

**SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA**

49. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

# VODA 2020

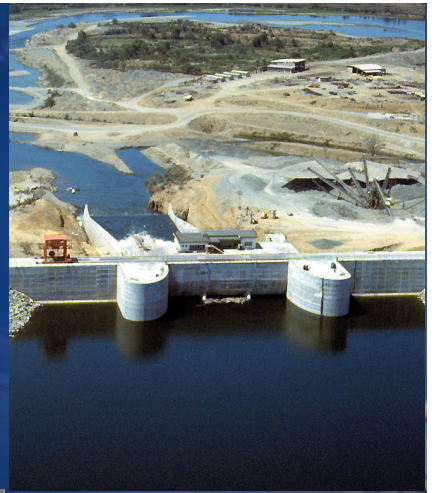
*The 49th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society*

***WATER 2020***

*Conference Proceedings*



Trebinje, 19. – 20. novembar 2020.

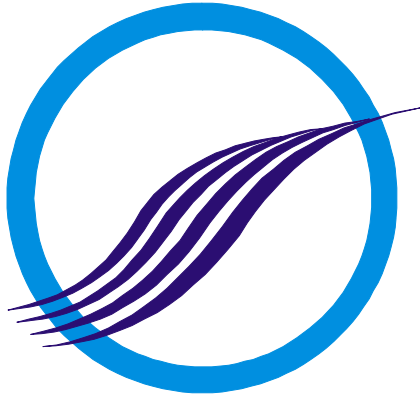


**ENERGOPROJEKT**  
**NISKOGRADNJA a.d.**



Bulevar Mihaila Pupina 12,  
11070 Beograd, Srbija  
Tel: +381 11 214 64 24  
Faks: +381 11 311 24 93

[www.energoprojekt-ng.rs](http://www.energoprojekt-ng.rs)  
[www.energoprojekt.rs](http://www.energoprojekt.rs)



[www.sdzv.org.rs](http://www.sdzv.org.rs)

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

*SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY*

## II

---

### IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,  
Tel/Faks: (011) 32 31 630

### PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad  
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska  
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska  
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija  
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora  
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd  
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd  
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd  
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora  
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd  
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR): Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

*Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.*

TIRAŽ (CIRCULATION): 200 primeraka

ŠTAMPA: "Akademska izdanja", Zemun, 2020

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд  
502.51(082)  
556.11(082)  
628.3(082)  
628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (49 ; 2020 ; Требиње)  
Voda 2020 : zbornik radova 49. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda =  
Water 2020 : conference proceedings 49th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control  
Society, Trebinje, 19-20. novembar 2020. / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda [u saradnji sa  
"Hidroelektrane na Trebišnjici" a.d., Trebinje i Mješoviti Holding "Elektroprivreda Republike Srpske",  
Matično preduzeće a.d. Trebinje] ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu  
voda, 2020 (Zemun : Akademska izdanja). - XII, [512] str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 200. - Str. XII: Predgovor / Aleksandar Đukić. -  
Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-7-0

a) Воде -- Зборници б) Отпадне воде -- Зборници в) Снабдевање водом -- Зборници  
COBISS.SR-ID 25307657

## PRIKAZ PARAMETARA KVALITETA VODE U TRI AKUMULACIJE U SRBIJI

Dušan Nikolić\*, Stefan Skorić\*, Branislav Mićković\*,  
Gorčin Cvijanović\*, Aleksandar Hegediš\*, Vesna Đikanović\*\*

\* *Univerzitet u Beogradu – Institut za multidisciplinarna istraživanja, Kneza Višeslava 1a, 11030 Beograd, Srbija*

\*\* *Univerzitet u Beogradu – Odeljenje za hidroekologiju i zaštitu voda, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković” – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Bulevar despota Stefana 142, 11060 Beograd, Srbija, email: [djiki@ibiss.bg.ac.rs](mailto:djiki@ibiss.bg.ac.rs)*

### REZIME

Istraživanja su vršena tokom leta 2017. godine na tri akumulacije u Srbiji: Garaši, Perućac i Medjuvršje. Merenja temperature, koncentracije rastvorenog kiseonika, pH, totalno rastvorenih čestica, konduktiviteta i koncentracije hlorofila-a vršena su multiparametarskom sondom (YSI 6600 V2) od površine do 5 m dubine, sa intervalom od 1 m. Dobijeni rezultati pokazali su da se akumulacija Garaši izdvojila kao akumulacija sa najvišim sadržajem rastvorenog kiseonika i najvišom koncentracijom hlorofila a., i vodom koja je alkalna (pH>8).

