






OIKON d.o.o.
Trg senjskih uskoka 1-2
Zagreb

Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne



Zagreb, travanj 2013.

Investitor:	HRVATSKE VODE - pravna osoba za upravljanje vodama Ulica grada Vukovara 212, Zagreb	
Projekt:	Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne	
Vrsta dokumentacije:	Stručna studija	
Ugovor broj:	23-125/10 (Oikon 683-10)	
Voditelj izrade studije:	Dr.sc. Aleksandar Popijač, dipl.ing.biol.	Sinteza i interpretacija rezultata Uzorkovanje i obrada: bentos, ribe Determinacija: Plecoptera
OIKON d.o.o. 	Ana Đanić, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje: ribe, makrofiti
	Zoran Grgurić, dipl.ing.šum.	Uzorkovanje: ribe, bentos
	Mirna Mazija, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje: bentos, parametri vode
Vanjski suradnici:		
HIDROINŽENJERING d.o.o. 	Gordana Vuletić Šeparović, dipl.ing.geol.	Poglavlje 1.1.4. te dijelovi poglavlja 2.1.1-2.1.2, 2.2, 3.1.1-3.1.3
	Željko Štefanek, dipl.ing.građ.	Kontrola kvalitete
GEKOM d.o.o. 	Melita Milostić, dipl.ing.fiz.	Hidrologija
	Tanja Tudor, dipl.ing.fiz.	Hidrologija
	Josip Križan, dipl.ing.mat.	Ekološko modeliranje
GEONATURA d.o.o. 	Marina Magajne, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje i obrada: makrofiti Poglavlja 1.2.1.1 i 2.1.5.1
	Edin Lugić, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje i obrada: Coleoptera Dijelovi poglavlja 1.1.3 i 1.1.5
	Sven Kapelj, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje: bentos, parametri vode
	Dr.sc. Katarina Caput Mihalić, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje i obrada: perifiton
	Dr.sc. Krešimir Žganec, dipl.ing.biol.	Determinacija: Amphipoda
	Dušan Jelić, prof.biol.	Uzorkovanje i obrada: ribe
	Marina Vilenica, dipl.ing.biol.	Determinacija: Ephemeroptera i Odonata
	Vjerran Đanić, dipl.ing.biol.	Uzorkovanje: ribe, zoobentos
	Svjetlana Dekić, univ.bacc.oecol.	Izoliranje zoobentosa
Kontrola kvalitete	Prof.dr.sc. Oleg Antonić, dipl.ing.šum., CE	
Direktor Oikon d.o.o.	Dalibor Hatić, dipl.ing.šum., CE	

SADRŽAJ

1.	PREGLED STANJA U SLIVU	4
1.1.	Osnovne značajke vodotoka i slivnog područja	4
1.1.1.	Klima i hidrologija općenito	6
1.1.2.	Važni ekološki čimbenici	7
1.1.3.	Katastar postojećih i potencijalnih zagađivača vodotoka u slivu.....	42
1.1.4.	Način, količina i vremenska dinamika korištenja voda u slivu.....	49
1.1.5.	Krajobrazne vrijednosti područja sliva	68
1.2.	Opće biološke značajke	83
1.2.1.	Pregled stanja flore i faune	83
1.2.2.	Odabir bioindikatora s prikazom ekoloških zahtjeva	99
2.	ANALIZA STANJA I ODABIR PODLOGA	102
2.1.	Analiza i ocjena stanja voda	102
2.1.1.	Procjena utjecaja postojećih i planiranih regulacija vodotoka na režim otjecanja voda u slivu rijeke Mirne i životne zajednice vodotoka i obalnih područja ...	102
2.1.2.	Procjena utjecaja postojećeg i planiranog korištenja voda na režim otjecanja voda u slivu rijeke Mirne i životne zajednice vodotoka i obalnih područja	111
2.1.3.	Procjena međudnosa količina i kakvoće voda.....	113
2.1.4.	Ocjena stanja vodnog sustava u zaštićenim područjima u odnosu na zaštićena staništa i vrste	115
2.1.5.	Procijenjeno ekološko stanje u vodotoku	116
2.2.	Prikaz odabranih podloga za definiranje EPP i minimalnih preljevniha količina ...	155
2.2.1.	Prikaz odabranih podloga za definiranje EPP	155
2.2.2.	Prikaz odabranih podloga za definiranje minimalnih preljevniha količina izvorišta	164
3.	DEFINIRANJE EPP I MINIMALNIHA PRELJEVNIHA KOLIČINA	171
3.1.	Izbor metodologije	171
3.1.1.	Osnove definiranja EPP i minimalnih preljevniha količina na izvorima.....	171
3.1.2.	Pregled metodologije.....	172
3.1.3.	Izbor metodologije	185
3.2.	Definiranje EPP i minimalnih preljevniha količina na izvorima	187
3.2.1.	EPP za rijeku Mirnu	187
3.2.2.	EPP za glavne pritoke Bračanu, Rečinu i Dragu te Butonigu	190
3.2.3.	Minimalne preljevne količine na izvorištima Sv. Ivan, Bulaž i Gradole	193
4.	ZAKLJUČAK I SAŽETAK STUDIJE	213
	LITERATURA.....	216

