

## **Ecological information system and its importance in biodiversity conservation**

Branko Karadžić

Serbian Environmental Protection Agency

Economic and social development generates numerous environmental problems at local (waste, pollutant emission from point sources), regional (eutrophication of international waters) or global (climate changes, stratospheric ozone depletion, biodiversity loss) levels.

The economy-ecology conflict can be attenuated using reliable information on impacts of human induced environmental changes. An assessment of impacts of socio-economic development on both human health and biodiversity requires numerous analyses. Efficient systems for data exchange and data processing facilitate such analyzes and increase reliability of obtained results.

This article describes functional parts of Environmental Information System (EIS) that is created at Serbian agency for environmental protection in order to assist Serbian government in identification, preparation and implementation of effective environmental policy. Data stored in EIS are used for periodic reports that are targeted to Serbian government, European Environmental Agency, European Information and Observation Network (EIONET) and Republic government, and public.

EIS involves a set of geo-referenced data banks on climate change, air quality, water quality, soil, biodiversity and human health, as well as set of processing modules that enable data exchange, application of uni- and multi-variate statistical analyses, and creation of reports.

Aim of this article is to present main trends of environmental change in Serbia and to correlate this trends with biodiversity threats. Biodiversity is a complex term that involves intra-species and inter-species variability. On the other hand, inter-species variability may be divided into alpha diversity (diversity within a habitat), beta diversity (rate of species turnover along spatial gradients) and gamma diversity, or overall biological variability within a landscape. EIS provide a wide spectrum of options for quantification of all components of biodiversity.

Main threats of existence (and consequently biodiversity) involve environmental stress (drought, extreme temperatures, pollution et c.), habitat disturbance and biotic interactions. This article describes trends of human induced environmental changes in Serbia that increase environmental stress (climate change, air and water pollution, soil erosion). Trends of environmental change were assessed using time series of data that are stored in EIS.

## Улога еколошког информационог система у очувању биолошке разноликости

Бранко Караџић  
Агенција за заштиту животне средине

### Увод

Еколошка криза, која постаје све инензивнија, јасно је корелисана са социо-економским развојем друштва. Перманентни раст људске популације, који је праћен урбанизацијом и развојем привредних сектора (рударство, енергетика, индустрија, саобраћај) генерише читав низ еколошких проблема, који могу бити *локални* (неуређене депоније отпада, емисија тешких метала из неког индустријског постројења), *регионални* (еутрофикација и загађење међународних река) или пак *глобални* (климатске промене, уништавање стратосферског озона, ерозија земљишта, и тако даље). Европска агенција за животну средину (ЕЕА, 1992) је, на основу детаљних анализа, издвојила најзначајније еколошке проблеме са којима је суочено савремено друштво. Ти проблеми обухватају:

- Климатске промене
- Уништавање стратосферског озона (што доводи до повећаног нивоа ултраљубичастог зрачења)
- Губитак биолошке разноликости
- Опасност од нуклеарних акцидената
- Ацидификација (закишељавање) водених и копнених екосистема
- Повећани ниво тропосферског озона и других фотохемијских оксиданата
- Деградација шумских екосистема
- Загађење воде
- Деградација приобалних екосистема
- Отпад
- Загађење ваздуха у урбаним срединама и околини великих индустријских комплекса
- Опасност од хемијских удеса.

Велики број међународних уговора у области заштите животне средине, који дефинишу и уређују врло широк круг питања између држава, између држава и међународних организација и између међународних организација указује на значај и димензије еколошких проблема. Савремена политика тежи ка интегралном приступу решавања проблема животне средине, што подразумева сарадњу на билатералној или мултилатералној основи.

Ублажавање економско-еколошког конфликта не може се остварити без поузданих информација о стању и трендовима промене појединих компоненти животне средине. Зато су законским регулативама (како на националном, тако и међународном нивоу) утврђене обавезе *мониторинга* (сталног и систематског) праћења појединих компоненти животне средине и *периодичног извештавања* о стању и променама животне средине како на локалном, тако и на глобалном нивоу.

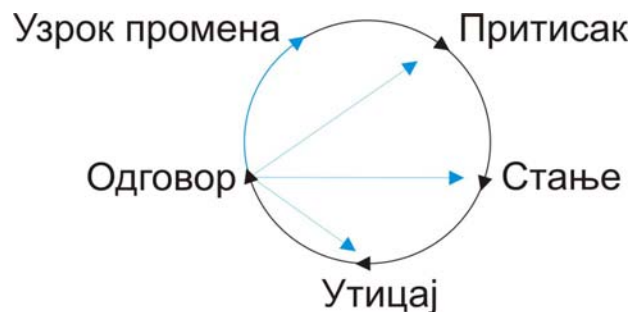
Имајући у виду потребу за добијањем што квалитетнијих еколошки релевантних информација, у оквиру Министарства науке и заштите животне средине Републике Србије формирана је *Агенција за заштиту животне средине*

Приоритетни циљ рада Агенције обухвата формирање *Националне банке података* о свим компонентама животне средине на територији Републике Србије. Агенција ће у сарадњи са мрежом постојећих институција и лабораторија формирати *интегрални систем за прикупљање и обраду еколошких информација*. Поред тога, Агенција има и обавезу публикавања периодичних извештаја о стању и променама животне средине у Србији.

У овом раду је истакнут значај еколошких информационих система у дефинисању политике заштите природе, биодиверзитета и генетичких ресурса.

### Антропогено индуковане промене животне средине

Европска Агенција за животну средину (European Environment Agency, 2003) је повезаност социо-економског развоја са деградацијом животне средине представила нешто комплекснијом шемом (Слика 1).



Слика 1. Каузално-последична повезаност социо-економског развоја и деградације животне средине (ЕЕА, 2003).

Антропогени узроци промене животне средине су бројни (развој енергетике, рударства, индустрије, саобраћаја, туризма, пољопривреде, интензивна урбанизација). Социолошко - економски развој врши перманентни *притисак* на

екосистеме (емисија сумпор диоксида, азотових оксида, угљен диоксида, пестицида, тешких метала, коришћење биолошких, минералних и водних ресурса). Тренутно *стање* животне средине (квалитет ваздуха, воде и земљишта, диверзитет флоре и фауне проценат шумљености и тако даље) резултат је како природних процеса, тако и антропогених притисака. *Утицај* промењене животне средине на жива бића огледа се у промени биохемијских процеса, метаболизма, физиологије, раста и развића, што може угрозити здравље и живот како људи, тако и других група организама. *Одговор* друштва на еколошке проблеме обухвата низ политичких, правних и економских активности и мера које су усмерене ка решавању еколошких проблема и максималном усклађивању социолошко-економског развоја са заштитом животне средине.

У најдрастичнијем случају антропогено индуковане промене животне средине могу угрозити опстанак појединих органских врста. Узроке нестанка врста детаљно је анализирао (S t i l l i n g, 1996). Високо специјализоване врсте, са уском еколошком амплитудом, нестају далеко бржом стопом од еуривалентних врста које су адаптиране на шире варирање еколошких услова (P i a n k a, 1984).