KLJUČNE REČI: multiparametarska sonda, veštačka jezera, dubinska distribucija, parametri kvaliteta vode.

## DATA OF WATER QUALITY PARAMETERS IN THREE RESERVOIRS IN SERBIA

### ABSTRACT

This study was conducted during the summer of 2017 in three reservoirs in Serbia: Garaši, Perućac, and Medjuvršje. Measurements of temperature, dissolved oxygen concentration, pH, suspended particles, conductivity and concentration of chlorophyll-a were performed with a multiparameter water quality probe (YSI 6600 V2) from water surface to 5 m depth, with an interval of 1 m. The obtained results showed that Garaši reservoir stood out as the reservoir with the highest dissolved oxygen concentration and the highest concentration of chlorophyll a., and with alkaline water (pH > 8).

KEY WORDS: multiparameter water quality probe, reservoirs, depth distribution, water quality parameters.

## UVOD

Kako bi se zadovoljile rastuće potrebe naselja, industrije i poljoprivrede za vodom, pitanje kvantiteta i kvaliteta površinskih vodotokova sve više je aktuelno. Jedno od rešenja jeste izgradnja veštačkih jezera (Dević i sar., 2014). Sa druge strane, brojni su faktori koji utiču na kvalitet površinskih voda – atmosferske padavine, geološka podloga, razlaganje organske materije, kao i antropogene aktivnosti. Poslednji pokazuje veliku tendenciju da ubrza prirodne procese koji utiču na kvalitet vode (Dević i sar., 2014).

Akumulacija Garaši formirana je 1976. godine na mestu gde se sastaju potoci Mala Bukulja i Velika Bukulja igradnjom betonske brane. Prema svojim morfološkim karakteristikama (površina 0,65 km<sup>2</sup>, maksimalna dubina 20 m) najmanja je od tri ispitivane akumulacije u ovom istraživanju. Izložena je niskom antropogenom pritisku (poljoprivredne otpadne vode) i služi kao vodozahvat za vodosnabdevanje grada Arandelovca (Nikolić i sar., 2020).

Akumulacija Perućac nastala je 1967. godine pregrađivanjem reke Drine gravitacionom, betonskom branom dužine 461 m i visine 90 m. Prema svojim morfološkim karakteristikama (površina 12,4 km<sup>2</sup>, zapremina 0,34 km<sup>3</sup>, dužina 54 km, širina 1,1 km, maksimalna dubina 80 m) spada među najveće akumulacije u Srbiji. Napravljena je za potrebe HE "Bajina Bašta" i izložena je niskom antropogenom pritisku (plutajući nanos) (Nikolić i sar., 2020).

Akumulacija Međuvršje formirana je 1953. godine pregrađivanjem reke Zapadne Morave gravitacionom, betonskom branom dužine 190 m i visine 32 m. Prema svojim morfološkim karakteristikama (površina 1,5 km<sup>2</sup>, zapremina 4.500.000 m<sup>3</sup>, dužina 11 km, širina 272 m, maksimalna dubina 12 m) najveća je akumulacija na Zapadnoj Moravi. Napravljena je za potrebe HE "Međuvršje" i izložena je visokom antropogenom pritisku i eutrofikaciji (otpadne vode industrije i naselja). To je dovelo da smanjenja dubine jezera skoro dva puta, a zapremine čak četiri puta (Nikolić i sar., 2020).

Cilj ovog istraživanja je poređenje dubinskih distribucija odabranih parametara kvaliteta vode u tri pomenute akumulacije koje su različitih karakteristika, stepena trofičnosti i koriste se u različite svrhe.

## MATERIJAL I METODE

Terenska istraživanja vršena su tokom leta 2017. godine na tri veštačka jezera u Srbiji: Garaši (44.286971 N, 20.472976 E), Perućac (43.963803 N, 19.405940 E) i Međuvršje (43.912481 N, 20.209294 E). Merenja temperature vode (°C), koncentracije rastvorenog kiseonika (mg/L), pH, totalno rastvorenih čestica (g/L), konduktiviteta (μS/cm) i koncentracije hlorofila-a (μg/L) vršena su multiparametarskom sondom (YSI 6600 V2) od površine do 5 m dubine, sa intervalom od 1 m. Sva merenja obavljena su u prepodnevnim časovima, oko 11h.