1. PREGLED STANJA U SLIVU

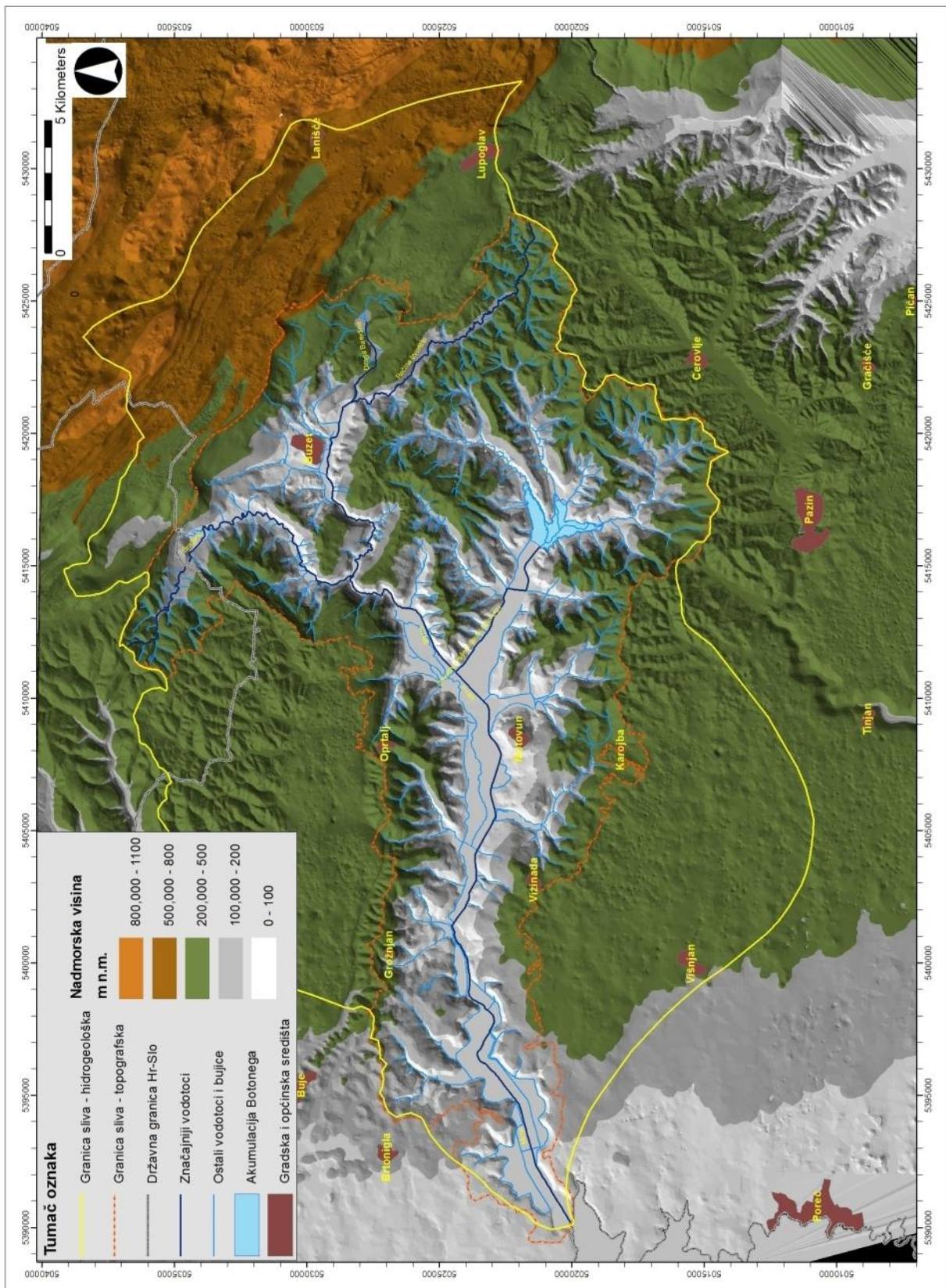
1.1. Osnovne značajke vodotoka i slivnog područja

