзитета ако се користи очекивани број врста при стандардизованом узорку са једнаким бројем стабала ($E(S_{84})$), с једне стране и индекси бројности S , R_1 и R_2 , са друге стране. Такође, не постоји јасно изражен утицај S индекса на величину $E(S_{84})$.

Апсолутне разлике између емпиријског (S) и очекиваног броја врста дрвећа при дефинисаном стандардизованом узорку са једнаким бројем стабала ($E(S_{84})$) по огледним површинама прилично су неравномерно изражене (графикон 2). Тако су поменуте разлике у оквиру еколошке јединице В (СПП 9-СПП 12) практично занемарљиве, док су у појединим састојинама еколошких јединица А и Г прилично изражене. С обзиром да величине огледних површина у еколошким јединицама А и Г значајно варирају, може се претпоставити да се уочене израженије разлике у емпиријском и очекиваном броју врста по огледним површинама могу објаснити разликама у величинама огледних површина. Као пример, који може поткрепити претходну констатацију, може послужити прилично изражено варирање стварног и очекиваног броја врста на огледној површини СПП 2*. Ова огледна површина је

* Разлике између емпиријског и очекиваног броја врста на СПП 2 сликовито су представљене у виду испрекидане стрелице на графикону 2.

највеће величине и са највећим бројем стабала (362 стабла), који је далеко већи од стандардизованог броја стабала (84 стабла).

Услед различитих величина огледних површина и јаке зависности броја врста дрвећа од величине узорка (огледне површине) утврђен је очекивани број дрвенастих врста на огледним површинама стандардизоване (једнаке) површине - $E(S_{0,25ha})$. Добијени резултати показују, као и у случају примене $E(S_{84})$, да не могу бити донесени исти закључци о нивоу диверзитета дрвенастих врста и рангирању еколошких јединица по изражености овог диверзитета ако се користи $E(S_{0,25ha})$, са једне стране и S , R_1 и R_2 , са друге стране. Међутим, констатован је јасан утицај S индекса на величину $E(S_{0,25ha})$, јер су најмање и највеће величине $E(S_{0,25ha})$ утврђене у еколошким јединицама у којима је утврђен најмањи и највећи емпиријски број дрвенастих врста. Такође, резултати ових истраживања указали су на постојање извесних разлика у оцени нивоу диверзитета дрвенастих врста по огледним површинама и еколошким јединицама, ако се уместо огледних површина са једнаким (стандардизованим) бројем стабала користе огледне површине стандардизоване (једнаке) површине. Наиме, највећи ниво диверзитета дрвенастих врста утврђен је у еколошкој јединици Г (на бази узорка стандардизоване површине) и у еколошкој јединици Б (на бази узорка са стандардизованим бројем стабала). Са друге стране, састојине еколошке јединице В карактеришу се најмањим нивоом диверзитета дрвенастих врста без обзира који од поменутих два индекса је коришћен за евалуацију изражености ове врсте диверзитета међу еколошким јединицама.

У циљу што јасније представе о односима између S , R_1 , R_2 , $E(S_{84})$ и $E(S_{0,25ha})$ везе између величина ових мера бројности представљене су у виду матрице дијаграма растурања података (графикон 3). На овом графикону су представљене и дистрибуције величина индекса по одређеним класама. Као што се може уочити са овог графикона, најјача веза постоји између S индекса и R_1 индекса, затим између S индекса и $E(S_{0,25ha})$ и између R_1 и $E(S_{0,25ha})$ индекса. Најслабија веза утврђена је између S индекса и индекса бројности R_2 .

Табела 5. Корелациона матрица - индекси бројности врста дрвећа ($\alpha=0,05$)

Table 5. Correlation matrix - indices of abundance of tree species ($\alpha=0.05$)

	S	R_1	R_2	$E(S_{84})$	$E(S_{0,25ha})$
S	1				
R_1	0,949	1			
R_2	0,596	0,818	1		
$E(S_{84})$	0,814	0,913	0,843	1	
$E(S_{0,25ha})$	0,972	0,971	0,697	0,901	1

* Осенчена поља у табели означавају да је корелација сигнификантна на прагу значајности $\alpha=0,05$

Претходне констатације потврђене су и резултатима проведене корелационе анализе, представљених у виду корелационе матрице (табела 5).

