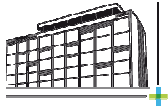


MONITORING I PRAĆENJE STANJA UGLJIKOVODIKA I ALGI NA VRANSKOM JEZERU NA OTOKU CRESU



Rijeka, prosinac 2016.



**NASTAVNI ZAVOD ZA
JAVNO ZDRAVSTVO**

PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

adresa: Krešimirova 52a, 51000 Rijeka - Hrvatska

tel: + 385 51 358 777, **fax:** + 385 51 213 948

e-mail: ravnatelj@zzjzpgz.hr, www.zzjzpgz.hr

MB: 3393585, **OIB:** 4561378772

žiro rn: 2402006-1100369379, **IBAN:** HR9224020061100369379

Predmet	MONITORING I PRAĆENJE STANJA UGLJIKOVODIKA I ALGI NA VRANSKOM JEZERU NA OTOKU CRESU
Naručitelj	HRVATSKE VODE Ulica grada Vukovara 220 10000 Zagreb
Izvršitelj	Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko goranske županije Zdravstveno-ekološki odjel Krešimirova 52a 51000 Rijeka
Ugovor broj	23-119/15, Pozicija plana: A.04.03.05; Klasa 325-01/15-10/105; Ur.broj: 374-23-2-14-6 od 31.07.2015.
Izrada izvješća	Mr.sc. Itana Bokan Vucelić, dipl.ing.biol. Mr.sc. Vanda Piškur, dipl.san.ing.
Podaci	Vodopskrba i odvodnja Cres Lošinj Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije

Voditelj Zdravstveno-ekološkog odjela :

Ravnatelj:

Doc.dr.sc. Aleksandar Bulog, dipl.san.ing.

Prof.dr.sc. Vladimir Mićović, dr.med.

1. UVOD

Sukladno sklopljenom ugovoru evid. br.ugovora 23-119/15, klasa 325-01/15-10/105, urbroj 374-23-2-15-6 i prvom dodatku ugovora, urbroj 374-23-2-16-17, Hrvatske vode povjerile su Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Zdravstveno-ekološkom odjelu, poslove jednogodišnjeg monitoringa i praćenja stanja ugljikovodika i algi u vodi Vranskog jezera na otoku Cresu te u vodi vodosprema i vodovodne mreže na otocima Cresu i Lošinju u 2015. i 2016. godini.

2. CILJ I NAMJENA ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj ovih istraživanja bio je ustanoviti razloge povišenih koncentracija ugljikovodika u jezeru Vrana i vodoopskrbnom sustavu Cres-Lošinj. Zbog izrazite varijabilnosti pojave algi za koje se pretpostavlja da je uzročnik povišenih koncentracija ugljikovodika, potrebno je uspostaviti kontinuiran monitoring te definirati fizikalno-kemijske uvjete koji uzrokuju tu varijabilnost pojave. Zbog specifičnosti i složenosti istraživanja, predviđeno je da se istraživanja provedu u nekoliko faza. Ovim projektnim zadatkom je definirana samo prva faza istraživačkih radova koja će poslužiti kao neophodna podloga za slijedeće faze istraživanja:

1. Provođenje monitoringa (Monitoring i praćenje stanja ugljikovodika i algi na Vranskom jezeru na otoku Cresu).

3. PROGRAM I POSTAJE ISPITIVANJA

3.1. Program ispitivanja

Program ispitivanja definiran je Ugovorom, a prikazan je u Tablici 3.1. Iz tehničkih razloga došlo je do odstupanja od programa – jednokratno je uzorkovana voda iz 24 umjesto predviđenih 25 vodosprema. Vodosprema Susak nije obuhvaćena ovim istraživanjem. U vodospremu Susak se voda s Lošinja dovozi brodom vodonoscem.

Tablica 3.1. Program ispitivanja vode u vodospremama i na vodovodnoj mreži otoka Cres a i Lošinja u 2015. i 2016. godini.

	Broj lokacija	Prijedlog lokacija	Učestalost	Trajanje (dani)	Parametri
1	4	2 točke uzorkovanja jezera Vrana (površina i mjesto crpljenja), 2 vodospreme	1x tjedno	90	Temperatura vode pH vrijednost Ugljikovodici-voda Klorofil <i>a</i>
2	25	Vodospreme	1x godišnje	365	Temperatura vode Mutnoća vode -NTU pH vrijednost Vodljivost Utrošak KMnO ₄ Ugljikovodici-voda Broj kolonija na 37°C Broj kolonija na 22°C Escherichia coli Enterokoki <i>Clostridium perfringens</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Klorofil <i>a</i> Mikroskopski pregled uzorka planktona
3	5	Vodospreme	1x mjesečno	365	Temperatura vode Ugljikovodici-voda Mikroskopski pregled uzorka planktona
4	5	Vodospreme	4x godišnje	365	Mutnoća vode -NTU pH vrijednost Vodljivost Utrošak KMnO ₄ Broj kolonija na 37°C Broj kolonija na 22°C Escherichia coli Enterokoki <i>Clostridium perfringens</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Klorofil <i>a</i>
5	4	Vodopskrbna mreža	1x mjesečno	365	Ugljikovodici-voda
6	2	Jezero Vrana - Površina i 35 m dubine	4x godišnje	365	Temperatura vode pH vrijednost Vodljivost Utrošak KMnO ₄ Ukupni dušik Ukupni fosfor Ugljikovodici-voda Broj kolonija na 37°C Broj kolonija na 22°C Klorofil <i>a</i> Mikroskopski pregled uzorka planktona

3.2. Postaje ipitivanja

Postaje ispitivanja kakvoće vode na otocima Cres i Lošinj, a za potrebe izvršenja Ugovora, određene su u dogovoru s odgovornom osobom „Vodoopskrbe i odvodnje Cres Lošinj d.o.o. Cres”. Postaje ispitivanja navedene su u tablici 3.2.

Tablica 3.2. Popis mjernih postaja na području otoka Cresa i Lošinja u 2015. i 2016. godini.

<i>Izvor</i>	
1.	Jezero Vrana, površina i 35m dubine na mjestu crpljenja
<i>Vodospreme</i>	
1.	Cres
2.	Loznati
3.	Bučevo
4.	Zbičina
5.	Lubenice
6.	Valun
7.	Šumica
8.	Vrana Stara
9.	Vrana Nova
10.	Stivan
11.	Martinščica
12.	Ustrine
13.	Prekidna komora Osor
14.	Grmožaj
15.	Osor
16.	Nerezine
17.	Sveti Jakov
18.	Čunski
19.	Veli Lošinj
20.	Kalvarija
21.	Umpiljak
22.	Grgorščak
23.	Čikat
24.	Mrtvaška
<i>Vodovodna mreža</i>	
1.	Cres, Vodoopskrba i odvodnja, Turion 20/A
2.	Hrasta, javni izljev
3.	Osor, javni izljev
4.	Nerezine, Tifon, Vladimira Gortana 100
5.	Mali Lošinj, Vodoopskrba i odvodnja, skladište

3.3. Kalendar uzorkovanja

Programom ispitivanja u 2015. i 2016. godini predviđeno je uzorkovanje voda na mjernim postajama različitim učestalošću. Vrijeme uzimanja uzoraka vode na odabranim postajama prikazano je u tablicama 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 i 3.7.

Tablica 3.3. Vrijeme uzimanja uzoraka vode na 4 lokacije (Jezero Vrana 2 lokacije i 2 vodospreme) jednom tjedno u periodu od 90 dana.

	Datum									
	VS Cres, VS Kalvarija	20.08.15.	27.08.15.	02.09.15.	08.09.15.	18.09.15.	24.09.15.	29.09.15.	06.10.15.	13.10.15.
Jezero Vrana –površina, 35m	27.10.15.	03.11.15.	11.11.15.							

Tablica 3.4. Vrijeme uzimanja uzoraka vode iz jezera Vrana na 2 lokacije – površina i na dubini od 35 m na mjestu crpljenja, 4 puta godišnje.

	Datum			
Jezero Vrana površina	09.12.15.	02.02.16.	05.04.16.	07.07.16.
Jezero Vrana dno	09.12.15.	02.02.16.	05.04.16.	07.07.16.

Tablica 3.5. Vrijeme uzimanja uzoraka vode iz 25 vodosprema, jednom godišnje.

Vodospreme	Datum	Vodospreme	Datum
Cres	14.04.16.	Zbičina	19.04.16.
Šumica	14.04.16.	Bučevo	19.04.16.
Vrana, nova	14.04.16.	PK Osor	26.04.16.
Vrana, stara	14.04.16.	VS Osor	26.04.16.
Kalvarija	14.04.16.	Ilovik	26.04.16.
Veli Lošinj	14.04.16.	Grmoščak	26.04.16.
Čikat	14.04.16.	Ćunski	26.04.16.
Umpiljak	14.04.16.	Loznati	03.05.16.
Stivan	19.04.16.	Sv. Jakov	03.05.16.
Martinščica	19.04.16.	Nerezine	03.05.16.
Valun	19.04.16.	Grmožaj	03.05.16.
Lubenice	19.04.16.	Ustrine	03.05.16.

Tablica 3.6. Vrijeme uzimanja uzoraka vode iz 5 vodosprema, jednom mjesečno.

	Datum											
	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	Siječanj	Veljača	Ožujak	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan
Vrana	24.09.15.	27.10.15.	24.11.15.	15.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.	19.09.16.
Cres	-	-	24.11.15.	15.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.	19.09.16.
Martinšćica	24.09.15.	27.10.15.	24.11.15.	15.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.	19.09.16.
Kalvarija	-	-	24.11.15.	15.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.	19.09.16.
Čikat	24.09.15.	27.10.15.	24.11.15.	15.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.	19.09.16.
Bučevo	24.09.15.	27.10.15.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Osor	24.09.15.	27.10.15.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablica 3.7. Vrijeme uzimanja uzoraka vode na vodoopskrbnoj mreži na 4 lokacije, 12 puta godišnje.

	Datum											
	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz
Cres	18.09.15.	06.10.15.	11.11.15.	09.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	05.04.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.
Hrasta	18.09.15.	06.10.15.	11.11.15.	09.12.15.	-	18.02.16.	17.03.16.	05.04.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.
Nerezine	18.09.15.	06.10.15.	11.11.15.	09.12.15.	19.01.16.	-	-	05.04.16.	-	-	21.07.16.	10.08.16.
Mali Lošinj	18.09.15.	06.10.15.	11.11.15.	09.12.15.	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	05.04.16.	03.05.16.	16.06.16.	21.07.16.	10.08.16.
Osor	-	-	-	-	19.01.16.	18.02.16.	17.03.16.	-	03.05.16.	16.06.16.	-	-

4. ANALITIČKE METODE ISPITIVANJA

Zdravstveno – ekološki odjel osposobljen je prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025:2007 (ISO/IEC 17025:2005; EN ISO/IEC 17025:2005), za ispitivanje hrane, voda, eluata otpada, predmeta opće uporabe, vanjskog zraka, emisije onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora i mikrobiološke čistoće objekata te uzorkovanje voda. Akreditacija vrijedi za metode ispitivanja navedene u Prilogu Potvrdi o akreditaciji br. 1127 od 15.03.2016. Akreditirane metode označene su *.

