



**Nastavni ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO  
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE**  
*Zdravstveno-ekološki odjel*

## **Istraživanje kakvoće vode i nanosa u Mrtvom kanalu u Rijeci**



Rijeka, travanj 2016.



**Nastavni ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO  
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE RIJEKA**  
Zdravstveno ekološki odjel  
Rijeka, Krešimirova 52a  
Tel. + 385 51 358 777; Fax. + 385 51 358 753

Naziv projekta: **Istraživanje kakvoće vode i nanosa u Mrtvom kanalu u Rijeci**

Naručitelj: Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

Evid. broj ugovora: 10-003/15, KLASA: 325-01/14-10/121,  
URBROJ:374-1-2-15-8; 347-1-2-16-21

Izvršitelj: Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije  
Odsjek za kontrolu voda za piće i voda u prirodi  
Odsjek za zajedničke analitičke tehnike  
Odsjek za mikrobiologiju okoliša  
Odsjek za biološki monitoring i ekospozicije  
Odsjek za ekotoksikologiju  
Odsjek za uzorkovanje

Studiju izradili: Mr.sc. Vanda Piškur, dipl.sanit.ing.  
Mr.sc. Itana Bokan Vucelić, dipl.ing.biol.  
Doc.dr.sc. Luka Traven, dipl.ing.biol.  
Izv.prof.dr.sc Ivana Štimac, dipl.ing.građ.  
Dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ.

Korišteni podaci: Državni hidrometeorološki zavod  
Hrvatske vode  
KD Vodovod i kanalizacija Rijeka  
Građevinski fakultet Rijeka

v.d. Tehnička voditeljica:

Mr.sc. Izabel Crnković-Milić, dipl.sanit.ing.

Voditelj Odjela:

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

Ravnatelj:

Prof.dr.sc. Vladimir Mićović, dr.med.

## Sadržaj

1	UVOD.....	4
1.1.	PROGRAM ISPITIVANJA .....	4
1.2.	ANALITIČKE METODE ISPITIVANJA .....	7
1.3.	POPIS INSTRUMENATA NA KOJIMA SE PROVODE ANALIZE.....	10
1.4.	KALENDAR UZORKOVANJA.....	14
2	OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA .....	15
2.1.	HIDROGRAFSKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE SLIVA RJEČINE.....	16
2.2.	POVIJESNE ZNAČAJKE .....	20
2.3.	KLIMATSKE ZNAČAJKE .....	25
2.4.	PRIKAZ HIDROLOŠKIH ZNAČAJKI NA OSNOVU PODATAKA SA HIDROLOŠKIH POSTAJA .....	29
2.5.	ZNAČAJKE HIDROTEHNIČKIH ZAHVATA .....	36
2.6.	GEOMETRIJA MRTVOG KANALA .....	46
2.7.	PLANOVI O REKONSTRUKCIJI HIDROTEHNIČKIH ZAHVATA .....	50
3	MONITORING STANJA HIDROLOŠKIH PRILIKA U RAZDOBLJU OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE.....	52
3.1.	ZNAČAJKE MONITORINGA.....	52
3.2.	REZULTATI I ANALIZE MONITORINGA .....	57
4	OCJENA HIDROMORFOLOŠKOG STANJA I PRITISAKA.....	74
4.1.	MORFOLOGIJA .....	74
5	MONITORING KAKVOĆE VODE I NANOSA U MRTVOM KANALU U RIJECI.....	79
6	VODNOSPODARSKI ELEMENTI PLANIRANE STUDIJE.....	133
6.1.	OCJENA MOGUĆNOSTI REVITALIZACIJE MRTVOG KANALA PREUSMJERAVANJEM VODE IZ KORITA RJEČINE.....	133
6.2.	OCJENA MOGUĆNOSTI REVITALIZACIJE MRTVOG KANALA PREUSMJERAVANJEM VODE IZ IZVORA ZVIR ILI ZVIR 2.....	145
7	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	146
8	LITERATURA .....	150

# 1 UVOD

Sukladno sklopljenom Ugovoru o uslugama istraživanja kakvoće vode i nanosa u Mrtvom kanalu u Rijeci evid. br.ugovora 10/003/15, Klasa 325-01/14-10/121, Urbroj 374-1-2-15-8 i prvom Dodatku ugovora o uslugama istraživanja kakvoće vode i nanosa u Mrtvom kanalu u Rijeci Hrvatske vode iz Zagreba povjerile su Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije poslove praćenja kakvoće vode Mrtvog kanala i Rječine te riječnog sedimenta Mrtvog kanala.

## 1.1. PROGRAM ISPITIVANJA

Postaje ispitivanja prikazane su u tablici 1.1.

Tablica 1.1. Popis mjernih postaja za određivanje kakvoće vode

<i>Mjerne postaje uzorkovanja vode</i>		<i>Koordinate (HTRS 96)</i>
MRTVI KANAL	Postaja kod Mosta Fiumara	E 339179,06; N 5022805,56
	Postaja kod Mosta branitelja	E 339026,56; N 5022672,06
	Postaja kod Mosta kod kazališta	E 338966,56; N 5022558,06
	Postaja na podzemnom utoku potoka Lešnjak	E 339090,56; N 5022798,063
	Postaja na podzemnom utoku iz Vodovodne ulice	E 339124,66; N 5022812,56
	Postaja na toku potoka Školjić	E 339139,06; N 5023060,06
RJEČINA	Postaja kod Mosta Kontinental (Most Rječina)	E 339179,06; N 5022797,56

Tablica 1.2. Popis mjernih postaja sedimenta.

<i>Mjerne postaje uzorkovanja sedimenta</i>	
MRTVI KANAL	Postaja kod Mosta Fiumara
	Postaja kod Mosta branitelja
	Postaja kod Mosta kod kazališta
	Postaja kod Mosta Kontinental (Most Rječina)



Tablica 1.3. Pokazatelji i učestalost godišnjeg uzorkovanja po mjernoj postaji.

Skupina pokazatelja	Pokazatelj	Broj uzoraka (voda)	Broj uzorka (sediment)
FIZIKALNO-KEMIJSKI	Protok	12	
	Boja	12	
	Miris	12	
	Prozirnost	12	
	Temperatura	12	
	pH	12	
	Električna vodljivost	12	
	Alkalitet, m,p vrijednost	12	
	Tvrdoća ukupna	12	
	Ukupne suspendirane tvari	12	
	Salinitet	12	
	Klorofil a	12	
REŽIM KISIKA	Otopljeni kisik	12	
	Zasićenje kisikom	12	
	KPK <sub>K<sub>mn</sub>O<sub>4</sub></sub>	12	
	BPK <sub>5</sub>	12	
HRANJIVE TVARI	TOC	12	4
	Amonij	12	
	Nitriti	12	
	Nitrati	12	4
	Ukupni dušik	12	
	o-fosfati otopljeni	12	4
	Ukupni fosfor	12	
IONI	Sulfati	12	
	Kloridi	12	
	Fluoridi	12	
	Natrij	12	
	Kalij	12	
	Kalcij	12	
	Magnezij	12	
	Karbonati	12	
	Bikarbonati	12	
MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	Broj koliformnih bakterija	12	
	Fekalni koliformi	12	
	Fekalni streptokoki	12	
	<i>Escherichia coli</i>	12	
	Broj aerobnih bakterija	12	

MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI	<i>Clostridium perfringens</i>	12	
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	12	
METALI (u vodi otopljeni, u sedimentu ukupni)	Kadmij	12	4
	Nikal	12	4
	Olovo	12	4
	Živa	12	4
	Bakar	12	4
	Cink	12	4
	Krom	12	4
	Željezo	12	4
	Mangan	12	4
LAKOHLAPLJIVI HALOGENIRANI UGLJIKOVODICI	Triklormetan (kloroform)	12	
	1,1,1 trikloretan	12	
	Tetraklorugljik	12	
	Trikloretilen	12	
	Tetrakloretilen	12	
	1,2 dikloretan	12	
	Diklormetan	12	
	Heksaklorbutadien	12	
AROMATSKI UGLJIKOVODICI	Toluen	12	
	Benzen	12	
	Ksilen (svi izomeri)	12	
	Triklorbenzeni (svi izomeri)	12	
POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODICI	Naftalen	12	4
	Fluoranten	12	4
	Benzo(b)fluoranten	12	4
	Benzo(k)fluoranten	12	4
	Benzo(a)piren	12	4
	Benzo(g,h,i)perilen	12	4
	Indeno(1,2,3-cd)piren	12	4
	Antracen	12	4
MINERALNA ULJA	Mineralna ulja	12	
UKUPNI FENOLI	Fenoli ukupno	12	
POLIKLORIRANI BIFENILI	PCB	12	4
ANIONI DETERGENTI	Detergenti anionski	12	

## 1.2. 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. 1127/08 od 08.12.2015 Akreditirane metode označene su (\*).

Tablica 1.4. Analitičke metode ispitivanja s granicama detekcije i kvantifikacije.

Pokazatelji	Mjerna jedinica	Metoda	Granica detekcije	Granica kvantifikacije
<b>FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI</b>				
Temperatura voda		SM 22 <sup>nd</sup> 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
Suspendirana tvar	mg/L	HRN ISO 872:2008 en*	0.5	2
Alkalitet	mgCaCO <sub>3</sub> /L	HRN EN ISO 9963-1:1998 en*		
Tvrdoća	mgCaCO <sub>3</sub> /L	HRN EN ISO 14911:2001		
<b>REŽIM KISIKA</b>				
Otopljeni kisik	mgO <sub>2</sub> /L	HRN EN 25813:2003*	0.03	0.09
Zasićenje kisikom	%			
BPK <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	HRN EN 1899-2:2004 en*	0.03	0.09
KPK - permanganat	mgO <sub>2</sub> /L	HRN EN ISO 8467:2001 en*	0.1	0.25
<b>HRANJIVE TVARI</b>				
Amonij	mgN/L	HRN ISO 7150-1:1998 en*	0.001	0.003
Nitriti	mgN/L	HRN EN 26777:1998en*	0.001	0.003
Nitrati	mgN/L	HRN EN ISO 10304-1: 2009*	0.05	0.2
Ukupni dušik	mgN/L	HRN EN 12260:2008 en*	0.01	0.05
Fosfati	mgP/L	HRN EN ISO 6878:2008 en*	0.001	0.003
Ukupni fosfor	mgP/L	HRN EN ISO 6878:2008 en*	0.002	0.005
<b>MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI</b>				
Koliformne bakterije	N/100 ml	HRN EN ISO 9308-1:2000*		
Fekalni koliformi	N/100 ml	Standard methods 22 <sup>nd</sup> ed. 2012,APHA,9222D*		
Fekalni streptokoki	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;MF*		
<i>Clostridium perfringens</i>	N/100 ml	metoda membranske filtracije, 98/83/EC*		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	N/100 ml	HRN EN ISO 16266:2008*		

<i>Staphylococcus aureus</i>	N/100 ml	HRN EN ISO 6888:2004*		
<b>METALI ( ukupni + otopljeni)</b>				
Bakar	µgCu/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.1	0.3
Cink	µgZn/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.7	2.0
Kadmij	µgCd/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.007	0.02
Krom	µgCr/L	HRN EN 1233:1998 en*	0.003	0.1
Nikal	µgNi/L	HRN ISO 15586:2008 en*	0.6	2.0
Olovo	µgPb/L	HRN ISO 15586:2008 en*	0.04	0.12
Željezo	µgFe/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.1	0.3
Mangan	µgMn/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.05	0.15
Živa	µgHg/L	HRN ISO 17294-2:2008 en*	0.005	0.015
<b>ORGANSKI SPOJEVI</b>				
Mineralna ulja**	mg/L	HRN EN ISO 9377-2:2002* HRN ISO 11423-1,2:2002*	0.4	0.002
Fenoli ukupno	µg/L	HRN ISO 6439*	0.7	2.0
Detergenti anionski	mg/L	HRN EN 903:2002 en*	0.01	0.05
PCB	µg/L	HRN EN 12393:2008*	0.0005	0.002
<b>Lakohlapivi halogenirani ugljikovodici</b>				
Kloroform	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002*	0.3	1.0
1,1,1-trikloreten	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002*	0.015	0.1
Tetraklorugljik	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002*	0.008	0.1
Trikloretilen	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002*	0.018	0.1
Tetrakloretilen	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002*	0.016	0.1
1,2,-dikloreten	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002	0.24	0.75
Diklormetan	µg/L	HRN EN ISO 10301:2002	0.14	0.75
Heksaklorbutadien	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.009	0.040
<b>Aromatski ugljikovodici</b>				
Toluene	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.3	2.0
Benzene	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.4	2.0
Ksilen	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.3	1.0
1,2,3-triklorbenzen	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.015	0.04
1,2,4-triklorbenzen	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.015	0.04
1,3,5-triklorbenzen	µg/L	HRN ISO 11423-1:2002 *	0.015	0.04
<b>Policiklički aromatski ugljikovodici</b>				
Naftalen	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.004	0.001
Fluoranten	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0012	0.004
Benzo(b) fluoranten	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0008	0.002
Benzo(k) fluoranten	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0002	0.001

Benzo(a)piren	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0003	0.0006
Benzo(g,h,i)perilen	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0001	0.0003
Indeno(1,2,3-cd)piren	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0001	0.0003
Antracen	µg/L	Modificirana HRN EN ISO 17993:2003*	0.0005	0.002
<b>OSTALI POKAZATELJI</b>				
Natrij	mgNa/L	HRN EN ISO 14911:2001*	0.1	0.5
Kalij	mgK/L	HRN EN ISO 14911:2001*	0.03	0.15
Kalcij	mg/L	HRN EN ISO 14911:2001*	0.1	0.5
Magnezij	mg/L	HRN EN ISO 14911:2001*	0.08	0.25
Sulfati	mg/L	HRN EN ISO 10304-1:2009*	0.1	0.4
Kloridi	mg/L	HRN EN ISO 10304-1:2009*	0.1	0.4
TOC	mg/L	HRN EN 1484:2002 en*	0.1	0.5
Klorofil a	µg/L	EPA 445.0	0.04	0.1
<b>ANALIZA SEDIMENTA</b>				
Pb	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 15586:2008*	0,0545	0,165
Cd	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 15586:2008*	0,0025	0,0075
Hg	mg/kg s.t.	AAS AMA 254, 2002*	0,0002	0,0006
Mn	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 15586:2008*	0,058	0,174
Cu	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 8288:1998*	1,0	3
Zn	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 8288:1998*	1,25	3,75
Ni	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 15586:2008*	0,073	0,219
Cr	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 15586:2008*	0,038	0,114
Fe	mg/kg s.t.	HRN EN ISO 8288:1998*	6,25	18,8
PAU	µg/kg s.t.	LC Varian application Note Number; A. Alebić Juretić, Marine Pollut Bull (2011) 863-869*	0,1	1
PCB	mg/kg s.t.	HR EN ISO 6468:2002*	0,0002	0,001
Ukupni N	%	HR EN ISO 1871:2013		
Ukupni P	%	Vlastita metoda P 5.4/52-240		
TOC	%	Prema uputama proizvođača SSM-5000A		0,1%

### 1.3. POPIS INSTRUMENATA NA KOJIMA SE PROVODE ANALIZE

Tablica 1.5. 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
24.	Blok za razaranje sa scrubrom	BUCHI K-424, B-414
25.	Aparat za destilaciju B - 324	BUCHI / 2004.
26.	Blok za razaranje sa scrubrom 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 peč, 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.
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 Metrieci 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.
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

NAPOMENA: U Prilogu 1. su priloženi rezultati svih ispitivanja. Vrijednosti dušikovih i fosforovih spojeva potrebne za kategorizaciju ekološkog stanja dane su u mgN/l i mgP/l. Za potrebe kategorizacije, vrijednosti u mg/l preračunate su u  $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$  i prikazane su tablično u sadržaju ove studije.

## 1.4. KALENDAR UZORKOVANJA

Programom ispitivanja predviđena je učestalost mjerenja kakvoće vode 12 puta godišnje, dok je sediment uzorkovan 4 puta godišnje. Kalendar uzorkovanja prikazan je u tablici 1.6.

Tablica 1.6. Kalendar uzorkovanja uzoraka vode.

DATUM	MJESTO UZORKOVANJA
<b>31.03.2015</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Most Rječina Kontinental
<b>22.04.2015</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Most Rječina Kontinental
<b>14.05.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Most Rječina Kontinental
<b>08.06.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>08.07.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>25.08.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>22.09.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>21.10.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>11.11.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>26.11.2015.</b>	Potok Školjić
<b>10.12.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>22.12.2015.</b>	Potok Školjić
<b>14.01.2016</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
<b>28.01.2016.</b>	Potok Školjić

<b>16.02.2016.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Potok Lešnjak, Potok iz Vodovodne ulice, Potok Školjić, Most Rječina Kontinental
--------------------	---

Tablica 1.7. Kalendar uzorkovanja uzoraka sedimenta.

DATUM	MJESTO UZORKOVANJA
<b>08.06.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Most Rječina Kontinental
<b>22.09.2015</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Most Rječina Kontinental
<b>30.11.2015.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Most Rječina Kontinental
<b>16.02.2016.</b>	Most Fiumara, Most Branitelja, Most kod kazališta, Most Rječina Kontinental

## 2 OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA

## 2.1. HIDROGRAFSKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE SLIVA RJEČINE

Iako na današnjem području grada Rijeke postoje brojni izvori i kraći vodotoci, od kojih su neki već od najstarijih vremena imali važnu ulogu u životu grada, glavni je riječki vodotok ipak Rječina (Slika 2.1.) (Stražičić, 1999.). Izrazito je bujičnih značajki što potvrđuju oscilacije protoka tijekom godine, velika produkcija i pronos nanosa te geometrija prirodnog korita. Kanjoni u stijeni i klizišta u flišu također su karakteristike tog vodotoka te su naročito izraženi u srednjem dijelu kod mjesta Grohovo i Valići. Upravo zbog navedenih značajki periodično su se događale poplave koje su uzrokovale značajne štete duž korita, posebno u njenom donjem toku.



Slika 2.1. Vodotok Rječina (<http://geoportal.dgu.hr/>).

Izvor Rječine (Slika 2.2.) nalazi se oko 2,5 km sjeverno od naselja Kukuljani na području općine Jelenje, na visini od 325 m n.m., dok se ušće u more nalazi u samom centru Rijeke, na lokaciji Brajdica – Delta, te se stoljećima koristilo kao pristanište za brodove. Ukupna duljina vodotoka od izvorišta do ušća u more iznosi 18,7 km, širina slivnog područja (izravni orografski sliv) varira od 1 do 10 km, ovisno o reljefnim značajkama terena. Ukupna površina izravnog sliva Rječine iznosi 218 km<sup>2</sup> (Holjević, 1999.), međutim zbog krškog karaktera i više razina istjecanja voda vrlo je teško precizno odrediti posredni podzemni sliv koji je prema bilančnim pokazateljima reda veličine gotovo dvostruko veći.



Slika 2.2. Izvor Rječine (<http://www.mariscina.com/>)

Dva su značajnija pritoka vodotoka Rječine, lijevi prtok Sušica u njenom srednjem toku i desni prtok izvor Zvirna početku njenog donjeg toka. Pritok Sušica (Slika 2.3.) drenira vodu s prostranog Grobničkog polja i utječe kod naselja Lukeži, uzvodno od akumulacije Valići. To je izrazito bujični vodotok koji nakon obilnih kiša donosi u Rječinu veliku količinu vode, ali najvećim djelom godine korito Sušice je posve suho. Izvor Zvir nalazi se pred samim ušćem na visini od oko 3 metra nad morem te predstavlja tipično voklinško vrelo, koje izbija iz dubine podno gotovo okomite stjenovite padine brda Sveta Katarina. Unatoč izdašnosti samoga Izvora Rječine, korito Rječine uzvodno od Zvira veći dio godine presušuje dok je tok Rječine nizvodno od Zvira cijele godine stalan. Razlog tome je HE Rijeka, čiji je zahvat vode u akumulacijskom bazenu Valići, a ispusit vode iz strojarne HE Rijeka neposredno nizvodno od preljeva izvora Zvir.

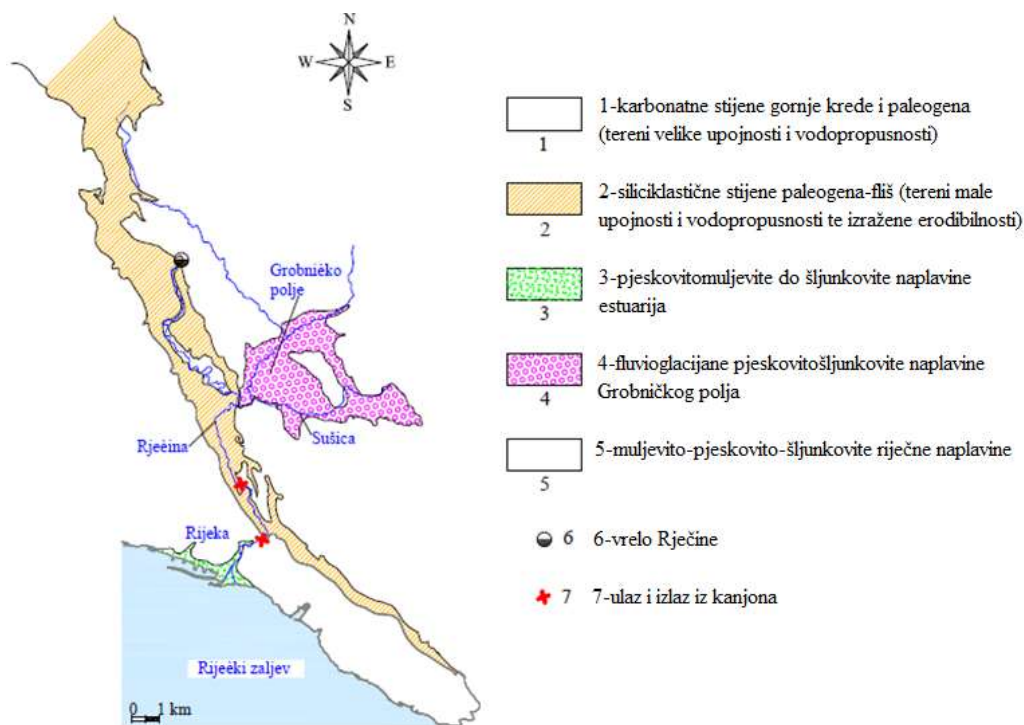


Slika 2.3. Pritok Sušica – korito nakon obilnih kiša (lijevo) i posve suho korito (desno) (Stražičić, 1999.)

Geološku građu čine uglavnom dolomiti i vapnenci nastali u periodu jure, krede i eocena, samo uski pojas u zapadnom dijelu slijeva pripada tercijaru. Kinematika strukturnih elemenata doline Rječine kao i cijele spomenute morfostrukturne jedinice svodi se na odnos relativno krutih



karbonatnih stijena i relativno duktilnih siliciklastičnih stijena tijekom istodobnog deformiranja. Izvor Rječine je smješten podno strme vapnenačke litice na sjeveroistočnom kontaktu siliciklastičnih i karbonatnih stijena (Slika 2.4.). Uzvodni i središnji dio riječne doline, do ulaza u kanjon kod naselja Pašac, oblikovani su u relativno uskoj zoni paleogenskih siliciklastičnih stijena, a koja se sužava prema jugoistoku. Ta zona je s jugozapadne i sjeveroistočne strane uokvirena vapnenačkim stijenama paleogena i gornje krede (Vivoda i sur., 2012).



Slika 2.4. Pregledna geološka karta sliva Rječine (Vivoda i sur., 2012.).

Dionica korita nizvodno od Grobničkog polja je formirana nakon proboja barijere na akumulaciji ledenjačkog tipa na prostoru današnjeg Grobničkog polja. Naime analize korita u toj zoni pokazuju kanjonski oblik u stijeni kao i izražene pojave klizanja u zoni flišnih materijala (Holjević, 1999.).

Uzdužni pad vodotoka varira od 1,8 % u gornjem dijelu, 3,0 % u srednjem dijelu, do minimalnih 0,36 % u donjem dijelu toka, odnosno naplavnoj ravnici uz ušće. Širina korita je od 9 do 16 metara (Vivoda i sur., 2012). Parametarske metode pokazuju da se ukupna količina producirano nanosa procjenjuje na 10.000 m<sup>3</sup> godišnje od čega se 2.000 m<sup>3</sup> transportira vodnim tokom i taloži na području od Tvornice papira do samog ušća u more. Upravo ta količina nanosa, teoretski može dovesti do nadvišenja korita od 10 cm/god. Protok uvelike varira tijekom godine od 0 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> u profilu neposrednog izvorišta, što se najčešće događa tijekom ljetnih mjeseci pa sve do maksimalnih 439 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> u profilu ušća u more što je zabilježeno tijekom velike poplave 1898. godine (Holjević, 1999.). Prosječna izdašnost izvora je 7,17 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, maksimalna može doseći i 60,1



$\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , ali je česta i pojava potpunog presušivanja. Rječina ima nekoliko periodičnih pritoka bujičnih obilježja od kojih je najznačajnija Sušica, duljine oko 3 km, čiji je prosječni protok  $0,72 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , a maksimalni  $43,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Stoga hidrološke značajke Rječine imaju tipična obilježja krških rijeka jadranskog sliva (Vivoda i sur., 2012.).

Upravo je donos velikih količina nanosa u akvatorij riječke luke koja se počela graditi 1847.g., bio razlog da se priđe i premještanju ušća Rječine s prostora te luke na lokaciju istočno od nje. Godine 1855. dovršeno je premještanje korita donjeg toka Rječine i njezina ušća, a nekadašnja dispozicija ušća je pretvoreno u Mrtvi kanal koji se koristio u povijesti kao privezište brodova (<http://www.muzej-rijeka.hr/rijECKa-luka.asp>).

Za potrebe proizvodnje električne energije HE Rijeka, 1966.godine izgrađena je betonska gravitacijskabrana na srednjem dijelu toka Rječine, između sela Valići i Grohova, koja je pregradila korito i dolinu Rječine i time omogućila formiranje umjetnog akumulacijskog jezera Valići ukupnog volumena  $600.000 \text{ m}^3$  (Slika 2.5.). Iz akumulacije, odnosno dnevnog bazena za izravnavanje rada HE Rijeka, na nadmorskoj visini od nešto iznad 200 metara nad morem, dio vode odlazi hidrotehničkim tunelom, dugim oko četiri kilometra, i pada na turbine u podzemnoj strojarnici koje se nalaze na koti od svega nekoliko metara nad morem. Nakon izgradnje akumulacije bitno je izmijenjen hidrološki režim u nizvodnom dijelu toka. Srednji godišnji protok na postaji Grohovo, lociranoj neposredno nizvodno od brane Valići, prije izgradnje akumulacije iznosio je  $9,12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , a danas iznosi prosječno svega  $1,66 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Stoga je kanjonski dio korita Rječine, u kojem se nalaze ostatci mlinova, stupa, stupica i pilana, najveći dio godine potpuno suh. U svom donjem toku, na naplavnoj ravnici između izlaza iz kanjona i ušća, kroz korito Rječine stalno teče voda koja izlazi dijelom iz odvodnog kanala HE Rijeka (maksimalne propusnosti do  $21 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ) i izvora Zvir (prosječna preljevna protoka za  $1,24 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ) (Rubinić i Sarić, 2005.).



Slika 2.5. Pogled sa Velog vrha na branu i akumulacijsko jezero Valići (Stražičić, 1999.).

## 2.2. POVIJESNE ZNAČAJKE

Rječina, u povijesti zvana i Eneo, Oeneus, Tarsia, Flumen, Pflaum, Fiumara te Reka, ima prvorazrednu važnost u životu grada Rijeke od njegova nastanka do danas, iako se njezina uloga s vremenom bitno mijenjala. Od početka je ušće Rječine služilo kao gradska luka, a s vremenom su na njezinim obalama izgrađeni brojni mlinovi i stupe za sukno, a potom i tvornice (tvornica papira, kože, lijevanog željeza, tjestenine, leda, ulja, vina). U novije doba Rječina je dobila ključnu ulogu u vodoopskrbi grada, kao i izvor elektroenergije. Upravo zbog svih navedenih razloga, suživot grada i rijeke predstavlja stoljetnu konstantu.

Prednosti geografskog položaja i prirodno-geografski uvjeti bili su, uz obilje izvora pitke vode, presudni čimbenici za smještaj i rast grada na ušću Rječine, kao i formiranje brojnih manjih naselja uz njezine obale, sve do izvora. Nakon pojave prvih pretpovijesnih naselja, slijedeća veća urbanizacija naselja na današnjem gradskom tlu javlja se u rimskom razdoblju, kada se na sjecištu rimskih cesta iz vojničkog kastruma razvija municipij Tarsatica. U to vrijeme ušće Rječine bilo je duboko usječeno u kopno, a antički se grad formirao na poluotoku, dok se između grada i ušća smjestila sigurna i lako branjena luka, te naplavno zemljište koje je osiguralo egzistenciju brojnim naraštajima sve do danas. U nedostatku bilo kakvih nalaza, razdoblje ranog srednjeg vijeka teško je rekonstruirati. Kada točno, kako i zašto je propala Tarsatika, do danas nije pouzdano poznato. Isto tako nije poznato niti točno doba osnutka novog grada – Rijeke sv. Vida, koji nastaje na temeljima antičkog grada, a koji osnivaju Hrvati, zajedno sa slaveniziranim autohtonim liburnijskim i romaniziranim stanovništvom. Do 13. stoljeća o gradu i okolici nema nikakvih podataka (Holjević, 1999.).

Prvi mlinovi na Rječini spominju se u povijesnim dokumentima u 14. stoljeću. Međutim, kako se može zaključiti iz zapisa riječkog notara Antonija de Renna, tijekom 15. stoljeća broj je mlinova i stupa na Rječini naglo porastao, a takav trend nastavljen je očito i poslije, pa se tako tijekom 19. stoljeća na obalama Rječine nalazi tridesetak mlinova i čak četrdesetak stupa (Stražičić, 1999.). Proglašenje slobodne plovidbe Jadranom početkom 18. stoljeća i slobodne luke te uvođenje carinskih olakšica dovode do zamaha trgovine i dolaska brojnih doseljenika. Povećani razvoj grada doveo je do postupnog nestajanja zelene oaze između grada i Zvira, a blizina pitke vode nametnula je osnivanje prvih manufaktura i industrijskih pogona. Prvi takav objekt bila je Tvornica kože podignuta uz rukavac Rječine u predjelu Luke, današnjeg Školjića. Zapadnije, uz put prema

mlinovima i Zviru podignuta je klaonica, a potom je uslijedila i tvornica papira nasuprot Zvira koja po kvaliteti papira postaje poznatom diljem svijeta.

Upravo zbog važnosti sadržaja vezanih za donji dio toka Rječine, pojava velikih voda Rječine kroz povijest uzrokovala je znatne štete. Nakon katastrofalne poplave Rječine 1852. godine koja je donijela ogromnu materijalnu štetu, odlučeno je da će se ušće Rječine od Školjića skrenuti prema istoku i tako odmaknuti od grada. Uz veliko ulaganje 1854. i 1855. godine iskopano je novo korito Rječine s novim ušćem, dok je staro ušće ostalo odvojeno od toka Rječine i postalo Mrtvi kanal (Slika 2.6.). Novo korito vodilo je Rječinu direktno u more, dok je u starom preostala samo cirkulacija morske vode pod utjecajem plime i oseke te dotok voda više kanaliziranih izvora sa desne obale Rječine. Trokutasti prostor između Mrtvog kanala i novog korita Rječine dobiva naziv Delta, prema istoimenom slovu grčkog alfabeta. Prostor Delte se od 1854. godine počeo zatrpavati te je 1884. godine njegova površina iznosila 26.684 m<sup>2</sup>, a 1921. godine čak 140.000 m<sup>2</sup>. Uz nasipavanje Delte produžavalo se novo korito Rječine, a stari naziv franjevačke Brajde sačuvao se u imenu Brajdica (Stražičić, 1999.).



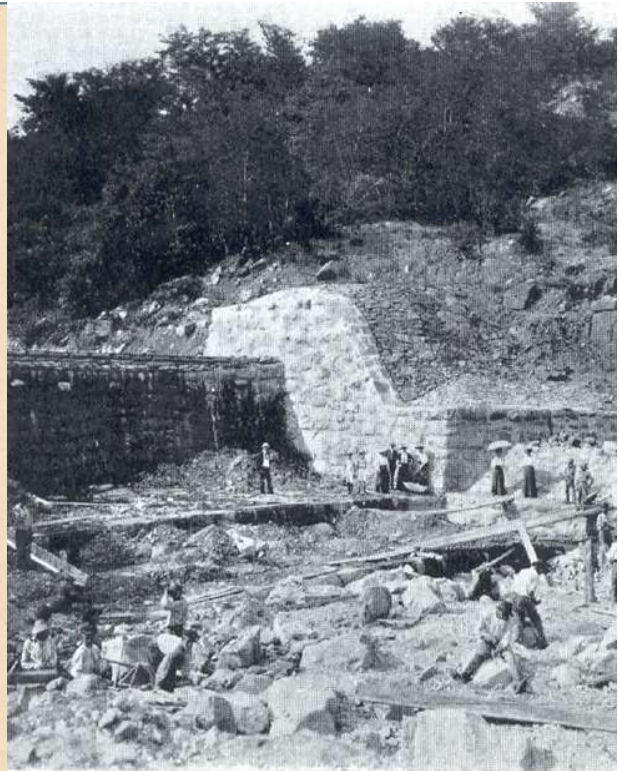
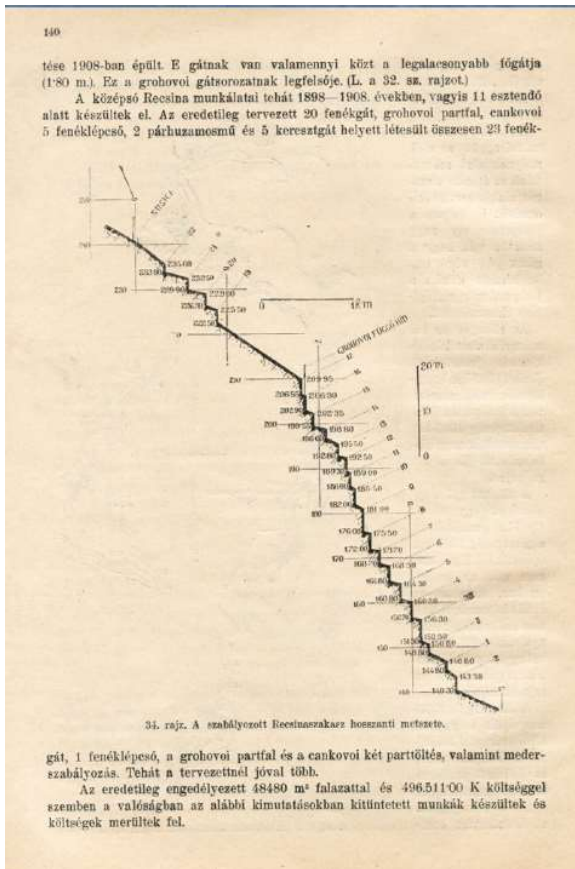
Slika 2.6. Današnji izgled Rječine, Delte i Mrtvog kanala (Stražičić, 1999.).

Staro ušće Rječine, koje je od najstarijih vremena imalo funkciju gradske luke, bilo je stalno izloženo zatrpavanju riječnim nanosima, pogotovo u vrijeme visokih voda, što je stvaralo teškoće

brodovima koji su tu pristajali. Nakon skretanja riječnog ušća „Mrtvi kanal“ je očišćen i tako osposobljen za prihvat i većih jedrenjaka, a obale su mu uredno obzidane i na njima postavljene velike kamene bitve (Stražičić, 1999.).

No prokopom Mrtvog kanala nažalost nisu zaustavljene velike štete na vodotoku Rječine. Nakon mnogobrojnih poplava i klizanja, katastrofalno veliko klizanje dogodilo se 1893. godine kada je na lijevoj strani obale, nasuprot selu Grohovo, veliki dio sjeveroistočne padine kliznuo u Rječinu te pomaknuo njeno korito na jug za oko 50 m. Tada je proglašena elementarna nepogoda i intervencija državno-upravnih službi te je ministar poljoprivrede naredio očevid i geološki pregled terena, a istodobno je učinjena i fotodokumentacija postojećeg stanja i nastalih šteta. Istraživanja je izvršio geolog dr. Szontag Tamas te je utvrđeno da zbog bujičnog karaktera vodotoka dolazi do pronosa erodiranog nanosa prema donjim dionicama i njegovog taloženja na dionicama toka s manjim padom i brzinama. Iz tog razloga najveće štete od nanosa nastaju na donjoj riječnoj dionici koja prolazi kroz grad Rijeku. Uslijed nefunkcionalno smještenih mlinova kao i druge neodgovarajuće izgradnje mjestimično je širina rijeke bila krajnje sužena. Stanje je još dodatno pogoršavao blagi uzdužni pad od samo 2-3‰, kao i nisko sagrađeni mostovi. Zbog svega navedenoga, u vrlo kratkom vremenu, Mađarski kulturno-inženjerski ured I. okruga izrađuje projekt regulacije srednjeg toka Rječine (Slika 2.7.). Zbog birokratskih razloga radovi na realizaciji započeli su tek 13. kolovoza 1898., no ponovna pojavasnažnog vodnog vala nanijela je velike štete i potpuno poremetio tijek izvođenja radova. Nakon tog događaja konačno je potvrđena ispravnost pretpostavki o potrebi projektiranja cjelovitog regulacijskog zahvata te su projekti revidirani i nadopunjeni, pa su radovi ponovno započeti u proljeće 1899., a završeni 1908. godine.





42. kép. A 3. és III. sz. gát.

Slika 2.7. Mađarski projekt regulacije srednjeg toka Rječine (Palinić, 1999.).

Planom je bilo predviđeno, u uzvodnom dijelu sliva kao i na pritoku Sušica, izvesti regulaciju korita ublažavanjem uzdužnog pada kako bi se smanjile količine vučenog nanosa koji se transportirao u korito Rječine te urediti vodotoke na okolnim padinama i izvršiti pošumljavanje padina oblikovanih u siliciklastičnim stijenama radi smanjenja erozije. Osnovni cilj bio je ublažavanje uzdužnog nagiba korita Rječine na onaj prihvatljivi od 5% jer se promatranjem uočilo da kod većeg nagiba voda uzrokuje podlokavanje dna i obala. Zbog toga su izgrađene 23 pregrade, odnosno vodne stube od betona u kamenoj oplati, jedna kaskada, obložena je kamenom cijela obala od Grohova do Čankova, te su izvedeni brojni drugi prijeko potrebni radovi. Visine pregrada variraju od 0,70 do 2,40 metara, a visine kaskada od 0,40 do 0,60 metara i većinom imaju polulučni tlocrt (Vivoda i sur., 2012). Na dionici iznad Pašca dolina Rječine je proširena i kako bi se vodotok ustalio, izgrađeni su obalni zidovi na obje strane obale dužine 360 metara, odnosno ukupne dužine 730 metara.

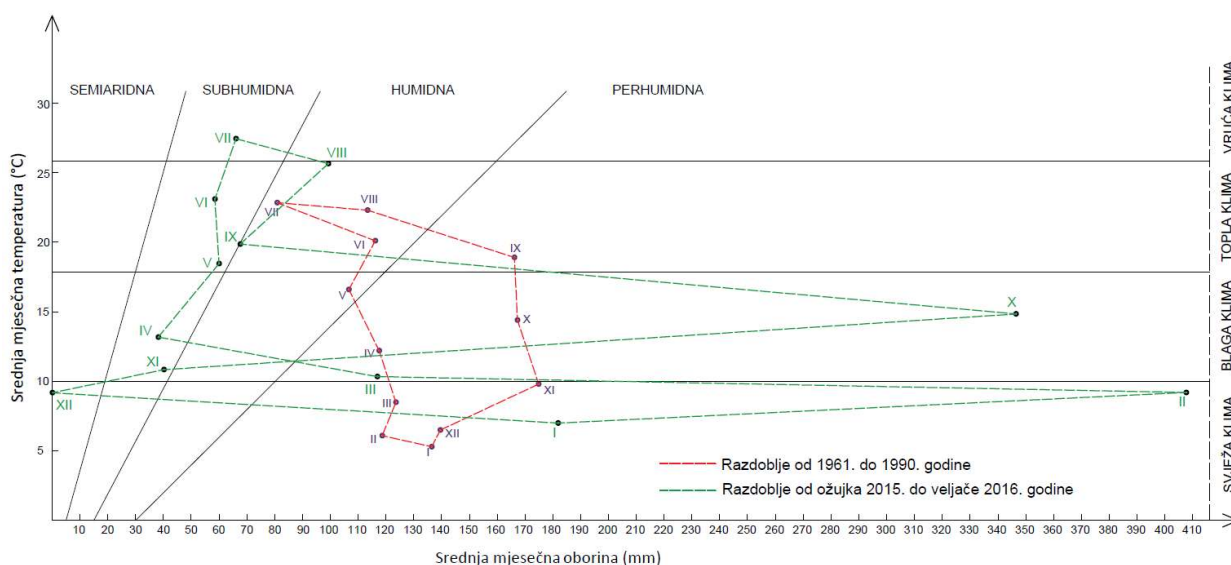
Tijekom ukupno 11 godina izvođenja radova javljali su se brojni problemi i poteškoće, uglavnom zbog nedostatka podataka o geološkim značajkama, kao i zbog dopreme materijala za građenje na nepristupačne lokacije. U tom razdoblju građenja poplave su u više navrataometale izvođenje, ali i uništile građevine koje su morale biti potpuno uklonjene i ponovno izvedene. Zbog toga seizvođaču

radova ostavljala sloboda u oblikovanju detaljana hidrotehničkim konstrukcijama. Prvotna projektnarješenja često su korigirana tako da se izvedene građevine značajno razlikuju od početno planiranih (Vivoda i sur., 2012). No, nakon opisanog uređenja korita Rječine, u središtu Rijeke više nisu zabilježene poplave prouzročene izlivanjem Rječine iz svog korita.

## 2.3. KLIMATSKE ZNAČAJKE

Područje donjeg dijela sliva Rječine na kome je smješten Mrtvi kanal karakterizira dodir mediteranske i submediteranske klime, ljeta su topla sa prosječnom dnevnom temperaturom od 23,3°C, a zime blage sa prosječnom temperaturom od 5,6 °C.

Klimatološke značajke razmatrane su na razini osnovnih značajki zabilježenih vremenskih serija – mjesečnih i godišnjih podataka o temperaturama zraka i količinama palih oborina. Na osnovu zabilježenih mjesečnih podataka o temperaturama i oborinamaslijedi prikaz Fosterovog dijagrama za klimatološkupostaju Rijeka (Slika 2.8.) za referentno tridesetogodišnje klimatološko razdoblje (1961.-1990.), kao i razdoblje istraživanjačiji su rezultati sadržani u danom dokumentu, a provodila su se odožujka 2015.doveljače 2016. godine. Iz navedenog prikaza može se zaključiti kako kroz mjesecelipanj, srpanj, kolovoz i rujan Rijeci prevladava topla klima, dok je ostatak godine blaga, a u zimskim mjesecima svježaklima. Može se zaključiti i da je razdoblje od ožujka 2015.do veljače 2016. godine karakterizirano naglašenije toplijim svim mjesecima toga razdoblja, vodnijim samosiječnjem, listopadom i nadasve veljačom 2016., te neuobičajeno sušnim prosincem 2015. kada je na postaji Rijeka registrirano svega 0,1 mm oborina (MS Grohovo svega 0,4 mm).



Slika 2.8. Fosterov dijagramza grad Rijeku za razdoblje od 1961. do 1990. godine i razdobljeod ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Osnovni statistički pokazatelji mjesečnih i godišnjih količina oborina i srednjih mjesečnih temperatura na klimatološkoj postaji Rijeka u razdoblju od 1961. do 1990. i 1991. do 2015. godine prikazani su Tablicama 2.1. i 2.2.



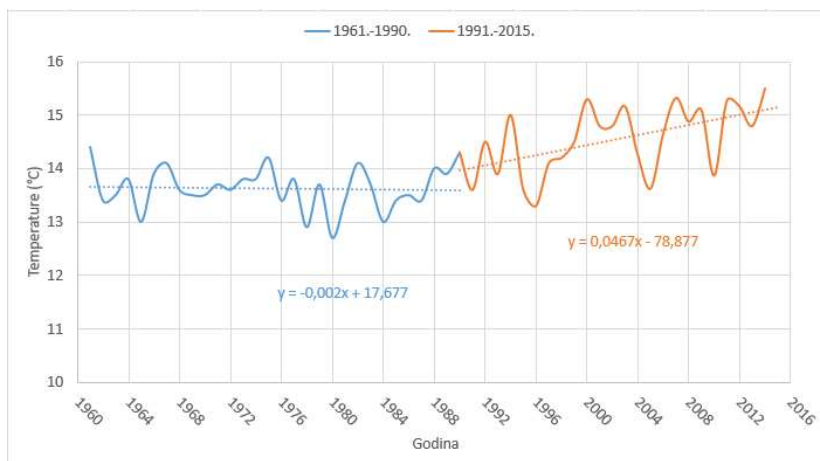
Tablica 2.1. Postaja Rijeka – karakteristične mjesečne i godišnje količine oborina (mm) u razdoblju od 1961.-1990. i 1991.-2015. godine.

Stat. obrada podataka / mjesec	Mjesečna količina oborina (mm) - Rijeka (1961.-1990.)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	136,5	118,7	123,6	117,6	106,7	116,2	80,9	113,4	166,2	167,3	174,9	139,6	1561,4
St.dev	100,2	75,9	67,3	50,2	54,7	55,8	40,8	68,2	107,1	122,5	82,3	89,6	228,9
Cv	0,73	0,64	0,54	0,43	0,51	0,48	0,50	0,60	0,64	0,73	0,47	0,64	0,15
Max	0,5	3,6	0,4	10,5	13,1	22,5	25,2	12,4	10,9	0,0	13,4	32,7	1075,8
Min	447,8	326,3	267,8	248,3	217,9	230,1	180,8	351,2	401,6	460,9	329,1	455,5	1973,4
Stat. obrada podataka / mjesec	Mjesečna količina oborina (mm) - Rijeka (1991.-2015.)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	129,0	114,7	112,3	104,6	105,2	90,3	63,4	92,7	183,3	206,8	197,2	169,2	1568,6
St.dev	85,8	84,7	93,6	58,6	73,6	45,8	40,4	68,6	118,1	127,5	108,5	105,0	315,6
Cv	0,67	0,74	0,83	0,56	0,70	0,51	0,64	0,74	0,64	0,62	0,55	0,62	0,20
Max	1,4	2,7	0,7	0,6	1,8	19,3	2,0	1,4	44,3	50,6	18,7	0,1	1020,9
Min	332,5	347,1	387,7	232,1	275,7	187,1	149,9	296,0	458,5	526,7	482,6	415,2	2114,9

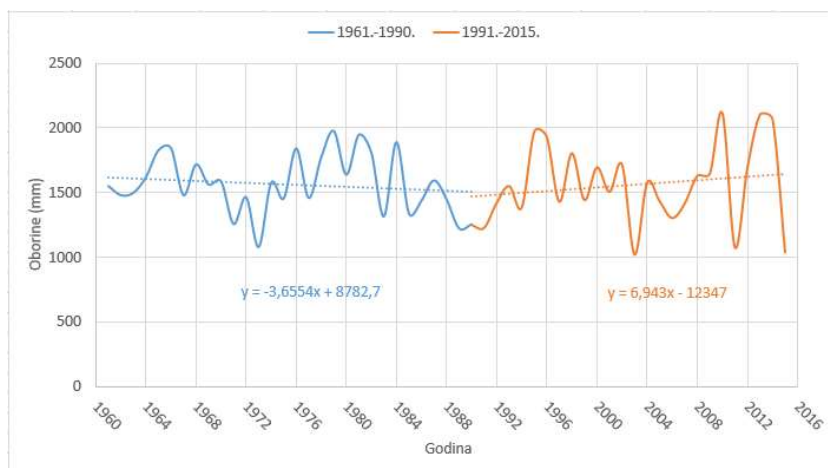
Tablica 2.2. Postaja Rijeka – karakteristične srednje mjesečne i godišnje temperature zraka (°C) u razdoblju od 1961.-1990. i 1991.-2015. godine.