Највеће величине корелационих коефицијената утврђене су приликом оцене степена међузависности између S индекса и R_1 индекса, затим између S индекса и $E(S_{0,25ha})$ и између R_1 и $E(S_{0,25ha})$ индекса ($0,949 < r < 0,972$). Најмањи степен слагања утврђен је, како је то већ раније назначено, између S индекса и индекса бројности R_2 ($r=0,596$). Такође, подаци из табеле 5 показују да су све корелације између наведених мера диверзитета дрвенастих врста сигнификантне на нивоу значајности 0,05.

5. ЗАКЉУЧЦИ

Квантификација и оцена изражености различитих видова специјске разноврсности у шумским састојинама предмет су великог броја досадашњих истраживања. У нашој шумарској науци и оперативи бројност дрвенастих врста у шумским састојинама оцењивана је најчешће преко укупног броја врста дрвећа (S индекс). При томе се мора указати на то да је, услед велике зависности броја врста дрвећа од величине и врсте узорка, овакав начин оцене специјског диверзитета превише уопштен и методолошки делимично неадекватан. Стога је бројност дрвенастих врста у истраживаним састојинама букве са племенитим лишћарима на подручју НП „Ђердап”, као важан елемент структуре и диверзитета шумских састојина, анализирана помоћу 5 различитих мера бројности дрвенастих врста - S индекса (укупан број врста), R_1 и R_2 индекса бројности врста, очекиваног броја врста дрвећа при дефинисаном стандардизованом узорку са једнаким бројем стабала ($E(S_{84})$) и очекиваног броја врста дрвећа при стандардизованом узорку једнаке површине $E(S_{0,25ha})$.

На основу спроведених анализа и добијених резултата може се закључити следеће:

- оцена степена изражености диверзитета дрвенастих врста у шумским састојинама на бази бројности врста дрвећа зависи од врсте и величине узорка, као и примењене мере којом се карактерише ниво диверзитета;
- од свих овде примењених мера бројности дрвенастих врста најмање прикладан за оцену диверзитета дрвенастих врста јесте S индекс;
- примена R_1 и R_2 индекса бројности врста, као алтернативе S индексу, довела је до делимично различитих закључака о изражености диверзитета дрвенастих врста у односу на примену S индекса;
- не могу бити изведени исти закључци о нивоу диверзитета дрвенастих врста и рангирању еколошких јединица по изражености овог диверзитета ако се користе $E(S_{84})$ или $E(S_{0,25ha})$, с једне стране и индекси бројности S , R_1 и R_2 , са друге стране;
- у погледу рангирања еколошких јединица по највећем очекиваном броју врста постоје разлике у зависности да ли се у поменуто сврху користи $E(S_{84})$ или $E(S_{0,25ha})$. Разлике у рангирању еколошких јединица у погледу најмањег броја очекиваних врста на бази ове две мере нису констатоване;

– у случајевима различите површине огледних поља или различитог укупног броја стабала на огледним површинама најтачније закључивање о бројности и разноврсности дрвенастих врста у шумским састојинама постиже се применом мера $E(S_{84})$ и $E(S_{0,25ha})$. Стога највећа бројност и разноврсност дрвенастих врста утврђена је у састојинама еколошке јединице Б (просечно $E(S_{84})=8,6$ врста) и у састојинама еколошке јединице Г (просечно $E(S_{0,25ha})=9,4$ врста). Најмања бројност и разноврсност дрвенастих врста забележена је у састојинама еколошке јединице В (просечно $E(S_{84})=5,8$ врста, просечно $E(S_{0,25ha})=5,5$ врста).

