

PIONIRSKA HIDROBIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SPOMENIKA PRIRODE „SLAPOVI SOPOTNICE“

AUTORI: Dimitrija Savić Zdravković ^{1,2*}, Jelena Stanković ^{1,2}, Olivera Stamenković ^{1,2}, Marko Nikolić ^{1,2}

¹Departman za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu, Višegradska 33, 18000 Niš, Republika Srbija

²Biološko društvo „dr Sava Petrović“, Višegradska 33, 18000 Niš, Republika Srbija

*autor za korespondenciju: dimitrija@bddsp.org.rs

APSTRAKT: Spomenik prirode „Slapovi Sopotnice“ predstavlja zanimljiv predeo za istraživanje sa aspekta hidrobiologije. Kaskadna struktura plitkog vodenog tela sa pretežno stenovitim dnom u velikoj meri određuje uslove života akvatičnih organizama. Terenska istraživanja su sprovedena u proleće 2017. godine, tokom kojih je u okviru pet lokaliteta obuhvaćen ceo tok nizvodno od Gornjeg vodopada. Za uzorkovanje makrobeskičmenjaka korišćena je metoda „kick and sweep“, dok su sredinski parametri prikupljeni na osnovu SVAP i RHA protokola. U uzorcima je identifikovano 26 familija. Izračunavanjem BMWP biotičkog indeksa izvršena je preliminarna procena kvaliteta vode. BMWP skorovi su se kretali u rasponu od 55 do 103, što ukazuje na veoma visok kvalitet vode. Prisustvo familija Heptageniidae, Perlodidae, Perlidae i Leuctridae indikuje izuzetno čiste vode na ovom području.

KLJUČNE REČI: BMWP indeks, hidrobiološka istraživanja, makrozoobentos, procena kvaliteta vode, spomenik prirode

UVOD

Okvirna direktiva o vodama (Water framework directive 2000), najviši akt o zaštiti voda u Evropskoj uniji, ističe neophodnost monitoringa voda kao osnovu za njihovu adekvatnu zaštitu. Prva terenska istraživanja na području Sopotnice vršena su 2001. godine (Belij 2006), kada je Zavod za zaštitu prirode Srbije vršio terenska istraživanja radi izrade Studije zaštite Slapova Sopotnice. Kontinuirani monitoring i kompletna hidrobiološka istraživanja reke i samih slapova do sada nisu sprovedena. 2017. godine pokrenuta su hidrobiološka istraživanja na ovom području sa ciljem da se preliminarno proceni stanje vodenog ekosistema i postavi osnova za dalji kontinuirani monitoring.

