

ОДНОС СПЕЦИЈСКОГ И ЕКОСИСТЕМСКОГ ДИВЕРЗИТЕТА

Дмитар Лакушић

Институт за ботанику и Ботаничка башта Јевремовац
Биолошки факултет, Универзитет у Београду

УВОД

Биодиверзитет (“биолошка разноврсност”), представља изузетно сложenu појаву, која обухвата многе аспекте биолошких варијација. Научна дефиниција под појам биодиверзитета подразумева не само све врсте живих бића, већ и разноврсност њихових генетичких основа, њихове сложене међусобне интеракције, као и интеракције живих бића са абиотичким (неживим) аспектима њиховог окружења (животне средине). У том сислу, појам биодиверзитет подразумева **свеукупност гена, врста и екосистема на Земљи**, односно, укупну различитост и варирање гена и свих врста микроорганизама, гљива, биљака и животиња, као и сву разноликост екосистема у којима су жива бића активни извршиоци еколошких процеса (СТЕВАНОВИЋ, ВАСИЋ, 1995). Другим речима, термином биодиверзитет обухваћени су сви различити екосистеми, врсте, гени и њихова релативна бројност (ОТА 1987), односно, може се рећи да се биодиверзитет реализује кроз три основна, међусобно условљена и биолошки нераскидива нивоа: генетичком, специјском и екосистемском¹. Генетички диверзитет је садржан у индивидуама и популацијама појединачних врста које су део специјског диверзитета и налазе се у различитим еколошким односима (трофичким и

¹ Опширније расправе о појму и значају биодиверзитета налазе се у радовима СТЕВАНОВИЋ, ВАСИЋ 1995, DNM 1992, ОТА 1987, WILSON 1988, CBD 1992, GASTON 1996, HUNTER 2002, BISBY, CODDINGTON 1995, HENGEVELD et al. 1995, TROPE, SMART 1995, LECOINTRE, GUYADER 2001, HAMMOND 1995, MAGURRAN 1998

продукционим односима, циклусима кружења материје, итд.) у разноврсним екосистемима на Земљи, који припадају екосистемском диверзитету.

Сви облици и нивои диверзитета по своме интензитету и квалитету варирају од места до места, и то како на локалном, тако и на регионалном и глобалном нивоу. Генерално говорећи, топли тропски екосистеми су богатији у броју врста од хладних умерених екосистема на већим географским висинама (GASTON, WILLIAMS 1996, RICKLEFS 1995) или хладних планинских екосистема на већим надморским висинама (WALTER 1985, GASTON, WILLIAMS 1996). Слична расподела биодиверзитета је присутна и на вишим таксономским нивоима (родови, фамилије).

Да би се објаснила оваква расподела биодиверзитета у простору, развијен је читав низ различитих хипотеза (BLACKBURN, GASTON 1996). На пример, сматра се да топла, влажна средина, са дугим данима, обезбеђују организмима више енергетских ресурса за раст и размножавање него сиромашна средина са малом количином енергетских ресурса (HUNTER 2002). Када средински услови фаворизују раст и размножавање примарних произвођача, као што је то случај са тропским екосистемима, тада они подржавају велики број врста хербивора, који онда подржавају велики број врста фауне предатора. Насупрот томе, развој примарних произвођача у хладним умереним областима је ограничен због сезонских промена у температури и количини и квалитету сунчевог зрачења. Због тога, ти екосистеми омогућавају опстанак мањем броју врста хербивора и предатора.

Недавно је развијен модел који повезује интензитет температуре са метаболизмом екосистема, који пак утиче на дужину времена генерације и брзину специјације чланова самог екосистема (ALLEN et al. 2002). Мада су овим моделом у одређеној мери објаснили уочене правилности у хоризонталној дистрибуцији специјског диверзитета, сами аутори наглашавају да просторни распоред биодиверзитета још увек није до довољно разјашњен.

Истраживањем законитости промене просторног распореда специјског диверзитета уочене су значајне разлике у правилностима на локалном у односу на регионални ниво. CHASE и LEIBOLD (2002) су показали да на регионалном нивоу повећање продуктивности екосистема доводи до готово линеарног повећања броја врста како произвођача, тако и потрошача. Насупрот томе, на локалном нивоу, са повећањем продуктивности екосистема богатство врста расте до одређене мере, да би након тога почело правилно да опада.

Као што је већ речено, просторна дистрибуција специјског диверзитета се само донекле може корелисати са особинама (појединачних или синергистички повезаних) абиотичних еколошких фактора (температура, влажност, осветљеност), или одређеним функционалним особинама екосистема (нпр. продуктивност) у коме се сам специјски диверзитет анализира. Међутим, како су појаве у природи много комплексније, за објективно сагледавање законитости везаних за феномен диверзитета врста, неопходно је укључивање читавог низа различитих фактора. На основу резултата досадашњих анализа могуће је дефинисати следеће групе фактора који на директан или индиректан начин утичу на специјски диверзитет:

1. географски фактори (величина и облик простора),
2. екосистемски фактори (клима, квалитет и количина воде, земљиште, матична стена, структура биоценоза, итд.),
3. функционални фактори (функције биоценоза: односи исхране, продуктивност, кружење материје, проток и трансформација енергије, хомеостаза, развој и еволуција екосистема),
4. историјски фактори (утицај глобалних климатских и геотектонских промена и др.),
5. антропогени фактор (савремени утицаји човека).

У овом раду је направљена анализа утицаја екосистемских и функционалних фактора на специјски диверзитет. На основу добијених резултата успостављена је елементарна релација између специјског и екосистемског диверзитета на примеру територије Србије.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Класификација екосистема

Дефиниција по којој **екосистемски диверзитет** представља укупан број различитих екосистема на одређеној ограниченој територији, региону или читавој планети Земљи, мање-више је прихваћена од стране највећег броја истраживача².

² Овако схваћен појам екосистемског диверзитета треба јасно разликовати од појма “**диверзитет екосистема**” који се користи у фундаменталној екологији, односно синекологији, а под којим се подразумевају различити аспекти специјског диверзитета (алфа, бета, гама диверзитет, хетерогеност, фреквентност, абундантност врста и др.) који се остварују у конкретном екосистему или групи конкретних екосистема.

Проблеми везани за овај аспект диверзитета се јављају у вези са његовим описивањем и квантификацијом, што директно произилази из веома различитих схватања суштине самог појма **екосистем**, као и различитог сагледавања његових структурних, функционалних, временских и просторних димензија³.

Без амбиције да се упуштамо у расправу о наведеном проблему, за потребе овог рада је прихваћен концепт по коме екосистем представља структурно и функционално високо интегрисан простор у коме жива бића (**биоценоза** = произвођачи + потрошачи + разлагачи) нераскидиво повезана са својим неживим окружењем (**биотоп** = неорганска и органска материја + енергија) чине јединствен систем (**екосистем**) у коме се непрекидно реализује читав сет специфичних функција, које овако интегрисан простор чине јединственим системом који представља посебан хијерархијски ниво организације материје у природи⁴.

Због веома различитих приступа у схватању и дефинисању појма екосистем, данас у свету не постоји опште прихваћен јединствен систем класификације екосистема. Напротив, у оптицају је, нарочито када се ради о активностима у заштити природе веома велики број различитих класификација. Неке од њих полазе са глобалног нивоа и као основне критеријуме за класификацију узимају опште географске, климатске и физиогномско-функционалне карактеристике екосистема (Global Ecosystems Classification, Simple Biosphere Model, IGBP Land Cover, Corine Land Cover, USGS Land Use/Land Cover System и др.). Насупрот њима стоје веома детаљне, хијерархијски разрађене класификације које као један од критеријума за издвајање најнижих јединица класификације узимају карактеристике доминантних врста односно биоценоза (CORINE biotopes - Habitats of the European Community - DEVILLERS, DEVILLERS-TERSCHUREN 1991; A classification of Palaearctic habitats - DEVILLERS, DEVILLERS-TERSCHUREN 1996, 2001; EUNIS Habitat Classification - DAVIES, MOSS 1999, 2000)⁵.

С обзиром да биоценозе представљају најзначајније структурне и функционалне компоненте екосистема, њихова разноврсност несумњиво представља веома добар

³ Опширније расправе о овом проблему види у **MAGURRAN** 1998, **TROPE, SMART** 1995.

⁴ Веома је значајно нагласити да савремени трендови у заштити природе користе појам **станиште** (енгл. **habitat**) који дефинишу као “заједницу биљака и животиња (и других чланова биоценозе) у одређеној средини, која заједно са абиотичким факторима (земљиште, клима, количина и квалитет воде и др.) представља јединствену функционалну целину” (**DAVIES, MOSS** 2002). По својој суштини овако дефинисан појам станишта има истоветан смисао као и појам екосистем.

⁵ Опширнији преглед види у **ЛАКУШИЋ et al.** 2005.

индикатор општег диверзитета екосистема. У највећем броју копнених екосистема фитоценозе представљају доминантну структурну и функционалну компоненту, тако да нам подаци о разноврсности фитоценоза (=диверзитету вегетације) одређеног подручја, у већини случајева, посредно говоре и о екосистемском диверзитету. Под појмом диверзитет вегетације подразумева се, у ширем смислу, разноврсност целокупног биљног покривача неког подручја, укључујући антропогене и антропоусловљене и одржаване биљне заједнице, док се разноврсност вегетације, у ужем смислу, односи на изворну, аутохтону климазоналну, климарегионалну, ороклимаксну и педоклимаксну вегетацију. Показатељ диверзитета вегетације не представља само број, већ и различитост биљних заједница, односно њихова припадност различитим вишим синтаксономским категоријама⁶.

Обиље фитоценолошких података, који су сакупљани током интензивног развоја фитоценолошке науке током прошлог века, у овом тренутку представља изузетно вредан извор информација за описивање, квантификацију и анализу екосистемског диверзитета на локалном и регионалном нивоу. У том смислу за потребе овог рада као оквир за анализу односа специјског и екосистемског диверзитета су узети подаци о диверзитету вегетације Србије.