Стопа нестанка врста у геолошком времену била је мања од стопе специјације, што је условило усложњавање екосистема и пораст биодиверзитета. Међутим, рецентне врсте нестају знатно већом стопом него што је то био случај са просечним нестанком врста кроз геолошко време. Овакав тренд је у великој мери условљен антропогеним променама екосистема.

### **Компоненте биолошког диверзитета**

*Биолошки диверзитет* може се дефинисати као *варијабилност живог света*. Ова крајње уопштена дефиниција захтева даљу елаборацију, јер биолошка варијабилност представља вишекомпонентни, сложени параметар који обухвата интраспецијску (*популациону*) и интерспецијску (*ценотичку*) разноликост.

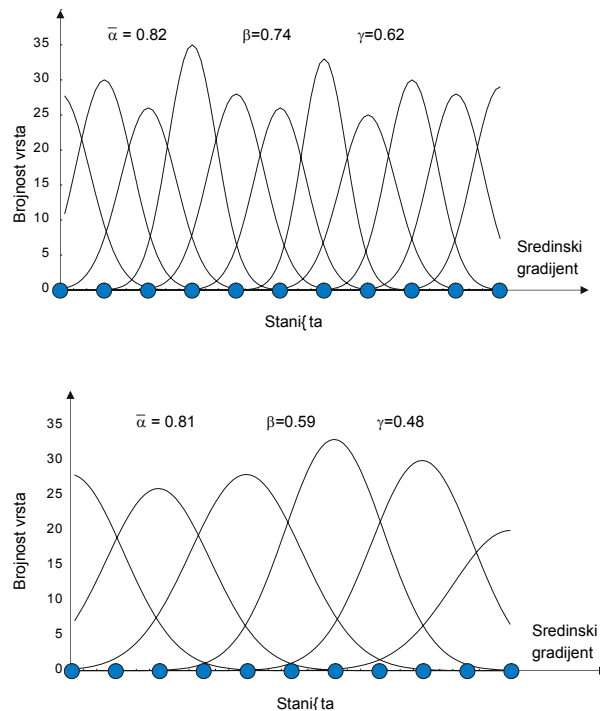
Интраспецијска или популациона варијабилност резултат је генетичке варијабилности, варијабилности индуковане дејством срединских фактора и варијабилности која настаје интеракцијом генетичке основе и услова средине у којој се организам налази.

С друге стране, ценотичка варијабилност може се поделити на варијабилност унутар станишта (*алфа диверзитет*), биолошку варијабилност дуж просторног градијента (*бета диверзитет*) и укупну варијабилност у датом региону (*гама диверзитет*). У квантитативном смислу, гама диверзитет представља производ алфа и бета диверзитета.

Алфа диверзитет је, пре свега одређен бројем врста у станишту. Међутим, алфа диверзитет зависи и од релативне бројности врста које се налазе у датој заједници. Полазећи од информационе теорије и теорије система (S h a n n o n & W e a v e r, 1949), еколози су развили концепт диверзитета по којем се хетерогеност (разноликост) заједница може дефинисати на основу квалитативног састава (броја врста), као и квантитативне заступљености појединих врста у станишту. Алфа диверзитет се може одредити применом читавог спектра

различитих метода (Fisher, Corbet & Williams, 1943; Simpson, 1949; Hill, 1973; Pielou, 1975, Orłoci, 1978).

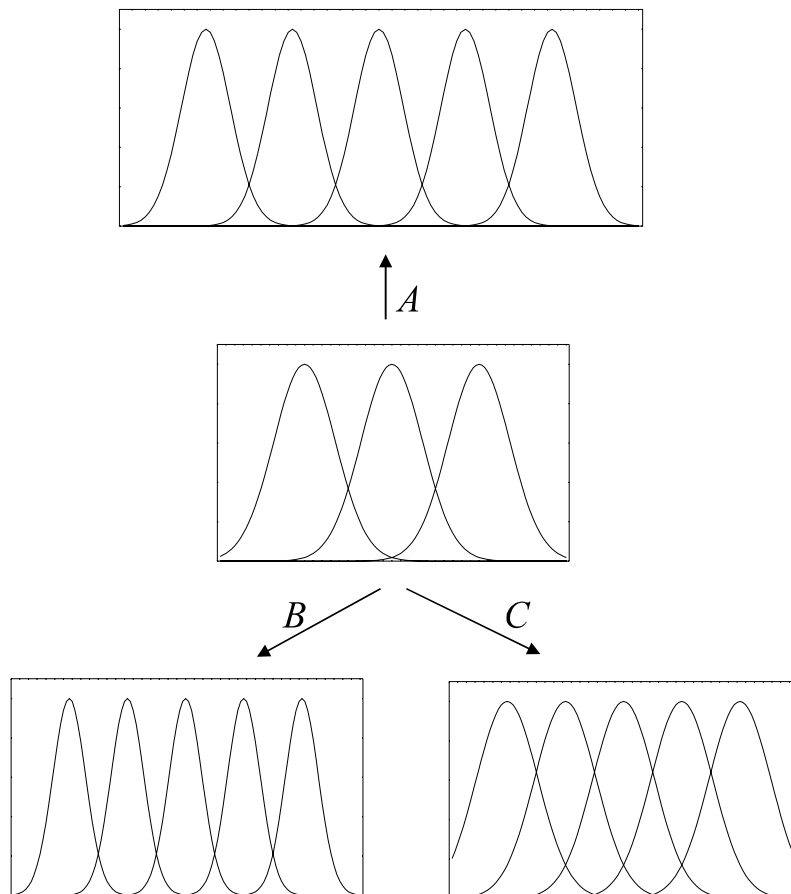
Whittaker (1965, 1972) је додатно развио концепт интерспецијског диверзитета, полазећи од чињенице да биолошка разноликост одређеног подручја зависи од диверзитета појединачних заједница које се налазе у том подручју, али и од стопе замене врста дуж просторног градијента. Концепт бета биверзитета може се илустровати следећим примером. Претпоставимо да је биолошка разноликост анализирана у два предела. Претпоставимо даље, да је трансектом обухваћено по 11 заједница у сваком пределу и да је алфа диверзитет у свакој заједници приближно исти (слика 2). И поред тога што је просечна вредност алфа диверзитета у оба предела слична, њихова биолошка разноликост биће драстично различита уколико је замена врста дуж једног трансекта већа. Стопа флористичке или фаунистичке замене врста (species turnover) дуж одређеног трансекта може се квантификовати применом неколико алтернативних метода (Whittaker, 1960; Cody 1975; Wilson & Shmida, 1984; Routledge, 1977, Wellend, 2001).



Слика 2. Илустрација концепта алфа, бета и гама диверзитета. Просечна вредност алфа диверзитет у заједницама које се налазе на два различита трансекта може бити приближно иста (у овом примеру  $\alpha_1 = 0.82$  и  $\alpha_2 = 0.81$ ). Међутим уколико је бета диверзитет на трансектима различит (у овом примеру  $\beta_1 = 0.59$  и  $\beta_2 = 0.74$ ), онда је укупни биолошки диверзитет у пределима који су обухваћени трансектима битно различит ( $\gamma_1 = 0.61$  и  $\gamma_2 = 0.48$ ).