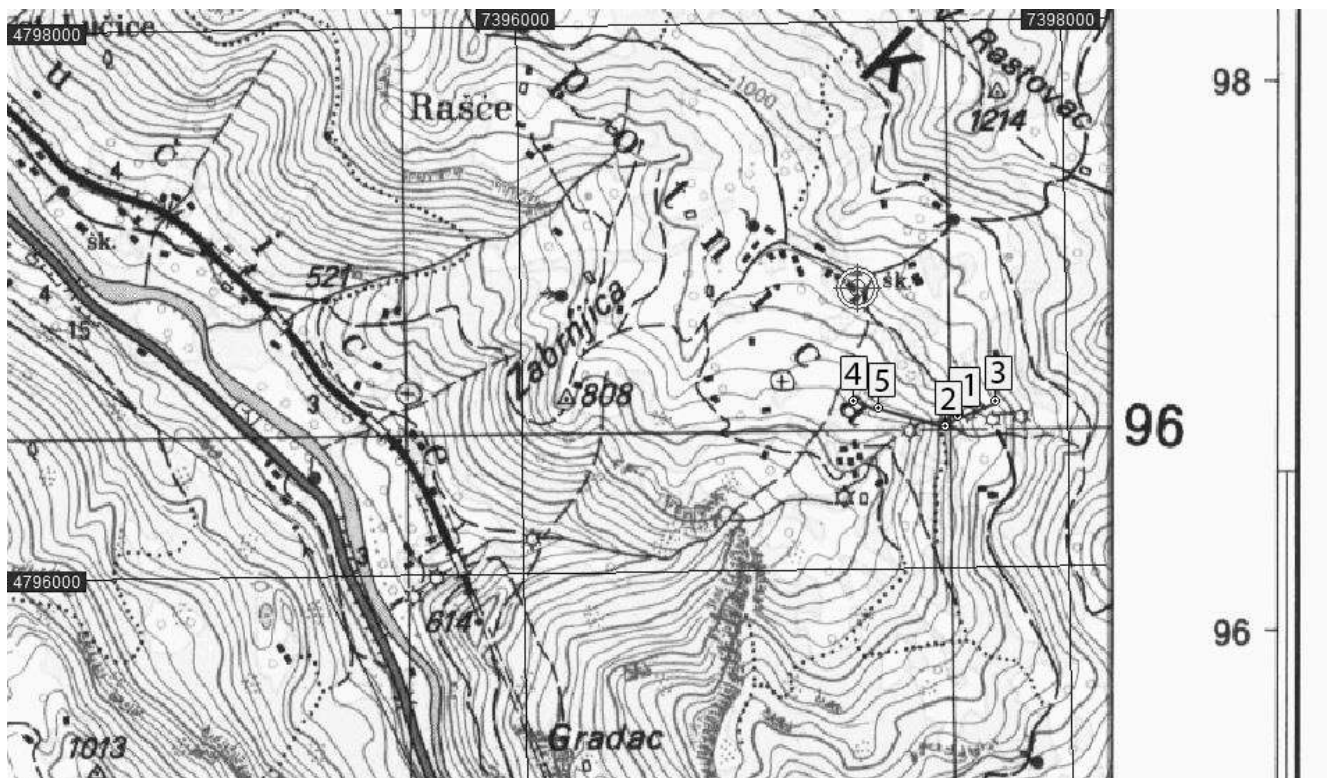
Fokus ovog rada je na preliminarnoj proceni kvaliteta akvatičnog sistema na osnovu sastava zajednice bentosnih makroinvertebrata (makrozoobentosa). Ovakav pristup je utemeljen u terenskim hidrobiološkim protokolima tokom više decenija rada (Rosenberg i Resh 1993; Carter i sar. 2006). Bentosne makroinvertebrate predstavljaju ključnu kariku u akvatičnim sistemima i pogodne su za praćenje distribucije, brojnosti, bogatstva vrsta, ujednačenosti zajednice, a prisustvo i odsustvo određenih osetljivih taksona govori nam o samom stanju datog sistema (Statzner i sar. 2005).

U datom istraživanju pokušali smo da odgovorimo na naredna pitanja:

1. Kakve su hidromorfološke karakteristike ovog predela?
2. Kakav je diverzitet faune makrobeskičmenjaka dna vodenog ekosistema?
3. Da li zajednica makrobeskičmenjaka ukazuje na dobro stanje ekosistema?

MATERIJAL I METODE

Istraživano područje predstavlja spomenik prirode smešten u jugozapadnoj Srbiji na reci Sopotnici u jednom od najbogatijih delova Srbije u pogledu geodiverziteta, zlatiborskom okrugu (Novković 2008). Sama reka Sopotnica je pritoka Lima i pripada crnomorskom slivu, a nalazi se na obroncima planine Jadovnik. Spomenik prirode obuhvata izvorište površinskog toka reke Sopotnice sa više stalnih i povremenih karstnih vrela i izvora koji formiraju tokove sa serijom vodopada na akumuliranim naslagama bigra (Garača i Ratković 2007). Terenskim istraživanjem obuhvaćeno je pet lokaliteta na vodenom telu od Gornjeg vodopada do zaravni sa uređenim delom za turiste (Slika 1).