Анализирани параметри

Квантификација и анализа екосистемског диверзитета је урађена преко следећих показатеља:

- **богатство екосистема** (изражено преко укупног броја различитих вегетацијских јединица на различитим синтаксономским нивоима – свеза, ред, класа)
- **алфа диверзитет – реални** (представља укупан број врста које улазе у изградњу појединачних фитоценоза на различитим синтаксономским нивоима – свеза, ред, класа). Због природе података алфа диверзитет је установљен само за биљке.
- **алфа диверзитет – релативни** (представља релативни број врста биљака изражен у односу на величину површине коју захвата појединачних тип вегетације). Овај параметар је израчунат према формули LogS/LogA , где **S** представља број врста, а **A** површину територије коју захвата одређени тип вегетације.

⁶ Види опширније у СТЕВАНОВИЋ *et al.* 1995.

- **гама диверзитет** - (представља кумулативни број врста у већем броју различитих екосистемима). За потребе утврђивања односа екосистемског и специјског диверзитета израчунат је гама диверзитет за условну хипотетичку еколошко-сингенетску серију, која креће од најтермофилнијих климатогених шумских екосистема, иде до најфригорифилнијих ороклимаксних екосистема, да би наставила преко секундарних травних и терцијарних рудералних и сегеталних екосистемима, да би завршила са прваим воденим заједницама.

Обим и методологија прикупљања података

За потребе утврђивања односа специјског и екосистемског диверзитета као просторни оквир анализе је узета територија Србије чији су екосистеми издиференцирани на 10 климатоналних и 3 педоклимаксна типа копнених екосистема, као и на изузетно велики број секундарних и терцијарних копнених, и сразмерно велики број различитих слатководних екосистема.

Подаци о диверзитету вегетације, као и подаци о алфа диверзитету различитих синтаксона, сакупљени су детаљном обрадом фитоценолошке литературе која броји респектабилних 1.811 библиографских референци (ЈАКУШИЋ, ВАСИЋ 2005), у којима је поред основних информација о вегетацији публиковано 1.577 фитоценолошких табела са 16.212 фитоценолошких снимака (ЈАКУШИЋ et al. 2005). На основу података из литературе направљен је нови прегледа фитоценоза Србије, на нивоу асоцијација и нижих синтаксономских јединица, које су на основу синтаксономске класификације по ZUPANČIĆ et al. (1986) сврстане у више јединице - свезе, редове и класе. Формирана је база података са основним номенклатурним, географским, еколошким, флористичким и библиографским подацима о фитоценозама Србије (ЈАКУШИЋ et al. 2005). Флористички подаци о фитоценозама су детаљно обрађени у смислу уједначавања номенклатуре, сређивања синонимије и елиминације погрешних, сумњивих и високо непозданих података. Након ове обраде у посебан модул базе су унете комплетне листе врста по фитоценозама, која тренутно броји 2.855 врста и подврста васкуларних биљака (што чини око 80 % од укупне васкуларне флоре Србије), које су у следећим релацијама везане за биљне заједнице на различитим синтаксономским нивоима: 79.142 записа врста/асоцијација, 24.250 записа врста/свеза, 17.208 записа врста/ред и 12.149 записа

врста/класа. На основу ових информација израчунати су алфа диверзитети за све вегетацијске јединице на нивоу свезе, реда и класе⁷.

Подаци о површини територије коју захватају различити синтаксони на нивоу реда и класе за климатоналне и педоклимаксне типове вегетације, преузети су из Карте потенцијалне вегетације Европе 1:2.500.000 (Вонн et al. 2004). Ови подаци су искориштени за израчунавање релативног алфа диверзитет и анализу утицаја географских (величина територије) фактора на диверзитет врста.

Анализа података

Утицај различитих фактора на алфа диверзитет екосистема је установљен корелационом анализом, док је статистичка значајност уочених релација установљене регресионом анализом. Све статистичке анализе су урађене у софтверском пакету STATISTICA for Windows 4.5.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Богатство вегетације (екосистема) Србије

Вегетација Србије (како потенцијална, тако и реална) карактерише се високо израженим диверзитетом. Досадашњим номенклатурним истраживањима, која су урађена на основу обраде 1.811 библиографских референци, утврђено је да у фитоценолошкој литератури која се односи на вегетацију Србије постоји 2.370 имена биљних асоцијација, и то 1.399 имена на нивоу асоцијације и 971 име на нивоу субасоцијација и фацијеса. Овако велики број описаних и именованих синтаксона, на првом месту је последица изузетно велике разноврсности станишта, односно сложености орографских, геолошких, климатских и историјских прилика на простору Србије.

⁷Обрада обимне фитоценолошке литературе реализована је као једна фаза пројекта **Хармонизација националне номенклатуре у класификацији станишта са стандардима међународне заједнице**, кога је за потребе Министарства за науку и заштиту животне средине Републике Србије реализовао Биолошки факултет у Београду у периоду 2003-2005. Део посла на номенклатурном сређивању базе података у оквиру овог Пројекта су реализовали Марјан Никетић (Природњачки музеј Београд) и Гордана Томовић (Биолошки факултет Београд).

Међутим, разлоге овако великом броју описаних и именованих синтаксона треба тражити и у чињеници да током више од 50 година интензивних фитоценолошких истраживања вегетације у Србији, методологија и критеријуми нису били увек уједначени, а веома често ни усклађени са Међународним критеријумима фитоценолошке номенклатуре. Према нашим тренутним проценама број „добрих асоцијација” у вегетацији Србије би се могао кретати између 700 и 800, док се број „добрих субасоцијација” процењује на око 500.

Све описане и именоване заједнице су сврстане у 26 подсвеза, 242 свезе, 114 редова и 59 вегетацијских класа (Табела. 1), што несумњиво указује да овај простор чини један од најзначајнијих центара вегетацијског, па самим тим и екосистемског диверзитета Европе. Односи вегетацијског диверзитета Србије и Европе приказани су у табели 2.

Табела 1. – Диверзитет вегетације Србије – Број фитоценолошких јединица

	Вегетација са доминацијом васкуларних биљака	Вегетација са доминацијом лишајева	Вегетација са доминацијом маховина	Укупно
Класа	41	7	11	59
Ред	81	11	22	114
Свеза	177	19	46	242
Подсвеза	26	0	0	26
Регистровани број имена асоцијација	1198	52	149	1399
Регистровани број имена синтаксона нижих од нивоа асоцијације	971	0	0	971
Процењени број “добрих” асоцијација	700-800	50	150	≈ 1000
Процењени број “добрих” синтаксона нижих од нивоа асоцијације	400-500			≈ 500

Табела 2. – Однос диверзитета вегетације Србије и вегетације Европе

	Број фитоценолошких јединица у Европи*	Број фитоценолошких јединица у Србији**	Процент фитоценолошких јединица вегетације Србије у односу на вегетацију Европу
Формације	15	12	80.00 %
Класе	80	41	51.25 %
Редови	233	89	38.20 %
Свезе	928	177	19.07 %

*Број вегетацијских јединица у Европи укључујући Азијски део Русије и Макаронезију (према RODWELL et al. 2002)

**Број вегетацијских јединица у Србији без вегетације маховина и лишајева

Алфа диверзитет основних типова екосистема Србије

За утврђивање разноврсности вегетације неопходно је узети у обзир не само број различитих биљних заједница или виших синтаксономских јединица, већ и њихов флористичко-ценотички састав представљен богатством ценобионата и њиховим квалитативним и квантитативним односима у заједници.

Приближно 4.000 таксона у рангу врста и подврста наше флоре (маховине и васкуларне биљке) које се одликују различитом екологијом, распрострањењем и пореклом, чланови су бројних и еколошки различитих биљних заједница, односно екосистема. Око 3.600 врста васкуларне флоре и око 400 врста маховина, у различитим комбинацијама, у складу са својим адаптивним могућностима, образују различите типове вегетације, који се међусобно разликују флористичким (квалитативним) саставом, бројношћу и квантитативним учешћем ценобионата, од места до места, од заједнице до заједнице.

Дистрибуција броја врста (**алфа диверзитет**) у различитим типовима вегетације на подручју Србије приказана је у табели 3. Из табеле се јасно уочава да листопадне шуме класе *Querc-Fagetea* са 1.498 забележених врста и секундарне ксеро- и ксеро-мезофилне травне заједнице класе *Festuco-Brometea* са 1.194 врсте, имају највећи алфа диверзитет. У процентуалним односима диверзитет листопадних шума класе *Querc-Fagetea* обухвата 52.49 % укупног диверзитета свих анализираних типова екосистема, док секундарне ксеро- и ксеро-мезофилне травне заједнице класе *Festuco-Brometea* обухватају 41.84 % укупног диверзитета. Поред ова два типа екосистема, високим алфа диверзитетом истичу се још и четинарске шуме класа *Vaccinio-Piceetea* (703 врсте, 24.63 %) и *Erico-Pinetea* (683 врсте, 23.93 %), као и мезофилне и хигро-мезофилне ливаде класе *Molinio-Arrhenatheretea* (895 врста, 31.36 %), ксерофилне пешчане и камените „пустиње” класе *Festucetea vaginatae* (681 врста, 23.86 %) и високпланинске карбонатне рудине класе *Festuco-Seslerietea* (673 врста, 23.58 %). Можда неочекивано висок број врста, забележен је и у вегетацији пукотина стена класе *Asplenietea trichomanis* (568 врста, 19.90 %), као и на напуштеним, нитрификованим рудералним стаништима укљученим у класу *Artemisietea vulgaris* (524 врсте, 18.36 %).

Најмањи број врста, као што је било и очекивано забележен је у воденој средини, и то у заједницама флотантне и субмерзне вегетације (*Lemnetea*, *Charetea*, *Ruppiaetea maritimae*) у којима је забележено између 19 и 37 врста, што представља 0.67% до 1.3 % од укупно забележеног броја врста у свим заједницама Србије.