Имајући у виду чињеницу да је биолошка разноликост вишекомпонентни параметар, индикатори који указују на ниво и степен угрожености биолошке разноликости веома су хетерогени. Трендови промене биолошког диверзитета могу се анализирати и предвидети на основу популационих, ценотичких и биогеографских показатеља.

Биолошки диверзитет варира у широким границама како локално, тако и на глобалном нивоу. У еколошкој литератури често је вођена полемика о узроцима и покретачким снагама процеса диверзификације биолошких система. *M a s A r t h u r* (1972) је једноставним анализама дошао до генералног модела диверзификације еколошких заједница (слика 3). Према том моделу, биолошки диверзитет датог подручја моће се повећати уколико се повећа хетерогеност станишта, уколико се повећа преклапање еколошких ниша или пак уколико се процесом еволуције врсте уско специјализују на дате станишне услове.



Слика 3. Механизам повећања биолошког диверзитета у одређеном подручју. Биолошка разноликост може се повећати уколико се повећа хетерогеност станишта (A), повећа еколошка специјализација врста (B), или се повећа преклапање еколошких ниша (C).

## Фактори који угрожавају опстанак и теорија еколошких ниша

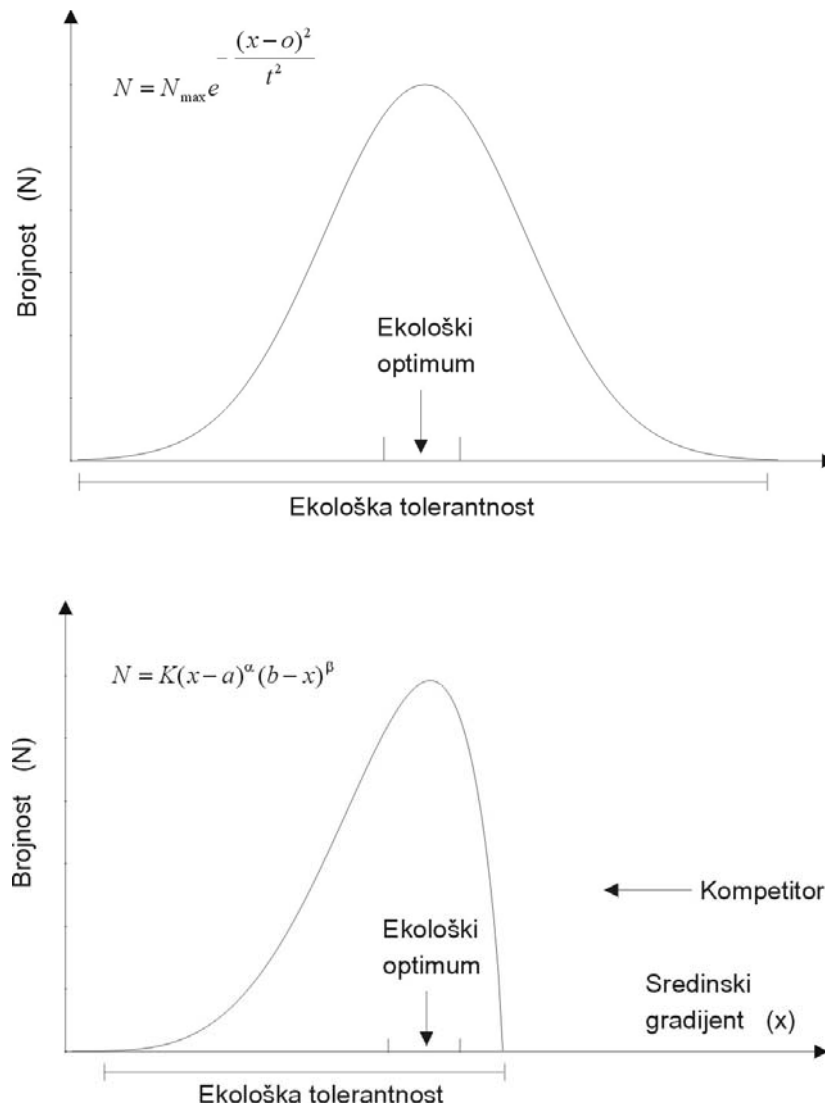
G r i m e (1979) сматра да се средински фактори који врше еколошки притисак и угрожавају опстанак врста на датом станишту могу груписати у три категорије: *стресогени абиотички фактори* (суша, екстремно ниске или високе температуре, екстремно висока или ниска инсолација и тако даље), *периодично нарушавање станишта* и *биотичке интеракције* (компетиција, предаторски притисак, паразитизам и тако даље).

Реакција организама на дејство еколошког притиска може бити двојака. С једне стране, природна селекција мења генетичку структуру популација што резултира *адаптацијама*, то јест наследним морфо-физиолошким карактеристикама које обезбеђују организмима који поседују те карактеристике боље преживљавање и/или већу репродукцију.

На еколошке притиске организми могу реаговати и *модификацијама*, односно ненаследним морфо-физиолошким променама које се, унутар реакционе норме коју одређује генотип организма, остварују диференцијалном активацијом гена.

Адаптације представљају карактеристике које организмима који их поседују омогућавају боље преживљавање и бољу репродукцију у *одређеним еколошким условима*. У другим условима, међутим, те исте карактеристике неминовно смањују прилагођеност организма. На основу тога може се закључити да се адаптираност (степен прилагођености) сваке јединке, популације или врсте постепено мења са променом еколошких услова. *Диференцијална адаптираност* биљака и животиња може се анализирати у односу на један или неколико фактора спољашње средине. Уколико се пође од једног еколошког фактора (светлост, вода, температура или рН земљишта), онда се диференцијална адаптираност врста може представити кривом толерантности. Та крива има звонаст облик и на њој се могу уочити три параметра (еколошки оптимум, горња и доња граница еколошке толерантности). Еколошки оптимум одговара условима који датој врсти обезбеђују максималне стопе преживљавања и репродукције. Са удаљавањем од зоне еколошког оптимума, адаптираност врсте постепено опада све док еколошки услови не постану толико неповољни да је опстанак у њима немогућ. Две леталне зоне (смртоносне зоне еколошког минимума и еколошког максимума) одређују *еколошку валенцу*, односно дијапазон варирања одређеног срединског фактора унутар којег једна врста може опстати.

У одсуству биолошких интеракција, диференцијална адаптираност врсте у односу на варирање једног срединског фактора може се описати симетричном Гаусовом кривом (Слика 4а). У природним условима, у присуству компетитора, предатора или паразита, диференцијална адаптираност врсте постаје ужа и више асиметрична, што се може описати бета-функцијом (Слика 4б).



Слика 20 Диференцијална адаптираност врсте у односу на варирање једног срединског фактора у А) одсуству конкуратора, предатора или паразита и б) у природним условима.

Неке врсте имају широке границе толерантности што им омогућује опстанак у доста хетерогеним стаништима. Ове врсте могу се означити као *еуривалентне*. Насупрот њима, *стенвалентне* врсте имају релативно уске границе толерантности.