Slika 1. Mapa istraženih lokaliteta (OziExplorer GPS Mapping Software, v. 3.95, karta Srbije 1:50 000).

Figure 1. Map of the explored sites (OziExplorer GPS Mapping Software, v. 3.95, Map of Serbia, scale 1:50 000).

Na lokalitetima je vršeno prikupljanje sredinskih parametara i uzorkovanje makrozoobentosa. Za preliminarnu procenu hidromorfoloških karakteristika vodenog staništa, kao i riparijalne zone korišćena je najjednostavnija metoda modifikovanog SVAP protokola za vizuelnu procenu kvaliteta izvora (*eng. Stream Visual Assessment Protocol*) i RHA protokola za brzu procenu kvaliteta staništa (*eng. Rapid Habitat Assessments protocols*) (Newton i sar. 1998; Barbour i sar. 1999). Fizičko-hemijski parametri mereni su na terenu uz pomoć terenske sonde (WTW multi 340i probe): pH, temperatura, rastvoreni kiseonik i konduktivitet. Turbiditet je određen nefelometrijskom metodom uz pomoć turbidimetra „TN-100 EUTECH instruments“. Na terenu su određivane sledeće hidromorfološke karakteristike: koordinate, nadmorska visina, dubina basena, prozirnost, tip podloge, osnovni tipovi riparijalne vegetacije, procenat zasenčenosti, kao i prisustvo veštačkih izmena basena i vidljivog otpada.

Uzorkovanje makrozoobentosa vršeno je trominutnom „kick and sweep“ metodom u skladu sa STAR/AQEM pristupom. Procedura uzorkovanja podrazumeva uzimanje nekoliko poduzoraka (uglavnom 20) u zavisnosti od reprezentativnih mikrostaništa lokaliteta, a svaki poduzorak dobijen je korišćenjem ručne mreže tačno poznatih dimenzija (25 cm × 25 cm veličina rama; 500 μm promer okaca mreže) (Clarke i sar. 2006). Ispiranje uzoraka obavljeno je na terenu, a organizmi su prikupljeni pincetama i konzervirani u 70% etil-alkoholu radi daljeg transporta i analize. Identifikacija prikupljenog materijala vršena je u laboratoriji do nivoa famili-

je uz pomoć nekoliko ključeva (Brinkhurst i Jamieson 1971; Kerovec 1986; Nilsson 1997).

Preliminarna procena kvaliteta vode izvršena je izračunavanjem BMWP biotičkog indeksa (*eng. Biological Monitoring Working Party*), na osnovu sastava zajednice makrozoobentosa (Armitage i sar. 1983). Ovaj indeks se zasniva na makrobeskičmenjacima kao bioindikatorima kvaliteta vode, pri čemu se svakoj familiji dodeljuje skor tolerancije u odnosu na njenu osetljivost na organsko opterećenje prisutno u akvatičnom sistemu (Cota i sar. 2003). Klase kvaliteta određene su na osnovu sledeće klasifikacije (Bick 1963):

0-10	ρ (distrofna) – jako zagađene vode (IV kategorija)
11-40	α, α-ρ (alfa-mezosaprobna) – srednje zagađene vode (III kategorija)
41-70	β, β-α (beta-mezosaprobna) – manje zagađene vode (II kategorija)
71-100	o, o-β (oligosaprobna) – relativno čiste vode (I kategorija)
>100	z, z-o (katarobna) – čiste vode (I kategorija)

REZULTATI

Zabeležene vrednosti fizičko-hemijskih parametara prikazane su u Tabeli 1, dok su hidromorfološke karakteristike prikazane u Tabeli 2.

Tabela 1. Fizičko-hemijski parametri na istraživanim lokalitetima (prosečna vrednost na osnovu merenja sa svih pet lokaliteta).