Stat. obrada podataka / mjesec	Srednja mjesečna temperatura zraka (°C) - Rijeka (1961.-1990.)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	5,3	6,1	8,5	12,2	16,6	20,1	22,8	22,3	18,9	14,4	9,8	6,5	13,6
St.dev	1,8	2,0	1,8	1,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4	1,1	0,4
Cv	0,34	0,33	0,21	0,09	0,08	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,14	0,17	0,03
Max	1,1	2,0	4,5	9,9	13,8	18,3	21,0	19,3	16,0	10,1	6,9	3,9	12,7
Min	8,4	9,6	11,8	15,0	19,2	23,0	25,0	25,0	21,9	16,7	13,4	8,6	14,4
Stat. obrada podataka / mjesec	Srednja mjesečna temperatura zraka (°C) - Rijeka (1991.-2015.)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	6,1	6,3	9,4	13,1	17,8	21,8	24,4	24,3	19,2	14,8	10,7	7,1	14,5
St.dev	1,5	1,9	1,7	1,5	1,5	1,3	1,5	1,7	1,6	1,3	1,5	1,4	0,6
Cv	0,24	0,30	0,18	0,11	0,09	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,14	0,20	0,04
Max	3,7	2,2	6,6	9,6	13,5	19,1	21,9	21,0	15,7	12,7	7,4	4,1	13,3
Min	9,3	9,6	12,5	16,9	20,4	25,7	27,4	27,7	22,9	17,3	13,5	9,2	15,5

Na Slici 2.9.prikazanje hod srednjih godišnjih temperatura zraka na postaji Rijeka za razdoblje od 1961.-1990. i 1991.-2015. Vidljivo je da je tijekom razdoblja 1961.-1990.trend opadanja temperatura od svega 0,2°C/100 god., a tijekom razdoblja 1991.-2015. trend porasta od čak 4,6°C/100 god., što ukazuje na vrlo značajne promjene. Na slici 2.10.prikazan je hod godišnjih količina oborina za istu postaju i isto razdoblje. Vidljivo je da je kao i na prethodnom grafu trend opadanja za razdoblja 1961.-90. (3,7 mm/god.), a trend porasta za razdoblje 1991.-2015. (6,9 mm/god.).

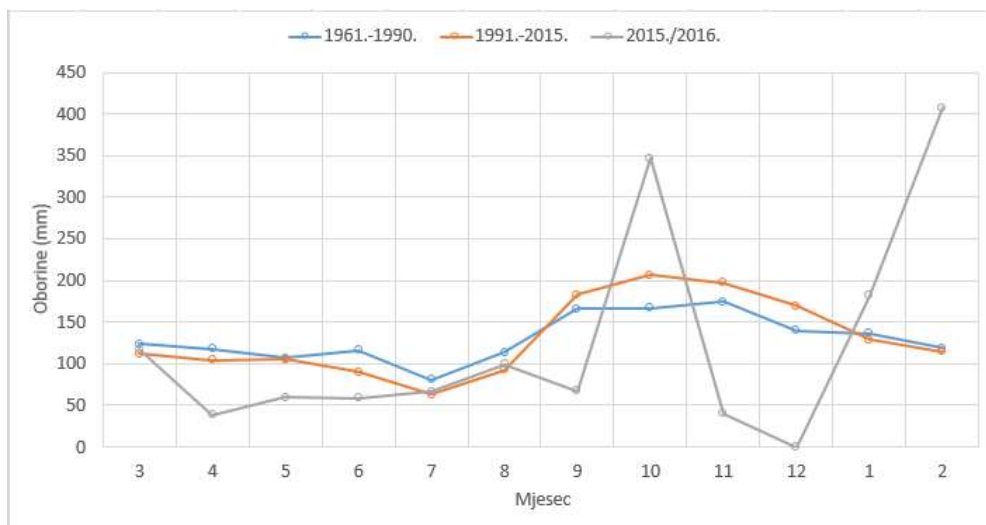


Slika 2.9. Usporedni hod srednjih godišnjih temperatura zraka s postaje Rijeka za razdoblje 1961.-1990. i 1991.-2015.

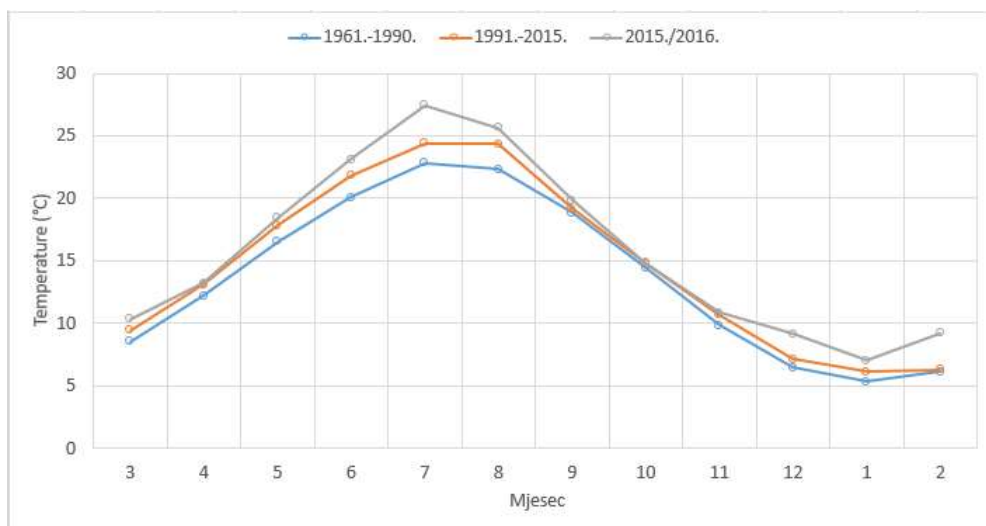


Slika 2.10. Usporedni hod godišnjih količina oborina s postaje Rijeka za razdoblje 1961.-1990. i 1991.-2015.

Što se tiče unutargodišnje raspodjele palih oborina na postaji Rijeka (Slika 2.11.), zamjetno je da postoje naglašenija odstupanja od prosjeka za 2015. godinu, što smo već i vidjeli iz Fosterovog dijagrama na Slici 2.8. To se odnosi na smanjenje količina oborina, posebno tijekom studenog i prosinca. No iz grafa je vidljivo da kod 2015. godine jedino mjesec listopad iskače i to sa puno većom količinom oborina od prosjeka (346,5 mm). Isto tako vidljivo je i da su vrlo vodni bili siječanj i veljača 2016. godine. Ukoliko se promatra unutargodišnja raspodjela temperatura zraka na istoj postaji (Slika 2.12.), vidljivo je da su varijacije mjesečnih i godišnjih temperatura zraka puno manje nego li je to slučaj kod oborina. Općenito se temperature zraka s vremenom povećavaju, pri čemu je razdoblje od 1991.-2015. toplije od prethodnog 30-godišnjeg referentnog razdoblja, a 2015. godina još toplija u odnosu na prosjek tijekom razdoblja 1991.-2015.



Slika 2.11. Unutargodišnja raspodjela palih oborina na postaji Rijeka (1961.-2015.).



Slika 2.12. Unutargodišnja raspodjela srednjih mjesečnih temperatura na postaji Rijeka (1961.-2015.).

## 2.4. PRIKAZ HIDROLOŠKIH ZNAČAJKI NA OSNOVU PODATAKA SA HIDROLOŠKIH POSTAJA

Hidrološka analiza čiji su rezultati sadržani u ovom poglavlju obuhvaća analizu protoka Rječine na aktivnoj postaji DHMZ-a Tvornica papira na Rječini, protoka s postaje Zvir na izvoru Zvir (koja je aktivna ali bez iskazivanja protoka već se prate samo vodostaji), kao podataka o protokama s odavnoukinute postaje Izvor Školjić. Uz njih, analizirani su i podaci o dinamici kolebanja mora na mareografima Rijeka (ukinuta praćenja) i Bakar (aktivna postaja). Prikazane su srednje, maksimalne i minimalne vrijednosti mjesečnih protoka određenog godišnjeg perioda, standardna devijacija te koeficijent varijacije.

### Rječina – Tvornica papira

Zbog dugogodišnjeg prekida motrenja na ključnom hidrološkom profilu u donjem dijelu toka Rječine kod Tvornice papira (uspostavljenom 1949.g.) kao i zbog nepostojanja odgovarajućeg praćenja crpljenih količina vode za potrebe vodoopskrbe, kao i količina vode koje se koriste u energetske svrhe, razdioba vodne bilance Rječine duž toka nije u dovoljnoj mjeri kvantificirana.

Osnovni statistički pokazatelji srednjih mjesečnih i godišnjih protoka na profilu Rječina – Tvornica papira (Slika 2.13.) u razdoblju od 1949. do 2014. godine prikazani su Tablicom 2.3. Uz dani tablični prikaz, na Slici 2.14. da je i graf unutar godišnje raspodjele karakterističnih mjesečnih protoka za razdoblje 1949.-2014. sa prekidima u razdoblju od 1969. do 1998. te od 2003. do 2010. godine i srednjih mjesečnih protoka za 2015. godinu.

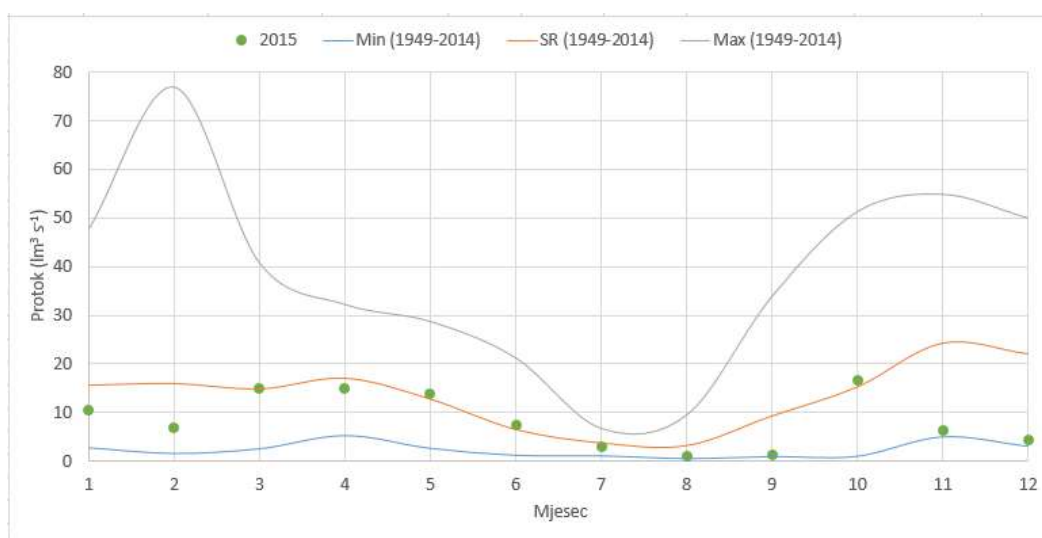




Slika 2.13. Hidrološka postaja Rječina – Tvornica papira.

Tablica 2.3. Postaja Tvornica papira - Rječina – karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti protoka ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) za razdoblje 1949.-2014. sa prekidima.

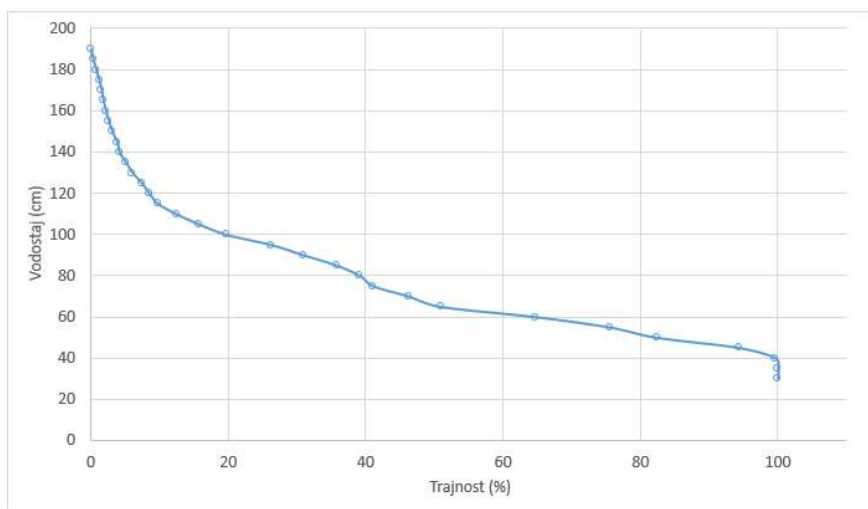
Stat. obrada podataka / mjesec	Protok ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) - Tvornica papira - Rječina												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	15,6	15,9	14,8	17,0	12,7	6,54	3,78	3,23	9,29	15,2	24,2	22,0	13,3
St.dev	11,3	15,7	9,18	6,36	6,81	4,05	1,71	2,14	9,26	12,7	12,5	13,1	3,45
Cv	0,729	0,986	0,619	0,373	0,535	0,619	0,453	0,662	0,996	0,833	0,515	0,598	0,260
Max	47,8	76,9	40,7	32,2	28,7	21,2	6,7	9,4	33,8	51,3	54,9	50,0	21,9
Min	2,79	1,64	2,60	5,29	2,68	1,26	1,14	0,601	0,993	1,06	5,03	3,09	7,48



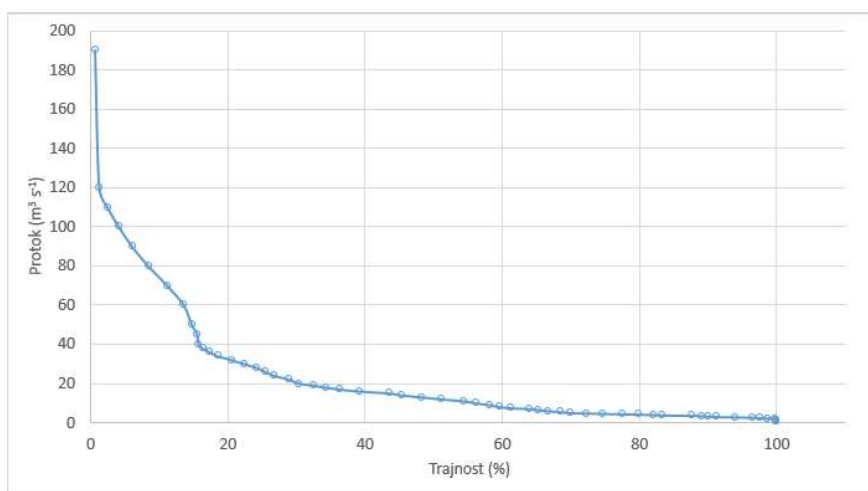
Slika 2.14. Unutar godišnja raspodjela karakterističnih mjesečnih protoka na postaji Tvornica papira - Rječina (Min, SR i Maks) za razdoblje 1949.-2014. (s prekidima) i srednjih mjesečnih protoka za 2015. godinu.

Iz danog je prikaza vidljivo da unutar godišnja raspodjela protoka pokazuje naglašeno ljetno malovodno razdoblje (srpanj i kolovoz), te naglašeno kasno jesensko i zimsko velikovodno razdoblje. Srednja godišnja protoka za period 1949.-2014. sa prekidima iznosi  $13,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  dok za 2015. godinu iznosi  $8,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Iz grafičkog prikaza na Slici 2.14. vidljivo je da su srednji mjesečni protoci u 2015. godini uglavnom isti kao za period 1949.-2014., osim u mjesecu kolovozu, rujnu, studenom i prosincu kada su isti kao minimalni protoci u razdoblju 1949.-2014.

Na osnovu zabilježenih podataka o dnevnim protocima i vodostajima za 2015. godinu moguće je formirati krivulju trajnosti protoka odnosno vodostaja, što je jedna od podloga za ocjenu mogućnosti preusmjeravanja dijela voda Rječine iz njenog toka u Mrtvi kanal. Krivulje trajanja vodostaja i protoka za 2015. godinu prikazane su na Slikama 2.15. i 2.16.



Slika 2.15. Krivulja trajnosti dnevnih vodostaja Rječine (2015. godina).



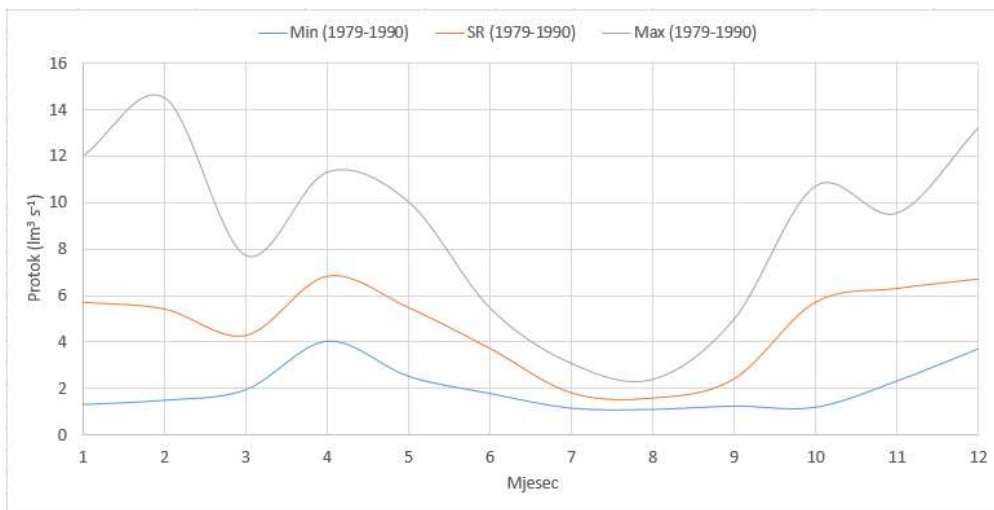
Slika 2.16. Krivulja trajnosti dnevnih protoka Rječine (2015. godina).

### Izvor ZVIR

Osnovni statistički pokazatelji srednjih mjesečnih i godišnjih protoka izvora Zvir u razdoblju od 1979. do 1990. godine prikazani su Tablicom 2.4. Uz dani tablični prikaz, na Slici 2.17. prikazan je i graf unutargodišnje raspodjele karakterističnih mjesečnih protoka za isto razdoblje. Podaci o protocima za razdoblje od svibnja do srpnja 1884. godine dobiveni su korelacijom preko protoka izvora Rječine.

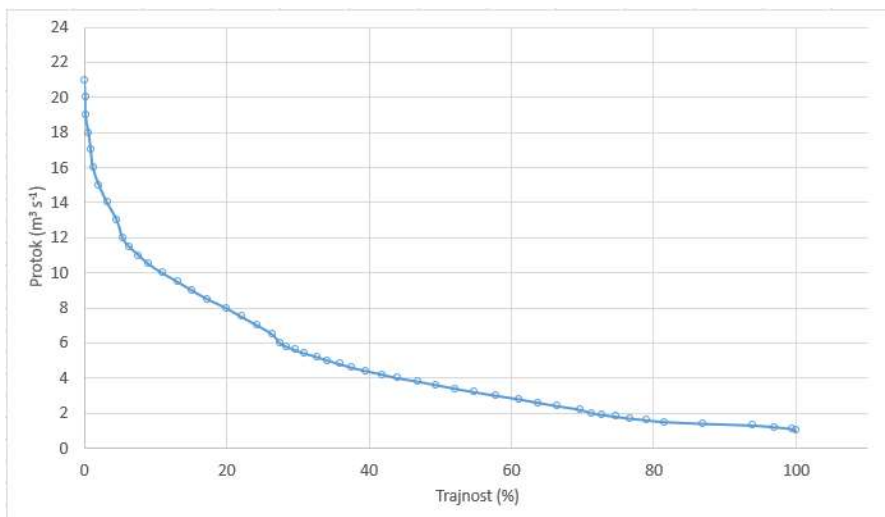
Tablica 2.4. Izvor Zvir – karakteristične mjesečne vrijednosti protoka ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) za razdoblje 1979.-1990.

Stat. obrada podataka / mjesec	Protok ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) - izvor Zvir												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	5,73	5,43	4,29	6,86	5,49	3,72	1,80	1,57	2,41	5,73	6,33	6,73	4,67
St.dev	2,87	3,59	1,78	2,16	1,88	1,21	0,56	0,44	1,29	3,11	2,60	2,38	0,80
Cv	0,501	0,661	0,415	0,314	0,342	0,325	0,313	0,281	0,537	0,542	0,412	0,354	0,171
Max	12	14,5	7,71	11,3	10,01	5,45	3,06	2,37	4,97	10,7	9,53	13,2	6,10
Min	1,33	1,51	1,96	4,03	2,53	1,8	1,17	1,12	1,26	1,21	2,33	3,7	3,79



Slika 2.17. Unutar godišnja raspodjela karakterističnih mjesečnih protoka (Min, SR i Maks) za razdoblje 1979.-1990.

Na osnovu zabilježenih podataka o dnevnim protocima za razdoblje od 1979. do 1990. (bez 1984. god.), formirana je prosječna krivulja trajnosti protoka, koja je prikazana na Slici 2.18.



Slika 2.18. Krivulja trajnosti dnevnih protoka izvora Zvir (1979.-1990. bez 1984. god.).



## Izvor Školjić

Izvor Školjić nalazi se ispod nivoa Vodovodne ulice te prolazi donjim dijelom ulice I. Grohovca i ispod ulice Žrtava fašizma, paralelno sa tokom Lešnjaka. Izvor je kanaliziran i njegove su vode usmjerene prema kanalu Fiumari, odnosno Mrtvom kanalu. Pristup izvoru s uređenim preljevnim pragom i vodokaznom letvom (Slika 2.19.) omogućen je putem kontrolnog šahta. Karakteristični pokazatelji zabilježenih protoka iz razdoblja od 1971. do 1978. godine dani su u Tablici 2.5. Uz dani tablični prikaz, na Slici 2.20. dan je i graf unutargodišnje raspodjele karakterističnih mjesečnih protoka za razdoblje od 1971. do 1978. i registrirani mjesečni protok za razdoblje od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.



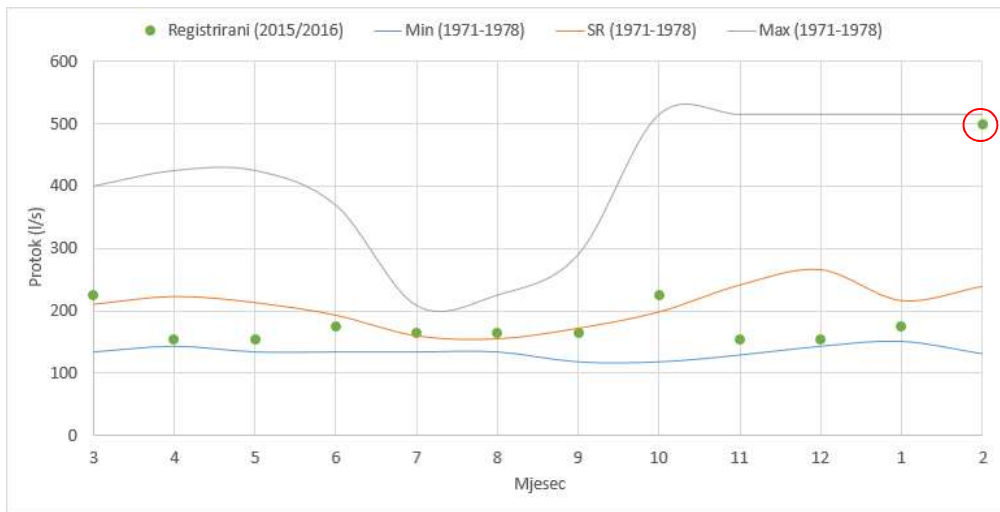
Slika 2.19. Hidrološka postaja izvor Školjić.

Tablica 2.5. Izvor Školjić – karakteristične mjesečne vrijednosti protoka (l/s) za razdoblje 1971.-1978.

Stat. obrada podataka / mjesec	Protok (l/s) - Izvor Školjić												God
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sr	230,6	240,6	218,1	235,6	215,5	186,1	165,8	149,2	177,4	192,8	244,9	262,5	209,9
St.dev	83,6	72,5	57,4	68,9	57,2	58,0	23,1	20,3	35,8	67,5	49,3	75,7	24,3
Cv	0,363	0,301	0,263	0,293	0,265	0,311	0,139	0,136	0,202	0,350	0,201	0,289	0,116
Max	349	349	334	348	312,5	328	217,5	180	237,7	361,5	338	416,8	262,4
Min	165,5	153,5	143,5	173,5	148	132,5	143,5	106	137,5	143,5	169	184,5	186,1

Protoci postaje Školjić, za razdoblje od ožujka 2015. do veljače 2016. godine, dobiveni su preko očitanih vodostaja u trenutnu uzrokovanja i rezultirajuće konsumpcijske krivulje iz razdoblja provedbe motrenja (Vodoprivreda Rijeka, 1987.), koja se nije mijenjala iz razloga što je geometrija

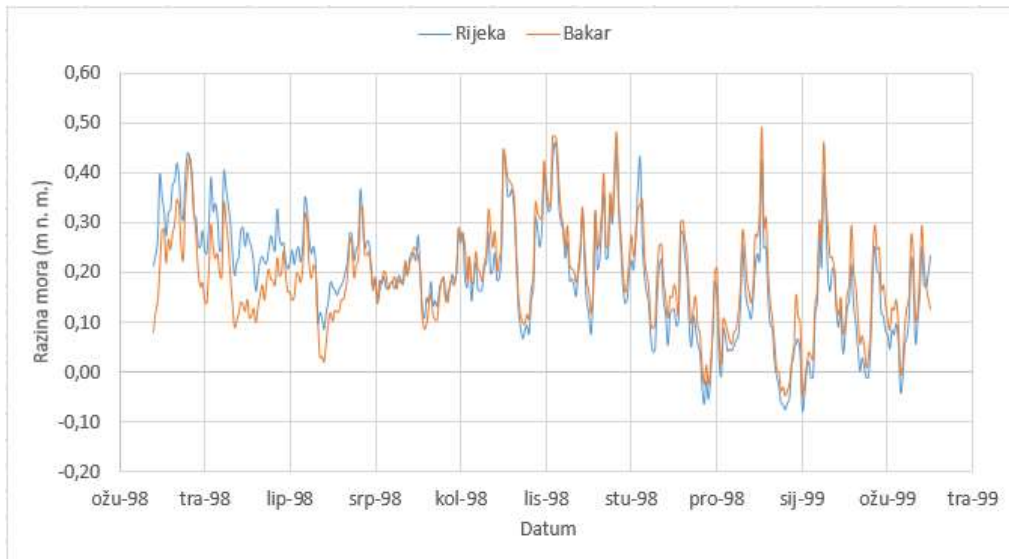
preljeva izvora ostala ista. Iz grafa je vidljivo da je razdoblje 2015./16. bilo dosta sušno osim u veljači 2016. god kada je registrirani protok približno jednak maksimalnoj vrijednosti razdoblja 1971.-78.



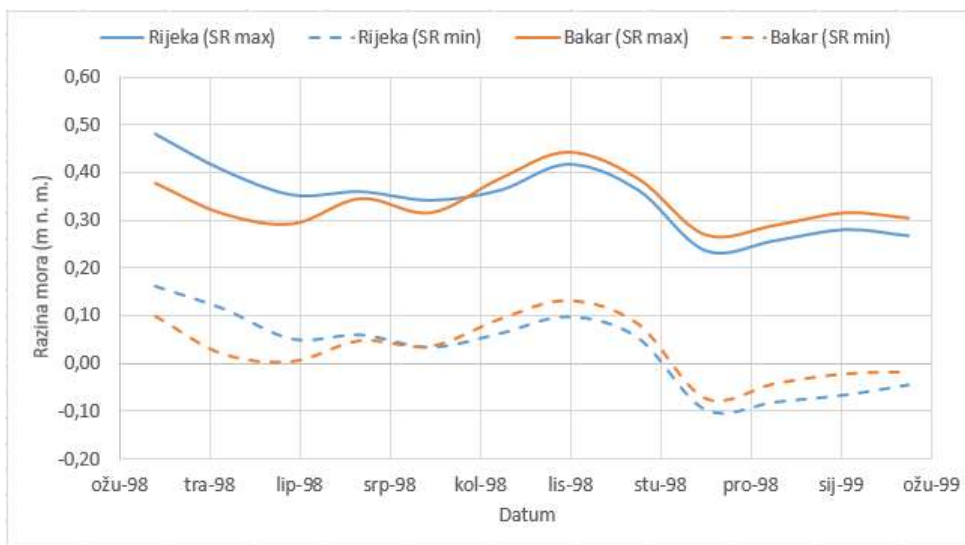
Slika 2.20. Unutar godišnja raspodjela karakterističnih mjesečnih protoka izvora Školjić za razdoblje 1971.–1978. i registrirane protoke u trenutnu uzrokovanja za razdoblje od ožujka 2015. do veljače 2016. godine (s markiranim iznimno vodnim prilikama u veljači 2016.).

### Rijeka i Bakar – mareografska praćenja

Na području užeg područja grada Rijeke nema mareografskih postaja, ali se zato ista nalazi u Bakru, na prostoru akvatorija ispred lučke kapetanije. Osnovana je još u prosincu 1929.g. i ima najdulji niz kontinuiranih osmatranja dinamike kolebanja mora. Tijekom kratkotrajnog 1-godišnjeg razdoblja (4.1998.–3.1999.) uspostavljen je, u svrhu komparacije dinamike kolebanja u Rijeci i Bakru, od strane Hrvatskog hidrografskog instituta iz Splita privremeni mareograf Rijeka baš na ušću Mrtvog kanala. Usporedba rezultata – srednjih dnevnih kao i karakterističnih mjesečnih razina mora na ta dva mareografa (Slike 2.21. i 2.22.) tijekom identičnog razdoblja osmatranja pokazala je da nema bitnih odstupanja u dinamici kolebanja morske razine.



Slika 2.21. Srednje dnevne razina mora na mareografima Rijeka i Bakar (4.1998. – 3.1999.).



Slika 2.22. Srednji mjesečni maksimumi i minimumi razina mora na mareografima Rijeka i Bakar (4.1998.– 3.1999.).

Zbog spomenute sličnosti zabilježenih kolebanja razine mora na mareografima u Rijeci i u Bakru, i za područje Rijeke, odnosno ušća Rječine i Mrtvoga kanala mogu se osvojiti kao karakteristični rezultati dobiveni obradom višegodišnjih nizova mareografskih podataka s postaje Bakar (Hrvatske vode VGO Rijeka 2002, preuzeti od DHI, 2002), sadržani u Tablici 2.6.

Tablica 2.6. Ekstremna kolebanja razine mora za razdoblje 1955.-2000. prema podacima mareografske postaje Bakar (Hrvatske vode VGO Rijeka, 2002. - prema DHI, 2002.).

MJESEC	GEODETSKA NULA		HIDROGRAFSKA NULA		SREDNJA RAZINA	
	ISPOD (cm)	IZNAD (cm)	ISPOD (cm)	IZNAD (cm)	ISPOD (cm)	IZNAD (cm)
SIJEČANJ	74	109	51	132	84	99
VELJAČA	67	120	44	143	77	110
OŽUJAK	55	100	32	123	65	90
TRAVANJ	50	97	27	120	60	87
SVIBANJ	53	100	30	123	63	90
LIPANJ	58	82	35	105	68	72
SRPANJ	54	86	31	109	64	76
KOLOVOZ	64	92	41	115	74	82
RUJAN	52	86	29	109	62	76
LISTOPAD	53	122	30	145	63	112
STUDENI	49	116	26	139	59	106
PROSINAC	63	125	40	138	73	102

## 2.5. ZNAČAJKE HIDROTEHNIČKIH ZAHVATA

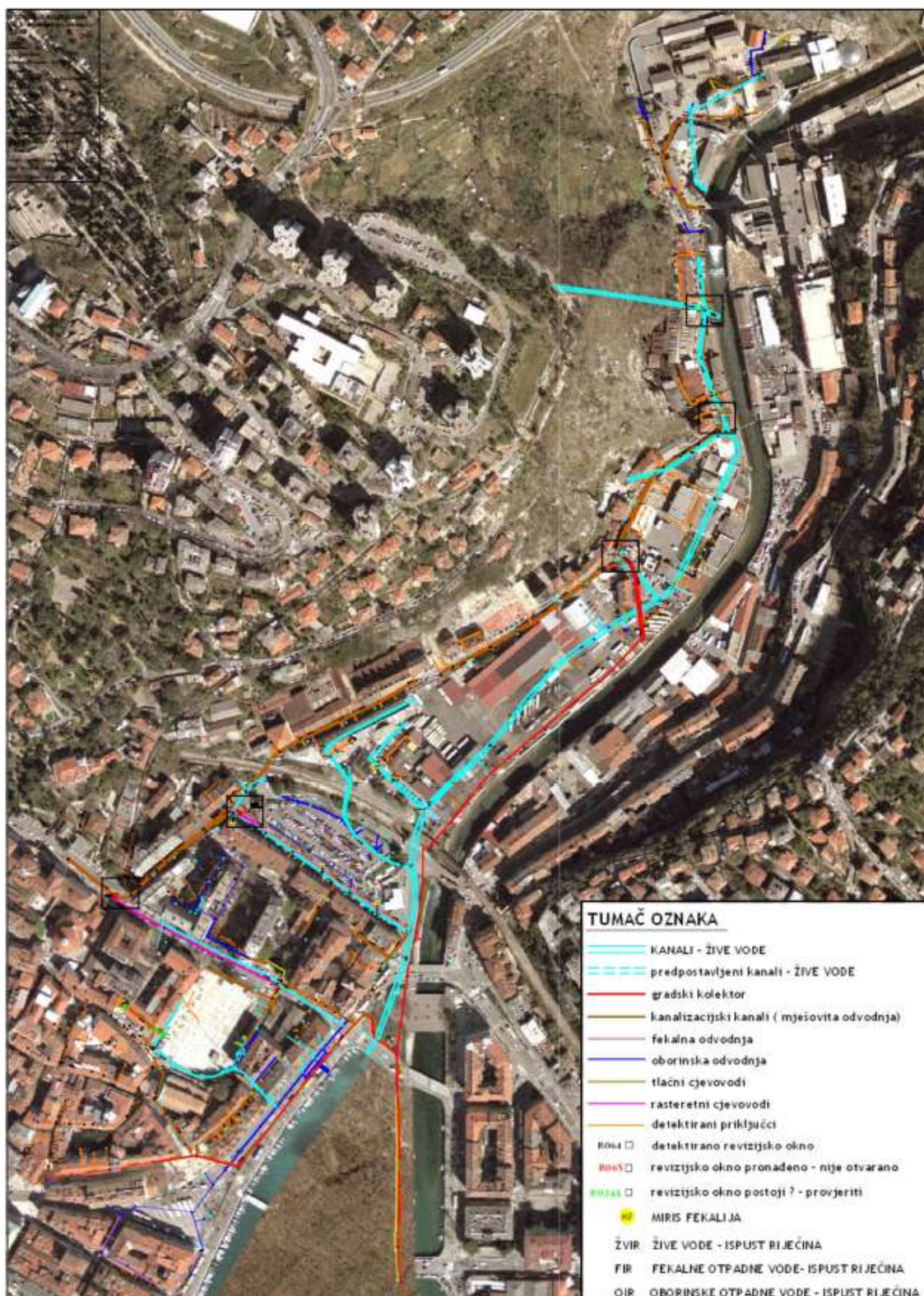
Značajke hidrotehničkih zahvata na području Mrtvog kanala i njegove bliže okoline vezane su za šire gradsko područje u neposrednoj blizini vodotoka Rječine, točnije za gradsko područje Školjića i područje Vodovodne ulice koja seže od samog Školjića do izvora Zvir. Razlog tomu su mnogobrojni kolektori sanitarno-fekalne, mješovite i oborinske vode, kao i vrlo značajan kanal preljevnih izvorišnih voda na koji se mjestimično priključuju i pojedini od prethodno navedenih kolektora (pretežno preko rasteretnih građevina). Radi jasnijeg pregleda osobina i značajki pojedinih od gore navedenih kolektora koji direktno ili indirektno gravitiraju Mrtvom kanalu (ili vodotoku Rječini), u nastavku su osnovni prikazi i komentari na „Elaborat detekcija direktnih izljeva u Mrtvi kanal u zoni RG Mlaka, dio sustava odvodnje grada Rijeke na lokacijama: Vodovodna ulica, Školjić, Ul. Žrtava fašizma, P.R. Vitezovića, Agatićeva ulica i područje Autotrolej“ (Slike 2.23.-2.27., Tablice 2.7. i 2.8.).

Elaborat je na temelju narudžbe Komunalnog društva Vodovod i Kanalizacija Rijeka (br. 749/11) izradio Institut IGH d.d. Zagreb, točnije Institut za materijale i konstrukcije- hidrotehnički laboratorij 2011. godine. Isti je tom prilikom izveo detekciju dijela sustava odvodnje Grada Rijeke u svrhu evidencije priključaka otpadnih voda na kanale podzemnih i oborinskih voda, te mogućeg

utjecaja ovih otpadnih voda na Mrtvi kanal u zoni RG Mlaka. Uvidom u postojeći sustav pregledani su dostupni dijelovi kanala izvorskih (u spomenutom dokumentu korišten je termin „izvorskih voda“) i oborinskih voda kao i dijelovi mješovite i sanitarno-fekalne odvodnje, te gradskog kolektora. U tu svrhu provedeno je lociranje i detekcija revizijskih okana (RO) kanala izvorskih voda, detekcija dijela revizijskih okana mješovite i sanitarno-fekalne kanalizacije kao i RO gradskog kolektora. Važan aspekt također je dan definiranju pravaca tečenja detektiranih kolektora i kanala, kao i mjestu njihova priključenja unutar postojećeg sustava.

Radovi na izvođenju detekcije sustava odvodnje obuhvaćali su otvaranje RO, silazak u njih, te provjeru trenutnog stanja istih u smislu statičke održivosti i moguće detekcije tipa kanalizacijskog kolektora (detektiranje neželjenih plinova pod utjecajem fekalnog materijala). U svrhu detekcije dijelova sustava mjestimično je trebalo sprovesti dotok veće količine vode ili pročišćavati određene dionice u svrhu određivanja recipijenta pojedinih dionica. Zbog neprohodnosti kanala i nedostupnih RO smještenih u halama tvrtki „Autotrolej“, „Zvir“ i „Vir“ te u stambenim objektima izvršena je detekcija na kanalima mješovite i sanitarno-fekalne kanalizacije za koje postoji mogućnost da se izljevaju u kanale izvorskih ili oborinskih voda. U svrhu određivanja mjerodavnog smjera tečenja pojedinih dijelova kanalizacijskog sustava i određivanja njihovog recipijenta, dio kanala je tretiran vodama koje su bile obojane fluorescinom ubačenim u sanitarne odvođe u stambenim objektima, ali i u kanale izvorskih voda. Također valja napomenuti da je nakon sprovedene detekcije na cjelokupnom sustavu i dalje ostao veliki dio RO koja su bila nedostupna zbog svog položaja (položaj ispod objekata, asfalta, betona, nasipa) ili zbog svojih dimenzija. Detekcija pojedinih mjestimičnih lokacija unutar kolektora sa uočenim nedopuštenim ispuštanjem fekalnih voda trenutno je u fazi preusmjeravanja na kanale gradskog kolektora mješovite kanalizacije koje nemaju utjecaja na izljevanje u Mrtvi kanal.





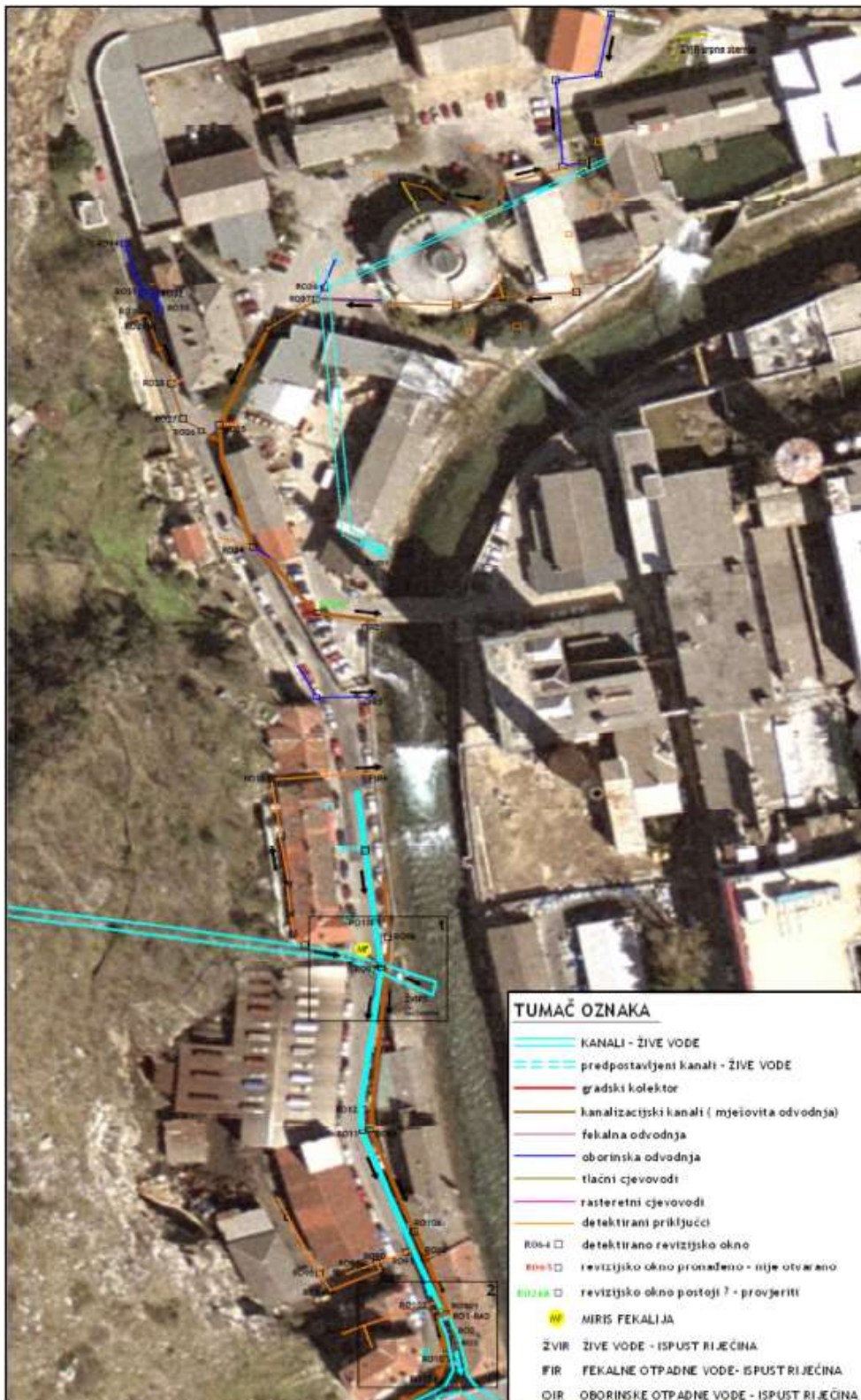
Slika 2.23. Situacijski prikaz položaja detektiranih kolektora sanitarno-fekalnih i oborinskih voda, mješovite kanalizacije, te kanalaizvorskih („živih“) voda sa postojećim revizijskim oknima koji direktno ili indirektno gravitiraju Mrtvom kanalu (Institut IGH d.d. Zagreb,2011).

Tablica 2.7. Značajke i karakteristike pojedinih kolektora kanalizacijskog sustava koji direktno ili indirektno gravitiraju onečišćenju Mrtvog kanala - modificirano prema Institut IGH d.d. Zagreb (2011).

Dionica kolektora	Tip kanalizacijskog sustava (vrste voda)	Značajke kolektora
RO97 - RO11 - RO1- RAD (Slika 2.24.)	Kanal izvorskih voda	Dionica sakuplja žive vode iz smjera RO13 te iz kanala izvorskih voda iz smjera zapada u RO97. U kolektoru čiji profil varira od 600 - 800 mm evidentan je dotok sanitarno-fekalnih voda iz SZ smjera u RO97. U kanal izvorskih voda se ispuštaju veće količine sanitarno-fekalnih otpadnih voda koje potom ulaze u kameni nadsvođeni kanal koji počinje nakon revizijskog okna RO1-RAD, a on završava u Mrtvom kanalu.
RO1-RAD-RO9-RO5-RO16A-RO7-RO83A (Slika 2.26.)	Glavni kanal izvorskih voda	Kanal (zidano kamenog kapastog profila) je većim dijelom izložen mogućim ilegalnim priključcima sanitarno-fekalnih otpadnih voda od koji je dio i evidentiran. Glavni kanal se proteže na području tvrtki VIR i AUTOTROLEJ u kojem se ne može sa sigurnošću utvrditi utjecaj njihovih sanitarno-fekalnih otpadnih voda. Miris fekalija nije jako izražen zbog većih dimenzija kanala i značajnijih količina izvorskih voda. <u>Potencijalno zagađenje Mrtvog kanala!</u>
RO23 - RO83A (Slika 2.26.)	Kanal izvorskih voda	Detekcijom RO23 i RO81 zapažen je jak miris fekalija te otkriveni aktivni i neaktivni ispusti sanitarno-fekalnih otpadnih voda. Velika vjerojatnost zagađenja sanitarno-fekalnim vodama koje ulaze direktno u glavni kanal izvorskih voda (RO83A) i gravitiraju prema Mrtvom kanalu.
RO58 - RO60 - RO64 - RO66 - RO1-AT - gradski kolektor (Slika 2.25.)	Kanal mješovite odvodnje	Uglavnom urednog tečenja u uzvodnom dijelu. U nizvodnom dijelu cjevovoda između revizijskog okna RO1-AT (okno na kanalu izvorskih voda) kroz koje samo prolazi, a spaja se u nastavku na glavni kolektor nizvodno od RO110, dolazi do značajnog zastoja u tečenju. Talog u kolektoru se dugo zadržava, pa se preljeva samo tekući dio. Postoji tendencija da se jedan manji dio voda iz mješovite kanalizacije kod velikih protoka ulijeva u kanal izvorskih voda (otvor na tjemenu kolektora) koji je u neposrednoj blizini i u konačnici gravitira prema Mrtvom kanalu.
RO71 - RO44 - RO41 (Slika 2.26.)	Kanal izvorskih voda	Pretpostavka je da kanal izvorskih voda povezuje RO70 i RO71 gdje je protok izvorskih voda evidentan. Nisu evidentirane sanitarne-fekalne vode kao ni njihov neugodni miris. Direktan dotok izvorskih voda u Mrtvi kanal.
RO50A - RO50 - RO51 - RO49 - RO48 - RO45 (Slika 2.26.)	Kanal izvorskih voda	Opekom zidani kanal jajolikog oblika, uredne protočnosti. U dijelovima kanala evidentiran je talog od papirnatih ostataka sanitarno-fekalnog porijekla. U uzvodnom dijelu kanala evidentan utjecaj fekalnih voda kojem gravitira rasteretna građevina koja višak sanitarno fekalnih otpadnih voda povremeno prebacuje u paralelni cjevovod koji se nizvodno od RO49 priključuje u ovaj kanal izvorskih voda. Miris fekalija prisutan je cijelom dužinom, dok su značajne količine fekalija povremeno zabilježene u nizvodno dijelu između ulice Alda Colonella i RO45 neposredno pred spoj ovog kanala s glavnim kanalom izvorskih voda. Radovi na prespajanju cjevovoda iz ulice A. Colonnella na cjevovod fekalne kanalizacije u ulici Žrtava fašizma su u tijeku. Postoji velika vjerojatnost zagađenja sanitarno-fekalnom vodom koja se posljedično preko kanala izvorskih voda ulijeva direktno u Mrtvi kanal.
RO109 - RO77 - RO45 (Slika 2.27.)	Sanitarno-fekalne vode	Kanal kvadratnog presjeka izgrađen od opeke, pun gotovo do vrha nataloženim otpadnim vodama sanitarno-fekalnog sadržaja. Protoka gotovo da i nema. Po svemu sudeći ovaj kanal se ulijeva u RO45 (iako cijev nije vidljiva u samom oknu) jer su dosta visoke žive vode koje se ovim kanalom u RO45 spajaju na glavni kanal izvorskih voda koji vodi prema Mrtvom kanalu. Velika vjerojatnost dotoka manjih sanitarno-fekalnih količina voda (zabilježeni su



		papiri i fekalni ostaci) koji se posljedično preko kanala izvorskih voda ulijevaju direktno u Mrtvi kanal.
RO106 - RO107 - RO52 - RO104 - (RO105 rasteretna građevina) - RO49 (Slika 2.26.)	Mješoviti kanalizacijski sustav	Kolektor započinje u gornjem dijelu ulice Žrtava fašizma, a glavni smjer tečenja je od RO106 prema RO107- RO52 - RO104 i dalje prema glavnom gradskom kolektoru. U RO106 postoje dva izlazna cjevovoda od kojih je lijevi niže položen i glavni je smjer tečenja prema RO52. Drugi (desni krak) je više položen cjevovod i služi kao rasteretni kanal (proteže se ulicom Žrtava fašizma) s ispustom u kanal izvorskih voda u RO108. Prema sasušanim ostacima sanitarno-fekalnog porijekla na ispustu kolektora može se zaključiti da je ovaj kanal vrlo rijetko aktivan. U glavnom kanalu RO106 - RO107 - RO52 - RO104 postoji još jedna rasteretna građevina RO105 koja je postavljena bočno uz RO104 koja u slučaju velikih voda prima višak sanitarno-fekalnih otpadnih voda prebacujući ih jednom kraćom dionicom kanala nizvodno od RO49 u kanal izvorskih voda u ulici Školjić. Ove otpadne vode završavaju putem glavnog kanala izvorskih voda u Mrtvi kanal.
RO88 - R087 (Slika 2.27.)	Mješoviti kanalizacijski sustav	Detekcijom ovog dijela sustava potvrđeno je da se otpadne vode iz južnog dijela školske zgrade ispuštaju u kanal izvorskih voda prema RO87 i dalje prema oborinskom kolektoru, te završavaju neposredno u Mrtvi kanal (blizina autobusne stanice preko puta tvrtke Rumat d.o.o.).