Диференцијална адаптираност врсте може се интерполирати и у односу на 2, 3 или  $n$  еколошких фактора. Примена матричног рачуна омогућава анализу простора са неограниченим бројем димензија. Н у т с х и н с о н (1957) је користећи модел диференцијалне адаптираности врста дефинисао *еколошку нишу* као  $n$ -



*димензионални простор који обухвата опсег варирања свих еколошких фактора унутар којег дата врста може опстати.*

Hutchinson (op. cit.) разликује *фундаменталну* (идеализовану) и *реализовану* (реалну) еколошку нишу. Концепт фундаменталне и реализоване нише заснован је на анализама раста популација у монокултурама (или лабораторијским условима) и у условима биолошких интеракција. У одсуству биолошких интеракција, диференцијална адаптираност врсте у односу на варирање једног срединског фактора може се описати симетричном Гаусовом кривом. У природним условима, у присуству компетитора, предатора или паразита, диференцијална адаптираност врсте постаје ужа и више асиметрична, што се може описати бета-функцијом (Austin, 1985, Karadžić, Marinković and Kataranovski, 2003).

По правилу, уколико је врста више специјализована на дате еколошке услове, утолико је њен опстанак више угрожен. Зато је утврђивање опсега варирања срединских фактора унутар којег је могућ опстанак дате врсте од велике важности у конзервационој биологији. Степен угрожености дате врсте у обрнутој је корелацији са ширином еколошке нише. То правило је емпиријски потврђено. Наиме, највећи број врста које су нестале у периоду од 1600. године до данас везан је за сложене екосистеме тропских области. Врсте које егзистирају у тропским екосистемима високо су специјализоване. Услед изражене стеновалентности, многе врсте из тих области нису могле адекватно да се прилагоде на брзе, антропогено изазване промене екосистема, што је допринело њиховом нестанку.

## **Еколошки информациони систем**

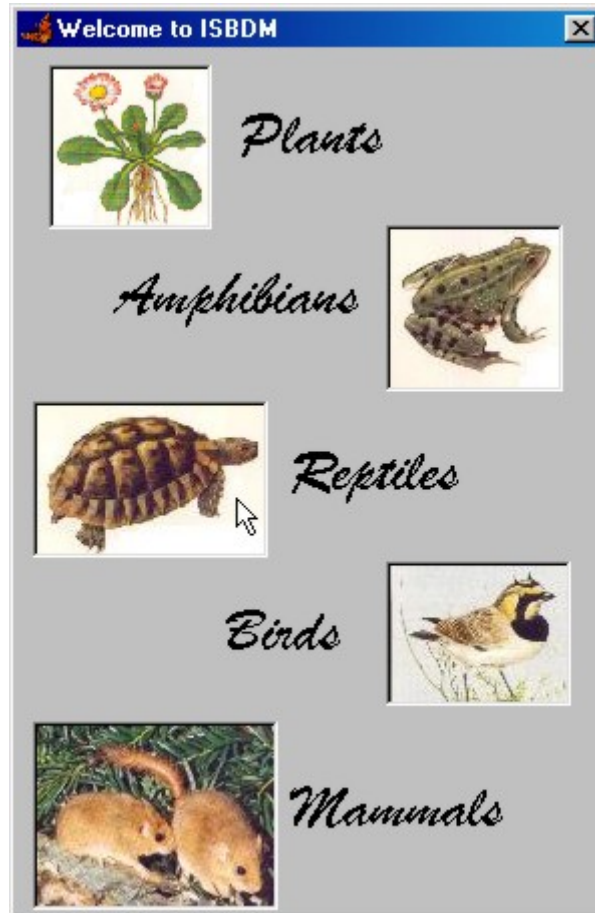
Како је већ наглашено, приоритетни циљ рада Агенције за заштиту животне средине обухвата формирање информационог система и интегралне банке података о свим компонентама животне средине на територији Републике Србије. Интегрални информациони систем састоји се од низа подсистема који садрже податке о

- климатским променама,
- квалитету ваздуха
- квалитету и квантитету површинских и подземних вода
- квалитету и степену деградације земљишта
- количини генерисаног и прерађеног отпада
- биолошком диверзитету и
- здрављу хумане популације.

Сваки од ових подсистема садржи три функционалне целине за унос података, за статистичку обраду података и за генерисање извештаја о стању и тренду промена појединих компоненти животне средине. У овом раду детаљно је описан део еколошког информационог система који се односи на податке о биолошкој разноликости.

Окосницу Информационог Система за Мониторинг Биолошког Диверзитета (ИСМБД) чини систем геореференцираних база података. Базе података су дизајниране сагласно специфичностима које су везане за одређене групе организама. У овом тренутку формиран су сетови база података за *Planta*,

*Amphibia, Reptilia, Aves u Mammalia*. Приступ појединим базама врши се селектовањем жељене групе организама (Слика 5).



Слика 5. Приступ појединим базама података врши се селектовањем жељене групе организама.

ИСМБД садржи низ опција за примену статистичких метода помоћу којих се може проценити бројност, а самим тим предвидети и пратити популациона динамика појединих таксона (Bailey, 1951; Jolly, 1965; Seber, 1965; Levensh & Levin 1979; Lowe, 1969; Leslie, 1945; Caughlay, 1976). Информације о периодичности и величини популационих осцилација неопходне су у дефинисању програма заштите ретких и угрожених врста.

Поред популационих и центичка истраживања могу допринети сагледавању промена биолошког диверзитета. Стопа замена врста, а самим тим и бета диверзитет одређеног подручја директно је пропорционалан броју еколошких заједница које се налазе у том подручју. Зато се приликом еколошке валоризације

датог подручја велика пажња мора посветити ценолошким анализама. У оквиру ИСМБД могу се применити бројне методе нумеричке класификације (S ø r e n s e n, 1948; S o k a l & M i c h e n e r, 1958; B o n n e r, 1964; J a n c e y, 1966; S n e a t h and S o k a l, 1973; Ć e š k a and R o a m e r, 1975; J a n s s e n, 1975; D a l e and W e b b, 1975; v a n d e r M a a r e l et al., 1978; L o u p p e n and v a n d e r M a a r e l, 1979; G a u c h, 1980; W i l d i, 1989; K a r a d ž i ć, 1990, 1991, K a r a d ž i ć et al., 1998, K a r a d ž i ć & P o p o v i ć, 1993; C a r l e t o n et al, 1996) и ординације (G o o d a l 1954; B r a y & C u r t i s 1957; G o w e r, 1966; O r l o c i 1978; K o j i ć et al., 1994; 1996; V r b i ć a n i n et al., 1998; K a r a d ž i ć & P o p o v i ć, 1994, K a r a d ž i ć et al., 1999 H i l l, 1979, T e r B r a a k, 1986, M c C u n e and M a f o r d, 1994) што олакшава типолошке анализе и утврђивање бета диверзитета.

Трендови промене биолошког диверзитета могу се сагледати на основу детаљних биогеографских анализа. Интензиван развој примењене екологије, биогеографије и информатике резултирао је креирањем Географског Информационог Система (ГИС), који је намењен за географска истраживања, али може наћи широку примену и у екологији (H a i n e s - Y o u n g et al, 1993; N e l d e r et al., 1995; G o o d c h i l d, 1994). Подаци који се налазе у базама еколошког информационог система су геореференциране, што омогућује израду тематских мапа на основу којих се могу утврдити како просторне, тако и временске промене биолошке разноликости на територији Републике Србије.