Tablica 4.1. Analitičke metode ispitivanja s granicama detekcije i kvantifikacije

Pokazatelji	Mjerna jedinica	Metoda	Granica detekcije	Granica kvantifikacije
FIZIKALNO KEMIJSKI				
Temperatura voda		SM 22 nd 2550*		
pH vrijednost		HRN ISO 10523:2012 en*		
Elektrovodljivost	µS/cm	HRN ISO 27888:2008 en*		
Mutnoća	NTU	HRN EN ISO 7027:2001 en*	0.1	0.3
Ukupni rezidualni klor	mgCl ₂ /L	HRN EN ISO 7393-2:2001*	0.02	0.02
REŽIM KISIKA				
KPK - permanganat	mgO ₂ /L	HRN EN ISO 8467:2001 en*	0.1	0.25
HRANJIVE TVARI				
Ukupni dušik	mgN/L	HRN EN 12260:2008 en*	0.01	0.05
Ukupni fosfor	mgP/L	HRN EN ISO 6878:2008 en*	0.002	0.005
MIKROBIOLOŠKI				
Crijevni enterokoki	N/100 ml	HRN EN ISO 7899-2:2000*		
Broj aerobnih bakt.	N/1 ml	HRN EN ISO 6222:2000*		
<i>Escherichia coli</i>	N/100 ml	HRN EN ISO 9308-1-2000*		
<i>Clostridium perfringens</i>	N/100 ml	HRN EN ISO 14189:2016*		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	N/100 ml	HRN EN ISO 16266:2008*		
ORGANSKI SPOJEVI				
Mineralna ulja* (alkani od C10 do C40 +BTEX)	mg/L	HRN EN ISO 9377-2:2002* HRN ISO 11423-1,2:2002*	0.4	0.002
OSTALI POKAZATELJI				
Klorofil a	µg/L	EPA 445.0*	0.04	0.1
Fitoplankton	N/L	Utermöhl metoda		

Uzorkovanje i determinacija fitoplanktona

Uzorci fitoplanktona uzimani su u bočici od 250 ml i fiksirani s Lugolovom otopinom ili formalinom. Po donošenju u laboratorij konzervirani uzorci su se čuvali u tami na temperaturi od 5°C. Za određivanje brojnosti fitoplanktona koristila se metoda sedimentacije pri čemu su se koristile komorice tipa HydroBios. Abundancija fitoplanktonskih vrsta određena je brojanjem stanica i preračunavanjem na litru prema Utermöhl metodi. Svaki poduzorak od 50 ml sedimentirao se najmanje 24 sata. Stanice su se prebrojavale u cijeloj komorici, transektima ili probnim poljima pomoću invertnog mikroskopa (Zeiss), ovisno o gustoći uzorka. Determinacija fitoplanktona obavljala se u prostorima Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, u Botaničkom

zavodu, Rooseveltov trg 6, Zagreb, u suradnji s doc.dr.sc. Marijom Gligorom Udovič prema *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*; Hrvatske vode, 2015.

5. POPIS INSTRUMENATA NA KOJIMA SE PROVODE ANALIZE

Zdravstveno-ekološki odjel posjeduje opremu potrebnu za obavljanje analiza definiranih Ugovorn. Oprema je navedena u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Popis opreme Zdravstveno - ekološkog odjela na kojima se provode mjerenja.

Broj	INSTRUMENT	Proizvođač/god.proizv.
1.	AAS Analyst 800	Perkin Elmer, 2011.
2.	AAS –analizator žive AMA 254	LECO, 2004.
3.	ICP-MS, NexION 300X	Perkin Elmer/2014.
4.	Uređaj za pripremu ultra čiste vode Ultra Clear™ UV UF	SIMENS AG/2011.
5.	Spektrofotometar DR 3900	HACH Lange,2014
6.	UV-VIS LAMBDA 25	Perkin Elmer, 2013.
7.	Tekućinski kromatograf sa tandemskim masenim detektorom (LC-MS/MS)	AB Sciex, Eksigent
8.	Tekućinski kromatograf (GPLC) Pro Star	Varian/2007.
9.	Visokodjelotvorni tekućinski kromatograf (HPLC)	Thermo Finnigan + Thermo Quest/2001.
10.	Visokodjelotvorni tekućinski kromatograf (HPLC)	Agilent Technologies/2010.
11.	Plinski kromatograf ,GC2010 Plus	Shimadzu, 2014.
12.	Plinski kromatograf (GC) TRACE GC + COMBI PAL	Thermo Finnigan + CTC Analytics/ 2000.
13.	Plinski kromatograf (GCMS), GCMS-QP2010 Plus	Shimadzu/2010.
14.	Plinski kromatograf sa tandemskim masenim detektorom (GC-MS/MS)	Agilent Technologies, CTC/2013.
15.	Plinski kromatograf (GC), STAR 3400	Varian/1995.
16.	Plinski kromatograf (GC-ECD) CP-3800	Varian/2007.
17.	Ionski kromatograf (IC)	Metrohm, 1999.
18.	Ionski kromatograf (IC), 940 Professional IC Vario	Metrohm, 2015.
19.	UV-VIS, Cary 50	Varian, 1998
20.	Mikrovalna pećnica, MEGA 1200	Milestone, 1994.
21.	Peć za žarenje L9/11/C6	Nabertherm, 2000.
22.	Aparat za ekstrakciju,B-811	BUCHI, 2001.
23.	Kjeldahl aparat	BUCHI B 324

Broj	INSTRUMENT	Proizvođač/god.proizv.
24.	Blok za razaranje sa scruberom	BUCHI K-424, B-414
25.	Aparat za destilaciju B - 324	BUCHI / 2004.
26.	Blok za razaranje sa scruberom K – 435, B – 414	BUCHI / 2004.
27.	Elektronička vaga XP204S/A	Mettler-Toledo/2009.
28.	Vaga AT 261	Mettler-Toledo
29.	Vaga AX 204/A	Mettler-Toledo
30.	Vaga AX105	Mettler-Toledo
31.	Monobloc PB 1502-S	Mettler-Toledo
32.	PH- i konduktometar Seven multi	Mettler-Toledo,2005
33.	PH-metar	Mettler-Toledo
34.	Vaga, PMA 7200	SARTORIUS
35.	Vaga, 2254	SARTORIUS
36.	Vaga PMA 7200	SARTORIUS
37.	Vaga, EB 1200 (2 kom)	TEHTNICA
38.	Vaga, ET 1111	TEHTNICA
39.	TOC/TN analizator	Shimadzu, 2010.
40.	Kjeldatherm	GERHARDT
41.	Vapodest	GERHARDT
42.	Turbosog	GERHARDT
43.	Termostatirani ormar, TS 606/2-i	WTW,2012
44.	Termostatirani ormar, TS 606/3,oxitop čepovi	WTW, 1997
45.	Sušionik, Memmert 600	Memmert
46.	Kolorimetar za rezidualni klor (kom 4)	HACH,2012
47.	Kabinet za rad u čistom	Klima oprema, 2000.
48.	Homogenizator	Metal
49.	Centrifuga, MR 18.22	JOUAN, 1995.
50.	Rashladni ormar H-1	LTH, 2006.
51.	Rashladni ormar	LTH, 2006.
52.	Ultrazvučna kupelj	Bandelin, 2004.
53.	Mikrovalna peć, Multiwave 3000	Anton Par GmbH/2011.
54.	Rotacijski vakuum uparivač LABOROTA 4000/WB/G1	HEIDOLPH Instruments/2001.
55.	Rotacijski vakuum uparivač HEI-VAP ADVANTAGE HL/HB/G6	HEIDOLPH Instruments/2010.
56.	Laboratorijska vakuum pumpa SM 16612/16615	Sartorius/1994.
57.	Centrifuga UNIVERSAL 320 R	Hettich/2012.

Broj	INSTRUMENT	Proizvođač/god.proizv.
58.	Hladnjak sa zamrzivačem, HZS2761	Gorenje/2002.
59.	Hladnjak-ormar	WHIRPOOL/2013.
60.	Rashladni ormar dvokrilni +4/-20°C	LTH, 2008.
61.	Luminometar	HACH LANGE, 2013.
62.	Termo blok	HACH LANGE, 2013.
63.	Dvokanalni multimetar	HACH LANGE, 2013.
64.	Fluorimetar, Infinite F200	TECAN, 2007.
65.	Stereo zoom lupa SZX9	Olympus, 2002.
66.	Mikroskop BX41	Olympus, 2003.
67.	Termometar -10°C +52°C	Tlos, 2008.
68.	Planktonska mrežica, vel.oka 25 µm	Hydro-Bios, 2006.
69.	Planktonska mrežica, vel.oka 55 µm	Hydro-Bios, 2006.
70.	Surberova mrežica, 150 µm	Hydro-Bios, 2002.
71.	Ručna bentos mrežica, 500 µm	Hydro-Bios, 2003.
72.	Strugalo s metalnom pločicom, 500 µm	Hydro-Bios, 2006.
73.	Bager po Ekman-Birge-u	Hydro-Bios, 2001.
74.	Homogenizator, SilentCruiser	Heidolph, 2006.
75.	Elektronska analitička vaga, XS105DU/A	Mettler Toledo, 2010.
76.	Elektronska vaga, PB 1502 - S	Mettler Toledo, 2002.
77.	Tresilica, Promax 2020	Heidolph, 2006.
78.	Rashladni ormar, HO 1300 BEM	LTH, 2004.
79.	Rashladni ormar, HS 2961	Gorenje, 2002.
80.	Ventilator, SRVP 355/135-4/6	Marvent, 2003.
81.	Grijača ploča, SG - 2000	Geratewerk Metriei reg, 2005.
82.	Spektrofotometar, DR 3900	HACH LANGE, 2012.
83.	Grijače gnjezdo (4 kom), LG2/ER	Isopad, 2003.
84.	Rashladni ormar, UF APS/C 014 WHITE – R 134a	Unifrigor, 2006.
85.	Ledenica, UF ANS/C 031 T.E. WHITE – R404a	Unifrigor, 2006.
86.	Jedinica za titraciju, 715 Dosimat	Metrohm, 1995.
87.	Referetni uteg 20g, 50g, 500g i 1 kg, OIML E2	Mettler Toledo, 2008.
88.	Vodena kupelj, TW 8,8L	Julabo Labortechnik, 2008.
89.	Magnetska mješalica, RCT bsc set	IKA, 2008.
90.	Spektrofotometar, UV 1800	Shimadzu, 2010.
91.	Turbidimetar 2100 NIS	HACH; 2007.
92.	Generator vodika	Peak Scientific, 2013.
93.	Generator vodika	Peak Scientific, 2014.

Broj	INSTRUMENT	Proizvođač/god.proizv.
94.	Komora za rad u čistom, LFVP 12	ISKRA PIO, 2008.
95.	Komora za rad u čistom, MC 9-2	ISKRA PIO, 2013.
96.	PUMPA VAKUUM MEMBRANSKA NO26 3AN18	KNF, Njemačka, 2005.
97.	Vodena kupelj, VK 2 ES	INKO, 2006.
98.	Vodena kupelj UKERV	INKO, 2000.
99.	Aparat za mjerenje aktiviteta vode	DECAGON DEVICES, USA, 2009.
100.	Tresilica, IKA VIBRAX VXR, VX8	Janke&Kunkel, Slovenija, 1987.
101.	Grijaća ploča, CG 2303/E	Rommelsbacher, Njemačka, 2007.
102.	Mikrovalna pećnica	Elektrolux, 2009.
103.	Quanti – Tray Aealer, Modul 2X Q-TRAY 23	IDEXX, Nizozemska, 2013.
104.	Brojač kolonija, tip - 3329	SAD, 1972.
105.	Plamenik sigurnosni s nožnom pedalom, FUEGO	WLD-TEC GmbH, Njemačka, 2007.
106.	PUMPA VAKUUM MEMBRANSKA	KNF, Njemačka, 2012.
107.	Uređaj za membransku filtraciju, tip-16832	Sartorius, 2005.
108.	Uređaj za membransku filtraciju,	Sartorius
109.	Spectroline,Model EA-160/FE (Fluorescence analysis cabinet)	Spectronics corporation westbury,New York,USA,2013

6. REZULTATI ISPITIVANJA

6.1. Opis postaja

6.1.1. Vransko jezero

Vransko jezero je prirodno duboko oligotrofno jezero smješteno na otoku Cresu. Jezero se nalazi u središnjem dijelu otoka, na udaljenosti od svega 3-5 km od mora. Procjenjuje se da se u jezeru nalazi 220 milijuna m³ pitke vode. Samo jezero je kriptodepresija s dnom na koti od 61,3 m ispod razine mora, dok je srednja razina u jezeru 13,1 m n.m. Površina jezera iznosi 5,75 km², otoka Cresa 404,3 km², a površina neposrednog - orografskog sliva Vranskoga jezera iznosi 33 km².

U razdoblju od 1990. do 1997. godine srednji godišnji vodostaji jezera Vrana bili su u stalnom porastu te su dosegli razinu od 12,05 m n.m. Od 1997. do 2013. godine vodostaj varira od 9,38 m n.m. (2012. godine) do 12,45 m n.m. (23.03.2005. godine). Godine 2012. zabilježen je najmanji trenutni vodostaj u cijelom razdoblju motrenja od 01.6.1928. do 31.12.2013. godine i iznosio je 9,07 m n.m. (10.10.12.) Najveći vodostaj do sada izmjereno je u ožujku 2015. godine i iznosio je 12,68 m n.m. Najniži vodostaji zabilježeni su najčešće u jesen, a najviši zimi ili u proljeće (Spevec, 2005).

