



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

# ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ



ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ  
ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

SCIENTIFIC MEETINGS

Book CLXXI

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES

Book 12

---

ECOLOGICAL AND  
ECONOMIC SIGNIFICANCE  
OF FAUNA OF SERBIA

PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC MEETING

held on November 17, 2016

E d i t o r

Corresponding Member

RADMILA PETANOVIĆ

BELGRADE 2018

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

НАУЧНИ СКУПОВИ  
Књига CLXXI

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА  
Књига 12

---

# ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ СРБИЈЕ

ЗБОРНИК РАДОВА СА НАУЧНОГ СКУПА  
одржаног 17. новембра 2016.

Уредник  
дописни члан  
РАДМИЛА ПЕТАНОВИЋ

БЕОГРАД 2018

Издаје  
*Српска академија наука и уметности*  
Београд, Кнез Михаилова 35

Лектура и коректура  
*Тања Рончевић*

Прелом и дизајн корица  
*Никола Стевановић*

Технички уредник  
*Мира Зебић*

Тираж 400 примерака

Штампа  
Colorgrafx, Београд

Српска академија наука и уметности © 2018

САДРЖАЈ  
CONTENTS

Предговор	9
Preface	13
Александар Ћетковић, Владимир Стевановић ОЧУВАЊЕ И ВРЕДНОВАЊЕ БИОДИВЕРЗИТЕТА: КОНЦЕПТ ЕКОСИСТЕМСКИХ УСЛУГА И БИОЛОШКИ РЕСУРСИ ФАУНЕ	17
Aleksandar Ćetković, Vladimir Stevanović PRESERVATION AND EVALUATION OF BIODIVERSITY: THE CONCEPT OF ECOSYSTEM SERVICES AND BIOLOGICAL RESOURCES OF FAUNA	36
Душко Ћировић, Срђан Стаменковић ФАУНА СИСАРА СРБИЈЕ – ВРЕДНОВАЊЕ ФУНКЦИОНАЛНЕ УЛОГЕ И ЗНАЧАЈА ВРСТА У ЕКОСИСТЕМИМА	39
Duško Ćirović, Srđan Stamenković MAMMALS FAUNA OF SERBIA – VALORISATION OF FUNCTIONAL ROLE AND SPECIES IMPORTANCE IN ECOSYSTEMS	62
Воислав Васић О ВАЖНОСТИ ПТИЦА: ПРИМЕРИ ЕГЗИСТЕНЦИЈАЛНЕ ВРЕДНОСТИ И ПРАКТИЧНОГ ЗНАЧАЈА У СРБИЈИ	67
Voislav Vasić ON THE IMPORTANCE OF BIRDS: EXAMPLES OF THE EXISTENTIAL VALUE AND PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE BIRDS IN SERBIA	100

Имре Кризманић, Тања Вуков ВОДОЗЕМЦИ У СРБИЈИ ДАНАС И СУТРА – ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ	103
Imre Krizmanić, Tanja Vukov AMPHIBIANS IN SERBIA TODAY AND TOMORROW – ECOLOGICAL AND ECONOMIC VALUE	138
Мирјана Ленхардт, Весна Ђикановић, Александар Хегедиш, Желјка Вишњић-Јефтић, Стефан Скорић, Марија Смедеревац-Лалић КВАЛИТАТИВНО-КВАНТИТАТИВНЕ ПРОМЕНЕ ИХТИОФАУНЕ У ПРОТОЧНИМ ДУНАВСКИМ АКУМУЛАЦИЈАМА ПОСЛЕ ИЗГРАДЊЕ БРАНА ЂЕРДАПСКИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА	143
Mirjana Lenhardt, Vesna Đikanović, Aleksandar Hegediš, Željka Višnjić-Jeftić, Stefan Skorić, Marija Smederevac-Lalić QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHANGES IN THE ICHTHYOFAUNA OF THE DANUBIAN RESERVOIRS AFTER THE CONSTRUCTION OF THE IRON GATES HYDROPOWER PLANT DAMS	168
Зоран Марковић, Марко Станковић, Божидар Рашковић, Ненад Секулић, Весна Полексић АКВАКУЛТУРА У СЛУЖБИ ЗАШТИТЕ УГРОЖЕНИХ ВРСТА РИБА У СРБИЈИ	173
Zoran Marković, Marko Stanković, Božidar Rašković, Nenad Sekulić, Vesna Poleksić AQUACULTURE IN SERVICE OF EDANGERED FISH SPECIES PROTECTION IN SERBIA	195
Ивана Живић, Александар Остојић, Бранко Миљановић, Зоран Марковић МАКРОИНВЕРТЕБРАТЕ ТЕКУЋИХ ВОДА СРБИЈЕ И ЊИХОВ БИОИНДИКАТОРСКИ ЗНАЧАЈ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ	199
Ivana Živić, Aleksandar Ostojić, Branko Miljanović, Zoran Marković MACROINVERTEBRATES OF SERBIAN STREAMS AND THEIR SIGNIFICANCE AS BIOINDICATORS IN ESTIMATION OF WATER QUALITY	226

Дејан Пантелић, Срећко Ђурчић, Александар Крмпот, Дејан В. Стојановић, Михаило Рабасовић, Светлана Савић-Шевић МОРФОЛОШКЕ СТРУКТУРЕ НЕКИХ ПРЕДСТАВНИКА ЕНТОМОФАУНЕ СРБИЈЕ КАО МОДЕЛИ У БИОМИМЕТИЦИ	231
Dejan Pantelić, Srećko Ćurčić, Aleksandar Krmpot, Dejan V. Stojanović, Mihailo Rabasović, Svetlana Savić-Šević THE MORPHOLOGICAL STRUCTURES OF SOME REPRESENTATIVES OF THE ENTOMOFAUNA OF SERBIA AS MODELS IN BIOMIMETICS	250
Михаела Кавран, Александра Игњатовић Ћупина, Марија Згомба, Душан Петрић ЈЕСТИВИ ИНСЕКТИ – БЕЗБЕДНА ХРАНА ЗА ЉУДЕ И ДОМАЋЕ ЖИВОТИЊЕ	251
Mihaela Kavran, Aleksandra Ignjatović Ćupina, Marija Zgomba, Dušan Petrić EDIBLE INSECTS – SAFE FOOD FOR HUMANS AND LIVESTOCK	295
Жељко Томановић, Владимир Жикић КОМПЛЕКСИ БРАКОНИДНИХ ОСА (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) У СРБИЈИ И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ У БИОЛОШКОЈ КОНТРОЛИ	301
Željko Tomanović, Vladimir Žikić BRACONID COMPLEXES (HYMENOPTERA, ICHNEUMONOIDEA, BRACONIDAE) IN SERBIA; THE IMPORTANCE IN BIOLOGICAL CONTROL	308
Љубодраг Михајловић ЕКОЛОШКИ И ЕКОНОМСКИ ЗНАЧАЈ ФАУНЕ НАДФАМИЛИЈЕ CHALCIDOIDEA СРБИЈЕ (INSECTA:HYMENOPTERA)	313
Ljubodrag Mihajlović ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF ZOOLOGY OF THE SUPERFAMILIA CHALCIDOIDEA IN SERBIA (INSECTA: HYMENOPTERA)	337



- Иво Тошевски, Оливер Крстић, Јелена Јовић,  
Биљана Видовић, Радмила Петановић  
ИНСЕКТИ И ГРИЊЕ У ФАУНИ СРБИЈЕ ОД ЗНАЧАЈА  
ЗА КЛАСИЧНУ БИОЛОШКУ КОНТРОЛУ КОРОВА 341
- Ivo Toševski, Oliver Krstić, Jelena Jović,  
Biljana Vidović, Radmila Petanović  
INSECTS AND MITES IN THE FAUNA OF SERBIA –  
IMPORTANCE FOR THE CLASSICAL BIOLOGICAL  
CONTROL OF WEEDS 363
- Љубиша Станисављевић, Анте Вујић, Предраг Јакшић, Злата Марков,  
Александар Ћетковић  
ФУНКЦИОНАЛНО-ЕКОЛОШКИ СТАТУС, УГРОЖЕНОСТ И  
ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ИНСЕКТА ОПРАШИВАЧА У  
СРБИЈИ 367
- Ljubiša Stanisavljević, Ante Vujić, Predrag Jakšić, Zlata Markov,  
Aleksandar Ćetković  
FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL STATUS, VULNERABILITY  
AND ECONOMIC EVALUATION OF INSECT POLLINATORS IN  
SERBIA 411

## ПРЕДГОВОР

Тематски скуп о еколошком и економском значају фауне Србије, који је иницирао Академијски одбор за проучавање фауне Србије САНУ, одржан је у јубиларној години обележавања 175. годишњице САНУ, 17. новембра 2016. године.

Откада је појам **биодиверзитета** званично ушао у употребу 1992. године доношењем Конвенције о биолошкој разноврсности а потом и њеном ратификацијом којом су све државе потписнице преузеле **обавезу** да донесу законска акта и успоставе потребне активности на **заштити и вредновању** биодиверзитета, истраживања флоре, фауне и фунгије добила су на значају, а класичне биолошке дисциплине – таксономија, биогеографија и екологија – нашле су се у жижи интересовања не само научне већ и шире јавности. Таксономија, систематика и фаунистика, односно флористика, традиционалне биолошке дисциплине са најдужом традицијом у биологији, доживеле су свој препород или тријумфални повратак.

Важно је истаћи да је Српска академија наука и уметности, од свог оснивања, препознала значај изучавања живог света Србије и околних земаља и да је увидела да је повратак ових биолошких дисциплина важан задатак биолога у Србији на почетку новог миленијума. Два Академијска одбора, Одбор за изучавање флоре и вегетације и Одбор за проучавање фауне Србије, покренула су и остварила капитална дела флористике, фитоценологије и фаунистике у Србији. Едиција Флоре Србије доживљава друго, ново и значајно измењено издање, објављују се нови прилози у едицији Вегетација Србије, а едиција Фауна Србије већ има неколико вредних монографија: *Фауна мрава Србије*, *Крпељи Србије*, *Репати водоземци Србије*. Овим публикацијама САНУ се представила као најрелевантнија институција у Србији, фокусирана, преко одбора, на истраживања флоре и фауне, што имплицира свеобухватно сагледавање биодиверзитета у Србији.

Одржани научни скупови посвећени, директно или индиректно овој проблематици додатно потврђују спремност и разумевање САНУ да

истраживања флоре и фауне, као и биодиверзитета Србије, одлучно подржи. У том контексту би требало и разумети овај научни скуп.

Примена Конвенције о биолошкој разноврсности и њених полазних идеја и концепција временом је довела до разраде, унапређивања и усредсређивања на неке друге аспекте очувања и коришћења биодиверзитета, а не само његове вредности као више или мање обновљивог ресурса, већ и читавих екосистема, односно до функционалности њихових кључних компоненти или процеса који омогућавају корист и добробит за било коју људску заједницу. То је остварено дефинисањем **екосистемских услуга** као **кључног теоријског приступа и практичног механизма** за свеобухватно **вредновање** реалног значаја очувања биодиверзитета.

Подсетићемо се овим приликом да је 2005. године у организацији Одбора „Човек и животна средина“ Српске академије наука и уметности, одржан научни скуп „**Биодиверзитет на почетку новог миленијума**“ који је **сумирао фундаменталне теме** које се тичу биодиверзитета, развоја идеје о потреби заштите и парадигми одрживости са циљем да пружи одговоре на значајна питања: колико је у нашем друштву порасла свест о потреби заштите биодиверзитета; шта је у међувремену урађено на плану инвентаризације биодиверзитета и колики су трошкови заштите биодиверзитета, односно који су економски модалитети потребни за остваривање склада између заштите биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса.

Научни скуп „Еколошки и економски значај фауне Србије“ комплементаран је, у извесној мери, наведеном, и надовезује се темама које обрађује на неке аспекте очувања и заштите биодиверзитета, примарно на **вредновање** фауне Србије као елемената биодиверзитета у функцији **биолошких ресурса**, али и у складу са савременим приступом о **екосистемским услугама биодиверзитета** пре свега у доменима „снабдевања/обезбеђивања“ и регулације, али и „културних“ вредности/добара.