Slika 2.24. Detektirani kolektori kanalizacijskog sustava na krajnjem dijelu Vodovodne ulice, područje izvora Zvir - (Institut IGH d.d. Zagreb,2011).





Slika 2.25. Detektirani kolektori kanalizacijskog sustava na početnom dijelu Vodovodne ulice, područje tvrtke Autotrolej (Institut IGH d.d. Zagreb, 2011).





Slika 2.26. Detektirani kolektori kanalizacijskog sustava na gradskom području Školjića (Institut IGH d.d. Zagreb, 2011).





Slika 2.27. Detektirani kolektori kanalizacijskog sustava u neposrednoj blizini Mrtvog kanala (Institut IGH d.d. Zagreb,2011).

Tablica 2.8. Značajke i karakteristike pojedinih kolektora kanalizacijskog sustava koji direktno ili indirektno gravitiraju onečišćenju vodotoka Rječine - modificirano (Institut IGH d.d. Zagreb,2011).

Dionica kolektora	Tip kanalizacijskog sustava (vrste voda)	Značajke kolektora
RO36 - ŽVIR 1 (Slika 2.24.)	Kanal žive vode	Fluorescinom obojane žive vode ovog kanala istječu u vodotok Rječinu – ispust ŽVIR 1
RO35 - RO25 (Slika 2.24.)	-	Bujični nanos u uzvodnom dijelu kolektora -porijeklo nije moguće odrediti. Potencijalno zagađivanje nanosom u Rječinu, direktni unos!
RO25 - RO24 - FIR 2 (Slika 2.24.)	Fekalne vode	Fekalne otpadne vode se ispuštaju u vodotok Rječinu - ispust FIR 2. Direktno zagađenje vodotoka Rječine
ROA - OIR 3 (Slika 2.24.)	Oborinske vode	Dio kolektora oborinske vode sjevernog dijela Vodovodne ulice – direktni ispust u Rječinu OIR
R015 - FIR 4 (Slika 2.24.)	Sanitarno-fekalne vode	Dva manja stambena objekta na ovoj lokaciji svoje sanitarno-fekalne otpadne vode ispuštaju u Rječinu - ispust FIR 4. Direktno zagađenje vodotoka Rječine!
RO97 - ŽVIR 5 (Slika 2.24.)	Kanal izvorskih voda	Dionica služi kao rasterećenje prema vodotoku Rječini – ispust ŽVIR 5. Detekcijom u RO97 zabilježen je jak miris fekalija za koji se pretpostavlja da dolazi iz smjera Kozale. Dionicom iz smjera RO13 dotiče čista voda dok je iz zapadnog kanala izvorskih voda zamijećen mutni dotok. Mogućnost zagađenja vodotoka Rječine fekalnim vodama.

Na temelju provedene analize postojećeg kanalizacijskog sustava na danj lokaciji može se zaključiti da je utvrđena većina mjesta kao i kanali koji su mogući zagađivači voda u Mrtvom kanalu. U svrhu brže revitalizacije kvalitete voda u samom Mrtvom kanalu treba u što kraćem vremenu sprovesti sanaciju na pojedinim mjestima unutar navedenih kolektora, te spriječiti daljnji dotok sanitarno-fekalnih otpadnih voda koje direktno ili indirektno utječu na zagađenja Mrtvog kanala usmjeravajući ih na glavni gradski kolektor koji dovodi otpadne vode na uređaj za pročišćavanje Delta. Uz to, uz već otprije razmatrana rješenja povezivanja toka Rječine iz njenog sadašnjeg korita s prostorom Mrtvog kanala, trebalo bi preispitati i mogućnost upuštanja dodatnih količina preljvnih izvorskih voda u mrežu spomenutih kanala kako bi se tijekom razdoblja malih dotoka u Mrtvi kanal povećala dinamika izmjene voda u njemu.



## 2.6. GEOMETRIJA MRTVOG KANALA

Mrtvi kanal se prostire u dužini od 473 m, od željezničkog mosta u luci Baroš do kanala Fiumara (Slika 2.28.). Projektirana kota nivelete na predjelu od Fiumare do Mosta Delta iznosi -4,6 m n. m., nakon čega se postepeno spušta do kote – 8 m n.m. kod samog ulaza u luku Baroš (Vodoprivreda Rijeka, 1990.). Međutim, zbog niza nepovoljnih okolnosti a prije svega nedostatno riješene odvodnje komunalnih otpadnih voda, u Mrtvom kanalu se kontinuirano talože veće količine organskog mulja, pjeskovitog nanosa i ostalog otpadnog materijala. To je sve bio uzrok neugodnog mirisa koji se osjećao naročito za vrijeme toplih ljetnih mjeseci. Upravo je to jedan od razloga što se Mrtvi kanal produbljavao i čistio u nekoliko navrata u bližoj povijesti. Zadnje takvo opsežno čišćenje je provedeno 1989. godine, kada je refulerom i bagerom uklonjeno 18.558 m<sup>3</sup> mulja i ostalog nataloženog materijala. Kako bi se izradilo projektno rješenje bilo je potrebno odrediti lokaciju za deponiju iskopanog mulja, tehnologiju izvedbe radova kao i privremeno premještanje čamaca privezanih u Mrtvom kanalu. Refulerom se sav iskopani mulj prebacivao nizvodno od cestovnog mosta gdje se privremeno deponirao. Nakon završetka radova, refuler se preselio nizvodno od mosta i prethodno iskopani mulj prebacio na konačnu lokaciju. S obzirom na to da se s vremenom u Mrtvom kanalu "istaložilo" i krupnih predmeta, jedan dio iskopa morao je biti izvršen bagerom sa lijeve obale. Sav iskopan materijal direktno se utovarivao u kamion i prevezio na odlagalište. Da bi se omogućilo nesmetano izvođenje radova bilo je neophodno privremeno premjestiti čamce iz Mrtvog kanala. To je učinjeno tako da su se svi drveni čamci premjestili nizvodno od mosta, dok su se plastični izvadili iz vode i složili na prostor parkirališta na Delti (Vodoprivreda Rijeka, 1990.).

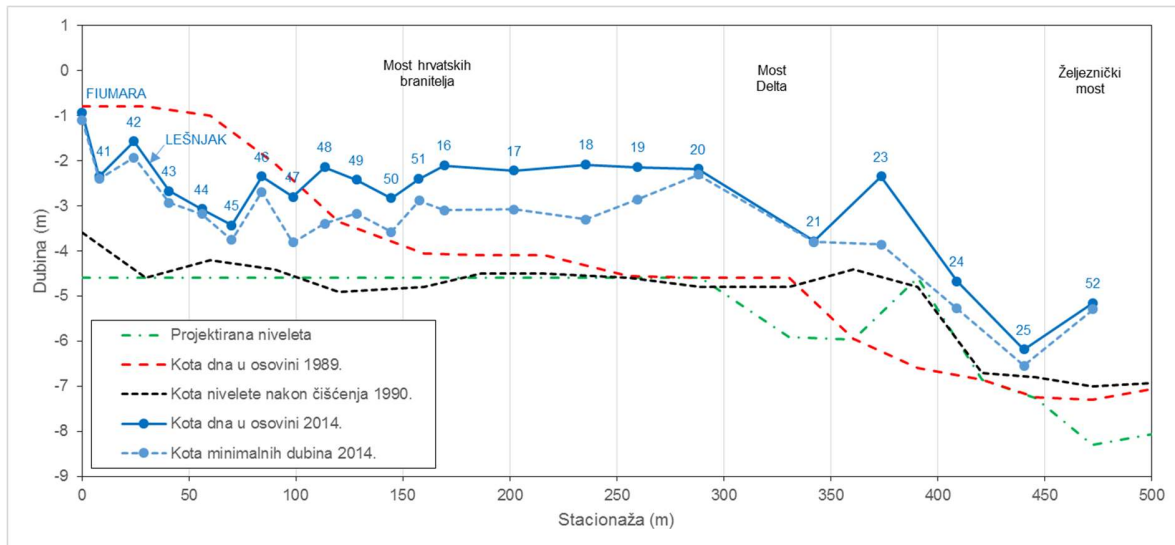
Snimak poprečnih profila Mrtvog kanala prije i nakon čišćenja 1989. godine (Vodoprivreda Rijeka, 1990.), ukazuje na izraženo taloženje u gornjem predjelu, od Fiumare do sadašnje lokacije Mosta hrvatskih branitelja, gdje je dubina nanosa dosegala čak 2,5 m (Slika 2.29.). Na predjelu neposredno ispred kanala Fiumara taloženje je bilo najizraženije, s prosječnom dubinom -0,8 m n. m., u odnosu na originalno izvedenih -4,6 m n. m. Nakon čišćenja 1989., kota nivelete dna kanala se vratila u stanje koja približno odgovara izvedenom stanju (Slika 2.29.).



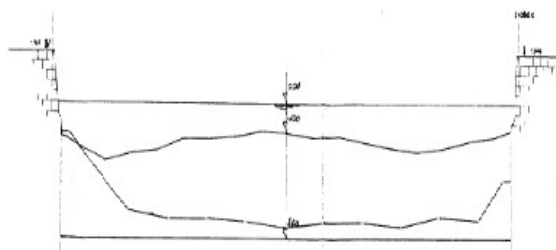
Slika 2.28. Situacija Mrtvog kanala na DOF podlozi s označenim poprečnim profilima iz geodetskog snimka (2014.).

Detaljan geodetski snimak Mrtvog kanala iz 2014., koji je proveden za potrebe izrade Matematičkog modela spoja Rječine i Mrtvog kanala (Tehnički fakultet, 2015.), upućuje na izraženo taloženje mulja i pijeska tijekom posljednjih 25 godina i to duž cijelog kanala. Snimljen je 21 poprečni profil iz čega je prvenstveno primjetno smanjenje ukupnog volumena akvatorija za  $28.358 \text{ m}^3$  i dubine dna za prosječno 1.9 m. U odnosu na profil snimljen prije čišćenja 1989. godine, kada se većina mulja i pijeska taložila u gornjoj zoni, od Mosta hrvatskih branitelja do Fiumare, snimak iz 2014. godine ukazuje na jednoliko taloženje materijala duž cijelog korita. Prosječna dubina dna ispred Fiumare tijekom 2015. godine bila je približno jednaka onoj prije posljednjeg čišćenja i iznosila je  $-0,98 \text{ m n. m.}$ , što je čak 2,7 m manje u odnosu na kanal nakon čišćenja 1989. godine. U području od Fiumare do Mosta hrv. branitelja dubina nanosa nije dostigla vrijednosti iz 1989. godine, ali je primjetno kontinuirano taloženje koje je rezultiralo dubinama dna približno 2 m manjima u odnosu na očišćeno korito iz 1989. godine. Slična situacija se primjećuje i u preostalom dijelu korita, od Mosta hrv. branitelja do Mosta Delta, gdje prosječna dubina nanosa iznosi 2,2 m.

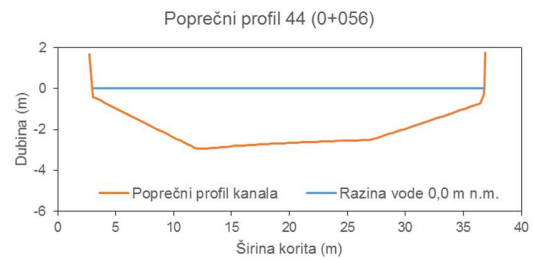
Usporedba uzdužnih profila projektirane nivelete, stanja prije i nakon čišćenja 1989.godine te u 2014. godini, prikazana je na Slici 2.29. Na Slici 2.30.prikazana je usporedba nekoliko karakterističnih i međusobno bliskih poprečnih presjeka Mrtvog kanala snimljenih nakon čišćenja 1989. godine i tijekom 2014. godine.



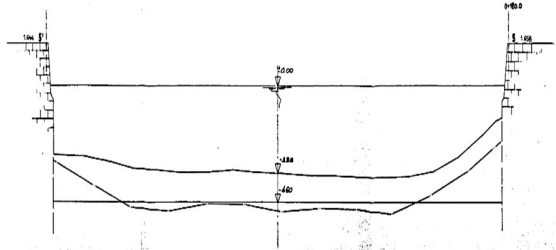
Slika 2.29. Usporedba uzdužnog profila dubina u Mrtvom kanalu prema projektiranom stanju, snimljenom stanju prije i nakon čišćenja 1989. godine te geodetskoj snimci iz 2014.



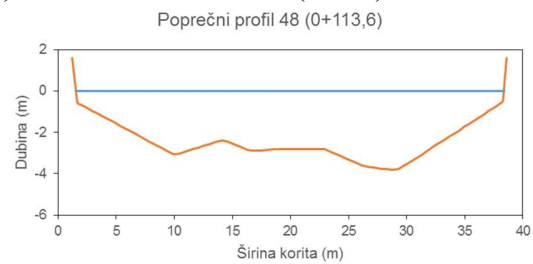
a) stacionaža 0+060 km (9.03.1990.)



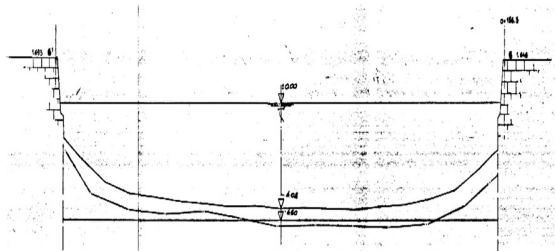
f) stacionaža 0+056 km (2014.)



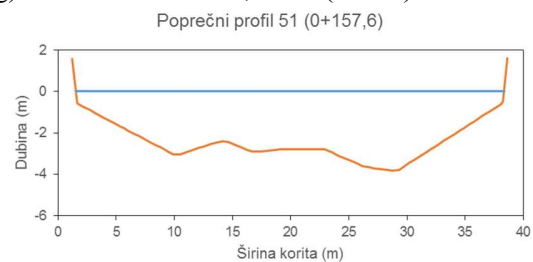
b) stacionaža 0+120 km (9.03.1990.)



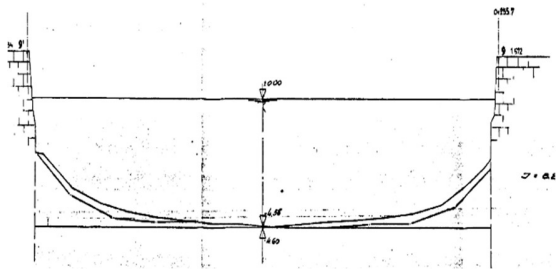
g) stacionaža 0+113,6 km (2014.)



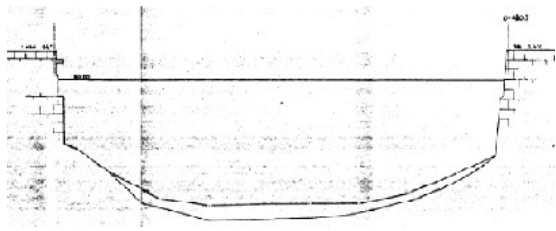
c) stacionaža 0+156 km (9.03.1990.)



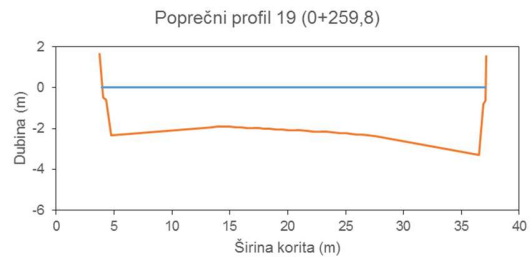
h) stacionaža 0+157,6 km (2014.)



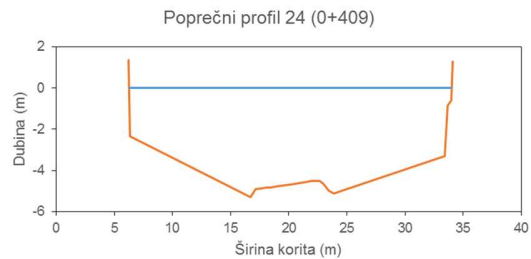
d) stacionaža 0+255,7 km (9.03.1990.)



e) stacionaža 0+420,7 km (13.03.1990.)

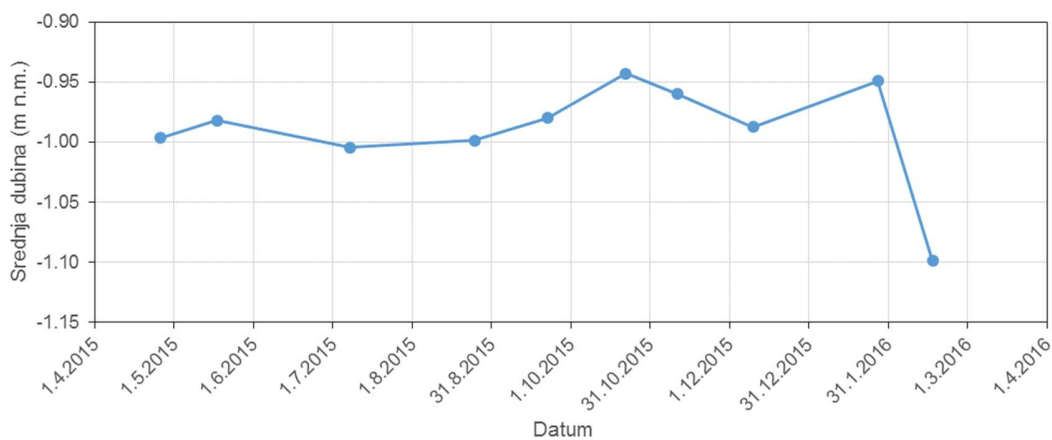


j) stacionaža 0+259,8 km (2014.)

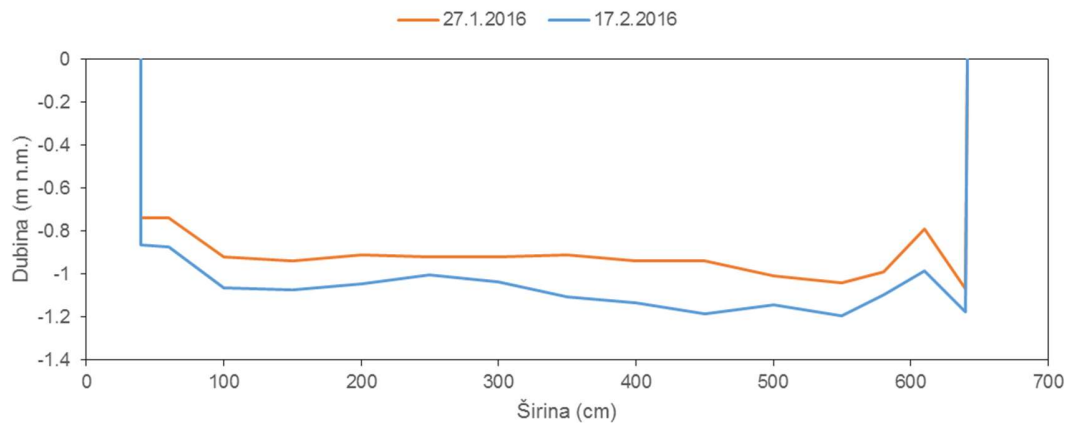


j) stacionaža 0+409 km (2014.)

Slika 2.30. Usporedba nekoliko karakterističnih poprečnih profila: a-e) u Mrtvom kanalu iz 1990. (Vodoprivreda Rijeka, 1990.) i f-j) iz 2014. godine (Tehnički fakultet, 2015). Tijekom provedbe vodomjerenja provedenih od ožujka 2015. do veljače 2016. godine, sondiran je vodomjerni profil iz kojih je rezultata moguće pratiti i stanje nanosa na dnu ispred kanala Fiumara. Prosječne dubine tijekom 2015. godine ukazivale su na minimalno taloženje i ispiranje nanosa i kretale se u rasponu  $-0,98 \pm 3$  cm (Slika 2.31.). No, situacija se promijenila početkom 2016. godine. Nakon intenzivnih oborina u veljači, zabilježene dubine dna ispred Fiumare u prosjeku su 15 cm niže od dubina izmjerenih niti mjesec dana ranije. Kako bi se ilustrirala navedena promjena, na Slici 2.32. prikazana je usporedba poprečnih profila ispred kanala Fiumara, izmjerenih 27.01. i 17.02.2016. godine. Očito je kako su intenzivne oborine rezultirale izraženijim utocima u Mrtvi kanal na Fiumari, uslijed čega je površinski sloj nestabiliziranog nanosa, uglavnom organskog mulja u debljini od oko 15 cm bio ispran u svega nekoliko dana.



Slika 2.31. Promjena srednje dubine na profilu Fiumara u periodu od ožujka 2015. do veljače 2016.godine.



Slika 2.32. Usporedba poprečnog profila Fiumara prije i nakon ispiranja organskog mulja u veljači 2016.godine.

## 2.7. PLANVI O REKONSTRUKCIJI HIDROTEHNIČKIH ZAHVATA

Moguća rješenja osiguranja većega stupnja strujanja i dotoka vode u Mrtvi kanal ovise kako o prisutnim lokalnim uvjetima i ograničenjima, prije svega vezanim uz postojeću infrastrukturu ugrađenu u gradski parter, tako i o budućim planskim rješenjima na utjecajnom prostoru. Vrlo važan prostorni element Rijeke i Sušaka je upravo područje Delte (Slika 2.33). Topografski je Delta kao i svaka delta na ušću rijeke, ali nije nastala kao prirodna naplavina, već dugogodišnjim nasipavanjem. Delta je povijesno bila granica različitih administracija, granica između Italije i Jugoslavije, Sušaka i Rijeke. Upravo je na kraju Delte nekad bilo i središte društvenog života grada, gradsko kupalište. Desetljećima je Delta inspirirala rasprave i konačno je koncem osamdesetih proveden arhitektonski natječaj za prostor Delte i Brajdice, kojim se ovaj prostor trebao pripojiti gradu. No, unatoč toga natječaja i promišljanja povezivanja Sušaka i Rijeke upravo na tom prostoru, niti jedan od kapitalnih gradskih projekata javnih sadržaja nije izgrađen na tom prostoru (<http://pogledaj.to/arhitektura/sto-je-delta-rijeci/>).

Trenutno većinu prostora Delte (Slika 2.33.) zauzima javno parkiralište, privremeni terminal javnog gradskog prijevoza i izgrađene prometnice, dok se samo manji dio vrha Delte kod Spomenika oslobođenja te Memorijalnog mosta koristi kao pješačka zona i parkovni okoliš. Južni rubni prostori koriste se za potrebe lučkog skladištenja, kao i smještaj uređaja (do sada izgrađen samo predtretman voda) za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.





Slika 2.33. Trenutni prostor Delte

Ideja prenamjene Delte bi sigurno pala u zaborav da je nije oživio projekt izgradnje riječke luke. U međuvremenu je, naime, Luka Rijeka odustala od preseljenja iz grada te se u 2003. godini potpisuje ugovor sa Svjetskom bankom o Rijeka Getaway projektu, tj. projektu modernizacije riječkog prometnog pravca. U tom se projektu Delta, ovaj put bez Brajdice, odjednom našla u središtu pažnje. U sklopu postojećih urbanističkih planova Grada Rijeke u planu je izrada središnjeg gradskog parka na sjevernom području Delte, dok bi po Rijeka Gateway projektu južni dio Delte trebao postati visoko izgrađeni poslovni centar sa ugostiteljsko-rekreativnom obalom. Mrtvi kanal u budućnosti ne bi trebao pretrpjeti veće promjena, osim na spoju na otvoreno more gdje je u sklopu Rijeka Gateway projekta u planu izrada moderne marine. Na području Sjeverne Delte, planiran je javni park površine od ukupno 37.464 m<sup>2</sup>. Planirane su i gradnja novih spomenika i skulptura uz postojeće, kao i gradnja parkovnih paviljona te građevina u funkciji korištenja parka. U sklopu parka predviđena je zasebna površina za rekreaciju, dječje igralište i površina za održavanje brodice sportske luke u Mrtvom kanalu. Planirana je nivelacija zemljišta na kotu od najmanje 2,5 m n.m., za što bi bilo potrebno izvršiti korekcije obalnog ruba Mrtvog kanala i Rječine kako bi se omogućila izvedba pješačke staze i vidikovca u naplavnom pojasu. Glavne šetnice planirane su uz obale Rječine i Mrtvog kanala kao dijelovi gradskog šetališta koje se nastavlja sve do mora. Ispod jednog dijela parkovne površine planirane su izgradnja javne garaže koja bi trebala omogućiti pristup parku na Sjevernoj Delti, ali istovremeno osigurati kvalitetniji pristup području Južne Delte pomoću nathodnika ili pothodnika.

U sklopu projekta dogradnje i rekonstrukcije sustava odvodnje otpadnih voda na području Rijeke i okolice koji vodi Komunalno poduzeće Vodovod i kanalizacija bio je predviđen i novi uređaj za pročišćavanje (Slika 2.34.) smješten na prostoru uz desnu obalu Rječine, preko puta kontejnerskog



terminala, kako bi se krajnji jug Delte što ga zauzima postojeći pročišćivač oslobodio za atraktivnije sadržaje.



Slika 2.34. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (<http://www.novolist.hr/>).

### **3 MONITORING STANJA HIDROLOŠKIH PRILIKA U RAZDOBLJU OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE**

#### **3.1. ZNAČAJKE MONITORINGA**

Jednogodišnji monitoring količina vode koje se ulijevaju u Mrtvi kanal provodio se jednom mjesečno na dva profila u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine. Na vrhu Fiumare i na glavnom bočnom pritoku Lešnjak (Slika 3.1.) mjerena je protoka elektromagnetskim hidrometrijskim krilom. Također, u sklopu provedenih istraživanja, pratili su se i vodostaji na sedam pozicija koje se zajedno sa pozicijama uzorkovanja vide na Slici 3.2. Razina mora na početku (Slika 3.5.) i dnu Mrtvog kanala, te razine voda (vodostaja) Rječine na profilu kod Delte (Slika 3.3.), hotela Kontinental (Kont) (Slika 3.4.) te u sklopu poglavlja 2 prikazanoj vodokaznoj letvi kod Tvornice papira (Slika 2.13.), kao i na izvoru Školjić (Slika 2.19.), mjerena je profil pomoću okomite ili kose vodokazne letve, dok je vodostaj „Fiumara stepenice“ (Slika 3.6.) očitavan pomoću metra od reprezentativne točke do nivoa vode u Mrtvom kanalu. Radi provjere točnosti podataka, letva na Kontu uspoređivana je sa podacima očitavanjem na monitoru (a odmjeravanjem na istom profilu), koji automatski prikazuje vodostaje. Vodostaji na svim mjernim

pozicijama očitani suna početku i na krajumjerenja protoka. Uz to, za provedbu ocjena hidroloških prilika tijekom trajanja spomenutog monitoringa, Hrvatske vode osigurale su dostupnost hidroloških podataka u slivu Rječine koji se prikupljaju u sklopu redovnog monitoringa koji Hrvatske vode provode u suradnji s Državnim hidrometeorološkim zavodom.



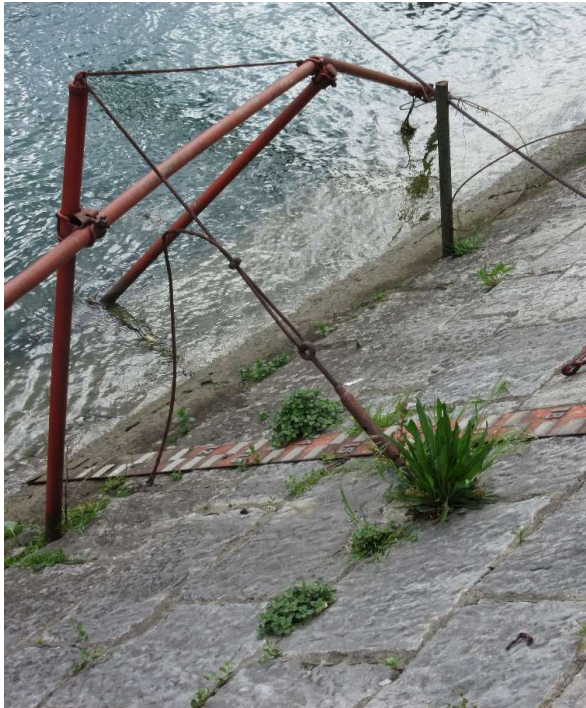
Slika 3.1. Pozicije uzorkovanja i vodomjerenja na Mrtvom kanal: a) Fiumara, b) Lešnjak.



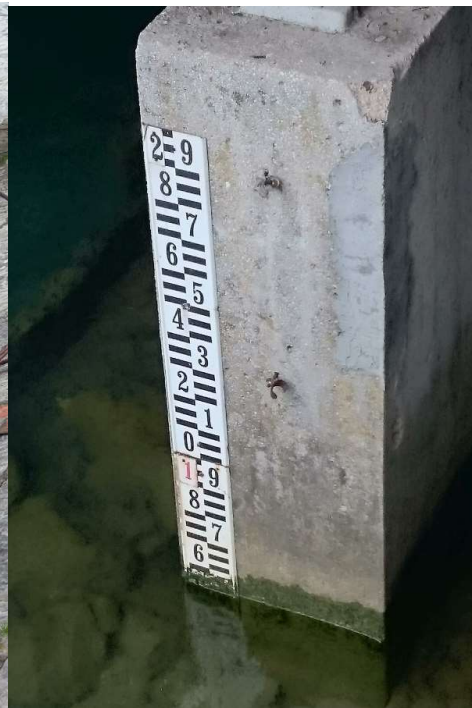


Slika 3.2. Mjerne pozicije (Fiumara i Lešnjak) i pozicije očitanih vodostaja (1-more letva, 2-Delta letva, 3-Kont letva, 4-Kont monitor, 5-Fiumara stepenice, 6-Školjić letva, 7-Tvornica papira letva).





Slika 3.3. Kosa vodokazna letva na profilu Delte. Kontinental (Kont).



Slika 3.4. Vodokazna letva kod hotela kod



Slika 3.5. Vodokazna letva na početku Mrtvog kanala.



Slika 3.6. Pozicija „Fiumara stepenice“.

U Tablici 3.1. prikazani su registrirani srednji vodostajii njihova amplituda tijekom uzorkovanja vode na pozicijama Kont, Delta, more i Fiumara stepenica. Iz tablice je vidljivo da tijekom 12 uzorkovanja, na svim pozicijama razina vode vrlo sličnooscilira, odnosno s vrlo sličnim rasponima unutar promatranih termina, a što je posljedica unutardnevnih promjena plime i oseke. Najveća amplituda zabilježena je u 11.mjesecu kada se more za vrijeme uzorkovanja (cca. 2 i pol sata) promijenilo za čak 30-tak cm, dok je najmanja zabilježena tijekom posljednjeg uzorkovanja tj. u 2. mjesecukada je razina vode na svim pozicijama ostala nepromijenjena.Najniži srednji vodostaj bio je tijekom izrazito sušnog 12. mjeseca.

Tablica 3.1. Registrirani srednji vodostaj (m n. m.) i amplituda (cm) tijekom uzorkovanja na pozicijama Kont letva, Delta letva,more letva i Fiumara stepenica.

Br. mjerjenja	Datum	Kont letva		Delta letva		More letva		Fiumara (stepenice)	
		Hsr (m n.m.)	Amplituda (cm)	Hsr (m n.m.)	Amplituda (cm)	Hsr (m n.m.)	Amplituda (cm)	Hsr (m n.m.)	Amplituda (cm)
1	31.3.2015	0,01	-10,0	0,03	-11,1	-0,02	-11,2	0,07	-11,9
2	26.4.2015	-0,16	2,0	-0,14	0	-0,20	1,1	-0,10	1,0
3	18.5.2015	0	7,0	0,03	9,3	-0,02	7,2	0,07	6,3
4	8.6.2015	-0,28	18,2	-0,25	13,7	-0,34	19,0	-0,23	18,1
5	8.7.2015	-0,18	18,1	-0,12	12,5	-0,20	15,0	-0,09	12,5
6	25.8.2015	0,02	2,0	0,10	2,4	0,02	0,7	0,11	1,0
7	22.9.2015	0,15	4,0	0,19	6,2	0,14	4,5	0,23	4,2
8	22.10.2015	0,08	-2,0	0,10	-1,0	0,03	-1,0	0,11	-2,0
9	11.11.2015	0	-23,2	0,04	-22,2	-0,03	-30,4	0,07	-29,0
10	10.12.2015	-0,39	-5,2	-0,47	-10,3	-0,56	-8,7	-0,45	-10,0
11	27.1.2016	-0,08	-9,0	-0,03	-16,1	-0,11	-9,6	-0,03	-11,7
12	17.2.2016.	0,20	0	0,18	0	-0,02	0	0,05	0

Kao što je već spomenuto, protoke Mrtvog kanala mjerene su na temelju mjerenja brzina vode pomoću elektromagnetskog hidrometrijskog krila (Slika 3.7.). Osnovni koraci pri tome bili su odabrati točan profil vodomjerenja, snimiti geometriju presjeka profila na kome se vrši mjerenje, odrediti vertikale i točke na tim vertikalama na kojima će se vršiti mjerenje brzina, mjeriti brzine u pojedinim točkama te na kraju obraditi podatke. Svaka brzina u određenoj točki mjerena je kao prosječna brzina u intervalu od 30 sekundi. Na mjerenoj poziciji Fiumara brzine su mjerene na svakih 20 cm od dna kanala, dok su na mjerenoj poziciji Lešnjak svakih 10 cm pri dnu, te 30-40 cm od sredine prema površini. To je zbog toga što se zbog geometrije i položaja kanala i cijevnih profilakoncentrirani dotoci na toj poziciji pojavljuju samo pri dnu kanala.

Prilikom mjerenja na lokaciji Lešnjak u većini je slučajeva korišten čamac, dok je na profilu Fiumara vodomjerenja bilo moguće provesti terestičkim pristupom.



Slika 3.7. Mjerenje protoka pomoću hidrometrijskog krila.

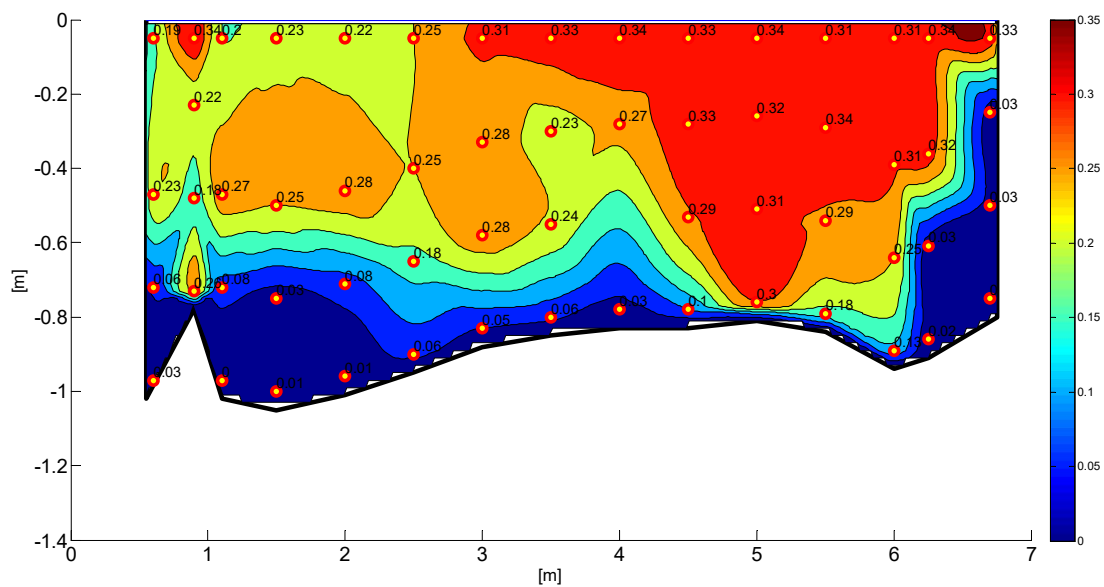
### 3.2. REZULTATI I ANALIZE MONITORINGA

Rezultati provedenih vodomjerenja u vrijeme kada su sprovedena i uzorkovanja vode na postajama Fiumara i Lešnjak u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine prikazani su na slikama 3.8. – 3.31. Prikazane su točke na kojima je provedeno mjerenje brzina, kao i same brzine, a na osnovi čega su u računarskom programu MATLAB interpolirane izoetahe, te definirana polja brzina u istom klasnom razredu. Provedenom integracijom tako dobivene prostorne raspodjele brzina, određene su i protoke za dane mjerene situacije.

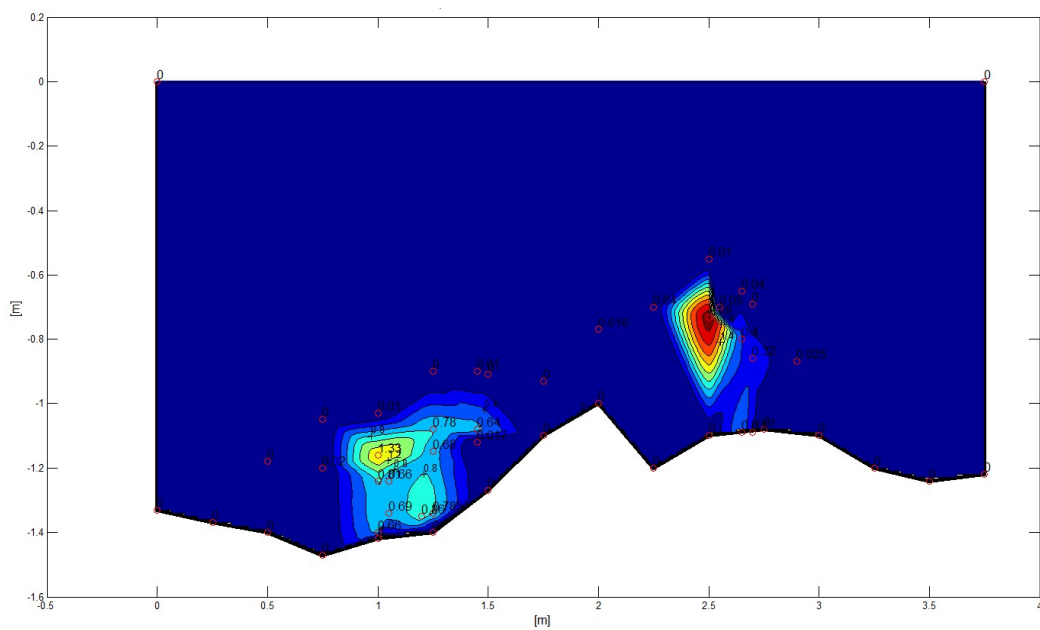
Iz danih je prikaza vidljivo da hidrološki profil Fiumara u istim hidrološkim prilikama ima dominantniji dotok u Mrtvi kanal u odnosu na dotok pritoka Lešnjak koji je prostorno puno varijabilniji zbog koncentriranog istjecanja u nekoliko točaka na obalnom zidu Mrtvog kanala i disperzniji. Izmjerenе protoke u pojedinim točkama vodomjernog profila, ovisno o stanju hidroloških prilika, kretale su se između 712 i 1778 l/s kod postaje Fiumara i između 115 i 312 l/s kod postaje Lešnjak. Raspon maksimalnih brzina na postaji Fiumara kretao se između 0,32 i 0,49 m/s, a na postaji Lešnjak između 0,6 i 1,05 m/s.

Slijedi prikaz dobivenih rezultata:



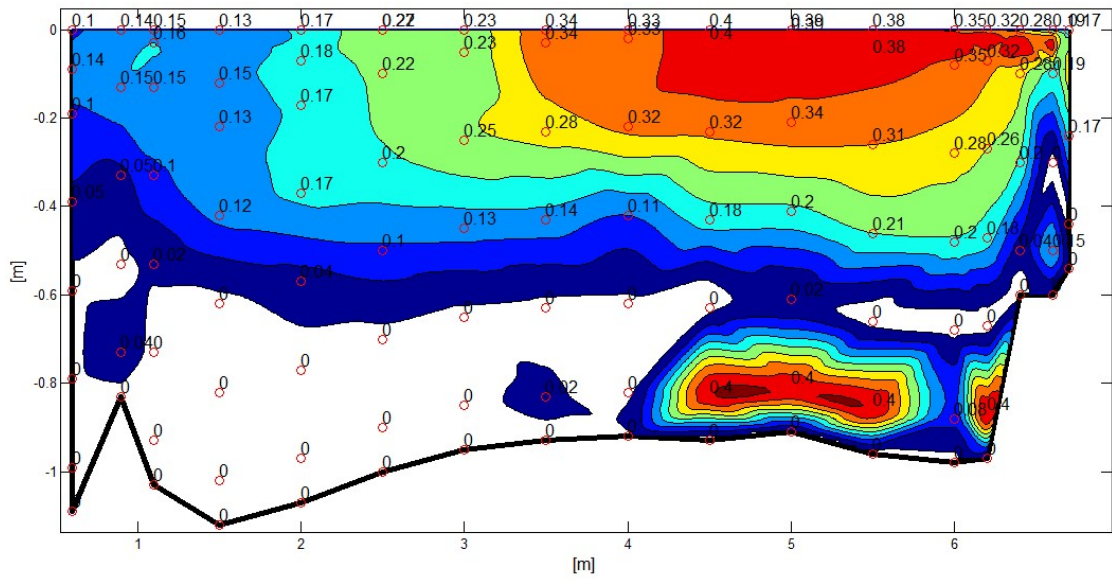


Slika 3.8. Dana 31.3.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 1197 l/s.

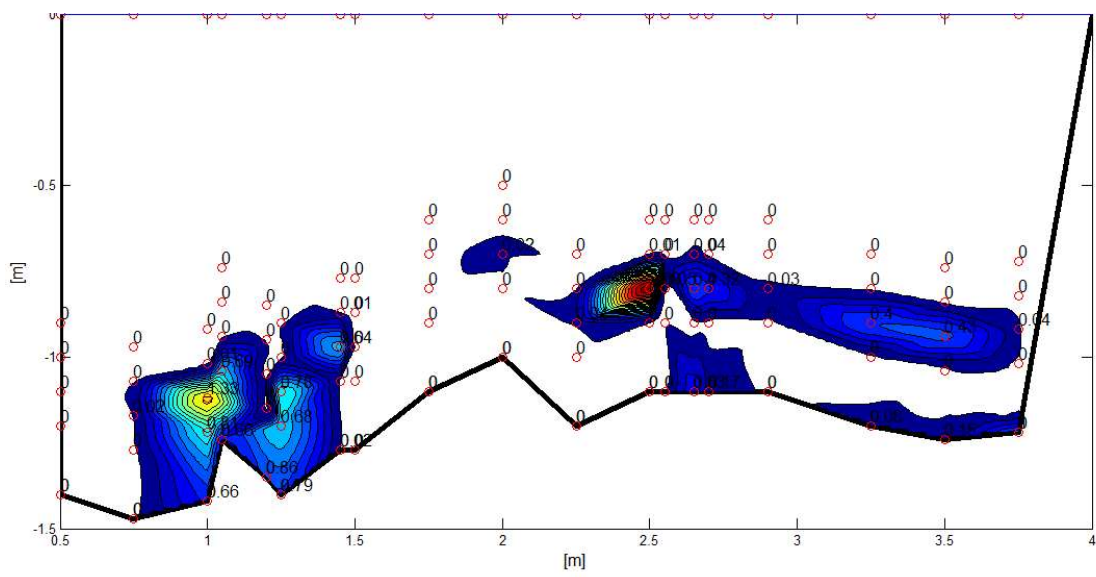


Slika 3.9. Dana 31.3.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 279 l/s.

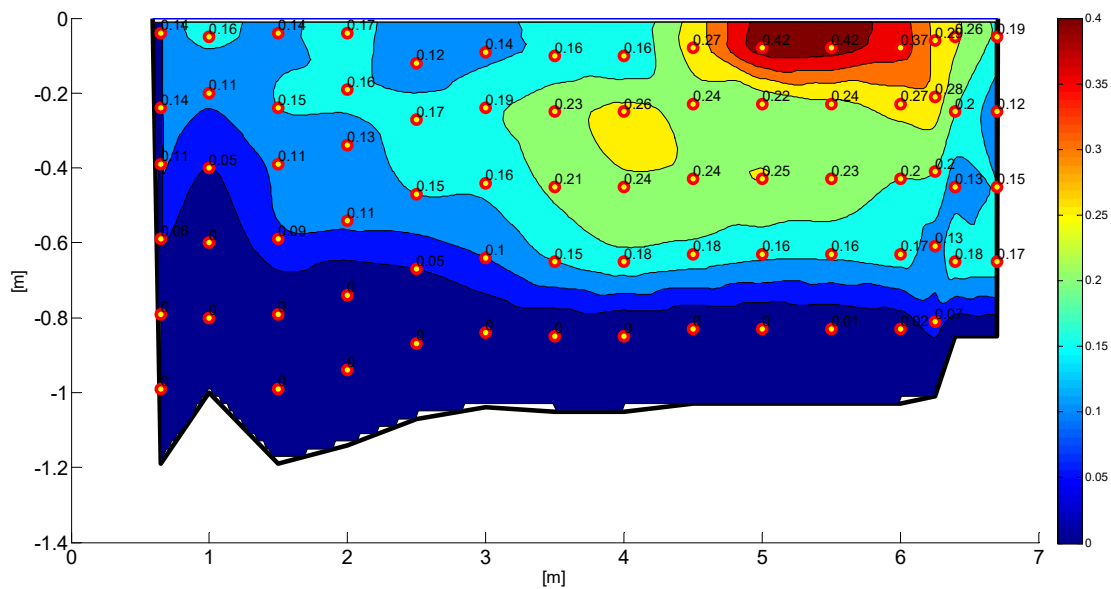




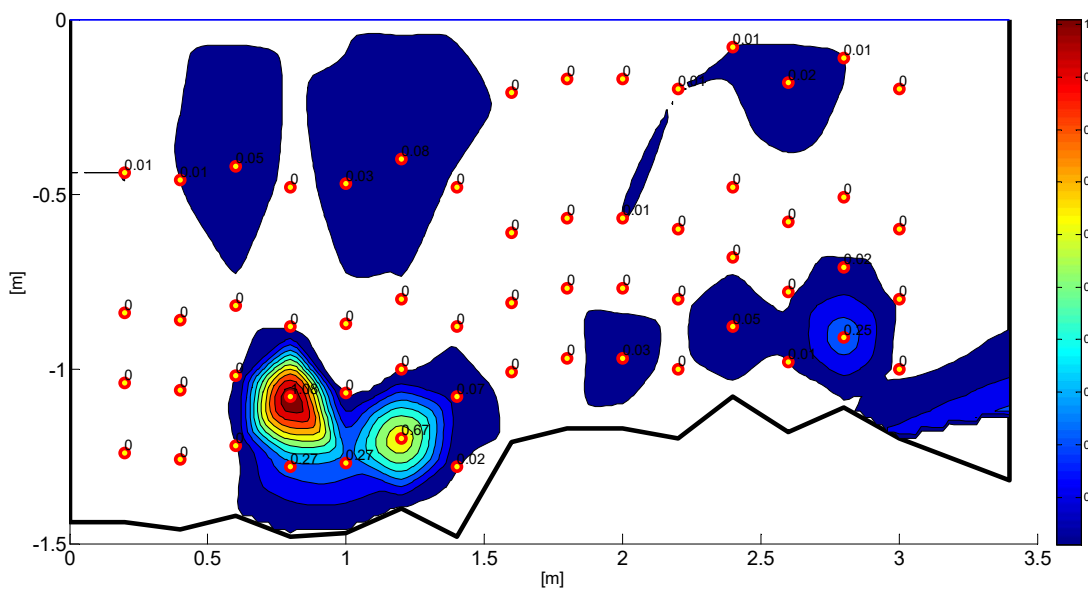
Slika 3.12. Dana 18.5.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 824 l/s.



