

## **Laboratorijske analize ključnih fizičko-hemijskih parametara površinske, podzemne i ocedne vode zaštićenih vodnih tela u Srbiji i Hrvatskoj**

Misija i jedan od glavnih ciljeva IPA projekta SeNs Wetlands je procena kvaliteta površinske i podzemne vode analizom osnovnih fizičko-hemijskih parametara standardnim analitičkim metodama i razvijenim fiber-optičkim senzorom. U prvoj fazi projekta postavljeni su pijeziometri za uzorkovanje podzemne vode i analizu ključnih fizičko-hemijskih parametara standardnim analitičkim metodama. U drugoj fazi projekta, fiber-optički senzor će se koristiti za sprovođenje paralelne komparativne analize sa standardnim laboratorijskim analitičkim metodama. Instalirani senzorski sistemi će biti deo integrisane mreže monitoringa prekograničnih zaštićenih područja Hrvatska-Srbija.

U uzorcima površinske, podzemne i ocedne vode analizirani su fizičko-hemijski parametri: pH, temperatura vode i vazduha, rastvoreni kiseonik, hemijska potrošnja kiseonika (HPK), biološka potrošnja kiseonika (BPK<sub>5</sub>), ukupni organski ugljenik (TOC), nitriti, nitrati, ortofosfati, amonijum ion, ukupan azot, ukupan fosfor, sulfati, hloridi, fluoridi, elektroprovodljivost, ukupni hlor, fenoli i metali (nikl, gvožđe, cink, hrom, bakar). Svi fizičko-hemijski parametri analizirani su u Akreditovanoj Laboratoriji za monitoring deponija, otpadnih voda i vazduha, Departmana za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu. Korišćene su standardne EPA i HACH metode - EPA 170.1, EPA 150.1, EPA 120.1, EPA 360.1, EPA 365.3, HACH 8507, HACH 8192, HACH 8155, HACH 8021, HACH 8113, HACH 8023, HACH 8167, HACH 8023, EN ISO 11905-1, Metod 8047, Metod 8150, Metod 8146, Metod 8009, Metod 8143 i ISO 15705.

### **Preliminarna analiza površinske vode jezera Zobnatica u R. Srbiji**

Preliminarno uzorkovanje površinske vode jezera Zobnatica, u okolini Bačke Topole, u Vojvodini, sprovedeno je u novembru 2017. i maju 2018. Jezero Zobnatica formirano je 1976. godine u dolini reke Krivaja, površine je 226 ha i dužine oko 5 km. Osnovna namena jezera je navodnjavanje poljoprivrednih površina, ali je poslednjih godina jezero postalo turistička atrakcija opštine Bačka Topola, posebno u letnjem periodu. Turistima su na raspolaganju izgrađena plaža, sportski sadržaji, ali i mogućnost za sportski ribolov. U neposrednoj blizini jezera nalazi se poljoprivredna površina, koja je u nekim delovima veoma blizu plaže na jezeru i seoskih naselja.

Klasifikacija kvaliteta površinskih voda propisana Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i rokovi za njihovo ostvarivanje (Službeni glasnik RS 50/2012) prikazani su u Tabeli 1 i Tabeli 2.

**Tabela 1.** Granične vrednosti fizičko-hemijskih parametara za klasifikaciju kvaliteta vode, Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i rokovi za njihovo postizanje (Službeni glasnik RS 50/2012)