Сви научни радови, у Зборнику, подвлаче циљеве научног скупа, одржаног 17. новембра 2016. године:

- сагледавање напретка који је постигнут разрадом концепата из Конвенције и доношењем допунских стратешких докумената чији је циљ да олакшају комплексне задатке очувања биодиверзитета и коришћења биолошких ресурса, генерално, а посебно у Србији, као и да се укаже на неодрживу праксу експлоатације и недовољне бриге о ресурсима фауне;
- сагледавање функционалне улоге и значаја припадника фауне Србије и указивање на њихове вредности у контексту новоуспостављеног концепта **екосистемских услуга** пре свега као биоиндикатора загађења средине, те илустративних и инспиративних примера у биомиметици и биофизици, као чинилаца биолошке контроле штет-

них организама, опрашивања биљака или као елемената естетске и других нематеријалних вредности, у различитим доменима људске егзистенције и делатности у Србији;

- сагледавање значаја које поједине врсте или фаунистичке групе имају као ресурси хранљивих и лековитих супстанци и других, за човека корисних и употребљивих својстава.

Очекујемо да ће резултати анализа у Зборнику са научног скупа „Еколошки и економски значај фауне Србије“, допринети планирању пројеката вредновања и очувања биодиверзитета, процени угрожености и заштити фауне Србије, као и одрживом коришћењу биолошких ресурса фауне и омогућити сагледавање садашњег стања у националној легислативи и активностима надлежних сектора и однос заједнице према живом свету као природној баштини у Србији данас. Очекујемо да ће се истаћи и економски значај, односно вредновање појединих таксона животиња, не само у контексту биолошких ресурса, већ вредности њихове улоге у склопу екосистемских услуга које пружају, а уколико не постоје одговарајући подаци у Србији, да се процене могу извести на основу аналогних података из других земаља, са циљем очувања биодиверзитета Србије.

У Београду, 17. јануара 2018. године

Радмила Петановић, дописни члан



## PREFACE

The thematic conference on ecological and economic importance of Serbian fauna, initiated by the SASA Academic committee for the study of the fauna of Serbia, was held in the jubilee year of marking the 175 years of SASA, on 17<sup>th</sup> November 2016.

Since the term biodiversity was officially put into use in 1992, with the Convention on Biological Diversity entering into force and its later ratification which led to all signatory states taking the obligation to impose legal acts and establish necessary activities regarding the protection and evaluation of biodiversity, the exploration of flora, fauna and fungi gained importance while classical biological disciplines such as taxonomy, biogeography and ecology were placed in the focus of not only scientific, but also wider public. Taxonomy, systematics and faunistics, i.e. floristics, traditional biological disciplines with the longest tradition in biology, have witnessed their rebirth and triumphal return.

It is important to highlight that the Serbian Academy of Sciences and Arts since its inception has recognized the importance of studying the living world of Serbia and surrounding countries, and that the return of these biological disciplines is an important task for Serbian biologists at the beginning of the new millennium.

Two Academic committees, the Academic committee for the study of flora and vegetation and the Academic committee for the study of the fauna of Serbia, have initiated and accomplished capital works in the field of floristics, phytocoenology and faunistics in Serbia.

The publication *Flora of Serbia* has had a new, second and significantly revised edition, new contributions within the edition *Vegetation of Serbia* have been published, and the edition *Fauna of Serbia* has already got several valuable monographs – the *Ant Fauna of Serbia*, *Ticks of Serbia*, *Tailed Amphibians of Serbia*. These publications show that SASA, through its committees, is like few institutions in Serbia, centered on the exploration of flora and fauna, which can ultimately be classified as an inevitable and comprehensive view on biodiversity in Serbia. The previous scientific conferences directly or indirectly

dedicated to this subject, additionally confirm the readiness and understanding of SASA to offer its strong support to the exploration of flora and fauna, as well as the biodiversity of Serbia. This scientific conference should also be understood through such context.

The application of the Convention on Biological Diversity and its initial ideas and conceptions, eventually led to the elaboration, improvement and focusing on some other aspects of conservation and use of biodiversity, not only its value as a more or less renewable resource, but also the whole ecosystems, i.e. the functionality of their key components or processes which provide benefit and well-being to any human community. This was accomplished by defining ecosystem services as a key theoretical approach and practical mechanism for comprehensive evaluation of the real importance of biodiversity conservation.

On this occasion, we would like to bring to mind the scientific conference “Biodiversity at the onset of a new millennium” held in 2005, organized by the “Man and Environment” Committee of SASA, summing up fundamental issues regarding biodiversity, development of the idea on the need of protection and paradigm of sustainability with the aim to offer answers to questions such as:

- how much has the awareness on the need of biodiversity preservation been developed in our society;
- what has been done about the plan of inventory of biodiversity in the meantime;
- and how big the expenses of protecting biodiversity are, i.e. which economic modalities are necessary for achieving harmony between the protection of biodiversity and the use of biological resources.

The scientific conference “Ecological and economic importance of Serbian fauna” is somewhat complementary to the above mentioned conference, with the areas of interest it explores, building on certain aspects of conservation and protection of biodiversity, above all the evaluation of fauna of Serbia as an element of biodiversity in the function of biological resources, and in accordance with the contemporary approach to ecosystem services of biodiversity, primarily in the domain of “supplying/providing” and regulation, but also “cultural” values/goods.

The aim of this scientific conference and the scientific papers to be published in the Proceedings is to enable:

- perceiving the progress made by elaborating concepts from the Convention and imposing additional strategic documents aimed at facilitating complex tasks of preserving biodiversity and using biological resources in general, especially in Serbia, as well as indicating the unsustainable exploitation practice and insufficient care for the resources of fauna;

- perceiving the functional role and importance of the members of Serbian fauna and indicating their values in the context of the newly established concept of ecosystem services, primarily as bioindicators of environmental pollution, as illustrative and inspirational examples in biomimetics and biophysics, as factors of biological control over harmful organisms, plant pollination or elements of esthetic and other immaterial values, in various domains of human existence and activity in Serbia;
- perceiving the importance that certain species or faunistic groups have as resources of nutritive and healing substances and other useful and usable properties to people.

We expect that the results of analysis, published in the Proceedings from the scientific conference “Ecological and economic significance of Fauna of Serbia”, will be useful for planning the projects of evaluating and preserving biodiversity, assessing the endangerment and protection of Serbian fauna, as well as sustainable use of biological resources of fauna, and that we will be able to perceive the current situation in national legislation and activities, along with the attitude of the community towards the living world as a natural heritage in Serbia today. We also expect to draw attention to the economic significance, i.e. the evaluation of certain animal taxa, not only in the context of biological resources but also the value of their role within the ecosystem services they offer, and if there are no sufficient data in Serbia, that assessments based upon corresponding data from other countries will be made, all in order to preserve the biodiversity of Serbia.

Belgrade, 17<sup>th</sup> January 2018

Radmila Petanović, corresponding member



# МАКРОИНВЕРТЕБРАТЕ ТЕКУЋИХ ВОДА СРБИЈЕ И ЊИХОВ БИОИНДИКАТОРСКИ ЗНАЧАЈ У ПРОЦЕНИ КВАЛИТЕТА ВОДЕ

Ивана ЖИВИЋ\*, Александар ОСТОЈИЋ\*\*, Бранко МИЉАНОВИЋ\*\*\*,  
Зоран МАРКОВИЋ\*\*\*\*

С а ж е т а к. – Да би се водни ресурси Републике Србије очували, неопходно је будно пратити њихово стање. Биомониторинг је неизоставни део овог поступка јер на једноставан, брз, економичан и свеобухватан начин прати стање екосистема копнених вода. Од живог света у копненим водама, макроинвертебрате (голим оком видљиви бескичмењаци) чине једну од најбољих биоиндикаторских група организама за процену стања акватичних екосистема због своје везаности за дно, дугог животног циклуса (2–3 године) и ограничене могућности кретања. Стога је развијен велики број метода које квантификују биоиндикаторска својства ове групе, а све у покушају да се максимализују њихове добре биоиндикаторске особине, а минимализују недостаци. Од мноштва метода, у Србији се у стандардном биомониторингу, али и у истраживачком процесу, користе пре свега сапробни индекси, индекси диверзитета и биотички индекси. Иако су ово релевантне мере стања екосистема копнених вода, које се користе и у другим европским земљама, основни недостатак је одсуство регионалности сапробних и биотичких индекса за територију Србије (са изузетком Балканског биотичког

---

\* Универзитет у Београду – Биолошки факултет, ivanas@bio.bg.ac.rs

\*\* Природно-математички факултет – Универзитет у Крагујевцу, Институт за биологију и екологију, ostojic@kg.ac.rs

\*\*\* Природно-математички факултет – Универзитет у Новом Саду, Департман за биологију и екологију, branko.miljanovic@dbe.uns.ac.rs

\*\*\*\* Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет, zoranmm@agrif.bg.ac.rs

индекса), где није извршено прилагођавање индекса са регионалним специфичностима насеља акватичних бескичмењака. Други недостатак је потпуно одсуство примене, у стандардном мониторингу, сложенијих и свеобухватнијих метода попут мултиметријских индекса и мултиваријантног приступа који се са великим успехом широко примењују у свету. Разлог за ово може бити и заостатак у познавању фаунистике, таксономије, распрострањења и еколошких преференци организама макроинвертебрата, као и у типизацији станишта копнених вода у Србији, у односу на остале земље у свету. Међутим, у последње три деценије, упркос тешком материјалном стању и недовољној, посебно систематичној бризи државе, направљени су значајни помаци радом неколико независних истраживачких група. Те групе су поставиле солидну основу за даљи напредак, који се јасно може и видети кроз низ појединачних истраживања. Ова истраживања уводе нове и савремене методе биомониторинга, попут биомаркера, морфолошких асиметрија и деформитета и вештачких неуронских мрежа. Поред улагања у истраживања која су неопходна за стварање услова за систематско увођење нових, осетљивијих и ефикаснијих метода мониторинга, неопходно је и значајно проширити мрежу локалитета који се стандардно узоркују ради биомониторинга у Србији. То је једини начин да се оформи стандардизована база података о екосистемима копнених вода која ће бити неопходна основа за стандардизацију референтних локалитета, што је кључни корак ка имплементацији како мултиваријантних, тако и мултиметријских метода у биомониторингу.

*Кључне речи:* макроинвертебрата, биомониторинг, сапробни системи, индекси диверзитета, биотички индекси, мултиметријски индекси, мултиваријантни приступ

## УВОД

Упркос малој заступљености у односу на укупну количину воде на планети 1,2% [99], копнене воде су веома значајне за човека. Демографска експлозија је обележила двадесети век и условила сталан пораст потреба за чистом водом, а интензивирање индустрије и пољопривреде, као и ширење урбаних подручја, условљавају пораст загађења воде. Деловање човека доводи до мањих или већих промена еколошких фактора у воденим екосистемима (количина раствореног кисеоника, рН, концентрација тешких метала итд.), регулисања водотока, прекидања путева комуникације између биоценоза и нарушавања природног воденог режима (подизање вештачких акумулација). Све ово доводи до промена у биоценозама које могу бити веома интензивне, чак до нивоа скорог уништења живог света у воденом екосистему, или, пак у блажем случају замене постојеће биоценозе новом, која се услед веће уједначености еколошких фактора одликује мањим диверзитетом.

Недостатак воде, посебно оне доброг квалитета, у Србији постаје озбиљан проблем. Основни ресурс снабдевања становништва и индустрије водом у Србији су подземне воде. Учествују у водоснабдевању са преко 90%, али оне нису у довољној мери искоришћене и углавном се нерационално троше [36]. У крајевима Србије, који оскудевају са употребљивим подземним водама, све више се користе речне воде за пиће, као и вода из акумулација које су намењене за водоснабдевање. Србија, нажалост, не располаже значајним количинама сопствених вода, уколико се изузме доток воде са других подручја. Према расположивим подацима у Србији се формира проток од 18,4 милијарди  $m^3$ /год., односно годишње се по становнику може обезбедити 1 840  $m^3$  воде [36]. Према светским стандардима сматра се да нека земља има довољно воде ако може годишње да обезбеди 3 000  $m^3$  воде по становнику, и по томе Србија спада у сиромашнија подручја у Европи (примера ради Црна Гора има преко 21 000  $m^3$ /стан./год.). Осим тога, на подручју наше земље је веома изражена диспропорција између просторне дистрибуције расположивих водних ресурса. Највећа количина воде се налази у брдско-планинској области, у мањим текућицама, а најмања у низијској области, где је она, услед највеће густине људских насеља, најпотребнија (Војводина, Шумадија, Поморавље, Косово).