Table 1. Physicochemical parameters at the researched localities (average value on the basis of measurements from all five sites).

	pH	Temperatura vode (°C)	Rastvoreni kiseonik (mg/l)	Saturacija kiseonikom (%)	Elektroprovodljivost (µs/cm)
Prosečna vrednost ± SD	8.318 ± 0.057	9.88 ± 0.998	10.44 ± 0.174	102.66 ± 0.709	292 ± 12.32

Tabela 2. Hidromorfološki parametri istraživanih lokaliteta.

Table 2. Hydromorphological parameters of the researched sites.

Lokalitet	Koordinate	Nadmorska visina (m)	Dubina basena (cm)	Prozirnost (turbiditet) (ntu)	Tip podloge	Riparijalna vegetacija	Zasenčenost (%)	Veštačke izmene basena i otpad
1	N 43°18.108' E 19°44.587'	1078	6.5	0	pretežno bigar	zeljasta + drveće	95-100	prisutne izmene + malo otpada
2	N 43°18.089' E 19°44.556"	1080	33	0	pretežno bigar	zeljasta + drveće	95-100	malo otpada
3	N 43°18.137' E 19°44.684'	1076	5.5	0	bigar i veliko kamenje	pretežno zeljasta + malo drveća	95-100	/
4	N 43°18.142' E 19°44.305'	959	26	0	pretežno pesak i šljunak	zeljasta + drveće	95-100	otpad + betonirane obale
5	N 43°18.124' E 19°44.370'	967	15	0	bigar i stene	mahovine + zeljasta + malo drveća	95-100	minimalno

Na osnovu prikupljenog i identifikovanog materijala sa terena izvršena je preliminarna procena sastava i strukture zajednice vodenih bentosnih makrobeskičmenjaka. Utvrđeno je prisustvo čak 26 familija koje se mogu svrstati u devet redova, šest klasa, dva podfiluma i tri filuma. Spisak pronađenih taksona predstavljen je u Tabeli 3.

U Tabeli 4 prikazano je prisustvo familija po ispitivanim lokalitetima i izračunat indeks za date lokalitete. BMWP skorovi kreću se u rasponu od 55, što je u β , β - α klasi (beta-mezosaprobna) – manje zagađene vode (II kategorija) do 103, što predstavlja z, z-o klasu (katarobna) – čiste vode (I kategorija).

Tabela 3. Sastav zajednice makrozoobentosa u SP „Slapovi Sopotnice“.

Table 3. Structure of the macrozoobenthos community in NM “Slapovi Sopotnice”.

Phylum	Subphylum	Class	Ordo	Familia	
Annelida		Hirudinea	Hirudinida	Erpobdellidae	
		Clitellata	Opisthopora	Lumbricidae	
				Tubificidae	
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	
		Arachnida			
	Hexapoda	Insecta	Thrichoptera	Polycentropodidae	
				Limnephilidae	
				Philopotamidae	
					Rhyacophilidae
					Glossosomatidae
					Psychomyiidae
				Plecoptera	Perlodidae

Phylum	Subphylum	Class	Ordo	Familia
				Leuctridae
				Perlidae
				Nemouridae
			Diptera	Tipulidae
				Tabanidae
				Psychodidae
				Stratiomyidae
				Simulidae
				Chironomidae
			Ephemeroptera	Baetidae
				Heptageniidae
			Coleoptera	Elmidae
				Scirtidae
Mollusca		Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae
				Bithyniidae

Tabela 4. Zastupljenost identifikovanih familija na istraživanim lokalitetima i vrednosti BMWP indeksa.

1 – prisutno, 0 – nije prisutno.

Table 4. Presence of the identified families at the research sites: 1- present; 0- not present, and the BMWP index.