Parametar	Jedinica	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV	Klasa V
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 ili >8.5
<b>Elektroprovodljivi vost</b>	<b>µS/cm</b>	<1000 / BLQ	1000	1500	3000	>3000
<b>Rastvoreni kiseonik</b>	<b>mgO<sub>2</sub>/L</b>	- / BLQ	- / BLQ	5	4	<4
<b>Ortofosfati</b>	<b>mg/L</b>	- / BLQ	-	0.2	0.5	>0.5
<b>Nitriti</b>	<b>mg/L</b>	0.01 / BLQ	0.03	0.12	0.3	0.3
<b>Nitrati</b>	<b>mg/L</b>	- / BLQ	-	6	15	>15
<b>Amonijum jon</b>	<b>mg/L</b>	- / BLQ	-	0.6	1.5	>1.5
<b>Sulfati</b>	<b>mg/L</b>	50 / BLQ	100	200	300	>300
<b>Hloridi</b>	<b>mg/L</b>	50 / BLQ	-	150	250	>250
<b>Ukupni hlor</b>	<b>mg/L</b>	0.005	0.005	-	-	-
<b>TOC</b>	<b>mg/L</b>	- / BLQ	-	15	50	>50
<b>HPK</b>	<b>mgO<sub>2</sub>/L</b>	10 / BLQ	15	30	125	>125
<b>BPK<sub>5</sub></b>	<b>mgO<sub>2</sub>/L</b>	- / BLQ	-	7	25	>25
<b>Hrom (ukupni)</b>	<b>µg/L</b>	25 / BLQ	50	100	250	>250
<b>Bakar</b>	<b>µg/L</b>	5/22/40/112*	5/22/40/112*	500	1000	>1000
<b>Cink</b>	<b>µg/L</b>	30/200/300/500*	300/700/1000/200*	2000	5000	>5000
<b>Gvožde</b>	<b>µg/L</b>	200	500	1000	2000	>2000
<b>Fenoli</b>	<b>µg/L</b>	<1	1	20	50	>50

BLQ – granični kvalitet; \* - zavisi od tvrdoće vode 10, 50, 100 i 500 mgCaCO<sub>3</sub>/L

Jezero Zobnatica je prirodni akumulacioni tip dinamičkih i statičkih vodnih tela, a osjetljivost ovog tipa eko-sistema je visoka i maksimalno dozvoljene vrednosti fizičko-hemijskih parametara u jezerima su restriktivnije nego u rekama. U tabeli 2 prikazane su maksimalno dozvoljene vrednosti fizičko-hemijskih parametara za kvalitet vode klase I i II za jezera ispod 200 m nadmorske visine.

**Tabela 2.** Maksimalno dozvoljene vrednosti fizičko-hemijskih parametara za kvalitet vode klase I i II za jezera ispod 200 m nadmorske visine (Službeni glasnik RS 50/2012)

Parametar	Jedinica	Maksimalno dozvoljene vrednosti za klasu I površinske vode	Maksimalno dozvoljene vrednosti za klasu II površinske vode
pH	-	6.5-8.5	6.5-8.5
Rastvoren kiseonik	mg/L	8.52	7
TOC	mg/L	2	6
BPK <sub>5</sub>	mg/L	2	5
Amonijum jon	mg/L	0.1	0.3
Nitrati	mg/L	1	3
Ortofosfati	mg/L	0.02	0.1
Ukupni fosfor	mg/L	0.05	0.2
Hloridi	mg/L	50	100

Poređenjem preliminarnih rezultata sa maksimalno dozvoljenim vrednostima, jezero Zobnatica se može svrstati u IV klasu, sa lošim ekološkim statusom i mogućnošću korištenja vode za navodnjavanje i industrijsku upotrebu (procesne i rashladne vode).

Rastvoren kiseonik je ključni parametar za održavanje života u vodi, npr. za ribe, beskičmenjake, bakterije i biljke. Najmanje 5 ppm (5 mg O<sub>2</sub>/L) je neophodno za preživljavanje ribe. Poreklo slobodnih molekula O<sub>2</sub> u vodi potiče iz atmosfere i fotosinteze algi. Prenizak nivo rastvorenog kiseonika može negativno uticati na kvalitet vodnih ekosistema. Rastvoren kiseonik se smanjuje sa povećanjem temperature. Zbog toga je sadržaj kiseonika u vodi veći zimi nego leti. Niže vrednosti rastvorenog kiseonika u vodama su na višim pritiscima i obrnuto proporcionalne temperaturi. Aerobne bakterije koriste rastvoren kiseonik tokom razlaganja organskih supstanci u vodi.