Живећи у уверењу да је Србија земља богата водом, иако је још пре неколико деценија упозоравано на супротно [26], вода је нерационално трошена и безобзирно загађивана. Осим нерационалне потребе за увеличавањем богатства државе у којој смо живели, ради стварања боље слике о њеним управљачима и система помоћу којег су владали, постоји још један много универзалнији разлог нашег неодговорног односа према воденим екосистемима. Он је заснован на незнању или веома површном познавању функционисања водених екосистема, које је довело до погрешног уверења да су капацитети водених екосистема захваљујући њиховој величини и динамичности неограничени, и да их човек с тога без икаквих ограничења може употребљавати и искоришћавати. И док океани и мора, као и велике реке због свог великог капацитета и способности самопречишћавања, мање или више успешно издржавају овај притисак, дотле мале текућице са малом способношћу самопречишћавања су све више угрожене [114].

## ПРАЋЕЊЕ КВАЛИТЕТА КОПНЕНИХ ВОДА – ОСНОВНЕ ПОСТАВКЕ

Неопходна активност у оквиру одрживог коришћења водних ресурса је мониторинг квалитета акватичних екосистема, који подразумева поређење између контролних (референтних) локалитета и локалитета који

су под утицајем неког чиниоца, како би се извршила правилна процена еколошког статуса акватичног екосистема. Праћење квалитета копнених вода подразумева мерење хидроморфолошких, физичких, хемијских и биолошких параметара, како је и прописано у домаћем законодавству у Правилнику о параметрима еколошког и хемијског статуса површинских вода и параметрима хемијског и квантитативног статуса подземних вода [93].

Човек углавном директно утиче на неживе карактеристике екосистема док се животне заједнице мењају, пре свега, као последица ових утицаја, а директно утиче, иако не учестало, и на животне заједнице, наглашено кроз интродукцију нових врста или изловљавањем. Имајући у виду примарни утицај човека на абиотичке факторе екосистема копнених вода, сасвим је оправдано да се у процесу мониторинга акценат ставља на праћења ових параметара. Међутим, екосистеми копнених, а посебно текућих вода, изузетно су динамични те мерење абиотичких фактора даје информацију само о тренутном стању, услед чега могуће пролазне, али веома интензивне промене, учестале у случају антропогеног утицаја, веома лако могу бити потцењене па и нерегистроване, иако могу да имају драстичне последице на живи свет и на здравље људи. Да би праћење абиотичких фактора дало реалну слику о људским ефектима на акватичне екосистеме, оно мора довољно често да се спроводи. Поред тога, број абиотичких параметара, посебно оних хемијских, чије промене, антропогено условљене, могу значајно да утичу на стање екосистема копнених вода, много је већи од оних који се стандардно мере [104]. Методе за одређивање параметара нису доступне или су њихове концентрације у животној средини испод границе осетљивости доступних метода, док прецизно одређивање других захтева скупу опрему, високообразовани кадар и скупе хемикалије. Ако се има у виду потреба за релативно честим узорковањима, економски је потпуно јасан разлог због кога је регулативом прописано и у пракси се спроводи праћење само ограниченог броја абиотичких параметара који су најчешће подложни човековом утицају и чије промене имају најразорније дејство на екосистем. Услед тога, промене параметара чије праћење није прописано, уколико би мониторинг био заснован само на абиотичким факторима, би прошле незапажено и могле би довести до озбиљног нарушавања стања екосистема копнених вода. Чак и са редукованим бројем абиотичких параметара који се стандардно прате, цена и време потребно за њихово одређивање је такво да значајно ограничава број локалитета који се могу континуирано пратити [93]. На крају, праћење промена абиотичких фактора не даје информацију о њиховом деловању на живи свет, која је кључна како у фундаменталном тако и у практичном смислу. Због свега тога је биомониторинг, који подразумева коришћење биолошких променљивих у праћењу животне средине [37], неопходан део праћења квалитета екосистема копнених вода.

Ниједна група водених организама које се користе у биомониторингу: бактерије, протозое, фито- и зоопланктон, фитобентос, макрофите и рибе, није нашла толико широку примену као макроинвертебрате, посебно у текућим водама (лотичким екосистемима) где су апсолутно најзначајнија заједница биоиндикаторских организама [14, 16, 24, 41]. Макроинвертебрате су водени бескичмењаци, који насељавају дно водотокова (па се означавају и као макрзообентос) и који се могу ухватити бентосном мрежом величине окаца између 250 и 1000  $\mu\text{m}$ , односно који су видљиви голим оком, са величином тела већом од 0,5 mm [24]. У стајаћим (лентичким) воденим екосистемима, попут језера, у лентичним стаништима текућих вода, као и у доњим токовима великих равничарских река, разноврсност ове групе је мања па и њен биоиндикаторски значај, док се повећава биоиндикаторски значај осталих група, посебно планктонских организама [85] јер су они бољи показатељи стања сапробности језерске воде од бентосне макрофауне која, због велике количине органских материја у седименту, показује већи степен сапробности у односу на планктон [50, 72]. Међутим, и у овим стаништима макроинвертебрате се стандардно користе као биоиндикатори [86]. Заправо, чак две трећине метода у биомониторингу копнених вода је заснован на макроинвертебратама и оне су показале већу успешност у поређењу са методама базираним на осталим биоиндикаторским организмима [22]. Овакав тренд се јасно уочава и у домаћој регулативи, где број параметара заснован на макроинвертебратама који се стандардно користи у биомониторингу копнених вода, вишеструко премашује било коју другу заједницу [93].

### *Предности макроинвертебрата као биоиндикатора*

Које су то особине заједнице макроинвертебрата које их чине тако погодним за биомониторинг копнених вода?

Макроинвертебрате су организми који насељавају све типове водених екосистема, од малих површина привремених (ефемерних) стајаћих вода, преко извора малих капацитета, потока, бара, до великих језера и река.

Реч је о групи животиња која обухвата веома различите организме (са аспекта морфо-анатомских и адаптивних особина), а који припадају различитим таксономским групама инвертебрата. Тако се, у рекама и потоцима Србије, уобичајено региструју макроинвертебрате из чак четири велика филума: плоснатих црва, прстенастих црва, мекушаца, зглавкара, неретко, али у мањем броју се региструју и припадници Nematomorpha, Cnidaria, Spongia и Bryozoa. При том, њихов диверзитет је нарочито велики у брдско-планинским текућицама [114], где граде најстабилнију и најразноврснију компоненту акватичних заједница. Наиме, чак и у малим водотоцима Србије број детерминисаних врста макроинвертебрата

је обично већи од 100 [61, 62, 76 115, 120]. Ова велика таксономска разноврсност макроинвертебрата је разумљиво праћена и њиховом великом функционалном разноврсношћу. У ланцима исхране они заузимају готово сва доступна места међу потрошачима, од биљоједа и детритивора, па до предатора и паразита. Слично је и са начинима кретања и степеном покретљивости, начинима дисања и др.

Како се целокупна заједница макроинвертебрата може узорковати на идентичан начин, који је при томе веома јефтин и технички једноставан, то се само из једног узорка може добити поуздана информација о истовременом дејству свих еколошких фактора, чије промене некада нису довољне јачине и учесталости да би могле бити регистроване праћењем само абиотичких фактора. Једноставан начин прикупљања представља значајну предност у односу на рибе, чије је узорковање, нарочито у брзим и дубоким текућницама значајно сложеније и захтева више напора [41], и у односу на зоопланктон (за чију је анализу потребно узимати велике узорке од 20 до 40 L са више тачака попречног профила).

Поред тога, велика разноврсност условљава да су различити таксонови у различитој мери осетљиви на различите типове загађења (термално, закишељавање, органско итд.) те се не може само регистровати постојање загађења, већ се формирањем специфичних индекса из истог узорка може открити и који тип загађења је у питању. Функционална разноврсност представља велику предност у односу на заједнице фитобентоса. И као организми фитобентоса, таксономски могу бити веома разноврсни, функционално припадају групи произвођача, која се налази у основи ланца исхране, а пошто се ефекти загађења акумулирају идући уз ланац исхране, њих карактерише мања осетљивост на загађење и мања способност одређивања типа загађења.

Макроинвертебрате су генерално слабо покретне тако да су веома погодне за праћење лонгитудиналног градијента антропогеног утицаја и за прецизно одређивање извора загађења. То је још једна предност у односу на рибе које имају далеко веће миграторне способности, тако да на загађење често реагују мигрирајући у загађене или мање загађене делове водотока.

Многе врсте макроинвертебрата карактерише вишегодишњи животни циклус, што омогућава кумулативно праћење утицаја загађења током дужег временског периода. Стога се макроинвертебрате могу узорковати далеко ређе у односу на мерење абиотичких фактора, уз добијање информације о стању екосистема [64]. На тај начин се додатно појефтињава сам процес мониторинга и даје могућност за стварање далеко шире мреже локалитета који ће се стандардно узорковати у односу на абиотичке факторе. Са друге стране, зоопланктонски организми имају краћи животни циклус и потребна су чешћа узорковања, што додатно поскупљује истраживања, а неке врсте током године мењају начин живота и станиште

које насељавају. Образују мирујуће стадијуме и формирају трајна јаја пре зимског периода, која презимљују у седименту (*Rotatoria*, *Copepoda*, *Cladocera*), а пажњу треба обратити и на смене генерација [94] и појаву цикломорфозе [44], што захтева додатно време приликом детерминације ових организама.

Макроинвертебрате су погодне за коришћење у многим експерименталним студијама, а одговори на промене које су настале у животnoj средини, могу се анализирати и на биохемијском и физиолошком нивоу код појединачних организама [82].

Таксономија већине група макроинвертебрата је добро проучена, кључеви за детерминацију су доступни, методе биомониторинга које су на њима засноване се користе дуги низ година и имају велики степен поузданости, а одговори појединих организама на вид и ниво загађења су прецизно дефинисани.

#### *Недостаци макроинвертебрата као биондикатора*

Поред низа предности, коришћење макроинвертебрата у биомониторингу има и неколико недостатака.

Детерминација до нивоа врсте или рода, појединих таксономских група макроинвертебрата, попут *Oligochaeta*, ларви хирономида, родова *Baetis* и *Drusus*, сложена је и дуготрајна, захтева високостручан кадар што може да успори, значајно поскупи и ограничи примену методологија које подразумевају одређивање до нивоа врсте.

Биологија појединих врста има за последицу сезонску флукуацију бројности (нпр. ларве инсеката су малобројне у летњем и јесењем периоду због пролећне метаморфозе у адултне форме које воде сувоземан начин живота), што може довести до погрешног тумачења резултата уколико узорковање није обухватило више сезона. Повећање учесталости узорковања поскупљује процес биомониторинга.

У оквиру истраживаних локалитета најчешће се издваја већи број микростаништа са карактеристичним сетом вредности абиотичких фактора (врста супстрата, дубина, брзина тока...) и самим тим специфичним заједницама макроинвертебрата које се међу собом могу значајно разликовати по осетљивости на антропогене утицаје. Стога би добијање поуздане информације о квантитативном саставу заједнице макроинвертебрата (густина или биомаса) захтевало независно узорковање и обраду већег броја подузорака на сваком локалитету, што је у пракси биомониторинга која подразумева минимизацију трошкова и утрошеног времена готово немогуће.

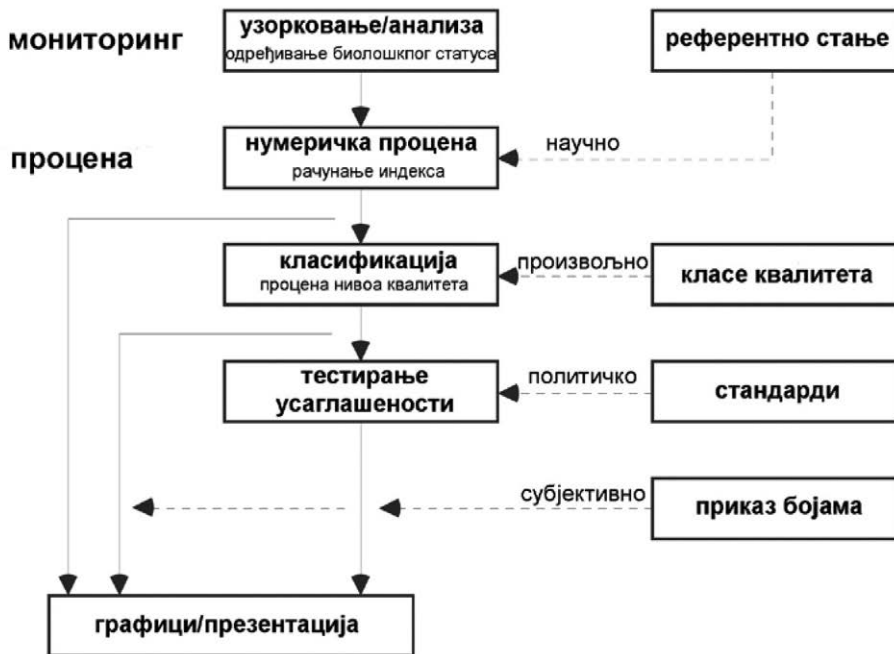
Врсте макроинвертебрата често имају мале ареале што значајно отежава развој методологија у биомониторингу са широком географском применом.