Табела 3. - Број врста (алфа диверзитет) у различитим типовима вегетације на подручју Србије

Вегетацијска класа	Број врста	% врста
<i>Quercu-Fagetea</i> Br.-Bl. et Viliager 1937	1498	52.49
<i>Festuco-Brometea</i> Br.-Bl. et R. Tx. 1943	1194	41.84
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i> R. Tx. 1937	895	31.36
<i>Vaccinio-Piceetea</i> Br.-Bl. 1939 emend. Zupančić 1976	703	24.63
<i>Erico-Pinetea</i> Ht. 1959	683	23.93
<i>Festucetea vaginatae</i> Soó 1968 emend. Vicherek 1972*	681	23.86
<i>Festuco-Seslerietea</i> Barbero et Bonim 1969	673	23.58
<i>Asplenietea trichomanis</i> Br.-Bl. 1934 corr. Oberd. 1977	568	19.90
<i>Artemisietea vulgaris</i> Lohm., Prsg. et R. Tx. 1950	524	18.36
<i>Juncetea trifidi</i> Hadač 1944	441	15.45
<i>Betulo-Adenostyletea</i> Br.-Bl. et R. Tx. 1943	357	12.51
<i>Nardo-Callunetea</i> Preising 1949	333	11.67
<i>Bidentetea tripartitii</i> Tx., Lohm. et Prsg. 1950	327	11.46
<i>Chenopodietea</i> Br.-Bl. 1951 em. Lohm. J. et R. Tx. 1961	301	10.55
<i>Stellarietea mediae</i> Tx., Lohm. et Prsg. 1950	292	10.23
<i>Epilobietea angustifolii</i> R. Tx. Et Preising 1950	291	10.20
<i>Phragmitetea communis</i> R. Tx. et Preising 1942	290	10.16
<i>Festuco-Puccinellietea</i> Soó 1968	246	8.62
<i>Plantaginetea majoris</i> Tx. et Prsg. 1950	242	8.48
<i>Scheuchzerio-Caricetea fuscae</i> (Nordhagen 1936) R. Tx. 1937	238	8.34
<i>Alnetea glutinosae</i> Br.-Bl. et R. Tx. 1943	220	7.71
<i>Drypetea spinosae</i> Quezel 1967	211	7.39
<i>Isoeto-Nanojuncetea</i> Br.-Bl. Et Tx. 1943	148	5.19
<i>Agropyretea repentis</i> Oberd., Th. Muller et Gors 1967	148	5.19
<i>Thero-Brachypodietea</i> Br.-Bl. 1947	112	3.92
<i>Paliuretea</i> Trinajstić 1978	85	2.98
<i>Thero-Salicornietea</i> Pignatti 1953 emend. R. Tx. 1955	77	2.70
<i>Thlaspietea rotundifolii</i> Br.-Bl. et al. 1947	72	2.52
<i>Potametea</i> R. Tx. et Preising 1942	66	2.31
<i>Salicetea purpureae</i> Moor 1958	52	1.82
<i>Salicetea herbaceae</i> Br.-Bl. et al. 1947	46	1.61
<i>Montio-Cardaminetea</i> Br.-Bl. Et Tx. 1943	40	1.40
<i>Charetea</i> Fukarek 1961 ex Krauch 1964	37	1.30
<i>Lemnetea</i> W. Koch et R. Tx. 1954	36	1.26
<i>Ruppietea maritimae</i> J. Tüxen 1960	19	0.67
UKUPNO	2854	100.00

* Поред типичне пешчарске вегетације у класу *Festucetea vaginatae* Soó 1968 emend. Vicherek 1972 је у овој анализи укључена и вегетација серпентинских каменењара редова *Halacsyetalia sendtneri* H. Ritter-Studnička 1970 и *Astragalo-Potentilletalia* K. Micevski 1970.

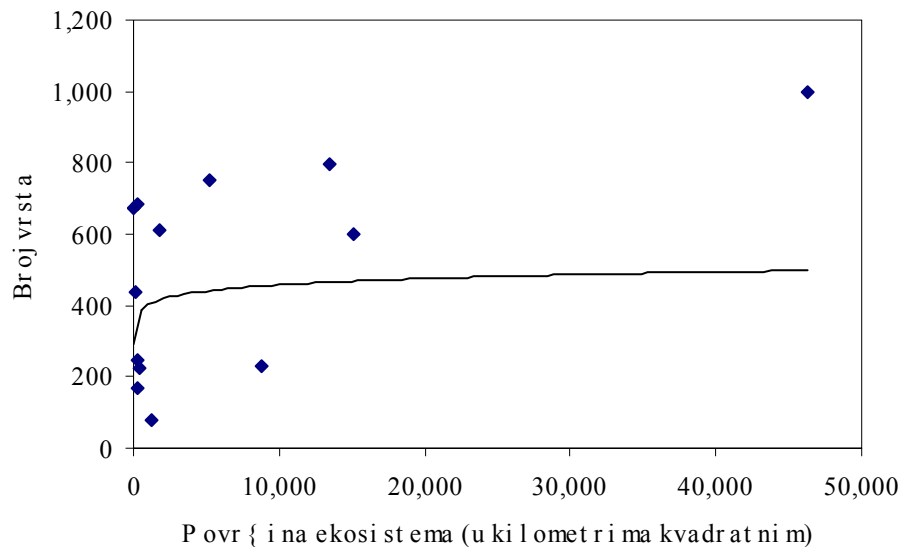
Један од првих фактора чији је утицај на диверзитет врста давно установљен и математички добро дефинисан, јесте површина територије. Познато је да број врста расте са повећањем површине територије, те да је функција која описује овај однос $S = cA^z$, где S означава број врста, A површину територије, c константу зависну од групе која се анализира, а z је најчеће $\frac{1}{4}$ (MACARTHUR, WILSON 1967, HENGVELD et al. 1995).

То би значило да са повећањем површине за 16 пута долази до удвостручавања броја врста. Такође је познато да индекс z није увек $\frac{1}{4}$, већ да варира између 0.15 и 0.8. Битно је истаћи да су овај математички модел MACARTHUR и WILSON (1967) проверавали на острвским фаунама, те да је показано да он добро описује промене броја врста са повећањем површине територије само у еколошки релативно хомогеној средини.

Наша анализа односа површине територије и диверзитета екосистема је у основи потврдила ову законитост, односно показала је да са повећањем површине анализираног екосистема генарлно расте и диверзитет његових врста. Међутим, из анализе се јасно види да је тренд тих промена, мада статистички значајан, ипак релативно благ, те да је индекс позитивне корелације свега $r = 0.606$ (Табела 4, Графикон 1). Осим тога јасно се уочава да значајан број екосистема битно одступа од установљеног просечног тренда. Док једној групи екосистема који битно одступају од просечног тренда, припадју они који на веома малој површини имају изузетно велики број врста, другој групи припадају они који на исто тако малим површинама имају изузетно мали број врста.

Табела 4. – Однос апсолутног (S) и релативног броја врста ($\log S/\log A$) основних климазоналних и педоклимакских типова вегетације на подручју Србије (површине су преузети из Карте потенцијалне вегетације Европе 1:2.500.000, ВОHN et al. 2004)

Назив синтаксона	Број врста. (S)	Површина (A) m ²	$\log S/\log A$
<i>Festuco-Seslerietea</i>	673	2,759,894	0.4391
<i>Erico-Pinetalia</i>	682	280,865,569	0.3354
<i>Juncetea trifidi</i>	440	80,861,202	0.3343
<i>Vaccinio-Piceetalia</i>	612	1,797,078,939	0.3011
<i>Festucion rupicolae</i>	754	5,237,374,464	0.2961
<i>Fagetalia sylvaticae</i>	797	13,528,122,372	0.2864
<i>Quercetalia pubescentis</i>	996	46,299,005,121	0.2811
<i>Populetalia albae</i>	599	15,069,946,996	0.2729
<i>Vaccinietalia</i>	225	465,886,629	0.2714
<i>Festucetalia vaginatae</i>	169	212,497,552	0.2675
<i>Festuco-Puccinellietea</i>	246	1,242,754,442	0.2629
<i>Quercetalia robori-petraeae</i>	232	8,761,347,975	0.2379
<i>Thero-Salicornietea</i>	77	207,125,740	0.2268



Графикон 1 - Однос површине територије и специјског диверзитет екосистема

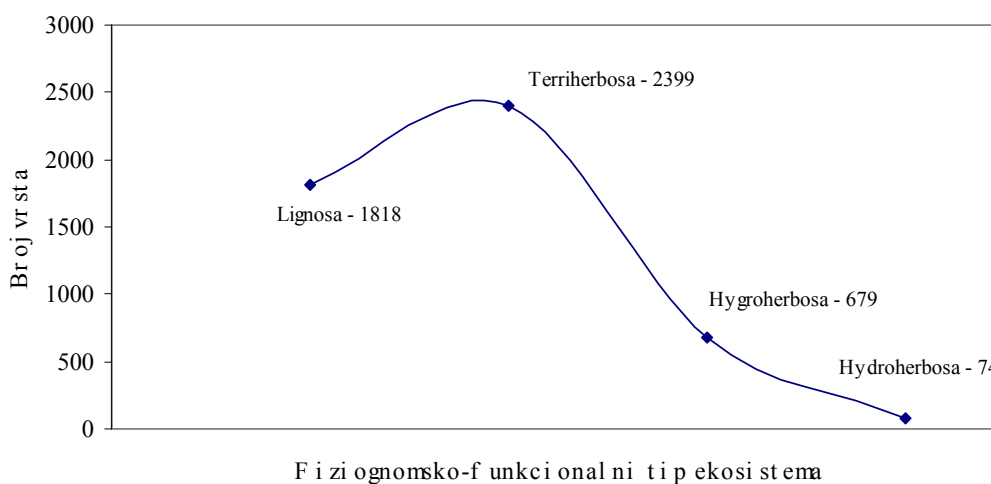
С обзиром на овакву законитост промене броја врста у односу на површину територије, сам апсолутни број врста има ограничену компаративну вредност. Да би се боље сагледао значај специјског диверзитета одређене територије, често се користи релативни показатељ алфа диверзитета који успоставља релацију између броја врста и површине територије преко једноставне математичке формуле LogS/LogA , где **S** представља број врста, а **A** површину територије коју захвата одређени тип вегетације. Овако представљен индекс диверзитета издваја територије са великом концентрацијом врста, које са аспекта заштите диверзитета можемо сматрати посебно значајним.