## **Трендови промене животне средине на територији Републике Србије**

Климатске промене које су антропогено индуковане представљају један од најзначајнијих еколошких проблема. Енергетски биланс атмосфере, од којег зависе климатски услови, детерминисан је зрачењем Сунца и хемијским саставом ваздуха.

У зависности од температуре, и хемијског састава, атмосфера се може поделити на неколико слојева. Најнижи слој атмосфере означене је термином *тропосфера*. Овај атмосферски слој простире се до 16 километара на Екватору, односно до 8 километара на половима. Приземни слој тропосфере одликује највиша температура ваздуха (око 20 °C). Са удаљавањем од земљине површине температура постепено опада (приближно 6.5 °C на сваких 1000 метара). Просечна температура у горњим слојевима тропосфере је -56.5 °C.

*Стратосфера* је слој атмосфере који се простире од 11 до 50 километара изнад земљине површине. Око 19.9% ваздуха налази се у овом слоју атмосфере. На висинама од 20 до 50 километара изнад површине Земље температура постепено расте, захваљујући слоју стратосфере у којем доминира озон. Молекули озона апсорбују ултраљубичасте, али и инфрацрвене зраке, што повећава ниво њихову кинетичку енергију а самим тим и температуру.

Проласком кроз атмосферу, соларни зраци загревају копно и воду. Загрејана површина Земље емитује инфрацрвене зраке, које апсорбују поједини гасови атмосфере, пре свега угљен диоксид (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), азот субоксид

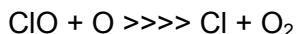
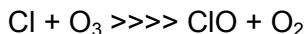
(N<sub>2</sub>O), водена пара и озон (O<sub>3</sub>). Апсорбовани кванти инфрацрвеног зрачења повећавају ротацију и вибрацију молекула ових гасова, а самим тим и температуру ваздуха. Загрејани молекули гасова реемитују инфрацрвене зраке у свим правцима, па и ка површини Земље, што успорава хлађење копна и воде. Обзиром на чињеницу да и стаклена башта задржава велику количину топлоте, наведени гасови су популарно означени термином *гасови са ефектом стаклене баште*. Без ефекта стаклене баште просечна температура планете Земље, која износи око 15 °C, би била далеко нижа, износила би око -18 °C.

Најзначајније активности хумане популације које доприносе повећању концентрације гасова са ефектом стаклене баште обухватају енормну потрошњу фосилних горива, развој индустрије, интензивна употреба вештачких ђубрива у пољопривреди и саобраћај.

Уништавање стратосферског озона, који филтрира велике количине високоенергетског ултраљубичастог зрачења, додатно утиче на пораст температуре. Велика емисија делимично или потпуно халогенизованих угљоводоника, која обухвата хлорфлуор угљоводонике (HFC), хлор-флуор угљеникова једињења (CFC) и халоне (једињења брома, флуора, угљеника, и у неким случајевима хлора и водоника), сумпорхексафлорида (SF<sub>6</sub>) и других високо реактивних једињења доприноси уништавању стратосферског озона. Kurylo and Rodriguez, 1999; Prinn and Zander, 1999, Butler *et al.*, 1999 су дали детаљан преглед ових једињења и процену њиховог утицаја на процес деградације стратосферског озона. Хлор флуор угљеникова једињења су први пут нашла широку примену 1928. године, у General Motors Corporation, где су их користили за расхладне уређаје уместо токсичног амонијака. Ова једињења се одликују ниском тачком кључања (на пример, тачка кључања етил хлорида је само 12,5°C), па се могу користити за расхладне уређаје, у козметичкој индустрији (аеросол распршивачи), у медицини за стерилизацију медицинске опреме и као локални анестетици, у производњи порозних материјала (стиропор, пур пена, сипорекс) и као растварачи за чишћење појединих електронских и металуршких производа.

Деловањем ултраљубичастог зрачења у стратосфери, ова једињења дисосују, формирајући при том високореактивне халогенске радикале који се једине са озоном.

Ланчаним реакцијама

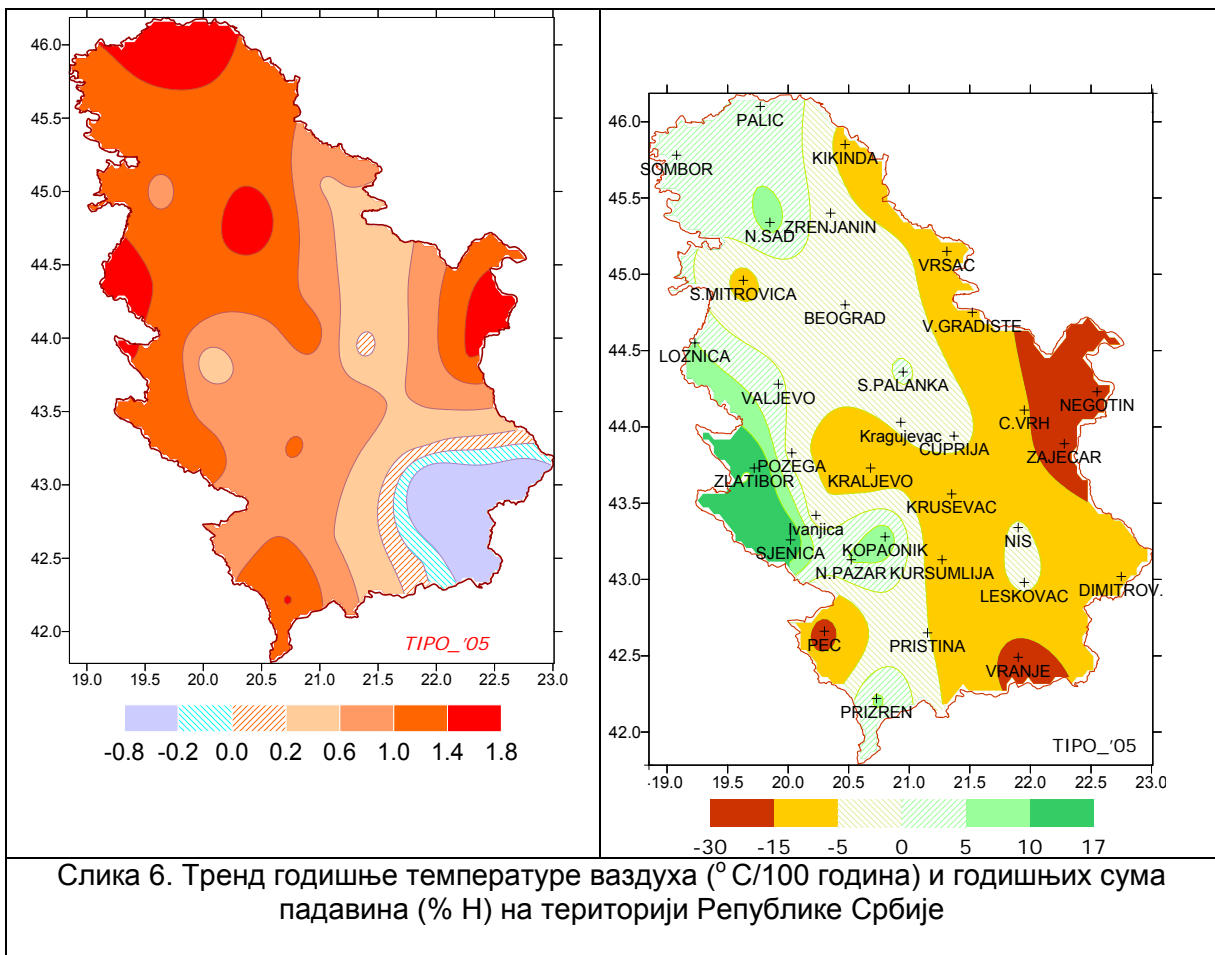


један атом хлора уништи близу 100 000 молекула озона. Редукцијом озонског омотача појачава се ниво ултраљубичастог зрачења, што има низ нежељених последица од којих су најзначајније: повећани проценат људи оболелих од рака коже и катаракта, оштећење имуног система, смањена продуктивности биљака и пораст генетичких мутација код свих група организама, укључујући ту и човека,