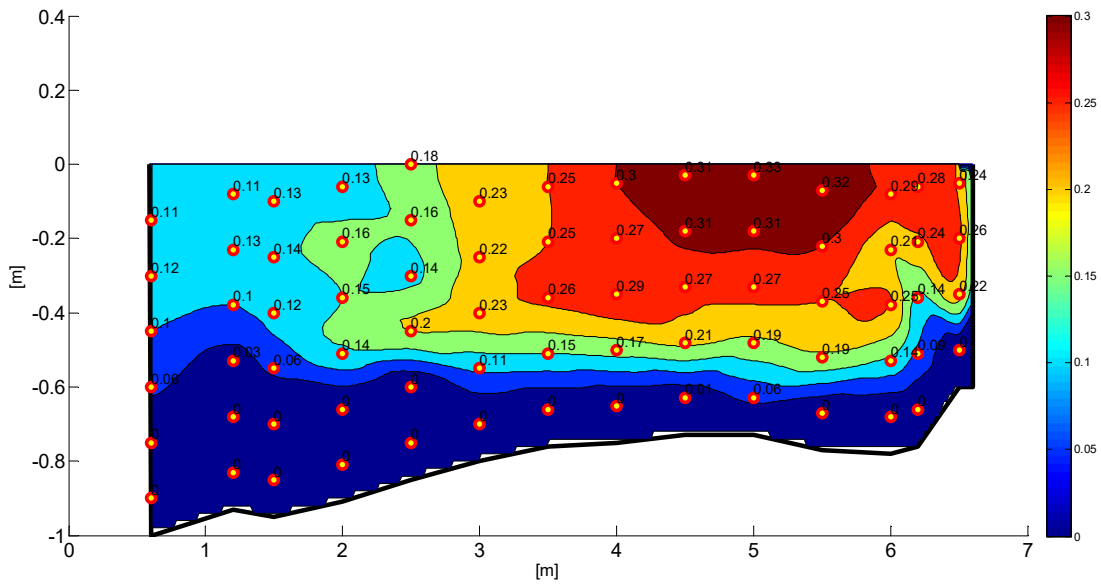
Slika 3.13. Dana 18.5.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 181 l/s.



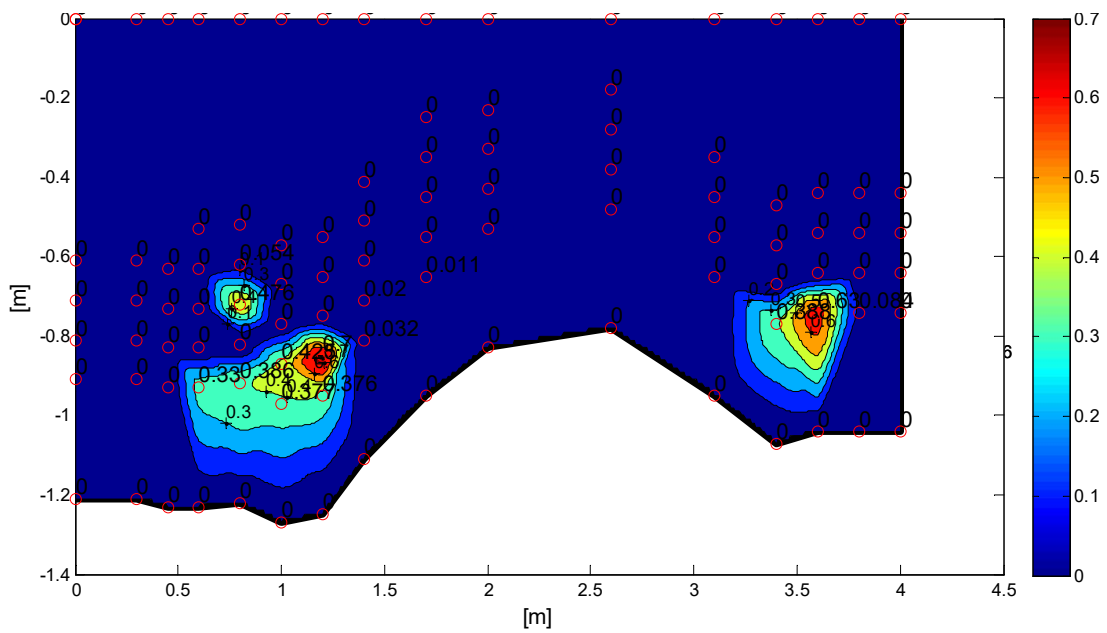
Slika 3.14. Dana 8.6.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 790 l/s.



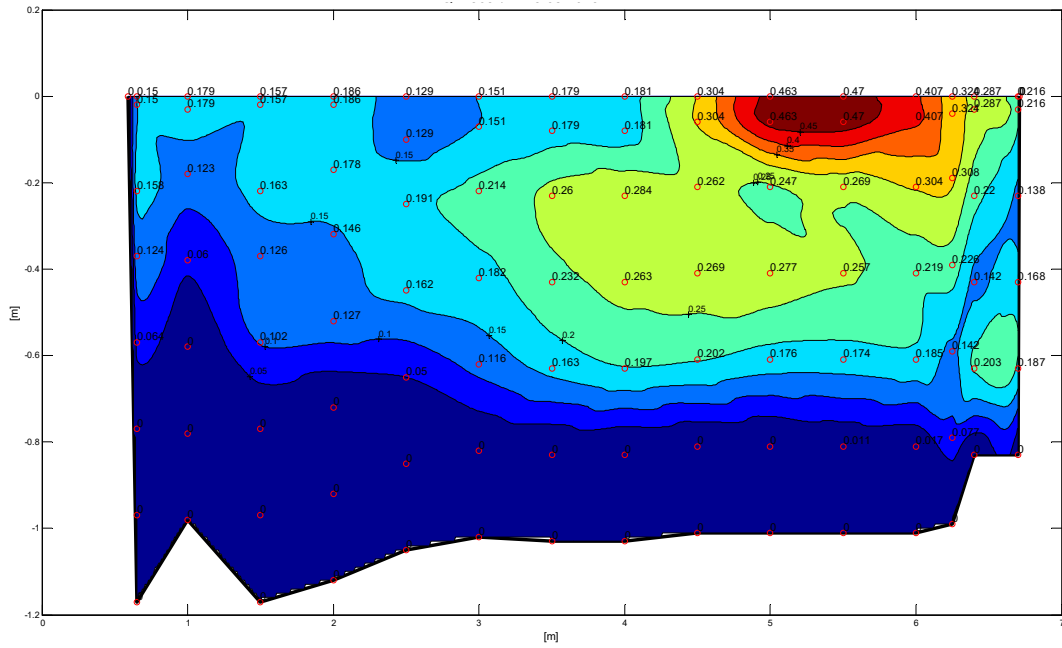
Slika 3.15. Dana 8.6.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 149 l/s.



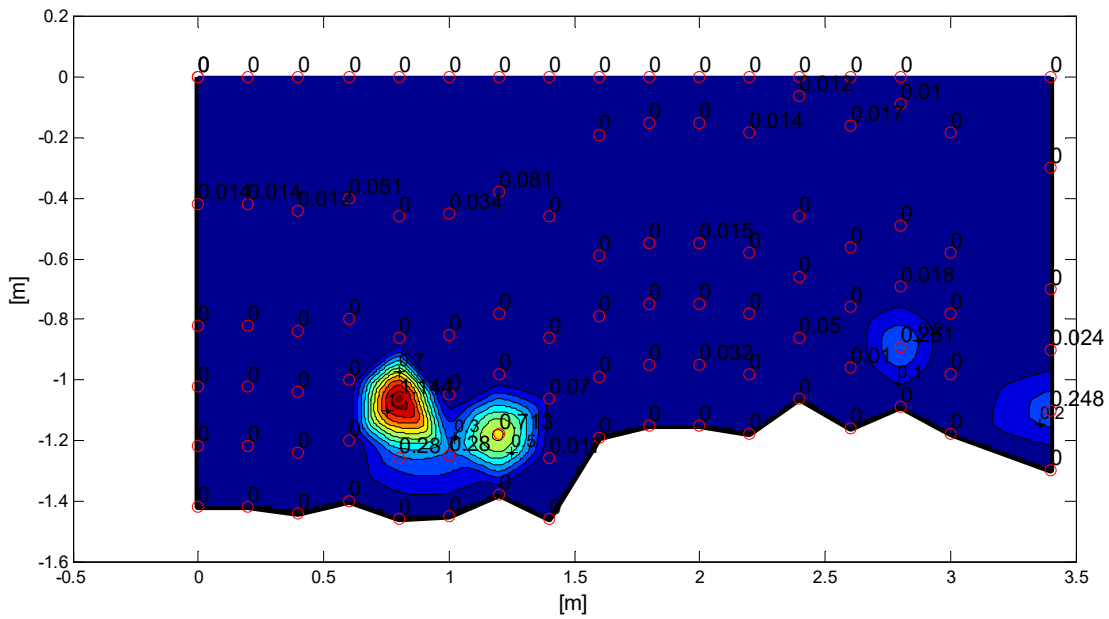
Slika 3.16. Dana 8.7.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 714 l/s.



Slika 3.17. Dana 8.7.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 146 l/s.

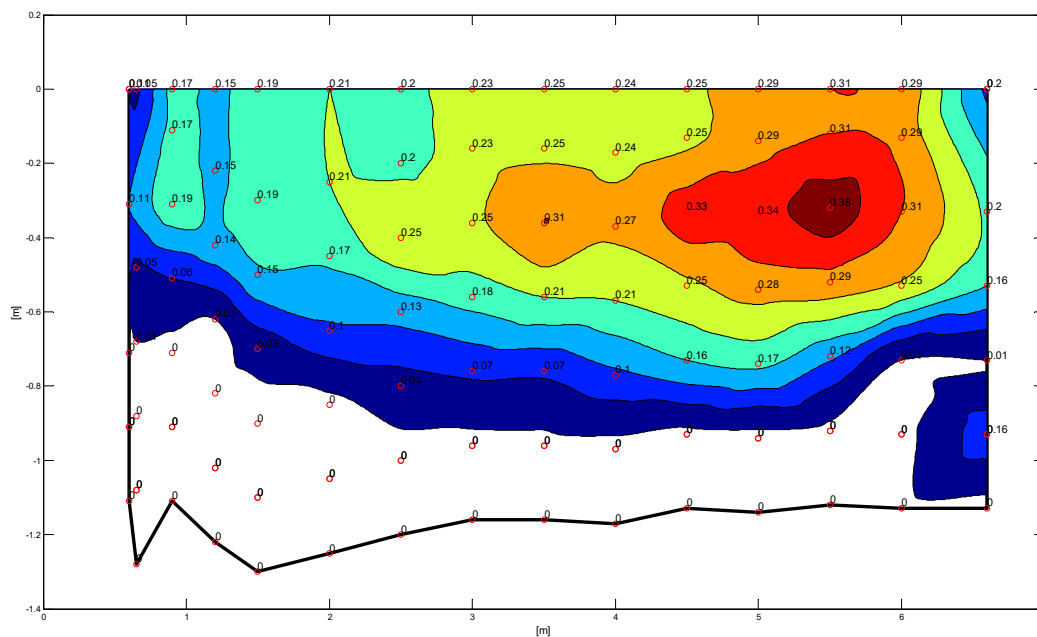


Slika 3.18. Dana 25.8.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 865 l/s.

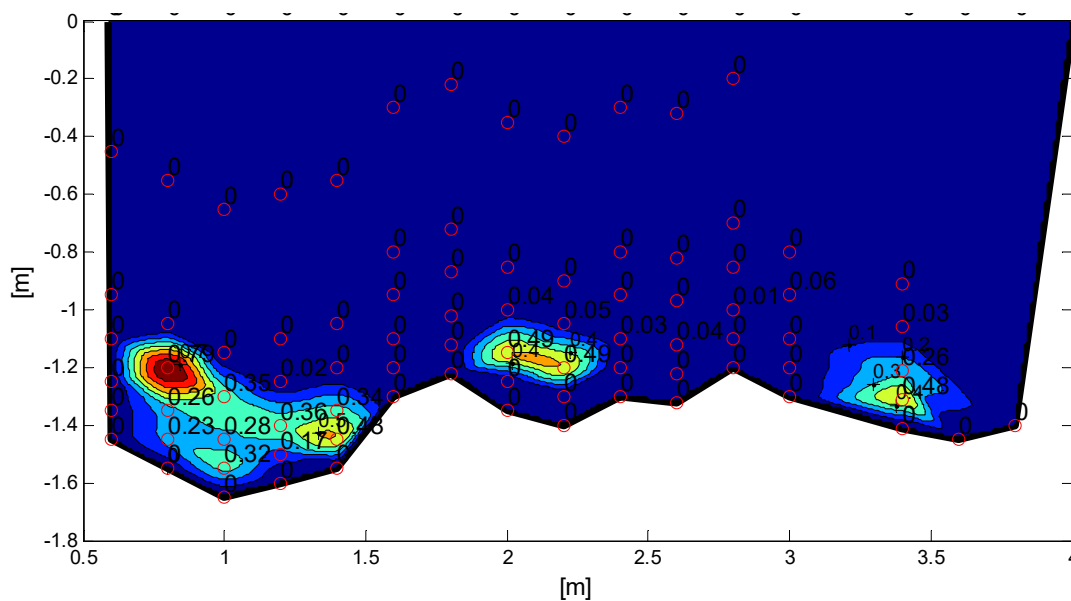


Slika 3.19. Dana 25.8.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 159 l/s.

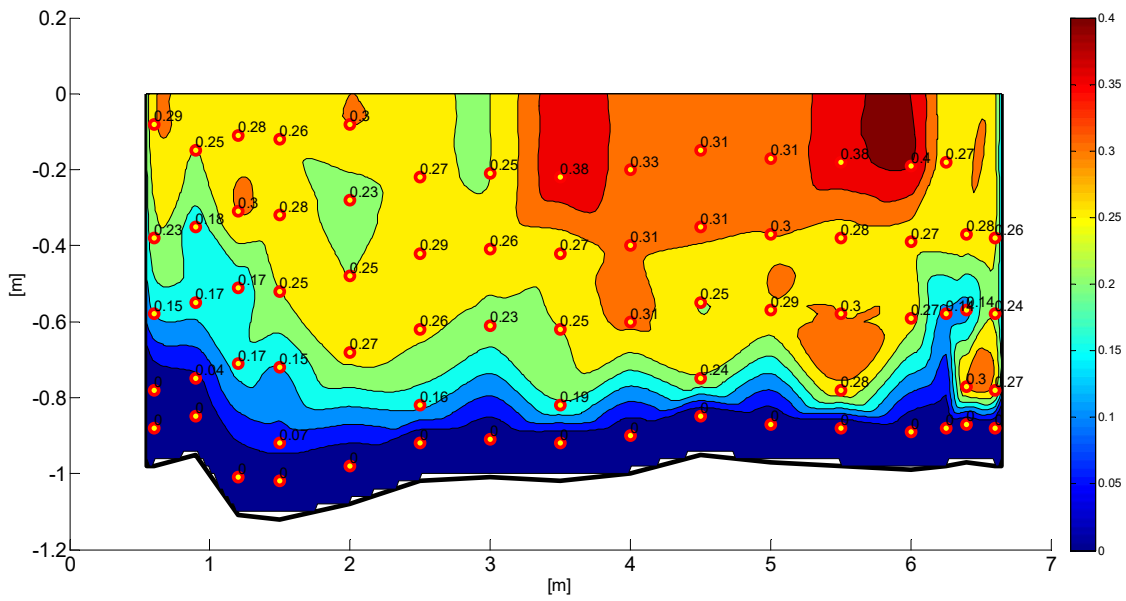




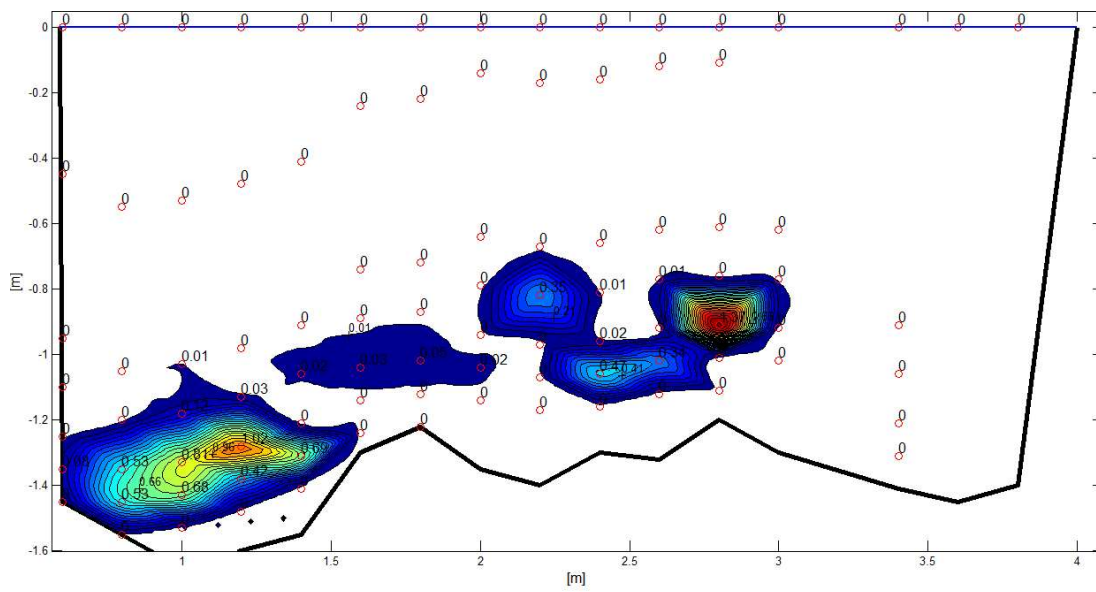
Slika 3.20. Dana 22.9.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 981 l/s.



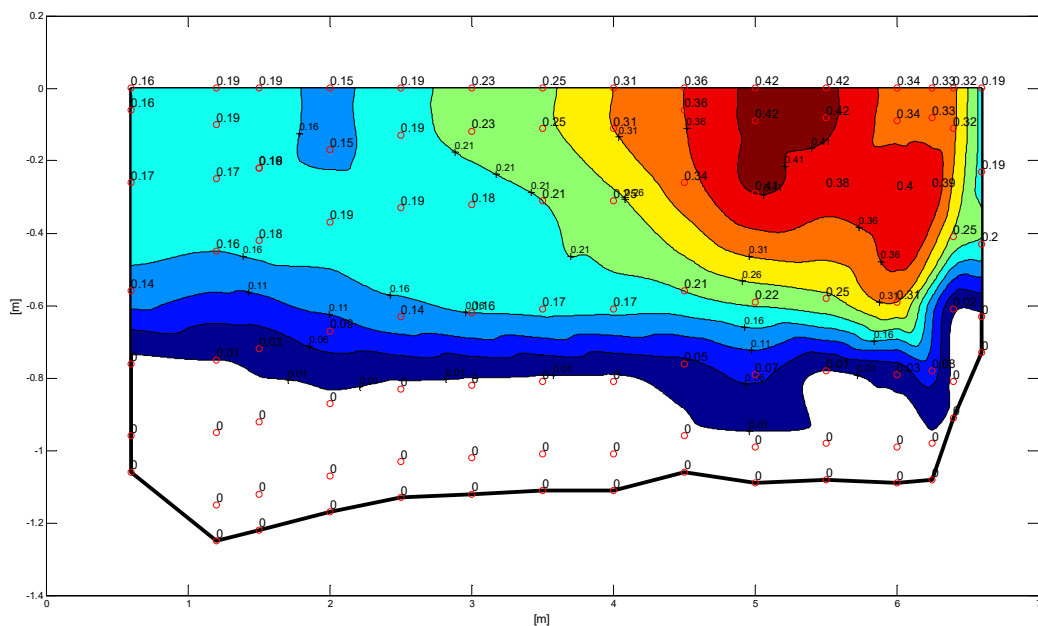
Slika 3.21. Dana 22.9.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 155 l/s.



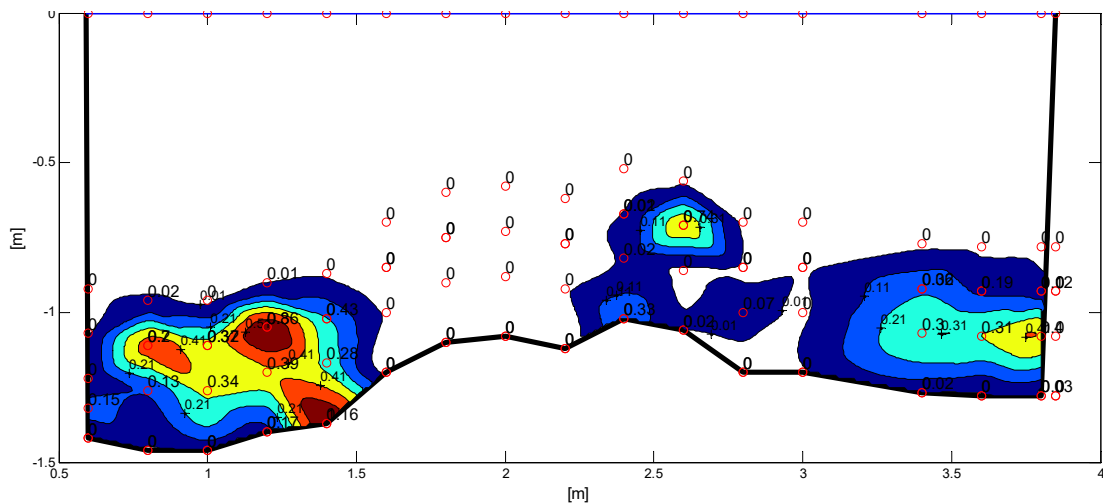
Slika 3.22. Dana 22.10.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 1372 l/s.



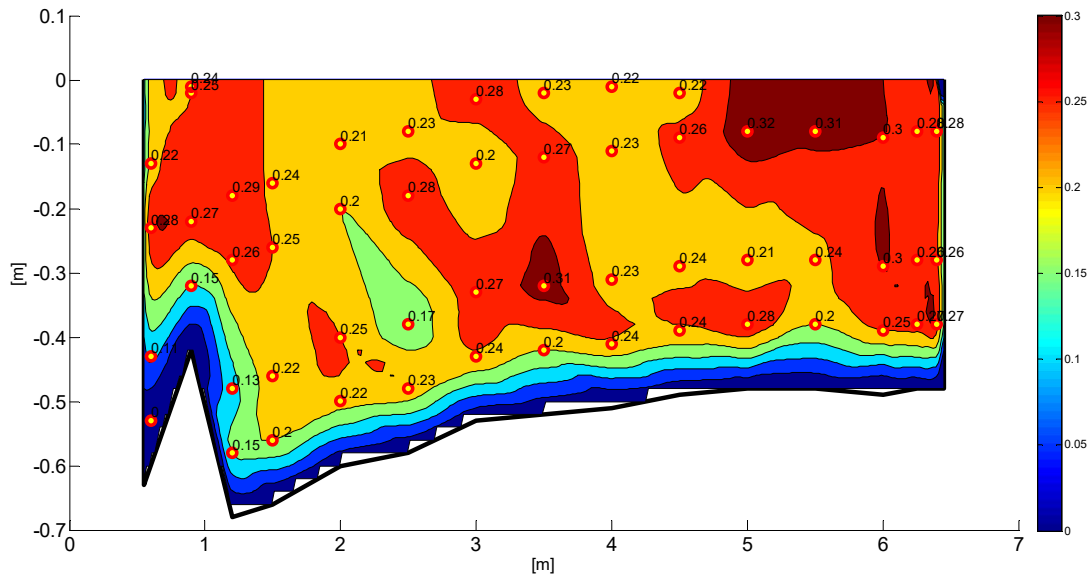
Slika 3.23. Dana 22.10.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 184 l/s.



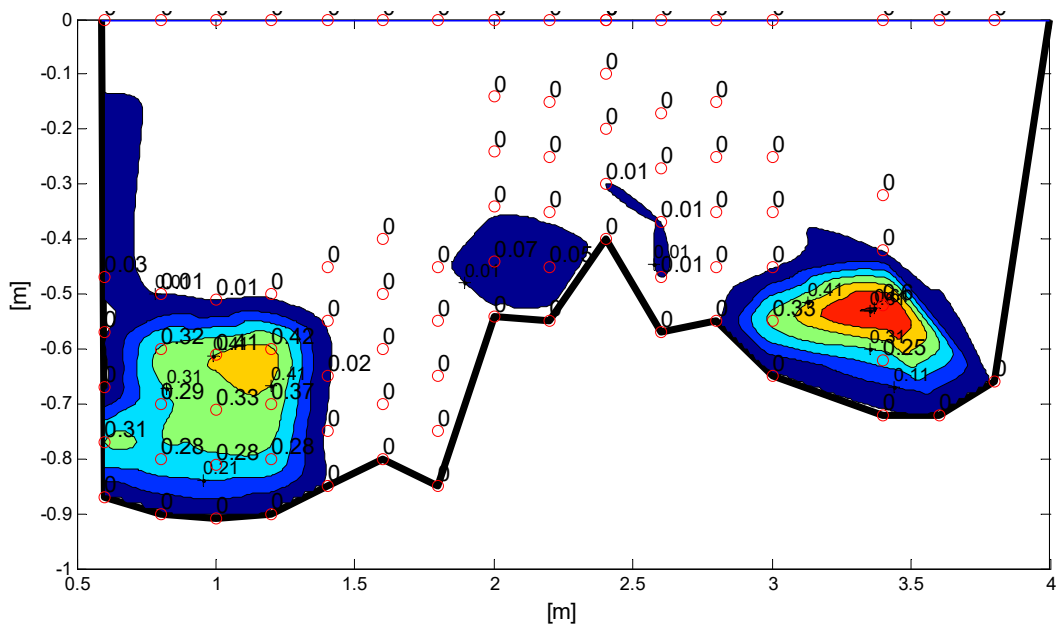
Slika 3.24. Dana 11.11.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 1011 l/s.



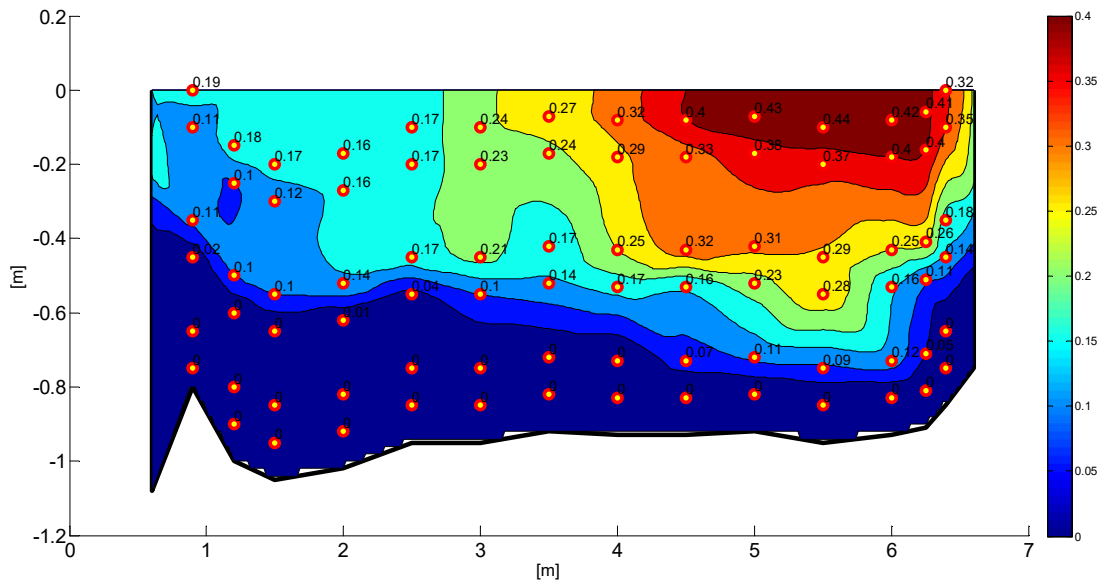
Slika 3.25. Dana 11.11.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 179 l/s.



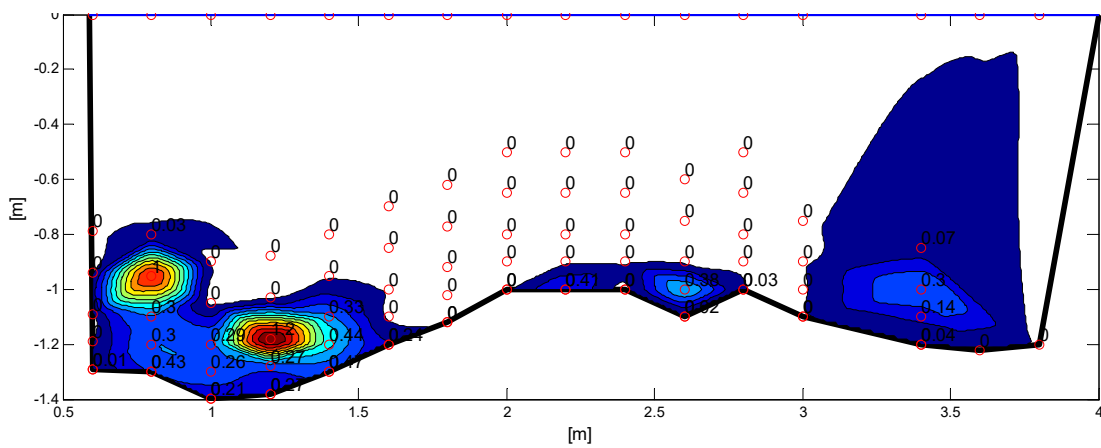
Slika 3.26. Dana 10.12.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 712 l/s.



Slika 3.27. Dana 10.12.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 115 l/s.



Slika 3.28. Dana 27.1.2015. izmjerena protoka na Fiumari iznosi 879 l/s.



Slika 3.29. Dana 27.1.2015. izmjerena protoka na Lešnjaku iznosi 169 l/s.

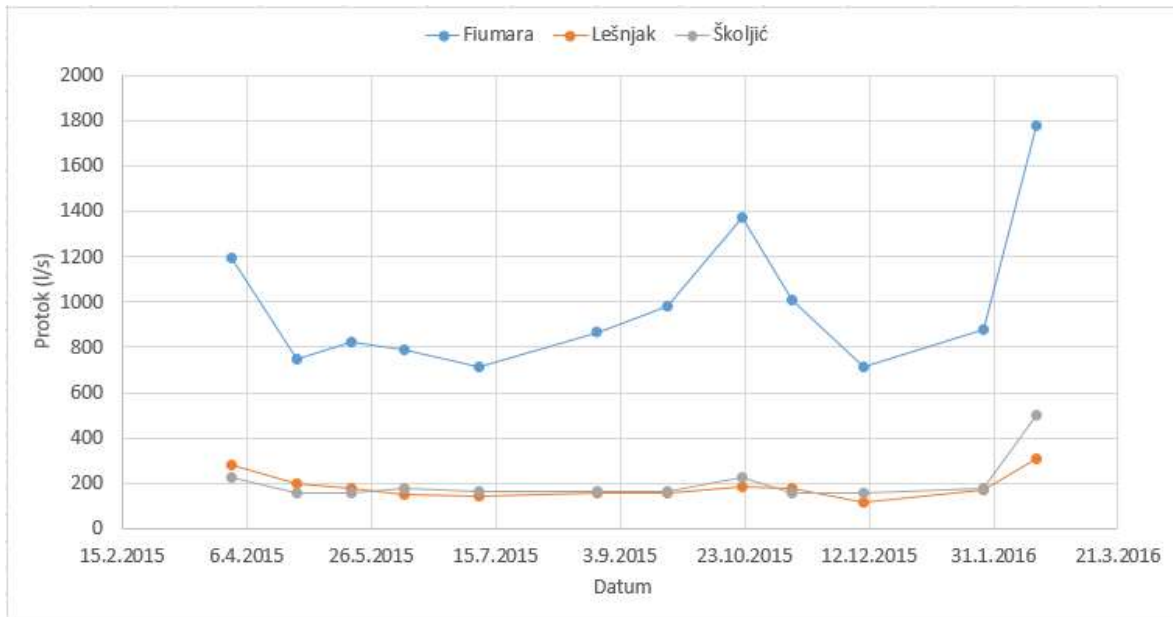




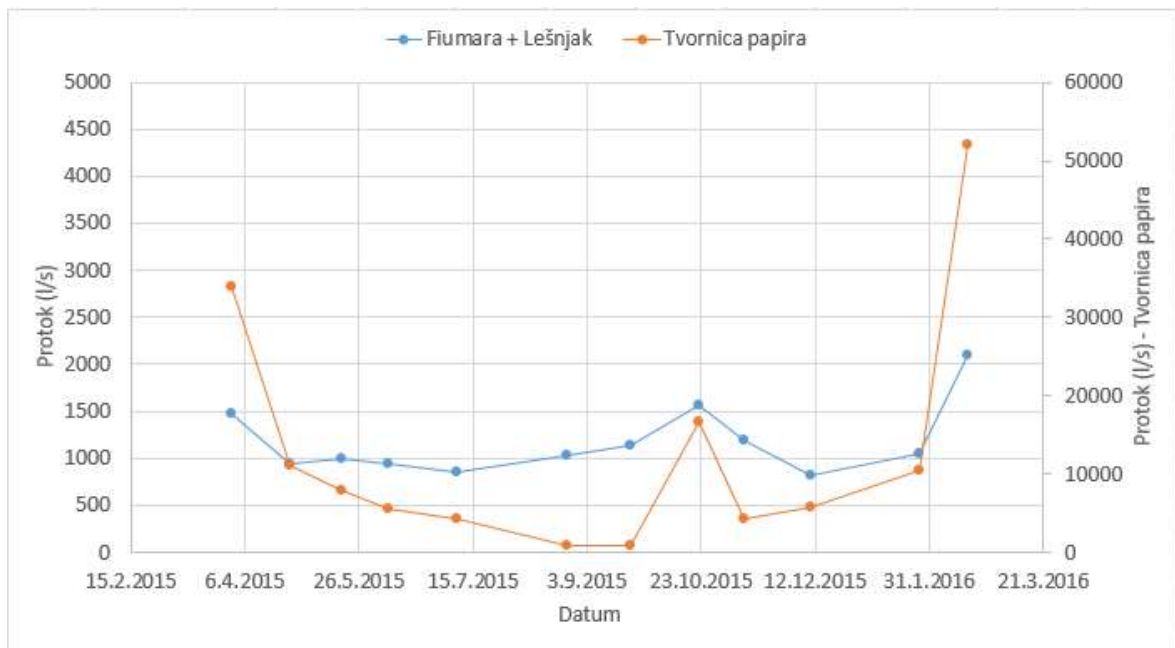
karakteristične srednje dnevne vrijednosti protoka na postaji Rječina – Tvornica papira na dane uzorkovanja (3.2015.-2.2016.).

DATUM UZROKOVANJA	PROTOK (l/s)			
	Fiumara	Lešnjak	Školjić	Tvornica papira
31.3.2015	1197	279	225	33826
26.4.2015	748	197	155	11096
18.5.2015	824	181	155	7804
8.6.2015	790	149	175	5634
8.7.2015	714	146	165	4247
25.8.2015	865	159	165	964
22.9.2015	981	155	165	789
22.10.2015	1372	184	225	16584
11.11.2015	1011	179	155	4209
10.12.2015	712	115	155	5744
27.1.2016	879	169	175	10400
17.2.2016	1778	312	500	52100

Slika 3.32. prikazuje izmjerene i registrirane protoke na postajama Fiumara, Lešnjak i Školjić na dane uzorkovanje. Vidljivo jeda su najveće promjene protoka na postaji Fiumara, dok protoke na postajama Lešnjak i Školjić vrlo malo osciliraju i približno su istih vrijednosti. Najveće protoke izmjerene su u 2. mjesecu 2016. godine, a iznose 1778 l/s na postaji Fiumara, 312 l/s na postaji Lešnjak te 500 l/s na postaji Školjić, dok su najmanje protoke izmjerene tijekom ekstremno sušnog 12. mjeseca. Slika 3.33. prikazuje odnos zbrojenih protoka postaja Fiumare i Lešnjaka i srednjih dnevnih protoka postaje Rječina – Tvornica papira. Na slici vidimo da je najveća protoka na postaji Rječina – Tvornica papira u veljači 2016. godine te iznosi 52.100 l/s, dok su protoke u ljetnim mjesecima vrlo niske, pogotovo u mjesecu kolovozu i rujnu kada poprimaju vrijednost čak nižu od ukupne protoka postaja Fiumare i Lešnjaka.

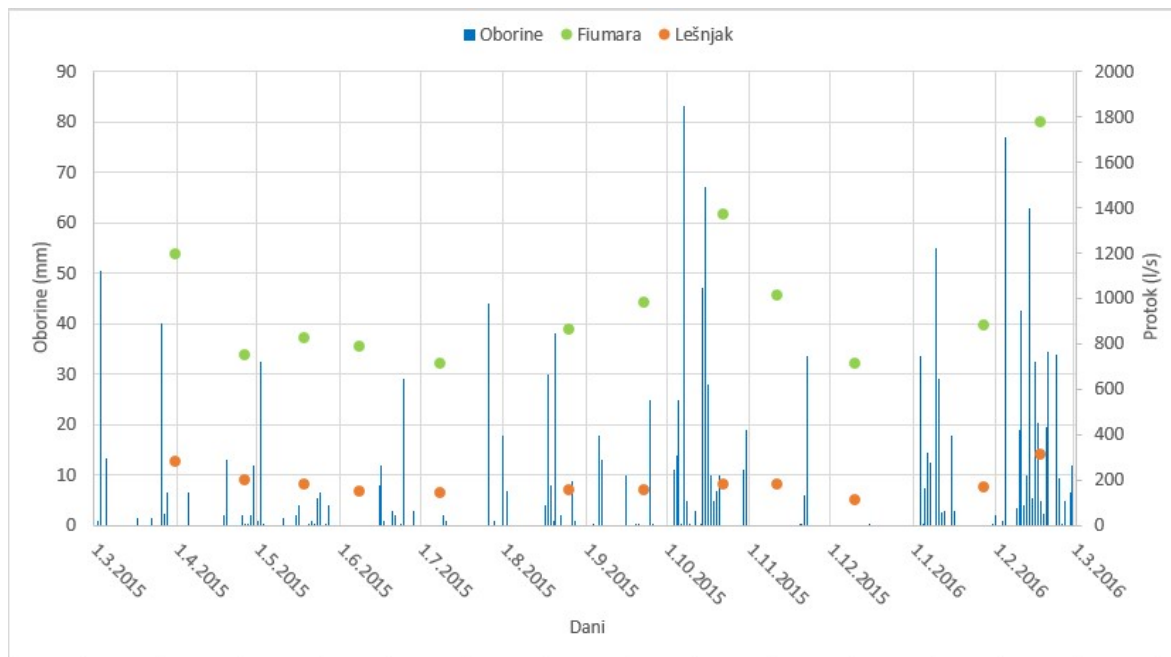


Slika 3.32. Izmjereni i registrirani protoci na postajama Fiumara, Lešnjak i Školjić na dane uzrokovanja u razdoblje od ožujka 2015. do veljače 2016.



Slika 3.33. Ukupni protoci postaja Fiumare i Lešnjaka u odnosu na karakteristične srednje dnevne vrijednosti protoka na postaji Rječina – Tvornica papira na dane uzrokovanja.

Na slici 3.34. dan je prikaz izmjerenih protoka na postajama Fiumara i Lešnjak te dnevnih količina oborina na postaji Rijeka. Maksimalna registrirana mjesečna oborina tijekom promatranog razdoblja zabilježena je u 2. mjesecu 2016. godine i iznosi 407,7 mm. Iz grafa je vidljivo da postaje Fiumara i Lešnjak vrlo brzo reagiraju na pale oborine.

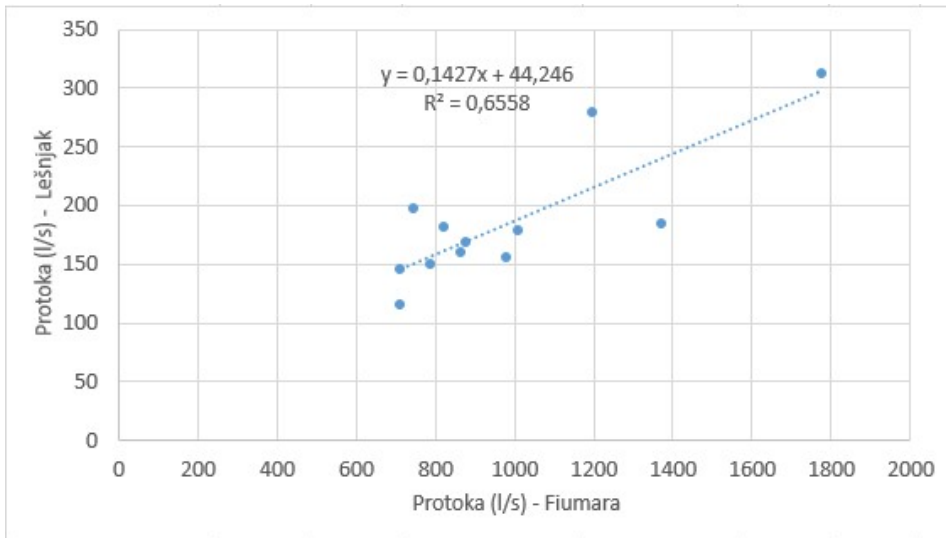


Slika 3.34. Prikaz izmjerenih protoka na postajama Fiumara i Lešnjak te dnevnih količina oborina na postaji Rijeka u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

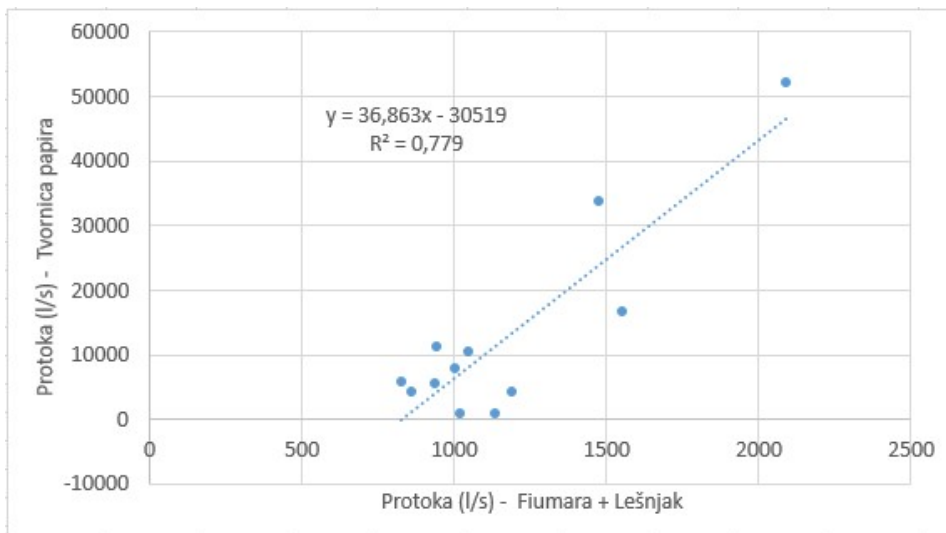
Provedena je i regresijska analiza međuodnosa protoka Lešnjaka i Fiumare (Slika 3.35.), te ukupnih dotoka u Mrtvi kanal (Lešnjak + Fiumara i Rječina – Tvornica papira) (Slika 3.36.). Analiza je pokazala postojanje izvjesne povezanosti spomenutih dvaju izvorišnih ogranaka dotoka podzemnih voda u Mrtvi kanal - Fiumare i Lešnjaka, sa relativno dobro izraženom čvrstinom veze (koeficijent determinacije  $R^2 = 0,66$ ). Pri analizi ukupnih protoka Fiumare i Lešnjaka i srednjeg dnevnog protoka postaje Rječina – Tvornica papira, veza se pokazala još i čvršća ( $R^2 = 0,78$ ).

Na spomenute odnose veza između zabilježenih protoka Rječine i ukupnih dotoka u Mrtvi kanal, mogući utjecaj, uz različit hidrološki režim može imati i rad HE Rijeka i dinamika punjenja i pražnjenja akumulacije Valići, ima i različita dinamika crpljenja voda na izvoru Zvir, kao i utjecaj plime i oseke na unutardnevna kolebanja protoka na mjestu istjecanja izvorskih voda. Zbog tih međutjecaja, srednji godišnji dotok u ovim dvama ograncima s koncentriranim dotocima u Mrtvi kanal može se procijeniti na pojednostavljen način – kao srednja vrijednost 12 raspoloživih mjerenja. U danom slučaju prosječna vrijednost dotoka kanalom Fiumara iznosi 989 l/s, a Lešnjakom 185 l/s, ukupno 1.175 l/s, odnosno oko 1.200 l/s. Maksimalna vrijednost ukupnih

dotoka zabilježena je u veljači 2016. s oko 2.100 l/s, a najmanja u srpnju 2015. s oko 860 l/s. Ukoliko se pak uzmu u obzir da je srednja godišnja protoka Rječine na profilu Tvornice papira  $13,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , a za 2015. godinu  $8,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , te prema danom međuo odnosu provede redukcija ukupnih dotoka u Mrtvi kanal tijekom analiziranog jednogodišnjeg razdoblja od 3.2015. do 2.2016., te uzme u obzir i natprosječno vodnu veljaču, proizlazi da je srednji višegodišnji dotok u Mrtvi kanal oko  $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .



Slika 3.35. Međuo odnos izmjerenih protoka na postajama Fiumara i Lešnjak.



Slika 3.36. Međuo odnos ukupnih protoka postaja Fiumare i Lešnjaka i karakterističnog srednjeg dnevnog protoka postaje Rječina – Tvornica papira.

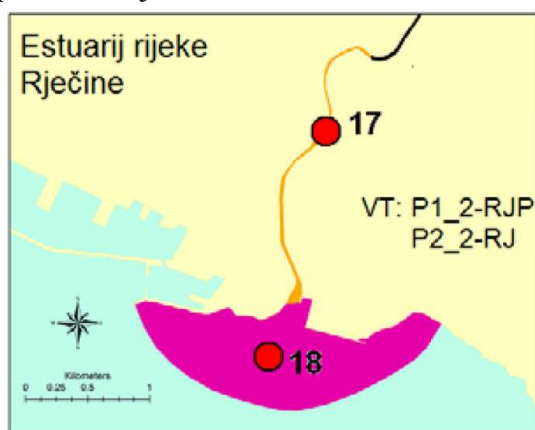


## 4 OCJENA HIDROMORFOLOŠKOG STANJA I PRITISAKA

### 4.1. MORFOLOGIJA

Ocjenjivanje hidromorfoloških pokazatelja otežano je nedefiniranim statusom vodne površine/tijela Mrtvog kanala. Naime, radi se o nekadašnjem ušću Rječine koje je odavno, još od sredine 19. stoljeća, bitno izmijenilo samo svoj morfološki status u odnosu na prethodno prirodno stanje (izgrađeni obalni zidovi duž cijele 473 m duge dionice toka), nego i režim otjecanja iz razloga što su protjecanja rijeke Rječine iz njenog uzvodnijeg dijela toka preusmjerena u potpuno novu dionicu toka s tada novoformiranim ušćem. Iz toga razloga umjesto ranijih protoka sa srednjom vrijednošću od oko  $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (sr.god protoka na profilu Tvornica papira – Rječina od  $13,3 + 1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  koliki je na temelju mjerenja u ovom projektu utvrđen doprinos izvora nizvodno od tog profila), Mrtvim kanalom nakon prokopa novog korita najdonjeg toka Rječine protječu bitno, reda veličine čak deset puta manje, protoke – svega oko  $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Izostala su i nekadašnja povremena potpuna odslađivanja klina morske vode na dionici toka pod utjecajem uspora mora pri pojavama velikih voda, a promijenio se, bitno reducirao i pronos i obim sedimentacije nanosa, kao i karakter samih sedimenta.