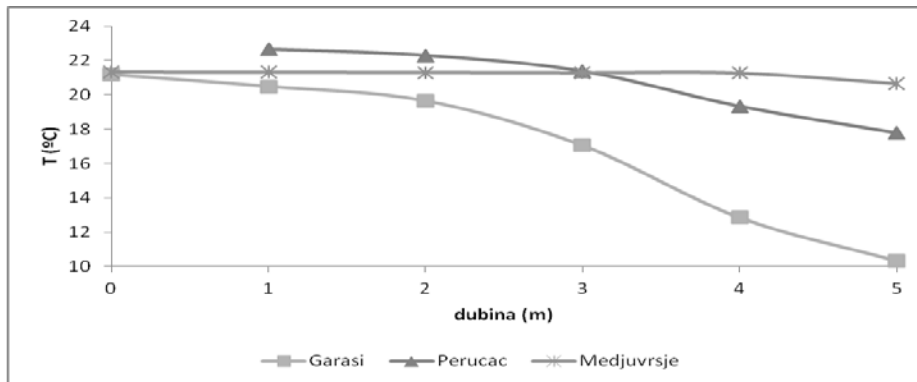
## REZULTATI I DISKUSIJA

Na slikama od 1. do 6. dat je prikaz dubinske distribucije praćenih pokazatelja kvaliteta vode akumulacija Garaši, Perućac i Međuvršje.

Zabeležena je termička stratifikacija koja se odlikovala smanjenjem temperature idući od vodene površine ka dubini od 5 m (Sl. 1). Temperatura vode indirektno kontroliše stepen



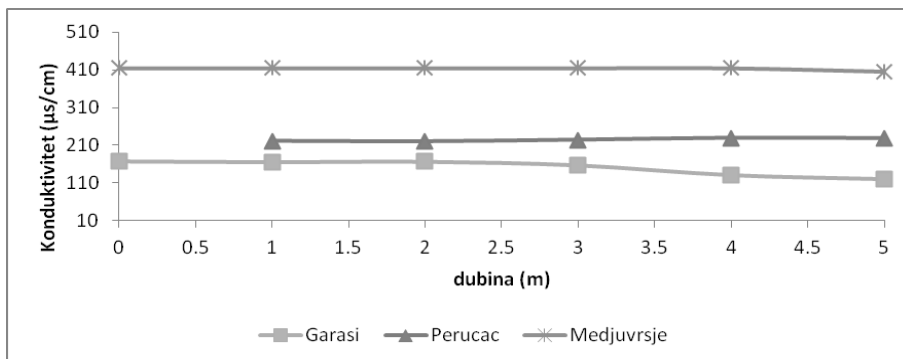
fotosinteze od strane algi i respiraciju akvatičnih organizama, dovodeći do promene u koncentraciji ugljen-dioksida putem metaboličkih aktivnosti (Zang i sar., 2011).



Slika 1. Promena temperature vode ispitivanih jezera po dubini.

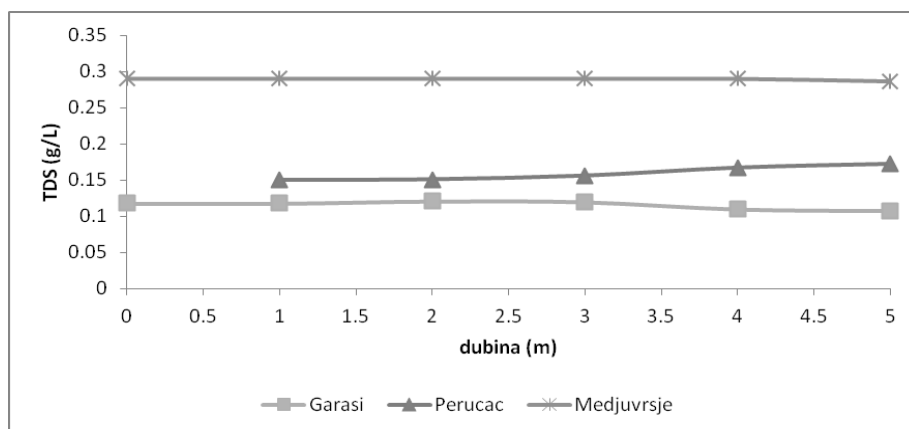
Figure 1. Changes of water temperature in reservoirs.

Stratifikaciju konduktiviteta (Sl. 2) pratila je stratifikacija koncentracija totalno rastvorenih čestica u vodi (Sl. 3). Najveći konduktivitet, kao i koncentracija totalno rastvorenih čestica u vodi zabeležena je u akumulaciji Međuvršje, a najmanja u akumulaciji Garaši (Sl. 2 i Sl. 3). Konduktivitet predstavlja značajan indikator tvrdoće vode i alkaliniteta, a odnosi se na koncentraciju jonizovanih rastvorenih materija u vodi (Mićković i sar., 2018).



