

# UTICAJ TEŠKIH METALA NA SASTAV I STRUKTURU ZAJEDNICA BENTOSNIH BESKIČMENJAKA POJEDINIH VODOTOKA U SRBIJI

Boris Novaković, Aleksandar Miletić, Milica Domanović, Zoran Stojanović, Tatjana Dopuđa Glišić, Ljubiša Denić, Aleksandar Trajković

*Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,  
Agencija za zaštitu životne sredine, Ruže Jovanovića 27a, [boris.novakovic@sepa.gov.rs](mailto:boris.novakovic@sepa.gov.rs)*

## REZIME

U radu su prikazani rezultati ispitivanja uticaja 10 teških metala: nikel (Ni), kadmijum (Cd), mangan (Mn), gvožđe (Fe), kobalt (Co), bakar (Cu), olovo (Pb), arsen (As), cink (Zn) i hrom (Cr) na sastav i strukturu zajednica bentosnih beskičmenjaka pojedinih vodotoka u Srbiji tokom 2015. godine. Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 6 vodotoka (stanica monitoringa površinskih voda): Pepeljevac/Toplica, Mojsinje/Južna Morava, Korvingrad/Južna Morava, Kusići/Pek, Lešnica/Jadar i Raška/Ibar. Cilj rada bio je utvrditi kako prisustvo teških metala i njihove povećane koncentracije u vodi utiču na sastav i strukturu zajednica bentosnih beskičmenjaka. U proceni uticaja teških metala na zajednicu, odabrani su sledeći parametri zajednice bentosnih beskičmenjaka: ukupan broj taksona, Shannon-Wiener indeks diverziteta, broj taksona Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT indeks) i procentualno učešće Oligochaeta/Tubificidae u ukupnoj zajednici bentosnih beskičmenjaka.

KLJUČNE REČI: teški metali, zajednica bentosnih beskičmenjaka, vodotoci, Srbija

## THE IMPACT OF HEAVY METALS ON BENTHIC INVERTEBRATE COMMUNITIES COMPOSITION AND STRUCTURE OF SOME WATERCOURSES IN SERBIA

### ABSTRACT

The paper presents the results of investigation related to the effects of 10 heavy metals: nickel (Ni), cadmium (Cd), manganese (Mn), iron (Fe), cobalt (Co), copper (Cu), lead (Pb), arsenic (As), zinc (Zn) and chromium (Cr) on benthic invertebrate community composition and structure in 2015. A total of 6 watercourses (surface water monitoring stations) was covered in this study: Pepeljevac/Toplica, Mojsinje/Južna Morava, Korvingrad/Južna Morava, Kusići/Pek, Lešnica/Jadar and Raška/Ibar. The goal of the study is to provide how the presence of heavy metals and their increased concentrations in water affect the composition as well the structure of benthic invertebrate communities. In the assessment of the impact of heavy metals the following benthic invertebrate community metrics were selected: total number of taxa, Shannon-Wiener Diversity Index, number of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera Taxa (EPT Taxa) and percentage participation of Oligochaeta/Tubificidae in the total benthic invertebrate community.

KEY WORDS: heavy metals, benthic invertebrate community, watercourses, Serbia

## UVOD

U radu su predstavljeni rezultati analize uticaja teških metala na sastav i strukturu zajednica bentosnih beskičmenjaka pojedinih vodotoka u Srbiji u 2015. godini. Analizirano je ukupno 10 metala: nikel (Ni), kadmijum (Cd), mangan (Mn), gvožđe (Fe), kobalt (Co), bakar (Cu), olovo (Pb), arsen (As), cink (Zn) i hrom (Cr). Nikel, kadmijum i olovo, tj. njihove rastvorene faze nalaze se na listi prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode (Sl. glasnik, 24/2014). Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 6 vodotoka (stanica monitoringa površinskih voda) u Srbiji: Pepeljevac/Toplica, Mojsinje/Južna Morava, Korvingrad/Južna Morava, Kusići/Pek, Lešnica/Jadar i Raška/Ibar.

Teški metali su bioakumulativni, odnosno mogu se lancima ishrane koncentrisati u tkivima organizama na višim trofičkim nivoima. Različite promene tkiva organizama mogu biti odraz negativnog dejstva teških metala na organizme, tj. njihove toksičnosti. Bentosni beskičmenjaci, kao sedentarni i slabo pokretni organizmi, mogu poslužiti kao dobri indikatori opterećenja vodotoka teškim metalima.