Mirna je najznačajniji površinski vodotok na području Istarske županije što proizlazi ne samo iz veličine njenog slivnog područja koje iznosi oko 725 km² (utjecajni tj. hidrogeološki sliv, od čega je približno 380 km² neposrednog površinskog sliva), već i iz njene vodne bilance koja čini oko 30% ukupne vodne bilance istarskog područja. Oko 7% sliva (45 km²) nalazi se na području Slovenije. Veliki dio vodne bilance daju krški izvori, od kojih se Bulaž i Mlini dijelom prihranjuju i iz područja Slovenije. Bujica Bračana, jedna od značajnijih pritoka, ima karakter prekograničnog vodotoka, što vrijedi i za nekoliko bujica (ponornica) na području Zrenjske visoravni (Slika 1.1.1).



Slika 1.1.1. Položaj istraživano područja sliva rijeke Mirne (preuzeto iz Plana upravljanja slivom rijeke Mirne (PUSR Mirne, 2009))

Početak glavnog toka Mirne smatra se spoj bujičnih ogranaka Rečine i Drage oko 2,3 km uzvodno od Buzeta. Nakon 38,5 km Mirna utječe u Tarsku valu na zapadnoj obali Istre. Zbog geološkog sastava terena hidrografska mreža površinskih vodnih tokova vrlo je razvedena, ali prevladavaju uglavnom povremeni površinski vodotoci s naglašeno bujičnim karakterom. Najveća visina u slivu iznosi 694 m n.m., a najmanja na ušću 2,57 m ispod razine mora (Slika 1.1.2).