Otok Cres izgrađen je uglavnom od karbonatnih okršenih stijena, vapnenaca i dolomita kredne i eocenske starosti. U litološkom smislu prevladavaju dolomiti nad vapnencima, a prisutne su i fliške stijene paleogene starosti. Od kvartarnih naslaga u slivu jezera prisutni su obročni nasipi i sipari, a na dnu jezera jezerski prašnasti sediment pleistocenske starosti debljine i preko 30 m, bujični nanosi i recentni jezerski sediment (Biondić i dr., 1995). Formiranje jezera završeno je u doba holocena, podizanjem razine mora. Prije toga jezero je bilo krško polje (Biondić i dr., 1995; Bonacci 2015). Prema rezultatima hidroloških ispitivanja uočeno je da postoji izraženo komuniciranje jezera s podzemnim dijelom vodonosnika (Ožanić, Rubinić, 1995). Vransko jezero nema vidljivih dotoka i odtoka iz jezera, izuzev dvije bujice na suprotnim krajevima jezera s iznimno rijetkim površinskim dotocima u jezero. Jezerska voda uglavnom potječe iz atmosfere. Srednje vrijeme izmjene vode je 32 godine (Hertelendi *et al.* 1997). Sjeverna i južna obala jezera su plitke i muljevite, dok su istočna i zapadna obala strme i kamenite.

Jezero Vrana je monomiktičko jezero, što znači da se cjelokupna vodena masa izmiješa jednom godišnje. Naime, termoklina se pojavljuje tijekom ljetnih mjeseci od lipnja do kolovoza na dubini od 10-20 m, dok se izotermija javlja na kraju zimskih mjeseci, kada je temperatura vode od 6,5 do 8,5 °C (Ternjej i Tomec 2005; Kuhta i Brkić 2013). Ljeti se površinski sloj zagrije do 26°C. Zimi su pri dnu izmjerene najniže temperature vode od 4,6°C (Spevec, 2005). Prema koncentraciji nutrijenata i primarnoj produkciji, može se klasificirati kao oligotrofno jezero (Ternjej i Tomec 2005). Prosječni salinitet jezerske vode iznosi 65-70 mg/l i relativno je ujednačen. Posljednjih desetljeća porasla je srednja godišnja temperatura zraka, a posljedično i srednja godišnja temperatura vode (Bonacci 2012, 2015). Zbog svojih karakteristika, Vransko jezero je jedinstven ekosustav u Hrvatskoj (Ternjej i Tomec 2005, Gligora Udovič 2015).

Voda jezera je iznimne kakvoće pa se bez pročišćavanja od pedesetih godina javnim vodoopskrbnim sustavom koristi za vodoopskrbu otoka Cresa, Lošinja, a od 2013.g. i Ilovika. Izvrsnu kakvoću vode potvrđuju i ispitivanja na izvorištu i u samoj mreži koja se provode prema

Zakonu o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13) i prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analiza vode za ljudsku potrošnju (NN 125/16; 141/13; 128/15). Vrijednosti svih ispitivanih pokazatelja u razdoblju od siječnja do studenog 2016. godine ispod su maksimalno dopuštenih vrijednosti propisanih Pravilnikom (tablica 6.0.)

Tablica 6.0. Sumarni prikaz rezultata monitoringa izvorišta i vode iz vodoopskrbne mreže na otocima Cresu i Lošinju u razdoblju od siječnja do studenog 2016. godine.

Pokazatelji	Mjerna jedinica	Ukupno	Min.	Max.	MDK	Neis.
Temperatura vode	°C	40	4.9	19.5	25.0	0
Boja	mg/L Pt/Co	39	<5	<5	20	0
Mutnoća	NTU	39	0.15	2.00	4.00	0
Miris		39	bez	bez	bez	0
Okus		39	bez	bez	bez	0
pH vrijednost	pH jedinica	39	7.6	8.3	6.5-9.5	0
Vodljivost	µS/cm/20°C	39	315	412	2500	0
Ukupne suspenzije	mg/L	3	<2.0	<2.0	10.0	0
Utrošak KMnO ₄	mg/L O ₂	39	0.23	4.20	5.00	0
Tvrdoća-ukupna	mg/L CaCO ₃	3	162	183		
Vodikov sulfid		3	bez	bez	bez	0
Amonij	mg/L NH ₄	39	<0.004	0.022	0.500	0
Nitriti	mg/L NO ₂	3	<0.001	<0.001	0.500	0
Hidrogenkarbonati	mg/L HCO ₃ ⁻	3	138	142		
Cijanidi	µg/L	3	2	4	50	0
Fosfati	µg/L	3	<3.0	4.0	300.0	0
Silikati	mg/L	3	0.53	0.84	50.00	0
Fenoli	µg/L	3	<2	<2		
Ugljikovodici	µg/L	3	<2.0	<2.0	50	0
Anionski detergentski	µg/L	3	<50	<50	200	0
Detergentski neionski	µg/L	3	<50	56	200	0
Nitrati	mg/L NO ₃	39	<0.05	0.51	50.00	0
Fluoridi	mg/L	3	0.033	0.046	1.500	0
Kalcij	mg/L	3	48.5	56.8		0
Kalij	mg/L	2	0.66	1.21	12.00	0
Natrij	mg/L	3	32.3	35.0	200.0	0
Magnezij	mg/L	3	9.92	11.10		0
Kloridi	mg/L	39	53.00	74.80	250.00	0
Sulfati	mg/L	3	15.8	18.1	250.0	0
Srebro	µg/L	3	<0.5	<0.5	10.0	0
Aluminij	µg/L	3	1	2	200	0
Arsen	µg/L	3	1	1	10	0
Barij	µg/L	3	6	6	700	0
Berilij	µg/L	3	<0.05	<0.05		
Bor	mg/L	3	<0.05	<0.05	1.000	0
Kobalt	µg/L	3	<1	<1		
Krom	µg/L	3	0.40	0.80	50.00	0
Bakar	µg/L	3	1.0	16.0	2000.0	0
Kadmij	µg/L	3	<0.02	0.80	5.00	0

Tablica 6.0. Nastavak.

Pokazatelji	Mj. Jedinica	Ukupno	Min.	Max.	MDK	Neis.
Mangan	µg/L	3	0.7	1.0	50.00	0
Nikal	µg/L	3	<2	<2	20.00	0
Olovo	µg/L	3	<1.5	<1.5	10.0	0
Antimon	µg/L	3	<0.6	<0.6	5.00	0
Selen	µg/L	3	0.4	2.0	10.0	0
Vanadij	µg/L	3	0.5	0.8	5.0	0
Cink	µg/L	3	10.0	31.0	3000.0	0
Živa	µg/L	3	<0.08	<0.08	1.000	0
Željezo	µg/L	3	5.0	17.0	200.00	0
Pesticidi ukupni	µg/L	3	<0.008	<0.008	0.500	0
Organoklorni pesticidi	µg/L	3	<0.0001	<0.0001	0.1000	0
Organofosforni pest.	µg/L	3	<0.005	<0.005	0.100	0
Herbicidi- Atrazin	µg/L	3	<0.008	<0.008	0.100	0
Herbicidi- Simazin	µg/L	3	<0.008	<0.008	0.100	0
Poliaromatski ugljikovodici ukupni	µg/L	3	<0.001	<0.001	0.1000	0
Benzo(a)piren	µg/L	3	<0.001	<0.001	0.0100	0
Koliformne bakterije	broj/100 mL	40	0	0	0	0
Escherichia coli	broj/100 mL	40	0	0	0	0
Enterokoki	broj/100 mL	40	0	0	0	0
Broj kolonija na 37°C	broj/1 mL	40	0	20	20	0
Broj kolonija na 22°C	broj/1 mL	40	0	42	100	0
Pseudomonas aeruginosa	broj/100 mL	40	0	0	0	0
Clostridium perfringens	broj/100 ml	40	0	0	0	0
Benzen	µg/L	3	<0.4	<0.4	1.0	0
Slobodni klor	mg/L	40	0.03	0.17	0.50	0
Bromati	µg/L	3	<2	<2	10	0
Suma trikloreten+tetrakloreten	µg/L	3	<0.02	<0.02	10.00	0
Akrlamid	µg/L	3	<0.05	<0.05	0,10	0
Epiklorhidrin	µg/L	3	0.05	<0.05	0.10	0
Vinilklorid	µg/L	3	<0.2	<0.2	0.50	0
Enterovirusi	broj/5000mL	1	0	0		
Tricij	Bq/L	1	<4	<4	100	0
1,2-dikloreten	µg/L	3	<0.35	<0.35	3.00	0

Od 1967. do 1985. godine količina crpljene vode intenzivno raste, kada dolazi do stabilizacije u količini zahvaćene vode, što traje do 1990. godine. U 1991. godini dolazi do naglog pada crpljenja vode iz jezera, ali od 1992. do 2013. godine ono ponovo raste i premašuje maksimalnu vrijednost crpljenja iz 1990. godine. Maksimalna godišnja količina crpljenja zabilježena je 2010. godine i iznosila je 2.33 mil. m³, odnosno prosječno 74 l/s. Prosječna godišnja količina crpljenja u razdoblju od 2007. do 2014. godine ustalila se na godišnji prosjek od oko 71 l/s. Maksimalna mjesečna količina crpljenja zabilježena je u kolovozu 2012. godine i iznosila je blizu 380.000 m³, odnosno prosječnih 142 l/s, a maksimalni registrirani dnevni protok iznosi 204,8 l/s i ponavlja se u danima s vršnom potrošnjom vode u turističkoj sezoni. To je jedini zahvat vode za vodoopskrbu spomenutog otočja, s godišnjim količinama zahvaćenih voda do 2,33 mil. m³ (prosječno godišnje 74 l/s), s time da je odobrena koncesija korištenja do 3,15 mil. m³, odnosno do prosječno

godišnjeg crpljenja vode iz jezera od 100 l/s. Od početka crpljenja do kraja 2015. godine iz jezera je ukupno iscrpljeno oko 80 mil. m³ vode, što je cca 40% od ukupnog srednjeg volumena jezera.

Vodoopskrbnim sustavom upravlja komunalno društvo „Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj“ iz Cresa koje je u vlasništvu gradova Cresa i Lošinja. Mjere zaštite Vranskoga jezera od mogućih utjecaja onečišćenja s gravitirajućeg sliva provode se još od pedesetih godina prošlog stoljeća.

6.1.2. Vodoopskrbni sustav

Do izgradnje vodovoda, vodom iz jezera Vrana opskrbljivala su se samo naselja u središnjem dijelu otoka Cresa. O izgradnji vodovoda razmišljalo se još u doba austrijske uprave, te kasnije za vrijeme talijanske vladavine (Spevec, 2005). Izgradnja vodovoda započela je 1946. godine, izgradnjom crpne postaje kapaciteta 25 l/s. Najprije je izgrađen sjeverni krak tako da je Orlec vodu dobio prvi i to 1952.g., a Cres 1953. Slijedila je izgradnja južnog kraka tako da Belej dobiva vodu 1955., a Mali Lošinj 1960. Južni krak vodovoda dovršen je 1963. godine. Ubrzo zatim je, zbog povećane potrošnje na području Lošinja, godine 1968. povećan kapacitet crpne stanice, a položen je i paralelni cjevovod na južnom ogranku. Od rujna 1989. godine crpljenja se vrše na novoj crpnoj postaji.



Slika 6.1. Vodosprema Vrana Stara.

Vodoopskrbno područje otoka Cresa i Lošinja dijeli se na dva ogranka: sjeverni i južni ogranak. Sjeverni ogranak grupnog vodovoda Cres – Lošinj duljine 17 km obuhvaća područje od vodospreme Vrana Stara odnosno Vrana Nova do vodospreme Cres i Valun te vodom opskrbljuje naselja Cres, Valun, Lubenice, Žbičina i Pernat. Jednim ogranakom preko vodospreme Vrana Stara opskrbljuju naselja Orlec, Krčina i Loznati. Krajnji sjever otoka Cresa nije obuhvaćen vodoopskrbnim sustavom pa se opskrba vodom provodi cisternama i dovozom vode autocisternama (Beli, Dragozetići, Merag, Porozina). Južni ogranak, duljine oko 45 km, obuhvaća područje od vodospreme Vrana Stara odnosno Vrana Nova do vodospreme Veli Lošinj te

neposredno opskrbljuje vodom naselja prema Osoru pa sve do Velog Lošinja, s ograncima za Martinšćicu i Punta Križu te dovodi vodu i do otoka Ilovika (2013.g.). Opskrba vodom otoka Susak, Unije, Male i Vele Srakane provodi se brodom vodonoscem. Na otoku Susku izgrađena je vodosprema koju vodom opskrbljuje brod vodonosac. Na ostalim spomenutim otocima vodom iz broda vodonosca opskrbljuju se direktno stanovnici otoka. Zajedničke vodovodne građevine za sjeverni i južni ogranak su vodozahvat Vrana, crpna stanica Vrana, tlačni cjevovod i vodospreme Vrana Stara i Vrana Nova iz kojih se voda distribuira u tri smjera. Ukupan volumen vodosprema na sjevernom ogranaku je oko 3600 m³, a na južnom ogranaku oko 9200 m³, pri čemu je ukupna duljina cjevovoda preko 200 km.