Врсте које насељавају дно брзих потока и река због случајног дрифта могу се наћи на локалитетима који нису њихово оригинално станиште дајући лажну слику о нивоу антропогеног утицаја [103, 126].

Многобројне предности, уз мање недостатке, макроинвертебрата као биоиндикатора стања екосистема које насељавају довео је до развоја великог броја методских поступака у биомониторингу са циљем да се потенцира што више предности, а минимализују недостаци.

### АНАЛИЗА ПРИСТУПА У ПРОЦЕНИ СТАЊА ЕКОСИСТЕМА КОПНЕНИХ ВОДА ЗАСНОВАНИХ НА МАКРОИНВЕРТЕБРАТАМА

Без обзира на врсту приступа у процени стања екосистема копнених вода заснованих на макроинвертебратама, он би требало да обухвати низ прецизно дефинисаних корака који су приказани на слици 1 [55]. Међутим, нису сви приступи у биомониторингу довољно развијени да би обухватили све приказане кораке о чему ће бити речи када се буде говорило о појединачним групама.



Слика 1. Основни елементи биолошких метода процене стања екосистема копнених вода [55]



Макроинвертебрате се користе за процену ефекта антропогеног стреса водених екосистема на свим нивоима биолошке организације, од молекулског, преко нивоа организма, популације, животних заједница па све до екосистема као целине [12, 82].

### *Биомаркери*

На нивоу испод организама, у биомониторингу се користе биомаркери. Они представљају сублеталне биохемијске промене које су последица излагања јединке ксенобиотицима [45]. Најчешће је то активност одређених ензима који могу указати било на специфични тип загађивача, попут ацетилхолинестеразе која указује на загађење органофосфорним или карбаматним пестицидима [30], или на генерално повећање стреса у организму услед антропогених промена у средини, попут промена у активности ензима оксидативног стреса [60]. Поред тога, биомаркери су и промене у молекулу ДНК које су последица генотоксиколошког ефекта загађивача [12]. Примена биомаркера у биомониторингу је област на почетку свог развоја и не може се очекивати да замени класичне методе биомониторинга. Међутим, она је од великог значаја јер пружа могућност да се предвиде ефекти на нивоу популације из реакције јединке, односно да се схвате молекуларни механизми дејства загађивача и да се неки од њих веома специфично препознају. У Србији последњих година примена биомаркера у биомониторингу на основу макроинвертебрата је у наглом развоју. Пре свега се испитује одговор ензима оксидативног стреса [25, 69, 107, 108, 109] и генотоксиколошки ефекти [57, 110] различитих типова антропогених утицаја. На овај начин наука у Србији веома блиско прати најсавременије светске трендове у биомониторингу.

### *Морфолошке асиметрије и деформитети*

Стрес изазван антропогеним променама фактора средине може довести до повећања учесталости морфолошких асиметрија и деформитета у популацијама врста из различитих група макроинвертебрата [9, 13, 29, 38]. Овај облик биомониторинга би у будућности могао имати велики значај пошто узорак није квантитативан и не захтева стандардизовано узорковање. Узоркују се познате и таксономски дефинисане врсте које су широко распрострањене и доминантне у стаништима која насељавају те није потребно додатно таксономско знање, док су методе мерења једноставне и јефтине. Примена ове методе је још у развоју и далеко од стандардизације врста, типова асиметрија и деформитета и њихове квантитативне везе са укупним или појединим врстама загађења. Још увек није јасно до које мере се резултати из једног подручја могу генерализовати на цео ареал дате врсте, али је од изузетног значаја интензификација

ових истраживања на што више локалитета. У том смислу и у Србији се у последње време почело са овим типом истраживања. Мерен је утицај загађења тешких метала на појаву асиметрија и деформитета усног апарата ларви хириномида [127]. Имајући у виду потенцијални значај овог приступа у биомониторингу у плану је да се он, пре свега на широко распрострањеним врстама из фамилије Chironomidae, интензивира како кроз лабораторијске огледе тако и кроз прикупљања узорака у природним екосистемима оптерећеним неорганским или органским загађењем.

### *Биомониторинг на нивоу животних заједница*

Биомониторинг макроинвертебрата на нивоу њихових популација или животних заједница уз примену структуралних или функционалних атрибута далеко је најразвијенији са низом метода које поседују све елементе неопходне за комплетну процену стања екосистема копнених вода (слика 1). Само су методе засноване на овом нивоу организације, што се тиче макроинвертебрата, постале обавезан и законом прописан део биомониторинга копнених вода широм света, па и код нас [93].

### *Сапробни системи*

Коришћење организама у циљу одређивања квалитета воде на европском континенту датира још почетком 19. века [7]. Историјски гледано, први метод у биомониторингу заснован на макроинвертебратама је био сапробни систем, кога су почетком 20. века увели Kolkwitz и Marsson [58]. Они су јасно формулисали односе водених организама према чистоћи воде или њеној загађености и установили 3 нивоа (ступња, зоне) у процесу аутопурификације вода (полисапробни, мезосапробни и олигосапробни).

Међутим, широка примена овог концепта почиње тек половином прошлог века када долази до његове квантификације кроз развој сапробних индекса [74, 112]. Сапробни систем је развијен да би се квантификовао дефицит кисеоника у текућим водама настао услед биолошке разградње органских материја. При томе се на основу концентрације кисеоника дефинишу класе квалитета воде, чије су границе потом одређене и вредностима сапробног индекса. Затим се појединим врстама, тзв. индикаторима загађења на основу процене њихове толеранције према дефициту кисеоника, а на основу емпиријских података о класи воде коју преферентно насељавају, додељује јединствена вредност сапробне валенце [74] или пак нумерички дефинише вероватноћа налажења у свакој од класа [112]. У случају сапробног индекса по Pantle и Buss-у, вредност индекса се добија као просечна вредност сапробних валенци свих индикаторских врста где се као фактор тежине узима учешће бројности врсте у укупној бројности,

док се у индексу по Zelinka и Marvan-у уводи додатни фактор, а то је степен специфичности индикаторске врсте за сапробне категорије, тзв. индикаторска тежина. Када је Сладечек дао исцрпну листу индикаторских врста са сапробним валенцама [91], индекси сапробности постају веома широко коришћени и неизоставни део законске регулативе у области биомониторинга, пракса која се у државама Централне и Источне Европе и даље одржала [71]. У истраживањима у Србији оба индекса су широко коришћена [4, 10, 28, 49, 59, 61, 62, 115, 116, 122]. Законска регулатива у Србији даје предност индексу по Zelinka и Marvan-у, што је у складу са европским трендовима, а и информативни садржај овог индекса је већи.

Без обзира на широку употребу, сапробни индекси имају неколико озбиљних слабости. Сапробни индекси користе квантитативне податке, захтевају детерминацију до нивоа врсте, калибрисани су само у односу на један тип загађења, а због релативно малих ареала макроинвертебрата захтевају локалне модификације. Поред тога, одређивање сапробних валенци подразумева постојање већег знања него што је то заиста случај, јер се њихове вредности одређују доста субјективно и углавном на основу еколошких опажања, а ретко на основу експерименталних студија [92]. У покушају да коригују неки од ових недостатака, развијен је сапробни индекс који се базира на квалитативним подацима [17], као и низ локалних сапробних индекса попут оних у Немачкој [27], Холандији [105], Чешкој [20] итд., док се листе индикаторских врста константно проширују, а вредности сапробних валенци коригују у складу са новим научним сазнањима [35, 70]. Имајући у виду специфичност и богатство фауне макроинвертебрата у Србији, свакако би било пожељно, опет у складу са европским трендовима, извршити модификацију сапробног индекса за подручје Србије, чиме би се квалитет биомониторинга подигао на виши ниво.

### *Индекси диверзитета*

Суштински различит приступ биомониторингу је одређивање диверзитета животних заједница макроинвертебрата. При томе, диверзитет се може пратити у целости и то најчешће израчунавањем Шенон-Винеровог индекса диверзитета [87] или се могу пратити независно његове две компоненте, квалитативна – број врста и квантитативна – уједначеност бројности, од којих се ова друга најчешће квантификује преко Симпсоновог индекса [89]. Сматра се да повећање срединског стреса доводи до смањења диверзитета. Како мере диверзитета посматрају све врсте на исти начин то су њихове вредности независне од географског подручја и веома су погодне за поређење. Међутим, чињеница да се таксони не раздвајају према осетљивости на средински стрес, као и то да је и у референтним условима диверзитет веома варијабилан и зависи од великог броја

фактора, условљава да је јако тешко калибрисати добијене вредности диверзитета у односу на интензитет срединског стреса [55]. Стога, иако су мере диверзитета у веома широкој употреби у биомониторингу, и у свету и код нас, оне се увек користе само као један од параметара, а никада као самостална и једина мера антропогеног утицаја [55]. Поред тога, одређивање диверзитета такође захтева детерминацију до нивоа врсте, а ако се одређује диверзитет у целини, и одређивање бројности макроинвертебрата, што, као и у случају индекса сапробности значајно поскупљује, продужује, па тиме и ограничава процес биомониторинга. Да би се повећала осетљивост биодиверзитета као алата за биомониторинг често се одвојено посматра биодиверзитет изразито осетљивих (Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera – ЕРТ таксони) и изразито толерантних група макроинвертебрата (Chironomidae и Oligochaeta). У Србији се мере диверзитета широко користе при стандардном мониторингу копнених вода [93]. Наша законска регулатива прописује примену Шенон-Винеровог индекса, укупног броја таксона, ЕРТ индекса, броја осетљивих таксона и учешћа Tubificidae у готово свим типовима текућих вода. Поставља се питање оправданости коришћења, утврђених граничних вредности за Шенон-Винеров индекс, тим пре што су оне идентичне за све типове текућих вода. Наиме, као што је већ речено, вредности овог индекса могу да се значајно разликују и између различитих делова истог водотока, нпр. извора (где су ниже) и осталих делова тока (где су више) иако нема разлике у нивоу срединског стреса, док та природна варијабилност може бити и већа ако се пореде различити типови текућица. Прописане граничне вредности за остале мере диверзитета су специфично одређене за сваки од типова текућица, што чини њихову примену прецизнијом.

### *Биотички индекси*

У жељи да се исправе недостаци сапробних индекса и индекса диверзитета половином прошлог века су развијени биотички индекси, први међу њима је Трент биотички индекс [111]. Биотички индекси представљају својеврсну комбинацију индекса диверзитета и сапробних система. Наиме, они се заснивају на два основна постулата. Први је да таксономске групе карактерише различита осетљивост на загађење, па им се додељују, као и у сапробним системима, одговарајуће нумеричке вредности, док је други да се са порастом стреса смањује број таксономских група. Тако се биотички индекс добија као збир нумеричких вредности које су одређене за сваку од таксономских група, те он узима у обзир како осетљивост групе на средински стрес, тако и разноврсност група. При томе, узорковање је углавном квалитативно, односно региструје се само присуство одговарајуће групе и готово никада се не врши детерминација до нивоа врсте, већ до нивоа рода. Такође, веома често се узимају у об-

зир само више таксономске категорије попут фамилија, па чак и редова. Исправљање низа недостатака, карактеристичних за сапробне системе и индексе диверзитета је учинио биотичке индексе веома популарним, те их је до сада развијен велики број [55]. Међутим, како су засновани на квантификацији осетљивости таксона на средински стрес и ови индекси, баш као и сапробни, због биогеографског распрострањења врста и биотиполошких разлика између водотокова, се оптимално могу примењивати само регионално [100]. Тако вероватно најкоришћенији биотички индекс BMWP (Biological Monitoring Working Party Score, [3]), оригинално развијен у Великој Британији, до сада је модификован за коришћење у читавом низу земаља света, попут Шпаније, Аргентине, Пољске, Тајланда [73]. Поред тога, низ биотичких индекса је независно развијен и калибрисан за регионалне потребе у Бугарској [102], Данској [90], САД [43], Француској [1], Белгији [23] итд. Међутим, строгу локалну специфичност биотичких индекса ипак не треба узети у апсолутном смислу. Тако смо у нашим истраживањима утицаја отпадних вода из пастрмског рибњака, показали да биотички индекс развијен у САД може једнако успешно да квантификује дејство стресора, у Србији, као и индекси који су у стандардној употреби [124, 125].