Из табеле 4 се види да на подручју Србије највећи индекс LogS/LogA имају екосистеми високопланинских рудина на кречњацима (*Festuco-Seslerietea*), као и светле четинарске шуме (*Erico-Pinetalia*) и екосистеми високопланинских рудина на силикатима (*Juncetea trifidi*). Флористички најбогатији екосистеми листопадних шума, због величине територије коју заузимају имају средње вредности овог индекса, док су флористички најсиромашнији и најнеразноврснији екосистеми на влажним заслањеним стаништима (*Thero-Salicornietea*).

Осим површине територије као једног од најзначајнијих фактора који одређују карактеристике диверзитета одређеног простора, физиогномско-функционалне особине екосистема представљају такође изузетно важан фактор који утиче на специјски диверзитет. Под овом особином екосистема подразумева се, са једне стране, општи изглед екосистема који је одређен животним формама доминантних = едификаторских врста (**физиогномија**), које с друге стране, одређују продукционе особине (**функција**)

читаваог еколошког система. Одавно је познато да се шумски, ливадски, тресавски или барски екосистеми међу собом битно разликују не само по саставу већ и по укупном броју врста које их изграђују. Док је диверзитет шумских или зељастих (копнених) екосистема обично веома изражен, диверзитет водених екосистема, макар када се ради о васкуларним биљкама је по правилу веома низак.

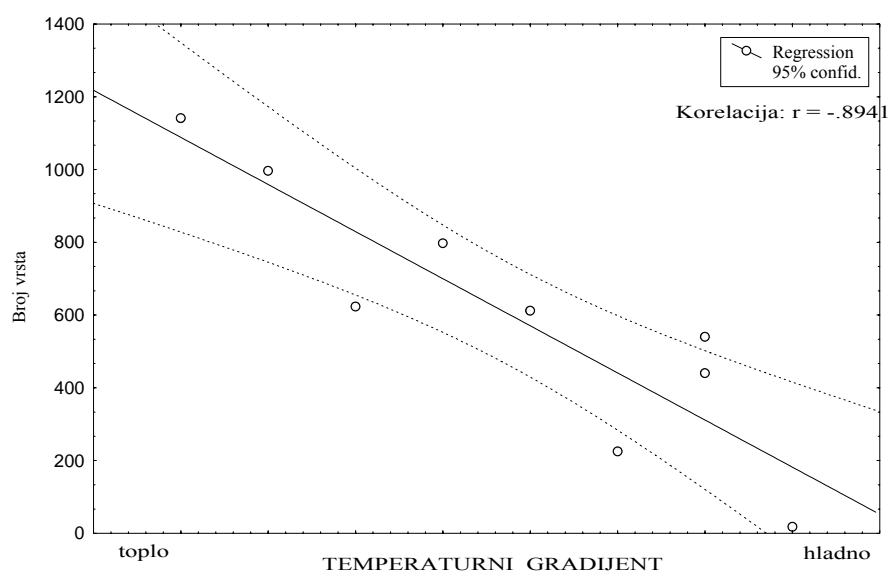
Анализа дистрибуције броја врста у односу на физиогномско-функционалне особине екосистема на подручју Србије је урађена за четири основана типа екосистема (Графикон 2), који су дефинисани као **lignosa** (шумски и жбунасти екосистеми), **terriherbosa** (копнени зељасте ксеро- и мезофилни екосистеми), **hygroherbosa** (копнени зељасте екосистеми на изузетно влажним стаништима или емерзни екосистеми на контакту копнене и водене средине) и **hydroherbosa** (прави водени екосистеми који обједињавају флотантну и субмерзну вегетацију васкуларних биљака). Убедљиво највеће богатство врста, чак 2.399 врста и подврста, је забележено у копненим зељастим ксеро- и мезофилним екосистемима (terriherbosa), што значи да је у овим типовима станишта услове за свој опстанак нашло чак 84 % биљака које изграђују укупну флору Србије. Насупрот овом типу екосистема, у воденој средини (hydroherbosa) је забележено свега 74 врсте што представља 2.59 % од анализираних васкуларних флора Србије.



Графикон 2 - Однос физиогномско-функционалног типа екосистема и специјског диверзитета екосистема

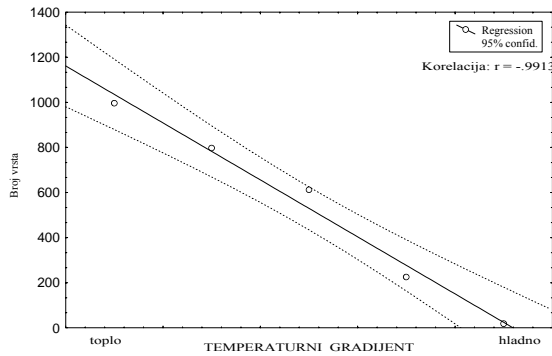
Анализа промене алфа диверзитета на градијентима промене температуре и влажности на подручју Србије, потврђује уочена правила, с тим да је забележено да различити физиогномско-функционални типови екосистема, мада имају исте трендове, показују различите интензитета промена (Графикони 3-10).

Са смањењем температуре станишта која се дешава на вертикалном профилу планина, долази до статистички значајног смањења броја врста. За све анализарне екосистеме, који укључују како климатогене шумске и жбунасте (*Quercetalia pubescentis*, *Fagetalia sylvatica*, *Vaccinio-Piceetalia*, *Vaccinietalia*, *Salicetalia herbaceae*) и ороклимаксне зељасте (*Seslerietalia juncifoliae*, *Seslerietalia comosae*), тако и оне широко распрострањене секундарне зељасте (*Festucetalia valesiaca*, *Arrhenatheretalia*), статистичка значајност уочених промена је изражена негативним индексом мултипне регресије $R = -0.894$ (Графикон 3).

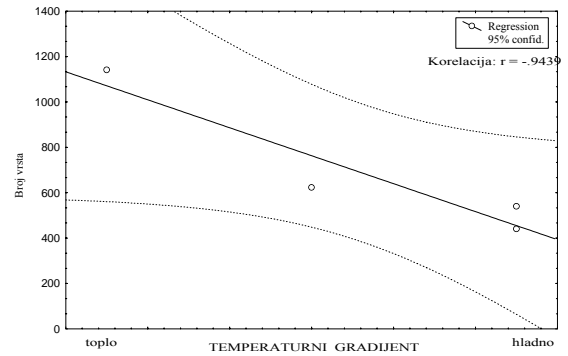


Графикон 3 - Мултипна регресија за промену броја врста на термичком градијенту за све анализиране екосистеме

Посебно изражен тренд смањења броја врста са смањењем температуре, уочава се када се као посебан систем анализирају климатогени шумски и жбунасти (*Quercetalia pubescentis*, *Fagetalia sylvatica*, *Vaccinio-Piceetalia*, *Vaccinietalia*, *Salicetalia herbaceae*) екосистеми који се смењују на вертикалном профилу високих планина. Статистичка значајност уочених промена за шумске и жбунасте екосистеме је изражена негативним индексом мултипне регресије $R = -0.991$ (Графикон 4). Нешто блажи тренд промена је уочен када се као посебан систем на вертикалном профилу анализира комплекс ороклимаксне зељасте (*Seslerietalia juncifoliae*, *Seslerietalia comosae*) и широко распрострањене секундарне зељасте (*Festucetalia valesiaca*, *Arrhenatheretalia*). Статистичка значајност уочених промена за зељасте екосистеме је изражена негативним индексом мултипне регресије $R = -0.943$ (Графикон 5).



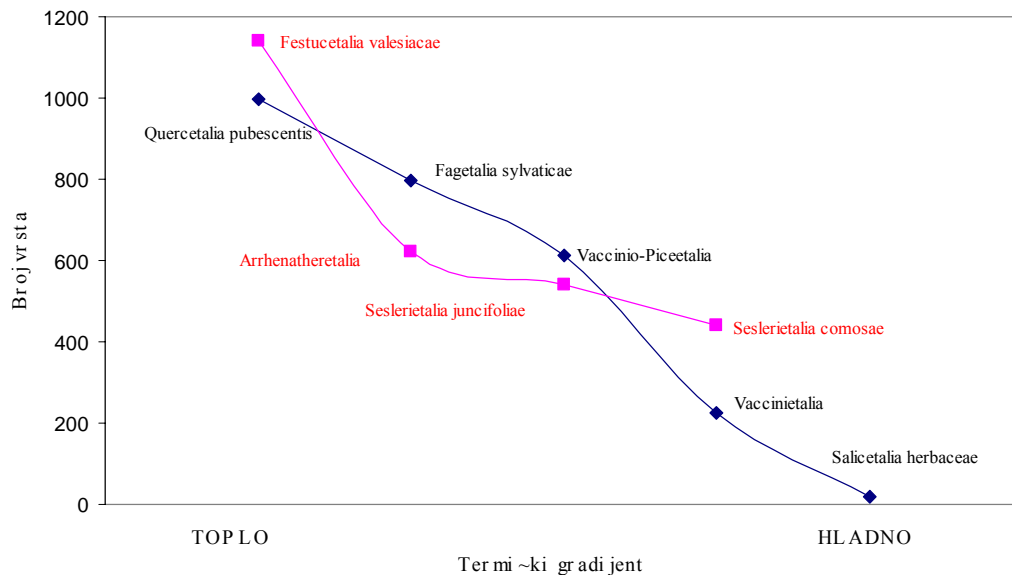
Графикон 4 - Мултипна регресија за промену броја врста на термичком градијенту за шумске и жбунасте екосистеме



Графикон 5 - Мултипна регресија за промену броја врста на термичком градијенту за зељасте екосистеме