Fosfor u vodi može biti prisutan zbog prisustva otpadnih voda iz industrije i domaćinstava i spiranjem sa poljoprivrednog zemljišta. Povećane koncentracije fosfora (ortofosfata) u prirodnim vodama dovode do eutrofikacije, tj. prekomernog rasta biljaka i algi, kao odgovor na povećane koncentracije nutrijenata. Eutrofikacija je skoro uvek izazvana ispuštanjem deterdženata koji sadrže nitrate ili fosfate, đubriva ili otpadnih voda u vodna tela.

Prisustvo azota u vodi je proizvod degradacije organske materije. U prisustvu kiseonika u vodi, azot iz amonijaka bakteriološki se degradira na nitrate i nitrite u procesu nitrifikacije. Jedinična azota kao što je amonijak se unose u površinske vode oticanjem sa poljoprivrednog zemljišta, zbog upotrebe veštačkog đubriva.

Rezultati preliminarnih analiza ukazali su na zagađenje i potrebu za detaljnijim monitoringom površinskih voda, kao i podzemnih voda i ocedne vode.

### **Kampanje uzorkovanja podzemne, površinske i ocedne vode u R. Srbiji**

Kampanje uzorkovanja podzemne, površinske i ocedne vode u okolini jezera Zobnatica sprovedene su tokom jula i avgusta 2018. godine, nakon što su konstruisani i instalirani pijezometri (označeni sa B1 do B9) i kolektori. Tokom kampanja uzorkovanja nije bilo padavina, a temperature vazduha bile su 28 °C i 35 °C.

Podzemna voda je sakupljana iz pijezometara B1 do B9. Lokacije za uzorkovanje B1, B8 i B9 nalaze se u poljoprivrednoj zoni, a B2 i B3 su u blizini jezera. Šuma i trava se nalaze između mesta uzorkovanja B1 i B2 i B3. Lokacije B4 do B7 nalaze se u zoni zelenog pojasa (Tabela 3. i slike 1-3). Postupak uzorkovanja je sproveden prema standardima SRPS EN ISO 5667-1: 2008 (Smernice za izradu programa uzimanja uzoraka i postupke uzimanja uzoraka), SRPS EN ISO 5667-3: 2007 (Smernice za zaštitu i rukovanje uzorcima vode) i SRPS EN ISO 5667-6: 1997 (Smernice za uzimanje uzoraka iz reka i potoka).