Slika 2. Promena vrednosti konduktiviteta vode ispitivanih jezera po dubini.

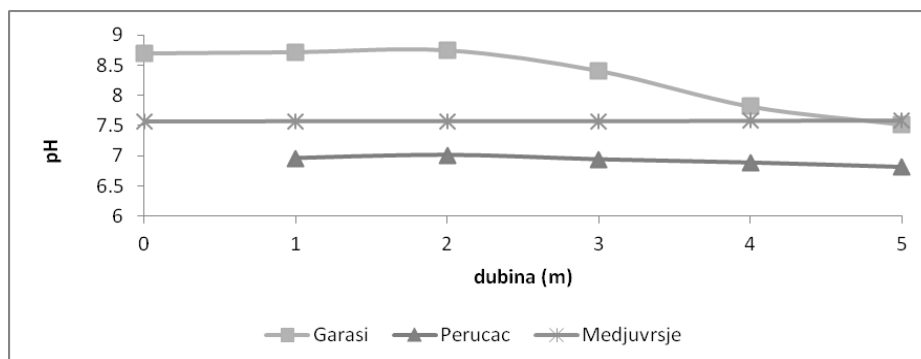
Figure 2. Changes of conductivity values in reservoirs.



Slika 3. Promena vrednosti koncentracije totalno rastvorenih čestica u vodi ispitivanih jezera po dubini.

Figure 3. Changes of TDS values in reservoirs.

Vrednosti pH ukazali su da je voda akumulacije Garaši alkalna ( $\text{pH} > 8$ ), a Perućca i Međuvršja blizu neutralne vrednosti ( $\text{pH} = 7$ ) (Sl. 4), a stratifikacija pH pratila je stratifikaciju temperature. Koncentracija vodonikovih jona (pH) ključni je indikator hemije vode (Howland i sar., 2000) i u uskoj je vezi sa režimom rastvorenih gasova (Mićković i sar., 2018). U eutrofnim vodama pH može da dostigne vrednost 9 ili 10. Visok pH može da inhibira fotosintezu algi (Zang i sar., 2011).



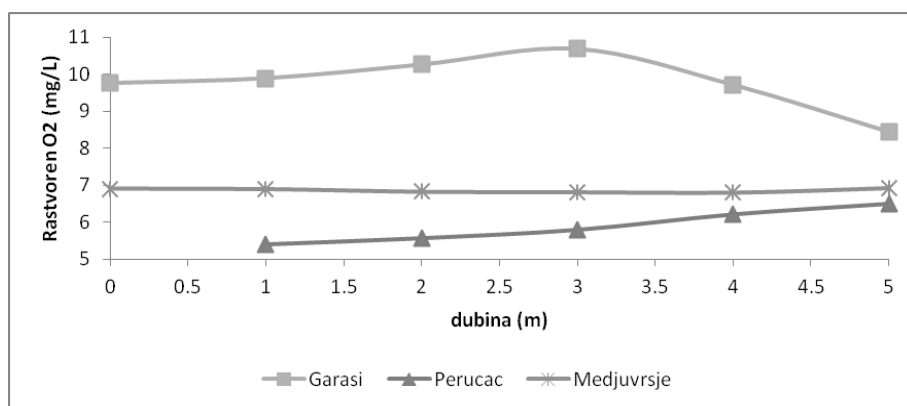
Slika 4. Promena pH vrednosti vode ispitivanih jezera po dubini.

Figure 4. Changes of pH values in reservoirs.

Garaši su se izdvojili kao akumulacija sa najvišom, a Perućac sa najmanjom koncentracijom rastvorenog kiseonika (Sl. 5). Sadržaj rastvorenog kiseonika je imao prilično ujednačenu dubinsku distribuciju u akumulacijama Garaši i Međuvršje, a u akumulaciji Perućac bio je najmanji u površinskim slojevima, i sa dubinom rastao. Koncentracija rastvorenog kiseonika limitirajući je faktor za metabolizam akvatičnih ekosistema i indikator je njihovog stanja i zagađenja. Kod eutrofnih voda, koncentracija rastvorenog kiseonika pokazuje diurnalne