Значај развоја локалних биотичких индекса је схваћен и у Србији. Тако је развијен Балкански биотички индекс BNBI. [88] Развој овог индекса је од великог значаја тим пре јер је нормиран као стандард у биомониторингу копнених вода у Србији [93], што ће омогућити његову додатну верификацију и валидацију и дати смернице за евентуална побољшања. Поред овог, у Србији је прописано коришћење и BMWP и на њему заснованог сапробног индекса ASPT (Average Score per Taxon), који се добија дељењем BMWP са бројем таксона и на тај начин се губи димензија биодиверзитета. Овоме се прибегава да би се минимизовале разлике у узорковању, које често доводе до разлика у констатованом диверзитету, како би се на тај начин повећала упоредивост добијених података. У складу са праксом, започетом са развојем BNBI индекса, до значајног повећања квалитета биомониторинга у Србији дошло би уколико би се BMWP модификовао да одсликава регионалне специфичности, тим пре што је методологија за тај поступак до детаља развијена [73].

### *Мултиметријски индекси*

Код мултиметријских индекса, више различитих мера структуре и функције заједница макроинвертебрата се сумирају у јединствену вредност датог индекса [8]. Поред већ описаних биотичких, сапробних и индекса диверзитета у састав мултиметријских индекса улазе и различити таксономски индекси, као и мере које квантификују начине исхране, кретања и друге особине организама макроинвертебрата. Основна идеја је да

ће се, комбиновањем већег броја особина, осетљивије и прецизније квантификовати укупно дејство срединског стреса. Први мултиметријски индекс је развијен у САД [53], где су и сада најразноврснији и у најширој употреби [54]. У последње време мултиметријски индекси почињу да се примењују и у Европи [15, 42, 106]. Као што је речено, различите особине заједница макроинвертебрата могу бити различито осетљиве на различите типове срединског стреса. Тако је показано да је проценат стругача посебно осетљив на закишељавање вода [81, 82]. Услед тога, правилним одабиром одговарајућих мера могу се добити мултиметријски индекси специфично осетљиви на поједине врсте загађења, попут индекса ацидификације [47] и мултиметријског геотермалног индекса [19]. Ова особина мултиметријских индекса је од изузетног значаја јер може да укаже на врсту загађења и на тај начин сузи избор метода за регистровање промене одговарајућег абиотичког фактора значајно појефтинијавајући и убрзавајући процес мониторинга. Упркос великом значају и широкој примени, поред тога што примена мултиметријских индекса у биомониторингу копнених вода у Србији није законом прописана, они се и не примењују у научним истраживањима. Сходно томе, за разлику од многих европских земаља [42] није дошло ни до развоја мултиметријског индекса специфичног за подручје Србије.

### *Мултиваријантни приступ*

У покушају да се максимализује осетљивост метода за биомониторинг на дејство стресора, од деведесетих година прошлог века у значајној мери се почео користити мултиваријантни приступ. Најпознатији међу њима је RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System, [18]). Он користи мултиваријантне методе, прво да на основу фауне макроинвертебрата класификује у датом региону основне типове референтних локалитета, потом да их повеже са одговарајућим сетом абиотичких фактора који су одабрани тако да у малој мери подлежу антропогеном утицају, и на крају, да испитиване локалитете на основу поменутих абиотичких фактора класификује уз одговарајући тип референтног локалитета. Потом се пореди референтно или очекивано стање заједнице макроинвертебрата са стањем на испитиваном локалитету, тако што се најчешће користи присуство BMWP таксона у узорку или се рачуна ASPT индекс. После тога се израчунава индекс еколошког квалитета који представља однос вредности одговарајућег индекса (BMWP и/или ASPT) између тестираног локалитета и референтног локалитета. Одступање индекса еколошког квалитета од 1 одређује степен квалитета воде датог екосистема. Како мултиваријантни приступ приликом поређења са референтним локалитетом узима у обзир све биотичке услове, за разлику од мултиметријског приступа који прво низ мера сведе на јединствену вредност (које потом пореди), сматра се да је

он осетљивији на дејство срединског стреса што оправдава његов снажан развој у последњих десетак година [83]. Тако су, поред RIVPACS који је развијен у Великој Британији, развијени слични системи у Аустралији [21], Канади [84], Чешкој Републици [56], Шведској [48] и неким савезним државама САД [39, 40]. Поред тога, принципи који се налазе у основи RIVPACS су увршћени у систем биолошке процене установљен од стране Water Frame Directive (WFD, [31]), постајући тако део стандарда у биомониторингу копнених вода у свим земљама Европске уније.

У Србији се системи, аналогни RIVPACS, не примењују, за шта је један од разлога свакако и недовољна изученост екосистема копнених вода у целини, а посебно њихових заједница макроинвертебрата која је неопходан услов за развијање система референтних локалитета. Ово је пракса која се свакако мора променити имајући у виду трендове у ЕУ, као и тежњу наше земље за придруживању ЕУ. Међутим, на нивоу истраживања се, од стране групе српских хидробиолога, почела интензивно користити метода вештачких неуронских мрежа за биомониторинг [67, 68, 98]. Она такође припада мултиваријантним методама [75]. Њена примена и на светском нивоу је још у фази испитивања и није ушла у рутинску примену, али је веома охрабрујуће да Србија у овом аспекту иде у корак са најсавременијим светским трендовима.

## ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

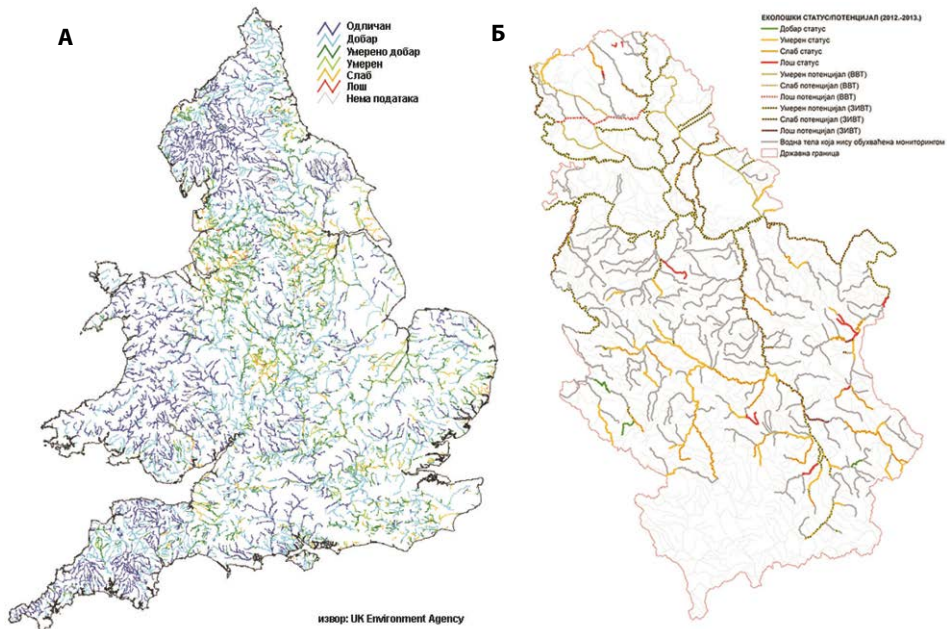
Да би се водни ресурси Републике Србије очували, неопходно је будно пратити њихово стање. Биомониторинг је неизоставни део овог поступка јер на једноставан, брз, економичан и свеобухватан начин прати стање екосистема копнених вода. Савремени биомониторинг копнених текућих вода у свету, па и у Србији, у највећој мери је заснован на коришћењу макроинвертебрата као биоиндикатора квалитета воде текућих водених екосистема, због великог низа предности у односу на друге водене организме (везаност за дно, дуг животни циклус, ограничена могућност кретања, једноставна опрема за сакупљање, добра проученост таксономије већине група). Организми макрозообентоса се користе за испитивање утицаја антропогеног стреса на акватичне биотопе на свим нивоима биолошке организације, од молекуларног до екосистемског. Најчешће, ефекти загађења који се дешавају у природним условима, анализирају се на нивоу њихових популација или заједница, уз примену структуралних (индекси дивезитета, индекси сличности, биотички индекси ) или функционалних атрибута у које се нпр. убрајају примарна продукција, процеси респирације, биомаса организама (секундарна продукција), кружење елемената, али и особине животних историја организама, као што су функционалне гилде у исхрани таксона [63].

Делимично због тога што унутар заједнице текућица представљају важну карику у мрежама исхране између ресурса у виду органске материје (нпр., опало лишће, алге, детритус) и риба, а и делимично због њиховог диверзитета и широког распрострањења, истраживање заједница макрзообентоса су биле и биће централни део екологије копнених вода [2]. Имајући у виду ове чињенице, није изненађујући податак да систематична истраживања фауне макроинвертебрата копнених вода у Србији почињу пре готово једног века [95, 96] и у континуитету са различитим интензитетом трају до данас [5, 6, 11, 46, 77, 78, 97, 101, 113, 117, 121, 123]. Интензивније коришћење макроинвертебрата у биомониторингу екосистема копнених вода Србије, баш као и у свету, почиње половином прошлог века [32, 33, 34], са њиховим истовременим укључивањем у мониторинг квалитета воде од стране стручних служби Републичког Хидрометеоролошког завода Србије [80].

Као што се види, српска наука је активно пратила светске трендове у биомониторингу копнених вода од самог почетка, мада је интензитет ових истраживања био веома променљив. До интензивирања истраживања макроинвертебрата и њихове примене у биомониторингу копнених вода долази током деведесетих година, када се формира неколико независних истраживачких група у Новом Саду, Београду и Крагујевцу. Те групе су поставиле солидну основу за даљи напредак, који се јасно може и видети кроз низ појединачних истраживања. Ова истраживања уводе нове и савремене методе биомониторинга, попут биомаркера, морфолошких асиметрија и деформитета и вештачких неуронских мрежа. Наиме, њиховим радом дошло је до великог напретка у познавању биологије макроинвертебрата копнених вода у Србији, као и до наставка праћења светских трендова њихове примене у биомониторингу. Дobar пример за то је већ поменути развој BNBI [88], али и укључивање низа у ЕУ стандардних метода у нормативну регулацију биомониторинга у Србији [92]. И поред овог позитивног тренда, треба нагласити да употреба макроинвертебрата у циљу биоиндикације копнених вода у Србији, има, на жалост, релативно ограничену примену јер је коришћење ове групе организама у највећој мери у склопу сапробиолошких анализа, док се биотички индекси неоправдно мало користе, а примена мултиметријских индекса и мултиваријантног приступа није ни заживела.

Због ових чињеница, стање биомониторинга у Србији се и даље не може сматрати задовољавајућим. Наиме, уколико се упореди обим биомониторинга копнених вода у Великој Британији, који се континуирано одвија на више од 6000 локалитета сасвим је јасно да је он у Србији, где је од око 500 предвиђених локалитета у сталном мониторингу укључено око 90 локалитета, диспропорционално мањи (слика 2).