Obzirom na udio morske vode u vodama Mrtvog kanala, isti nesumnjivo ne pripada u slatkovodne kopnene sustave, već se radi o prijelaznoj vodi ili priobalnim vodama. U dokumentu „Karakterizacija područja i izrada prijedloga programa i provedba monitoringa stanja voda u prijelaznim i priobalnim vodama Jadranskog mora prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (2000/60/EC), Dio drugi: Rezultati monitoringa kemijskog i ekološkog stanja u vodnim tijelima prijelaznih i priobalnih voda uz procjenu njihovog hidromorfološkog stanja“ (Institut za oceanografiju i ribarstvo, 2011) dan je konačan prijedlog vodnih tijela u području prijelaznih i priobalnih voda, premakome u okviru izdvojenog estuarija rijeke Rječine (Slika 4.1.) nije izdvojen a niti prikazan dio vodene površine koji se odnosi na akvatički sustav Mrtvog kanala.



Slika 4.1. Prijedlog tipizacije prijelaznih voda na području estuarija rijeke Rječine (Institut za oceanografiju i ribarstvo, 2011).

Za vodno tijelo P3\_2-RJ, sada P2\_2-RJ (Rječina), isti dokument Institut za oceanografiju i ribarstvo (2011), uzprimjetljivu razliku u primijenjenom stupnju klasifikacije u odnosu na prikazu sa slike 4.1. (Tablica 4.1.) kao prijedlog mjera navodi da to vodno tijelo treba predložiti kao kandidata za znatno izmijenjena vodna tijela. Nadalje se u tom dokumentu predlaže da se za vodno tijelo P1\_2-RJP (sam donji tok Rječine između utoka Zvira i kanala HE Rijeka i ušća) provedu daljnja istraživanja tipologije ili statusa vodnog tijela, dok se za vodno tijelo P2\_2-RJP, koje obuhvaća utjecajni prostor toka Rječine izvan neposrednog ušća njenoga korita, predlaže u tom dokumentu dana klasifikacija.

Tablica 4.1. Značajke karakterizacije vodnih tijela u kojima nije ustanovljeno barem dobro kemijsko ili ekološko stanje –izvod (Institut za oceanografiju i ribarstvo, 2011).

VT: P3_2-RJ (Rječina)	
<b>Kemijsko stanje:</b>	Zadovoljava
<b>Hidromorfološko stanje-procjena</b>	Umjereno
<b>Ekološko stanje:</b>	Umjereno Kritični BEK: Ribe
<b>Obrazloženje:</b>	Srednje stanje za VT je "umjereno dobro" Postoji cijeli niz negativnih čimbenika (ispusti, kuće, cesta) koji narušavaju normalnu ihtiostrukturu VT. Rezultati upućuju na dosta modificirana vodna tijela vjerojatno čovjekovom aktivnošću jer je riječ o rijeci koja je poz značajnim utjecajem grada Rijeka. Nije realno očekivati poboljšanje ekološkog stanja BEK Ribe u tom području ako se nastavi intenzivno korištenje.
<b>Prijedlozi mjera:</b>	VT P3-2-RJ treba predložiti kao kandidata za znatno izmijenjena vodna tijela. Ocjenjivanje vodnih tijela obaviti preko ekološkog potencijala.

Kako je prilikom spomenutih prethodnih istraživanja i ocjena izostavljeno sagledavanje karakterizacije Mrtvog kanala, u danom je dokumentu provedena takva ocjena, pri čemu je za ocjenu morfološkog stanja korištena Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja (Hrvatske vode, 2015) dana u skladu s Uredbom o standardu kakvoće vode (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015).

Radi se metodologiji koja se primjenjuje na potocima i rijekama, a zbog nedostataka drugačijih propisanih metodoloških postupaka primijenjena je i u danom slučaju gdje se radi o napuštenom koritu nekadašnje rijeke čiji akvatički sustav ima značajke prijelaznih voda s kojima je u kontaktu.

Pri danoj ocjeni hidromorfoloških elemenata (Tablica 4.2.), korištena je kvantitativna skala ocjenjivanja. Kod tog su sustava ocjenjivanja parametri ocjene podijeljeni u tri glavne kategorije obilježja: Hidrologija, Uzdužna povezanost i Morfologija, a primijenjena je petostupanjska ljestvica (1\_ naniži stupanj promjene, 5 – najviši stupanj promjene).

Tablica 4.2. Ocjena hidromorfoloških elemenata Mrtvog kanala.

<b>Kategorija obilježja: 2. Hidrologija</b>	
2.1. Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice	Ocjena :5 Karakter toka uveliko izmijenjen - zbog prelociranja glavnine toka voda Rječine izvan korita sadašnjeg Mrtvog kanala
2.2. Učinci promjena širom sliva na karakter prirodnog toka	Ocjena :5 - Protok je u velikoj mjeri izmijenjen zbog deseterostruko manje vodne bilance koja protječe Mrtvim kanalom u odnosu na nekadašnje prirodno stanje
2.3. Učinci promjene u dnevnom protoku (npr. vršno ispuštanje)	Ocjena: 1 – Nema promjena, tj. ne osjećaju se unutar dnevne promjene rada HE Rijeka na protoke u Mrtvom kanalu
<b>Kategorija obilježja: 3. Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina</b>	
Uzdužna povezanost:	Ocjena: 5 - Pregrađen nekadašnji tok i potpuno preusmjeren u novo korito.
<b>Kategorija obilježja. 4. Morfologija</b>	
4.1.1. Tlocrtni oblik	Ocjena: 5 - Tlocrtni oblik promijenjen na cijeloj dionici
4.1.2. Presjek korita	Ocjena: 5 - presjek korita promijenjen na cijeloj dionici uslijed regulacijskih radova
<b>4.2. Podloge</b>	
4.2.1. Količina umjetnog materijala	Ocjena: 5 - raširena sedimentacija organskog mulja uslijed donosa onečišćenih otpadnih voda
4.2.2. Mješavina "prirodnih" podloga ili izmijenja značajka	Ocjena: 5 - prirodna značajka korita uveliko izmijenjena preusmjerenjem tokova i nanosa novim koritom Rječine
<b>4.3. Vegetacija i organski ostaci u koritu</b>	
4.3.1. Uklanjanje vodene vegetacije	Ocjena: Nije bodovano jer se vegetacija ne uklanja iz razloga što i ne postoje uvjeti za njen razvoj na obalnom području
4.3.2. Količina drvenih ostataka, ako se isti očekuju	Ocjena: Nije bodovano jer se vegetacija ne uklanja iz razloga što i ne postoje uvjeti za njen razvoj na obalnom području
4.4. Karakter erozije/taloženja	Ocjena: 5 - Elementi erozije/taloženja odražavaju veliko odstupanje od prirodnog stanja.

4.5. Struktura obale i promjene na obali	Ocjena: 5 - Obala izgrađena od teških umjetnih materijala
4.6. Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu	Ocjena: 5 - Nepriradni zemljišni pokrov u obalnom pojasu
4.7. Korištenje zemljišta i s time povezana obilježja	Ocjena: 5 - Nepriradni zemljišni pokrov u obalnom pojasu
4.8. Interakcija između korita i poplavnog područja	
4.8.1. Stupanj lateralne povezanosti	Ocjena: 5 - Visoko regulirano korito s obalnim zidovima
4.8.2. Stupanj lateralnog kretanja riječnog korita	Ocjena: 5 - Cijela je dionica fiksirana i nema lateralnog kretanja.
SKUPNA PROSJEČNA OCJENA	Prosječne ocjena: 4.71 (na temelju 14 od 16 ocjenjivanih parametara)
KARAKTERIZACIJA	Izrazito promijenjeno vodno tijelo

Ukoliko se pak promatraju generalno dani Hidromorfološki elementi kakvoće za prijelazne vode (Tablica 4.3.), Mrtvi bi kanal po toj skali u pogledu režima plime i oseke odgovarao najniže klasificiranoj kategoriji iz razloga što na protjecanje voda njegovom duljinom ne utječu nikakvi izvedeni zahvati, ali morfološki uvjeti uvjetuju najniže klasificirano **umjereno** stanje.

Tablica 4.3. Hidromorfološki elementi kakvoće za prijelazne vode prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015).

Element	Vrlo dobro stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
režim plime i oseke	Režim protoka slatke vode potpuno ili gotovo potpuno odgovara nenarušenom stanju.	Stanje sukladno postizanju gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće.	Stanje sukladno postizanju gore navedenih vrijednosti za biološke elemente kakvoće
morfološki uvjeti	Promjene dubine, stanje sedimenta i struktura i stanje međuplimne zone potpuno ili gotovo potpuno odgovara nenarušenom stanju.	Stanje sukladno postizanju gore navedenih za biološke elemente kakvoće.	Stanje sukladno postizanju gore navedenih za biološke elemente kakvoće.

Ukoliko bi se pak hidromorfološki elementi Mrtvog kanala ocjenjivali prema elementima kakvoće za priobalne vode (Tablica 4.4.), isti bi također bili kategorizirani s kategorijom **umjereno** stanje.

Tablica 4.4. Hidromorfološki elementi kakvoće za priobalne vode prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015).

Element	Vrlo dobro stanje	Dobro stanje	Umjereno stanje
režim plime i oseke	Režim protoka slatke vode i smjer i brzina prevladavajuće struje potpuno ili gotovo potpuno odgovaraju nenarušenom stanju.	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti bioloških elemenata kakvoće.	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti bioloških elemenata kakvoće.
morfološki uvjeti	Promjene dubine, struktura i sediment priobalnog dna te struktura i stanje plimne zone potpuno ili gotovo potpuno odgovaraju nenarušenom stanju.	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti bioloških elemenata kakvoće.	Uvjeti sukladni postizanju gore navedenih vrijednosti bioloških elemenata kakvoće.



## **5 MONITORING KAKVOĆE VODE I NANOSA U MRTVOM KANALU U RIJECI**

### **5.1. MONITORING KAKVOĆE IZVORA I VODOTOKA RJEČINE U PERIODU ISPITIVANJA 2014. I 2015. GODINE**

Rijeka Rječina, odnosno njezin izvor je glavni izvor za vodopskrbu stanovništva pitkom vodom. Za sušnih razdoblja izvor presušuje, a za vrijeme vrlo sušnih razdoblja i po nekoliko mjeseci. Izdašnost izvora kreće se od 0 do oko 60 m<sup>3</sup>/s. Rječina je duž svog toka razvrstana u četiri tipa tekućica, od toga su dva tipa prijelaznih voda, odnosno podijeljena je u dva vodna tijela. Stanje ove površinske vode određeno je s obzirom na navedenu tipizaciju.

Monitoringom koje su Hrvatske vode dodijelile Nastavnom Zavodu za javno zdravstvo u periodu ispitivanja 2014. i 2015. godine Rječina je ispitana na četiri lokacije: Rječina Drastin, Rječina Kukuljani, Rječina uzvodno od Pašca i Rječina ušće, koja je ispitana samo tijekom 2015. godine. Ujedno je monitoringom bio obuhvaćen i izvor Rječine.

Na postaji Rječina izvor ispitivali su se slijedeći pokazatelji: fizikalno-kemijski pokazatelji, režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki pokazatelji, te kadmij, olovo i živa. Na postajama Rječina Drastin, Rječina Kukuljani, Rječina uzvodno od Pašca monitoringom su ispitani fizikalno-kemijski pokazatelji, režim kisika, hranjive tvari te ostali pokazatelji kao TOC i ionski sastav vode. Postaja Rječina ušće ispitana je tijekom 2015. godine u različitom obimu analiza kao što su: fizikalno-kemijski pokazatelji, režim kisika, hranjive tvari, metali, organski spojevi među kojima su prioritetne tvari i druge onečišćujuće tvari, ionski sastav vode te mikrobiološki pokazatelji.

Kvaliteta izvora Rječine u 2014. i 2015. godini prikazana je tablično i ocjenjena sukladno standardima kakvoće podzemnih voda prema Uredbi (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015), Prilog 6. Postaje Rječina Drastin, Rječina Kukuljani i Rječina uzvodno od Pašca svrstane su u tip HR-R\_7 i ocjenjene prema Uredbi (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015), Prilog 2, Tablica 6. Prema, Tablica 6. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje, propisane su vrijednosti ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje (vrijednost 50% percentila) obzirom na oznake tipa i ekoregiju. Granične vrijednosti odnose se na pH, režim kisika, BPK<sub>5</sub> i KPK-Mn, amonij, nitrate, ukupni dušik, ortofosfate i ukupni fosfor. Rječina ušće svrstana je u prijelaznu vodu tipa P1\_2. Stanje vode na Rječini ušće ocijenjeno je sukladno graničnim vrijednostima ekoregije za navedeni tip, također prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015).

## Ocjena stanja vode na postaji Rječina izvor

Tablica 5.1. Prosječne godišnje vrijednosti nitrata u vodi izvora Rječine tijekom 2014.i 2015. godine.

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Prosječna godišnja vrijednost mjerenja u 2014.godini	Prosječna godišnja vrijednost mjerenja u 2015. godini
Nitrati (NO <sub>3</sub> )	mg/l	0,56	0,69

Tablica 5.2. Prosječne godišnje vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari u vodi izvora Rječine tijekom 2014.i 2015. godine.

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Prosječna godišnja koncentracija (PGK) u 2014.godini	Prosječna godišnja koncentracija (PGK) u 2015.godini
<b>1. Koji se može pojaviti prirodno i/ili kao rezultat ljudske djelatnosti</b>			
Kadmij	µg/l Cd	<0,1	<0,02
Olovo	µg/l Pb	<1,3	<1
Živa	µg/l Hg	<0,26	<0,015
Amonij	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0079	0,0036
Ortofosfati	mg/l PO <sub>4</sub>	<0,005	<0,005
Kloridi (Cl)	mg/l Cl	-	1,16
Sulfati(SO <sub>4</sub> )	mg/l SO <sub>4</sub>	-	2,41
<b>4 Umjetne sintetičke tvari</b>			
Suma trikloroetena i tetrakloroetena	µg/l	-	<0,1
<b>5 Koji upućuje na prodore slane vode ili druge prodore</b>			
Vodljivost	µS/cm	217	213

Na osnovi dobivenih vrijednosti izvor Rječine zadovoljio je standarde kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda, pa je postigao **dobro** kemijsko stanje.

## Ocjena stanja vode na postajama Rječina Drastin, Rječina Kukuljani i Rječina uzvodno od Pašca

### Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće

Tablica 5.3. Vrijednosti ispitanih fizikalno-kemijskih pokazatelja na postajama Rječina Drastin, Rječina Kukuljani i Rječina uzvodno od Pašca (50% percentil mjerenja) za kategorizaciju ekološkog stanja u 2014. godini.

Postaja	pH	Režim Kisika		Hranjive tvari				
		BPK <sub>5</sub>	KPK-Mn	Amonij	Nitrati	Ukupni dušik	Ortfosfati	Ukupni fosfor
		mgO <sub>2</sub> /l	mgO <sub>2</sub> /l	mgN/l	mgN/l	mgN/l	mgP/l	mgP/l
Rječina Kukuljani HR-R 7	8,1	1,1	1,0	0,0085	0,53	0,5455	<0,005	0,0381
Rječina Drastin HR-R 7	8,1	1,2	1,0	0,0050	0,545	0,6750	<0,005	0,023
Rječina uzvodno od Pašca HR-R 7	8,2	1,4	0,9	0,0198	0,425	0,5950	<0,005	0,0390

Prema graničnim vrijednostima Uredbe (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015) za tip HR-R\_7 možemo zaključiti da Rječina na postaji Rječina Kukuljani i Rječina Drastin zadovoljava uvjete za **dobro** ekološko stanje zbog vrijednosti ukupnog fosfora koja prekoračuje graničnu vrijednost od 0,02 mgP/l za vrlo dobro ekološko stanje u 2014. godini (Tablica 5.3.).

Tablica 5.4. Vrijednosti ispitanih fizikalno-kemijskih pokazatelja na postajama Rječina Drastin, Rječina Kukuljani i Rječina uzvodno od Pašca (50% percentil mjerenja) za kategorizaciju ekološkog stanja u 2015. godini.

Postaja	pH	Režim Kisika		Hranjive tvari				
		BPK <sub>5</sub>	KPK-Mn	Amonij	Nitrati	Ukupni dušik	Ortfosfati	Ukupni fosfor
		mgO <sub>2</sub> /l	mgO <sub>2</sub> /l	mgN/l	mgN/l	mgN/l	mgP/l	mgP/l
Rječina Kukuljani HR-R 7	8,2	1,2	0,9	0,006	0,655	0,8050	<0,003	0,013
Rječina Drastin HR-R 7	8,3	1,3	1,1	0,0055	0,640	0,8250	<0,003	0,013

Rječina uzvodno od Pašca HR-R_7	8,1	1,1	1,2	0,0095	0,4400	0,6500	<0,003	0,015
---------------------------------	-----	-----	-----	--------	--------	--------	--------	-------

Postaja Rječina uzvodno od Pašca također zadovoljava uvjete **dobrog** ekološkog stanja obzirom da su prekoračene vrijednosti biološke potrošnje kisika i ukupnog fosfora za vrlo dobro ekološko stanje u 2014 godini (Tablica 5.3.). Prema graničnim vrijednostima Uredbe (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015) za tip HR-R\_7 možemo zaključiti da Rječina na postaji Rječina Kukuljani, Rječina Drastin i Rječina uzvodno od Pašca u 2015. godini zadovoljava uvjete za **vrlo dobro** ekološko stanje (Tablica 5.4.).

### Ocjena stanja vode na postaji Rječina ušće

#### *Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće*

Tablica 5.5. Vrijednosti ispitanih fizikalno-kemijskih pokazatelja (50% percentil) na postaji Rječina ušće za kategorizaciju ekološkog stanja u 2015. godini.

Postaja	Režim Kisika		Hranjive tvari	
	Zasićenje kisikom	Anorganski dušik	Ortfosfati	Ukupni fosfor
	%	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$
Rječina ušće HR-P1_2	104,7	52,4	0,048	0,6

Prema graničnim vrijednostima postaja Rječina ušće se obzirom na pokazatelje zasićenje kisikom, anorganski dušik i ortofosfatisvrstava u **vrlo dobro** ekološko stanje, dok se po pokazatelju ukupni fosfor svrstava u **dobro** ekološko stanje (Tablica 5.5.).

Tablica 5.6. Vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (prosječna godišnja koncentracija) za kategoriju ekološkog stanja za postaju Rječina ušće u 2015. godini.

Opasna tvar	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
<b>Specifične nesintetske onečišćujuće tvari</b>	
Bakar	1,27
Cink	4,16

Ispitivanjem kemijskih elemenata kakvoće za kategorizaciju ekološkog stanja za specifične onečišćujuće tvari, kao što su bakar i njegovi spojevi i cink i njegovi spojevi postaja Rječina ušće može se svrstati u **vrlo dobro stanje** (Tablica 5.6.).

### Ocjena kemijskog stanja vode

Tablica 5.7. Vrijednosti prioriternih tvari (prosječna i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju Rječina ušće u 2015.godini.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija (µg/l)	Maksimalna godišnja koncentracija (µg/l)
Alaklor	<0,1	<0,1
Ukupni DDT	<0,002	<0,002
Para-para DDT	<0,002	<0,002
Heksaklorcikloheksan	<0,001	<0,001
Heksaklorbenzen	<0,001	<0,001
Aldrin	<0,001	<0,001
Dieldrin	<0,001	<0,001
Endrin	<0,001	<0,001
Izodrin	<0,001	<0,001
Endosulfan	<0,001	<0,001
Pentaklorbenzen	<0,001	<0,001
Kadmij	<0,02	0,03
Nikal	<2	2
Olovo	<1	<1
Živa	<0,015	0,02
Kloroform	<3	<3
Teraklorugljik	<0,1	0,46
Trikloretilen	<0,1	<0,1
Tetrakloretilen	<0,1	0,28
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,04
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	0,001
Fluoranten	<0,004	<0,040
Benzo(b)fluoranten	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoranten	<0,001	<0,001
Benzo(a)piren	<0,002	<0,002
Benzo(g,h,i)perilen	<0,0003	0,0003
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	<0,0003
Antracen	<0,002	<0,002



Vrijednosti benzo(a)piren, kloroforma (triklormetana), endosulfana i pentaklorbenzena kao prosječna i maksimalna godišnja koncentracija na razini su granice kvantifikacije primjenjene metode u 2015. godini koja je međutim veća od dozvoljenih prosječnih i maksimalnih godišnjih koncentracija definiranih gore navedenom Uredbom. Iz tog razloga ove vrijednosti izuzete su iz ocjenjivanja. Prema ostalim ispitanim prioritetnim tvarima za vodu s postaje Rječina ušće **postignuto je dobro kemijsko stanje** obzirom na prosječne i maksimalne godišnje koncentracije definirane Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015) (Tablica 5.7.).

### **Sumaran prikaz stanja vode na vodotoku Rječina u 2014. i 2015. godini**

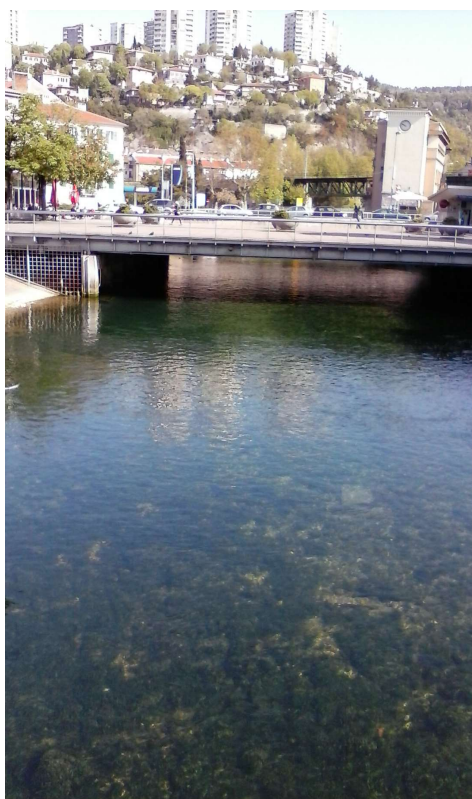
Na osnovi ispitivanih vrijednosti gornjeg toka Rječine možemo zaključiti da tijekom 2014. i 2015. godine izvor Rječina **zadovoljava uvjete dobrog stanja** prema standardu kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda.

Ispitivane postaje duž vodotoka Rječine: Rječina Kukuljani, Rječina Drastin i Rječina uzvodno od Pašca u 2014. godini zadovoljavaju uvjete za **dobro ekološko stanje**. Prioritetne tvari na ovim postajama nisu ispitivane tako da nije ni ocjenjeno kemijsko stanje. U 2015. godini navedene postaje su postigle **vrlo dobro ekološko stanje**. Prioritetne tvari nisu određivane kao ni u 2014. godini.

Rječina ušće, čija je kakvoća praćena u 2015. godini prema kriterijima za prijelaznu vodu zadovoljava uvjete za **dobro ekološko stanje**. Prema ispitanim pokazateljima prioritetnih tvari izuzev benzo(a)pirena, kloroforma, endosulfana i pentaklorbenzena čije su vrijednosti granica kvantifikacije veće od maksimalne i prosječne godišnje koncentracije definiranih Uredbom, postignuto je **dobro kemijsko stanje**.

## **5.2. MONITORING KAKVOĆE VODOTOKA RJEČINE (RJEČINA KONTINENTAL) U PERIODU ISPITIVANJA OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE**

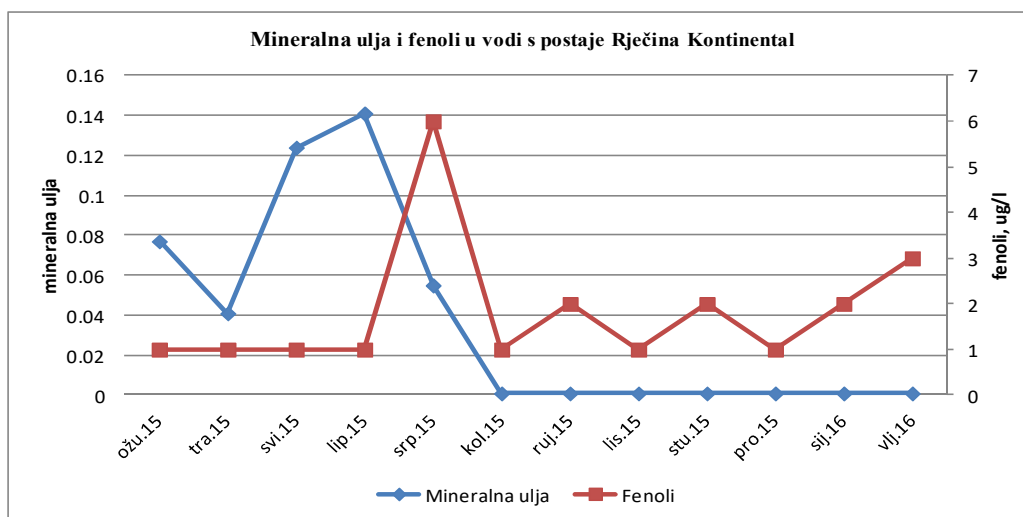
Postaja Rječina Kontinental koja je ispitana ovim projektnim zadatkom u periodu od ožujka 2015. godine do veljače 2016. godine ocjenjuje se obzirom na ekološko stanje i kemijsko stanje. Ispitivanje ekološkog stanja dano je obzirom na biološke elemente kakvoće, fizikalno-kemijske pokazatelje i specifične onečišćujuće tvari. Postaja je kategorizirana u tip P1\_2, pa se obzirom na dobivene vrijednosti zasićenja kisikom, anorganskog dušika, ortofosfata, ukupnog fosfora i Secchi prozirnosti može svrstati u vrlo dobro ili dobro stanje. Obzirom na biološke elemente kakvoće postaja se može svrstati u vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše stanje. Što se tiče specifičnih onečišćujućih tvari postaja se klasificira kao vrlo dobro ili umjereno stanje.



Slika 5.1. Postaja kod Mosta Kontinental (Most Rječina).

Jedan od pokazatelja koji se mjerio na ovoj postaji bio je salinitet koji je na postaji Rječina Kontinental iznosio 1,14 psu, pa se obzirom na ovu vrijednost postaja svrstava prema kriteriju za tipizaciju prijelaznih voda  $0,5 < s < 5$  u oligohalini tip prijelazne vode.

Projektom zadatkom u vodi s postaje Rječina Kontinental ispitane su i koncentracije mineralnih ulja, fenola i anionskih detergenata. Mineralna ulja kretala su se u rasponu od 0,010 do 0,141 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,042 mg/l. Fenoli su se kretali u rasponu od 1 do 6  $\mu\text{g/l}$  sa srednjom vrijednosti od 2  $\mu\text{g/l}$ . Na slici 5.2. prikazano je kretanje fenola i mineralnih ulja u vodi s postaje Rječina Kontinental. Na slici su vidljivi pikovi onečišćenja mineralnih ulja u lipnju 2015. godine i za fenole u srpnju 2015. godine. Nakon tog perioda koncentracije mineralnih ulja bile su ispod granice kvantifikacije dok je prisustvo fenola i nadalje bilo detektirano s porastom koncentracija u siječnju i veljači 2016. godine. Ovaj porast koncentracija fenola prati i izuzetno kišni period što je vidljivo iz slike 2.11. Unutar godišnje raspodjele palih oborina na postaji Rijeka (1961-2015). Obzirom na kišni period, najvjerojatniji razlog prisustva ovih spojeva je ispiranje okolnog terena kao npr. prometnice i dotok u Rječinu. Mineralna ulja, koja nam predstavljaju ugljikovodike naftnog porijekla, nisu pokazala značajnije opterećenje u tom periodu ispitivanja. Anionski detergensi nisu detektirani u promatranom periodu.



Slika 5.2. Koncentracije mineralnih ulja i fenola u vodi na postaji Rječina Kontinental.

### Ocjena stanja vode na postaji kod Mosta Kontinental

### **Ocjena ekološkog stanja vode prema biološkim elementima kakvoće**

Prema projektnom zadatku na postaji kod Mosta Kontinental (Most Rječina) od bioloških elemenata kakvoće određivala se samo koncentracija klorofila *a* u vodi. Vrijednosti klorofila *a* bile su niske u ispitivanom razdoblju. Maksimalna utvrđena vrijednost koncentracije klorofila *a* iznosila je 0,78 µg/l, dok je prosječna vrijednost u ispitivanom razdoblju iznosila 0,24µg/l. Stanje vode ocjenjeno je prema koncentraciji klorofila *a* koja je izražena kao omjer ekološke kakvoće i iznosila je 15,17. Prema tom pokazatelju postignuto je **vrlo dobro ili referentno stanje**.

### **Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće**

Tablica 5.8. Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja (50% percentil) za postaju Rječina Kontinental za kategorizaciju ekološkog stanja.

Postaja	Režim Kisika	Hranjive tvari			Prozirnost
	Zasićenje kisikom	Anorganski dušik	Ortofosfati	Ukupni fosfor	Secchi prozirnost
	%	µmol/dm <sup>3</sup>	µmol/dm <sup>3</sup>	µmol/dm <sup>3</sup>	m
Rječina Kontinental	103	59,4	0,096	0,42	do dna (1.5 m)

Prema dobivenim rezultatima zasićenja kisikom, anorganskim dušikom i ortofosfatima postaja Rječina Kontinental se svrstava u **vrlo dobro** stanje, dok po vrijednostima ukupnog fosfora spada u **dobro** ekološko stanje. Obzirom na navedeno postaja Rječina Kontinental ima **dobro** ekološko stanje prema fizikalno-kemijskim pokazateljima (Tablica 5.8.).

Ispitivanjem kemijskih elemenata kakvoće za ocjenu ekološkog stanja za specifične onečišćujuće tvari, kao što su bakar i njegovi spojevi i cink i njegovi spojevi postaja Rječina Kontinental može se svrstati u **vrlo dobro stanje** (Tablica 5.9).

Tablica 5.9. Vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (prosječna godišnja koncentracija) za kategoriju ekološkog stanja za postaju Rječina Kontinental.

Opasna tvar	Prosječna godišnja koncentracija (µg/l)
<b>Specifične nesintetske onečišćujuće tvari</b>	
Bakar	3,6
Cink	2,4

### Ocjena kemijskog stanja vode

Kemijsko stanje praćeno je kroz pokazatelje prioriternih tvari: kadmij, nikal, olovo, živa, kloroform, tetraklorugljik, trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2 dikloretilan, diklormetan, heksaklorbutadien, benzen, 1,3,5 triklorbenzen, 1,2,4 triklorbenzen, 1,2,3 triklorbenzen, naftalen, fluoranten, benzo(b) fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen, indeno (1,2,3-cd)piren i antracen (Tablica 5.10.).

Tablica 5.10. Vrijednosti prioriternih tvari (prosječna i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju Rječina Kontinental.

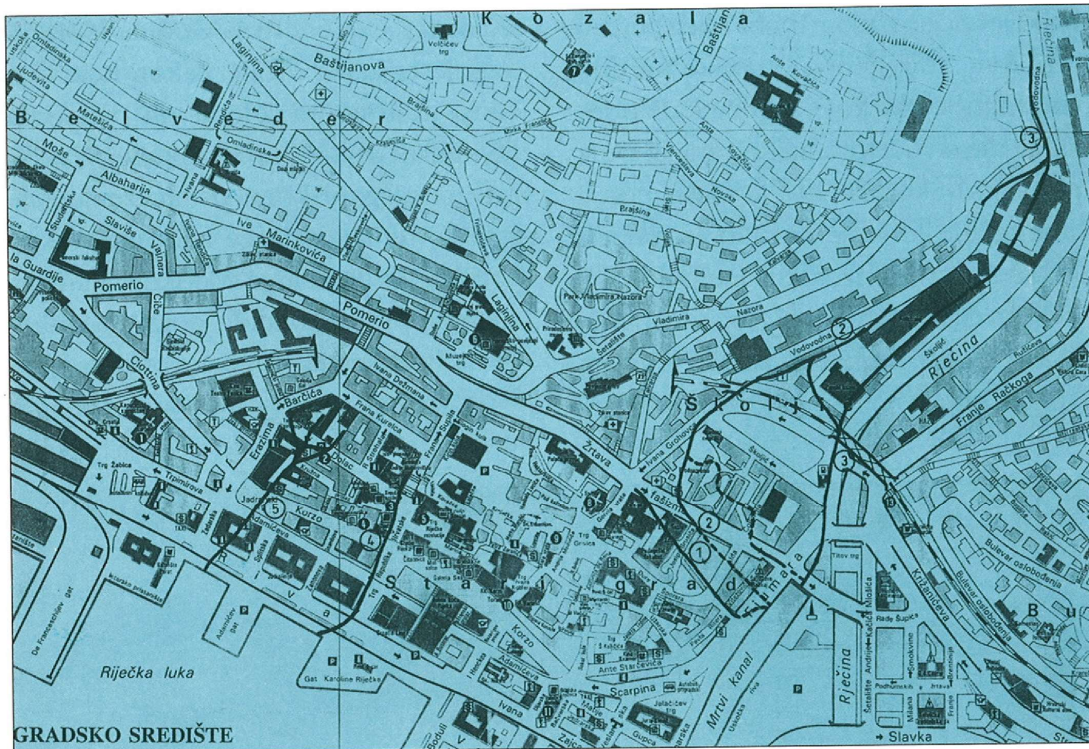
Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g/l}$ )	Maksimalna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g/l}$ )
Kadmij	0,14	0,5
Nikal	2,5	9
Olovo	0,61	1,77
Živa	<0,015	0,032
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	<0,1	<0,1
Trikloretilen	<0,1	<0,1
Tetrakloretilen	<0,1	<0,1
1,2 dikloretilan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	0,005	0,014
Benzo(b)fluoranten	0,005	0,031
Benzo(k)fluoranten	<0,001	<0,001
Benzo(a)piren	<0,0006	0,0071
Benzo(g,h,i)perilen	0,003	0,0016
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,003	<0,003
Antracen	0,002	0,0043

Prema ispitanim prioriternim tvarima za vodu s postaje Rječina Kontinental **nije postignuto dobro** kemijsko stanje zbog prisutnosti benzo(b)fluorantena i benzo(g,h,i)perilena u koncentraciji većoj od dozvoljene maksimalne granične koncentracije definirane Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015). Prosječna godišnja koncentracija za benzo(a)piren veća je u odnosu na standard iz Uredbe, međutim moramo napomenuti da je granica kvantifikacije veća u odnosu na prosječnu godišnju koncentraciju, pa je ovaj spoj izuzet iz ocjenjivanja.



### 5.3. MONITORING KAKVOĆE VODE PODZEMNIH UTOKA MRTVOG KANALA U PERIODU ISPITIVANJA OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE

U sklopu monitoringa istraživanja kakvoće vode i nanosa u Mrtvom kanalu u Rijeci obavljeno je uzorkovanje i ispitivanje voda podzemnih utoka u Mrtvi kanal. Obzirom da to nisu kategorizirane vode, za ispitivanja na podzemnim utocima prikazano je kemijsko stanje praćeno preko prioriternih i onečišćujućih tvari.



Slika 5.3. Tokovi danas podzemnih potoka sjeveroistočno i zapadno od povijesne gradske jezgre: Lešnjak (1), potok sa Školjića (2), potok iz Vodovodne (3), Žudinka (4), Andrejšćica (5) (Strižićić, 1999.).

#### 5.3.1. Potok Lešnjak

Na obalama Mrtvog kanala vidljivo je nekoliko podzemnih utoka. Izvor potoka Lešnjak nalazi se negdje ispod ili pokraj zgrade Policijske uprave u Ulici žrtava fašizma, dok mu tok prolazi ispod unutrašnjeg dvorišta i središnjeg dijela zgrade Osnovne škole Nikola Tesla, te ispod nekadašnjeg igrališta uz ostatak gradskog bedema nastavlja Agatićevom ulicom prema Mrtvom kanalu (Slika 5.3.). Izvor Lešnjak imao je veliku ulogu u vodoopskrbi grada od samog postanka grada na Rječini o čemu svjedoče i rimske terme čiji su dobro očuvani tragovi pronađeni 1967. godine pri kopanju

temelja za novu zgradu u Užarskoj ulici s južne strane stolne crkve Uznesenja Marijina (Slike 5.6. i 5.7.).



Slika 5.4. Postaja potok Lešnjak.



Slika 5.5. Utok potoka Lešnjak u Mrtvi kanal.



Slika 5.6. Otkrivene podzemne vode uz dosad pokriveno korito potoka Lešnjak pokraj ostataka gradskoga bedema (Stražićić, 1999.).

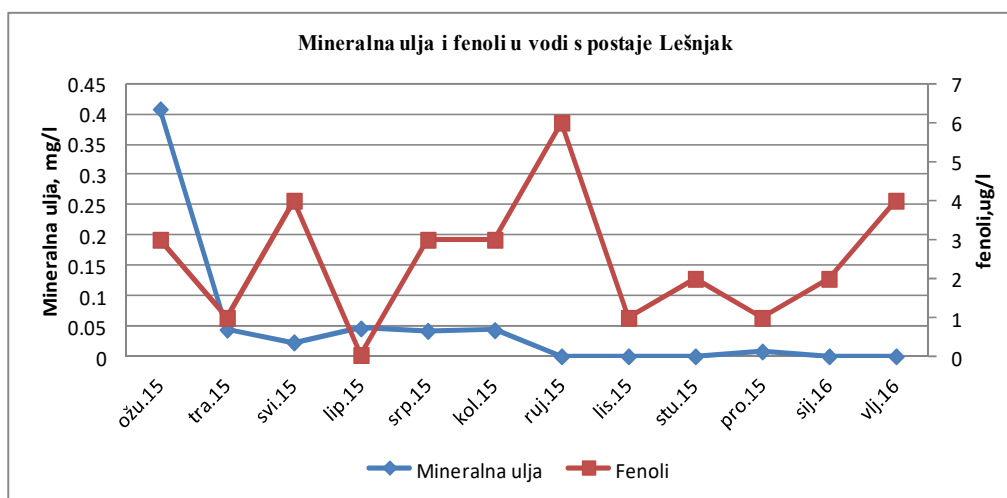


Slika 5.7. Izgradnja novog korita Lešnjaka ispred južnog krila škole Nikola Tesla (Stražićić, 1999.).



Prema fizikalno-kemijskim i kemijskim ispitivanjima voda potoka Lešnjak u periodu ispitivanja bila je niske mutnoće koja se kretala u rasponu od 1,5 do 5,4 NTU sa srednjom vrijednosti od 2,5 NTU te optimalne pH vrijednosti za vodu u prirodi. Prema vrijednostima saliniteta koje su iznosile 2,8 do 18,38 psu možemo zaključiti da se voda nalazi pod utjecajem mora. Navedene vrijednosti saliniteta dobro prate i vrijednosti klorida koje su bile u rasponu vrijednosti od 1746 mg/l do 8716 mg/l. Koncentracije sulfata također govore u prilog utjecaja morske vode s koncentracijama od 231 do 970 mg/l. Zasićenost kisikom je relativno dobra i kretala se u rasponu od 69% do 98%. Biološka potrošnja kisika varira od niskih vrijednosti od 0,91 mgO<sub>2</sub>/l do maksimalno izmjerene vrijednosti od 3,0 mgO<sub>2</sub>/l. Ispitivanjem amonijaka dobio se velik raspon koncentracija (0,049 mg/l do 0,356 mg/l). Maksimalna dobivena vrijednost od 0,356 mg/l govori u prilog utjecaju fekalnih otpadnih voda što je i vidljivo i iz bakteriološkog opterećenja. Opterećenje *Escherichiom coli* kao sigurnim indikatorom fekalnog onečišćenja se kreće od 6 x 10<sup>3</sup> do 45 x 10<sup>3</sup>. Obzirom na koncentraciju ukupnog dušika prevalencija je anorganskog dušika. Koncentracije nitrata ne ukazuju na opterećenje vode potoka obzirom da su koncentracije u rasponu vrijednosti od 0,69 do 1,21 mgN/l. Tvrdoća vode ovisi o koncentracijama kalcija i magnezija, pa i varira ovisno o njihovom udjelu. Alkalitet vode je uglavnom sav bikarbonatni.

Ispitane vrijednosti mineralnih ulja u vodi potoka Lešnjak kreću se u rasponu od <0,002 mg/l do 0,408 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,074 mg/l. Vrijednosti fenola vrlo su slične vrijednostima na postaji Rječina Kontinental i kreću se u rasponu od 1 do 6 µg/l sa srednjom vrijednosti od 2,6µg/l. Na slici 5.8. prikazano je kretanje fenola i mineralnih ulja u vodi s postaje potoka Lešnjak. Na slici su vidljivi pikovi onečišćenja mineralnih ulja u ožujku 2015. godine i za fenole u rujnu 2015. godine. Koncentracije mineralnih ulja nakon ožujka 2015. godine nisu značajnije rasle i unutar su vrijednosti od 0,05 mg/l. Koncentracije fenola tijekom cjelogodišnjeg ispitivanja variraju u navedenom rasponu. Anionski detergentsi nisu detektirani u promatranom periodu kao ni vrijednosti polikloriranih bifenila.



Slika 5.8. Koncentracije mineralnih ulja i fenola u vodi s postaje potoka Lešnjak.

### Ocjena kemijskog stanja vode

Kemijsko stanje potoka Lešnjak praćeno je preko pokazatelja prioriternih tvari: kadmij, nikal, olovo, živa, kloroform, tetraklorugljik, trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2 dikloretilan, diklormetan, heksaklorbutadien, benzen, 1,3,5 triklorbenzen, 1,2,4 triklorbenzen, 1,2,3 triklorbenzen, naftalen, fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen, indeno (1,2,3-cd)piren i antracen (Tablica 5.11.). Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne njihove biološki raspoložive koncentracije.

Tablica 5.11. Vrijednosti prioriternih tvari (prosječna i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju potok Lešnjak.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija (µg/l)	Maksimalna godišnja koncentracija (µg/l)
Kadmij	0,13	0,3
Nikal	2,36	6
Olovo	0,37	1,24
Živa	0,020	0,056
Kloroform	<1,0	<1,0
Teraklorugljik	<0,1	0,4
Trikloretilen	<0,1	0,1
Tetrakloretilen	<0,1	0,13
1,2 dikloretilan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	<0,004	0,005
Benzo(b)fluoranten	<0,004	<0,004
Benzo(k)fluoranten	<0,001	<0,001
Benzo(a)piren	<0,0006	0,0016
Benzo(g,h,i)perilen	<0,0003	<0,0003
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	<0,0003
Antracen	<0,002	0,0022

Prema ispitanim prioriternim tvarima postaja potok Lešnjakima ima **dobro** kemijsko stanje, međutim postaja nije ocjenjena obzirom na prosječnu godišnju koncentraciju benzo(a)pirena obzirom da je granica kvantifikacije ispitivanog spoja veća u odnosu na prosječnu godišnju

koncentraciju definiranu Uredbom. Maksimalna godišnja koncentracija iznosi 0,0016  $\mu\text{g/l}$  i ne prekoračuje standard iz Uredbe.

### 5.3.2. Potok Školjić

Školjić u širem smislu obuhvaća područje između desne obale Rječine i Vodovodne ulice na podnožju padine Kalvarije, odnosno sadašnje parkiralište na Školjiću, remizu Autotroleja i područje bivšeg Mesokombinata. Izvor potoka Školjić nalazi se ispod nivoa Vodovodne ulice te prolazi donjim dijelom Ulice Ivana Grohovca i ispod Ulice Žrtava fašizma, pa prema Fiumari. U tijeku građevinskih radova polaganja nove cijevi plinovoda otkriveno je na spoju Ulice Žrtava fašizma i Fiumare nadstvođeno korito s podosta izdašnim tokom čiste vode usmjerenim prema istoku i koje najvjerojatnije završava na podvodnom ušću u Mrtvom kanalu. Pristup potoku bio je putem uređenog kontrolnog šahta u blizini zgrade bivšeg plivačkog bazena na Školjiću u kojem se na dubini od oko 1,5 m ispod razine ulice vidi snažan vodotok potoka Školjić (Slika 5.9.). Njegovo je pokriveno korito široko oko 1 m.



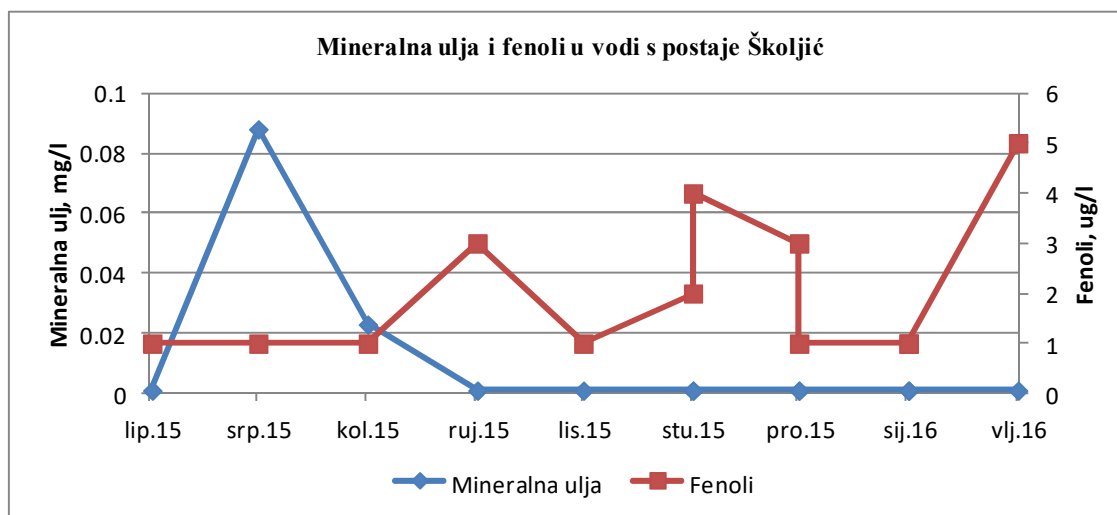
Slika 5.9. Podzemni tok potoka Školjić.

Voda potoka Školjić uglavnom je bila dobrih osnovnih fizikalno-kemijskih karakteristika i to bez boje, bez mirisa i prozirnosti do dna šahta, odnosno dubine od 1 m. Temperatura vode kretala se u rasponu od 7,9 do 10,2°C. pH vode bila je optimalne vrijednosti i kretala se u rasponu od 7,6 do 8,0. Električna vodljivost je konstantna s vrijednostima od 217 do 312  $\mu\text{S/cm}$ . Vrijednosti suspendiranih tvari bile su niske i kretale se od <2 do 5,6 mg/l. Vrijednost od 5,6 mg/l izmjerena je onda kada je i mutnoća uzorka bila nešto veća i iznosila 6,3 NTU. Obzirom na vrijednost saliniteta koji je nizak i kreće se u rasponu od 0,10 do 0,20 psu možemo zaključiti da postaja nije pod utjecajem mora, što je i razumljivo obzirom da se nalazi na većoj udaljenosti od mora nego što je to slučaj s postajom potok Lešnjak. Vezano uz salinitet i koncentracije klorida su niže u rasponu vrijednosti od 1,46 do 204 mg/l sa srednjom vrijednosti od 33,3 mg/l, dok su vrijednosti sulfata bile u rasponu od 2,44 do 28,6 mg/l sa srednjom vrijednosti od 6,8 mg/l. Tvrdoća vode

vezana je uz sumu koncentracija kalcija i magnezija i kretala se u rasponu od 168 do 220 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

Vrijednosti ukupnog dušika kretale su se u rasponu vrijednosti od 1,0 do 1,2 mgN/l. Najzastupljeniji je bio anorganski dušik koji predstavlja sumu amonijaka, nitrita i nitrata u rasponu vrijednosti od 0,73 do 1,10 mg/l. U anorganskom dušiku najveći je bio udio nitrata s vrijednostima koncentracija od 0,72 do 1,09 mgN/l. Vrijednosti amonijaka bile su znatno niže u odnosu na postaju Lešnjak i kretale su se u rasponu od 0,002 do 0,022 mgN/l. Vrijednosti zasićenja kisikom bile su dobre s rasponom vrijednosti od 96 do 106%. Isto je i s vrijednostima otopljenog kisika koje su malo varirale u vrijednostima od 11,0 do 11,7 mgO<sub>2</sub>/l. Vrijednosti biološke potrošnje kisika bile su niske sa srednjom vrijednosti od 1,21 mgO<sub>2</sub>/l. Kemijska potrošnja kisika je niska (0,58 do 3,06 mgO<sub>2</sub>/l) i ne ukazuje na znatnije opterećenje organskom tvari. Alkalitet vode je sav bikarbonatni. Mikrobiološka kvaliteta vode je nešto povoljnija u odnosu na kvalitetu vode potoka Lešnjak, ali je mikrobiološko onečišćenje također značajno - koliformne bakterije kreću se u rang 2,3 x 10<sup>3</sup>, fekalne koliformne do 1,3 x 10<sup>3</sup>, fekalni streptokoki do 320, *Escherichia coli* do 1,04 x 10<sup>3</sup>, *Pseudomonas aeruginosa* do 41, *Staphylococcus aureus* do 4 i *Clostridium perfringens* do 100 kolonija u 100 ml uzorka.