С обзиром да је евалуација бројности и разноврсности дрвенастих врста у шумским састојинама условљена начином квантификације, неопходно је применити правилан методолошки приступ у циљу реалне оцене ове врсте диверзитета. Мониторинг бројности и разноврсности дрвенастих врста, базиран на таквом прилазу, повећава објективност у сагледавању могућег умањења или повећања специјске разноврсности у времену и простору у шумским састојинама и омогућава јасну компарацију изражености овог елемента диверзитета међу различитим шумским заједницама, али и између шумских и осталих екосистема. Из тих разлога реална оцена бројности дрвенастих врста од великог је значаја за газдовање привредним шумама на принципима одрживог развоја, а нарочито за шуме посебне намене, као што су шуме у оквиру Националних паркова.

Напомена: Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“ (43007) који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период 2011-2014. године.

ЛИТЕРАТУРА

- Connell J.H. (1978). *Diversity in tropical rain forests and coral reefs*, Science 4335, Vol. 199, American Association for the Advancement of Science, Washington (1302-1303)
- Drachenfels O., Mey H., Miotk P. (1984): *Naturschutzatlas Niedersachsen*, Nds. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaften und Forsten, Hannover
- Fisher R. A., Corbert 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*, Journal of Animal Ecology 1, Vol. 12, Blackwell Publishing Ltd, Oxford (42-58)
- Hurlbert S. H. (1971): *The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters*, Ecology 4, Vol. 52, Ecological Society of America, Washington (577-586)
- James C. F., Rathbun S. (1981): *Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities*, The Auk 4, Vol. 98, American Ornithologists' Union, Washington (785-800)
- Kint V., Van Meirvenne M., Nachtergale L., Geudens G., Lust N. (2003): *Spatial methods for quantifying forest stand structure development: a comparison between nearest-neighbor indices and variogram analysis*, Forest Science 1, Vol. 49, Society of American Foresters, Bethesda (36-49)

- Koellner T., Hersperger A. M., Wohlgemuth T. (2004): *Rarefaction method for assessing plant species diversity on a regional scale*, *Ecography* 4, Vol. 27, Blackwell Munksgaard, Copenhagen (532-544)
- Ludwig J. A., Reynolds J. F. (1988): *Statistical Ecology*, San Diego State University, John Wiley, New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore
- Margalef R. (1958): *Information theory in ecology*, *General Systematics* 3 (36-71)
- May R. M. (1988). *How many species on earth?*, *Science* 4872, Vol. 241, American Association for the Advancement of Science, Washington (1441-1449)
- Medarević M. (2001): *Šume Đerdapa*, Nacionalni park „Đerdap“, Donji Milanovac, Beograd
- Medarević M. (2006): *Planiranje gazdovanja šumama*, Šumarski fakultet, Beograd
- Menhinick E. F. (1964): *A comparison of some species - individuals diversity indices applied to samples of field insects*, *Ecology* 4, Vol. 45, Ecological Society of America, Washington (859-861)
- Mišić V. (1981): *Šumska vegetacija klisura i kanjona istočne Srbije*, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“, Beograd
- Peet R. K. (1974): *The measurement of species diversity*, *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, Annual Reviews, Palo Alto (285-307)
- Simberloff D. (1972): *Properties of the Rarefaction Diversity Measurement*, *The American Naturalist* 949, Vol. 106, The American Society of Naturalists, Chicago (414-418)
- Stajić B. (2011): *Karakteristike sastojinske strukture i rasta stabala u mešovitim sastojinama bukve i plemenitih lišćara na području Nacionalnog parka „Đerdap“*, doktorska disertacija u rukopisu, Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet, Beograd
- Stevens G. C. (1989). *The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics*. *The American Naturalist* 2, Vol. 133, American Society of Naturalists, Chicago (240-256)
- Svensson J. S., Jeglum J. K. (2001): *Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline*, *Forest Ecology and Management* 1-3, Vol. 151, Elsevier, Amsterdam (67-79)