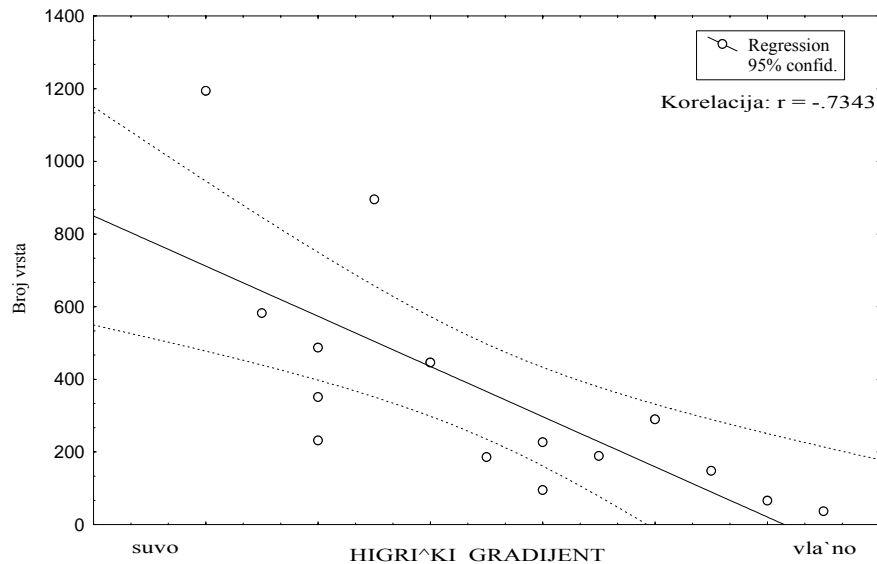
Осим што постоје разлике у интензитету промена, статистички изражене преко индекса мултипне регресије R , када се посебан систем упореде шумски и зељасти екосистеми, уочавају се веома битне разлике и у квалитету промена које се дешавају на градијенту смањења температуре (Графикон 6.). Генерално, у условима сличних температурних режима (парови *Quercetalia pubescentis/Festucetalia valesiaca*, *Vaccinio-Piceetalia/ Arrhenatheretalia*, *Vaccinietalia/Seslerietalia juncifoliae*, *Salicetalia herbaceae/Seslerietalia comosae*), зељасти екосистеми показују већи диверзитет врста. Изузетак који се уочава у пару *Fagetalia sylvatica/Arrhenatheretalia*, лако се може објаснити чињеницом да су у ред *Fagetalia sylvatica* укључене све врсте букових шума које се јављају на читавом вертикалном профилу, од зоне термофилних низијских до зоне фригорифилних планинских шума које изграђују горњу шумску границу. Друга значајна разлика се уочава у облику криве која описује промене врста на температурном градијенту. Док број врста у шумским екосистемима опада линеарно, опадање броја врста у зељастим екосистемима почиње веома нагло, да би се касније нагиб промена значајно смањио.

Ове уочене разлике у промени броја врста са променом температуре станишта, указују да поред температуре, физиогномско-функционалне особине екосистема, веома битно утичу на одређивање основних карактеристика, као и саме природе промена биодиверзитета на градијенту.

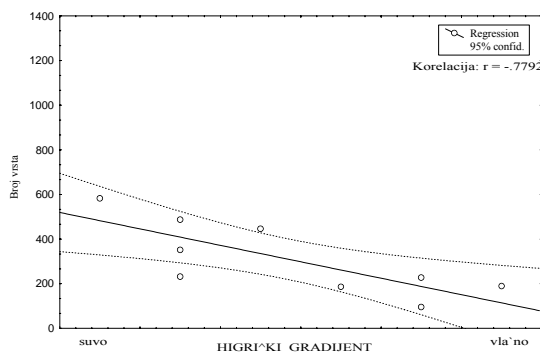


Графикон 6. – Промена броја врста у различитим типовима екосистема на термичком градијенту (◆ – серија екосистема са доминацијом дрвенастих биљака – lignosa, ■ – серија екосистема са доминацијом зељастих биљака – terriherbosa)

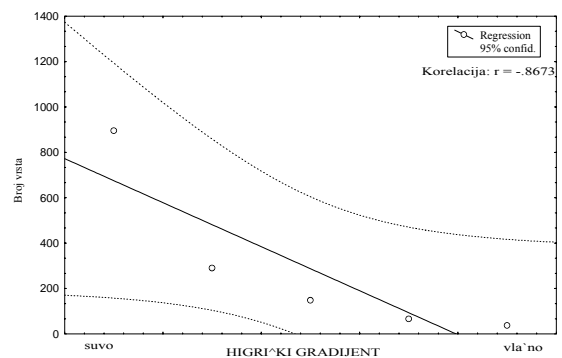
Као и у случају са променом температуре станишта, и промене у влажности станишта доводе до статистички значајних промена специјског диверзитета. За све анализарне екосистеме, који укључују како шумске и жбунасте (*Ostryo-Carpinion orientalis*, *Quercion frainetto*, *Quercion petraeae-cerris*, *Quercion robori-petraeae*, *Alno-Quercion roboris*, *Populion albae*, *Salicion albae*, *Alnion glutinosae*, *Salicion cinereae*), тако и зељасте копнене (*Festuco-Brometea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Phragmitetea*, *Isoeto-Nanojuncetea*), и оне праве зељасте водене (*Potametea*, *Charetea*), статистичка значајност уочених промена је изражена негативним индексом мултипне регресије $R = -0.734$ (Графикон 7). Тренд смањења броја врста са повећањем влажности станишта, није битно различит када се као посебни системи анализирају дрвенасти (шумски и жбунасти), у односу на зељасте екосистеме. Статистичка значајност уочених промена за шумске и жбунасте екосистеме је изражена негативним индексом мултипне регресије $R = -0.779$ (Графикон 8), а за зељасте екосистеме негативним индексом мултипне регресије $R = -0.867$ (Графикон 9).



Графикон 7 - Мултиплина регресија за промену броја врста на хигричком градијенту за све анализиране екосистеме



Графикон 8 - Мултиплина регресија за промену броја врста на хигричком градијенту за шумске и жбунасте екосистеме

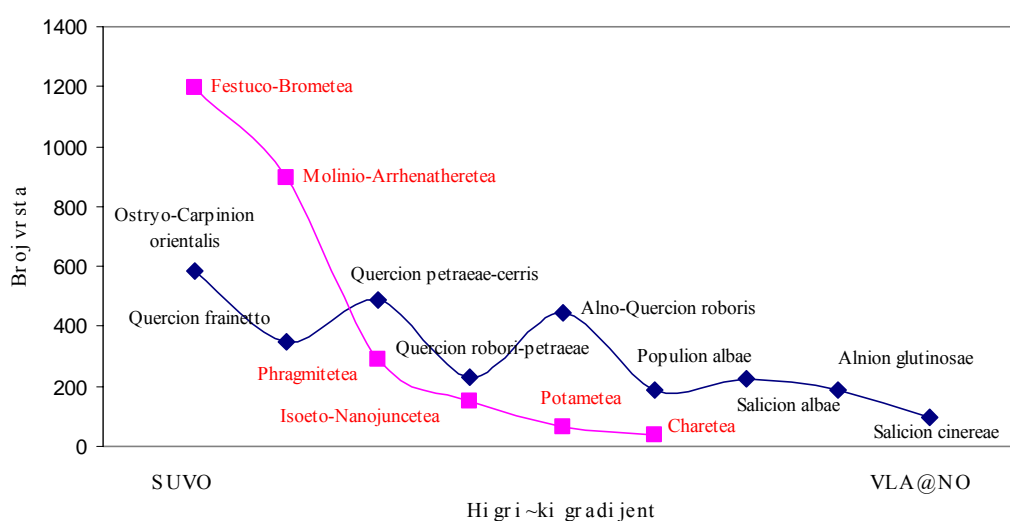


Графикон 9 - Мултиплина регресија за промену броја врста на хигричком градијенту за зељасте екосистеме

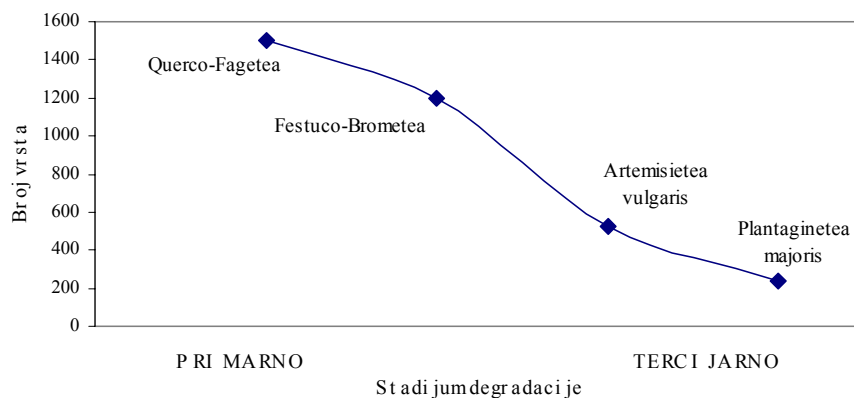
Веома слично као и на термичком градијенту, дрвенасти и зељасти копнени екосистеми показују разлике и у погледу природе промене специјског диверзитета на хигричком градијенту (Графикон 10). Генерално, у условима сличних водних режима (парови *Ostryo-Carpinion orientalis/Festuco-Brometea*, *Quercion frainetto/Festuco-Brometea*, *Quercion petraeae-cerris/Molinio-Arrhenatheretea*, *Quercion robori-petraeae/Molinio-Arrhenatheretea*, *Alno-Quercion roboris/Phragmitetea*, *Populion albae/Phragmitetea*, *Salicion albae/Isoeto-Nanojuncetea*, *Alnion glutinosae/Isoeto-Nanojuncetea*, *Salicion cinereae/Isoeto-Nanojuncetea*), зељасти екосистеми показују већи диверзитет врста. Такође, значајна разлика се уочава и у облику криве која описује промене врста на хигричком градијенту. Док број врста у шумским екосистемима, уз

блако осцилирање опада готово линеарно, опадање броја врста у зељастим екосистемима почиње веома нагло, да би се касније нагиб промена значајно смањило. И у овом случају, уочене разлике у промени броја врста са променом хигричког режима станишта, указују да поред воде, физиогномско-функционалне особине екосистема, веома битно утичу на основне карактеристика, и природу промена биодиверзитета на градијенту.