Cilj rada bio je utvrditi kako prisustvo teških metala i njihove povećane koncentracije u vodi utiču na sastav i strukturu zajednica bentosnih beskičmenjaka. Ovim istraživanjem konstatovano je da neke vrste bentosnih beskičmenjaka mogu tolerisati značajno opterećenje pojedinim teškim metalima u vodi i provesti deo životnog ciklusa, ili ceo životni ciklus u takvim stresnim uslovima.

## METODOLOGIJA RADA I MATERIJAL

Ispitivanje teških metala vršeno je prema Uredbi o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda za 2015. godinu (Sl. glasnik RS, 46/2015). Broj uzorkovanja tokom godine varirao je od 6 do 12, u zavisnosti od profila. Laboratorijske analize teških metala izvršene su korišćenjem sledećih metoda: Modifikovana standardna metoda – EPA 6020 A:2007 i Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije u Odeljenju Nacionalne laboratorije Agencije za zaštitu životne sredine. Korišćene metode ispitivanja metala i njihove reference date su u Tab. 1.

Tabela 1. Korišćene metode za analizu teških metala  
Table 1. Applied methods for heavy metals analysis

Parametar	Referenca	Jedinica	Naziv metode ispitivanja	Granica kvantifikacije (LOQ)
Gvožđe (Fe)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda - EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	10
	APHA AWWA WEF 3111B 2005e	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	20
Mangan (Mn)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	10
	APHA AWWA WEF 3111B 2005e	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	10
Cink (Zn)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	1
	APHA AWWA WEF 3111B 2005e	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	10
Bakar (Cu)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda - EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	1
	EPA 220.2 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	1
Hrom (Cr)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.5
	EPA 218.2: 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	0.6
Kobalt (Co)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.5
Arsen (As)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.5
	EPA 206.2: 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	1
	EPA 206.2 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	2
Kadmijum (Cd)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.02
	EPA 213.2 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	0.03
Olovo (Pb)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.5
	EPA 239.2: 1978	µg/l	Određivanje metala grafitnom peći tehnikom atomske apsorpcije	1
Nikl (Ni)	UP 1.37/PC 12	µg/l	Modifikovana standardna metoda- EPA 6020 A :2007 - Inductively coupled plasma - mass spectrometry	0.5
	EPA 249.2: 1978	µg/l	Određivanje metala plamenom tehnikom atomske apsorpcije (AA, plamena tehnika)	2

Za nikl, kadmijum i olovo analizirane su rastvorene frakcije u vodi prema Uredbi o graničnim vrednostima prioriternih i priroritenih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, 24/2014), a za sve ostale metale ukupne koncentracije u vodi prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, 50/2012). U proceni uticaja teških metala na zajednicu, odabrani su sledeći parametri zajednice bentosnih beskičmenjaka: ukupan broj taksona, Shannon-Wiener indeks diverziteta, broj taksona Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (EPT indeks) i procentualno učešće Oligochaeta/Tubificidae u ukupnoj zajednici bentosnih beskičmenjaka, prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Službeni glasnik RS, 74/2011).

Uzorkovanje bentosnih beskičmenjaka izvršeno je jedanput godišnje na navedenim lokalitetima, u okviru redovnog godišnjeg programa monitoringa površinskih voda koji sprovodi Agencija za zaštitu životne sredine. Za uzimanje uzoraka korišćena je ručna mreža (dimenzija 25x25 cm, promera okaca 500  $\mu\text{m}$ ) prema AQEM protokolu (AQEM, 2002). Primenjena je „multi-habitat” procedura (Hering i sar., 2004) i različite tehnike uzimanja uzoraka, u zavisnosti od tipa vodotoka. Najčešće je korišćena „kick and sweep” tehnika. Svi uzorci su fiksirani na terenu korišćenjem 70%-nog rastvora etanola ili 37%-nog formaldehida i kasnije obrađeni u Biološkoj laboratoriji Agencije za zaštitu životne sredine. Determinacija organizama izvršena je pomoću stereomikroskopa Leica MS 5 i odgovarajućih taksonomskih „ključeva”. Primenjena metodologija ispitivanja bentosnih beskičmenjaka kao biološkog elementa u oceni ekološkog statusa/potencijala je u skladu sa zahtevima Okvirne direktive o vodama (WFD, 2000).

## REZULTATI I DISKUSIJA

U Tab. 2 prikazane su prosečne godišnje izmerene koncentracije teških metala u vodi na ispitivanim lokalitetima u 2015. godini.