**Tabela 3.** Geografske koordinate pijezometara (B1-9) i kolektora (K-a do K-f)

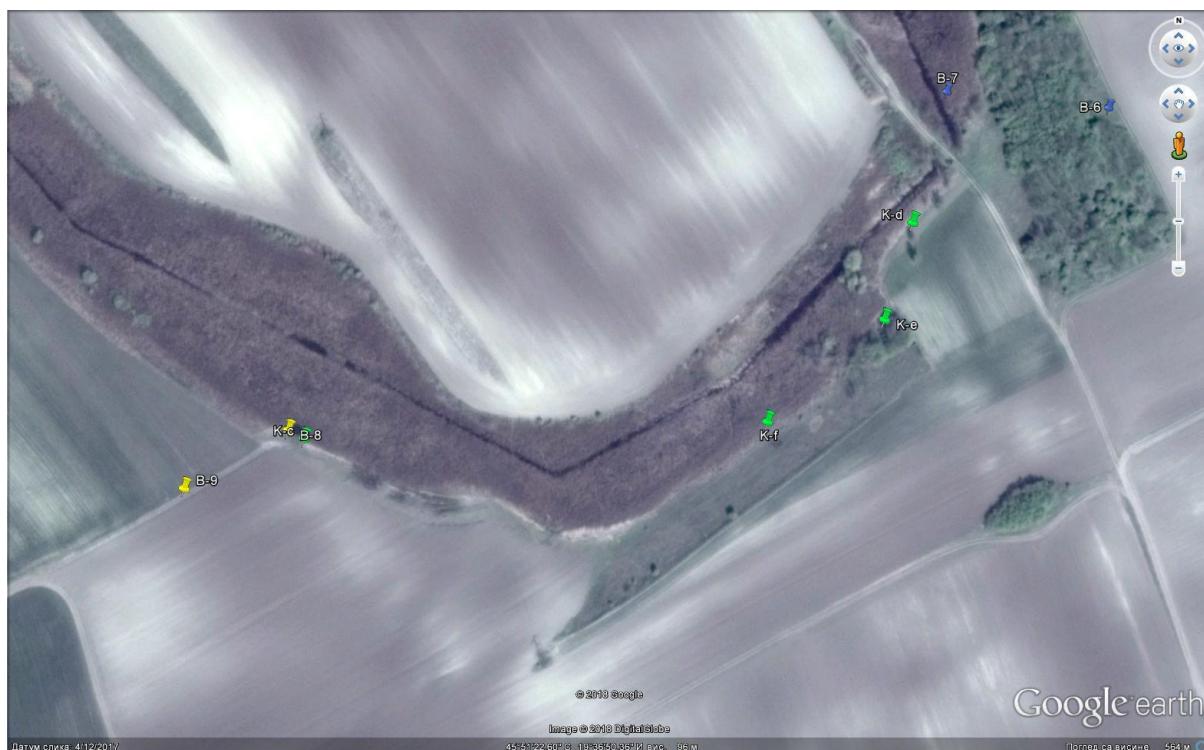
Lokacija	Geografska širina	Geografska dužina
<b>B1</b>	45°53'9.15"N	19°36'55.25"E
<b>B2</b>	45°53'8.58"N	19°36'54.78"E
<b>B3</b>	45°53'8.68"N	19°36'55.16"E
<b>K-a</b>	45°53'8.72"N	19°36'54.73"E
<b>K-b</b>	45°53'8.78"N	19°36'55.24"E
<b>B5</b>	45°52'48.69"N	19°37'7.82"E
<b>B4</b>	45°52'45.94"N	19°37'5.01"E
<b>B6</b>	45°51'26.68"N	19°37'0.68"E
<b>B7</b>	45°51'26.94"N	19°36'57.38"E
<b>B8</b>	45°51'21.73"N	19°36'43.64"E
<b>B9</b>	45°51'20.88"N	19°36'41.56"E
<b>K-c</b>	45°51'21.61"N	19°36'43.98"E
<b>K-d</b>	45°51'24.87"N	19°36'56.60"E
<b>K-e</b>	45°51'23.45"N	19°36'56.00"E
<b>K-f</b>	45°51'21.95"N	19°36'53.58"E



Slika 1. Lokacije piyezometara (B1-B3) i kolektora (K-a, K-b)



Slika 2. Lokacije piyezometara (B4-B5)



Slika 3. Lokacije pijezometara (B6-B9) i kolektora (K-c do K-f)



Slika 4. Uzorkovanje vode na selektovanim lokalitetima - avgust 2018.

Ključni fizičko-hemijski parametri u podzemnim vodama (B1-B9) analizirani su u prvoj kampanji uzorkovanja (juli 2018. godine).

U prirodnim nezagađenim vodama pH vrednost zavisi od slobodnog CO<sub>2</sub>, karbonata i bikarbonata. Prirodne vode imaju pH vrednost od 6,5 do 8,5. pH vrednosti u uzorcima B3 i B6-B9 podzemnih voda bile su veće od 8,5. Koncentracija nitrita u uzorcima B1 i B2 ukazuje na antropogeno zagađenje.

Površinska voda je sakupljana na PV1 do PV3. Prema pH vrednosti većoj od 8,5, voda jezera spada u vodu klase V, sa lošim ekološkim statusom (Službeni glasnik RS 50/2012).

Ocedna voda sa poljoprivrednih površina je sakupljana na lokacijama K-a do K-f. Na dan uzorkovanja, u kolektorima K-a, K-e i K-f nije bilo prikupljene ocedne vode za uzorkovanje. Rezultati analiziranih ključnih fizičko-hemijskih parametara ukazuju na zagađenje ocedne vode. pH vrednost veća od 8,5 i vrednosti rastvorenog kiseonika manje od 4 mg/L ukazuju na antropogeno zagađenje. Vrednosti za ortofosfate u koncentracijama od 1,7 do 4,5 mg/L ukazuju na zagađenje iz poljoprivrednih aktivnosti.