Одавно је уочена да негативни антропогени утицаји који доводи до регресивне сукцесије у еволуцији екосистема, на крају доводе и до смањења специјског диверзитета. У том смислу, скоро све заједнице које су настале током дуготрајних процеса деградације одликују се флористичким сиромаштвом, односно доминацијом једне или неколико врста у односу на примарну вегетацију, у којој су те врсте (пре антропогеног утицаја) биле саставни део заједнице, често без доминантне улоге у њиховој изградњи и структури. Потврда ових запажања лако се уочава и из анализе односа специјског диверзитета различитих типова екосистема који представљају различите стадајуме у деградацији екосистема (Графикон 11). Квантитативни подаци показују да на „негативном антропогеном” градијенту: климатогене шуме (*Quercus-Fagetea*) / секундарне лиаваде и пашњаци (*Festuco-Brometea*) / напуштена рудерална високо нитрификована вегетација (*Artemisietea vulgaris*) / рудерална интензивно гажена вегетација (*Plantaginetea majoris*), специјски диверзитет готово линеарно опада, те да се од почетних око 1.500 врста у климатогеним шумама, смањује чак за седам пута, односно долази на око 200 врста у интензивно гаженим рудералним стаништима.

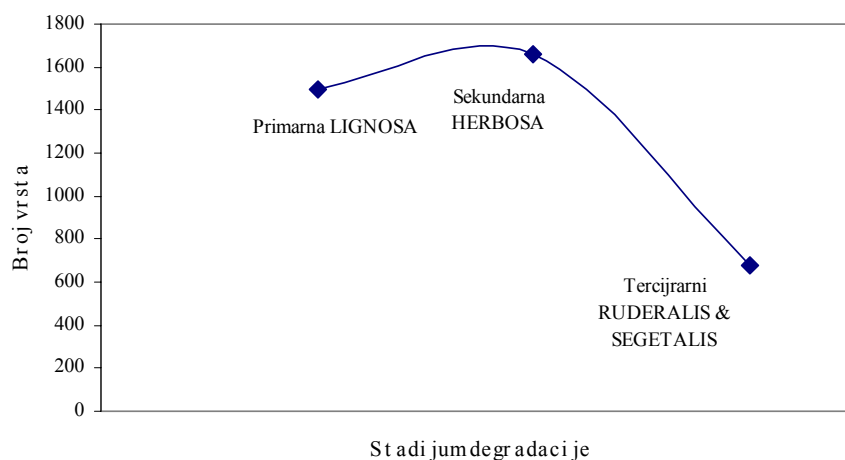


Графикон 10. – Промена броја врста у различитим типовима екосистема на хигричком градијенту (◆ – серија екосистема са доминацијом дрвенастих биљака – lignosa, ■ – серија екосистема са доминацијом зељастих биљака – terriherbosa)



Графикон 11. – Промена броја врста у различитим типовима екосистема који представљају различите стадијуме деградације

Даља анализа утицаја деградације екосистема на специјски диверзитет, показала је да смањење броја врста у различитим стадијумима регресивне сукцесије, не мора увек ићи линеарно. И раније је запажено да негативни антропогени утицаји на примарне климатогене шумске екосистеме, у првим корацима регресивне сукцесије, доводе до повећања специјског диверзитета, које тек у продуженом деловању негативних фактора доводи до значајног смањења броја врста у новонасталим екосистемима. На графикону 12 су приказане промене броја врста на „негативном антропогеном” градијенту: климатогене листопадне шуме (*Quercus-Fagetea*) / секундарне зеласти заједнице (*Molinio-Arrhenatheretea*, *Festuco-Brometea*, *Festucetea vaginatae*, *Thero-Brachypodietea*) / терцијарна рудерална и сегетална вегетација (*Chenopodietea*, *Artemisietea vulgaris*, *Agropyretea repentis*, *Plantaginetea majoris*, *Stellarietea mediae*). Ови резултати управо потврђују напред изнета запажања.



Графикон 12. - Промена броја врста у различитим типовима екосистема који представљају различите стадијуме деградације

Однос екосистемског богатства и гама диверзитета

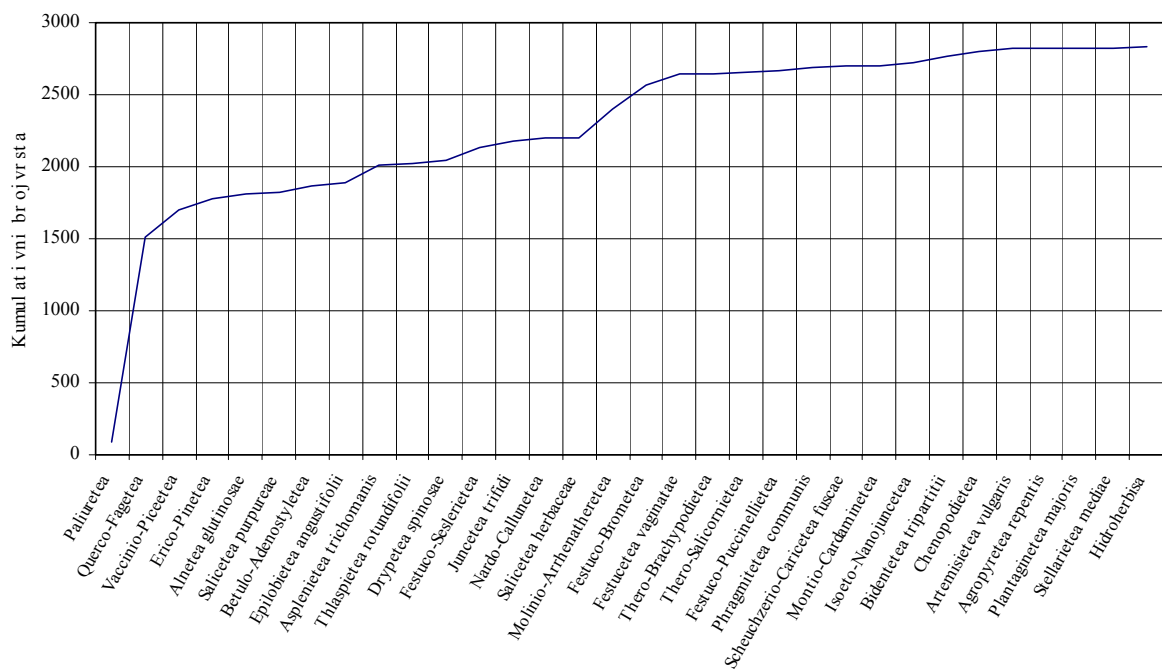
Као што смо већ видели, повећање површине у еколошки хомогеном простору има директан утицај на повећање броја врста, који се може релативно једноставно математички описати. Међутим, са повећањем површине у еколошки хетерогеном простору, поред географских фактора, на промене диверзитета врста директно или индиректно, и то по правилу увек синергистички, делује читав низ екосистемских, функционалних, историјских и антропогених фактора. Збирну функцију свих фактора који у еколошки хетерогеном простору доводе до реализације гама диверзитета, тешко је описати математичким моделима.

У основи могуће је разликовати два типа еколошки хетерогеног простора. С једне стране стоје територије у којима се повећање површине дешава на једном или већем броју еколошких градијената независно од величине територије која се посматра (на микро или макроплану све једно). У оваквом простору, са повећањем површине повећава се број различитих климакских екосистема зоналног, интразоналног или азоналног карактера (“зонални” у регионалном смислу или “микрizonaлни” у локалном смислу). С друге стране, постоје територије у којима повећање површине не прати промене еколошких градијената, већ је хетерогеност станишта последица диверзитета различитих природних или антропогено условљених сингенетских стадијума.

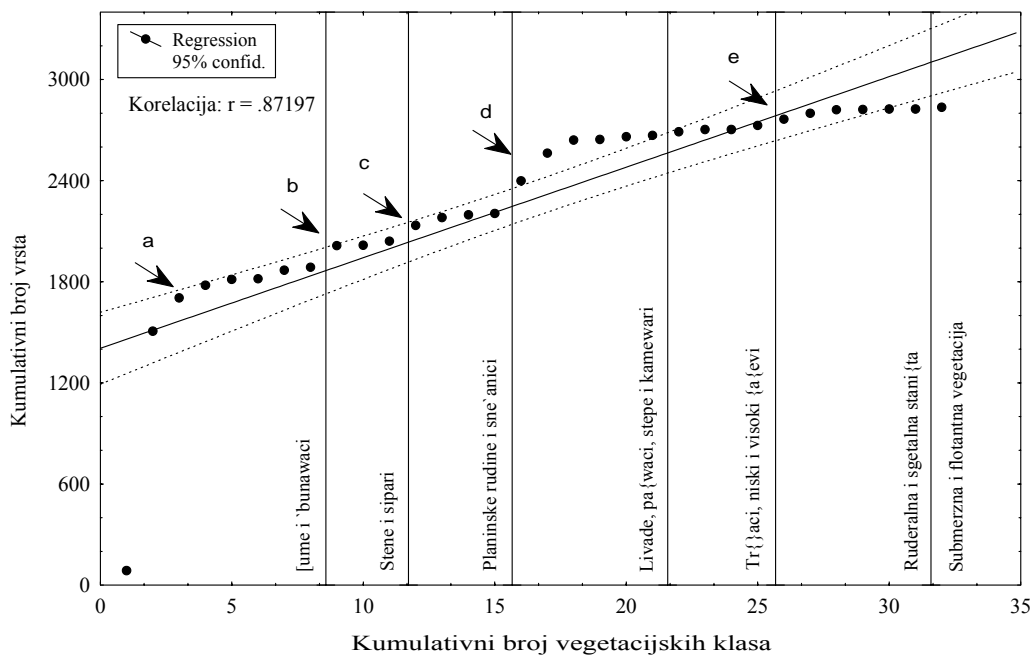
Да би се донекле сагледао утицај екосистемског богатства на гама диверзитет анализирано је кумулативно повећање специјског диверзитета са повећањем броја екосистема на условној хипотетичкој еколошко-сингенетској серији, која креће од најсувљих и најтермофилнијих климатогених дрвенастих екосистема (**lignosa**), иде до најфригорифилнијих ороклимакских екосистема, да би наставила преко секундарних травних (**terriherbosa** и **hygroherbosa**) и терцијарних рудералних и сегеталних (**terriherbosa**) екосистемима, и на крају завршава са екоистемима правих водених станишта (**hydroherbosa**). Резултати ове анализе су приказани у табели 5 и на графиконима 13 и 14.