Koncentracije mineralnih ulja ispitane u vodi potoka Školjić uglavnom su bile niske sa vrijednostima od <0,002 do 0,088 mg/l. Srednja vrijednost mjerenja je također bila niska, iznosila je 0,015 mg/l što je čak i dozvoljena vrijednost za vodu za ljudsku potrošnju. Koncentracije fenola su slične vrijednostima gore ispitanih postaja i u rasponu su od <2 do 5 µg/l sa srednjom vrijednosti od 2,14µg/l. U vodi potoka Školjić ne prate se vrijednosti mineralnih ulja i fenola. Naime, kada imamo pikove onečišćenja fenolima koncentracije mineralnih ulja su niske. Anionski detergentsi kao ni poliklorirani bifenili u vodi potoka Školjić nisu detektirani.



Slika 5.10. Koncentracije mineralnih ulja i fenola u vodi s postaje potoka Školjić.



### Ocjena kemijskog stanja vode

Voda na podzemnom utoku potoka Školjić ocjenjena je također sukladno kemijskom stanju odnosno obzirom na prisustvo prioriternih tvari (Tablica 5.12.).

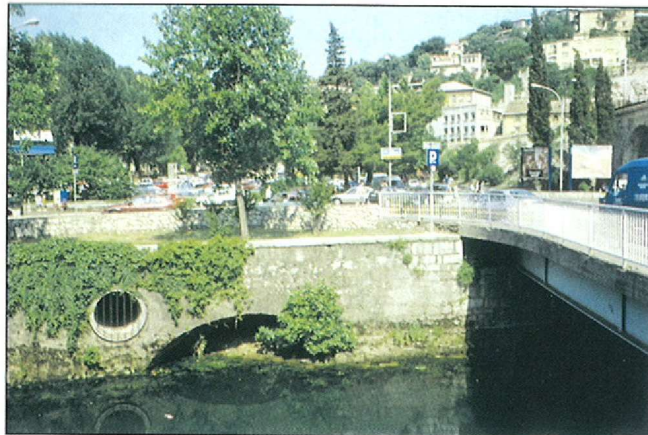
Tablica 5.12. Vrijednosti prioriternih tvari (prosječna i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju potok Školjić u razdoblju od lipnja 2015. do veljače 2016. godine.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija (µg/l)	Maksimalna godišnja koncentracija (µg/l)
Kadmij	0,14	0,7
Nikal	<2	<2
Olovo	0,28	0,53
Živa	0,019	0,047
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	0,1	<0,1
Trikloretilen	<0,1	<0,1
Tetrakloretilen	<0,1	<0,1
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	<0,004	<0,004
Benzo(b)fluoranten	0,002	0,0065
Benzo(k)fluoranten	<0,001	<0,001
Benzo(a)piren	0,0015	0,014
Benzo(g,h,i)perilen	0,0005	0,0026
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	<0,0003
Antracen	0,002	0,007

Prema ispitanim prioriternim tvarima za vodu s postaje potok Školjić **nije postignuto dobro** kemijsko stanje zbog prisutnosti benzo(a)pirena čija prosječna godišnja koncentracija prelazi dozvoljenu vrijednost i benzo(g,h,i)perilena čija je maksimalna godišnja koncentracija veća od dozvoljene za ostale površinske vode propisane Uredbom. Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne njihove biološki raspoložive koncentracije.

### 5.3.3. Postaja na podzemnom utoku iz Vodovodne ulice

Potok iz Vodovodne ulice nešto je duži od potoka sa Školjića. Izvorište potoka iz Vodovodne čine dva izvora na podnožju Kalvarije uz sjeverni dio Vodovodne ulice iz kojih se vodotoci sastaju u jedan potok pored ogradnog zida bivšeg Mesokombinata. Na dužini od oko pola kilometra korito potoka prati na nevelikoj udaljenosti desnu obalu Rječine u koju se konačno i ulijevao s južne strane željezničkog mosta na Školjiću. Tu se i danas u zidu riječnog korita uočava veliki nadsvođeni ispust, ali već dugo izvan funkcije (Slika 5.11.). Naime, nakon premještanja toka Rječine u novo korito preko Brajdice polovinom 19.stoljeća i tok potoka iz Vodovodne ulice također je produžen umjetnim i pokrivenim koritom do vrha Mrtvog kanala, gdje se i sada dobro vidi njegovo ušće pod velikim kamenim lukom. Na ovoj lokaciji obavljeno je i uzorkovanje potoka iz Vodovodne ulice (Slika 5.12.). Obzirom da u potok iz Vodovodne ulice utječe i jedan odvojak potoka sa Školjića, lokacija je navedena kao postaja na podzemnom utoku iz Vodovodne ulice.



Slika 5.11. Nadsvođeno nekadašnje ušće „potoka iz Vodovodne“ u obalnom zidu korita Rječine na Školjiću pokraj sjevernog cestovnog mosta (Stražići, 1999.).



Slika 5.12. Postaja na podzemnom utoku iz Vodovodne ulice.

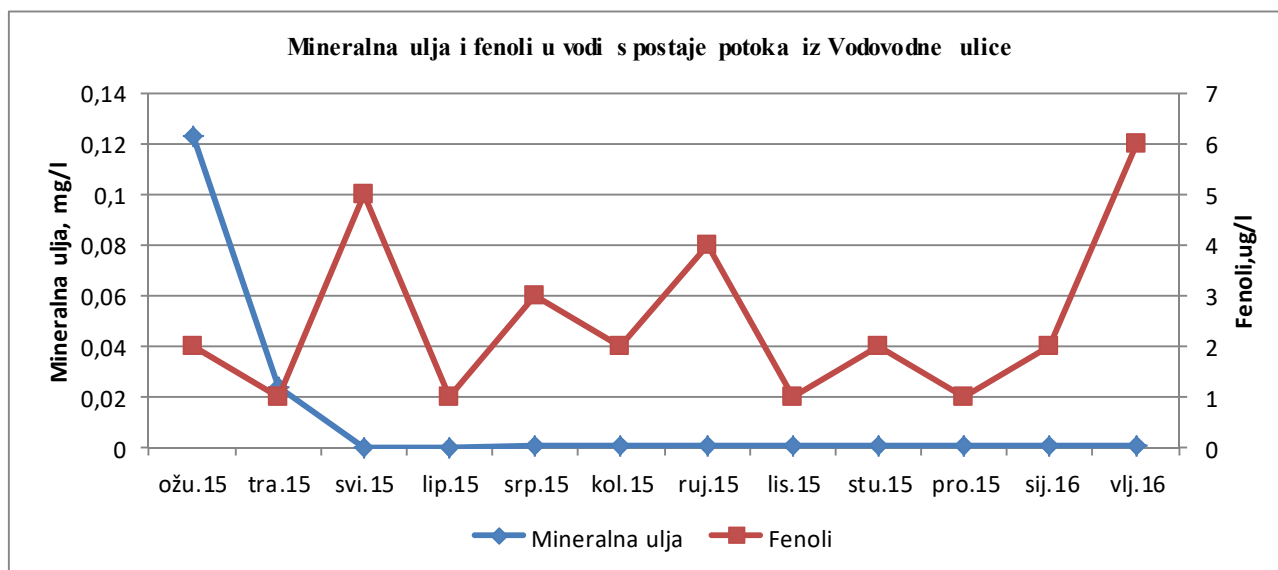
Voda potoka iz Vodovodne ulice bila je bez boje i mirisa i prozirnosti do dna koja je maksimalno iznosila 2m. Temperatura vode kretala se u rasponu od 8,9 do 11,8°C, a pH vode karakteristična za vode u prirodi sa izmjenjenim vrijednostima od 7,6 do 7,9. Električna vodljivost je jako varirala od vrlo niskih vrijednosti od 296 $\mu$ S/cm, pa do visokih vrijednosti od 12 610  $\mu$ S/cm. Kao vodljivost tako varira i salinitet koji se u promatranom razdoblju kretao od 0,3 do 8,0 psu, a te vrijednosti dobro se prate s vrijednostima klorida i sulfata koje su se kretale od 18 do 4 416 mg/l Cl i 5,68 do 604 mg/l SO<sub>4</sub>. Tvrdoća vode prati koncentracije kalcija i magnezija obzirom da se dobiva iz sume njihovih koncentracija. Obzirom na vrijednosti ovih kationa koje variraju u odnosu na utjecaj morske vode i tvrdoća se kretala u rasponu od 196 do 1941 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

Vrijednosti ukupnog dušika od 0,99 do 1,1 mg/l N vrlo bile su slične vrijednostima na preostalim lokacijama potoka. Također je najzastupljeniji bio anorganski dušik koji predstavlja sumu amonijaka, nitrita i nitrata u rasponu vrijednosti od 0,83 do 1,55 mg/l. U anorganskom dušiku najveći je udio nitrata s vrijednostima koncentracija od 0,69 do 1,37 mgN/l. Vrijednosti amonijaka variraju od nižih vrijednosti od 0,039 mgN /l, pa do vrijednosti od 0,178 mgN/l.

Vrijednosti zasićenja kisikom bile su uglavnom dobre s nešto nižom vrijednosti od 78% koja je izmjerena u studenom 2015. godine, pa do optimalne vrijednosti 100%. Vrijednosti otopljenog kisika bile su u optimalnim nivoima od 8,8 do 11,5 mgO<sub>2</sub>/l, kao i vrijednosti biološke potrošnje kisika koja se kretala od 0,91 do 2,1 mgO<sub>2</sub>/l. Kemijska potrošnja kisika je također niska (0,8 do 5,42 mgO<sub>2</sub>/l) i ne ukazuje na znatnije opterećenje organskom tvari. U vodi za ljudsku potrošnju dozvoljena vrijednost iznosi 5,0 mgO<sub>2</sub>/l. Alkalitet vode je sav bikarbonatni.

Prema mikrobiološkim ispitivanjima dokazano je jako mikrobiološko onečišćenje s maksimalnim vrijednostima koliformnih bakterija od  $80 \times 10^3$ , fekalnih koliformnih bakterija do  $55 \times 10^3$ , fekalnih streptokoka do  $13 \times 10^3$ , *Escherichiae coli* do  $70 \times 10^3$ , *Pseudomonas aeruginosa* do 440, *Staphylococcus aureus* do 4 i *Clostridium perfringens* do 2300 kolonija u 100 ml.

Koncentracije mineralnih ulja ispitane u vodi potoka iz Vodovodne ulice kretale su se u rasponu vrijednosti od  $<0,002$  mg/l do 0,123 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,023 mg/l. Koncentracije fenola kao i kod prethodnih uzoraka bile su u rangu od  $<2$  do 6  $\mu$ g/l (Slika 5.13.).



Slika 5.13. Koncentracije mineralnih ulja i fenola u vodi s postaje potoka iz Vodovodne ulice.

Mineralna ulja detektirana su samo u ožujku i travnju 2015. godine, dok su preostale vrijednosti bile manje od granica kvantifikacije. Fenoli su prisutni u vodi tijekom cijele godine. Poliklorirani bifenili nisu detektirani u vodi s postaje potoka iz Vodovodne ulice, dok su koncentracije anionskih detergenata u rasponu  $<0,050$  do 0,158 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,047 mg/l što je ustvari vrijednost granice kvantifikacije metode.

### Ocjena kemijskog stanja vode

Voda je ocjenjena prema prisustvu prioriternih tvari odnosno uspoređivanjem dobivenih prosječnih i maksimalnih godišnjih koncentracija s vrijednostima iz Uredbe.

Tablica 5.13. Vrijednosti prioritetnih tvari (prosječna i maksimalna godišnja koncentracija) za ocijenu kemijskog stanja za postaju potoka iz Vodovodne ulice u razdoblju od ožujke 2015. do veljače 2016. godine.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija (µg/l)	Maksimalna godišnja koncentracija (µg/l)
Kadmij	0,15	0,4
Nikal	1,38	3
Olovo	0,37	1,24
Živa	0,01	0,029
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	<1	<1
Trikloretilen	<1	<1
Tetrakloretilen	0,12	0,4
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,04	<0,04
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,04	<0,04
1,2,4 triklorbenzen	<0,04	<0,04
1,2,3 triklorbenzen	<0,04	<0,04
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	0,004	0,005
Benzo(b)fluoranten	0,0013	0,0024
Benzo(k)fluoranten	0,001	0,0015
Benzo(a)piren	<0,0006	0,0024
Benzo(g,h,i)perilen	0,0009	0,0042
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	<0,0003
Antracen	<0,002	<0,002

Prema ispitanim prioritetnim tvarima za vodu s postaje potok iz Vodovodne ulice **nije postignuto dobro** kemijsko stanje zbog prisutnosti benzo(g,h,i)perilena u koncentraciji većoj od maksimalno dozvoljene koncentracije za ostale površinske vode propisane Uredbom. Postaja nije ocjenjena obzirom na prosječnu godišnju koncentraciju benzo(a)pirena obzirom da je granica kvantifikacije ispitivanog spoja veća u odnosu na prosječnu godišnju koncentraciju definiranu Uredbom. Maksimalna godišnja koncentracija iznosi 0,0024 µg/l i ne prekoračuje standard iz Uredbe. Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne njihove biološki raspoložive koncentracije.



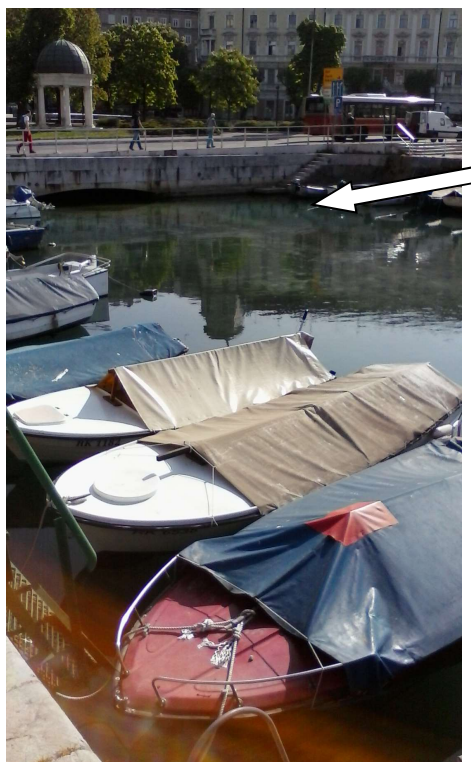
#### **5.4. MONITORING KAKVOĆE VODOTOKA MRTVI KANAL U PERIODU ISPITIVANJA OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE**

Stanje vode Mrtvog kanala ispitivano je na tri postaje: kod Mosta Fiumara, kod Mosta branitelja i kod Mosta kod kazališta. Postaja kod Most Fiumara nalazi se na samom početku Mrtvog kanala. Na tom se mjestu u Mrtvi kanal ulijeva „potok iz Vodovodne“ i potok Školjić. Nešto nizvodnije, također u blizini ove postaje, na desnoj obali, u Mrtvi kanal ulijeva se potok Lešnjak i dio potoka Školjić. Postaja kod Mosta branitelja nalazi se nizvodno od postaje kod Mosta Fiumara, otprilike na sredini Mrtvog kanala, dok se postaja kod Mosta kod kazališta nalazi pri kraju Mrtvog kanala, nizvodno od Mosta branitelja.

Stanje voda na svim postajama u Mrtvom kanalu, koje su ispitivane ovim projektnim zadatkom u periodu od ožujka 2015. godine do veljače 2016. godine, ocjenjeno je Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, NN 151/2014, NN 78/2015) i to na temelju ekološkog i kemijskog stanja. Ekološko stanje obuhvaća biološke, hidromorfološke i osnovne fizikalno-kemijske i kemijske elemente koji prate biološke elemente.

Ovo vodno tijelo nije prethodno tipizirano. Prema povijesnim podacima vidljivo je da je riječ o starom, napuštenom zidanom koritu rijeke Rječine koje je znatno izmijenjeno u odnosu na prvobitno stanje (Stražićić, 1999.). Naime, nekada je tim zidanim koritom tekla kopnena površinska voda, a skretanjem donjeg toka rijeke Rječine u novo korito, u Mrtvi kanal je ušlo more i potpuno je prekinuta komunikacija s Rječinom čime je znatno smanjen dotok kopnene površinske vode u korito Mrtvog kanala. S obzirom na te činjenice stanje vode Mrtvog kanala ocjenjeno je kao prirodno tijelo površinskih voda koje mu je najbližije, a to je donji tok, odnosno ušće rijeke Rječine koje je svrstano u prijelazne vode tipa P1\_2. Također, zbog znatno promijenjenih morfoloških karakteristika Mrtvi kanal je ocjenjen i kao znatno promijenjeno tijelo površinskih voda te mu je određen i ekološki potencijal.

#### 5.4.1. Postaja kod Mosta Fiumara

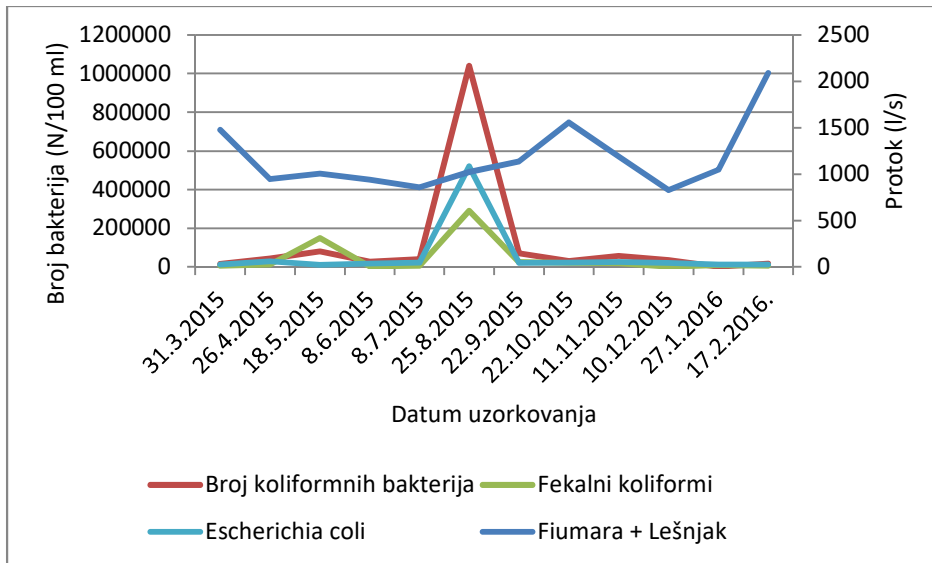


Slika 5.14. Postaja kod Mosta Fiumara.

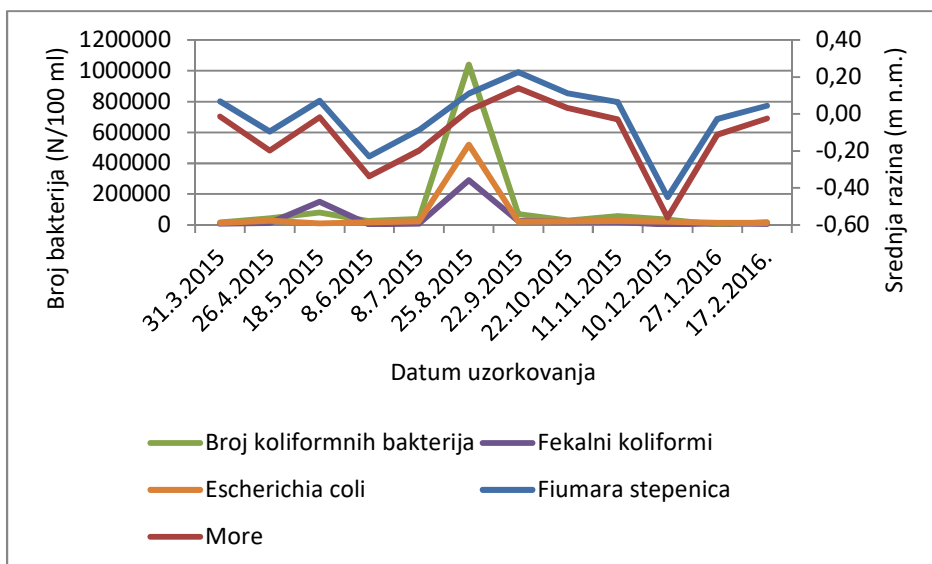
Na postaji kod Mosta Fiumara (Slika 5.14.) uzorci vode uzimani su jednom mjesečno u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. Temperatura vode se u tom razdoblju kretala u vrijednostima od 9,1 do 14,4°C, s prosječnom temperaturom od 10,6°C. pH vrijednost nije se puno mijenjala i kretala se u rasponu od 7,6 do 7,8. U dva navrata utvrđene su nešto veće vrijednosti mutnoće. Maksimalna vrijednost mutnoće zabilježena je u kolovozu 2015. i iznosila je 9,2 NTU. Nešto niža vrijednost zabilježena je u svibnju 2015. i iznosila je 7,55 NTU. Prosječna vrijednost mutnoće u ispitivanom razdoblju iznosila je 3,1 NTU. Tijekom svih ispitivanja prozornost vode nije se smanjivala. Električna vodljivost kretala se u vrlo širokom rasponu od 1338 do 14520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Prosječna vrijednost u ispitivanom razdoblju iznosila je 7291  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Alkalitet se kretao u vrijednostima od 123 do 160 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , a tvrdoća od 665 do 2237 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Na postaji kod Mosta Fiumara određivao se i salinitet. Srednja vrijednost saliniteta u ispitivanom razdoblju iznosila je 4,96 psu, pa se obzirom na ovu vrijednost postaja svrstava prema kriteriju za tipizaciju prijelaznih voda  $0,5 < s < 5$  u oligohalini tip prijelazne vode. Salinitet se kretao od 2,80 do 9,36 psu.

Koncentracija kisika u vodi bila je visoka i kretala se od 7,8 do 11,9 mg/l, dok se zasićenje kisikom kretalo u vrijednostima 76 do 103%. Utvrđene vrijednosti za  $\text{BPK}_5$  bile su uglavnom niske. Tek je

prilikom uzorkovanja u kolovozu 2015. utvrđena nešto veća vrijednost BPK<sub>5</sub>, kada je utvrđen i izuzetno velik broj bakterija u uzorcima vode (Slika 5.15. i 5.16.). Mikrobiološkim ispitivanjima dokazano je jako mikrobiološko onečišćenje tijekom cijelog razdoblja ispitivanja, s maksimalnim vrijednostima koliformnih bakterija od 104 x 10<sup>4</sup>, fekalnih koliformnih bakterija do 29 x 10<sup>4</sup>, fekalnih streptokoka do 91 x 10<sup>2</sup>, *Escherichiae coli* do 52 x 10<sup>4</sup>, *Pseudomonas aeruginosa* do 350, *Staphylococcus aureus* do 80 i *Clostridium perfringens* do 5200 kolonija u 100 ml. Na slikama 5.15. i 5.16. vidljivo je da rast broja bakterija prati rast protoka, odnosno vodostaja.

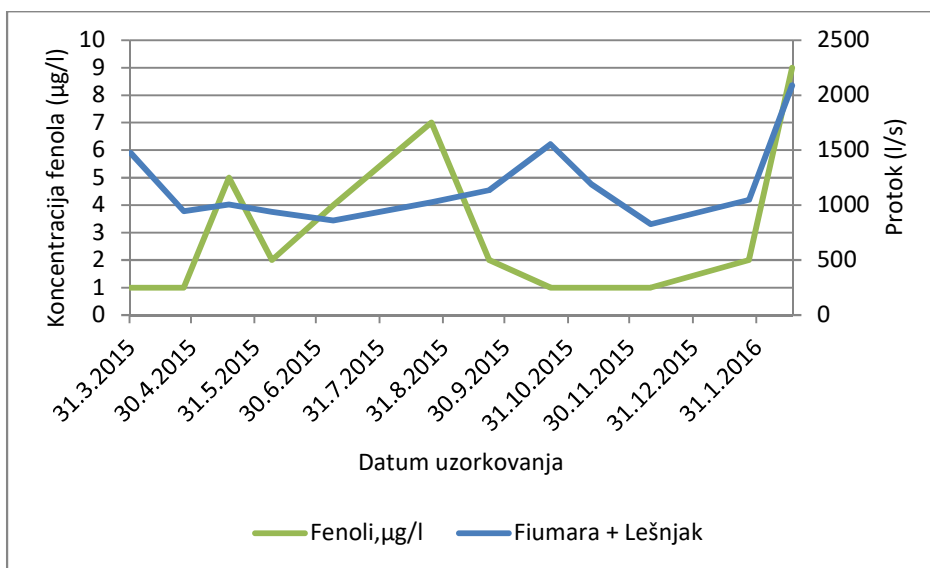


Slika 5.15. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog zagađenja na postaji kod Mosta Fiumara u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

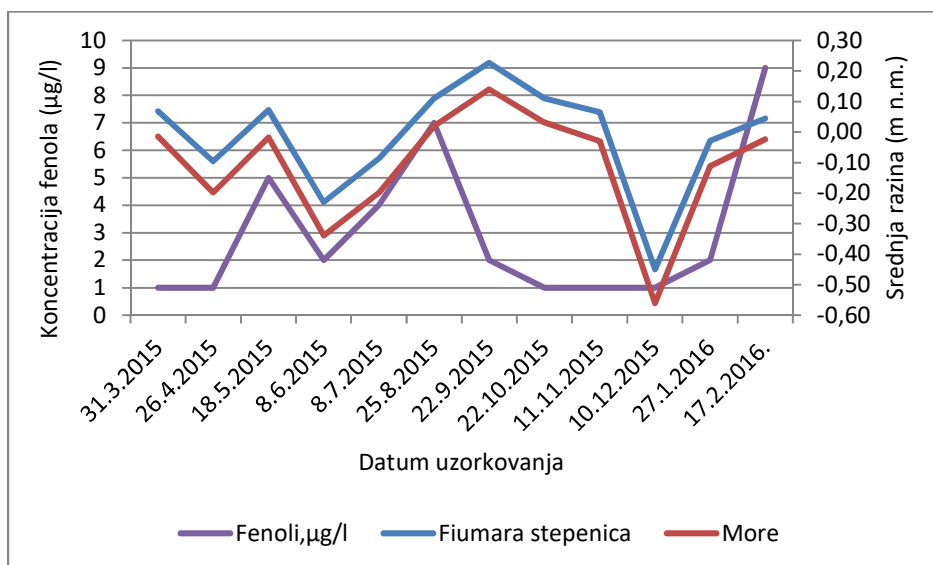


Slika 5.16. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog onečišćenja na postaji kod Mosta Fiumara u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Projektom zadatkom u vodi na postajama Mrtvog kanala ispitane su i koncentracije mineralnih ulja, fenola i anionskih detergenata. Na postaji kod Mosta Fiumara koncentracija mineralnih ulja bila je niska, kretala se u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 0,002mg/l do 1,54 mg/l sa srednjom vrijednosti od 0,152 mg/l. Fenoli su se kretali u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 2 µg/l do 9 µg/l, sa srednjom vrijednosti od 3 µg/l. Na slikama 5.17. i 5.18. prikazano je kretanje koncentracije fenola u vodi u odnosu na protok i vodostaj izmjeren na postajama unutar Mrtvog kanala. Vidljivo je da se s porastom protoka i vodostaja u Mrtvom kanalu povećava i koncentracija spomenutog spoja u vodi.



Slika 5.17. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta Fiumara u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.



Slika 5.18. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta Fiumara u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Anionski detergentski kretali su se u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 0,050 do 0,282 mg/l. Utvrđeni su samo u dva navrata. Poliklorirani bifenili nisu utvrđeni niti jednom u ispitivanom razdoblju.

### Ocjena stanja vode na postaji kod Mosta Fiumara

#### *Ocjena ekološkog stanja vode prema biološkim elementima kakvoće*

Prema projektnom zadatku na postaji kod Mosta Fiumara od **bioloških elemenata** kakvoće određivala se samo koncentracija klorofila *a* u vodi. Vrijednosti klorofila *a* bile su niske u ispitivanom razdoblju. Maksimalna utvrđena vrijednost koncentracije klorofila *a* iznosila je 0,48 µg/l, dok je prosječna vrijednost u ispitivanom razdoblju iznosila svega 0,17 µg/l. Stanje vode ocjenjeno je prema koncentraciji klorofila *a* koja je izražena kao omjer ekološke kakvoće i iznosila je 16,06. Prema tom pokazatelju postignuto je **vrlo dobro ili referentno stanje**.

#### *Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće*

U tablici 5.14. prikazane su vrijednosti 50% percentila za pokazatelje zasićenje kisikom, anorganski dušik, ortofosfati, ukupni fosfor i prozirnost na temelju kojih se ocjenjuje ekološko stanje vode za fizikalno-kemijske pokazatelje koji prate biološke pokazatelje.

Tablica 5.14. Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja (50% percentil) za postaju Most Fiumara za kategorizaciju ekološkog stanja.

Postaja	Režim Kisika	Hranjive tvari			Prozirnost
	Zasićenje kisikom	Anorganski dušik	Ortfofosfati	Ukupni fosfor	Secchi prozirnost



	%	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	m
Most Fiumara	89,5	75,46	0,76	1,23	do dna

Prema dobivenim rezultatima za pokazatelje zasićenje kisikom, anorganski dušik i prozirnost, postaja kod Mosta Fiumara se svrstava u **vrlo dobro** stanje, dok se prema pokazateljima ortofosfati i ukupni fosfor stanje vode ocjenjuje kao **umjereno**.

Tablica 5.15. Vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (prosječna godišnja koncentracija) za kategoriju ekološkog stanja za postaju Most Fiumara.

Opasna tvar	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
<b>Specifične nesintetske onečišćujuće tvari</b>	
Bakar	12,7
Cink	6,1

Ekološko stanje prema kemijskim elementima kakvoće za površinske vode ocjenjeno je prema Tablici 14. Uredbe. Za ocjenu su uzete granične vrijednosti prosječne godišnje koncentracije za specifične onečišćujuće tvari za ostale površinske vode, gdje se ubrajaju prijelazne vode prema definiciji iz Uredbe. Ekološko stanje prema kemijskim elementima kakvoće za površinske vodena postaji Most Fiumara ocjenjeno je kao **umjereno** prema prosječnoj godišnjoj koncentraciji bakra.

### **Ocjena kemijskog stanja vode**

Kemijsko stanje na postaji Most Fiumara ocjenjeno je u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja prema Prilogu 5, Tablica 5B. Uredbe u odnosu na granične prosječne godišnje i maksimalne godišnje koncentracije za ostale površinske vode. Na toj postaji određivale su se koncentracije slijedećih pokazatelja u vodi: kadmij, nikal, olovo, živa, kloroform, tetraklorugljik, trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2 dikloretilan, diklormetan, heksaklorbutadien, benzen, 1,3,5 triklorbenzen, 1,2,4 triklorbenzen, 1,2,3 triklorbenzen, naftalen, fluoranteni, benzo(b) fluoranteni, benzo(k)fluoranteni, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen, indeno (1,2,3-cd)piren, antracen.

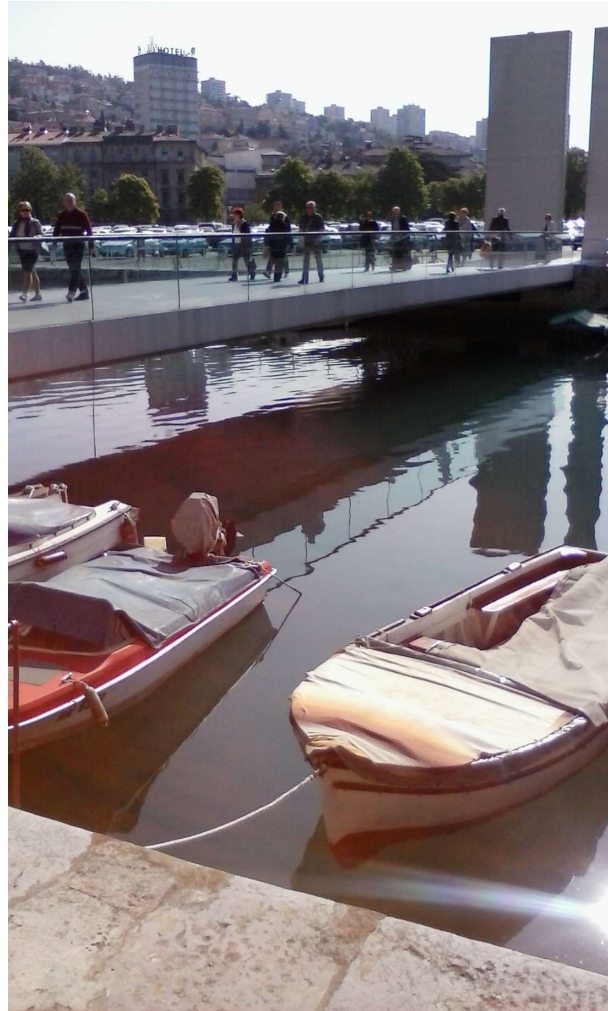
Tablica 5.16. Vrijednosti prioritetnih tvari (prosječna godišnja koncentracija i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju Most Fiumara.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	Maksimalna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
Kadmij	0,19	0,7
Nikal	<2	7,0
Olovo	0,56	3,66
Živa	0,020	0,092
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	<0,1	<0,1
Trikloretilen	<0,1	<0,1

Tetrakloretilen	<0,1	0,3
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	<0,004	0,0050
Benzo(b)fluoranten	<0,002	0,0037
Benzo(k)fluoranten	<0,001	0,0028
Benzo(a)piren	<0,0006	0,0025
Benzo(g,h,i)perilen	<0,0004	0,0030
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	<0,0003
Antracen	<0,002	0,0025

U tablici 5.16. prikazane su vrijednosti prosječnih godišnjih i maksimalnih godišnjih koncentracija ispitivanih pokazatelja. Prema tim pokazateljima **nije postignuto dobro kemijsko stanje vode** na postaji Most Fiumara. Naime, maksimalna godišnja koncentracija žive i benzo(g,h,i)perilen prelaze granične vrijednosti za dobro kemijsko stanje voda. Postaja nije ocjenjena obzirom na prosječnu godišnju koncentraciju benzo(a)pirena obzirom da je granica kvantifikacije ispitivanog spoja veća u odnosu na prosječnu godišnju koncentraciju definiranu Uredbom. Maksimalna godišnja koncentracija iznosi 0,0025 µg/l i ne prekoračuje standard iz Uredbe. Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne na njihove biološki raspoložive koncentracije.

#### 5.4.2. Postaja kod Mosta branitelja

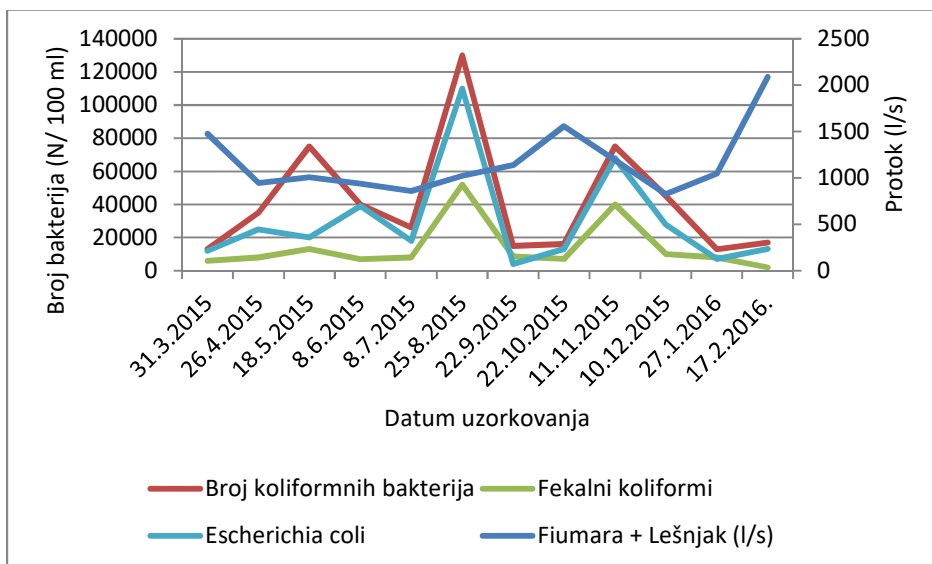


Slika 5.19. Postaja kod Mosta Branitelja.

Na postaji kod Mosta branitelja uzorci vode uzimani su jednom mjesečno u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016 (Slika 5.19.). Temperatura vode u tom se razdoblju kretala u vrijednostima od 9,1 do 13,5°C, s prosječnom temperaturom od 11,3°C, što je neznatno viša vrijednost nego na postaji kod Mosta Fiumara. pH vrijednost kretala se u istom rasponu kao i na prethodnoj postaji, od 7,6 do 7,8. Mutnoća je na ovoj postaji bila niska, s prosječnom vrijednosti u ispitivanom razdoblju od 2,6 NTU. Ta je vrijednost niža nego na postaji kod Mosta Fiumara. U dva navrata utvrđene su nešto veće vrijednosti mutnoće. Maksimalna vrijednost mutnoće zabilježena je u listopadu 2015. i iznosila je 5,3 NTU. Nešto niža vrijednost zabilježena je u kolovozu 2015. i iznosila je 3,8 NTU. Vidljivo je i da su maksimalne vrijednosti mutnoće bile niže nego na prethodnoj postaji. Tijekom svih ispitivanja prozirnost vode nije se smanjivala. Električna

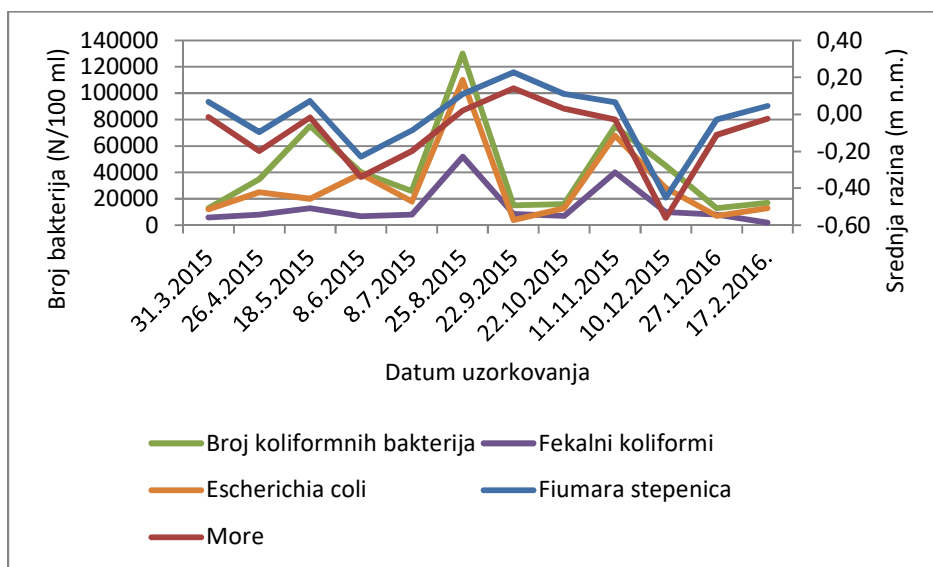
vodljivost kretala se u rasponu od 3220 do 24600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Prosječna vrijednost u ispitivanom razdoblju iznosila je 10337  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . To je nešto veća vrijednost nego na prvoj postaji. Alkalitet se nije puno mijenjao i vrijednosti su bile iste kao na prethodnoj postaji. Kretao se u vrijednostima od 125 do 162 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Tvrdća se kretala u rasponu od 641 do 3373 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . Kao i na postaji kod Mosta Fiumara, i ovdje se određivao salinitet. Srednja vrijednost saliniteta u ispitivanom razdoblju iznosila je 6,93 psu, pa se obzirom na ovu vrijednost postaja svrstava prema kriteriju za tipizaciju prijelaznih voda  $0,5 < s < 5$  u oligohalini tip prijelazne vode. Salinitet se kretao od 2,4 do 16,7 psu. Iz tih je rezultata vidljiv povremen veći utjecaj morske vode u Mrtvom kanalu.

Koncentracija kisika u vodi bila je visoka i kretala se od 7,7 do 11,2 mg/l, dok se zasićenje kisikom kretalo u vrijednostima 69 do 97%. Utvrđene vrijednosti za  $\text{BPK}_5$  bile su niske. Mikrobiološko ispitivanje vode i na ovoj je postaji potvrdilo trajno fekalno onečišćenje vode. Broj bakterija ovdje je bio nešto niži nego na prethodnoj postaji (Slika 5.20. i 5.21.).



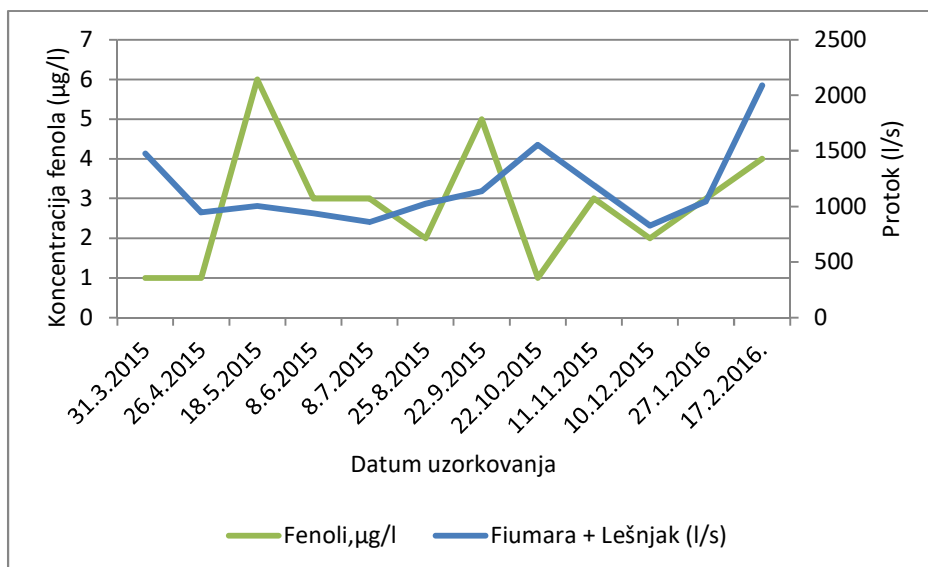
Slika 5.20. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog zagađenja na postaji kod Mosta branitelja u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Maksimalan broj bakterija dostizao je slijedeće vrijednosti: koliformne bakterije  $13 \times 10^4$ , fekalne koliformne bakterije  $52 \times 10^3$ , fekalni streptokok  $39 \times 10^3$ , *Escherichiae coli*  $11 \times 10^4$ , *Pseudomonas aeruginosa* 570, *Staphylococcus aureus* 10 i *Clostridium perfringens* 1800 kolonija u 100 ml. I za ovu je postaju dat prikaz međuovisnosti povećanja protoka i vodostaja na mjernim postajama u Mrtvom kanalu i povećanja broja bakterija u vodi (Slika 5.20. i 5.21.).



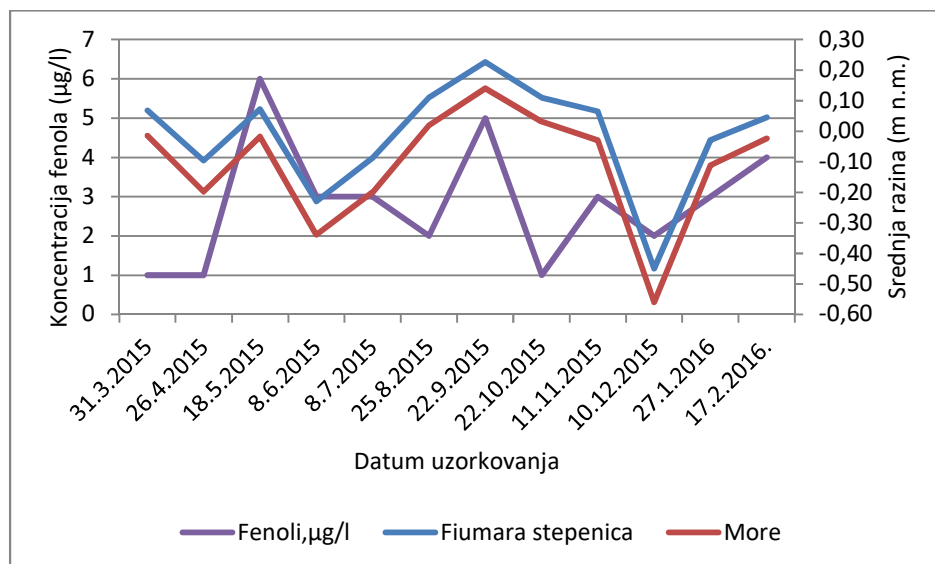
Slika 5.21. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog onečišćenja na postaji kod Mosta branitelja u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

I na ovoj postaji ispitivala se koncentracija mineralnih ulja, fenola i anionskih detergenata. Koncentracija mineralnih ulja i ovdje je bila vrlo niska i uglavnom je bila manja od granice kvantifikacije. Koncentracija mineralnih ulja kretala se u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 0,002 do 0,296 mg/l, sa srednjom vrijednosti u ispitivanom razdoblju od 0,041 mg/l. Fenoli su se kretali u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 2 do 6 $\mu$ g/l sa srednjom vrijednosti u ispitivanom razdoblju od 2,83  $\mu$ g/l. Slike 5.22. i 5.23. prikazuju vezu povećanja protoka i vodostaja s povećanjem koncentracije fenola u vodi Mrtvog kanala na postaji kod Mosta branitelja.





Slika 5.22. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta branitelja u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.



Slika 5.23. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta branitelja u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Anionski detergentski utvrđeni su u tri navrata u promatranom periodu. Vrijednosti su se kretale od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 0,050 do 0,076mg/l. Poliklorirani bifenili nisu utvrđeni niti u jednom uzorku vode na ovoj postaji.

## Ocjena stanja vode na postaji kod Mosta branitelja

### *Ocjena ekološkog stanja vode prema biološkim elementima kakvoće*

Prema projektnom zadatku na postaji kod Mosta branitelja od **bioloških elemenata** kakvoće određivala se samo koncentracija klorofila *au* vodi. Kao i na prethodnoj postaji, vrijednosti klorofila *a* bile su niske u ispitivanom razdoblju. Maksimalna utvrđena vrijednost koncentracije klorofila *a* iznosila je 0,51 µg/l, dok je prosječna vrijednost bila ista kao i na prethodnoj postaji i iznosila je 0,17µg/l. Stanje vode ocjenjeno je prema koncentraciji klorofila *a* koja je izražena kao omjer ekološke kakvoće i iznosila je 12,79. Prema tom pokazatelju postignuto je **vrlo dobro ili referentno stanje**.

### *Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće*

Tablica 5.17. Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja (50% percentil) za postaju Most branitelja za ocjenu ekološkog stanja.

Postaja	Režim Kisika	Hranjive tvari			Prozirnost
	Zasićenje kisikom	Anorganski dušik	Ortfosfati	Ukupni fosfor	Secchi prozirnost
	%	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	m
Most branitelj	87,5	64,64	0,74	1,36	do dna

Prema dobivenim rezultatima za pokazatelje zasićenje kisikom, anorganski dušik i prozirnost, postaja kod Mostabranitelja se svrstava u **vrlo dobro** stanje. Prema pokazateljima ortofosfati i ukupni fosfor postaja kod Most braniteljane **zadovoljava kriterije niti vrlo dobrog niti dobrog ekološkog stanja**.

Tablica 5.18. Vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (prosječna godišnja koncentracija) za ocjenu ekološkog stanja za postaju kod Mosta branitelja.

Opasna tvar	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
<b>Specifične nesintetske onečišćujuće tvari</b>	
Bakar	11,9
Cink	5,25

Ispitivanjem kemijskih elemenata kakvoće za ocjenu ekološkog stanja za specifične onečišćujuće tvari, kao što su bakar i njegovi spojevi i cink i njegovi spojevi utvrđeno je da se postaja kod Mosta branitelj može svrstati u **umjereno stanje** prema prosječnoj godišnjoj koncentraciji bakra.