Tabela 2. Prosečne godišnje izmerene koncentracije (PGIK) teških metala u vodi ( $\mu\text{g/l}$ ) na ispitivanim lokalitetima u 2015. godini

Table 2. Mean annual measured heavy metal concentrations in water ( $\mu\text{g/l}$ ) at the investigated sites in 2015

<b>PGIK (<math>\mu\text{g/l}</math>) / lokalitet</b>	Pepeljevac	Mojsinje	Korvingrad	Kusići	Lešnica	Raška
Ni rastv.	1.83	0.62	0.92	1.82	0.86	3.40
Cd rastv.	0.02	0.03	0.05	0.10	0.02	0.09
Pb rastv.	0.53	2.32	0.44	0.68	0.72	2.91
Mn uk.	141.27	324.91	122.28	150.78	128.20	96.40
Fe uk.	898.86	2640.05	2029.70	1476.00	1.85	1230.84
Co uk.	0.69	0.51	0.56	0.95	0.35	0.64
Cu uk.	3.40	8.37	4.88	30.86	3.62	4.56
As uk.	7.34	4.12	2.73	2.73	29.56	10.42
Zn uk.	19.79	54.72	44.95	62.50	37.65	83.70
Cr uk.	6.31	8.60	3.56	2.45	3.95	3.71

U Tab. 3 date su dobijene vrednosti bioloških parametara zajednice bentosnih beskičmenjaka na ispitivanim lokalitetima u 2015. godini

Tabela 3. Dobijene vrednosti bioloških parametara zajednice bentosnih beskičmenjaka na ispitivanim lokalitetima u 2015. godini

Table 3. Obtained values of biological metrics related to benthic invertebrate community at the investigated sites in 2015

parametar / lokalitet, datum uzorkovanja	Pepeljevac 26.8.	Mojsinje 24.8.	Korvingrad 24.8.	Kusići 29.7.	Lešnica 12.8.	Raška 24.6.
ukupan broj taksona	6	16	16	13	12	18
Shannon-Wiener indeks	1.39	2.42	2.62	2.45	1.60	2.61
EPT	0	2	10	2	5	12
% Oligochaeta/Tubificidae	17.57	7.19	6.67	5.88	0.00	5.77

Prosečne godišnje izmerene koncentracije (PGIK) ukupnog Mn u 2015. godini na lokalitetima Pepeljevac/Toplica (141.27 µg/l), Kusići/Pek (150.78 µg/l), Korvingrad/Južna Morava (122.28 µg/l) i Lešnica/Jadar (128.2 µg/l) odgovarale su III klasi (opis klase odgovara umerenom ekološkom statusu prema klasifikaciji datoj u pravilniku kojim se propisuju parametri ekološkog i hemijskog statusa za površinske vode).

Diverzitet na lokalitetu Pepeljevac/Toplica je izuzetno nizak. Prisutno je samo 6 taksona, a dominantna vrsta je puž *Haitia acuta* (Dreparnaud, 1805) sa 40 jedinki. Procenat Oligochaeta/Tubificidae je najveći u odnosu na sve lokalitete (17.57%), što ukazuje da vodotok karakteriše, pored opterećenja manganom, i organsko zagađenje.

PGIK ukupnog Fe na lokalitetu Korvingrad/Južna Morava bila je 2029.7 µg/l, što odgovara V klasi (opis klase odgovara lošem ekološkom statusu prema klasifikaciji datoj u pravilniku kojim se propisuju parametri ekološkog i hemijskog statusa za površinske vode). Na profilu Korvingrad/Južna Morava diverzitet je veći, zabeleženo je 16 taksona, a od toga 10 EPT taksona, koje predstavljaju dominantnu komponentu zajednice vodenih beskičmenjaka. Shannon-Wiener indeks diverziteta iznosio je 2.62. Prisutna je, ali u malom broju, školjka *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), a od karakterističnih vrsta, zanimljivi su nalazi larvi efemeroptera *Caenis luctuosa* (Burmeister, 1839) i *Heptagenia longicauda* (Stephens, 1835), tulara *Hydropsyche incognita* Pitsch, 1993 i *Hydropsyche contubernalis* McLachlan 1865, kao i različitih predstavnika familije Leptoceridae.