Промена климе детектована је на глобалном нивоу. Детаљним анализама временских серија како просечних годишњих температура, тако и просечних

количина падавина утврђени су трендови климатских промена на територији Републике Србије (Слика 6). Трендови климатских промена генерисани су на основу вишегодишњих мерења (период од 1951-2004). Републичког хидрометеоролошког завода Србије.

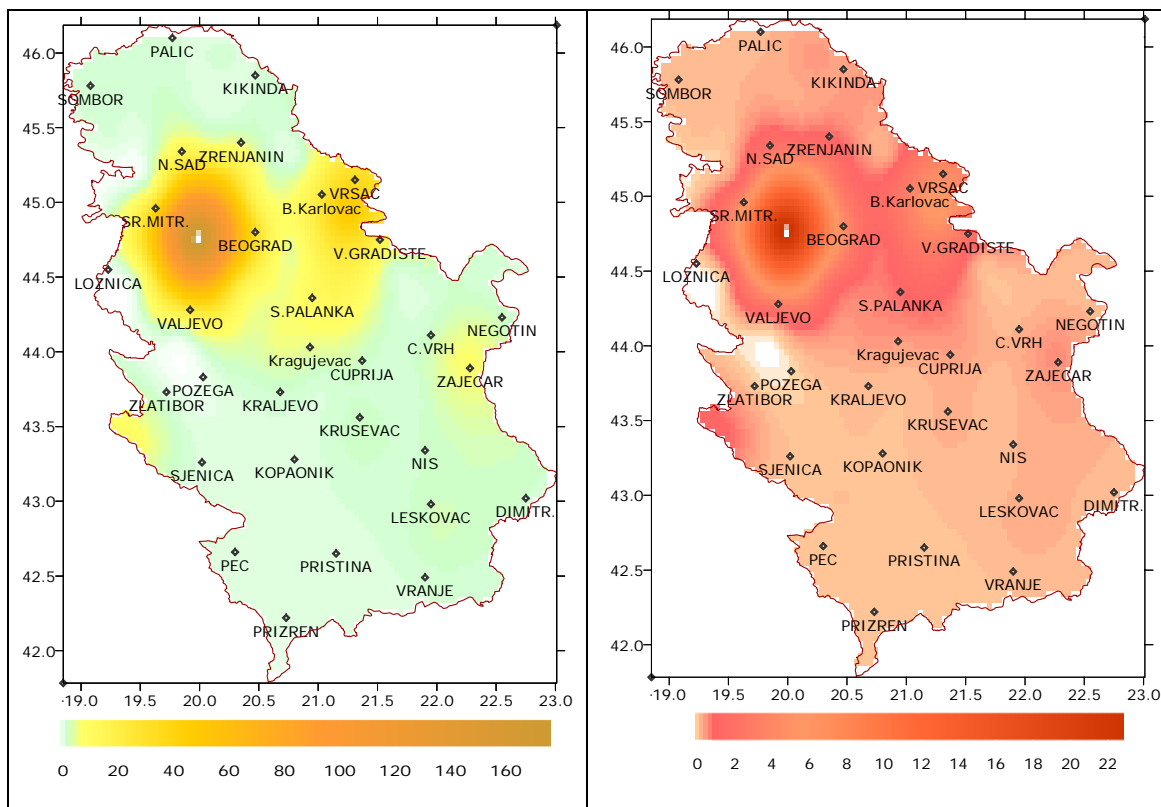
Тренд годишњих температура ваздуха на подручју Србије, по подацима из периода 1951-2004 варира од  $-0.66$  °C/100 година (Лесковац) до  $+1.76$  °C/100 година (Палић). Најинтензивнији тренд пораста температуре забележен је на северу Војводине, подручју града Београда, Неготинској крајини и подручју Лознице.



За већи део Србије карактеристичан је негативан тренд годишњих сума падавина, који је најизражајнији у Неготинској крајини. Позитиван тренд падавина је карактеристичан за област Златибора, Пештерске висоравни и дела Копаоника.

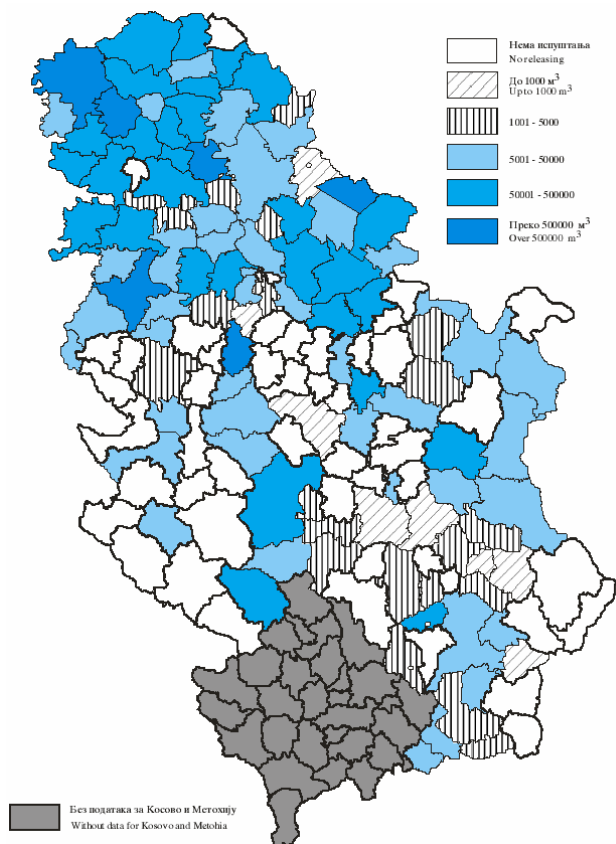
Аерозагађење представља озбиљан еколошки проблем који угрожава виталност како хумане популације, тако и популација других организама. На слици

8 могу се уочити подручја Републике Србије која су највише изложена аерозагађењу. Подаци о емисијама SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> у периоду 1999-2003. добијени су од Републичког хидрометеоролошког завода Србије, који учествује у реализацији ЕМЕП програма. ЕМЕП (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air pollutants in Europe) је стручно тело Конвенције о прекограничном загађењу ваздуха (The Convention on Long-range Transboundary Air Pollution), које прикупља и размењује податке о емисијама полутаната и загађењу ваздуха.