Слика 2. Еколошки статус текућица у Енглеској и Велсу (А, UK Environmental Agency) и Србији (Б, РХМЗ)

Поред тога, ако се са слике 2, упореди квалитет текућица, он је у Великој Британији, упркос значајно већем индустријском развоју и густини насељености, очигледно далеко бољег квалитета него у Србији. Јасно је да је императив проширивање обима и садржаја биомониторинга јер се само на тај начин може доћи до доношења правилних одлука у управљању водним ресурсима а, самим тим, и до поправљања њиховог квалитета. Међутим, то на овом нивоу развоја изучавања макроинвертебрата у Србији није само питање политичке одлуке, већ и квалитета и квантитета базичних истраживања. Као што је већ речено, успешно коришћење макроинвертебрата у биомониторингу захтева изузетно добро познавање референтног стања. То у овом тренутку подразумева додатна фаунистичка, таксономска, биогеографска, токсиколошка као и истраживања на типизације водотокова. Тек ако је детаљно познат инвентар врста у Србији, ако су разрешене таксономске недоумице и постоје специфични идентификациони кључеви, ако су добро познати ареали распрострањења врста, типови водотокова у Србији и еколошки статус (стање) ових екосистема, биће могуће дефинисати групе референтних локалитета, као што је то случај у Великој Британији. Ово ће потом омогућити примену неког од високоорганизованих система биомониторинга, попут RIVPACS или развоја мултиметријског индекса, као што су они који су развијени у оквиру ЕУ програма AQEM. [42] Да је пут до тог циља дуг, јасно говори чиње-

ница да, иако данас за таксономију неких група макроинвентебрата попут Chironomidae [67], Oligochaeta [65], Heteroptera [79], Trichoptera [118, 119], Amphipoda [52], Gastropoda [51] постоје признати стручњаци, за низ веома важних група попут Ephemeroptera [77] и Plecoptera [78] истраживања су тек у зачетку, што значајно утиче на квалитет и поузданост детерминације, познавање распрострањења и еколошких преференци ових група, као и у типизацији станишта копнених вода у Србији, у односу на остале земље у свету. Напредак у великој мери зависи од политике државе, односно до које мере је спремна да финансијски подржи истраживања у овој области и тако повећа истраживачки кадар и кроз одабир тематских програма и пројеката усмери истраживања у одговарајућем правцу. Неопходно је и проширити мрежу локалитета чије је узорковање законом прописано, јер то је једини начин да се организовано и следствено прикупи довољна количина података на методски уједначен начин који ће моћи једнозначно да се упоређују и служе као основа развоја нових и побољшање постојећих метода за биомониторинг у Србији. То је једини начин да се оформи стандардизована база података о екосистемима копнених вода, која ће бити неопходна основа за стандардизацију референтних локалитета, што је кључни корак ка имплементацији како мултиваријантних тако, и мултиметријских метода у биомониторингу.

## РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] AFNOR, (1992): Essai des Eaux: Determination de l'Indice Biologique Global Normalise (IBGN), Norme Française, NF T90–350. AFNOR, Paris, France.
- [2] Allan, J. D. (1995): *Stream Ecology*. London, UK: Chapman and Hall
- [3] Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., Furse, M. T. (1983): The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Wat. Res.* 17: 333–347.
- [4] Atanacković, A., Đikanović, V., Tubić, B., Vasiljević, B., Pantović, N., Vranković, J. (2010): *Water quality evaluation of the Kolubara River Basin based on aquatic macroinvertebrates*. Balkans Regional Young Water Professionals Conference, International Water Association and Institute for the Development of Water Resources “Jaroslav Černi”, Republic of Serbia, Belgrade. pp. 77–79.
- [5] Atanacković, A., Šporka, F., Tomović, J., Vasiljević, B., Marković, V., Simić, V., Paunović, M. (2012): First record of *Bothrioneurum vej dovsky anum* Štolc, 1886 (Oligochaeta, Tubificidae) in Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 64 (3): 1123–1126.

- [6] Atanacković, A., Šporka, F., Csányi, B., Vasiljević, B., Tomović, J., Paunović, M. (2013): Oligochaeta of the Danube River – a faunistical review. *Biologia*, 68/2: 269–277.
- [7] Bain, M. B., Harig, A. L., Loucks, D. P., Goforth, R. R., Mills, K. E. (2000): Aquatic ecosystem protection and restoration: advances in methods for assessment and evaluation. *Environmental Science & Policy*, 3: 89–98.
- [8] Barbour, M. T. and Yoder, C. O. (2000): The multimetric approach to bioassessment, as used in the United States of America. In: Wright, J. F., Sutcliffe, W. and Furse, M. T. (Eds) *Assessing the Biological Quality of Freshwaters – RIVPACS and Other Techniques*, Freshwater Biological Association: Ambleside, UK, pp. 281–292.
- [9] Beneberu, G., Mengistou, S. (2014): Head capsule deformities in *Chironomus spp.* (Diptera:Chironomidae) as indicator of environmental stress in Sebeta River, Ethiopia. *African Journal of Ecology*, 1–10.
- [10] Bjelanović, K., Živić, I., Dulić, Z., Živić, M., Đorđević, J., Marinković, S., Marković, Z. (2013): *Water quality assessment in the Raška river based on zoobenthos and zooplankton organisms as bioindicators*. Conference proceedings VI International conference “Water & Fish”, Faculty of Agriculture, University of Belgrade – Serbia, June, 12–14. 2013, Belgrade, Serbia. pp. 349–357.
- [11] Bjelanović, K., Živić, I., Petrović, A., Đorđević, J., Marković, Z., Žikić, V. (2014): *Agriotypus armatus* Curtis, 1832, a parasitoid of *Silo pallipes* Fabricius, 1781: the first record for the Balkan Peninsula. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 414, 9 pp.
- [12] Bonada, N., Prat, N., Resh, H. V., Statzner, B. (2006): Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 495–523.
- [13] Bonada, N., Vives, S., Rieradevall, M., Prat, N. (2005): Relationship between pollution and fluctuating asymmetry in the pollution-tolerant caddisfly *Hydropsyche exocellata* (Trichoptera, Insecta). *Arch. Hydrobiol.* 162:167–85.
- [14] Bonada, N., Rieradevall, M., Prat, N., Resh, V. H. (2006): Benthic macroinvertebrate assemblages and macrohabitat connectivity in mediterranean-climate streams of northern California. *Journal of the North American Benthological Society*, 25:32–43.
- [15] Buffagni, A., Erba, S., Cazolla, M., Kemp, J. L. (2004): The AQEM multimetric system for the southern Italian Apennines: assessing the impact of water quality and habitat degradation on pool macroinvertebrates in Mediterranean rivers. *Hydrobiologia*, 516: 313–329.
- [16] Carter, J. L., Fend, S. V., Kenelly, S. S. (1996): The relationships among three habitat scales and stream benthic invertebrate community structure. *Freshwater Biology*, 35: 109–124.

- [17] Chertoprud, M. V. (2002): Modification of Pantle–Buck Technique for Assessing Watercourse Pollution Based on Macroinvertebrates Quality Characteristics. *Water Resources*, 29 (3): 306–311.
- [18] Clarke, R.T., Wright, J. F., Furse, M.T. (2003): RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modeling*, 160: 219–23.
- [19] Clements, W. H., Arnold, J. L., Koel, T. M., Daley, R., Jean, C. (2011): Responses of benthic macroinvertebrate communities to natural geothermal discharges in Yellowstone National Park, USA. *Aquatic Ecology*, 45: 137–149.
- [20] Czech Standard No. 757716. Water quality-Biological analysis – Determination of Saprobic index.
- [21] Davies, P.E. (2000): Development of a national river bioassessment system (AUSRIVAS) in Australia. In: Wright, J. F., Sutcliffe, W. and Furse, M. T. (Eds) *Assessing the Biological Quality of Freshwaters – RIVPACS and Other Techniques*. Freshwater Biological Association: Ambleside, UK, pp. 113–124.
- [22] De Pauw, N., Hawkes, H. A. (1993): Biological monitoring of river water quality. In: Walley, W.J. and Judd, S. (Eds). *River water quality monitoring and control*. Ashton University. UK, pp. 87–111.
- [23] De Pauw, N., Vanhooren, G. (1983): Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153–168.
- [24] De Pauw, N., Gabriels, W., Goethals, L. M. P. (2006): River Monitoring and Assessment Methods Based on Macroinvertebrates. In: Ziglio, G., Siligardi, M. and Flaim, G. (Eds.). *Biological Monitoring of Rivers*. John Wiley & Sons, Ltd.
- [25] Despotović, S., Perendija, B., Gavrić, J., Borković-Mitić, S., Paunović, M., Pavlović, Saičić, Z. (2012): Seasonal changes in oxidative stress biomarkers of the snail *Viviparus acerosus* from the Velika Morava River, Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 64 (3): 953–962.
- [26] Dukić, D. (1977). *Vode SR Srbije*. Srpsko geografsko društvo, posebna izdanja, knjiga 44, Beograd, 44 crp.
- [27] DEV (Deutsches Institut für Normung e.V.) (1992): Biologischökologische Gewässergüteuntersuchung: Bestimmung des Saprobienindex (M2). In Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim: 1–13.
- [28] Đikanović, V., Atanacković, A., Tomović, J., Vasiljević, B., Pantović, N., Cakić, P. (2010): *Ocena statusa reke Gradac (sliv reke Kolubare) na osnovu vodenih makrobeskičmenjaka*. Zbornik radova, „Zaštita voda 2010”, Divčibare, crp. 77–80.
- [29] Dobrin, M., Corkum, L.D. (1999): Can fluctuating asymmetry in adult burrowing mayflies (*Hexagenia rigida*, Ephemeroptera) be used as a measure of contaminant stress? *J. Great Lakes Res.* 25: 339–46.

- [30] Edwards, C.A., Fisher, S.W. (1991): The use of cholinesterase measurements in assessing the impacts of pesticides on terrestrial and aquatic invertebrates. In: Mineau, P. (Ed.), *Cholinesterase Inhibiting Insecticides: Their Impact on Wildlife and the Environment*. Elsevier, Amsterdam, pp. 255–275.
- [31] European Parliament and Council of the European Union (2000): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L 327: 1–72.
- [32] Филиповић, Д. (1954): Испитивање живог света текућих вода Србије. I Прилог познавању насеља планинског потока Катушнице (Западна Србија). *САНУ-Институт за екологију и биогеографију*. Зборник радова, књига 5, Но 8, стр. 117–133.
- [33] Филиповић, Д. (1957). Лимнолошка и биогеографска проблематика малих текућица у Југославији. *Зборник радова, Биолошки институт*, НР Србије, књига 1, Но. 2, стр. 4–14.
- [34] Филиповић, Д. (1962). Извесне особености изворских насеља на Копаонику. *II Конгрес биолога Југославије. Књига пленарних реферата и резимеа научних саопштења*, стр. 181.
- [35] Friedrich, G. (1990): Eine Revision des Saprobiensystems. *Zeitschrift fur Wasser und Abwasser Forschung*, 23: 141–152.
- [36] Гавриловић, Љ., Дукић, Д. (2002): *Реке Србије*. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд. 218 стр.
- [37] Gerhardt, A, ed. (2000): *Biomonitoring of Polluted Water: Reviews on Actual Topics*. Zurich: Trans. Tech. Publ., p. 320.
- [38] Groenendijk, D, Zeinstra, L. W. M., Postma, J.F. (1998): Fluctuating asymmetry and mentum gaps in populations of the midge *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) from a metal-contaminated river. *Environ. Toxicol. Chem.* 17: 1999–2005.
- [39] Hawkins, C. P. (2006): Quantifying biological integrity by taxonomic completeness: evaluation of a potential indicator for use in regional and global-scale assessments. *Ecological Applications*, 16: 1277–1294.
- [40] Hawkins, C. P., Norris, R. H., Hogue, J. N., Feminella, J. W. (2000): Development and evaluation of predictive models for measuring the biological integrity of streams. *Ecological Applications*, 10: 1456–1477.
- [41] Hellawell, J.M. (1986): Biological indicators of freshwater pollution and environmental management, London. p. 546.
- [42] Hering, D., Moog, O., Sandin, L., Verdonschot, P. (2004): Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia*, 516: 1–20.
- [43] Hilsenhoff, W. L. (1988): Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *J. North Am. Benthol. Soc.*, 7: 65–68.
- [44] Hutchinson, G. E. (1967): A Treatise on Limnology. Vol. II – Introduction to lake biology and the limnoplankton, John Wiley and sons, Inc., New York–London–Sydney, p. 1115.