Osim prekoračenja ukupnog Mn, PGIK ukupnog Fe na profilu Lešnica/Jadar bila je 1849 µg/l (IV klasa), a i PGIK za As prelazila je granice II klase (29.56 µg/l). Na profilu Lešnica/Jadar registrovano je 12 taksona, a od toga 5 EPT taksona. Dominantna vrsta je puž *Amphimelania holandrii* (C.Pfeiffer, 1828), sa 30 primeraka. Predstavnici klase Oligochaeta/familije Tubificidae odsustvuju. Sa ovog profila zanimljivi su nalazi puža *Fagotia (Fagotia) esperi* (A.Ferrusac, 1823), larve efemeroptere *Heptagenia longicauda* (Stephens, 1835), tulara *Hydropsyche fulvipes* Curtis, 1834, a od Plecoptera *Leuctra* sp. Stephens, 1836.

Prosečna godišnja izmerena koncentracija (PGIK) ukupnog Mn u 2015. godini na profilu Mojsinje/Južna Morava iznosila je 324.91 µg/l, i odgovara IV klasi (opis klase odgovara slabom ekološkom statusu prema klasifikaciji datoj u pravilniku kojim se propisuju parametri ekološkog i hemijskog statusa za površinske vode). PGIK ukupnog Fe na profilu Mojsinje/Južna Morava bila je čak 2640.05 µg/l, što odgovara V klasi i predstavlja izuzetno visoku koncentraciju ovog metala u vodi. Prosečna godišnja izmerena koncentracija Pb i njegovih jedinjenja na profilu Mojsinje/Južna Morava iznosila je 2.32 µg/l i prelazi PGK definisanu

Uredbom (Sl. glasnik 24/2014), ali ne i MDK (maksimalno dozvoljenu koncentraciju). Od svih obrađenih profila, profil Mojsinje/Južna Morava predstavlja najopterećeniji profil manganom i gvožđem u 2015. godini. I pored takvih stresnih uslova, zabeleženo je 16 taksona, a indeks diverziteta je relativno visok (2.42). Oligochaeta/Tubificidae u zajednici učestvuju sa 7.19%, ali je mali broj EPT taksona (samo dva), i to tulari *Hydropsyche contubernalis* McLachlan 1865 i *Oecetis* sp. McLachlan, 1877. Dominantna komponenta zajednice zoobentosa su školjke i puževi. Najbrojnija vrsta je puž *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828), a zanimljivo je da su, i pored tolikog opterećenja teškim metalima prisutne 4 vrste školjki (*Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), *Unio crassus* Philipson, 1788, *Unio tumidus* Philipson, 1788 i *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758)), kao i predstavnici familija Gammaridae i Chironomidae. Takođe, na ovom profilu zabeležene su i pojedine vrste larvi Odonata (*Gomphus vulgatissimus* (Linnaeus, 1758), *Calopteryx splendens* (Harris, 1782), *Calopteryx virgo* (Linnaeus, 1758) i *Ischnura elegans* (Vander Linden, 1820)) i pijavica *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758), koje mogu tolerisati značajno uvećane koncentracije navedenih metala u rečnoj vodi.

Osim prekoračenja PGIK ukupnog Mn, na profilu Kusići/Pek, PGIK ukupnog Fe iznosila je 1476 µg/l (IV klasa). Ukupan broj taksona je 13, a od toga dva EPT taksona. Abundanca svih zabeleženih taksona je mala, a najbrojniji su predstavnici familije Gammaridae. Oligochaeta/Tubificidae su prisutne sa 5.88% u zajednici. Zanimljiv je nalaz i jedne larve Odonata-*Anax parthenope* (Selys, 1839).

PGIK ukupnog Fe na profilu Raška/Ibar iznosila je 1230.84 µg/l (IV klasa). PGIK za As na lokalitetu Raška/Ibar bila je 10.42 µg/l, što odgovara III klasi. PGIK Pb i njegovih jedinjenja na profilu Raška/Ibar iznosi 2.91 µg/l, i prelazi PGK definisanu Uredbom (Sl. Glasnik 24/2014), ali ne i MDK (maksimalno dozvoljenu koncentraciju). Ukupan broj taksona na profilu Raška/Ibar bio je 18, a od toga čak 12 EPT taksona. Oligochaeta/Tubificidae bile su prisutne u zajednici sa 5.77%. Insekatski redovi Ephemeroptera i Trichoptera predstavljali su najzastupljenije grupe u zajednici. Dominantne vrste bile su: *Hydropsyche incognita* Pitsch, 1993, *Hydropsyche modesta* Navàs, 1925 i *Baetis fuscatus* Gr. (Linnaeus, 1761), a zanimljivi su nalazi pijavica *Dina lineata* (O.F.Müller, 1774) i *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758), kao i račića *Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758), što ukazuje da profil, pored opterećenja navedenim metalima, ima i organsko opterećenje.