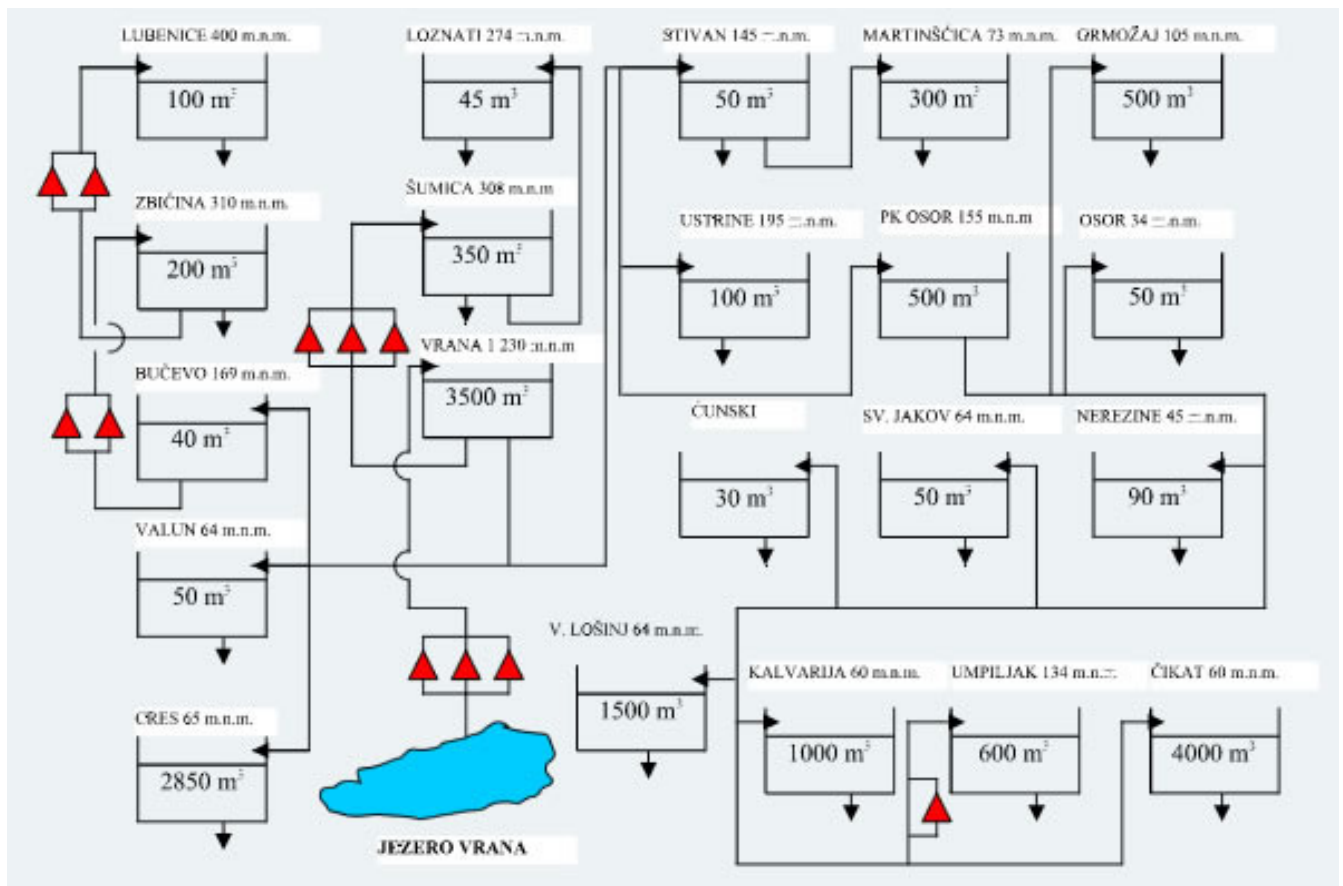


Slika 6.2. Vodosprema Kalvarija.



Slika 6.3. Vodosprema Umpiljak.

Voda iz jezera zahvaća se na udaljenosti 100 m od obale s kote od -40 m. Sam vodozahvat nalazi se unutar I zone sanitarne zaštite gdje prilaz kontrolira “Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj”. U sastavu vodoopskrbnog sustava otoka Cresa i Lošinja nalazi se ukupno 26 vodosprema (Slika 6.4.). Na slici nisu prikazane vodospreme Grgorščak i Mrtvaška. Voda iz vodospreme Umpiljak ide u vodospremu Grgorščak, a zatim iz vodospreme Grgorščak u vodospremu Mrtvaška.



Slika 6.4. Sustav vodoopskrbe Cres – Lošinj.

Objekti vodoopkrbnog sustava Cres – Lošinj - tehnički podaci

VS CRES

Smještaj: 65 m.n.m
 Kapacitet: 2500 m³
 Br. komora/strani: 4
 Godina izgradnje: 1986.
 Opskrba naselja: Cres
 - sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS LOZNATI

Smještaj: 274 m.n.m
 Kapacitet: 45 m³
 Godina izgradnje: 1977.
 Opskrba naselja: Loznati
 - dokloriranje Na-hipokloritom

CS BUČEVO

Smještaj: 169 m.n.m
Kapacitet: 40 m³
Godina izgradnje: 2000.
Opskrba : VS Zbičina
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS ZBIČINA

Smještaj: 310 m.n.m
Kapacitet: 200 m³
Br. komora/strani: 1
Godina izgradnje: 2000.
Opskrba: Zbičina, VS Lubenice
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS LUBENICE

Smještaj: 400 m.n.m
Kapacitet: 100 m³
Godina izgradnje: 2000.
Opskrba: Lubenice
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS VALUN

Smještaj: 64 m.n.m
Kapacitet: 50 m³
Godina izgradnje: 1971.
Opskrba: Valun
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS ŠUMICA

Smještaj: 308 m.n.m
Kapacitet: 350 m³
Br. komora/strani: 3
Godina izgradnje: 1952.
Opskrba: Orlec, Krčina, VS Loznati
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS VRANA STARA

Smještaj: 230 m.n.m
Kapacitet: 1000 m³
Br. komora/strani: 2
Godina izgradnje: 1952.
Opskrba : VS Šumica, sjeverni i južni ogranak vodoopskrbnog sistema
- primarno kloriranje klor dioksidom

VS VRANA NOVA

Smještaj: 230 m.n.m

Kapacitet: 2500 m³

Br. komora/strani: 4

Godina izgradnje: 1977.

Opskrba : VS Šumica, sjeverni i južni ogranak vodoopskrbnog sistema

- primarno kloriranje klor dioksidom

VS STIVAN

Smještaj: 145 m.n.m

Kapacitet: 50 m³

Godina izgradnje: 1981.

Opskrba: Stivan, VS Martinšćica

- dokloriranje Na-hipokloritom

VS MARTINŠĆICA

Smještaj: 73 m.n.m

Kapacitet: 300 m³

Br. komora/strani: 2

Godina izgradnje: 1981.

Opskrba : Miholašćica,Zaglav,Martinšćica, Slatina

- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS USTRINE

Smještaj: 195 m.n.m

Kapacitet: 100 m³

Godina izgradnje: 1996.

Opskrba: Ustrine

- dokloriranje Na-hipokloritom

PK OSOR

Smještaj: 155 m.n.m

Kapacitet: 500 m³

Br. komora/strani: 2

Godina izgradnje: 1977.

Opskrba : VS Grmožaj, VS Osor, transpostni cjevovod prema Lošinju

- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS GRMOŽAJ

Smještaj: 105 m.n.m

Kapacitet: 500 m³

Br. komora/strani: 2

Godina izgradnje: 2000.

Opskrba : Punta Križa, A/C Baldarin

- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom 2,5%(CHLORINSITU III),elektroliza iz NaCl

VS OSOR

Smještaj: 34 m.n.m
Kapacitet: 30 m³
Godina izgradnje: 1960.
Opskrba: Osor
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS NEREZINE

Smještaj: 45 m.n.m
Kapacitet: 90 m³
Godina izgradnje: 1960.
Opskrba: Nerezine
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS SVETI JAKOV

Smještaj: 64 m.n.m
Kapacitet: 30 m³
Godina izgradnje: 1960.
Opskrba: Sv. Jakov
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS ĆUNSKI

Smještaj: m.n.m
Kapacitet: 30 m³
Godina izgradnje: 1960.
Opskrba: Ćunski
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS VELI LOŠINJ

Smještaj: 64 m.n.m
Kapacitet: 1500 m³
Br. komora/strani: 2
Opskrba : Veli Lošinj
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS KALVARIJA

Smještaj: 60 m.n.m
Kapacitet: 1000 m³
Br. komora/strani: 2
Godina izgradnje: 1960.
Opskrba : Mali Lošinj
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom 2,5%(CHLORINSITU III), proizvodnja hipoklorita elektrolizom iz natrijeva klorida

VS UMPILJAK

Smještaj: 134 m.n.m
Kapacitet: 600 m³
Br. komora/strani: 2
Godina izgradnje: 1989.
Opskrba : Mali Lošinj , VS Grgorščak
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS GRGORŠČAK

Smještaj: 241 m.n.m
Kapacitet: 250 m³
Br. komora/strani: 1
Opskrba : VS Mrtvaška,
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS ČIKAT

Smještaj: 60 m.n.m
Kapacitet: 4000 m³
Br. komora/strani: 4
Godina izgradnje: 1971.
Opskrba : Mali Lošinj
- sistem za dokloriranje Na-hipokloritom

VS MRTVAŠKA

Smještaj: m.n.m
Kapacitet: 100 m³
Opskrba: Ilovik
- dokloriranje Na-hipokloritom

VS SUSAK

Smještaj: m.n.m
Kapacitet: 750 m³
Br. komora/strani: 2
Opskrba : Susak
- dokloriranje Na-hipokloritom

Crpni bazen SUSAK

Smještaj: m.n.m
Kapacitet: 80 m³
Opskrba: VS Susak
- dokloriranje Na-hipokloritom

6.2. Kakvoća vode

Sukladnost uzoraka vode jezera Vrana kao i vode iz vodosprema i mreže na otocima Cresu i Lošinju prema fizikalno-kemijskim i mikrobiološkim pokazateljima ocjenjena je prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, NN 125/13, te Pravilniku o izmjenama pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju NN 141/13 i NN 128/15. Koncentracija ukupnog dušika, fosfora i klorofila *a* te fitoplankton nisu obuhvaćeni ovim Pravilnikom pa se nije ocjenila sukladnost uzoraka vode prema navedenim pokazateljima.

6.2.1. Kakvoća vode jezera Vrana

Voda jezera Vrana ispitivala se na dvije lokacije, na površini i na 35 m dubine, u neposrednoj blizini mjesta crpljenja, od 20.08.2015. do 11.11.2015. jednom tjedno na slijedeće pokazatelje: temperatura vode, pH, koncentracija klorofila *a* i koncentracija ukupnih ugljikovodika. Koncentracija ukupnih ugljikovodika obuhvaća koncentraciju razgranatih ravnolančanih alkana od C10 do C40 i koncentraciju BTEX-a. Nakon tog perioda voda jezera Vrana ispitivala se kvartalno do 07.07.2016. na slijedeće pokazatelje: temperatura vode, pH, vodljivost, utrošak KMnO_4 , ukupni dušik, ukupni fosfor, ukupan broj kolonija na 22° i 37°C, koncentracija klorofila *a*, koncentracija ukupnih ugljikovodika te vrsta i brojnost fitoplanktona. U tablicama 6.1. i 6.2. prikazan je ukupan broj uzorka koji se analizirao na određeni pokazatelj i dat je sumarni prikaz rezultata ispitivanja fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja Vranskog jezera na dvije lokacije u definiranom periodu.