- [45] Hyne, R.V., Maher, W.A. (2003): Invertebrate biomarkers: links to toxicosis that predict population decline. *Ecotox. Environ. Saf.* 54: 366–374.
- [35] Jakovčev-Todorović, D., Đikanović, V., Skorić, S., Cakić, P. (2010): Freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbyi* Lankester, 1880 (Hydrozoa, Olindiidae)-50 years' observations in Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 62 (1): 123–127.
- [47] Johnson, R. K. (1998): Classification of Swedish lakes and rivers using benthic macroinvertebrates. In: Wiederholm, T. (Ed.). *Bakgrundsrapport 2 till Bedömningsgrunder för Sjöar och Vattendrag – Biologiska Parametrar*, Report 4921, Swedish Environmental Protection Agency: Stockholm, Sweden.
- [48] Johnson, R.K., Sandin, L. (2001): Development of a Prediction and Classification System for Lake (Littoral, SWEPACLLI) and Stream (Riffle, SWEPACRSI) Macroinvertebrate Communities. Stencil. Department of Environmental Assessment. SLU: Uppsala.
- [49] Jović, A., Paunović, M., Stojanović, B., Milošević, S., Nikolić, V. (2006). Aquatic invertebrates of the Ribnica and Lepenica Rivers: Composition of the community and water quality. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 58 (2): 115–119.
- [50] Калафатић, В., Мартиновић-Витановић, В. (1991): Место, значај и улога биолошког аспекта у праћењу квалитета сирове и воде за пиће. *Конференција “Значај састојака воде за пиће”, Београд. Зборник радова*, стр. 77–87.
- [51] Karaman, B., Karaman, G. (2007): Catalogus of the freshwater snails (Mollusca, Gastropoda) of Serbia. *Crnogorska Akademija Nauka i Umjetnosti, Glasnik Odjeljenja prirodnih nauka*, Podgorica, 17: 167–222.
- [52] Караман, С. Г. (2002). Нови подаци о фауни Амхипода источне Србије и других делова Балкана (242. Прилог познавању Амхипода). *Зборник радова, Еколошка истина, X научно-стручни скуп о природним вредностима и заштити природне средине*, стр. 21–24.
- [53] Karr, J. R. (1981): Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6: 21–27.
- [54] Karr, J. R., Chu, E.W. (1999): Restoring Life in Running Waters. Better Biological Monitoring. Island Press: Washington, DC, USA.
- [55] Knoben, R. A., Roos, E. C., van Oirschot M. C. M. (1995): Biological assessment methods for watercourses. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment, Volume 3. RIZA report no. 95.066, Lelystad.
- [56] Kokeš, J, Zahrádková S, Němejcová, D, Hodovský J, Soldán, T. (2006): The PERLA system in the Czech Republic: a multivariate approach for assessing the ecological status of running waters. *Hydrobiologia*, 566: 343–354.
- [57] Kolarević, S., Knežević-Vukčević, J., Paunović, M., Tomović, J., Gačić, Z., Vuković-Gačić, B. (2011): Antropogenic impact on water quality of the River Danube in Serbia: microbiological analysis and genotoxicity monitoring. *Arch. Biol. Sci. Belgrade*, 63, 1209–1217.

- [58] Kolkwitz, R., Marsson, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 26 (7): 505–519.
- [59] Konta, S., Krpo-Ćetković, J., Savić, I. (1997): Saprobiological analysis of the River Lomnička reka. *Ekologija*, 32(2): 47–56.
- [60] Livingstone, D.R. (2003): Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. *Rev. Med. Vet.* 154:427–30.
- [61] Марковић, З., Миљановић, Б., Митровић-Тугунџић, В. (1999). Макрозообентос као показатељ квалитета воде реке Колубаре. *Годишњак Југословенског друштва за заштиту вода*, стр. 261–266.
- [62] Marković, Z., Mitrović-Tutundžić, V., Miljanović, B. (1997): Effect of pollution on the macrozoobenthos diversity and structure in the river Obnica (Serbia, Yugoslavia). *Ekologija*, 32 (2): 37–46.
- [63] Merritt, R., and Cummins, K. (1996). Trophic relations of macroinvertebrates. In F. R. Hauer and G. A. Lamberti (Eds.), *Methods in Stream Ecology*, San Diego, USA: Academic Press Inc, pp. 453–474.
- [64] Metcalfe, J. L. (1989): Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environmental pollution*, 60: 101–139.
- [65] Миљановић, Б. (2001). *Макрозообентос река Колубаре, Обнице и Јабланице*. Библиотека ACADEMIA, Београд, 80 стр.
- [66] Milošević, Dj., Simić, V., Stojković, M., Čerba, D., Mančev, D., Petrović, A., Paunović, M. (2013): Spatio-temporal pattern of the Chironomidae community: toward the use of non-biting midges in bioassessment programs. *Aquatic Ecology*, 47 (1): 37–55.
- [67] Milošević, Dj., Simić, V., Todosijević, I., Stojković, M. (2011): Checklist of the family Chironomidae (Diptera) of Southern Morava River basin, Serbia. *Biologica Nyssana*, 2: 123–128.
- [68] Milošević, Dj., Čerba, D., Szekeres, J., Csanyi, B., Tubić, B., Simić, V., Paunović, M. (2016): Artificial neural networks as an indicator search engine: The visualization of natural and man-caused taxa variability. *Ecological Indicators*, 61: 777–789.
- [69] Mirčić, D., Stojanović, K., Živić, I., Todorović, D., Stojanović, D., Dolićanin, Z., Perić - Mataruga, V. (2016): Effects of the trout farm on *Dinocras megacephala* larvae. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35 (7): 1775–1782.
- [70] Moog, O. (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*. 2<sup>nd</sup> edition. Wassewirtschaftskataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- [71] Nixon, S. (2003): An overview of the biological assessment of surface water quality in Europe. In: Symoens, J. J. and Wouters, K. (Eds). *Biological Evaluation and Monitoring of the Quality of Surface Waters*, National Committee of Biological Sciences and SCOPE National Committee: Brussels, Belgium, pp. 9–15.

- [72] Ostojić, A. (2010): Contribution to the knowledge on the zooplankton investigation of Balkan peninsula – first 100 years of zooplankton research on the territory of Serbia. *Kragujevac J. Sci.* 32: 117–140.
- [73] Paisley, M. F., Trigg, D. J., Walley, W. J. (2014): Revision of the biological monitoring working party (BMWP) score system: derivation of present-only and abundance-related scores from field data. *River Res. Applic.* 30: 887–904.
- [74] Pantle, E., Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse, *Gas-und Wasserfach*, 96, p. 604.
- [75] Park, Y-S., Chon, T-S., Kwak, I-S., Lek, S. (2004): Hierarchical community classification and assessment of aquatic ecosystems using artificial neural networks. *Sci. Total Environ.* 327:105–122.
- [76] Пауновић, М. (2001). *Просторна и сезонска динамика макрозообентоса реке Власине*. Магистарски рад, Биолошки факултет Универзитета у Београду, 200 стр.
- [77] Petrović, A., Milošević, Dj., Paunović, M., Simić, S., Đorđević, N., Stojković, M., Simić, V. (2015): New data on the distribution and ecology of the mayfly larvae (Insecta: Ephemeroptera) of Serbia (central part of the Balkan Peninsula). *Turkish Journal of Zoology*, 39, 195–209.
- [78] Petrović, A., Simić, V., Milošević, Đ., Paunović, M., Sivec, I. (2014). Diversity and Distributional Patterns of Stoneflies (Insecta: Plecoptera) in the Aquatic Ecosystems of Serbia (Central Balkan Peninsula). *Acta Zoologica Bulgarica*, 66 (4): 517–526.
- [79] Протић, Јб. (2011). *Heteroptera*. Природњачки музеј у Београду. Посебна издања, књига 43, 252 стр.
- [80] Републички Хидрометеоролошки Завод (1965): Систематска контрола речних вода у СР Србији, Београд.
- [81] Resh, V. H. (1994): Variability, accuracy, and taxonomic cost of rapid assessment approaches in benthic macroinvertebrate biomonitoring. *Boll. Zool.* 61: 375–383.
- [82] Resh, V. H., Jackson, J. K. (1993): Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In Rosenberg, D. M. and V. H. Resh (eds), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. pp. 192–228. Chapman & Hall, New York.
- [83] Reynoldson, T. B., Norris, R.H., Resh V.H., Day, K.E., Rosenberg, D.M. (1997): The reference condition: A comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 16: 833–852.
- [84] Reynoldson, T.B., Bailey, R.C., Day, K.E., Norris, R.H. (1995): Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. *Aust. J. Ecol.* 20:198–219.



- [85] Robertson, A. L., Lancaster, J., A. Hildrew, G. (1995): Stream hydraulics and the distribution of microcrustacea: a role for refugia? *Freshwater Biology*, 33: 469–484.
- [86] Rossaro, B., Marziali, L., Cardoso, C. A., Solimini, A., Free, G., Giacchini, R. (2007): A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian lakes. *Ecological Indicators*, 7: 412–429.
- [87] Shannon, C. E., Weaver, W. (1949): *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana, IL.
- [88] Simić, V., Simić, S. (1999): Use of the river macrozoobenthos of Serbia to formulate a biotic index. *Hydrobiologia*, 416: 51–64.
- [89] Simpson, E. H. (1949): Measurement of Diversity. *Nature*, 163: 688.
- [90] Skriver, J., Friberg, N., Kirkegaard, J. (2001): Biological assessment of watercourse quality in Denmark: Introduction of the Danish Stream Fauna Index (DSFI) as the official biomonitoring method. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 27: 1822–1830.
- [91] Sládeček, V. (1973): System of water quality from the biological point of view, *Ergebnisse der Limnologie* 7, p. 128.
- [92] Slooff, W. (1983): Benthic macroinvertebrates and water quality assessment: some toxicological considerations. *Aquatic Toxicology*, 4, 73–82.
- [93] Službeni glasnik RS (74/2011). Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda.
- [94] Šramek-Hušek, R., Straškraba, M., Brtek, J. (1962): Lupenorošci – Branchiopoda. *Fauna ČSR, svazek 15*. Vydalo Nakladetství Československe akademie ved, Praha, p. 470.
- [95] Станковић, С. (1924): Студије на изворским и поточним планаријама Балканског полуострва. *Књига CXIII, Глас СКА*, Београд.
- [94] Станковић, С. (1928). О једној новој ларви и нимфи торентиколних трихoptера, *Thremma* sp. *Glasnik skopskog naučnog društva, Knjiga IV, Odeljenje prirodnih nauka, sveska 1*, стр. 121–128.
- [97] Stojanović, K., Živić, I., Karan Žnidaršič, T., Živić, M., Žunić, M., Simić, V., Marković, Z. (2015): *Ithytrichia* Eaton, 1873 (Hydroptilidae: Trichoptera): A genus new for the entomofauna of Serbia. *Entomological News*, 125 (1): 52–62.
- [98] Stojković, M., Simić, V., Milošević, Đ., Mancev, D., Tadeusz, P. (2013): Visualization of fish community distribution patterns using the self-organizing map: A case study of the Great Morava River system (Serbia). *Ecological modelling*, 248: 20–29.
- [99] Shiklomanov, I.A. (1993): World fresh water resources. In: Peter H. Gleick (ed.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, pp. 13–24. Oxford University Press, New York.
- [100] Tolkamp, H. H. (1985): Using several indices for biological assessment of water quality in running water. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 2281–2286.

- [101] Tomović, J., Paunović, M., Atanacković, A., Marković, V., Gačić, Z., Csányi, B., Simić, V. (2014): Biotic Typology of the Danube River Based on Distribution of Mollusc Fauna as Revealed by the Second Joint Danube Survey (2007). *Acta Zool. Bulg.*, 66 (4): 527–537.
- [102] Uzunov, Y., Penev, L., Kovachev, S., Baev, P. (1998): Bulgarian Biotic Index (BGBI) – an express method for bioassessment of the quality of running waters'. *Comptes Rendus Acad. Bulg. Sci.* 51: 117–120.
- [103] Van den Brink, F.W.B., Van der Velde, G., & Bij de Vaate, A. (1991): Amphipod invasion of the Rhine. *Nature*, 352, 576.
- [104] Van Leeuwen, C. J. (1995): Strategy for water quality management, In: Adriaanse *et al.* (eds). *Proceedings of the international workshop Monitoring Tailor-made* 1994. pp. 93–104.
- [105] Verdonschot, P. F. M. (1990): Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Thesis, Wageningen, pp. 255.
- [106] Vlek, H. E., Verdonschot, P. F.M., Nijboer, R. C. (2004): Towards a multimetric index for the assessment of Dutch streams using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 516: 173–89.
- [107] Vranković, J. (2015): Environmental impact on the antioxidant responses in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Veneroidea: Corbiculidae) from the Danube River. *Italian Journal of Zoology*, 82: 378–386.
- [108] Vranković, J. (2016): Age-Related Changes in Antioxidant and Glutathione S-Transferase Enzyme Activities in the Asian Clam. *Biochemistry-Moscow*, 81 (3): 224–232.
- [109] Vranković, J. Slavić, M. (2015): Biomarker responses in *Corbicula fluminea* to the presence of dioxin-like polychlorinated biphenyls and seasonal changes. *Ecological Indicators*, 48: 99–106.
- [110] Vuković-Gačić, B., Kolarević, S., Sunjog, K., Tomović, J., Knežević-Vukčević, J., Paunović, M., Gačić, Z. (2014): Comparative study of the genotoxic response of freshwater mussels *Unio tumidus* and *Unio pictorum* to environmental stress. *Hydrobiologia*, 735: 221–231.
- [111] Woodiwiss, F. S. (1964): The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry*, 11: 443–447.
- [112] Zelinka, M., Marvan, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Arch. Hydrobiol.* 57: 389–407.
- [113] Zorić, K., Jakovčev-Todorović, D., Đikanović, V., Vasiljević, B., Tomović, J., Atanacković, A., Simić, V., Paunović, M. (2011): Distribution of the Ponto-Caspian polychaeta *Hypania invalida* (Grube, 1860) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions*, 6 (1): 33–38.
- [114] Живић, И. (2005): Фаунистичка и еколошка студија макрозообентоса текућица слива Јужне Мораве са посебним освртом на таксономију ларви Trichoptera (Insecta). Докторска дисертација. Биолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 508 стр.