### Ocjena kemijskog stanja vode

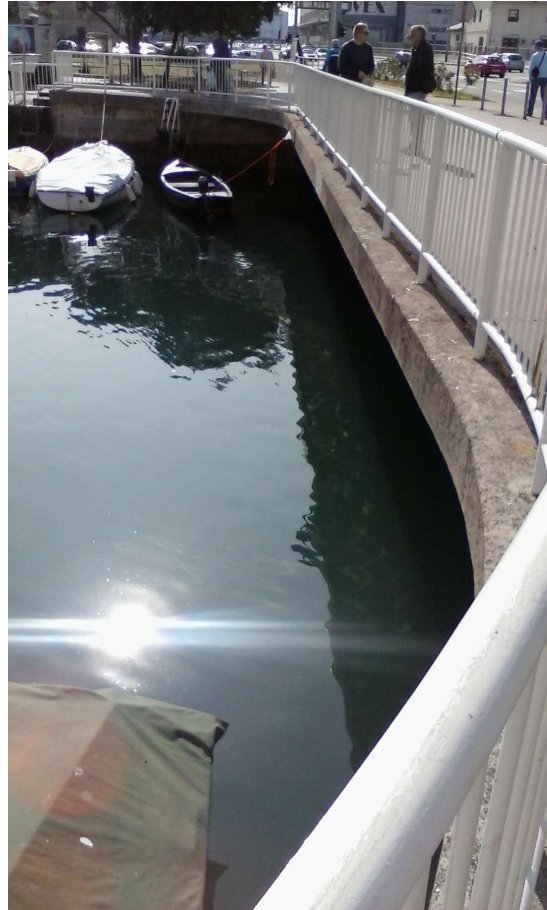
Tablica 5.19. Vrijednosti prioritetnih tvari (prosječna godišnja koncentracija i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju kod Mosta branitelja.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	Maksimalna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
Kadmij	0,10	0,2
Nikal	<2	3
Olovo	0,56	1,77
Živa	0,02	0,128
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	<0,1	0,4
Trikloretilen	<0,1	<0,1
Tetrakloretilen	<0,1	0,1
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75

Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	<0,004	0,005
Benzo(b)fluoranten	<0,002	0,0041
Benzo(k)fluoranten	<0,001	0,0059
Benzo(a)piren	0,0007	0,0042
Benzo(g,h,i)perilen	0,0005	0,0046
Indeno(1,2,3-cd)piren	<0,0003	0,0009
Antracen	<0,002	0,0031

Ispitivanjem kemijskog stanja kroz praćenje prioriternih tvari: kadmij, nikal, olovo, živa, kloroform, tetraklorugljik, trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2 dikloretilan, diklormetan, heksaklorbutadien, benzen, 1,3,5 triklorbenzen, 1,2,4 triklorbenzen, 1,2,3 triklorbenzen, naftalen, fluoranten, benzo(b) fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen, indeno (1,2,3-cd)piren, antracen utvrđeno je da na postaji kod Mosta branitelja **nije postignuto dobro kemijsko stanje** (Tablica 5.19.). Maksimalna godišnja koncentracija žive i benzo(g,h,i)perilena prelaze granične vrijednosti za dobro stanje. Također, i prosječna godišnja koncentracija benzo(a)pirena prelazi granične vrijednosti dobrog kemijskog stanja. Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne na njihove biološki raspoložive koncentracije.

### 5.4.3. Postaja kod Mosta kod kazališta

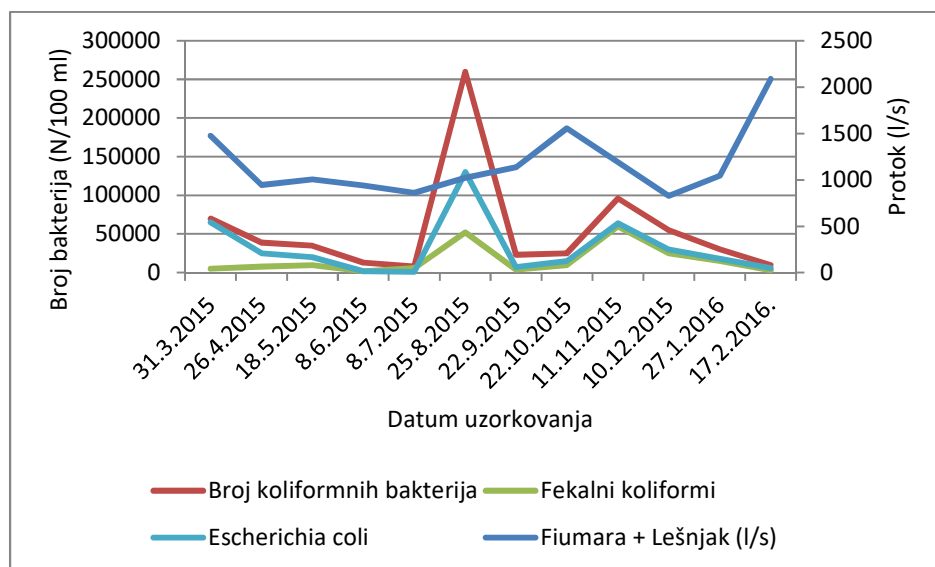


Slika 5.24. Postaja kod Mosta kod kazališta.

Na postaji kod Mosta kod kazališta uzorci vode uzimani su jednom mjesečno u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016.godine (Slika 5.24.). Temperatura vode u tom se razdoblju kretala u vrijednostima od 9,3 do 15,7°C, s prosječnom temperaturom od 11,6°C, što je isto kao na postaji kod Mosta branitelja i neznatno više nego na postaji kod Mosta Fiumara. pH vrijednost kretala se u istom rasponu kao i na prethodnim postajama, od 7,6 do 7,9. Mutnoća je i na ovoj postaji bila niska, s prosječnom vrijednosti u ispitivanom razdoblju od 2,8 NTU. Ta je vrijednost slična vrijednosti na postaji kod Mosta branitelja i nešto niža nego na postaji kod Mosta Fiumara. U dva navrata utvrđene su nešto veće vrijednosti mutnoće. Maksimalna vrijednost mutnoće zabilježena je u veljači 2016. iznosila je 5,5 NTU. Nešto niža vrijednost zabilježena je u kolovozu 2015. i iznosila je 5,3 NTU. Vidljivo je da su i na ovoj postaji maksimalne vrijednosti mutnoće bile niže nego na postaji kod Mosta Fiumara. Tijekom svih ispitivanja dno je bilo vidljivo, prozirnost vode

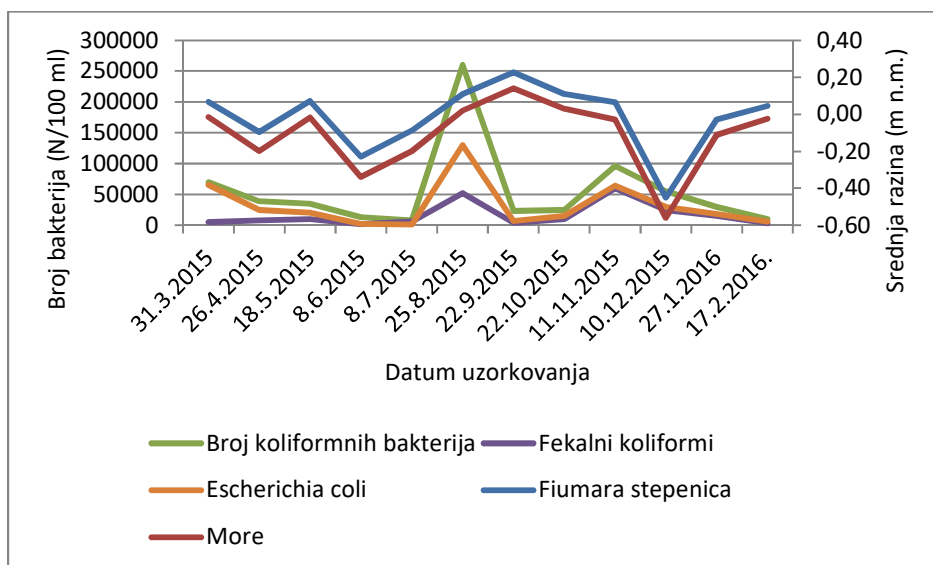
bila je jednaka. Električna vodljivost kretala se u širokom rasponu od 4050 do 27700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Prosječna vrijednost u ispitivanom razdoblju bila je slična kao na prethodnoj postaji i iznosila je 11388  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . To je nešto veća vrijednost nego na prvoj postaji. Alkalitet se nije puno mijenjao i vrijednosti su bile iste kao na prethodnim postajama. Kretao se u vrijednostima od 126 do 164  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{CaCO}_3$ . Tvrdća se kretala u rasponu slično kao na postaji kod Mosta branitelja i to od 687 do 3526  $\text{mg}/\text{l}$   $\text{CaCO}_3$ . Srednja vrijednost saliniteta u ispitivanom razdoblju iznosila je 8,04 psu, pa se obzirom na ovu vrijednost postaja svrstava prema kriteriju za tipizaciju prijelaznih voda  $0,5 < s < 5$  u oligohalini tip prijelazne vode. Salinitet se kretao od 2,7 do 19,01 psu. Vidljivo je da salinitet povremeno značajno poraste iz čega se može zaključiti da povremeno prevladava morska voda u Mrtvom kanalu.

Koncentracija kisika u vodi bila je visoka i kretala se od 7,7 do 10,9  $\text{mg}/\text{l}$ , dok se zasićenje kisikom kretalo u vrijednostima od 73 do 96%, kao i na prethodnoj postaji. Utvrđene vrijednosti za  $\text{BPK}_5$  bile su niske. Mikrobiološkim ispitivanjem vode utvrđeno je da su u velikom broju u uzorcima vode bile prisutne bakterije indikatori fekalnog onečišćenja tijekom cijelog perioda ispitivanja. Maksimalan broj koliformnih bakterija u ispitivanom razdoblju iznosio je  $26 \times 10^4$ , fekalnih koliformnih bakterija  $60 \times 10^3$ , fekalni streptokok  $14 \times 10^3$ , *Escherichiae coli*  $13 \times 10^4$ , *Pseudomonas aeruginosa* 270, *Staphylococcus aureus* 20 i *Clostridium perfringens* 2600 kolonija u 100 ml. I ovdje je vidljiva veza povećanja protoka i vodostaja u Mrtvom kanalu i povećanja broja bakterija indikatora fekalnog onečišćenja (Slika 5.25. i 5.26.).



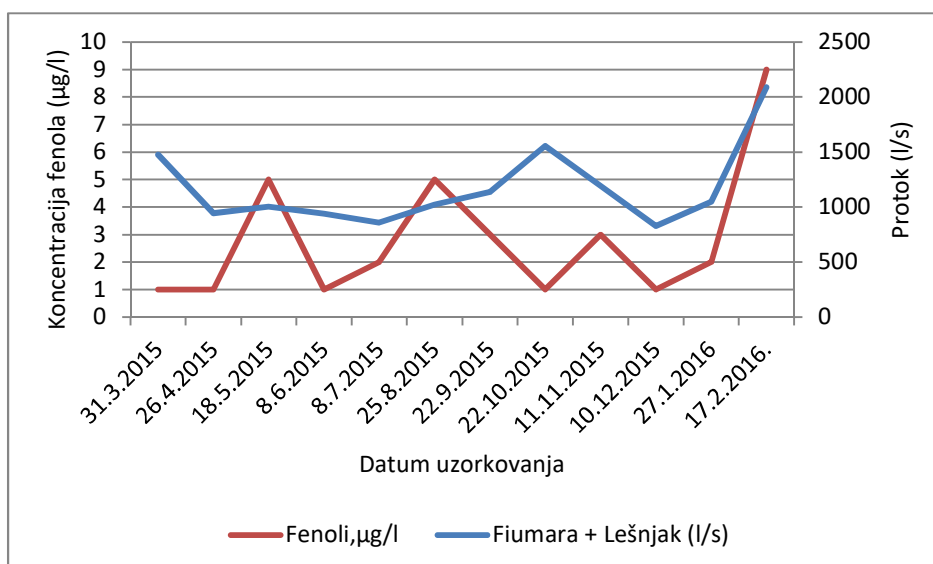
Slika 5.25. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog zagađenja na postaji kod Mosta kod kazališta u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.



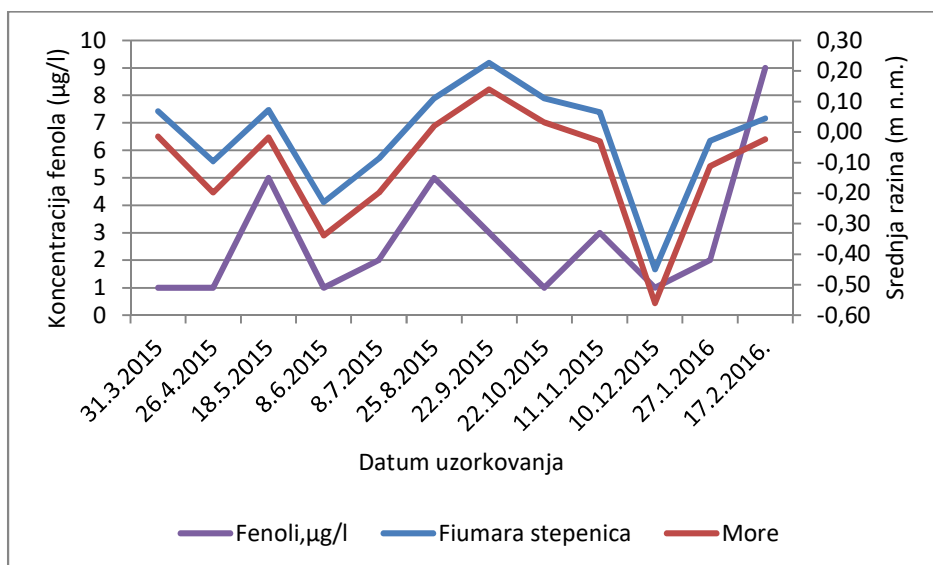


Slika 5.26. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i kretanje broja bakterija indikatora fekalnog onečišćenja na postaji kod Mosta kod kazališta u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

I na ovoj postaji ispitivala se koncentracija mineralnih ulja, fenola i anionskih detergenata. Koncentracija mineralnih ulja uglavnom je bila ispod granice kvantifikacije. Koncentracija mineralnih ulja kretala se u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 0,002 do 1,04 mg/l, sa srednjom vrijednosti od 0,111 mg/l. Koncentracija fenola se kretala u rasponu od vrijednosti manjih od granice kvantifikacije što iznosi 2 do 9 µg/l sa srednjom vrijednosti od 2,83 µg/l. Na slikama 5.27. i 5.28. vidljivo je da se koncentracija fenola u vodi povećava s povećanjem protoka, odnosno vodostaja u Mrtvom kanalu.



Slika 5.27. Protok vode na mjernoj postaji u Mrtvom kanalu (Fiumara+Lešnjak) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta kod kazališta u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.



Slika 5.28. Vodostaji izmjereni u Mrtvom kanalu (Fiumara stepenica i More) i koncentracija fenola na postaji kod Mosta kod kazališta u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Anionski detergentski utvrđeni su u četiri navrata u promatranom periodu. Kretali su se do vrijednosti od 0,44 mg/l. Poliklorirani bifenili nisu utvrđeni niti u jednom uzorku vode na ovoj postaji.

## Ocjena stanja vode na postaji kod Mosta kod kazališta

### *Ocjena ekološkog stanja vode prema biološkim elementima kakvoće*

Prema projektnom zadatku na postaji kod Mosta branitelja od **bioloških elemenata** kakvoće određivala se samo koncentracija klorofila *a* u vodi. Kao i na prethodnim postajama, vrijednosti klorofila *a* bile su niske u ispitivanom razdoblju. Maksimalna utvrđena vrijednost koncentracije klorofila *a* iznosila je 0,24 µg/l, dok je prosječna iznosila 0,11 µg/l. Stanje vode ocjenjeno je prema koncentraciji klorofila *a* koja je izražena kao omjer ekološke kakvoće i iznosila je 22,56. Prema tom pokazatelju postignuto je **vrlo dobro ili referentno stanje**.

### Ocjena ekološkog stanja vode prema fizikalno-kemijskim i kemijskim elementima kakvoće

Tablica 5.20. Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja (50% percentil) za postaju Most kod kazališta za ocjenu ekološkog stanja.

Postaja	Režim Kisika	Hranjive tvari			Prozirnost
	Zasićenje kisikom	Anorganski dušik	Ortofosfati	Ukupni fosfor	Secchi prozirnost
	%	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	$\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	m
Most kod kazališta	85,0	66,14	0,69	1,45	do dna

Prema dobivenim rezultatima za pokazatelje zasićenje kisikom, anorganski dušik i prozirnost, postaja Most kod kazališta se svrstava u **vrlo dobro** stanje. Prema pokazateljima ortofosfati i ukupni fosfor postaja Most kod kazalištane **zadovoljava kriterije niti vrlo dobrog niti dobrog ekološkog stanja**.

Tablica 5.21. Vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari (prosječna godišnja koncentracija) za ocjenu ekološkog stanja za postaju kod Mosta kod kazališta.

Opasna tvar	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )
<b>Specifične nesintetske onečišćujuće tvari</b>	
Bakar	18,17
Cink	5,73

Ispitivanjem kemijskih elemenata kakvoće za ocjenu ekološkog stanja za specifične onečišćujuće tvari, kao što su bakar i njegovi spojevi i cink i njegovi spojevi utvrđeno je da se postaja kod Mosta kod kazalištamožesvrstati u **umjereno stanje** prema prosječnoj godišnjoj koncentraciji bakra, kao na prethodne dvije postaje.

### Ocjena kemijskog stanja vode

Ispitivanjem kemijskog stanja kroz praćenje prioriternih tvari: kadmij, nikal, olovo, živa, kloroform, tetraklorugljik, trikloretilen, tetrakloretilen, 1,2 dikloreten, diklormetan, heksaklorbutadien, benzen, 1,3,5 triklorbenzen, 1,2,4 triklorbenzen, 1,2,3 triklorbenzen, naftalen, fluoranten, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, benzo(g,h,i)perilen, indeno (1,2,3-cd)piren, antracen utvrđeno je dana postaji kod Mosta kod kazališta **nije postignuto dobro kemijsko stanje** zbog prosječne godišnje koncentracije benzo(a)pirena i maksimalne godišnje koncentracije benzo(g,h,i)perilenakoje prelaze dozvoljene vrijednosti za dobro kemijsko stanje (Tablica 5.22.). Pri ocjeni kemijskog stanja uzete su vrijednosti olova i nikla koje se odnose na njihovu topljivu formu u vodi, a ne na njihove biološki raspoložive koncentracije.

Tablica 5.22. Vrijednosti prioriternih tvari (prosječna godišnja koncentracija i maksimalna godišnja koncentracija) za ocjenu kemijskog stanja za postaju kod Mosta kod kazališta.

Naziv tvari	Prosječna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g/l}$ )	Maksimalna godišnja koncentracija ( $\mu\text{g/l}$ )
Kadmij	0,11	0,3
Nikal	<2	5
Olovo	0,34	1,15
Živa	0,02	0,07
Kloroform	<1	<1
Teraklorugljik	<0,1	<0,1
Trikloretilen	<0,1	<0,1
Tetrakloretilen	<0,1	0,3
1,2 dikloretan	<0,75	<0,75
Diklormetan	<0,75	<0,75
Heksaklorbutadien	<0,040	<0,040
Benzen	<2	<2
1,3,5 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,4 triklorbenzen	<0,040	<0,040
1,2,3 triklorbenzen	<0,040	<0,040
Naftalen	<0,001	<0,001
Fluoranten	0,004	0,008
Benzo(b)fluoranten	<0,002	0,0044
Benzo(k)fluoranten	<0,001	0,0052
Benzo(a)piren	0,0008	0,0052
Benzo(g,h,i)perilen	0,0005	0,0039
Indeno(1,2,3-cd)piren	0,0005	0,003
Antracen	<0,002	0,006

## **5.5. ANALIZA KEMIJSKIH SVOJSTAVA SEDIMENTA U MRTVOM KANALU I RJEČINI U PERIODU OD OŽUJKA 2015. DO VELJAČE 2016. GODINE**

### **Uvodno obrazloženje**

Sedimenti (lat. sedimentum = talog) taložine su trošnog materijala (šljunka, pijeska, gline i sl.) ili otopina (vapna, soli, gipsa i sl.) u moru (morski ili marinski sedimenti), jezeru (jezerski ili lakustrijski sedimenti), rijeci (riječni ili fluvijalni sedimenti). Sedimenti su važan segment vodnog okoliša iz razloga što je velika većina potencijalno toksičnih spojeva koji dospijevaju u vodni okoliš relativno visoke molekularne mase te imaju visoki koeficijent raspodjele n-oktanol/voda ( $\log K_{ow} 4 - 9$ ) te se stoga u pravilu nakupljaju u sedimentu. Organizmi mogu biti izloženi navedenim spojevima tijekom re-suspenzije istih u stupac vode uslijed miješanja zbog meteoroloških ili sezonskih temperaturnih promjena u vodenom stupcu. Također, putem bentičkih organizama, toksični spojevi mogu ući i u prehrambeni lanac. Obzirom na navedeno, u cilju karakterizacije ekoloških rizika vodnih tijela te određivanja prioriternih područja za sanaciju iznimno je važno odrediti stanje sedimenata i njihove opterećenosti toksičnim spojevima. Obzirom na navedeno, te sukladno projektnom zadatku, provedeno istraživanja izvršeno je u cilju utvrđivanja stupanja opterećenosti/stanja sedimenta.

U sklopu projektnog zadatka definirane su 4 lokacije: 3 lokacije u Mrtvom kanalu te jednoj kontrolnoj lokaciji u Rječini (kod Mosta Kontinental) na kojima se sediment uzrokovao 4 puta godišnje.

U sedimentu Mrtvog kanala određivali su se slijedeći pokazatelji:

- I. teški metali;
- II. policiklički aromatski ugljikovodici (PAU);
- III. poliklorirani bifenili. (PCB);
- IV. ukupni organski ugljik (TOC);
- V. ukupni fosfor (P);
- VI. ukupni dušik (N).

## Uzorkovanje, metode analize i karakterizacija ekoloških rizika

Uzorkovanje sedimenta provodilo se Ekman-ovim grabilom. Nakon uzorkovanja sediment je spremljen na -20 °C do daljnje obrade. Daljnja obrada uključivala je sušenje na + 40 °C do konstantne težine te prosijavanje kroz sito promjera 2 mm.

U cilju karakterizacije stupnja onečišćenja odnosno procijene ekoloških rizika koristile su se međunarodno priznate smjernice (tzv. **Sediment Quality Guidelines** odnosno **SQG**) objavljene u znanstvenoj literaturi obzirom da hrvatska legislativa ne propisuje granične vrijednosti toksičnih spojeva za taj segment vodnog okoliša. Vrijednosti koje su se koristile za usporedbu (benchmarking) bile su ERL (Effect Range Low) i ERM (Effect Range Median). ERL vrijednosti su one vrijednosti pri kojima je moguće očekivati negativan ekološki učinak u manje od 10 % slučajeva, dok su ERM (Effect Range Median) vrijednosti one u kojima je moguće očekivati negativan ekološki učinak u uviše od 90 % slučajeva. Treba napomenuti da međunarodne smjernice SQG ne postoje za sve analizirane spojeve, pa je usporedba bila moguća samo za one spojeve za koje smjernice postoje.

## Rezultati

### Teški metali

Rezultati analize teških metala prikazani su u Tablicama 5.23., 5.24., 5.25. i 5.26.

**Tablica 5.23. Rezultati analize teških metala (08. lipanj 2015.).**

8-lip-15		<u>Most</u>			
	-	<u>Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
Teški metali (mg/kg s. t.)	Pb	13	584	37	167
	Cd	0,21	2,1	0,21	0,76
	Hg	0,051	2,2	0,061	1,1
	Mn	248	328	630	550
	Cu	20	286	71	253
	Zn	55	1778	75	506
	Ni	33	85	53	93
	Cr	46	119	44	116
	Fe	10107	23823	17137	39623

**Tablica 5.24. Rezultati analize teških metala (22. rujan 2015.)**

22-ruj-15		<u>Most</u>			
		<u>Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
Teški metali (mg/kg s. t.)	Pb	161	437	304	374
	Cd	0,5	2	0,4	1



Hg	0,8	3	0,1	1
Mn	149	303	1148	266
Cu	127	342	22	292
Zn	463	971	128	810
Ni	21	56	27	38
Cr	34	80	28	53
Fe	10497	27050	18587	19187

**Tablica 5.25. Rezultati analize teških metala (30. studeni 2015.)**

<u>30-stu-15</u>		<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
Teški metali (mg/kg s. t.)	Pb	164	421	67	1749
	Cd	1,4	2,2	0,51	3,1
	Hg	2,4	2,4	0,08	4,9
	Mn	161	219	659	373
	Cu	207	800	23	4974
	Zn	1114	1805	67	3434
	Ni	39	40	33	41
	Cr	50	64	34	80
	Fe	18380	30390	17220	40823

**Tablica 5.26. Rezultati analize teških metala (22. rujan 2015.)**

<u>16.2.2016</u>		<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
Teški metali (mg/kg s. t.)	Pb	125	181,3	21	267,3
	Cd	0,7	1,1	2	1
	Hg	0,8	1	0,04	1
	Mn	145,5	145,3	601	259,7
	Cu	260,3	282,7	14,3	2004
	Zn	628	615,3	45	817
	Ni	39,7	48,3	57,7	39,3
	Cr	47,7	58,3	42,3	58,3
	Fe	16100	25023,3	16086,7	28713,3

Prosječne vrijednosti svih 4 uzorkovanja za teške metale prikazani su u Tablici 5.27.

**Tablica 5.27. Prosječne vrijednosti teških metala na odabranim lokacijama**

	<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
Pb	115,8	405,8	107,3	639,3
Cd	0,7	1,9	0,8	1,5
Hg	1,0	2,2	0,1	2,0
Mn	175,9	248,8	759,5	362,2
Cu	153,6	427,7	32,6	1880,8
Zn	565,0	1292,3	78,8	1391,8
Ni	33,2	57,3	42,7	52,8
Cr	44,4	80,3	37,1	76,8
Fe	13771,0	26571,6	17257,7	32086,6

Međunarodne smjernice (SQG vrijednosti) za pojedine teške metale prikazani su u Tablici 5.28.

**Tablica 5.28. Smjernice za karakterizaciju ekoloških rizika<sup>1</sup>**

	<u>ERL</u>	<u>ERM</u>
Pb	35	110
Cd	5	9
Hg	0,15	1,3
Mn		
Cu	70	390
Zn	120	270
Ni	30	50
Cr	37,3	145
Fe		

<sup>1</sup> G. Allen Burton, Jr. (2002). Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*. 3:65-75.

Iz priloženog vidljivo je da su na svim lokacijama u svim razdobljima uzorkovanja bile prekoračene ERL a u nekim slučajevima i ERM vrijednosti. Sediment na ispitivanim lokacijama moguće je okarakterizirati kao opterećen te je izvjesno da teški metali u koncentracijama koje su pronađene izazivaju negativne ekološke učinke. Vezano za Rangiranje pojedinih lokacija obzirom na opterećenost teškim metalima to je moguće učiniti jedino obzirom na pojedini parametar. U cilju usporedbe parametri su uprosječivani. Za pojedine parametre to je kako slijedi:

**Pb:** M. Kontinental < M. Fiumara < M. Branitelja < M. Kazalište  
**Cd:** M. Fiumara < M. Kontinental < M. Kazalište < M. Branitelja  
**Hg:** M. Kontinental < M. Fiumara < M. Kazalište < M. Branitelja  
**Mn:** M. Fiumara < M. Branitelja < M. Kazalište < M. Kontinental  
**Cu:** M. Kontinental < M. Fiumara < M. Branitelja < M. Kazalište  
**Zn:** M. Kontinental < M. Fiumara < M. Branitelja < M. Kazalište  
**Ni:** M. Fiumara < M. Kontinental < M. Kazalište < M. Branitelja  
**Cr:** M. Kontinental < M. Fiumara < M. Kazalište < M. Branitelja  
**Fe:** M. Fiumara < M. Kontinental < M. Branitelja < M. Kazalište

### Polciklički aromatski ugljikovodici (PAU)

Rezultati analize polikličkih aromatskih ugljikovodika prikazani su u Tablicama 5.29., 5.30., 5.31. i 5.32.

**Tablica 5.29. Rezultati analize PAU (08. lipanj 2015.)**

<u>8-lip-15</u>	Most Fiumara	Most Branitelja	Most Kontinental	Most Kazalište
Naftalen	< 1,00	1,02	< 1,00	< 1,00
Acenaftilen	< 5,00	< 5,00	< 5,00	3,91
Acenaften, µg/kg s.t.	< 1,00	< 1,00	< 1,00	2,38
Fluoren	< 1,00	1,59	< 1,00	< 1,00
Fenantren	4,27	33,3	20,4	< 1,00
Antracen	< 1,00	4,99	3,14	1,34
Fluoranten	13,49	144,3	103	353
Piren	10,6	197,5	94,6	< 1,00
Benzo(a)antracen	5	51,8	81,1	181
Krizen	2,58	76,6	51	168
Benzo(b)fluoranten	4,52	230	118	312
Benzo(k) fluoranten	2,69	217,4	52,7	345
Benzo(a)piren	4,49	545,9	58,2	196
Dibenzo(a,h)antracen	< 1,00	1,27	10,4	57,1
Benzo(g,h,i)perilen	< 1,00	109,5	30,8	152
Indeno(1,2,3-cd)piren	4,36	216,9	18,9	136
<b>PAU (µg/kg s. t.)</b>	<b>52</b>	<b>1832</b>	<b>642</b>	<b>1908</b>

**Tablica 5.30. Rezultati analize PAU (22. rujan 2015.)**

<u>22-ruj-15</u>	Most Fiumara	Most Branitelja	Most Kontinental	Most Kazalište
Naftalen	< 1,00	3,62	< 1,00	< 1,00
Acenaftilen	12	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Acenaften, µg/kg s.t.	2,67	< 1,00	< 1,00	1,35
Fluoren	4,13	2,18	< 1,00	1,14
Fenantren	88,1	47,1	7,56	44
Antracen	16	7,15	< 1,00	7,69
Fluoranten	62,3	28,6	4,79	42,6
Piren	103	181	7,76	92
Benzo(a)antracen	32,3	24,6	1,76	18,7
Krizen	25,4	32,6	1,48	9,84
Benzo(b)fluoranten	69	21	3,39	< 1,00
Benzo(k) fluoranten	55,9	45,3	1,55	166
Benzo(a)piren	74	63,6	2,27	67,1
Dibenzo(a,h)antracen	< 1,00	< 1,00	< 1,00	9,51
Benzo(g,h,i)perilen	23,1	109,5	1,6	17,3
Indeno(1,2,3-cd)piren	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
<b>PAU (µg/kg s. t.)</b>	<b>568</b>	<b>566</b>	<b>32</b>	<b>477</b>

**Tablica 5.31. Rezultati analize PAU (30. studeni 2015.)**

<u>30-stu-15</u>	Most Fiumara	Most Branitelja	Most Kontinental	Most Kazalište
Naftalen	4,3	1,89	<1,00	<1,00
Acenaftilen	< 5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Acenaften, µg/kg s.t.	16,3	47,1	<1,00	<1,00
Fluoren	31,9	71,6	<1,00	3,74
Fenantren	370	777	16,6	90,2
Antracen	74,8	226	3,74	16,8
Fluoranten	139	402	35,7	91
Piren	348	819	59	299
Benzo(a)antracen	71,7	220	19,3	30,4
Krizen	29,7	114	8,69	19
Benzo(b)fluoranten	82,3	354	14,1	115
Benzo(k) fluoranten	6,8	1456	17,9	116
Benzo(a)piren	173	383	21,9	106
Dibenzo(a,h)antracen	< 1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Benzo(g,h,i)perilen	39,1	106	8,55	35,1
Indeno(1,2,3-cd)piren	8,59	12,8	4,23	<1,00
<b>PAU (ug/kg s. t.)</b>	<b>1395</b>	<b>4990</b>	<b>210</b>	<b>922</b>



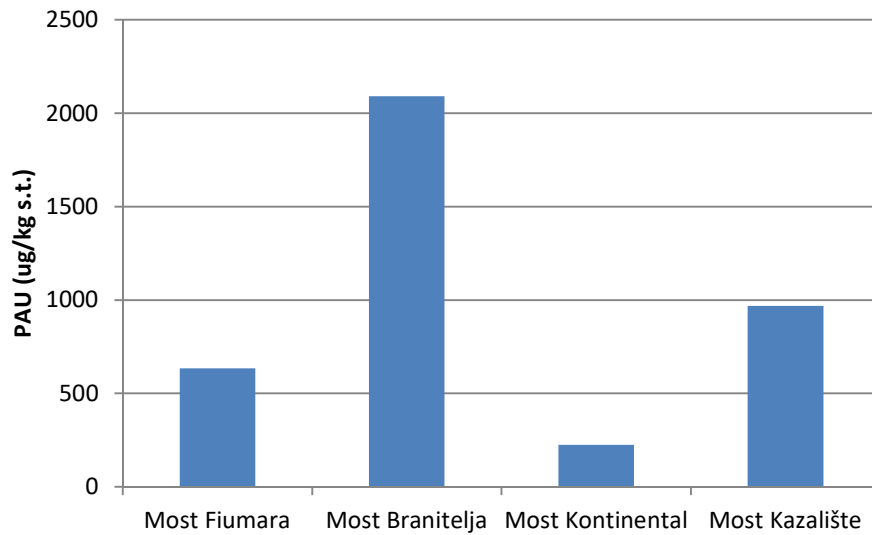
**Tablica 5.32. Rezultati analize PAU (16. veljače 2016.)**

<u>16-vlj-16</u>	Most Fiumara	Most Branitelja	Most Kontinental	Most Kazalište
Naftalen	1,15	1,05	<1,00	<1,00
Acenaftilen	<5,00	<5,00	<5,00	<500
Acenaften, µg/kg s.t.	6,98	6,77	<1,00	2,5
Fluoren	7,38	8,79	<1,00	3,1
Fenantren	101	127	3,95	49,5
Antracen	15,9	29,5	<1,00	11,3
Fluoranten	176	269	8,58	141
Piren	117	199	3,49	127
Benzo(a)antracen	23	66,8	<1,00	38,3
Krizen	28,1	56,9	<1,00	39,2
Benzo(b)fluoranten	22,5	132	1,45	75,2
Benzo(k) fluoranten	<1,00	10,5	<1,00	9,38
Benzo(a)piren	14,9	45,5	<1,00	38,7
Dibenzo(a,h)antracen	<1,00	1,35	<1,00	1,79
Benzo(g,h,i)perilen	3,44	11,9	<1,00	17,8
Indeno(1,2,3-cd)piren	2,5	6,1	<1,00	6,14
<b>PAU (ug/kg.s. t.)</b>	<b>520</b>	<b>972</b>	<b>17</b>	<b>561</b>

Međunarodne smjernice za ukupne PAU jesu kako slijedi: ERL 3500 ug/kg, a ERM iznosi 23580 ug/kg.<sup>2</sup> Treba napomenuti da je jedino na lokaciji kod Mosta Branitelja ERL vrijednost bila prekoračena 30. studenog 2015. godine. Prema tome sediment u mrtvom kanalu se obzirom na opterećenje policikličkim aromatskim ugljikovodicima može smatrati relativno slabo opterećenim.

<sup>2</sup> G. Allen Burton, Jr. (2002). Sediment quality criteria in use around the world. Limnology. 3:65-75.

Prosječne vrijednosti PAU u sedimentu naispitivanim lokacijama prikazane su na Slici 5.29.



**Slika 5.29. Prosječne vrijednosti PAU u sedimentu Mrtvog kanala**

Obzirom na prosječne vrijednosti tijekom ukupnog razdoblja uzorkovanja lokacije se obzirom na opterećenje mogu klasificirati na slijedeći način:

**M. Kontinental < M. Fiumara < M. Kazalište < M. Branitelja**

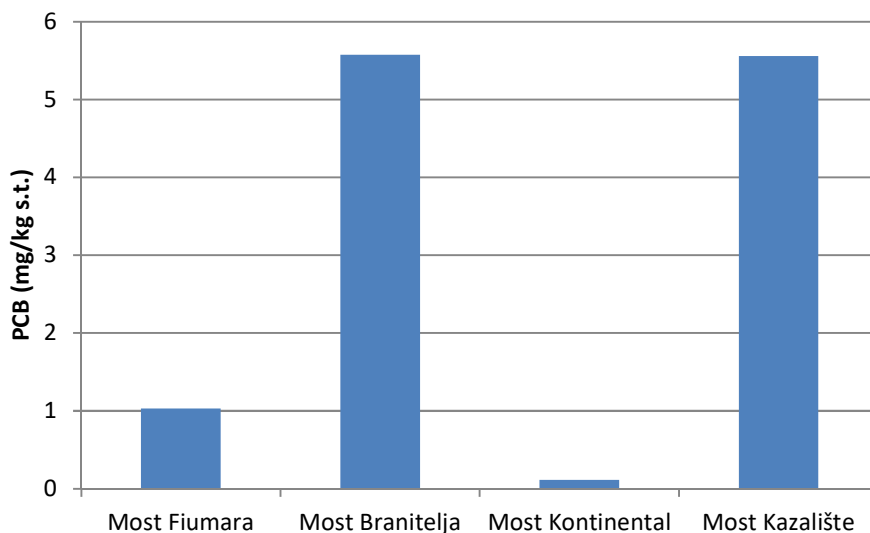
### Poliklorirani bifenili (PCB)

Rezultati analize polikloriranih bifenila prikazani su u Tablici 5.33.

**Tablica 5.33. Rezultati analiza PCB-ija.**

mg/kg	<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
8-lip-15	0,011	12,118	0,061	0,337
22-ruj-15	0,023	0,527	0,016	0,3
30-stu-15	3,9258	9,4762	0,266	20,4585
16-vlj-16	0,161	0,186	<0,010	1,138

Međunarodne smjernice za ukupne PCB jesu kako slijedi: ERL 0,05 mg/kg a ERM iznosi 0,4 mg/kg.<sup>3</sup> Sukladno navedenom i ERL i ERM vrijednosti bile su prekoračene (pogotovo na postaji kod Mosta branitelja gdje je ERM vrijednost bila prekoračena preko 40 puta 30 studenog 2015. godine) te je moguće očekivati značajan utjecaj ove klase spojeva na organizme koji tu obitavaju. Prosječne vrijednosti PCB-ija u sedimentu na ispitivanim postajama prikazane su na Slici 5.30.



**Slika 5.30. Prosječne vrijednosti PCB-ija u sedimentu Mrtvog kanala**

Obzirom na opterećenje PCB-ijima lokacije se mogu klasificirati kako slijedi:

**M. Kontinental < M. Fiumara < M. Kazalište < M. Branitelja**

<sup>3</sup> G. Allen Burton, Jr. (2002). Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*. 3:65-75.

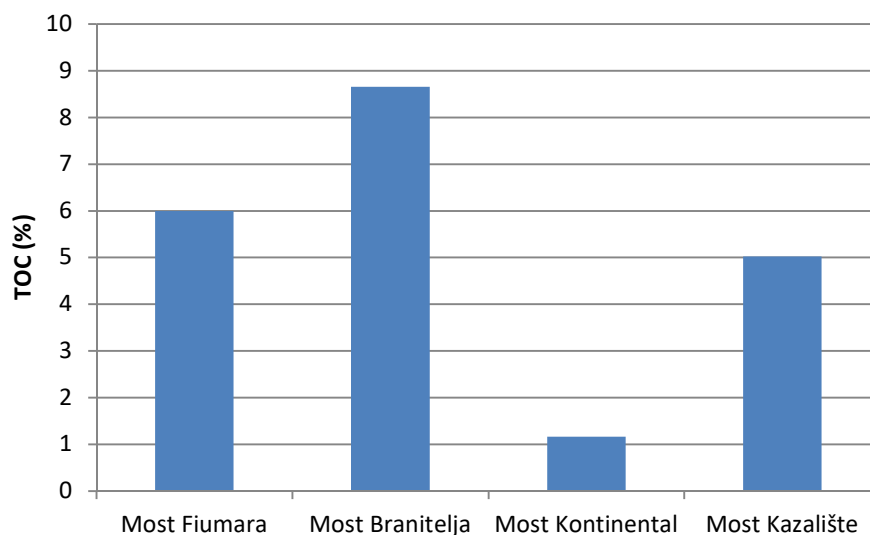
## Ukupni organski ugljik (TOC)

Rezultati analize TOC-a prikazani su u Tablici 5.34.

**Tablica 5.34. Rezultati analiza TOC**

%	<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
8-lip-15	2,4	8,6	1,2	4,7
22-ruj-15	4	8,4	0,8	5,1
30-stu-15	10,7	8,2	2,4	5,4
16-vlj-16	6,9	9,4	0,25	4,9

Za ukupni organski ugljik ne postoje međunarodne smjernice te je jedino bilo moguće rangirati lokacije uzorkovanja obzirom na količinu organskog ugljika na pojedinoj lokaciji. Prosječne vrijednosti TOC-a u sedimentu na lokacijama prikazane su na Slici 5.31.



**Slika 5.31. Prosječne vrijednosti TOC-a u sedimentu Mrtvog kanala**

Obzirom na navedeno lokacije se mogu kategorizirati kako slijedi:  
**M. Kontinental < M. kazalište < M. Fiumara < M. Branitelja**

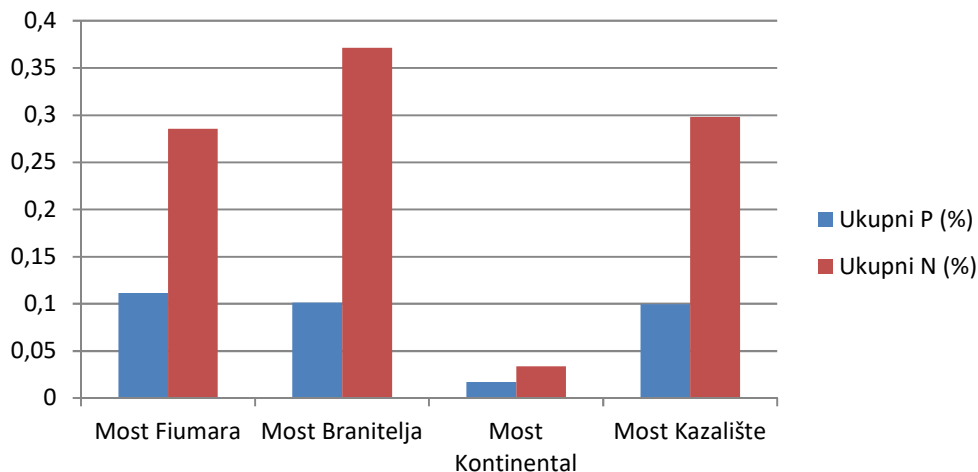
## Ukupni dušik (N) i ukupni fosfor (P)

Rezultati analize N i P prikazani su u Tablici 5.35.

**Tablica 5.35. Rezultati analize N i P.**

	<u>Most Fiumara</u>	<u>Most Branitelja</u>	<u>Most Kontinental</u>	<u>Most Kazalište</u>
<b>Ukupni P (%)</b>				
8-lip-15	0,045	0,096	0,025	0,098
22-ruj-15	0,12	0,09	0,014	0,11
30-stu-15	0,18	0,12	0,02	0,11
16-vlj-16	0,1	0,1	0,01	0,08
<b>Ukupni N (%)</b>				
8-lip-15	0,0221	0,2997	0,0777	0,3726
22-ruj-15	0,2516	0,3414	0,0303	0,2926
30-stu-15	0,56	0,46	0,012	0,309
16-vlj-16	0,307	0,383	0,015	0,218

Treba napomenuti da ne postoje dobro međunarodne smjernice za hranjive tvari u sedimentu (ne radi se o spojevima koji se smatraju toksičnima u pravom smislu te riječi) te s toga nije bilo moguće karakterizirati potencijalan ekološki rizik. Prosječne vrijednosti ukupnog P i ukupnog N u sedimentu na lokacijama prikazane su na Slici 5.32.



**Slika 5.32. Prosječne vrijednosti ukupnog P i ukupnog N u sedimentu Mrtvog kanala**

Vezano za opterećenost pojedinih lokacija hranjivima situacija je kako slijedi:

Ukupni fosfor (ukupni P):

**M Kontinental < M. Kazalište < M. Branitelja < M. Fiumara**

Ukupni dušik (ukupni N)

**M Kontinental < M. Fiumara < M. Kazalište < M. Branitelja**

### **Zaključci:**

Obzirom na provedenu analizu (sukladno projektnom zadatku) moguće je zaključiti slijedeće

- a) sediment na svim lokacijama (osim na kontrolnoj lokaciji) jest značajno opterećen teškim metalima;
- b) koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika na ispitivanim lokacijama uglavnom su bile niske;
- c) koncentracije polikloriranih bifenila na svim lokacijama bile su relativno visoke;
- d) koncentracije hranjiva bile su na svim ispitivanim lokacijama relativno niske.

Treba napomenuti da karakterizaciju lokacija obzirom na opterećenje potencijalno toksičnim spojevima treba uzimati s velikom rezervom obzirom da se prema projektnom zadatku na svakoj lokaciji uzimao samo jedan uzorak. Kao posljedica tako slabe prostorne rezolucije lako je moguće da su razlike u dobivenim vrijednostima artefakt prostorne varijacije na pojedinoj točki uzorkovanja (jednostavno nije moguće zgrabiti sediment na istom mjestu svaki puta), a ne stvarne razlike u opterećenju sedimenta analiziranim spojevima. Procjena opterećenja sedimenta Mrtvog kanala potencijalno toksičnim spojevima bi se mogla poboljšati ukoliko bi se povećala prostorna i/ili vremenska rezolucija uzorkovanja.



## 6 VODNOGOSPODARSKI ELEMENTI PLANIRANE STUDIJE

### 6.1. OCJENA MOGUĆNOSTI REVITALIZACIJE MRTVOG KANALA PREUSMJERAVANJEM VODE IZ KORITA RJEČINE

U svrhu revitalizacije Mrtvog kanala provedeno je nekoliko varijantnih rješenja njegova direktnog spajanja sa vodotokom Rječine, te provjera opravdanosti takvih spojeva. Rješenja su sprovedena od strane Tehničkog fakulteta u Rijeci 2015. godine kroz studiju „*Matematički model spoja Rječine i Mrtvog kanala, odnosno poplavlivanja donjeg toka Rječine*“. Kao inicijalna varijanta lokacije spojnog kanala predložena je trasa od nizvodne strane pješačkog mosta kod Hotela Continental do unutrašnjeg kraja Mrtvog kanala (Slika 6.1.). Takav spojni kanal imao bi dvojaku ulogu, osvježavanje vode u Mrtvom kanalu, te rasterećenje korita Rječine kod velikih voda. Na taj bi se način djelomično smanjio rizik od mogućih poplava na donjem toku vodotoka Rječine i otklonio problem neugodnih mirisa u okolini Mrtvog kanala koji su posljedica vrlo slabe cirkulacije u istom. U nastavku se iznose neke od najvažnijih značajki i karakteristika pojedinih rješenja.



Slika 6.1. Inicijalno predviđena lokacija spojnog kanala (ljubičasta boja), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.)

Prilikom postavljanja dispozicije spojnog kanala potrebno je zadovoljiti osnovnu funkcionalnost u vidu kontroliranog propuštanje vode iz korita Rječine, a da uvjeti tečenja koji se pritom ostvaruju bitno ne izmijene sadašnje i buduće korištenje prostora Mrtvog kanala. Pritom je potrebno nužno zadovoljiti dugoročno optimalno rješenje spojnog kanala, hidraulički oblikovanog u cilju maksimiziranja protočnosti, te urbanistički i estetski kvalitetno uklopljenog u budući gradski park na Delti predviđen po prostornom planu. Da bi se ostvarila učinkovitost takvog spojnog kanala provedena je analiza sustava Rječina - Mrtvi kanal pomoću računalnih modela za 1D, 2D i 3D strujanje vodenih masa, pri čemu su korišteni ulazni parametri koji su se odnosili na postojeće hidrološke podatke o tečenju vodotoka Rječine, te mareografski podaci o oscilacijama mora u Riječkom zaljevu (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.). Temeljem provedene hidrološke analize na donjem toku vodotoka Rječine usvojen je referentni protok velike vode od  $Q=273 \text{ m}^3/\text{s}$  koji odgovara 1000-godišnjem povratnom periodu. Dodatno su u razmatranje uzeti i protoci na profilu Tvornice papira koji odgovaraju malim vodama (korišteni podaci o trajnosti protoka na profilu Tvornice papira u periodu od 2010.-2013. godine) i srednjim vodama. Dobiveni protoci uzeti su sa vrijednostima 8, 30 i  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , a čemu odgovaraju trajanja prema definiranoj krivulji trajanja za 2015.g. od 60%, 2,5% i 4,2%. Kod simulacija strujanja sa spojnim cijevima i kanalima nisu analizirani protoci veći od  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , jer se očekuje izgradnja zapornice koja će kontrolirano puštati vodu u Mrtvi kanal. Procjena je da će kod većih protoka zapornica biti zatvorena i neće biti protoka prema Mrtvom kanalu.