Tablica 6.1. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja površinske vode jezera Vrana u razdoblju od kolovoza 2015. do srpnja 2016. g.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	17	25	10,2	26,3	19,1
pH	17	6,5-9,5	8,2	8,6	8,4
Vodljivost, $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$	4	2500	366	400	374,4
Utrošak KMnO_4 , O_2 mg/l	4	5,0	0,76	1,05	0,95
Ukupni dušik, mg/l	4	-	0,15	0,52	0,26
Ukupni fosfor, mg/l	4	-	0,013	0,019	0,02
Broj kolonija na 22°C, N/1ml	4	100	11	400	238
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	3	30	12
Klorofil <i>a</i> , $\mu\text{g}/\text{l}$	17	-	0,19	0,81	0,43
Ukupni ugljikovodici, $\mu\text{g}/\text{l}$	17	50	<2	42	-

Temperatura vode na površini jezera Vrana kretala se od 10,2 do 26,3°C. Međutim, to nema značajniji utjecaj na kvalitetu vode koja se distribuira vodoopskrbnim sustavom s obzirom da se voda Vranskog jezera crpi na dubini od 40 m. pH uzoraka površinske vode jezera bio je ujednačen i kretao se od 8,2 do 8,6, kao i vodljivost koja se nije značajnije mijenjala, a vrijednosti su se kretale od 366 do 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 20°C. Utrošak KMnO_4 je bio nizak, što ukazuje na

činjenicu da voda jezera Vrana nije značajnije opterećena organskom tvari. Iz tablice 6.1. vidljivo je da su pokazatelji pH, vodljivost, utrošak KMnO_4 i koncentracija ukupnih ugljikovodika sukladni Pravilniku te da niti u jednom slučaju nisu prelazili maksimalno dozvoljene vrijednosti. Za koncentracije ukupnog dušika i fosfora Pravilnikom nisu određene maksimalno dozvoljene koncentracije. Koncentracija dušika bila je niska i iznosila je 0,15 do 0,52 mg/l. Koncentracija fosfora kretala se u rasponu od 0,013 do 0,019 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,0155 mg/l. Ukupan broj kolonija na 22° i na 37°C povremeno je prelazio maksimalno dopuštene vrijednosti iz Pravilnika, međutim uz dezinfekciju je dopušteno njeno korištenje kao vode za piće. Koncentracija klorofila *a* bila je niska u ispitivanom razdoblju što odgovara oligotrofnom stupnju vode jezera. Ukupni ugljikovodici utvrđeni su u uzorcima vode površine jezera Vrana 4 puta, uvijek u granicama maksimalno dozvoljenih vrijednosti.

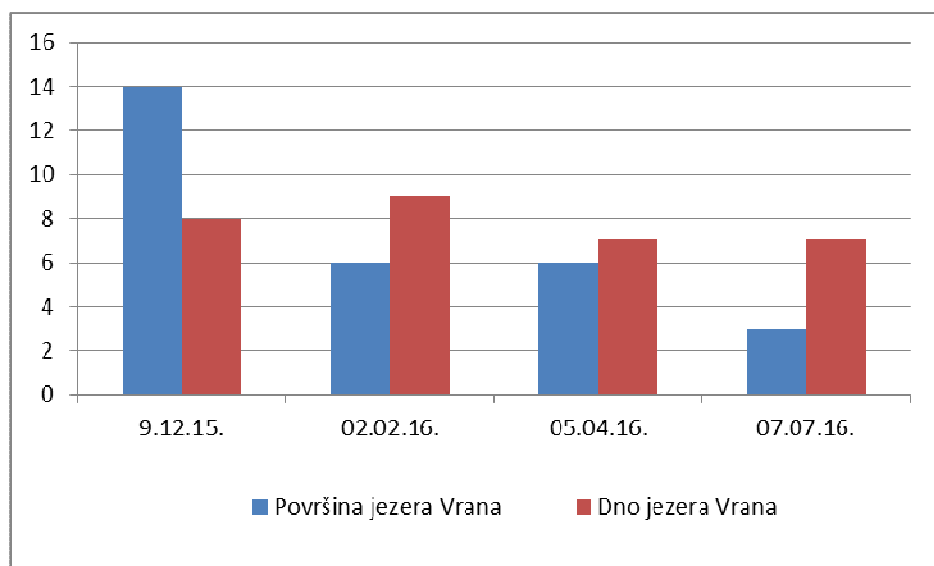
Tablica 6.2. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode jezera Vrana na mjestu crpljenja na dubini od 35 m u razdoblju od kolovoza 2015. do srpnja 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	17	25	10,3	19,6	14,8
pH	17	6,5-9,5	8,2	8,6	8,4
Vodljivost, $\mu\text{S}/\text{cm}/20^\circ\text{C}$	4	2500	356	396	369
Utrošak KMnO_4 , O_2 mg/l	4	5,0	0,69	1,3	0,92
Ukupni dušik, mg/l	4	-	0,15	0,27	0,21
Ukupni fosfor, mg/l	4	-	0,012	0,023	0,017
Broj kolonija na 22°C, N/1ml	4	100	76	248	169
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	20	180	107
Klorofil <i>a</i> , $\mu\text{g}/\text{l}$	17	-	0,22	0,88	0,48
Ukupni ugljikovodici, $\mu\text{g}/\text{l}$	17	50	<2	47	-

Slična situacija utvrđena je i u uzorcima s 35 m dubine, koji su se uzimali u blizini usisne košare (tablica 6.2.). Temperatura vode na 35 m dubine nije prelazila 19,6°C, što u potpunosti odgovara zahtjevima Pravilnika. pH vode bio je isti kao i u površinskim uzorcima, kao i vodljivost koja nije značajnije odstupala od vrijednosti izmjerenih na površini vode jezera. Utrošak KMnO_4 također je bio nizak i ispod maksimalno dopuštenih vrijednosti Pravilnika. Ukupni dušik i fosfor u uzorcima vode jezero Vrana dno neznatno su niži u odnosu na vodu površinskog sloja i kreću se u rasponu od 0,15 mg/l do 0,27 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,21 mg/l. Ukupan fosfor utvrđen je u rasponu koncentracija od 0,012 do 0,023 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,017 mg/l. Ukupan broj kolonija povremeno je prelazio maksimalno dopuštene vrijednosti, ali se prema Pravilniku, uz dezinfekciju, voda može koristiti za piće. Koncentracija klorofila *a* bila je niska u ispitivanom razdoblju. Ukupni ugljikovodici utvrđeni su u uzorcima u 2 navrata, ali oba puta u koncentracijama manjim od maksimalno dozvoljenih vrijednosti prema Pravilniku, jedino što je jedna koncentracija (47 $\mu\text{g}/\text{l}$) bila blizu maksimalno dozvoljene koncentracije od 50 $\mu\text{g}/\text{l}$.

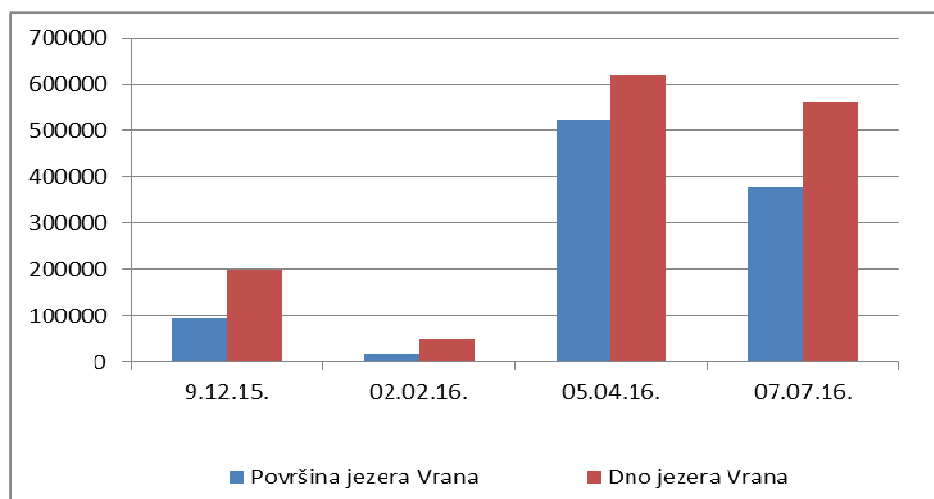
Analizom uzoraka fitoplanktona iz Vranskog jezera utvrđeno je da je u jezeru razvijena zajednica karakteristična za oligotrofna krška jezera. U ovom razdoblju ispitivanja, niti u jednom uzorku

fitoplanktona iz jezera Vrana nije utvrđena alga roda *Botryococcus* za koju se smatra da je uzrok povećanoj koncentraciji ukupnih ugljikovodika u pojedinim ispitivanim uzorcima vode iz vodoopskrbnog sustava na otocima Cresu i Lošinju. Najveći broj svojti, 14, utvrđen je u uzorku fitoplanktona s površine vode jezera u prosincu 2015. godine, a najmanje u srpnju 2016. godine u uzorku s iste lokacije. Na dubini od 35 m broj svojti bio je ujednačen prilikom sva četiri uzorkovanja (slika 6.5.).



Slika 6.5. Broj svojti utvrđen u vodi Vranskog jezera u razdoblju ispitivanja od prosinca 2015. do srpnja 2016. godine.

Broj jedinki fitoplanktona u litri vode jezera bio je najveći tijekom mjeseca travnja 2016. godine i u površinskim i u uzorcima s 35 m dubine. Brojnost fitoplanktona povećala se u toplijem dijelu godine (slika 6.6.).



Slika 6.6. Broj stanica fitoplanktona /l utvrđen u vodi Vranskog jezera u razdoblju ispitivanja od prosinca 2015. do srpnja 2016. godine.

Prema literaturnim podacima za svoje je jezera Vrana nije utvrđeno njihovo štetno djelovanje na organizme u okolišu. Također, nije utvrđeno prisustvo toksičnih modrozelenih algi.

6.2.2. Kakvoća vode vodosprema

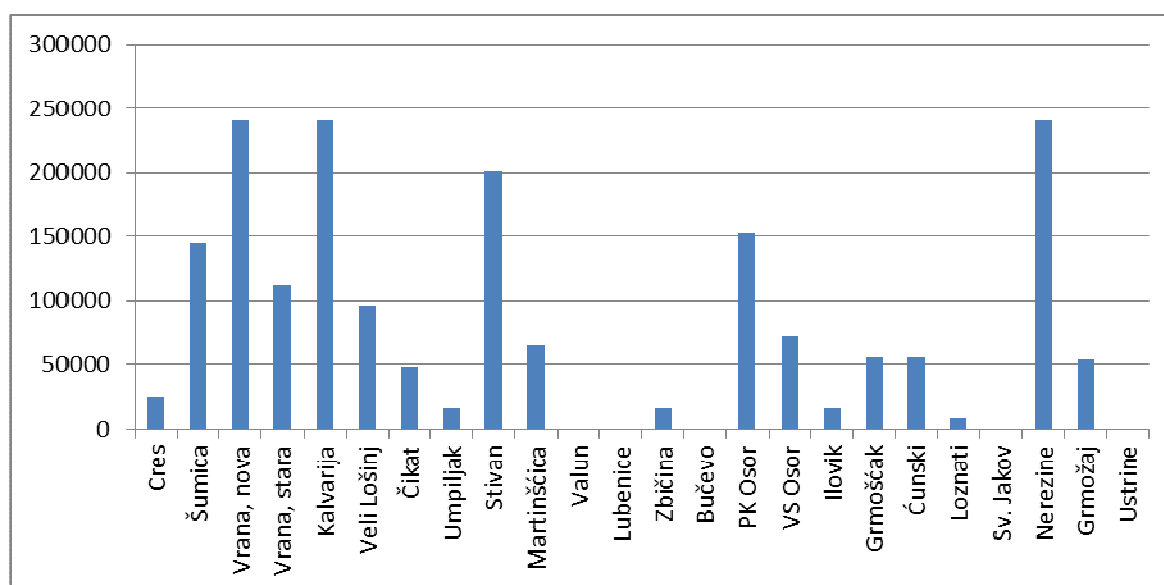
Uzorci vode iz 24 vodosprema uzeti su jednom, u proljeće 2016. godine, da se utvrdi stanje u svim vodospremama. Uzorci su uzimani s dubine od 0,5 m, a analizirali su se na slijedeće pokazatelje: temperatura vode, mutnoća, pH, vodljivost, utrošak KMnO₄, koncentracija ukupnih ugljikovodika, broj kolonija na 22° i 37°C, *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* te koncentracija klorofila *a* i vrste i brojnost fitoplanktona. Sumarni rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja prikazani su u tablici 6.3.