Табела 5. Кумулативно повећање броја врста (промена гама диверзитет) на градијенту lignosa-terriherbosa-hydroherbosa

Серија	Алфа диверзитет	Гама диверзитет	Кумулативни број врста
LIGNOSA			
<i>Paliuretea</i>	86	86	0
<i>Quercu-Fagetea</i>	1498	1507	1421
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	703	1704	197
<i>Erico-Pinetea</i>	683	1779	75
<i>Alnetea glutinosae</i>	220	1814	35
<i>Salicetea purpureae</i>	52	1818	4
TERRIHERBOSA			
<i>Betulo-Adenostyletea</i>	357	1886	68
<i>Epilobietea angustifolii</i>	291	1886	0
<i>Asplenietea trichomanis</i>	568	2014	128
<i>Thlaspietea rotundifolii</i>	72	2017	3
<i>Drypetea spinosae</i>	211	2041	24
<i>Festuco-Seslerietea</i>	673	2134	93
<i>Juncetea trifidi</i>	441	2181	47
<i>Nardo-Callunetea</i>	333	2197	16
<i>Salicetea herbaceae</i>	46	2205	8
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	895	2399	194
<i>Festuco-Brometea</i>	1194	2563	164
<i>Festucetea vaginatae</i>	681	2641	78
<i>Thero-Brachypodietea</i>	112	2644	3
<i>Thero-Salicornietea</i>	77	2661	17
<i>Festuco-Puccinellietea</i>	246	2668	7
HYGROHERBOSA			
<i>Phragmitetea communis</i>	290	2690	22
<i>Scheuchzerio-Caricetea fuscae</i>	238	2703	13
<i>Montio-Cardaminetea</i>	40	2703	0
<i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	148	2727	24
<i>Bidentetea tripartitii</i>	327	2765	38
RUDERALIS & SEGETALIS			
<i>Chenopodietea</i>	301	2799	34
<i>Artemisietea vulgaris</i>	524	2820	21
<i>Agropyretea repentis</i>	148	2822	2
<i>Plantaginetea majoris</i>	242	2825	3
<i>Stellarietea mediae</i>	292	2825	0
HYDROHERBOSA	74	2835	10



Графикон 13. – Кумулативно повећање броја врста (промена гама диверзитета) на градијенту lignosa-terriherbosa-hydroherbosa-hydroherbosa



Графикон 14. – Мултипла регресија за кумулативно повећање броја врста (промена гама диверзитета) на градијенту lignosa-terriherbosa-hydroherbosa-hydroherbosa

Из резултата ове анализе генерално се може закључити да:

- са повећањем броја различитих екосистема (екосистемског богатства) расте и гама диверзитет целог подручја;

- промена гама диверзитета у односу на повећање броја различитих екосистема има карактеристике "power" раста;
- са повећањем алфа диверзитет појединачних екосистема, по правилу расте и гама диверзитет целог подручја;
- са повећањем разлика у физиогномско-функционалним особинама између појединачних екосистема, расте и гама диверзитет читавог подручја,
- присуство изузетно различитих типова екосистема (нпр. шуме / стене и сипари / ливаде и пашњаци / треасве и мочваре / агроекосистеми) на анализираној територији доводи до карактеристичних скоковитих промена које се кривој раста гама диверзитета препознају као нагли кратки успони (делови криве означени стрелицама и симболима а, б, ц, д и е на графикону 14);
- на територијама климатогених листопадних шума умерене зоне најзначајнији допринос повећању гама диверзитета доносе екосистеми ливада, пашњака и камењара (стрелица д на графикону 14) и вегетација стена и сипара (стрелица б на графикону 14), док присуство водених и хигрофилних станишта веома мало доприноси повећању укупног броја врста.

ЗАКЉУЧЦИ

На основу анализа диверзитета врста и фитоценоза на различитим синтаксономским нивоима на подручје Србије могуће је извести следеће закључке:

- С обзиром да су све забележене биљне заједнице на подручју Србије сврстане у 26 подсвеза, 242 свезе, 114 редова и 59 вегетацијских класа, овај простор несумњиво представља један од најзначајнијих центара вегетацијског, па самим тим и екосистемског диверзитета Европе.
- Листопадне шуме класе *Quercus-Fagetea* са 1.498 забележених врста и секундарне ксеро- и ксеро-мезофилне травне заједнице класе *Festuco-Brometea* са 1.194 врсте, имају највећи алфа диверзитет.
- Најмањи алфа диверзитет васкуларних биљака је забележен у воденој средини, и то у заједницама флотантне и субмерзне вегетације (*Lemnetea*, *Charetea*, *Ruppiaetea maritimaе*) у којима је констатовано између 19 и 37 врста.

- Са повећањем површине анализираних екосистема расте и диверзитет његових врста. За анализираних екосистема у Србији позитивна корелација има вредност $r = 0.606$.
- Највећи индекс LogS/LogA (релативни показатељ алфа диверзитета) имају екосистема високопланинских рудина на кречњацима (*Festuco-Seslerietea*), светле четинарске шуме (*Erico-Pinetalia*) и екосистема високопланинских рудина на силикатима (*Juncetea trifidi*).
- Флористички су најнеразноврснији и најсиромашнији екосистема на влажним заслањеним стаништима (*Thero-Salicornietea*).
- Убедљиво највеће богатство врста имају копнени зељасте ксеро- и мезофилни екосистемима, у којима је забележено чак 2.399 врста и подврста, што представља 84 % биљака које изграђују укупну флору Србије. У воденој средини је забележено свега 74 врсте што представља 2.59 % од анализираних васкуларне флоре Србије.
- Са смањењем температуре станишта долази до статистички значајног смањења броја врста.
- Са повећањем влажности станишта долази до статистички значајног смањења броја врста.
- Између шумских и зељастих екосистема постоје значајне разлике у квалитету промена које се дешавају на термичком и хигричком градијенту.
- Негативни антропогени утицаји који доводе до регресивне сукцесије екосистема, доводе и до смањења специјског диверзитета. На „негативном антропогеном градијенту” специјски диверзитет са почетних око 1.500 врста у климатогеним шумама опада на око 200 врста у интензивно гаженим рудералним стаништима.
- Негативни антропогени утицаји у првим корацима сукцесије доводе до повећања специјског диверзитета, које тек у продуженом деловању негативних фактора доводи до значајног смањења броја врста у новонасталим екосистемима.
- Са повећањем броја различитих екосистема (екосистемског богатства) расте и гама диверзитет целог подручја.
- Промене гама диверзитета у односу на повећање броја различитих екосистема имају карактеристике ”power” раста.

-
- Са повећањем алфа диверзитет појединачних екосистема, по правилу расте и гама диверзитет целог подручја.
- Са повећањем разлика у физиогномско-функционалним особинама између појединачних екосистема, расте и гама диверзитет, а на кривој његовог раста се уочавају карактеристичне скоковите промене.
- На територијама климатогених листопадних шума умерене зоне најзначајнији допринос повећању гама диверзитета доносе екосистеми ливада, пашњака и камењара и вегетација стена и сипара, док присуство водених и хигрофилних станишта веома мало доприноси повећању укупног броја врста.

Захвалница: Рад је реализован у оквиру пројеката бр. 1505 и “Хармонизација националне номенклатуре у класификацији станишта са стандардима међународне заједнице”, које је финансирало Министарство за науку и заштиту животне средине Републике Србије. Посебну захвалност дугујем професору Владимиру Стевановићу на драгоценим сугестијама, колеги Срђану Стаменковићу на дискусији резултата статистичких анализа, и колегиницама Дијани Жуковец, Ирени Ђалић и Јасмини Шинжар-Секулић које су ми помогле у прикупљању података за анализу.

ЛИТЕРАТУРА

- BISBY, F.A., CODDINGTON, J. (1995): Biodiversity from a taxonomic and evolutionary perspective. — In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), Global Biodiversity Assessment (pp. 27-56), Cambridge, U.K, Cambridge University Press.
- BLACKBURN, T.M., GASTON, K.J. (1996): A sideways look at patterns in species richness, or why there are so few species outside the tropics. — Biodiversity Letters **3**: 44-53.
- BOHN, U., GOLLUB, G., HETTWER, C., NEUHÄUSLOVÁ, Z., RAUS, T., SCHLÜTER, H., WEBER, H. (2004): Map of the Natural Vegetation of Europe / Scale 1 : 2 500 000. — Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany.
- CBD (1992): The Convention on Biological Diversity. — Secretariat of the Convention, UNEP, <http://www.biodiv.org>
- CHASE, M. J., LEIBOLD, A. M. (2002): Spatial scale dictates the productivity-biodiversity relationship. — Nature **416**(28 March): 427-430.