Prisutna-1, Odsutna-0					
Familia	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 3	Lokalitet 4	Lokalitet 5
Erpobdellidae	1	1	1	1	1
Lumbricidae	0	1	0	0	0
Tubificidae	0	0	1	0	0
Gammaridae	1	1	1	1	1
Klasa Arachnida	0	0	1	0	1
Polycentropodidae	1	1	1	1	1
Limnephilidae	1	1	1	1	1
Philopotamidae	0	0	1	0	1
Rhyacophilidae	0	0	1	0	1
Glossosomatidae	0	0	0	0	1
Psychomyiidae	0	1	0	0	1
Perlodidae	1	1	1	1	1
Leuctridae	1	1	1	0	1
Perlidae	0	0	1	0	0
Nemouridae	1	1	0	0	1
Tipulidae	1	1	1	1	1
Tabanidae	0	0	0	1	0
Psychodidae	1	1	1	1	1
Stratiomyidae	0	0	0	0	1
Simulidae	1	1	0	0	1
Chironomidae	1	1	1	1	1
Baetidae	1	1	1	1	1
Heptageniidae	1	0	1	0	1
Elmidae	0	0	0	1	0
Scirtidae	1	1	1	0	1
Planorbidae	0	0	0	1	0
Bithyniidae	1	0	1	0	0
BMWP skor i klase kvaliteta	77 0,0-β	72 0,0-β	90 0,0-β	55 β, β-α	103 z, z-0

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Visoka geomorfološka struktuiranost samog vodenog korita područja Spomenika prirode „Slapovi Sopotnice“, kao i topografija riparijalne zone i okoline uslovljavaju bogatstvo akvatične zajednice (Barbour i sar. 1999). Svi fizički i hemijski parametri mereni na terenu mogu biti povezani sa hemijskom strukturom i hemijskim sastavom podloge, prisutnim gasovima, organskim i neorganskim materijama u vodi, prisutnim organizmima, procentom fotosintetišućih organizama i slično (Feio i sar. 2014), te se u narednom periodu preporučuje ispitivanje većeg broja parametara na većem broju lokaliteta. Prisustvo familija koje se javljaju samo u čistim vodama visokog kvaliteta, kao što su Heptageniidae, Perlodidae, Perlidae i Leuctridae govori o skoro referentnim uslovima staništa. Zapaženo stanje samog istraživanog lokaliteta iziskuje dalja ispitivanja o mogućem antropogenom uticaju na ovom zaštićenom području.

Širok raspon skorova kvaliteta vode ukazuje na neophodnost prikupljanja dodatnih podataka i nastavka uzorkovanja na terenu na većem broju lokaliteta i u svakoj sezoni. BMWP indeks već duže vreme pokazao se najboljim od svih biotičkih indeksa ovoga tipa (Romero i sar. 2017; Armitage i sar. 1983), međutim potrebno je napraviti još precizniju procenu, što će biti moguće jedino temeljnim i dugogodišnjim istraživanjem. Prema Okvirnoj direktivi o vodama neophodno je obratiti posebnu pažnju na referentna staništa, time podrazumevajući vodena tela koja svojim fizičko-hemijskim, hidromorfološkim i biološkim elementima pokazuju jako mali antropogeni uticaj (Moss 2008). Naša preliminarna istraživanja ukazuju na to da bi ekosistem slapova Sopotnice mogao da predstavlja ovakvo stanište.

Na osnovu ovog preliminarnog i kratkoročnog ispitivanja u jednoj sezoni mogu se doneti samo preliminarni zaključci o stanju kvaliteta vode Spomenika prirode „Slapovi Sopotnice“. Međutim, prema priloženim rezultatima možemo slobodno reći da je dalji monitoring i sezonsko praćenje stanja sistema imperativ u daljem upravljanju ovim zaštićenim područjem.

ZAHVALNICA

Ovom prilikom se zahvaljujemo Naučno-istraživačkom društvu studenata biologije i ekologije „Josif Pančić“ iz Novog Sada na pozivu i ukazanom poverenju. Posebno hvala Biološkom društvu „dr Sava Petrović“ iz Niša na konstantnoj podršci tokom naših istraživanja, kao i Marku Zdravkoviću na pomoći tokom terenskog rada.