Слика 7. Територијална расподела билансираних просечних годишњих емисија сумпордиоксида, SO<sub>2</sub> (a) и NO<sub>2</sub> (b), у периоду 1999-2003. (јединице Gg )

Емисија полутаната у акватичне екосистеме је процес који се тешко може квантификовати. Тачкасти загађивачи обухватају комуналне и индустријске отпадне воде. С друге стране, дифузни загађивачи обухватају агрикултурне површине. Спирањем пестицида и вештачких ђубрива долази до контаминације и еутрофикације водених екосистема, што умањује квалитет вода и



Слика 8. Интензитет емисије полутаната у акватичне екосистеме Србије.

Ерозија земљишта представља један од најзначајнијих еколошких проблема на територији Републике Србије. Стопа формирања земљишта изузетно је спора (приближно 1 mm током 200-400 година). Типични профил емљишта формира се у периоду од 2000 до 10 000 година. Процес деградације и губитка земљишта знатно је бржи (чак 10 до 40 пута) од процеса формирања новог земљишта. Имајући то у виду, може се закључити да је земљиште *условно обновљив ресурс* од непроцењиве вредности.

Антропогено нарушавање екосистема у великој мери поспешује ерозију земљишта. Поред процеса ерозије, земљиште се *уништава површинским коповима (Слика 9), јаловиштима рударско-металуршких комплекса или пак депонијама комуналног отпада*. Посебан проблем представља *непланска урбанизација и неплански развој саобраћајне инфраструктуре* у областима које се одликују најквалитетнијим земљиштем.



Слика 9. Сателитски снимак колубарских површинских копова.

### **Антропогено индуковане промене животне средине и њихов утицај на биолошки диверзитет**

У зависности од фреквенце, интензитета и времена антропогено-индукованих промена екосистема, може се формирати градијент нарушености станишта, који обухвата ретка подручја у којима је експлоатација природних ресурса занемарива, силвикултуре, агрикултурна подручја, субурбане и урбане средине у којима је деградација екосистема доведена до крајњих граница.

Перманенти раст људске популације који је праћен неадекватним социо-економским развојем, резултира низом нежељених последица од којих се могу навести: драстично повећање подручја модификованих у силви- и агри-културе; интензивна фрагментација станишта услед развоја рударско-енергетских комплекса, индустријско-комуникационих система и (суб)урбаних површина; неадекватна експлоатација природних ресурса, изнад одрживог развоја екосистема (прекомерни лов и риболов, неконтролисана експлоатација шума); интродуковање алохтоних врста (уношење врста из географски удаљених области



у одређено станиште); перманентно загађење ваздуха, воде и земљишта читавим низом полутаната (оксиди сумпора, азота, тешки метали); повећани ниво јонизујућег и нејонизујућег зрачења и промене климе.

Синергистичко деловање ових фактора довело је до драстичног смањења биодиверзитета како на локалном, тако и на глобалном нивоу.

Уочени тренд термоксиеризације климе на територији Републике Србије може угрозити велики број фригорифилних и мезофилних врста.

Велике емисије сумпор диоксида могу допринети ацидификацији екосистема. У неким случајевима енормне емисије сумпор диоксида могу изазвати акутна и хронична оштећења како људи, тако и других организама.

Проблем еутрофикације акватичних екосистема све је израженији. Имајући то у виду, наша држава се укључила у реализацију неколико међународних пројеката чији је циљ заштита река црноморског слива.

Енормна и неадекватна експлоатација шумских екосистема допринела је фрагментацији станишта и драстичном смањењу биолошке разноликости. Најзад, проблем интродукције алохтоних врста, који је најизраженији у акватичним екосистемима, битно угрожава опстанак ретких и биогеографски значајних врста које се налазе на територији Републике Србије.

## Литература

- Austin, M. P. 1985. Continuum concept, ordination methods and niche theory. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16: 39-61.
- Bailey, N. T. J. 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. *Journal of Animal Ecology*, 21, 120-127.
- Bonner, R. E. 1964. On some clustering techniques. *IBM Journal of Research and Development*, 8, 22.
- Bray, J. R. and Curtis, J. T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 22, 217-234.
- Butler, J.H., M. Battle, M.L. Bender, S.A. Montzka, A.D. Clark, E.S. Saltzman, C.M. Sucher, J.P. Severinghaus and J.W. Elkins, 1999: A record of atmospheric halocarbons during the twentieth century from polar firn air. *Nature*, 399, 749-755.
- Carleton, T. J., Stitt, R. H. and Nieppola, J. 1996: Constrained indicator species analysis (COINSPAN): an extension of TWINSPAN. *Journal of Vegetation Science* 7, 125-131.
- Caughlay, G. 1976. *Analysis of Vertebrate Populations*. Wiley, Chichester, England.
- Češka, A. & Roemer, H. 1971. A computer program for identifying species- releve groups in vegetation studies. *Vegetatio*, 23, 255-276.
- Cody, M. L. 1975. Towards a theory of continental species diversities: bird distributions over Mediterranean habitat gradients. In: *Ecology and Evolution of Communities*

- (M. L. Cody and J. M. Diamond eds.) pp 214-257. Harvard University Press, Cambridge.
- Colwell, R. K. and Futuyma, D. J. (1971). On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 52, 567-576.
- Dale, M. B. and Webb, L. J. 1975: Numerical methods for the establishment of associations. *Vegetatio* 30: 77-87.
- Digby, P. G. and Kempton, R. A. 1987: *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, London.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S. and 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*, 12, 42-58.
- Gauch, H. G. 1980: Rapid initial clustering of large data sets. *Vegetatio* 42, 103-113.
- Goodall, D. W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay on the use of factor analysis. *Australian Journal of Botany* 2: 304-324.
- Goodchild, M. F. 1994. Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling: methodological issues. *Journal of Vegetation Science* 5, 615-626.
- Gower, J. C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53, 325-338.
- Grime, J. P. 1979. Competition and struggle for existence. In: Anderson, R. M., Turner, B. D. and Taylor, L. R. (eds.) *Population dynamics*. 123-140 pp. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Grime, J. P. 1979a. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley, London.
- Haines-Young, R., Green, D. R. & Cousins, S. 1993. *Landscape Ecology and Geographic Information System*. Taylor and Francis, London, N. Y.
- Hanson, H. C. 1934. A comparison of methods of botanical analysis of the native prairie in western North Dakota. *Journal of Agriculture Research*. 49, 815-842.
- Hill, M. O., 1973a Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427-432.
- Hill, M. O. 1979a: *TWINSPAN- a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Cornell University, Ithaca, N. Y.
- Hill, M. O. 1979b: *DECORANA- a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*. Cornell University, Ithaca, N. Y.
- Hill, M. O. and H. G. Gauch, 1980. Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- Hill, M. O., Bunce, R. G. H. and Shaw, M. W. 1975: Indicator species analysis, a divisive polythetic method of classification and its application to a survey of native pinewoods in Scotland. *Journal of Ecology*. 63, 597-613.
- Hutchinson, G. E. 1957: Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology* 22: 415-427.
- Janssen, J. G. M. 1975: A simple clustering procedure for preliminary classification of very large sets of phytosociological results. *Vegetatio* 30, 67-71.
- Jolly, G. H. 1965. Explicit estimates from capture recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika* 52, 225-247.