Rezultati analize ostalih metala, gde prekoračenja izostaju, u radu su izloženi kako bi se prikazalo da su ipak prisutni u ovim vodotocima u izvesnim koncentracijama.

Najveća koncentracija ukupnog Co zabeležena je lokalitetu Kusići/Pek (0.95 µg/l), ali granice klasa ovog metala nisu definisane prema uredbama.

PGIK za Cu nije prelazila granične vrednosti II klase ni na jednom od ispitanih lokaliteta.

PGIK za Zn u 2015. godini takođe nije odstupala od granice II klase ni na jednom lokalitetu.

PGIK ukupnog Cr na svim profilima odgovarala je I klasi (opis klase odgovara odličnom ekološkom statusu prema klasifikaciji datoj u pravilniku kojim se propisuju parametri ekološkog i hemijskog statusa za površinske vode).

PGIK rastvorenog Ni i Cd i njihovih jedinjenja u 2015. godini nisu prelazile standarde kvaliteta životne sredine (SKŽS) za prioritetne i prioritetne hazardne supstance u površinskim vodama.

## ZAKLJUČAK

Istraživanjem je konstatovano da pojedine vrste bentosnih beskičmenjaka mogu tolerisati značajna povećanja koncentracija rastvorenih i ukupnih teških metala u vodi i provesti deo životnog ciklusa, ili ceo životni ciklus u takvim stresnim uslovima. Četiri vrste školjki: *Sinanodonta woodiana*, *Unio crassus*, *Unio tumidus*, *Unio pictorum*, vrsta slatkovodnog puža *Lithoglyphus naticoides*, larve tulara *Hydropsyche contubernalis*, *Oecetis* sp., predstavnici familija Tubificidae, Gammaridae i Chironomidae, pojedine vrste larvi Odonata (*Gomphus vulgatissimus*, *Calopteryx splendens*, *Calopteryx virgo* i *Ischnura elegans*), kao i još neke vrste mogu opstati u vodotocima značajno opterećenim manganom (324.91 µg/l), gvožđem (2640.05 µg/l) i olovom (2.32 µg/l)-profil Mojsinje/Južna Morava. Zaključeno je da su predstavnici roda *Hydropsyche* (Hydropsychidae:Trichoptera) uglavnom prisutni na skoro svim lokalitetima opterećenim teškim metalima, tako da se mogu smatrati izrazito tolerantnim na povećane koncentracije teških metala u vodi. Važno bi bilo napomenuti da pojedine vodotoke karakterišu i povećani prirodni nivoi određenih metala u vodi i sedimentu, u zavisnosti od tipa supstrata i geološke podloge, ali prilikom analize nije moguće utvrditi da li se radi o prirodnom nivou metala ili je antropogenog porekla. Buduća istraživanja trebala bi da se, pored vode, fokusiraju i na analizu koncentracije teških metala u sedimentu, kao i u tkivima određenih vrsta beskičmenjaka, imajući u vidu da su pojedine vrste bentosnih beskičmenjaka sedentarne ili vrste sa malom disperzijom, provode dug vremenski period u vodi u kontinuitetu, neke čak i ceo životni ciklus, a pojedine vrste takođe predstavljaju dobre bioakumulatore.

## LITERATURA:

1. Agencija za zaštitu životne sredine (2017). Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2015. godinu, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Beograd.
2. APHA AWWA WEF 3111B: 2005e
3. AQEM Consortium, (2002). Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0 (www.aqem.de), February 2002, 202 pp.
4. EPA 206.2: 1978
5. EPA 213.2: 1978
6. EPA 218.2: 1978

7. EPA 220.2 1978
8. EPA 239.2: 1978
9. EPA 249.2: 1978
10. EPA 6020 A: 2007
11. Hering, D., Verdonshot, P.F.M., Moog, O. and Sandin, L. (eds), (2004). Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia* 516: 1–20.
12. Moog, O. (ed.) (1995). *Fauna Aquatica Austriaca – A Comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes*. Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Wasserwirtschaftskataster Vienna: loose-leaf binder.
13. Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda, Službeni glasnik br. 96/2010.
14. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, Službeni glasnik RS br. 74/2011.
15. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
16. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, 50/2012.
17. Uredba o graničnim vrednostima prioritetnih i priroritenih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, 24/2014.
18. Uredba o utvrđivanju godišnjeg programa monitoringa statusa voda za 2015. godinu, Sl. glasnik 46/2015.
19. WFD (2000). Water Framework Directive – Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.