Druga kampanja uzorkovanja i analize fizičko-hemijskih parametara u podzemnoj vodi (B1-B9) sprovedena je avgusta 2018. Koncentracije ortofosfata bile su u opsegu od 0.621 do 2.459 mg/L u uzorcima podzemne vode i ukazuju na zagađenje antropogenog porekla. Visoke koncentracije nitrita u podzemnoj vodi izmerene su na lokaciji pijezometra B2.

Ocedna voda je u drugoj kampanji uzorkovanja prikupljena samo na lokaciji K-a. U kolektorima K-b do K-f nije bilo dovoljno vode za uzorkovanje. Koncentracija ortofosfata je bila vrlo visoka u ocednoj vodi (4.021 mg/L), što ukazuje na zagađenje iz poljoprivrednih aktivnosti.

Rezultati obe kampanje uzorkovanja su ukazali na zagađenje vode nutrijentima (ortofosfatima i nitritima). pH vrednost je bila veća od 8,5, a koncentracije rastvorenog kiseonika niže od 5 mg/L u većini ispitivanih uzoraka.

### **Analize vode zaštićenog područja Tompojevački ritovi u Hrvatskoj**

Uzorkovanje vode zaštićenog područja Tompojevacki ritovi, Hrvatska, bilo je sprovedeno u januaru i aprilu 2018. Tompojevački ritovi su depresije ispunjene vodom, niže od okolnog terena za 10 do 15 m. Tok vode je iz podzemnih izvora na granicama nižih delova depresije. Tompojevacki ritovi su ranije bili bogatiji vodom, pa samim tim i florom i faunom. Ovo zaštićeno područje je bilo okruženo zelenim pojasevima koji su štitili rezervat od efekata prirodnih fenomena, posebno eolske erozije.

Poređenjem rezultata fizičko-hemijskih parametara sa maksimalno dozvoljenim vrednostima Uredbe o klasifikaciji voda ("Narodne novine" broj 77/98. i 137/08.) Tompojevački ritovi spadaju u kvalitet vode V vrste (ortofosfati), sa lošim eko-statusom. Rezultati preliminarnih analiza skrininga u Tompojevačkim ritovima ukazali su na zagađenje antropogenog porekla i potrebu za detaljnijim praćenjem površinskih voda, kao i podzemnih voda i ocedne vode.

### Kampanja uzorkovanja površinske i podzemne vode u Hrvatskoj

Prva kampanja uzorkovanja površinske i podzemne vode na lokaciji Tompojevačkih ritova je realizovana u septembru 2018, nakon što su pijezometri (P1 do P6, Slika 5) postavljeni. Za vreme uzorkovanja nije bilo padavina, a temperatura vazduha bila je 28 °C.



Slika 5. Lokacije pijezometara (P1-P6)

pH vrednosti u uzorcima P2-P3 podzemnih voda bile su veće od 9,5. Koncentracija ortofosfata u uzorcima od P1 do P5 može ukazivati na antropogeno zagađenje usled poljoprivrednih aktivnosti. Prema Uredbi o klasifikaciji voda ("Narodne novine" broj 77/98. i 137/08.) vrednosti rastvorenog kiseonika manje od 3 mg/L ukazuju na loš kvalitet površinskih voda i V vrstu voda, dok vode sa vrednostima od 3 do 4 mg/L pripadaju IV vrsti voda. Kvalitet voda Tompojevačkih ritova prema vrednosti rastvorenog kiseonika pripada IV vrsti. Koncentracije amonijum jona su bile povećane u ocednoj i površinskoj vodi Tompojevačkih ritova. Povišene koncentracije ortofosfata su detektovane u svim kampanjama uzorkovanja u površinskoj, podzemnoj i ocednoj vodi i na osnovu vrednosti ortofosfata Tompojevački ritovi spadaju u kvalitet vode V vrste, sa lošim eko-statusom.

dr Ivana Mihajlović, prof. dr Mirjana Vojinović-Miloradov, dr Dragan Adamović, dr Maja Petrović, dr Maja Sremački i MSc Boris Obrovski.

Datum: 30.11.2018.