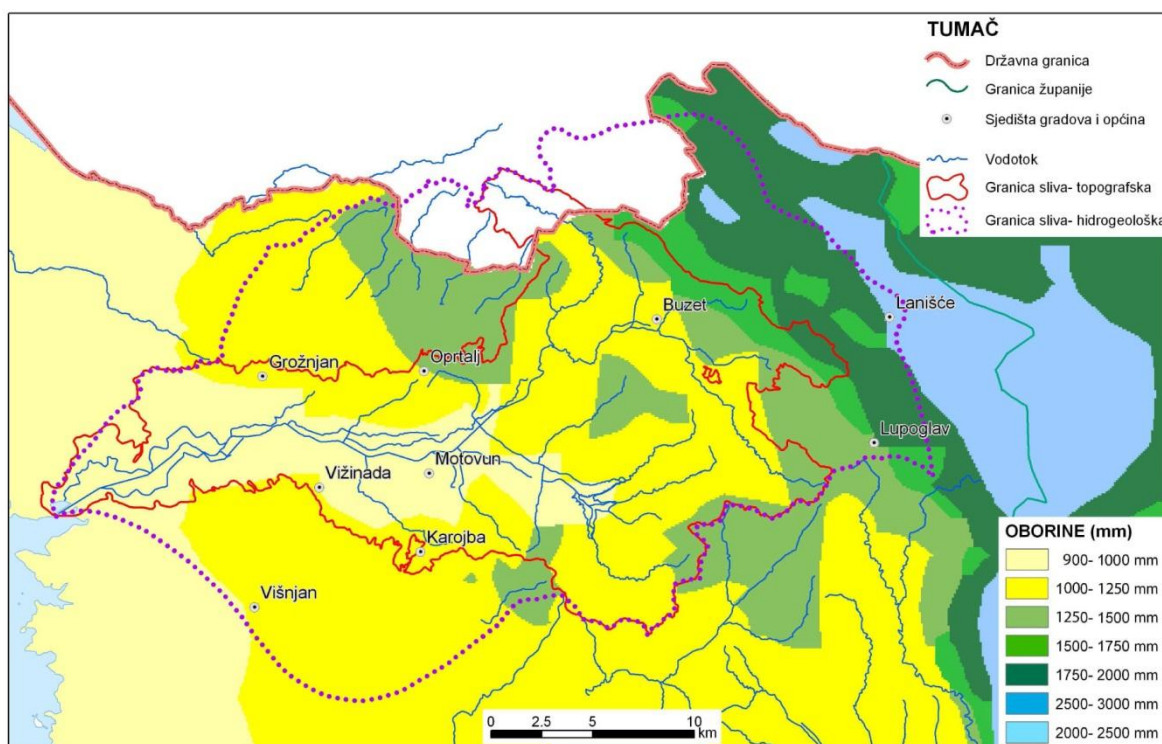


Slika 1.1.2. Opći podaci o slivu rijeke Mirne

1.1.1. Klima i hidrologija općenito

Područje sliva rijeke Mirne zbog svog prostornog položaja ima uglavnom značajke mediteranskog tipa klime s umjerenim zimama i toplim ljetima. Osim zemljopisnim položajem, klima ovog prostora uvjetovana je i reljefom, nadmorskom visinom te globalnim položajem, a u ovom slučaju i blizinom susjednih planinskih područja (Alpa i Dinarida). Na klimu znatan utjecaj ima i okolnost da se ovaj prostor nalazi na pravcu kojim zimi često prodiru ciklone iz mediteranskog u panonsko područje. Rasporedom količina oborina (odnos ljeta-zima) na ovom prostoru to se i potvrđuje. S obzirom na relativno malu površinu promatranog sliva primjetni su morski utjecaji na klimu ovog prostora, koji se protežu sve do rubnih planinskih dijelova prostora. Klimatske prilike određenog područja definirane su s više parametara koji su obrađeni u nastavku.

Na režim oborina u slivu rijeke Mirne bitni utjecaj imaju planinski masivi Učke i Ćićarije koji se nalaze sjeveroistočno od rubnih dijelova sliva. Godišnje količine oborina se znatno smanjuju kako idemo od spomenutog puno višeg sjeveroistočnog dijela, pa sve do znatno nižeg dijela područja ušća rijeke Mirne na jugozapadnom dijelu sliva, gdje se i javljaju najmanje količine oborina (Slika 1.1.1.1).



Slika 1.1.1.1. Raspored godišnjih količina oborina u slivu rijeke Mirne (PUSR Mirne, 2009)

1.1.2. Važni ekološki čimbenici

1.1.2.1. Hidrološke značajke vodotoka i izvorišta slivnog područja

1.1.2.1.1. Pregled hidroloških podataka za rijeku Mirnu, pritoke i izvore

Režim voda prirodnih vodotoka predstavlja prostornu i vremensku raspodjelu voda, a opisuje se putem vodostaja [m] i protoka [m^3/s]. Na skupu višegodišnjih podataka vodostaja i protoka vrši se hidrološka obrada i analiza ponašanja nekog hidrološkog procesa. Da bi ona bila pouzdana potreban je što veći uzorak podataka odnosno što dulji niz konzistentnih i neprekidnih mjerenja, na kojem će se analiza izvršiti.

Obrađeni su hidrološki podaci za tri postaje na rijeci Mirni (Buzet, Motovun i Portonski most), tri pritoke rijeke Mirne (Rečina, Bračana i Botonega), te tri izvorišta (Sv. Ivan, Bulaž i Gradole). Statistički obrađeni podaci prikazani su u obliku srednjih vrijednosti za određeno vremensko razdoblje (srednji niski vodostaj, srednji vodostaj, srednji visoki vodostaj, srednji niski protok, srednji protok, srednji visoki protok), godišnjim ekstremima, krivuljama trajanja protoka, te protočnim krivuljama koje daju odnos vodostaja i protoka u protjecajnom profilu. Analize su izvršene na setovima podataka različitih vremenskih razdoblja, ovisno o dostupnosti hidroloških podataka.

Analiza režima i karakteristika malih voda riječnih tokova, važna je osim zbog zaštite prirodnog ekosustava rijeke, za planiranje, projektiranje, održavanje i upravljanje vodnogospodarskim sustavima. Mjerama reguliranja protoka može se održavati protok vode u rijeci za vrijeme perioda malih voda u cilju uspostavljanja ravnoteže između potreba za vodom s raspoloživim količinama i dovoljnim količinama za opstanak flore i faune.