Branko Stajić
Milivoj Vučković

TREE SPECIES RICHNESS AS THE ELEMENT OF STRUCTURE AND DIVERSITY IN MIXED STANDS OF BEECH AND VALUABLE BROADLEAVES

Summary

The tree species richness, as the element of structure and diversity in mixed stands of beech and valuable broadleaves was researched in the area of the National Park „Đerdap“ on fifteen sample plots (total study area about 5 ha). The sites belong to syntaxonomic units *Corylo colurnae-Fagetum*, sub-associations *aceretosum* and *typicum* (11 stands) and *Fagetum moesiacaе montanum*, sub-association *aceretosum* (4 stands).

In our forest science and forest operations, the tree species richness and diversity in forest stands are most often evaluated based on the total number of tree species (*S* index). As the tree species richness depends to a significant degree on the sample size, this method of species diversity

estimation is too general and methodologically partly inadequate. For this reason, the tree species richness in the study stands, as an important element of forest stand structure and diversity, was determined by five different indices of species richness - S index (total number of species), R_1 and R_2 , indices of the species richness, expected number of tree species in the defined standardised sample with equal numbers of trees ($E(S_{84})$), and expected number of species in the standardised sample with equal areas ($E(S_{0,25ha})$).

The results show that the evaluation of the level of tree species diversity in forest stands based on the applied indices of species richness could depend on the applied measure characterizing the diversity level. Of all the study indices of species richness, S index was the least appropriate for the evaluation of woody species diversity. The use of R_1 and R_2 , as the alternative to S index, resulted in partly different conclusions on the level of woody species diversity and stand and ecological unit ranking based on this element of diversity. The values $E(S_{84})$ and $E(S_{0,25ha})$, calculated by rarefaction function, showed that the same conclusions could not be made on woody species diversity and the ecological unit diversity ranks if we apply $E(S_{84})$ and $E(S_{0,25ha})$, on the one hand, and S , R_1 and R_2 , on the other hand. The effect of S index on $E(S_{84})$ was not fully observed, but the effect of S index on $E(S_{0,25ha})$ was clearly observed. In addition, it was found that the differences in ecological unit ranking by the highest expected number of species varied depending on the application of $E(S_{84})$ or $E(S_{0,25ha})$. The differences in ecological unit ranking regarding the lowest number of expected species based on the above two indices were not recorded. The results of correlation analysis of the degree of interdependence of the applied indices of tree species richness indicated that all correlations between the applied measures of tree species richness were significant at the 0.05 level of significance. The degree of fitting was the highest between S index and R_1 index, followed by index S and $E(S_{0,25ha})$ and index R_1 and $E(S_{0,25ha})$, and it was the lowest between S index and the abundance index R_2 .

As in the cases of different sample plot sizes, or different total numbers of trees on sample plots, the most accurate conclusions on the tree species richness and diversity in forest stands was attained by $E(S_{84})$ and $E(S_{0,25ha})$, it was concluded that the woody species abundance and diversity was the highest in the stands of ecological unit B (average $E(S_{84})=8.6$ species) and in the stands of ecological unit G (average $E(S_{0,25ha})=9.4$ species), and it was the lowest in the stands of ecological unit V (average $E(S_{84})=5.8$ species, average $E(S_{0,25ha})=5.5$ species).

Based on all the study results, it was concluded that, as the evaluation of woody species abundance and diversity in forest stands was conditioned by the quantification method, it is necessary to apply a correct methodological approach aiming at the real assessment of this type of diversity. Monitoring of the tree species richness and diversity based on such an approach increases the objectiveness in the assessment of the potential decrease or increase in species diversity over time and space in forest stands. It enables a clear comparison of this element of diversity between different forest communities, and also between forests and other ecosystems. Consequently, an accurate quantification and evaluation of tree species richness is of high significance for the management of commercial forests by the principles of sustainable development, as well as the forests of special priority functions, such as the forests in National Parks.