- [115] Živić, I., Marković, Z., Brajković, M. (2001): Macrozoobenthos in the Pusta Reka river, left tributary of the south Morava river. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 53 (3–4): 109–122.
- [116] Živić, I., Marković, Z. (2006): *Saprobiological analysis of water of the southern Morava River (a second order tributary of the Danube in Serbia) on the basis of macrozoobenthos as a bioindicator*. Proceedings 36<sup>th</sup> International Conference of IAD. Austrian Committee DanubeResearch/IAD, Vienna, 301–306.
- [117] Živić, I., Bjelanović, K., Simić, V., Živić, M., Žikić, V., Marković, Z. (2013): New records of *Thremma anomalum* (Trichoptera, Uenoidae) from Southeastern Europe with notes on its ecology. *Entomological News*, 123 (3): 206–219.
- [118] Živić, I., Marković, Z., Brajković, M. (2002): First check list of Serbian Trichoptera. *Folia historico-naturalia musei matraensis, Gyöngyös, Hungary*, 26: 269–277.
- [119] Živić, I., Marković, Z., Brajković, M. (2006): Contribution to the faunistical list of Trichoptera (Insecta) of Serbia. *Acta Entomologica Slovenica, Ljubljana*, 14 (1): 55–88.
- [120] Živić, I., Marković, Z., and Ilić, J. (2005): Composition, structure and temporary dynamics of macrozoobenthos in the Temska and Visočica rivers. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 57 (2): 107–118.
- [121] Živić, I., Marković, Z., Simić, V., Kučinić, M. (2009): New records of *Helicopsyche bacescui* (Trichoptera, Helicopsychidae) from the Balkan Peninsula with notes on its habitat. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 55 (1): 77–87.
- [122] Živić, I., Matijević, J., Ćirković, J., Fužinato, S., Bjelanović, K., Marković, Z. (2012): Saprobiological analysis of water of the Nišava River (first order tributary of the southern Morava River) in south-eastern Serbia on the basis of macrozoobenthos as a bioindicator. *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research: The Wetlands Diversity*, 14: 149–162.
- [123] Živić, I., Radosavljević, T., Stojanović, K., Petrović, A. (2015): The first molecular characterization of the genus *Hirudo* on the territory of Serbia: estimation of endangerment. *Aquatic Ecology*, 49 (1): 81–90.
- [124] Živić, I., Marković, Z., Živić, M. (2009): Influence of a trout farm on macrozoobenthos communities of the Trešnjica River, Serbia. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 61:483–492.
- [125] Živić, I., Marković, Z., Filipović-Rojka, Živić, M. (2009): Influence of a trout farm on water quality and macrozoobenthos communities of the receiving stream (Trešnjica River, Serbia). *International Review of Hydrobiology*, 94: 673–687.
- [126] Živić, I., Živić, M., Milošević, Dj., Bjelanović, K., Stanojlović, S., Daljević, R., Marković, Z. (2013). The effects of geothermal water inflow on longitudinal changes in benthic macroinvertebrate community

- composition of a temperate stream. *Journal of Thermal Biology*, 38 (5): 255–263.
- [127] Žunić, M., Živić, I., Stanković, M., Stojanović, K., Marković, Z. (2015). *Morfological deformities of mouthparts in genus Chironomus (Diptera: Chironomidae) induced by heavy metals*. Conference proceedings VII International conference “Water & Fish”, Faculty of Agriculture, University of Belgrade – Serbia, June, 10–12. 2015, Belgrade, Serbia, 540–545.

## MACROINVERTEBRATES OF SERBIAN STREAMS AND THEIR SIGNIFICANCE AS BIOINDICATORS IN ESTIMATION OF WATER QUALITY

Ivana ŽIVIĆ, Aleksandar OSTOJIĆ, Branko MILJANOVIĆ,  
Zoran MARKOVIĆ

### S u m m a r y

Despite the fact that it represents only a small part of the total amount of water on the planet (1.2%), land-based water is very significant for man. The demographic explosion that marked the 20<sup>th</sup> century on the one hand caused constant growth of the need for pure water and on the other hand increased the extent of water pollution due to development of industry, intensification of agriculture and expansion of urban regions. Human action leads to greater or lesser changes of ecological factors in aquatic ecosystems (amount of dissolved oxygen, pH, heavy metal concentration, etc.), regulation of watercourses, disruption of communication between biocoenoses and disturbance of the natural water regime (through the creation of reservoirs). All of this brings about changes in biocoenoses that can be very pronounced, going even so far as to the virtual destruction of life in an aquatic ecosystem or in less severe cases to replacement of an existing biocoenosis by a new one that due to greater homogeneity of ecological factors is characterized by lower diversity.

In order to conserve the water resources of the Republic of Serbia, it is necessary to monitor them closely. Biomonitoring is an obligatory part of this task because it is a simple, fast and economical way to follow the state of ecosystems of land-based water. Of all groups of aquatic organisms used in biomonitoring: bacteria, protozoans, zooplankton, phytobenthos, macrophytes and fish, macroinvertebrates are the most widely employed, especially

in streams, where they are absolutely the most significant community of bioindicatory organisms.

Modern biomonitoring of streams both in the world at large and in Serbia is based to the greatest extent on the use of macroinvertebrates as bioindicators of water quality owing to their many advantages over other aquatic organisms. Macroinvertebrates are widely disseminated organisms that inhabit various types of aquatic ecosystems, from little temporary (ephemeral) stagnant pools, small springs and creeks to large lakes and rivers. The great diversity of macrozoobenthic organisms and extremely complex structure of their communities on the one hand make them very sensitive to anthropogenic action causing changes of ecological factors, and on the other hand enable them potentially to respond with changes in the composition of their biocoenoses that are proportional to intensity of the anthropogenic action in question. Such organisms are characterized by the ability to persist in conditions of fast flowing water because they live attached to the bottom, possess long life cycles and have limited mobility. Their low mobility and sedentary way of life enable the investigator to establish the state of ecological factors on a given area. The relatively long life cycles (lasting 2–3 years) of these organisms make it possible to investigate changes occurring over the course of time. Apart from biological considerations, there are also numerous practical reasons why these organisms are considered good indicators of water quality: samples are taken with relatively inexpensive equipment; the taxonomy of most groups has been thoroughly elaborated; keys for their identification are available; methods that employ macrozoobenthic organisms have been used for many years and are highly reliable; and the responses of certain organisms to different types and levels of pollution have been precisely defined.

Macrozoobenthic organisms can be used to test the influence of anthropogenic stress on aquatic biotopes at all levels of biological organization, from molecular to ecosystematic. The effects of pollution on these organisms under natural conditions are most often analysed on the level of their populations or communities, using structural attributes (measured by indexes of diversity and similarity, biotic indexes, etc.) or functional characteristics, including, for example, primary production, respiratory processes, biomass (secondary production) and circulation of elements, but also aspects of the organisms' life history such as functional guilds in the feeding of a taxon.

Investigation of macrozoobenthic communities has been and will be a central part of the ecology of land-based water, partly due to the fact that streams for them represent a crucial link between resources in the form of organic matter (for example, fallen leaves, algae, detritus, etc.) and fish in food webs, and partly due to the diversity and wide dissemination of the organisms involved. In view of these facts, it is unsurprising that systematic research on the fauna of macroinvertebrates in land-based water of Serbia was initiated almost a century ago and has been carried out in continuity with varying intensity up

to the present day. More intensive use of macroinvertebrates in biomonitoring of the ecosystems of land-based water in Serbia, as in the world at large, began around the middle of the last century, at which time they started to be included in monitoring of water quality by the Hydrometeorological Institute of Serbia.

As can be seen from the above, Serbian science actively followed world trends in biomonitoring of land-based water from the very start, although the intensity of these investigations was highly variable. Intensification of research on macroinvertebrates and their use in biomonitoring of land-based water occurred during the 1990s, with the formation in Novi Sad, Belgrade and Kragujevac of several independent teams of investigators that laid a solid foundation for further progress, as is evident in a series of studies introducing new and modern methods of biomonitoring, methods such as employment of biomarkers, recording of morphological asymmetries and deformities and use of artificial neuron networks. To be specific, the work of these teams has greatly advanced available knowledge about biology of the macroinvertebrates of land-based water in Serbia and continued to keep pace with world trends in their use for biomonitoring. A good example is the development of BNBI and incorporation of a number of EU standard methods into norms for regulation of biomonitoring in Serbia. Despite this positive trend, it must be stated that the use of macroinvertebrates as bioindicators of the quality of land-based water in Serbia is relatively limited because in the majority of cases it is done within the framework of saprobiological analyses, whereas biotic indexes are for the most part unjustifiably ignored, while multimetric indexes and the multivariant approach have not even begun to be employed.

For these reasons, the state of biomonitoring in Serbia still cannot be considered satisfactory. To be specific, if the extent of land-based water biomonitoring in Great Britain where it is continuously conducted at more than 6000 localities is compared with the state of affairs in Serbia where about 90 localities out of a planned 500 are continuously monitored it can be seen that the level of biomonitoring in our country is disproportionately lower. Moreover, a comparison of stream quality in Great Britain, despite that country's significantly more advanced industrial development and greater population density, with the situation in Serbia shows that the quality of streams in our country is conspicuously far worse. It is clearly necessary to expand the volume and content of biomonitoring because only in that way will it be possible to make correct decisions in the management of water resources and thereby improve their quality. Meanwhile, at the existing level of macroinvertebrate studies in Serbia, that is not simply a question of political willingness, but also a task limited by the quality and quantity of fundamental research. As has been stated before, successful use of macroinvertebrates in biomonitoring demands an exceptionally good knowledge of the base reference state. That at the present time calls for additional faunistic, taxonomic, biogeographic and toxicological research, as well as studies on the typization of watercourses. It will be possible

to define groups of reference localities in Serbia, as has been done in Great Britain, only if the inventory of species in our country is known in detail, if taxonomic problems are resolved, if keys for the identification of species are available, if their range has been clarified and if the types of watercourses and their ecological status (condition) are known. This in turn will make it possible to apply some highly organized system of biomonitoring like RIVPACS or to develop a multimetric index like the ones elaborated in the EU's AQEM program.

That the path to this goal is long is clearly indicated by the fact although acknowledged experts today exist for the taxonomy of macroinvertebrate groups such as Chironomidae, Oligochaeta, Heteroptera, Trichoptera, Amphipoda and Gastropoda, research on a number of very important groups such as Ephemeroptera and Plecoptera has only just begun, a situation that has a significant effect on the quality and reliability of determination of these groups, knowledge about their distribution and awareness of their ecological preferences, as well as on the typization of land-based water habitats in Serbia vis-a-vis other countries in the world. Progress in this area largely depends on politics of the state, that is on the measure in which it is ready to support studies, finance the necessary increase in the number of researchers and through selection of programs and projects guide investigative efforts in an appropriate direction. It is also necessary to widen the network of localities at which sampling is prescribed by law, since only by sampling in an organized and planned manner will it be possible to collect an adequate number of data in a procedurally uniform way permitting the drawing of comparisons, development of new biomonitoring methods in Serbia and improvement of ones already in existence. That is the only way to form a standardized database of information about the ecosystems of Serbian streams. Such a database will be the foundation needed for the standardization of reference localities, which represents a key step toward the implementation of both multivariate and multimetric methods in biomonitoring.