Da bi se niz podataka mogao podvrgnuti obradi uz pomoć metode matematičke statistike on mora zadovoljiti osnovne statističke kriterije. Članovi niza moraju biti slučajne veličine, međusobno neovisne i stacionarne, a sam niz mora biti dovoljno dugi i homogen.

Homogenost podataka potrebno je ispitati ako postoje razlozi za to, odnosno ako je unutar niza podataka tijekom vremena nastupila neka statistički značajna promjena (promjena u koritu ili promjena kote nule vodokaza). Tada se nakon provedenih ispitivanja homogenosti vremenski niz podataka može statistički obrađivati. Homogenost nizova minimalni protoka sušnog razdoblja testirana je pomoću Wilcoxon-ovog neparametarskog testa. Iz ukupnoga niza podataka od n članova izdvajaju se dva osnovna niza (podskupa) – originalni i modificirani, za koji se pretpostavlja da ima “modificiranu” genezu podataka.

U računu vjerojatnosti je dokazano da suma rangova modificiranog niza (S_o) velikih skupova slijedi normalnu raspodjelu, uz uvjet da su n_1 (originalni niz) i n_2 (modificirani) veći od 7.

Uz ovu pretpostavku očekivana vrijednost sume rangova modificiranog niza $E_{(s)}$ je:

$$E_{(s)} = \frac{n_2(n_1+n_2+1)}{2}$$

Standardno odstupanje sume rangova osnovnih nizova σ_s je:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2+1)}{12}}$$

a suma rangova modificiranog niza je $S_o = \sum_1^{n^2} k_j$, gdje je k_j rang člana modificiranog niza.

Na temelju navedenih izraza opaženo standardno jedinično odstupanje je $U_o = \frac{S_o - E(s)}{\sigma_s}$.

Osnovnoj (nultoj) pretpostavci o homogenosti, tj. da nema značajnih promjena u podacima, suprotstavljena je alternativna pretpostavka - da postoje značajne promjene uzrokovane prirodnim ili umjetnim čimbenicima.

Uz uvažavanje razine povjerenja $\alpha=0.05$ donja i gornja granica prihvaćanja nulte pretpostavke usvajaju se prema normalnoj raspodjeli:

$$- 1.96 < U_o < + 1.96$$

Pri čemu je U_o vrijednost opaženog standardnog jediničnog odstupanja, te ako se ona nalazi unutar granica ± 1.96 može se s vjerojatnošću većom od 95% usvojiti da je niz homogen.

Ako je vrijednost U_o izvan granica ± 1.96 vjerojatnost za prihvaćanje nulte pretpostavke je manja od 95%, pa je takav niz, prema usvojenom kriteriju, nehomogen.

Test homogenosti izvršen je na nizovima minimalnih protoka sušnog razdoblja za devet hidroloških postaja na rijeci Mirni. U prvom koraku promatrani su srednji godišnji vodostaji kako bi se ustvrdilo je li tokom godina došlo do promjene u vodnom režimu i postoji li potreba za ispitivanjem homogenosti. Zatim se Wilcoxon-ovim testom testirala homogenost niza podataka minimalnih protoka unutar sušnog perioda godine.

Ispitivanja su pokazala da je na postajama Buzet, Sv. Ivan, Bulaž i Gradole došlo do promjene vodnog režima zbog premještanja limnigrafa i vodokaza, dok je na postaji Portonski most došlo do pomicanja vodokazne letve.

Utvrđene su kritične godina nakon kojih su podaci o vodostaju značajno izmijenjeni, te je na temelju njih ukupan skup podataka o minimalnim protocima sušnog razdoblja razdijeljeni originalni i modificirani niz.