Tablica 6.3. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode 24 vodospreme na području otoka Cresa i Lošinja u proljeće 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	24	0,5	0,02	0,44	0,09
Temperatura vode, °C	24	25	10	15,3	12,3
Mutnoća vode, NTU	24	4	0,33	2,4	0,81
pH	24	6,5-9,5	8,1	8,4	8,2
Vodljivost, µS/cm/20°C	24	2500	347	411	364
Utrošak KMnO₄, O₂mg/l	24	5,0	0,41	1,5	0,74
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	24	100	0	80	13
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	24	20	0	100	8
<i>Escherichia coli</i>, N/100ml	24	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	24	0	0	5	0,2
<i>Clostridium perfringens</i>, N/100ml	24	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>, N/100ml	24	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	24	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	24	50	<2	<2	<2

Svi ispitani uzorci prema fizikalno-kemijskim pokazateljima bili su sukladni Pravilniku. Temperatura vode kretala se u rasponu od 10,0 do 15,3°C, što je neznatno više od temperature vode jezera na dubini od 35 m. U dva navrata su mikrobiološki pokazatelji prelazili maksimalno dopuštene vrijednosti iz Pravilnika i to u vodospremi Stivan gdje je ukupan broj kolonija na 37°C iznosio 100/1 ml i u vodospremi Martinšćica gdje je utvrđena prisutnost malog broja kolonija enterokoka. Koncentracija klorofila *a* bila je manja od granice kvantifikacije metode, što ukazuje na to da u vodi vodosprema nije došlo do značajnijeg razvoja velikog broja jedinki fitoplanktona. Koncentracija ukupnih ugljikovodika bila je manja od granice kvantifikacije metode.

Analizom uzoraka fitoplanktona s površine vode iz 24 vodospreme utvrđeno je da je u vodospremama u kojima je utvrđeno prisustvo jedinki fitoplanktona razvijena ista zajednica kao i u Vranskom jezeru, s manjim razlikama u utvrđenim svojstama i broju stanica u litri vode. U vodospremama Valun, Lubenice, Bučevo, Sv. Jakov i Ustrine prilikom ispitivanja tijekom travnja i svibnja 2016. godine nije utvrđeno prisustvo fitoplanktonske zajednice u uzorcima vode s površine (slika 6.7.). Tom je prilikom najveći broj organizama utvrđen u vodospremama Vrana Nova, Kalvarija i Nerezine. Alga *Botryococcus sp.* bila je prisutna u uzorcima iz 6 vodosprema: Vrana Nova, Kalvarija, Stivan, Martinšćica, Čunski i Loznati. U ostalim vodospremama tijekom ovog ispitivanja spomenuta alga nije utvrđena. Također, nije utvrđeno prisustvo vrsta koje mogu štetno djelovati na druge organizme, pa i na ljude. Broj utvrđenih svojti u svim je vodospremama bio manji od broja utvrđenog u jezeru.



Slika 6.7. Broj stanica fitoplanktona /l utvrđen u vodi vodosprema na otocima Cresu i Lošinju tijekom ispitivanja u travnju i svibnju 2016. godine.

Da bi se dobio uvid u stanje vodoopskrbnog sustava odabrano je 5 vodosprema koje su se ispitivale kroz godinu dana i to tri na otoku Cresu i dvije na otoku Lošinju. Vodosprema Martinšćica odabrana je zato što se u vodi te vodospreme najprije utvrdilo prisustvo alge *Botryococcus sp.* Voda iz vodosprema Cres i Kalvarija analizirala se jednom tjedno u razdoblju od 20.08.2015. do 11.11.2015. na slijedeće pokazatelje: temperatura vode, pH, koncentracija klorofila *a* i koncentracija ukupnih ugljikovodika, te jednom mjesečno od studenog 2015. do rujna 2016. godine na pokazatelje temperatura vode, koncentracija ukupnih ugljikovodika i vrste i brojnost fitoplanktona. Četiri puta godišnje voda vodosprema Cres i Kalvarija ispitivala se na pokazatelje mutnoća, pH, vodljivost, utrošak KMnO_4 , broj kolonija na 22° i 37°C , *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* te koncentracija klorofila *a*. Voda iz vodosprema Vrana i Martinšćica ispitivala se od studenog 2015. godine, a Čikata od rujna 2015. do rujna 2016. godine jednom mjesečno na pokazatelje temperatura vode, koncentracija ukupnih ugljikovodika i vrste i brojnost fitoplanktona. Četiri puta godišnje voda

navedenih vodosprema ispitivala se na pokazatelje mutnoća, pH, vodljivost, utrošak KMnO₄, broj kolonija na 22° i 37°C, *Escherichia coli*, enterokoki, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* te koncentracija klorofila *a*. Voda iz vodosprema uzimala se na izlazu iz vodospreme kako bi se dobio uvid u kakvoću vode koja izlazi iz vodospreme.

Tablice 6.4., 6.5., 6.6., 6.7. i 6.8. daju sumarni prikaz rezultata ispitivanja vode odabranih vodosprema kroz godinu dana. Iz tablica je vidljivo da je voda iz vodosprema prema svojim karakteristikama jednaka onoj iz jezera Vrana te da se dezinfekcijom vode uspješno uklanjaju ispitivane bakterije. Vrijednosti svih ispitivanih pokazatelja ispod su maksimalno dopuštenih vrijednosti prema Pravilniku, osim što je u jednom navratu, 08.09.15., u vodospremi Cres zabilježena koncentracija ukupnih ugljikovodika nešto iznad maksimalno dopuštene vrijednosti prema Pravilniku i iznosila je 72 µg/l. Koncentracija klorofila *a* prilikom svih ispitivanja u vodospremama bila je ispod granice kvantifikacije metode. Prema mikrobiološkim pokazateljima svi su uzorci bili sukladni Pravilniku. Iz svega navedenog, a prema ispitivanim pokazateljima, može se zaključiti da transport i skladištenje vode nemaju nikakvog utjecaja na kakvoću vode, odnosno kakvoća vode jezera ne narušava se njenim korištenjem.

Tablica 6.4. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Vrana u razdoblju od rujna 2015. do rujna 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	12	0,5	0,05	0,3	0,1
Temperatura vode, °C	12	25	9	12,1	10,8
Mutnoća vode, NTU	4	4	0,49	2	1,03
pH	4	6,5-9,5	7,9	8,4	8,1
Vodljivost, µS/cm/20°C	4	2500	367	407	384
Utrošak KMnO₄, O₂mg/l	4	5,0	0,58	1,07	0,79
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	4	100	0	0	0
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	0	1	0,25
<i>Escherichia coli</i>, N/100ml	4	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i>, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>, N/100ml	4	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	12	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	12	50	<2	<2	<2

Tablica 6.5. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Cres u razdoblju od kolovoza 2015. do rujna 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	23	0,5	<0,02	0,35	0,07
Temperatura vode, °C	23	25	10	19	15,0
Mutnoća vode, NTU	4	4	0,35	1,3	0,64
pH	17	6,5-9,5	8	8,4	8,1
Vodljivost, µS/cm/20°C	4	2500	374	473	413
Utrošak KMnO ₄ , O ₂ mg/l	4	5,0	0,6	0,82	0,70
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	4	100	0	37	9
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	17	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	17	50	<2	72	-

Tablica 6.6. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Martinšćica u razdoblju od rujna 2015. do rujna 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	12	0,5	0,02	0,18	0,10
Temperatura vode, °C	12	25	10,6	18	14,2
Mutnoća vode, NTU	4	4	0,5	1,3	0,8
pH	4	6,5-9,5	8	8,3	8,2
Vodljivost, µS/cm/20°C	4	2500	365	414	387
Utrošak KMnO ₄ , O ₂ mg/l	4	5,0	0,47	1,06	0,72
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	4	100	0	23	7
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	12	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	12	50	<2	<2	<2

Tablica 6.7. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Kalvarija u razdoblju od kolovoza 2015. do rujna 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	23	0,5	<0,02	0,29	0,12
Temperatura vode, °C	23	25	10,1	19,1	14,6
Mutnoća vode, NTU	4	4	0,4	1,4	0,8
pH	17	6,5-9,5	8	8,3	8,2
Vodljivost, µS/cm/20°C	4	2500	380	412	392
Utrošak KMnO ₄ , O ₂ mg/l	4	5,0	0,49	0,84	0,66
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	4	100	0	38	10
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	17	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	23	50	<2	<2	<2

Tablica 6.8. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Čikat u razdoblju od rujna 2015. do rujna 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Klor, mg/l	12	0,5	<0,02	0,22	0,11
Temperatura vode, °C	12	25	10,5	17,9	13,9
Mutnoća vode, NTU	4	4	0,41	3,2	1,3
pH	4	6,5-9,5	8	8,2	8,1
Vodljivost, µS/cm/20°C	4	2500	375	414	391
Utrošak KMnO ₄ , O ₂ mg/l	4	5,0	0,59	0,77	0,70
Broj kolonija na 22°C, N/1 ml	4	100	0	0	0
Broj kolonija na 37°C, N/1ml	4	20	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Enterokoki, N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Clostridium perfringens</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , N/100ml	4	0	0	0	0
Klorofil a, µg/l	4	-	<0,1	<0,1	<0,1
Ukupni ugljikovodici, µg/l	12	50	<2	<2	<2

Voda iz prekidne komore Osor i vodospreme Bučevo ispitivale su se u dva navrata na slijedeće pokazatelje: temperatura vode, ukupni ugljikovodici i vrsta i brojnost fitoplanktona. Niti u jednom slučaju vrijednosti ispitivanih fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja nisu bile veće od maksimalno dozvoljenih vrijednosti iz Pravilnika (tablica 6.9. i 6.10.).

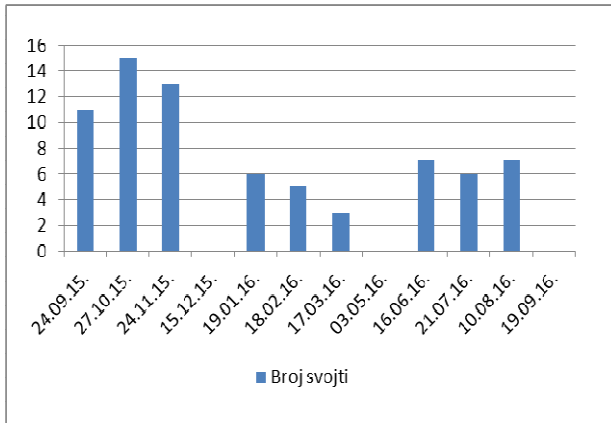
Tablica 6.9. Prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode prekidne komore Osor u rujnu i listopadu 2015. godine.

	MDK	Rezultati	
Datum		24.09.15.	27.10.15.
Klor, mg/l	0,5	0,09	0,05
Temperatura vode, °C	25	13	10,9
Ukupni ugljikovodici, µg/l	50	<2	<2

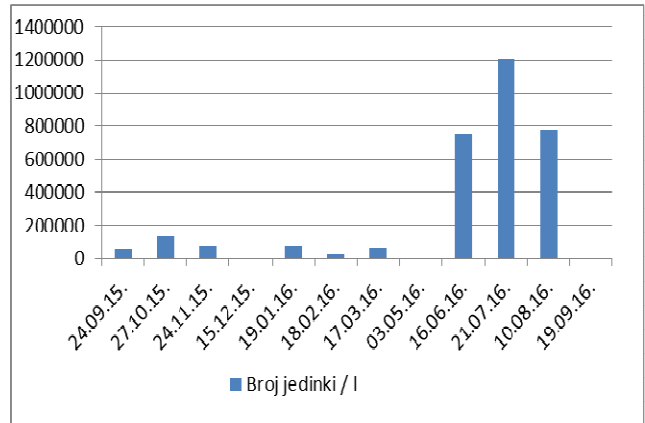
Tablica 6.10. Prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih i mikrobioloških pokazatelja vode vodospreme Bučevo u rujnu i listopadu 2015. godine.