U svrhu potrebe definiranja rubnih uvjeta na izlazu iz domene unutar numeričkog modela uzeti su mareografski podaci za mora u Riječkom zaljevu. Za tu potrebu definirane su referentne razine mora za 100-godišnji povratni period ( $H_m=1,30 \text{ m n.m.}$ ) i 1000-godišnji povratni period ( $H_m=1,47 \text{ m n.m.}$ ) koje su korištene u svim simulacijama strujanja. Visoke razine mora su preuzete iz studije „*Poplave mora na priobalnim područjima*“, a dobivene su na temelju mareografskih podataka za period 1967.-2011. godine (Hrvatski hidrografski institut Split, 2013.). S obzirom da je za provedbu simulacija određenih režima tečenja potrebno koristiti i nisku razinu mora dodatno je usvojena odgovarajuća vrijednost razine mora od  $H_m=0,00 \text{ m n.m.}$

U samoj analizi je obuhvaćen i problem istaloženog nanosa u donjem toku Rječine i njegov utjecaj na promjenu geometrije korita Rječine i Mrtvog kanala s aspekta promjene njihove protočnosti (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.). U tom pogledu uzete su dvije promatrane dionice za procjenu količine nanosa u koritu Rječine: područje od mosta Kontinental (točnije od restorana „Nebuloza“) do ušća, te područje od Školjića do Tvornice papira. Prva procjena nanosa dobivena je na temelju dostupnih geodetskih podataka za korito Rječine iz 1966. („*Regulacija donjeg toka Rječine*“, glavni projekt, Opće vodoprivredno poduzeće Rijeka), 2000. („*Matematički model poplavlivanja donjeg toka Rječine*“, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci) i 2014. godine (geodetski snimak korita Rječine napravljen za potrebe izrade elaborata „*Detekcija direktnih izljeva u Mrtvi kanal u zoni RG Mlaka*“), dok kod procjene nanosa na uzvodnom dijelu nije bilo moguće kvalitetno napraviti procjenu zbog nedovoljnih geodetskih podataka. Uprkos svemu, izvršilo se potrebno preklapanje starih i novijih geodetskih podataka iz 2000. i 2014. godine na

gore definiranim područjima, te se na taj način dobila jasnija karta promjene geometrije dna korita Rječine, odnosno karta nanosa (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.). Na temelju karata zaključeno je da se korito Rječine u području od mosta Kontinentala do ušća podiglo za oko 0,5 do 2 m, sa naznakom da se najviše nanosa nataložilo na području od mosta Kontinental do neposrednog nizvodnog cestovnog mosta. Ukupna procijenjena količina nanosa izračunata iz karte nanosa iznosi 4873 m<sup>3</sup> (za period od 1966.-2000.), 9273 m<sup>3</sup> (za period od 2000.-2014.), odnosno 14110 m<sup>3</sup> (za period od 1966.-2014.). Unutar projekta Regulacije korita Rječine iz 1966. godine navodi se podatak da je u godinama prije regulacije taloženje nanosa iznosilo 2600 m<sup>3</sup> godišnje za dionicu korita od ušća vodotoka do Tvornice papira. Velika količina nanosa koja je tada nastajala velikim je dijelom uzrokovana ispuštanjem otpadnog materijala od strane industrijskih pogona prisutnih u kanjonu Rječine u to doba. Doprinosom akumulacije i brane Valići (1966.), te oslabljenjem industrijske aktivnosti u kanjonu Rječine taloženje nanosa u donjem dijelu toka Rječine bitno je smanjeno. No, izražena dinamika taloženja nanosa u koritu donjeg toka Rječine ukazuje na rizik od ponovnog ubrzanog taloženja nanosa u Mrtvom kanalu ukoliko se aktivira rješenje s ponovnim uvođenjem voda Rječine u njezino staro korito – Mrtvi kanal, te će stoga pri eventualnoj primjeni takvih rješenja morati biti osigurani i zaštitni mehanizmi u vidu kontrole prebacivanja tih voda, kao i kontinuiranim praćenjima stanja nanosa u prijemniku.

### 6.1.1 Varijantna rješenja i njihove značajke

U izradi mogućih varijantnih rješenja spojnog kanala korito Rječine – Mrtvi kanal korišteni su različiti matematički modeli: 1D stacionarni i nestacionarni model strujanja u otvorenim kanalima, 2D nestacionarne Saint-Venant jednadžbe plitkih voda, te 3D nestacionarne Navier-Stokes jednadžbe (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.). Za potrebe validacije 2D modela uspoređeni su rezultati simulacija strujanja u koritu Rječine dobiveni opisanim 2D numeričkim modelom razvijenim u softveru Gerris (Gerris Flow Solver Wiki), sa rezultatima 1D modela razvijenog u softveru HEC-RAS. Razina mora je u svim validacijskim simulacijama postavljena na  $H_m=0,0$  m n.m. Na temelju validacijskih rezultata dobivena su vrlo zadovoljavajuća poklapanja rezultata 2D i 1D modela (razlike razina vodnog lica ne prelaze 20 cm). U konačnici se može zaključiti da se 2D model strujanja razvijen u softveru Gerris pokazao vrlo pouzdanim i zadovoljavajuće točnosti, te je kao takav poslužio kao glavni model u provedbi istraživanja (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.).

Na temelju izrađenog 2D numeričkog modela strujanja u softveru Gerris istražene su sljedeće varijantne izvedbe spoja vodotoka Rječine i Mrtvog kanala:

1. spoj propustom – sa jednom i dvije spojne cijevi (Slika 6.2.)
2. spojni kanal tip 1A („kosi kanal“, sa skraćenim Mrtvim kanalom) u varijantama širina kanala od 5, 15 i 30 m (Slika 6.3.)
3. spojni kanal tip 1B („kosi kanal“, bez skraćenog Mrtvog kanala), sa širinom kanala od 15 m (Slika 6.4.)
4. spojni kanal tip 2A („okomiti kanal“, sa skraćenim Mrtvim kanalom) u varijantama širina kanala od 5, 15 i 30 m (Slika 6.5.)

5. spojni kanal tip 2B („okomiti kanal“, bez skraćenog Mrtvog kanala), sa širinom kanala od 15 m (Slika 6.6.)

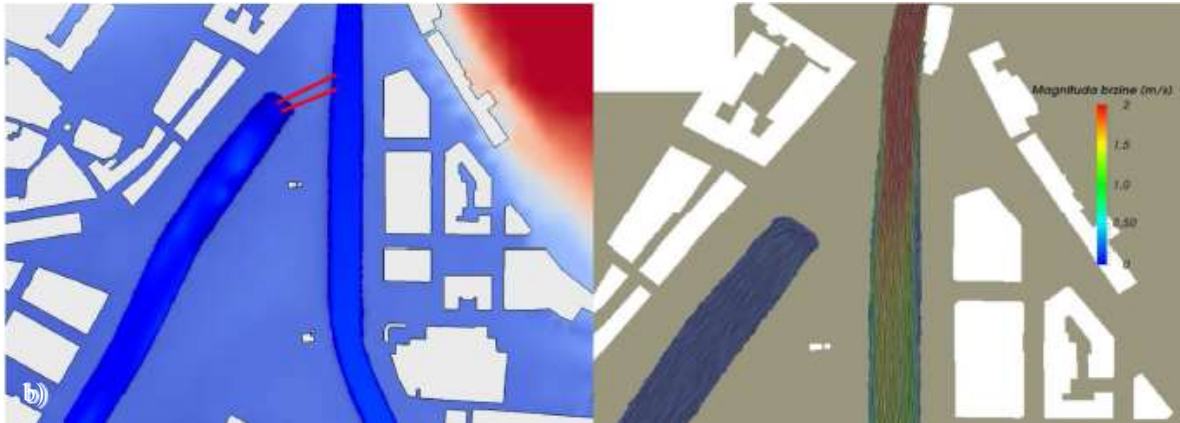
6. spojni kanal tip 3 („zaobljeni kanal“), (Slika 6.7.)

7. spojni kanal tip 4 (izravni spoj Mrtvog kanal na korito Rječine, tzv. „račva“), (Slika 6.8.), te

8. kanalni sustav prema urbanističkom rješenju za uređenje područja Delte (*Delta, Luka, Baroš – Izložba natječajnih radova, 2014.*), (Slika 6.9.).

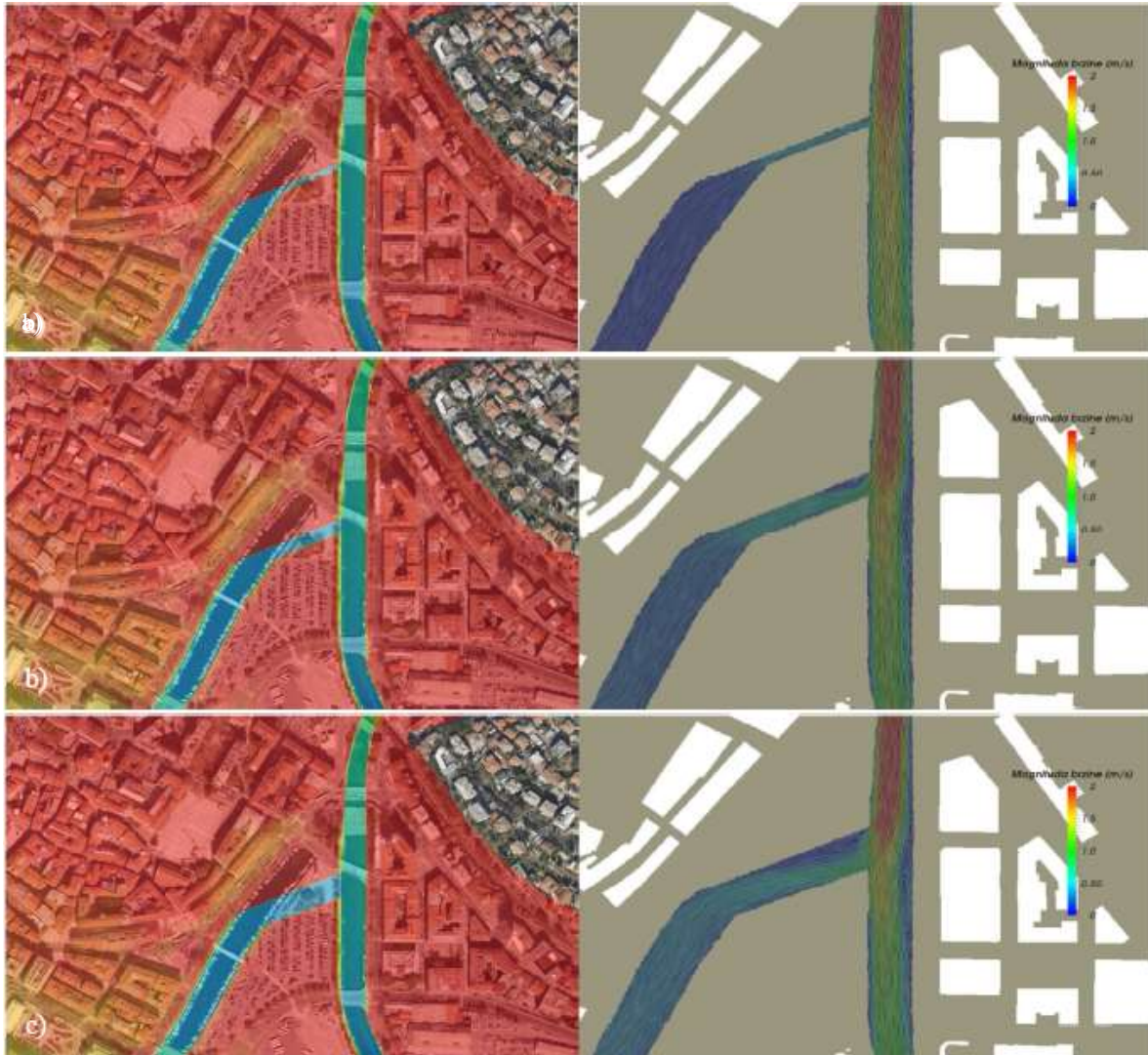
Kota dna spojnog kanala u računalnom modelu kod varijanti spojnog kanala tipa 1, 2 i 3 postavljena je na -3,0 m n.m, dok je kod spojnog kanala tipa 4 (tzv. „račva“) postavljena na -2,5 m n.m. Kod svih gore navedenih varijanti spojnog kanala Mrtvi kanal je u području od spoja do mosta prema cesti D404 produbljen na kotu -3,0 m n.m. U spojnim varijantama sa skraćenim Mrtvim kanalom (tip 1A i 2A) dio Mrtvog kanala uzvodno od spoja je u računalnom modelu „zatrpan“, odnosno visina terena na tom području postavljena je na kotu +2,0 m n.m. Na taj način je izbjegnuto zadržavanje otpadaka i organske materije koja bi se zasigurno skupljala u vrtložnoj mrtvoj zoni u uzvodnijem dijelu Mrtvog kanala. Prilikom provedenih modeliranja nije uziman u obzir položaj kolektora otpadnih voda.





Slika 6.2. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala a) jednim propustom (lijevo), te prikaz strujnica i magnituda brzine strujanja za protok  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i razinu mora  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$  (desno), te b) dvostrukim propustom (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja za protok  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i razinu mora  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$  (desno), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)



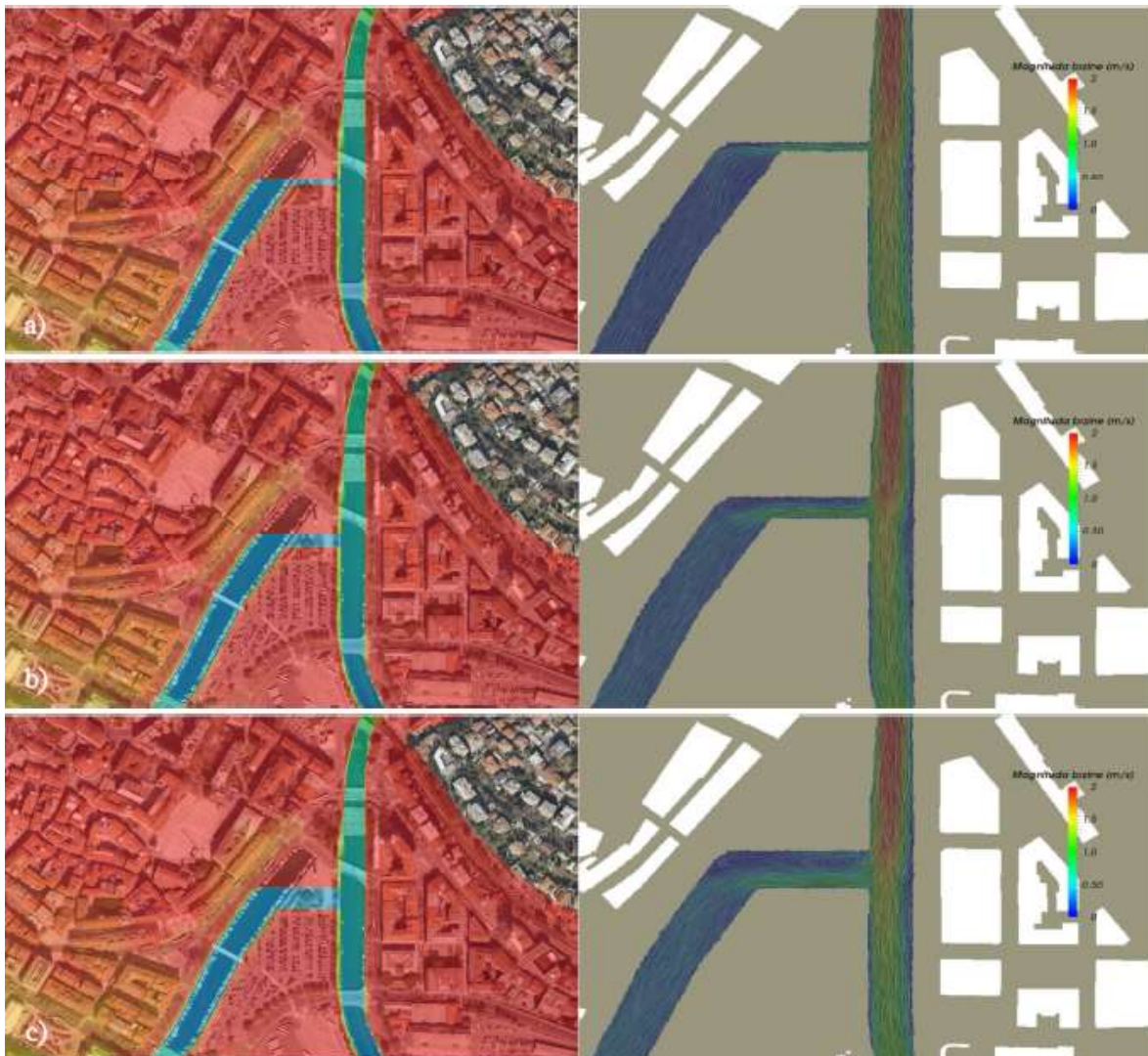


Slika 6.3. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 1A sa varijantama) širine kanala 5 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), b) širine kanala 15 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), te c) širine kanala 30 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015).





Slika 6.4. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 1B sa varijantom širine kanala 15 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015).



Slika 6.5. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 2A sa varijantoma a) širine kanala 5 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), b) širine kanala 15 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), te c)

širine kanala 30 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)



Slika 6.6. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 2B sa varijantom širine kanala 15 m (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)



Slika 6.7. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 3 (lijevo) i prikaz strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)



Slika 6.8. Spojno rješenje korita Rječine i Mrtvog kanala tip 4 (lijevo) i prikaz strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)





Slika 6.9. Varijantno rješenje kanalnog sustava prema urbanističkom rješenju uređenja područja Delte (lijevo) i prikazom strujnica i magnituda brzine strujanja (desno,  $Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0 \text{ m n.m.}$ ), (Tehnički fakultet Rijeka, 2015)

Tablica 6.1. Protočnost i značajke spojnih varijantnih rješenja korito Rječina – Mrtvi kanal;  $B_{SK}$  – širina spojnog kanala,  $Q_{Rj}$  – dotok vodotokom Rječina,  $Q_{MK}$  – protok u Mrtvom kanalu,  $Q_{ušće}$  – protok na ušću Rječine (modificirano prema Tehnički fakultet Rijeka, 2015).

Tip spojnog varijantnog rješenja korito Rječina – Mrtvi kanal		$Q_{Rj}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{MK}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{ušće}$ [m <sup>3</sup> /s]	Značajke spojnog varijantnog rješenja
Spoj jednostrukim propustom		8,0	0,3	7,7	Propust (cijev) je promjera 3 m. Koordinate uzvodne strane propusta u koritu Rječine su (5457127; 5020446), a u nizvodnoj strani u vrhu Mrtvog kanala (5457075,40; 5020421,40), (Slika 6.2.a)). Na uzvodnoj strani os cijevi je postavljena na kotu -2,3 m n.m., a na nizvodnoj strani os cijevi leži na koti -2,0 m n.m.
		30,0	2,8	27,2	
		100,0	3,2	96,8	
Spoj dvostrukim propustom		8,0	0,6	7,4	Korištene su dvije cijevi promjera 3 m. Ulazna točka prve cijev u koritu Rječine ima koordinate (5457127,00; 5020446,00), a izlazna točka u vrhu Mrtvog kanala (5457075,40; 5020421,40). Druga cijev povezuje ulaznu točku sa koordinatama (5457127,10; 5020432,8) i izlaznu točku na koordinati (5457079,70; 5020424,50), Slika 6.2.b).
		30,0	3,6	26,4	
		100,0	6,0	94,0	
Tip 1A	$B_{SK} = 5 \text{ m}$	8,0	0,1	7,9	Izvedba kosog spojnog kanala između korita Rječine i Mrtvog kanala. Uzvodni dio Mrtvog
		30,0	1,3	28,7	

	$B_{SK} = 15 \text{ m}$	100,0	6,4	93,6	kanala od spajanja sa spojnim kanalom nije uziman u proračun (kraća verzija Mrtvog kanala, Slika 6.3.).
		8,0	1,5	6,5	
		30,0	4,9	25,1	
	$B_{SK} = 30 \text{ m}$	100,0	21,7	78,3	
		8,0	2,0	6,0	
		30,0	7,3	22,7	
Tip 1B	$B_{SK} = 15 \text{ m}$	100,0	31,1	68,9	Strujanje u Mrtvom kanalu nizvodno od spoja za spojni kanal tip 1B širine 15 m praktički je identično onome za spojni kanal tip 1A iste širine, Slika 6.4.
		8,0	~ 1,5	~ 6,5	
		30,0	~ 4,9	~ 25,1	
Tip 2A	$B_{SK} = 5 \text{ m}$	100,0	~ 21,7	~ 78,3	Izvedba okomitog spojnog kanala između korita Rječine i Mrtvog kanala. U ovoj varijanti je Mrtvi kanal skraćen na uzvodnom kraju, Slika 6.5.
		8,0	1,1	6,9	
		30,0	3,6	26,4	
	$B_{SK} = 15 \text{ m}$	100,0	12,3	87,7	
		8,0	2,1	5,9	
		30,0	6,8	23,2	
	$B_{SK} = 30 \text{ m}$	100,0	22,2	77,8	
		8,0	2,3	5,7	
		30,0	8,0	22,0	
Tip 2B	$B_{SK} = 15 \text{ m}$	100,0	26,4	74,0	Strujanje u Mrtvom kanalu nizvodno od spoja za spojni kanal tip 2B širine 15 m praktički je identično onome za spojni kanal tip 2A iste širine, Slika 6.6.
		8,0	~ 2,1	~ 5,9	
		30,0	~ 6,8	~ 23,2	
		100,0	~ 22,2	~ 77,8	

Tablica 6.2. Protočnost i značajke spojnih varijantnih rješenja korito Rječina – Mrtvi kanal;  $B_{SK}$  – širina spojnog kanala,  $Q_{Rj}$  – dotok vodotokom Rječina,  $Q_{MK}$  – protok u Mrtvom kanalu,  $Q_{ušće}$  – protok na ušću Rječine (modificirano prema Tehnički fakultet Rijeka, 2015), nastavak

Tip varijantnog rješenja Rječina – Mrtvi kanal	spojnog korito	$Q_{Rj}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{MK}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{ušće}$ [m <sup>3</sup> /s]	Značajke spojnog varijantnog rješenja
Tip 3		8,0	1,8	6,2	Spojni kanal tipa 3 predstavlja zaobljeni kanal. Na ulasku (pozicija korita Rječine) i izlazu (početak Mrtvog kanala) kanal je šireg poprečnog profila, dok se prema središnjem dijelu postepeno suzuje (kontrahira), Slika 6.7.
		30,0	6,1	23,9	
		100,0	23,6	76,4	
Tip 4		8,0	2,2	5,8	Spojna varijanta kanala je izrađena kao „račva“, odnosno direktan spoj korita Rječine koji se koaksijalno spaja sa postojećom osi Mrtvog kanala, Slika 6.8.
		30,0	8,3	21,7	
		100,0	52,0	48,0	

Na temelju gore provedene analize protočnosti pojedinih spojnih varijanti dispozicije korito Rječine – Mrtvi kanal treba napomenuti nekoliko važnih činjenica:

1. kod spojne varijante sa dva propusta ( $D=3\text{m}$ , protokom u Rječini  $Q=100\text{ m}^3/\text{s}$  i razinom mora  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$ ) protok u Mrtvom kanalu u iznosu od  $Q_{MK}=6,0\text{ m}^3/\text{s}$  (Tablica 4.1.) ne uspijeva primjetno podignuti razinu vode u Mrtvom kanalu iznad razine mora  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$

2. kod spojne varijante sa otvorenim kanalom (tipa 1B i 2B) provedene su simulacije samo za varijante sa širinom kanala od 15 m kod kojih su vrijednosti protočnosti gotovo identične sa vrijednostima protočnosti kanala tipa 1A i 2A

3. za spojnu varijantu kosog kanala (tip 1A) sa skraćenom verzijom Mrtvog kanala (pri dotoku vode iz Rječine od  $Q_{Rj}=100\text{ m}^3/\text{s}$ , razini morske vode  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$ , te širini spojnog kanala od  $B_{SK}=30\text{ m}$ ) formira se u Mrtvom kanalu protok od  $31,1\text{ m}^3/\text{s}$  koji rasterećuje korito Rječine na ušću na  $68,9\text{ m}^3/\text{s}$  (gotovo za trećinu vrijednosti!). Tom se varijantom rješenja uspijeva podignuti razina vode u Mrtvom kanalu za nekoliko centimetara iznad razine mora  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$

4. pri varijanti okomitog spojnog kanala tipa 2A (pri  $Q_{Rj}=100\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$  i  $B_{SK}=30\text{ m}$ ) protok u Mrtvom kanalu u iznosi od  $Q_{MK}=26,4\text{ m}^3/\text{s}$  (što odgovara spojnom kanalu tip 1A širine  $B_{SK}=30\text{ m}$ ) uspijeva podignuti u njemu razinu vode nekoliko centimetara iznad  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$

5. maksimalna protočnost pri spojnoj varijanti tipa 3 postignuta je kod dotoka vode  $Q_{Rj}=100\text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$ , te iznosi  $Q_{MK}=23,6\text{ m}^3/\text{s}$ . Također dolazi do blagog podizanja razine vode u Mrtvom kanalu za nekoliko centimetara iznad razine mora  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$

6. najbolji učinak pročišćavanja postignut je kod spojne varijante tipa 4 (tzv. „račve“) gdje je uslijed dotoka vode iz Rječine  $Q_{Rj}=100\text{ m}^3/\text{s}$  i  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$ , protok u Mrtvom kanalu postignuo vrijednost od  $Q_{MK}=52,0\text{ m}^3/\text{s}$ . Vrijednost podizanja razine vode u Mrtvom kanalu iznosi  $H=0,1\text{ m n.m.}$  pri razini mora  $H_m=0,0\text{ m n.m.}$

7. u pogledu malih i srednjih voda vodotoka Rječine ( $Q_{Rj}=8,0\text{ m}^3/\text{s}$  i  $Q_{Rj}=30,0\text{ m}^3/\text{s}$ ) najbolji učinak pročišćavanja je postignut kod varijante Tipa 1A pri kojem je za dani protok u koritu Rječine  $Q_{Rj}=8,0\text{ m}^3/\text{s}$  pri širini kanala  $B_{SK}=30\text{ m}$  dolazni protok u Mrtvi kanal iznosio  $Q_{MK}=2,0\text{ m}^3/\text{s}$ , odnosno kod  $Q_{Rj}=30,0\text{ m}^3/\text{s}$  protok prema Mrtvom kanalu iznosi  $Q_{MK}=7,3\text{ m}^3/\text{s}$ . Još boljom se pokazala varijanta Tipa 2A sa okomitim spojnim kanalom  $B_{SK}=30\text{ m}$  između korita Rječine i skraćenim dijelom Mrtvog kanala pri kojem su dobivene vrijednosti dotoka u Mrtvi kanal od  $Q_{MK}=2,3\text{ m}^3/\text{s}$  (za  $Q_{Rj}=8,0\text{ m}^3/\text{s}$ ), odnosno  $Q_{MK}=8,0\text{ m}^3/\text{s}$  (za  $Q_{Rj}=30,0\text{ m}^3/\text{s}$ ). Dobivene vrijednosti dotoka vode u Mrtvi kanal u varijanti Tipa 4 (tzv. račva) se pokazala vrlo sličnom kao i varijanta Tipa 2A ( $Q_{MK}=2,2\text{ m}^3/\text{s}$  za  $Q_{Rj}=8,0\text{ m}^3/\text{s}$ , odnosno  $Q_{MK}=8,3\text{ m}^3/\text{s}$  za  $Q_{Rj}=30,0\text{ m}^3/\text{s}$ ). Sva ostala provedene varijantna rješenja imaju neznatno manje vrijednosti dotoka vode prema Mrtvom kanalu. Ovi podaci su vrlo značajni za ocjene mogućnosti i učinaka provedbe revitalizaciju Mrtvog

kanala jer režim vodostaja i protoka korita Rječine upravo u domeni analiziranih srednjih vrijednosti protoka (spomenutih  $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) tijekom godine ima značajan udio na krivulji trajanja – oko 60%, a ovisno o tehničkom rješenju u toj bi situaciji u Mrtvi kanal utjecalo između  $0,1$  i  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  voda iz samog korita Rječine.

Iz danih je prikaza vidljivo da razmatrane spomenute hipotetske mogućnosti, pogotovo u slučaju tečenja  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  vode koritom Rječine, mogu s jedne strane uzrokovati probleme intenziviranja procesa taloženja nanosa u Mrtvom kanalu. Stoga je nužno planirati mogućnost kontroliranog zatvaranja dotoka iz Rječine kako ne bi došlo do povećane sedimentacije na prostoru Mrtvog kanala te u nastavku i lučkog akvatorija.

Također treba naglasiti da je za potrebe revitalizacije Mrtvog kanala rađen kanalni sustav po urbanističkom rješenju uređenja područja Delte, luke i Porto Baroša (Tehnički fakultet Rijeka, 2015.). Takav zamišljeni kanalni sustav bi povezivao korito Rječine, Mrtvi kanal i morsku obalu (Slika 6.9.), te kontinuirano tijekom godine vršio recirkuliranje vode u Mrtvom kanalu.



## **6.2. OCJENA MOGUĆNOSTI REVITALIZACIJE MRTVOG KANALA PREUSMJERAVANJEM VODE IZ IZVORA ZVIR ILI ZVIR 2**

Moguće povećanje izmjene voda u Mrtvom kanalu u smislu povećanja dotoka izvorskih voda moglo bi se ostvariti povećanjem dotoka kanalom Fiumara na način da se u njega ubacuju prelivne izvorske vode s Izvora Zvir (preljev na koti 2,85 m n.m.) za što bi bilo potrebno izraditi spojni cjevovod do početka kanala Fiumara (Slika 2.24.), a zbog nepoznatih visinskih međuodnosa i položaja ostale infrastrukture na utjecajnom prostoru, vjerojatno bi u toj varijanti rješenja bilo potrebno osiguravati i crpljenja za dotok vode u taj početni dio kanala Fiumara. Nepoznat je i kapaciteta prihvata voda u gornjem dijelu Fiumare, ali ukoliko se zabilježena protoka u veljači 2016. uzme kao njegov prihvatni maksimum od  $2,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , onda je teoretski moguće tijekom sušnijih razdoblja u taj dio kanala prebaciti oko  $1-1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  izvorskih voda. Ukoliko se usporede te količine s podacima o krivuljama trajanja na preljevu izvora Zvir (Slika 2.18), protoka od  $1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  odgovara oko 80%-tnom trajanju, a protoka od  $1,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  čak 99 %-tnom. Vjerojatnije je da su prihvatni kapaciteti gornjeg dijela kanala Fiumare ograničeniji, i da je slobodan kapacitet tijekom sušnih razdoblja reda veličine oko 500-tinjak l/s što izuzev u ekstremnim sušama kao što je bila 2003.g. ne bi bio problem osigurati iz izvora Zvir, ili pak iz vodozahvata Zvir II koji služio kao rezervno crpilište. U slučaju korištenja vode iz vodozahvata ZVIRA II, spojni kanal do kanala Fiumare bi bio značajnije kraći, a osim varijante s korištenjem već instaliranih crpki na ZVIRU II za prebacivanje tih voda, postoji i mogućnost da se one prebacuju u kanal Fiumara i nategom.

Slična varijanta prethodnom rješenju mogla bi se ostvariti direktnim upuštanjem određenog dotoka iz vodotoka Rječine (kod velikih voda) u kanal izvorskih voda koji se nalazi neposredno u blizini Rječine (na dispoziciji neposredno ispred cestovnog mosta Školjić, ulaz u tvrtku Autotrolej). No takav jedan veći dotok iz Rječine, koji bi trajao u kontinuitetu po nekoliko sati ili dana, mogao bi vrlo ograničeno povećati protočnost Mrtvog kanala i izmjene vodnih masa u njemu.

No, radi se o inicijalnim idejama za do sada neprostudirana rješenja. Za detaljnija sagledavanja nužno je potrebna snimka situacijskih i visinskih položaja postojećih kanala, kao i njihova detaljnija geometrija kako bi se mogli utvrditi stvarni visinski međuodnosi i prihvatni kapaciteti Fiumare.

## 7 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zbog porasta svijesti o sve većoj degradaciji danas se sve veća važnost pridaje očuvanja vodnog okoliša. Onečišćenje voda je vrlo važan problem koji je potrebno rješavati kombiniranim pristupom zaštiti voda te sprovesti neke mjere kontrole izvora onečišćenja.

S obzirom da se najveće promjene kakvoće voda događaju tijekom kraćih vremenskih razdoblja unutar kojih se odvijaju značajnije promjene hidroloških prilika, kao i s obzirom na okolnost da se radi o vodnom sustavu koji je pod neposrednim utjecajem unutar dnevnih oscilacija plime i oseke, u nastavku započetih istraživanja bi bilo dobro monitoring organizirati na način da se kontinuirano prate promjene razina vode/mora u samom mrtvom kanalu kao i njegovim pritokama, kao i da se uz to prate i promjene elektrovodljivosti te moguće i temperature vode. Serije vodomjerenja i uzorkovanja kakvoće bi bilo korisno provesti na način da se koncentriraju u nekoliko karakterističnih hidroloških stanja (male vode, srednje vode, velike vode) ali puno detaljnije – vodeći računa da se obuhvate stanja plime i oseke, kao i njihova međustanja. No, uz to, svakako bi bilo potrebno uspostaviti kontinuirana instrumentalna praćenja kolebanja razine vode i elektrovodljivosti na više lokacija koncentriranih dotoka u Mrtvi kanal, kao i u samome Mrtvome kanalu na njegovu početku, dnu i sredini, te osigurati informacije o protokama s izvora Zvir na kojima se one od devedesetih godina prošlog stoljeća ne obračunavaju.

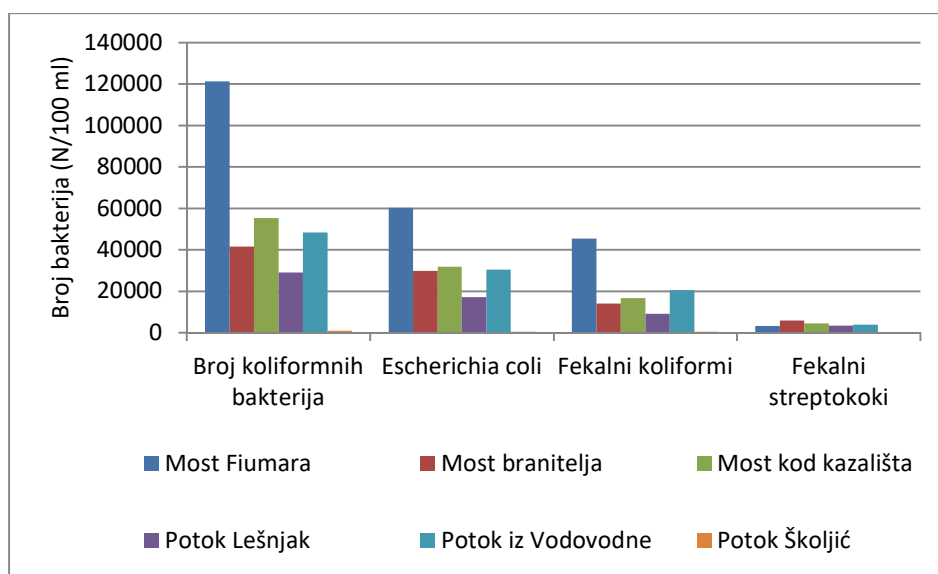
Za cjeloviti uvid u strujanja u Mrtvom kanalu, potrebno je uzeti u obzir kako ovakva prijelazna područja, gdje slatka voda dolazi u kontakt sa slanom vodom, karakterizira izrazita vertikalna stratificiranost saliniteta, temperature i posljedično gustoće vode. Drugim riječima, za očekivati je da u Mrtvom kanalu slatka vode teče u homogenom sloju iznad nepokretnog sloja slane morske vode. U nedostatku vertikalnih kretanje vodnih masa, u ovom slučaju prvenstveno plime i oseke, ova dva sloja, vrlo različitih karakteristika, se u principu ne miješaju. Kako se povećava protok slatke vode, tako sloj slane vode poprima oblik klina i postepeno se povlači prema moru. Kako bi se u potpunosti prepoznao utjecaj utoka u Mrtvi kanala, potrebno bi bilo provesti detaljna mjerenja brzine, temperature i elektrovodljivosti vode, ne samo duž kanala, već i po dubini. Na osnovu tih rezultata se mogu provesti i numerička modeliranja tečenja, koja moraju na odgovarajući način uzeti u obzir dvofazni karakter fluida. Naime, bitno je definirati na koji način tečenje slatke vode utječe na stratificirani vodni stupac te korelirati ulazne protoke u Mrtvi kanal s položajem slanog klina za vrijeme različitih razina plime i oseke.

U danom dokumentu analizirano je, na temelju raspoloživih podloga, i postojeće stanje infrastrukture hidrotehničkih sustava na utjecajnom području, kao i moguća rješenja revitalizacije toka Mrtvog kanala koji je prije prelociranja korita donjeg toka Rječine bio zapravo najdonji dio toka same Rječine. Uz do sada prisutne prijedloge probijanja spoja između Rječine i Mrtvog kanala radi pospješivanja njihove međusobne komunikacije, predloženo je i da se razmotri rješenje s

prebacivanjem dijela izvorskih voda sa područja Zvira i Zvira II u kanal Fiumaru, za što je potrebno prije svega dobro snimiti geometriju postojeće kanalske mreže, te odrediti njene hidrauličke značajke. Na kraju je dana i ocjena hidromorfološkog stanja Mrtvog kanala, prema kojoj je on **izrazito promijenjeno površinsko vodno tijelo**.

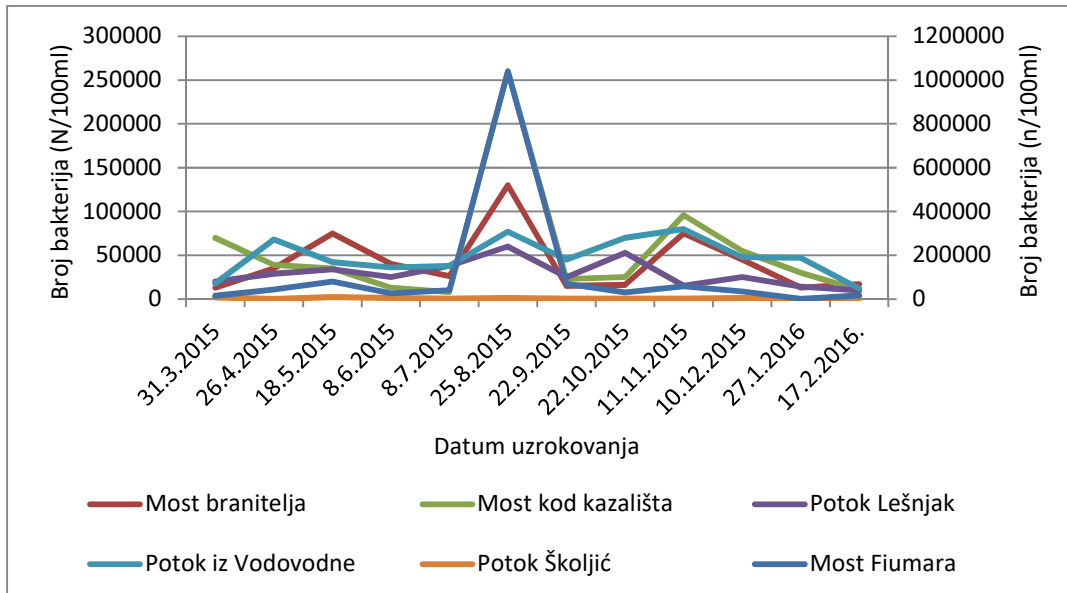
Kakvoća vode Mrtvog kanala direktno ovisi o kakvoći vode potoka koji se u njega ulijevaju, ali ovisi i o kakvoći priobalnog mora koji također ima značajan utjecaj posebno u uvjetima kada je nizak protok potoka. To je vidljivo iz vrlo širokog raspona saliniteta utvrđenom sve tri postaje u Mrtvom kanalu.

Godišnji prosječan broj bakterija bio je visok na svim ispitivanim postajama što ukazuje na trajno fekalno zagađenje Mrtvog kanala i potoka koji se u njega ulijevaju. Ako se uspoređi prosječni broj bakterija na svim ispitivanim postajama, vidljivo je da je najveće fekalno zagađenje utvrđeno na postaji kod Mosta Fiumara (Slika 7.1.). Potok iz Vodovodne donosi u Mrtvi kanal najveći dio fekalnog zagađenja, dok je potok Školjić najmanje opterećen fekalnim otpadnim vodama. S obzirom da je prosječan broj bakterija u Mrtvom kanalu veći nego u njegovim pritocima, može se zaključiti da se fekalne otpadne vode ulijevaju u Mrtvi kanal i na drugim mjestima koja nisu obuhvaćena ovim ispitivanjima.



Slika 7.1. Usporedba prosječnog godišnjeg broja koliformnih bakterija, *Escherichie coli*, fekalnih koliformnih bakterija i fekalnih streptokoka na svim ispitivanim postajama u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Na slici 7.2. vidljivo je da se najveći broj bakterija pojavljuje na svim ispitivanim postajama istovremeno. I ovdje je vidljivo da je potok Školjić najmanje opterećen fekalnim otpadnim vodama.



Slika 7.2. Usporedba broja koliformnih bakterija na svim ispitivanim postajama u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Na temelju ispitivanja bioloških pokazatelja, procjene hidromorfološkog stanja, ispitivanja fizikalno-kemijskih pokazatelja, određivanja stanja specifičnih onečišćujućih tvari te detektiranih prioritarnih tvari napravljena je preliminarna ocjena ekološkog i kemijskog stanja rijeke Rječine na postaji kod mosta Kontinental i Mrtvog kanala. Sumarni prikaz rezultata dat je u tablicama 7.1. i 7.2.

Tablica 7.1. Procjena ekološkog i kemijskog stanja rijeke Rječine na postaji kod Mosta Kontinental u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Ekološko stanje				Kemijsko stanje
Biološki pokazatelji	Procjena hidromorfološkog stanja	Fizikalno-kemijski pokazatelji	Stanje specifičnih onečišćujućih tvari	Prioritetne tvari
<b>VD</b>	Nije ocjenjeno.	<b>D</b>	<b>VD/D</b>	<b>VL</b>

Tablica 7.2. Procjena ekološkog i kemijskog stanja Mrtvog kanala na sve tri ispitivane postaje u razdoblju od ožujka 2015. do veljače 2016. godine.

Ekološko stanje				Kemijsko stanje
Biološki pokazatelji	Procjena hidromorfološkog stanja	Fizikalno-kemijski pokazatelji	Stanje specifičnih onečišćujućih tvari	Prioritetne tvari
<b>VD</b>	<b>VL</b>	<b>U</b>	<b>U</b>	<b>VL</b>

**Procjena ukupnog stanja: Umjeren ekološki potencijal**

## 8 LITERATURA

1. Grad Rijeka – Lučka uprava Rijeka (2014): *Delta, Luka, Baroš – Izložba natječajnih radova*, Rijeka.
2. Holjević, D. (1999): *Značajke vodotoka Rječine i problem obrane od poplava*, Rječina i Zvir: regulacija i revitalizacija, Državni arhiv u Rijeci, Rijeka, str. 34-36.
3. Hrvatske vode VGO Rijeka, (2002): *Vodnogospodarska osnova Hrvatske – Hidrološka studija za vodno područja primorsko-istarskih slivova*, Knjiga 1 – rezultati obrada (nositelj zadatka Rubinić, J.), Rijeka, nepublicirano.
4. Hrvatske vode (2015): *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Zagreb.
5. Hrvatski hidrografski institut (2013): *Poplave mora na priobalnim područjima*, Split
6. IGH d.d. Zagreb (2011): *Elaborat Detekcija direktnih izljeva u Mrtvi kanal u zoni RG Mlaka – dio sustava odvodnje grada Rijeke na lokacijama: Vodovodna, Školjić, Ž. fašizma, P.R.Vitezovića, Agatićeva, Autotrolej* (nos. zadatka Zaimović E, Eterović I.) (dokumentacija pripremljena za KD Vodovod i kanalizacija Rijeka), Zagreb, nepublicirano.
7. Institut za oceanografiju i ribarstvo (2011): *Karakterizacija područja i izrada prijedloga programa i provedba monitoringa stanja voda u prijelaznim i priobalnim vodama Jadranskog mora prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (2000/60/EC), Dio drugi: Rezultati monitoringa kemijskog i ekološkog stanja u vodnim tijelima prijelaznih i priobalnih voda uz procjenu njihovog hidromorfološkog stanja*“(nositelj zadatka Kušpilić D.), (dokumentacija pripremljena za Hrvatske vode), Split, nepublicirano.
8. Javno vodoprivredno poduzeće Rijeka (1990): *Čišćenje Mrtvog kanala*, izvještaj o izvedenom stanju, Rijeka, nepublicirano.
9. Opće vodoprivredno poduzeće (1966): *Regulacija donjeg toka Rječine*, glavni projekt, Rijeka, nepublicirano.
10. Palinić, N. (1999): *Rječina kroz povijest*, Rječina i Zvir: regulacija i revitalizacija, Državni arhiv u Rijeci, Rijeka, str. 6-33.
11. Plan upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2013. - 2015., Dodatak II - Analiza značajki jadranskog vodnog područja.
12. Rubinić, J., Sarić, M. (2005): *Hidrologija vodnih resursa u slivu Rječine*, Zbornik radova „Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje – Iskustva i izazovi“, Opatija: Vodovod i kanalizacija Rijeka, str. 199-207
13. Tehnički fakultet Rijeka (2000): *Matematički model poplavljanja donjeg toka Rječine*(nositelj zadatka Sopta, L.), Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci (dokumentacija izrađena za Hrvatske vode), Rijeka, nepublicirano.
14. Tehnički fakultet Rijeka (2015): *Matematički model spoja Rječine i Mrtvog kanala, odnosno poplavljanja donjeg toka Rječine*, Studija, Knjiga 3(nositelj zadatka Sopta, L.), Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci (dokumentacija izrađena za Hrvatske vode), Rijeka, nepublicirano.



15. Stražičić, N. (1999): *Riječki izvori i vodotoci u vremenu prošlom i sadašnjem*, ICR, Rijeka.
16. Vivoda, M. i sur. (2012): *Geohazardi u dolini Rječine u prošlosti i sadašnjosti*, Hrvatske vode, str. 105-116
17. Vodoprivreda R.O. - Rijeka (1987): *Hidrometrijski radovi – Rijeka*, Rijeka, nepublicirano.
18. Zajednička provedbena strategija za Okvirnu direktivu o vodama (2000/60/EZ), Usmjeravajući document br. 5, Prijelazne i priobalne vode – Tipologija, referentni uvjeti i klasifikacijski sustavi, 2003.
  
19. Uredba o standardu kakvoće vode (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015)

Web informacije:

1. Geoportal: <http://geoportal.dgu.hr/>, pristupljeno 13.2.2016.
2. Muzej Grada Rijeke: <http://www.muzej-rijeka.hr/rijecka-luka.asp>, pristupljeno 14.3.2016.
3. Krizni eko stožer Marišćina: <http://www.mariscina.com/>, pristupljeno 20.2.2016.
4. Novi list, <http://www.novolist.hr/>, pristupljeno 20.2.2016.
5. Pogledaj.to: <http://pogledaj.to/arhitektura/sto-je-delta-rijeci/>, pristupljeno 25.2.2016.
6. Gerris Flow Solver Wiki: [http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main\\_Page](http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page), pristupljeno 10.3.2016.