- DAVIES C.E. & MOSS, D. 2002: EUNIS Habitat classification - European Habitats Classification System. – European Environment Agency & European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity.
- DAVIES C.E., MOSS, D. (1999): EUNIS Habitat Classification. – Final Report to the European Topic Centre on Nature Conservation, European Environment Agency. October 1999. 256 pp.
- DAVIES C.E., MOSS, D. (2002): EUNIS Habitat Classification. – Final Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, European Environment Agency. February 2002. 125 pp.
- DEVILLERS, P., DEVILLERS-TERSCHUREN, J. (1991): Habitats of the European Community CORINE biotopes manual, Volume 2. – Luxembourg: Commission of the European Communities.
- DEVILLERS, P., DEVILLERS-TERSCHUREN, J. (1996): A classification of Palaearctic habitats. – Council of Europe, Strasbourg: Nature and environment, No 78.
- DEVILLERS, P., DEVILLERS-TERSCHUREN, J. (2001): Palaearctic Habitats. – PHYSIS Data Base. Royal Belgian Institute of Natural Sciences website, [www/naturalsciences.be/cb](http://www.naturalsciences.be/cb).
- DNM (1992): Biological Diversity of Norway: A Country Study. – DN-Report 1992-5b, Directorate for Nature Management (DNM), Trondheim.
- GASTON, K. J. (Ed.) (1996): Biodiversity. – Oxford, U.K., Blackwell Science Ltd.
- GASTON, K.J., SPICER, J.I. (1998): Mapping biodiversity. – In: GASTON K. J. & SPICER J. I. (eds.), Biodiversity: an Introduction, (pp. 43-75), Oxford, U.K., Blackwell Science Ltd.
- GASTON, K.J., WILLIAMS, P.H. (1996): Spatial patterns in taxonomic diversity. – In: GASTON K. J. & SPICER J. I. (eds.), Biodiversity: a biology of numbers and difference (pp. 202-229), Oxford, U.K., Blackwell Science Ltd.
- HAMMOND, P. (1995): The current magnitude of biodiversity. – In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), Global Biodiversity Assessment (pp. 113-138), Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- HENGEVELD, R., EDWARDS, P.J., DUFFIELD, S. J. (1995): Biodiversity from an ecological perspective. – In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), Global Biodiversity Assessment (pp. 88-106), Cambridge, U.K., Cambridge University Press.
- HUNTER, M. Jr. (2002): Fundamentals of Conservation Biology. (Second Edition) . – Massachusetts, U.S.A, Blackwell Science.

- LAKUŠIĆ, D., BLAŽENČIĆ, J., RANĐELOVIĆ, V., BUTORAC, B., VUKOJIČIĆ, S., TOMOVIĆ, G., ZLATKOVIĆ, B., JOVANOVIĆ, S., ŠINŽAR-SEKULIĆ, J., STEVANOVIĆ, V. (2005): The diversity of vegetation of Serbia and their relationship to european habitat classification. — XVII International Botanical Congress, Abstracts, p. 563, Vienna.
- LAKUŠIĆ, D., BLAŽENČIĆ, J., RANĐELOVIĆ, V., BUTORAC, B., VUKOJIČIĆ, S., ZLATKOVIĆ, B., JOVANOVIĆ, S., ŠINŽAR-SEKULIĆ, J. (2005): Fitocenoze Srbije – Baza podataka. — Institut za botaniku i Botanička bašta Jevremovac, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- LAKUŠIĆ, D., VASIĆ, O. (2005): Bibliografija o staništima Srbije. — In: LAKUŠIĆ, D. (ed.), Staništa Srbije, Rezultati projekta “Harmonizacija nacionalne nomenklature u klasifikaciji staništa sa standardima međunarodne zajednice”, Institut za Botaniku i Botanička Bašta “Jevremovac”, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.
- LAKUŠIĆ, D., ČETKOVIĆ, A., KRPO-ČETKOVIĆ, J., STAMENKOVIĆ, S., ŠINŽAR-SEKULIĆ, J., SABOVLJEVIĆ, M. (2005): Međunarodne klasifikacije staništa. — In: LAKUŠIĆ, D. (ed.), Staništa Srbije, Rezultati projekta “Harmonizacija nacionalne nomenklature u klasifikaciji staništa sa standardima međunarodne zajednice”, Institut za Botaniku i Botanička Bašta “Jevremovac”, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.
- LECOINTRE, G., LE GUYADER, H. (2001): Classification phylogenetique du vivant. — Paris, France: Belin.
- MACARTHUR, R. H., WILSON, E. O. (1967): Theory of Island Biogeography. — Princeton University Press, Princeton.
- MAGURRAN, A.E. (1998): Ecological diversity and its measurement. — Princeton, New Jersey, U.S.A: Princeton University Press.
- OTA (1987): Technologies to Maintain Biological Diversity. — Washington, D. C., Office of Technology Assessment, U. S. Congress, OTA-F-330 U. S. Government Printing Office.
- RICKLEFS, R. E. (1995): The distribution of biodiversity. — In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), Global Biodiversity Assessment (pp. 139-173), Cambridge, U.K, Cambridge University Press.
- RODWELL, J.S. , SCHAMINÉE, J.H.J., MUCINA, L., PIGNATTI, S., DRING, J., MOSS, D. (2002): The Diversity of European Vegetation. An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats. — EC-LNV. Report EC-LNV nr 2002/054, Wageningen.

- STEVANOVIĆ, V., JOVANOVIĆ, S., LAKUŠIŠ, D. (1995): Diverzitet vegetacije Jugoslavije. — In: Stevanović, V, Vasić, V. (eds.): Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja (pp. 219-241), Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd.
- STEVANOVIĆ, V., VASIĆ, V. (1995): O biodiverzitetu. — In: Stevanović, V, Vasić, V. (eds.): Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja, (pp. 1-9), Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd.
- TROPE, J. P., SMART, J. (1995): Genetic diversity as a concept of biodiversity. — In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), *Global Biodiversity Assessment* (pp. 57-87), Cambridge, U.K, Cambridge University Press.
- TROPE, J. P., SMART, J. (1995): The current magnitude of biodiversity. — In: HEYWOOD V.H. & WATSON R.T. (eds.), *Global Biodiversity Assessment* (pp. 113-138), Cambridge, U.K, Cambridge University Press.
- WILSON, O. E. (1988): *Biodiversity*. — National Academy Press, Washington.
- ZUPANČIĆ, M., JOVANOVIĆ, B., LAKUŠIĆ, R., RIZOVSKI, R., TRINAJSTIĆ, I. (eds.) (1986): *Prodromus phytocoenosum Jugoslaviae ad mappam vegetationis m 1:200.000*. — Naučno veće vegetacijske karte Jugoslavije, Bribir-Ilok.

RELATION BETWEEN THE SPECIES AND ECOSYSTEM DIVERSITY

Institute of Botany and Botanical Garden Jevremovac

Faculty of Biology, University of Belgrade

SUMMARY

The relations between the species and ecosystem diversity have been established on the basis of the analysis of vegetational diversity of Serbia, as well as of the analysis of the vascular plants distribution in different types of vegetation within the territory of Serbia.

The vegetation of Serbia is typologically diverse and made of relatively high number of communities (between 700 and 800 associations and up to 500 subassociations) or higher phytosociological units (242 alliances, 114 orders and 59 vegetational classes). This fact points out in the best way that the territory of present Serbia is characterized by a high diversity of habitats, and due to that fact, by a diverse plant communities which single out this

region as one of the most significant European centers of diversity of vegetation and ecosystems.

The analysis of distribution of the number of species (**alpha diversity**) in various types of vegetation on the territory of Serbia has shown that the deciduous forests (*Querc-Fagetea*) with 1,498 recorded species and secondary xero- and xero-mesophilic grasslands (*Festuco-Brometea*) with 1,194 of species, have the highest alpha diversity. The lowest number of species has been recorded in a water environment, within the zone of a floating and submersed vegetation (*Lemnetea*, *Charetea*, *Ruppietea maritimae* - between 19 and 37 species).

The analysis of the influence made by the surface of the territory on the ecosystem's diversity, has proved the following regularity: the increase of the surface of the analyzed ecosystem provokes an increase in diversity of its species. For the analyzed ecosystems in Serbia, a low positive correlation it has been established, with the value of $r = 0.606$.

The relative indicator of the alpha diversity, that singles out the territories with a high concentration of species, shows that within the region of Serbia, the highest LogS/LogA index have the ecosystems of the high-mountain pastures on the limestone (*Festuco-Seslerietea*), light coniferous forests (*Erico-Pinetalia*) and ecosystems of the high-mountain pastures on the silicates (*Juncetea trifidi*). The lowest LogS/LogA index are located in the humid, salted habitats (*Thero-Salicornietea*).

Analysis of a distribution of the number of species in relation to the physiognomic-functional characteristics of the ecosystems has shown undoubtedly that the highest diversity of species have the inland herbaceous xerophytic and mesophytic ecosystems (2,399 species and subspecies, which makes 84 % of the plants of the complete flora of Serbia). Contrary to this type of ecosystem, within the water environment only 74 species have been registered, making just 2.59 % of the analyzed vascular flora of Serbia. Analysis of the changes of the alpha diversity in the ecological gradients has shown that a decrease of habitats' temperature provokes the statistically significant decrease in the number of species. At the same time, the increase of humidity provokes statistically significant decrease in the number of species. Although the trends of changes are the same, the differences have been observed in between

the forest and herbaceous ecosystems in regard to the quality and intensity of changes of the alpha diversity in the gradients of temperature and humidity.

Negative anthropogenic influences that provoke the regressive succession in evolution of ecosystems, also provoke statistically extremely significant decrease in species diversity. Negative anthropogenic influences, usually in the first steps of regressive succession provoke an increase in the species diversity. Only exposition to the negative factors for a long time, provoke a significant decrease in the number of species within the newly established ecosystems.

With an increase of the surface of the territory within the ecologically heterogeneous space, apart from geometric factors, the changes in the species diversity are also influenced, directly or indirectly, and as a rule always synergistically, by the whole range of ecosystematic, functional, historical and anthropogenic factors. Based on the results of the analyses, several basic functions could be singled out that enable the creation of gamma diversity. Generally speaking, it could be concluded the following: a) the increase in number of different ecosystems (ecosystem richness) provokes an increase in the gamma diversity in the whole region; b) the changes in gamma diversity in relation to the increase of number of different ecosystems show characteristics of a "power" growth; c) the increase of the alpha diversity in particular ecosystems provokes, as a rule, the gamma diversity increase in the whole region; d) the increase of differences in physiognomic-functional characteristics between particular ecosystems provokes an increase of the gamma diversity in the whole region; e) the presence of extremely different types of ecosystems (such as forests/rocks and screes / meadows and pastures / bogs and marshes / agroecosystems) within the analyzed territory provokes a characteristic rapid changes which can be observed on the gamma diversity growth curve as sudden, short rises (ascents); f) on the territories of climatogenic deciduous forests of the temperate zone, the most significant contribution to the increase of the gamma distribution is made by the ecosystems of meadows, pastures and rocky grounds and the vegetation of the rocks and screes, while the presence of water and hygrophyllic habitats provokes rather low increase in the total number of species.