LITERATURA

- 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. *Water research*, 17(3), 333-347.
- Barbour M. T., Gerritsen J., Snyder B. D., Stribling J. B. (1999): Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
- Belij S. (2006): Geomorfološko-hidrološki Spomenik prirode 'Slapovi Sopotnice' - novi objekt geonastleđa Srbije. *Zaštita prirode*, 56(2), 5-19.
- Bick H. (1963): A review of central European methods for the biological estimation of water pollution levels. *Bulletin of the World Health Organization*, 29(3), 401.
- Brinkhurst R.O., Jamieson B. G. M. (1971): *Aquatic Oligochaeta of the world*. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- Carter J. L., Resh V. H., Rosenberg D. M., Reynoldson T. B. (2006): Biomonitoring in North American rivers: a comparison of methods used for benthic macroinvertebrates in Canada and the United States. *Biological monitoring of rivers*, 203-228.
- Clarke R. T., Lorenz A., Sandin, L. Schmidt-Kloiber A., Strackbein J., Kneebone N. T., Haase P. (2006): Effects of sampling and sub-sampling variation using the STAR-AQEM sampling protocol on the precision of macroinvertebrate metrics. *The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods*, 441-459.
- Cota L., Goulart M., Moreno P. Callisto M. (2003): Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, 28(4), 1713-1716.
- Directive W. F. (2000): Water Framework Directive. 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. Common Implementation. Citirano u tekstu kao (Water framework directive 2000).
- Feio M. J., Aguiar F. C., Almeida S. F. P., Ferreira J., Ferreira M. T., Elias C., Serra S. R. Q., Buffagni A., Cambra J., Chauvin C., Delmas F. (2014): Least disturbed condition for European Mediterranean rivers. *Science of the Total Environment*, 476, 745-756.
- Garača V., Ratković S. S. (2007): Sopotnički vodopadi kao glavni faktor razvoja turizma u selu Sopotnica, [www.turizmologija.com], 10.11.2017. Citirano u tekstu kao (Garača i Ratković 2007).

- Kerovec M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. SNL. Zagreb.
- Moss B. (2008): The Water Framework Directive: total environment or political compromise. *Sci Total Environ* 2008;400:32–41.
- Newton B., Pringle C., Bjorkland R. (1998): Stream visual assessment protocol. National Water and Climate Center Technical Note, 99-1.
- Nilsson A. (Ed.) (1997): Aquatic insects of North Europe: a taxonomic handbook. Apollo books, Stenstrup.
- Novković I. (2008): Geonasleđe Zlatiborskog okruga. *Zaštita prirode*, 58(1-2), 37-52.
- Romero K. C., Del Río J. P., Villarreal K. C., Anillo J. C. C., Zarate Z. P., Gutierrez L. C., Franco, O. L., Valencia, J. W. A. (2017): Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index. *Ecological Indicators*, 72, 53-66.
- Rosenberg D. M., Resh V. H. (1993): *Freshwater Bio-monitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, NY.
- Statzner B., Bady P., Doledec S., Schöll F. (2005): Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of trait patterns in least impacted river reaches. *Freshwater Biology*, 50(12), 2136-2161.

SUMMARY

Natural Monument “Slapovi Sopotnice” represents an interesting landscape to investigate from hydrobiological aspect. Cascading structure of the shallow water body with mostly rocky bottom majorly determines conditions for organisms living in it to a large degree. Field activities were conducted in spring 2017, during which five localities were assessed along the water body downstream from the Gornji (Upper) waterfall. For the macrozoobenthos sampling, the “kick and sweep” method was used, while the environmental parameters were collected based on SWAP and RHA protocols. In the samples 26 families were identified. By calculating the BMWP biotic index preliminary assessment of water quality was given, with BMWP scores from 55 to 103, which indicate very high quality of water. Species richness is also one of the indicators of high water quality of aquatic habitat. The presence of Heptageniidae, Perlodidae, Perlidae and Leuctridae families indicates very clean waters in this area.