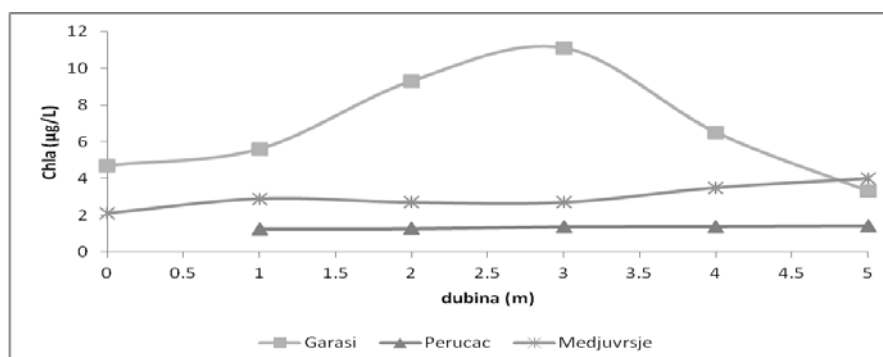


varijacije usled fotosinteze algi i respiracije u akvatičnim ekosistemima. Fotosinteza od strane algi, procesi respiracije u akvatičnim ekosistemima, temperatura vode i razlaganje organske materije uz potrošnju kiseonika utiču na promene pH i koncentraciju rastvorenog kiseonika (Zang i sar., 2011).



Slika 5. Promena vrednosti sadržaja rastvorenog kiseonika u vodi ispitivanih jezera po dubini.  
Figure 5. Changes of DO values in reservoirs.

Akumulacija Garaši imala je najviše, a Perucac najniže koncentracije hlorofila-a (Sl. 6). Stratifikaciju koncentracije hlorofila-a (Sl. 6) prati stratifikacija koncentracije rastvorenog kiseonika. Hlorofil-a je važan indikator prisustva algi i često se smatra ključnim faktorom za procenu eutrofikacije, gde je koncentracija hlorofila-a obično veća od 10  $\mu\text{g/L}$  kod eutrofnih ne-poljoprivrednih voda (Zang i sar., 2011). Koncentracija hlorofila-a predstavlja najznačajniji parametar pri utvrđivanju indeksa trofičkog statusa jezera (Carlson, 1977). Takođe, dobar je indikator zagađenja vode nutrijentima (Mićković i sar., 2018). Dodatno, na rast algi, kao primarnih producenata u akvatičnim ekosistemima, utiču, između ostalih, i temperatura vode, pH i koncentracija rastvorenog kiseonika (Zang i sar., 2011).



Slika 6. Promena koncentracije hlorofila-a u vodi ispitivanih jezera po dubini.  
Figure 6. Changes of Chl-a concentrations in reservoirs.

## ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni istraživanjem dubinske distribucije odabranih parametara kvaliteta vode u tri akumulacije pokazali su da se akumulacija Garaši izdvojila kao akumulacija sa najvišim sadržajem rastvorenog kiseonika i najvišom koncentracijom hlorofila a., i vodom koja je alkalna (pH>8). Dobijeni rezultati mogu imati izvestan značaj za potrebe monitoringa, kao i za potrebe višenamenskog racionalnog i održivog korišćenja akumulacija.

#### Zahvalnica

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, br. ugovora 451-03-68/2020-14/200053, 451-03-68/2020-14/200007.

#### LITERATURA

- Dević G, Đorđević D, Sakan S, Freshwater environmental quality parameters of man-made lakes of Serbia, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8) (2014) 5221-5234.
- Zang C, Huang S, Wu M, Du S, Scholz M, Gao F, Lin C, Guo Y, Dong Y, Comparison of relationships between pH, dissolved oxygen and chlorophyll a for aquaculture and non-aquaculture waters. *Water, Air, & Soil Pollution* 219(1-4) (2011) 157-174.
- Carlson R E, A trophic state index for lakes, *Limnology and Oceanography* 22(2) (1977) 361-369.
- Mićković B, Nikčević M, Skorić S, Nikolić D, Djikanović V, Stratifikacija pokazatelja kvaliteta vode akumulacije "Uvac" (sezona sredina leta – rana jesen 2017). 47. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda "Voda 2018", Sokobanja, Srbija 12.-14. June, 2018. *Zbornik radova* (2018) 75-81.
- Nikolić D, Skorić S, Rašković B, Lenhardt M, Krpo-Ćetković J, Impact of reservoir properties on elemental accumulation and histopathology of European perch (*Perca fluviatilis*), *Chemosphere* 244 (2020) 125503.
- Howland RJM, Tappin AD, Uncles R J, Plummer DH, Bloomer NJ, Distributions and seasonal variability of pH and alkalinity in the Tweed Estuary, UK. *Science of the Total Environment* 251/252(1), (2000) 125–138.