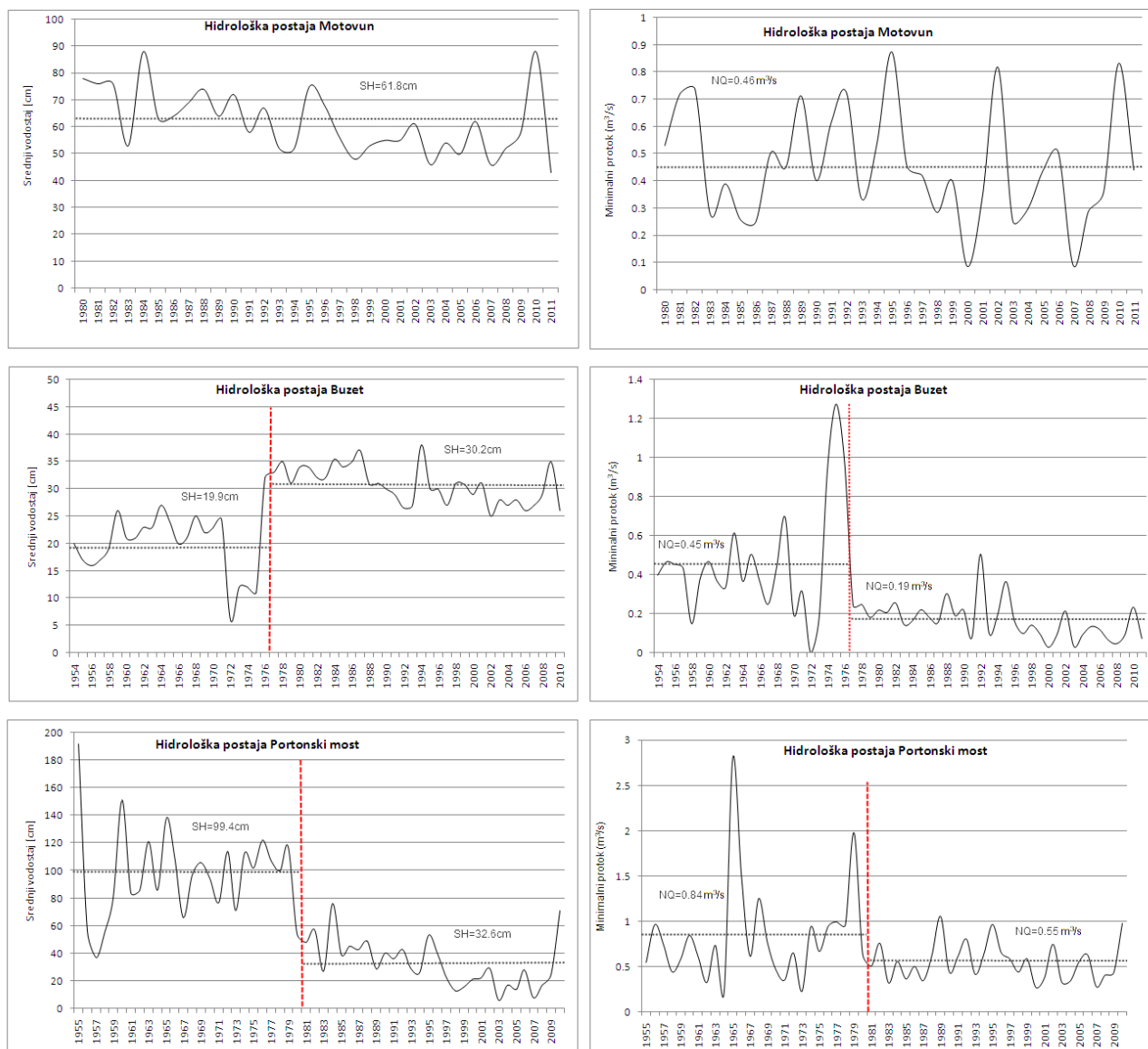
Test homogenosti pokazao je da na postajama Portonski most i Buzet niz srednjih minimalnih protoka sušnog razdoblja nije homogen, dok su nizovi na ostalim postajama zadovolji uvijete homogenosti.