	MDK	Rezultati	
Datum		24.09.15.	27.10.15.
Klor, mg/l	0,5	0,05	0,07
Temperatura vode, °C	25	17	13
Ukupni ugljikovodici, µg/l	50	<2	<2

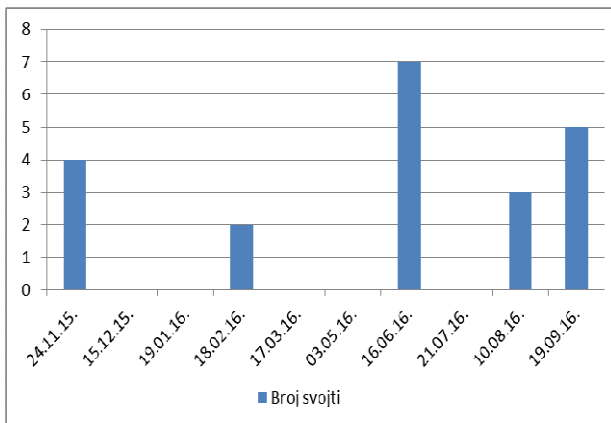
Analizom uzoraka fitoplanktona iz vode 5 odabranih vodosprema kroz razdoblje od godinu dana utvrđeno je da je u vodospremama razvijena ista zajednica kao i u Vranskom jezeru, s manjim razlikama u utvrđenim svojstama i broju stanica u litri vode. U svim je vodospremama zabilježena alga *Botryococcus sp.* u većem ili manjem broj. Broj utvrđenih svojti je bio ujednačen tijekom ispitivanja 2015. i 2016. godine, dok je broj stanica algi znatno rastao tijekom toplijeg dijela godine, u odnosu na hladniji dio godine u svim ispitivanim vodospremama (slike 6.8., 6.9., 6.10., 6.11., 6.12., 6.13., 6.14., 6.15., 6.16. i 6.17.). U ispitivanim vodospremama nije utvrđeno prisustvo toksičnih modrozelenih algi.



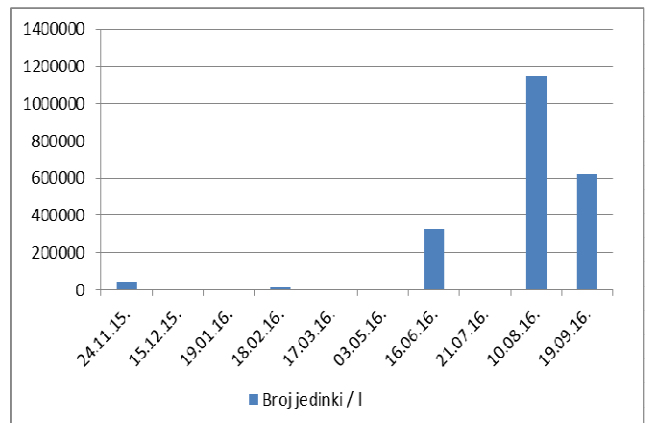
Slika 6.8. Broj svojti utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Vrana u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.



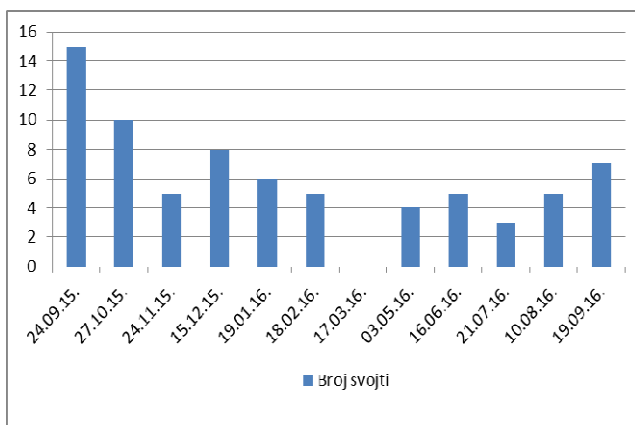
Slika 6.9. Broj jedinki/l utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Vrana u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.



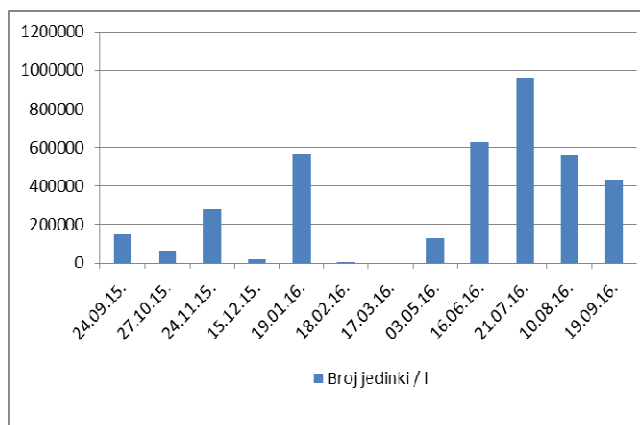
Slika 6.10. Broj svojti utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Cres u periodu od studenog 2015. do rujna 2016. godine.



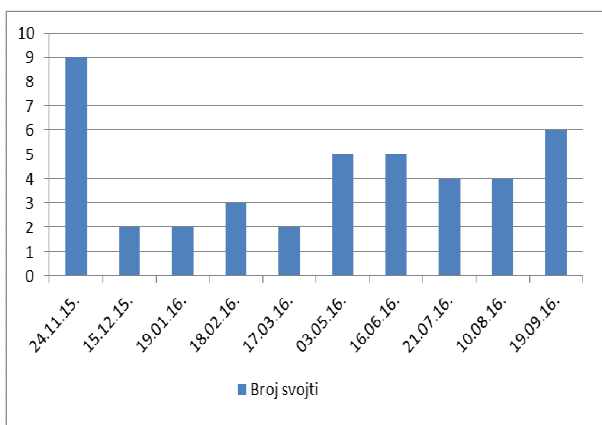
Slika 6.11. Broj jedinki/l utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Cres u periodu od studenog 2015. do rujna 2016. godine.



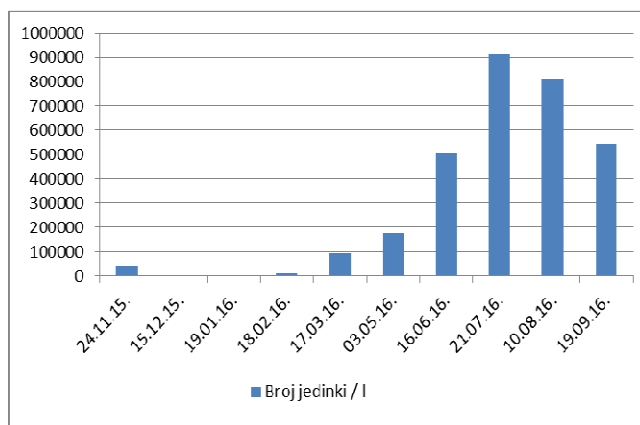
Slika 6.12. Broj svojti utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Martinšćica u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.



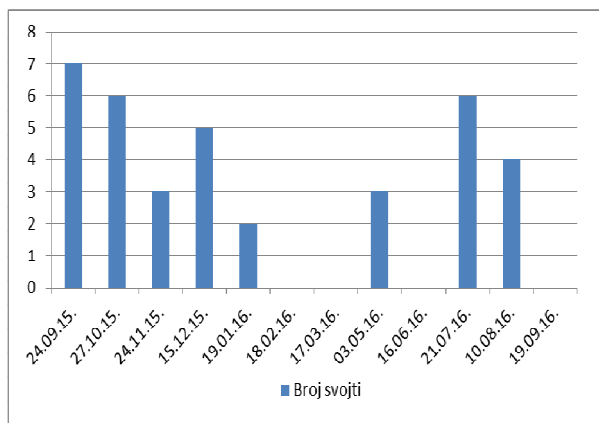
Slika 6.13. Broj jediniki/l utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Martinšćica u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.



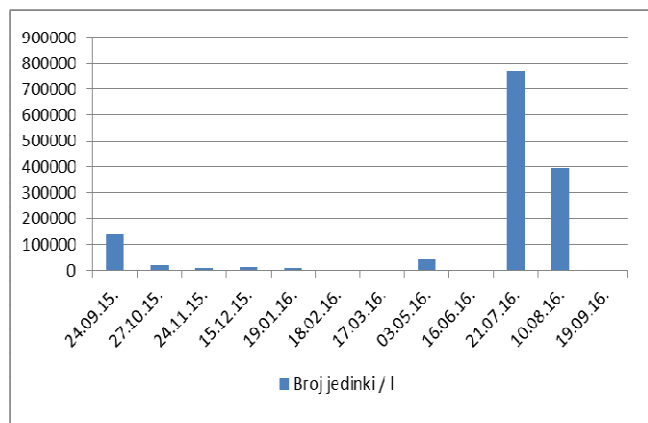
Slika 6.14. Broj svojti utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Kalvarija u periodu od studenog 2015. do rujna 2016. godine.



Slika 6.15. Broj jediniki/l utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Kalvarija u periodu od studenog 2015. do rujna 2016. godine.



Slika 6.16. Broj svojti utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Čikat u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.



Slika 6.17. Broj jedinici/l utvrđenih u uzorcima vode iz vodospreme Čikat u periodu od rujna 2015. do rujna 2016. godine.

6.2.3. Kavoća vode u vodovodnoj mreži

Da bi se dobio uvid u to da li su ukupni ugljikovodici prisutni u vodi koja se distribuira vodoopskrbnom mrežom, voda iz mreže je uzorkovana jednom mjesečno na četiri lokacije gdje se ispitivao samo jedan pokazatelj i to koncentracija ukupnih ugljikovodika. Sukladnost uzoraka vode u mreži ocjenjena je prema Pravilniku. Odabrane su četiri lokacije Cres, Hrasta, Nerezine i Mali Lošinj. Kada nije bilo moguće uzeti uzorak u Hrasti i Nerezinama, uzorak je uzet u Osoru na javnom izljevu. Ukupno su ugljikovodici utvrđeni na mreži 5 puta: u Hrasti jednom, te u Nerezinama i Malom Lošinju po dva puta. Samo je u listopadu 2015. godine u Nerezinama utvrđena vrijednost ukupnih ugljikovodika bila veća od maksimalno dopuštene vrijednosti iz Pravilnika i iznosila je 167 μ g/l (tablica 6.11, 6.12., 6.13., 6.14. i 6.15.).

Tablica 6.11. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na vodoopskrbnoj mreži u Cresu u razdoblju od rujna 2015. do kolovoza 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	12	25	10,1	24,3	15,3
Klor, mg/l	12	0,5	<0,02	0,11	-
Ukupni ugljikovodici, μ g/l	12	50	<2	<2	<2

Tablica 6.12. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na vodoopskrbnoj mreži u Hrasti u razdoblju od rujna 2015. do kolovoza 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	11	25	10	13,1	11,5
Klor, mg/l	11	0,5	0,04	0,14	0,07
Ukupni ugljikovodici, μ g/l	11	50	<0,02	46	-

Tablica 6.13. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na vodoopskrbnoj mreži u Osoru u razdoblju od rujna 2015. do kolovoza 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	5	25	10,8	16,4	13,06
Klor, mg/l	5	0,5	<0,02	0,04	0,02
Ukupni ugljikovodici, µg/l	5	50	<2	<2	<2

Tablica 6.14. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na vodoopskrbnoj mreži u Nerezinama u razdoblju od rujna 2015. do kolovoza 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	8	25	10,8	23,3	16,1
Klor, mg/l	8	0,5	0,02	0,12	0,04
Ukupni ugljikovodici, µg/l	8	50	<2	167	-

Tablica 6.15. Sumarni prikaz rezultata analize fizikalno-kemijskih pokazatelja vode na vodoopskrbnoj mreži u Malom Lošinj u razdoblju od rujna 2015. do kolovoza 2016. godine.

	Broj uzoraka	MDK	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost
Temperatura vode, °C	12	25	10,4	19	14,1
Klor, mg/l	12	0,5	0,02	0,19	0,08
Ukupni ugljikovodici, µg/l	12	50	<2	49	-

7. ZAKLJUČAK

Vodoopskrbni sustav Cres Lošinj iznimno je ranjiv jer se oslanja na jedan površinski izvor vode i ima dugačku mrežu cjevovoda.