- Karadžić, B. 1990. On heterogeneity levels in numerical classification. I. Reversals generated by application of some agglomerative methods. *Archives of Biological Science* 42, 69-82.
- Karadžić, B. 1991. On heterogeneity levels in numerical classification. II. Heterogeneity of clusters formed by divisive classification. *Archives of Biological Science* 42, 69-82.
- Karadžić, B. and R. Popović, 1993. On the incompatibility of the chord distance with some classification and ordination algorithms. *Zhurnal Obschey Biologii Russ. Acad. Sci.*, 54, 430-437.
- Karadžić, B. and R. Popović, 1994. A generalized standardization in ecological ordination: tests with principal components analysis. *Journal of Vegetation Science* 5: 259-262.
- Karadžić, B. Marinković, S. and Kataranovski, D. 2003. Use of the  $\beta$ -function to estimate the skewness of species responses. *Journal of Vegetation Science* 14, 799-805.
- Karadžić, B., Šašo-Jovanović, V., Jovanović, Z., Karadžić, D. 1999. On detrending in correspondence analysis and principal component analysis. *Ecoscience* 6, 110-116.
- Karadžić, B., Šašo-Jovanović, V., Jovanović, Z., Popović, R. 1998. "FLORA" a database and software for floristic and vegetation analyzes. In: I. Tsekos and M. Moustakas (eds.) *Progress in Botanical Research.*, Kluwer Academic Press, Dodrecht, pp. 69-72.
- Kojić, M., R. Popović and B. Karadžić 1994. *Fitoindikatori i njihov značaj u proceni ekoloških uslova staništa*. Nauka, Beograd.
- Kojić, M., R. Popović and B. Karadžić 1997. *Vaskularne biljke Srbije kao indikatori staništa*. IIP "Srbija", IBISS, Beograd.
- Kurylo, M.J. and J.M. Rodriguez, 1999: Chapter 2, Short-lived Ozone-Related Compounds. In: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 44, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, pp 2.1-56.
- Leslie, P. H. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika*, 33, 183-212.
- Leslie, P. H. 1948. Some further notes on the use of matrices in population mathematics. *Biometrika*, 35, 213-245.
- Leverich, W. J. and Levin, D. A. 1979. Age-specific survivorship and reproduction in *Phlox drummondii*. *American Naturalist*. 113, 881-903.
- Lincoln, F. C. 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *Cir. US Department of Agriculture*. 118.
- Louppen, J. M. W. and van der Maarel, E. (1979) CLUSLA: a computer program for the clustering of large phytosociological data sets. *Vegetatio* 40, 107-114.
- Lowe, V. P. W. 1969. Population dynamics of the red deer (*Cervus elaphus* L.) on Rhum. *Journal of Animal Ecology*, 38, 425-457.
- MacArthur, R. H. 1960. On the relative abundance of species. *American naturalist*, 94, 25-36.
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical ecology*. Harper & Row, New York.

- Mayr, E. 1970. *Populations, Species and evolution*. Belknap Press of Harvard University Press, Massachusetts.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 1994. *PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data*. MjM Software design, Glenden Beach, Oregon.
- Minchin, P. R. 1987b. An evaluation of relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio* 69: 89-107.
- Mirkin, B. M. 1994) Which plant communities do exist? *Journal of Vegetation Science* 5, 283-284.
- Neldner, V. J., Crossley, D. C. & Cofinas, M. 1994. Using Geographic Information System (GIS) to determine the adequacy of sampling in vegetation surveys. *Biological Conservation*, 73, 1-17.
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364.
- Orloci, L. 1978: *Multivariate analysis in vegetation research*. Junk, The Hague.
- Paelinckx, D., D. De Baere, D. van Straaten and R., F. Verheyen. (1987). Application of multivariate analysis and Ellenberg's indicator values in autecology: A case study of *Rhynchospora alba* (L.) Vahl. and *R. fusca* (L.) Ait.F. *Abstracta Botanica*, 11, 27-42.
- Pianka, E. R. 1983: *Evolutionary ecology*. Harper and Row, New York.
- Pielou, E. C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, New York.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. Wiley-Interscience, New York.
- Preston, F. 1980. Noncanonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 61, 88-97.
- Prinn, R.G. and R. Zander, 1999: Long-lived Ozone Related Compounds. In: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 44,
- Rasmont, P., Speight, M. D. C. & Picton, B. E. 1986. A computer programme for conversion of the Irish Transverse Mercator projection to the Universal Transverse Mercator projection. *The Irish Naturalists' Journal*, 22, 44-51.
- Robertson, P. A. 1979. Comparisons among three hierarchical classification techniques using simulated coenoplanes. *Vegetatio*, 40, 175-183.
- Robinson, A. H. Sale, R. D. Muehrcke, P. C. 1984. *Elements of Cartography*. John Wiley, N. Y.
- Routledge, R. D. 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology*, 58, 1120-1127.
- Schnabel, Z. E. 1938. The estimation of total fish in a lake. *American Math. Mon.* 45, 348-352.
- Schumacher, F., X. and Eschmeyer, R. W. 1943. The estimation of fish populations in lakes and ponds. *Journal of Tenn. Academy of Science*, 18, 228-249.
- Seber, G. A. F. 1965. A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, 52, 249-259.
- Shannon, C. E. and Weaver, W 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Shoener, T. W. (1970). Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51, 408-418.
- Silvertown, J. W. 1987. *Introduction to plant population ecology*. Longman.

- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Skov, F. 1989. Hyper taxonomy-a new computer tool for revisional work. *Taxon*, 38, 582-590.
- Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R. 1973. *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman, San Francisco.
- Sokal, R. R. Michener, C. D. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Kans. Univ. Sci. Bull.* 38, 1409-1438.
- Sørensen, T. 1948: A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on Danish commons. *Biol. Skr., K. danske Vidensk. Selsk.* 5, 1-34.
- Stiling, P. 1996. *Ecology: Theories and Applications*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Stützel, T., Boos, E., Hoppe, J. 1993. *SysTax Ulm/Bochum, a database for systematic and taxonomic work - Manual*. Univ. of Ulm and German Research Foundation.
- ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- Van der Maarel, E. 1997. *Biodiversity: from Babel to Biosphere Management*. Opulus Press, Uppsala.
- van der Maarel, E., Janssen, J. G. M. and Louppen, J. M. W. 1978: TABORD, a program for structuring phytosociological tables. *Vegetatio* 38: 143-156.
- Vellend, M. 2001. Do commonly used indices of  $\beta$ -diversity measure species turnover? *Journal of Vegetation Science* 12, 545-552.
- Vrbičanin, S., Kojić, M. and Karadžić, B. 1998. New weed association in south-western Serbia. *Acta herbologica* 7, 63-79.
- Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistical Association* 58, 236.
- Whittaker, R. H. 1951. A criticism of the plant association and climatic climax concepts. *Northwest Sci.* 25, 17-31.
- Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147, 250-260.
- Whittaker, R. H. 1972. *Communities and Ecosystems*. Macmillan, New York,