Prema monitoringu i praćenju stanja ugljikovodika i algi na Vranskom jezeru na otoku Cresu pokušao se ustanoviti razlog povišenih koncentracija ugljikovodika u jezeru Vrana i vodoopskrbnom sustavu Cres Lošinj. Tijekom 2014. godine u vodoopskrbnom sustavu utvrđen je povišeni sadržaj ugljikovodika koji se kretao u rasponu od <2 do 210 µg/l. U isto vrijeme se u vodi jezera i ispitivanim vodospremama utvrdilo prisustvo velikog broja algi vrste *Botryococcus sp.* koje su karakteristične po svojoj sposobnosti da sintetiziraju i akumuliraju velik broj lipida, odnosno tekućih ugljikovodika. Različite sorte *B.braunii* sintetiziraju različite tipove ugljikovodika i prema tome se dijele u tri skupine. Prva skupina algi sintetizira n-alkadiene i mono-, tri-, tetra- i pentaene, neparnog broja ugljika od C23 do C33, druga skupina algi sintetizira triterpene – C30-C37 i C31-C34 metilirane skvalene, a treća skupina sintetizira C40 tetraterpen likopadien. Uz to sintetiziraju masne kiseline, triacil glicerol i sterole (Hirose i dr.,2013.; Furuhashi i dr., 2013.; Metzger, 2005.). Kako se niti u jednom uzorku vode iz vodoopskrbnog sustava Cres Lošinj nije utvrdilo prisustvo niže supstituiranih benzena koji s obzirom na svoju toksičnost (uglavnom karcinogenici prema IARC nomenklaturi 3. skupine) mogu imati štetne učinke na zdravlje, nameće se zaključak da su ugljikovodici iz sustava prirodnog porijekla, odnosno da je navedena vrsta algi uzrok pojave povišenih koncentracija tih spojeva u vodi. Ovim ispitivanjima nisu utvrđene povišene koncentracije ugljikovodika koje su praćene počevši od jezerske vode, pa do vode vodosprema i vodoopskrbne mreže, osim što je u jednom ispitivanju na vodoopskrbnoj mreži pronađena povišena koncentracija ugljikovodika (167 µg/l u listopadu 2016. u Nerezinama).

Što se tiče ostalih pokazatelja, ispitivanjima vode jezera Vrana i vode iz vodosprema i mreže utvrđeno je da je voda dobrih fizikalno-kemijskih karakteristika i ne odudara od odredbi Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13; 141/13). pH vrijednost u svim ispitivanjima vode jezera, vodosprema i mreže bila je optimalna za vodu za piće, dok je temperatura jezerske vode varirala ovisno o vanjskoj temperaturi zraka. Bez obzira na to u vodospremama i mreži temperatura vode je odgovarala uvjetima Pravilnika obzirom da se voda za vodoopskrbu crpi s 40 m dubine. Kako u vodi jezera tako i u vodi vodosprema nije pronađeno značajnije opterećenje organskom tvari praćeno preko pokazatelja utroška KMnO₄, što je uglavnom pokazatelj vrlo čistih voda u prirodi. Mutnoća uzorka praćena u vodi vodosprema bila je uvijek niska i unutar dozvoljenih vrijednosti te nije ukazivala na povećanu brojnost jedinki fitoplanktona. Prema ispitivanim mikrobiološkim pokazateljima voda uzorkovana na izlazu iz odabranih vodosprema bila je sukladna Pravilniku.

Ovim istraživanjem želio se utvrditi sastav fitoplanktonske zajednice, odnosno željelo se utvrditi da li su u vodoopskrbnom sustavu prisutne toksične vrste algi ili neke druge vrste koje mijenjaju karakteristike vode. Najveći broj stanica fitoplanktona u uzorku vode utvrđen je u vodi vodospreme Vrana u srpnju 2016. godine. Brojnost fitoplanktona značajno je rastao tijekom toplijeg dijela godine (od lipnja do rujna). U Vranskom jezeru i ispitivanim vodospremama ukupno su utvrđene 42 svojte fitoplanktona u periodu ispitivanja od kolovoza 2015. do rujna 2016. godine. Niti u jednom uzorku nije utvrđeno prisustvo toksičnih modrozelenih algi. Najveći broj različitih svojti utvrđen je u prekidnoj komori Osor u rujnu 2015. godine – ukupno 18 različitih

svojtji. U Vranskom jezeru i vodospremama Vrana Nova, Martinšćica, Bučevo i prekidnoj komori Osor utvrđen je podjednak broj svojtji (13 – 15). Alge roda Botryococcus utvrđene su u 9 ispitivanih vodosprema: Vrana Nova, Cres, Bučevo, Loznati, Stivan, Martinšćica, Čunski, Kalvarija, Čikat i u prekidnoj komori Osor. Tijekom ovog ispitivanja alge roda Botryococcus nisu utvrđene niti u jednom uzorku vode iz Vranskog jezera. Da bi se utvrdio razlog povremenog pojavljivanja ove alge u vodi jezera i vodosprema, potrebno je provesti detaljnije analize. Vrlo male promjene fizikalno-kemijskih pokazatelja koje nisu lako uočljive i mjerljive, mogu pogodovati razvoju određenih vrsta organizama, odnosno njihovom nestanku iz ekosustava. Klimatske promjene i pojačana eksploatacija vode glavni su faktori koji utječu na ovaj krhki ekosustav.

Dugoročno gledajući, trebale bi se poduzeti mjere kako bi se spriječio ulazak pojedinih vrsta algi u vodoopskrbni sustav i njihovo naseljavanje u sustavu. Naime, zbog klimatskih promjena i sve veće globalizacije, za očekivati je da “problem” s algama neće u budućnosti biti manji. Ovdje se za vodoopskrbu koristi površinska voda koja je pod utjecajem atmosferskih i okolišnih prilika. Potrebno je voditi računa o tome koje vrste algi su prisutne u vodi jezera i vodosprema jer različite vrste algi izlučuju različite tvari kao što su različite vrste toksina ili, kao što je ovdje slučaj, ugljikovodike. Te tvari alge izlučuju tijekom rasta i razmnožavanja, ali također i nakon ugibanja kada dolazi do razgradnje stanica. Posebno je to opasno kod toksičnih vrsta kada se na taj način u vodu izlučuje velika koncentracija toksina.

Neki od postupaka za uklanjanje algi iz vode izvora, prema dostupnoj literaturi, su:

- mikrofiltracija
- podzemna filtracija
- koagulacija s prihvatljivim koagulantima, flokulacija i filtracija
- spora filtracija kroz pijesak

Metode kojima se uklanjaju alge, pri čemu dolazi do raspadnja stanica i otpuštanja tvari iz stanica algi u vodu, npr. toksina, su:

- korištenje algicida kao što je bakar sulfat
- predkloriranje

Uklanjanje neoštećenih stanica algi je prioritet.

Potrebno je provoditi pojačani monitoring vode jezera Vrana i vode u vodoopskrbnom sustavu te kontinuirano pratiti pojavljivanje i razvoj algi u jezeru i vodospremama kako bi se na vrijeme uočila bilo kakva promjena u sastavu zajednice fitoplanktona i broju jedinki da se izbjegnu posljedice onečišćenja sustava pojedinim vrstama algi. Od izuzetne je važnosti da se na vrijeme uočii pojava i vrlo malog broja toksičnih vrsta algi kako bi se na vrijeme poduzele određene mjere vezane uz zaštitu zdravlja korisnika ovog vodoopskrbnog sustava.

Prijedlog daljnjeg praćenja kakvoće vode u jezeru Vrana i u vodoopskrbnom sustavu:

- Vizualan pregled – jednom ili svaka dva tjedna; obojanost, prozirnost, mutnoća, stvaranje površinskih nakupina;

- Ukupan fosfor, dušik (nitrat i amonijak), hidrološke osobine, termalna stratifikacija – povremeno, 2 puta godišnje – jednom u proljeće i jednom u ljeto ili prema potrebi češće; ili jednom mjesečno godinu ili dvije;
- Razvoj algi, s posebnim naglaskom na praćenje povećanja broja zelenih algi i moguće pojave cijanobakterija – praćenje vrsta i gustoće populacija fitoplanktona i obraštaja (broj stanica i koncentracija klorofila *a*), barem svaka 2 tjedna, 1 ili 2 puta tjedno ili češće prema potrebi, ponekad i više puta tjedno. Tamo gdje cijanobakterije čine više od 50% biomase, klorofil *a* može se uzeti kao mjera za biomasu cijanobakterija.
- Potrebno je pratiti pojavljivanje algi, tipove, odnosno vrste, distribuciju i brojnost, prostorne i vremenske promjene u populaciji, sastav zajednica, gustoću.
- Koncentracija ugljikovodika u vodi.
- Koncentracija toksina – prema potrebi, ako dođe do naglog razvoja pojedinih vrsta modrozelnih algi.

Lokacije na kojima bi se trebali pratiti spomenuti parametri:

- U jezeru: prozirnost, obojanost, tvorba površinskih naslaga, koncentracija ugljikovodika, fosfor, dušik (amonijak i nitrat), koncentracija kisika, termalna stratifikacija, mutnoća, dominantan takson, kvantifikacija algi, koncentracija toksina i toksičnost (po potrebi);
- U vodospremama: obojanost, tvorba površinskih naslaga, koncentracija ugljikovodika, fosfor, dušik (amonijak i nitrat), koncentracija kisika, termalna stratifikacija, mutnoća, dominantan takson, kvantifikacija algi, koncentracija toksina i toksičnost (po potrebi);
- Na nekoliko izljevniha mjesta: obojanost, mutnoća, koncentracija ugljikovodika, dominantan takson, kvantifikacija algi, koncentracija toksina i toksičnost (po potrebi), kloriti, klorati i THM.

8. LITERATURA

1. Alegro A. i dr., 2016. Macrophytic vegetation in the oligotrophic Mediterranean Lake Vrana (Island of Cres, Northern Adriatic) – New insight after 50 years. *Botanica Serbica* 40 (2):(2016) 137-144.
2. Biondić, B., Ivičić, D., Kapelj, S. and Mesić, S. 1995. Hidrogeologija Vranskog jezera na otoku Cresu. (Hydrogeology of Vrana Lake on the Cres Island.) Proceedings of the 1st Croatian Geological Congress, Opatija, Croatia, pp. 89-94.
3. Bonacci O. 2012. Increase of mean annual surface air temperature in the Western Balkans during last 30 years. *Vodoprivreda* 44(255-257): 328-338.
4. Bonacci O. 2015. Karst hydrogeology/hydrology of the Dinaric chain and isles. *Environmental Earth Sciences* 74: 37-55. Breukela
5. Elaborat sanitarne zaštite vodozahvata "Vransko jezero" na otoku Cresu (nacrt prijedloga), Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o
6. Gligora Udovič M, Žutinić P, Kralj Borojević K & Plenković-Moraj A. 2015. Co-occurrence of functional groups in phytoplankton assemblages dominated by diatoms, chrysophytes and dinoflagellates. *Fundamental and Applied Limnology* 18: 101-111
7. Hertelendi E, Svingor E, Futo I, Szanto Zs & Rank D. 1997. Isotope Investigation of Lake Vrana and Springs in the Kvarner Area. *Rapid Communication in Mass Spectrometry* 11:651-5.
8. Ožanić, N. i Rubinić, J., 1995. Hidrološki koncept funkcioniranja Vranskog jezera na otoku Cresu. (Hydrological Concept of the Vransko jezero Lake Functioning (the Island of Cres.) Proc. 1st Croatian Conference on Waters, Dubrovnik, pp.159-167.
9. Spevec D. 2005. Vransko jezero – jedinstven prirodnogeografski fenomen na otoku Cresu. *Geografija.hr*
10. Ternjej, I. i Tomec, M. 2005. Plankton community and related environmental factors in oligotrophic Lake Vrana. *Periodicum Biologorum* 107: 321-328.
11. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO, 1999.
12. Hirose M, Mukaida F, Okada S, Noguchi T, 2013. Active Hydrocarbon Biosynthesis and Accumulation in a Green Alga, *Botryococcus braunii* (Race A). *Eukaryotic Cell* 12(8):1132-1141.
13. Furuhashi K, Saga K, Okada S, Imou K. 2013. Seawater-Cultured *Botryococcus braunii* for Efficient Hydrocarbon Extraction. *PLOS ONE*, 8 (6).
14. Metzger P., Largeau C., *Botryococcus braunii*: a rich source for hydrocarbons and related ether lipids. *Appl Microbiol Biotechnol* (2005) 66: 486–496.
15. L. Deng et al., Effect of selected herbicides on growth and hydrocarbon content of *Botryococcus braunii* (Race B). *Industrial Crops and Products* (2012), 39:154– 161.