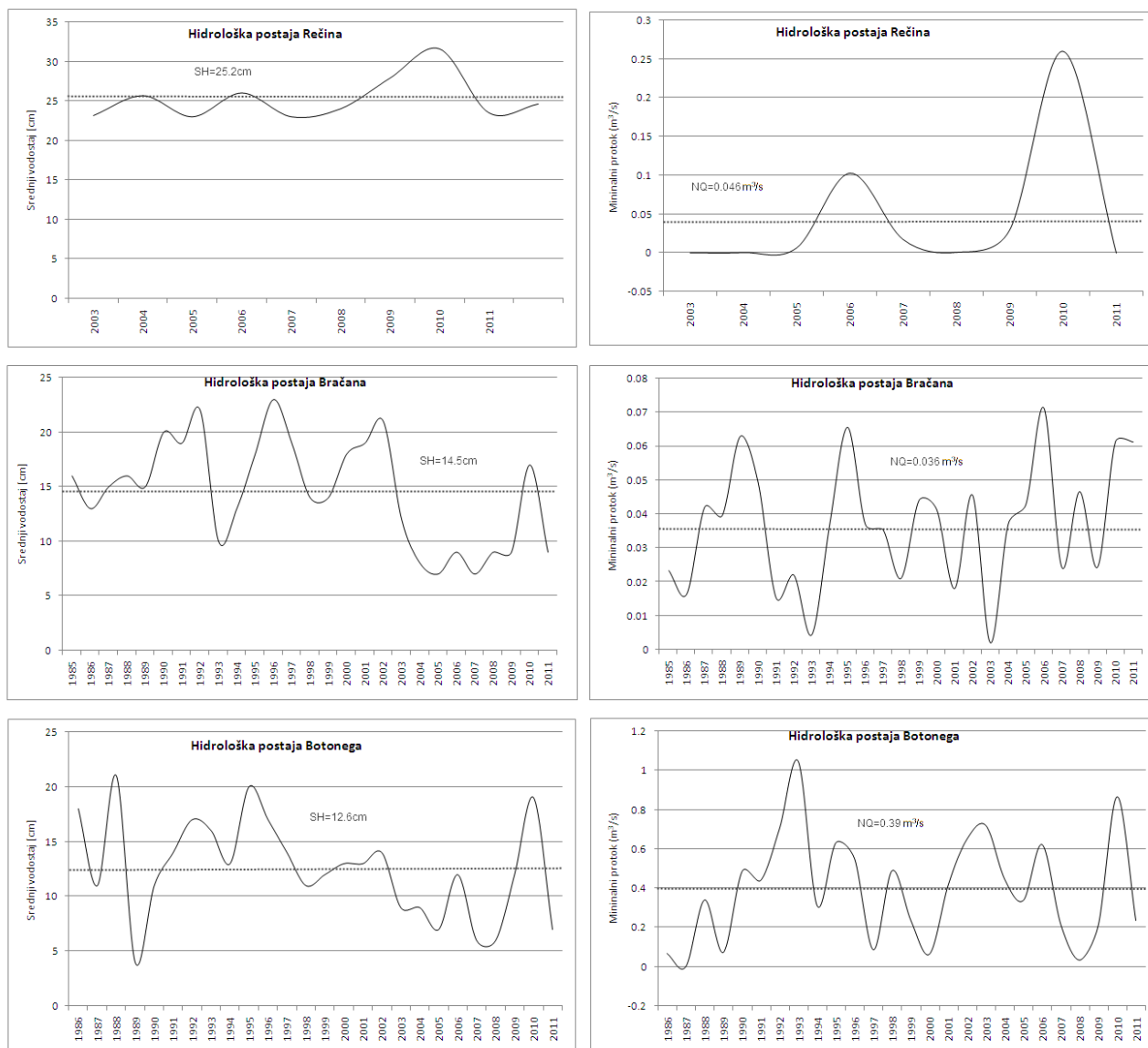
Prema tome statistička analiza varijabli na hidrološkim postajama Buzet i Portonski most neće biti izvršena na cijelom setu podataka, već samo na odabranom nizu podataka koji su kontinuirani i konzistentni.

Dobiveni rezultati Wilcoxon-ovog testa homogenosti i pripadni grafovi prikazani su na Slikama 1.1.2.1.1-1.1.2.1.3 i u Tablici 1.1.2.1.1. Grafovi s lijeve strane prikazuju višegodišnji hod vodostaja: u slučaju da je došlo do značajne promjene u podacima crvenom crtom obilježena je granica između nizova različitih statističkih karakteristika, te je za svaki niz proračunata i prikazana srednja vrijednosti vodostaja za promatrani period. Desni graf prikazuje minimalne protoke sušnog razdoblja na kojima je napravljen test homogenosti, u slučaju da niz nije homogen crvenom crtom prikazana je granica podataka i za svaki skup srednja vrijednost protoka.

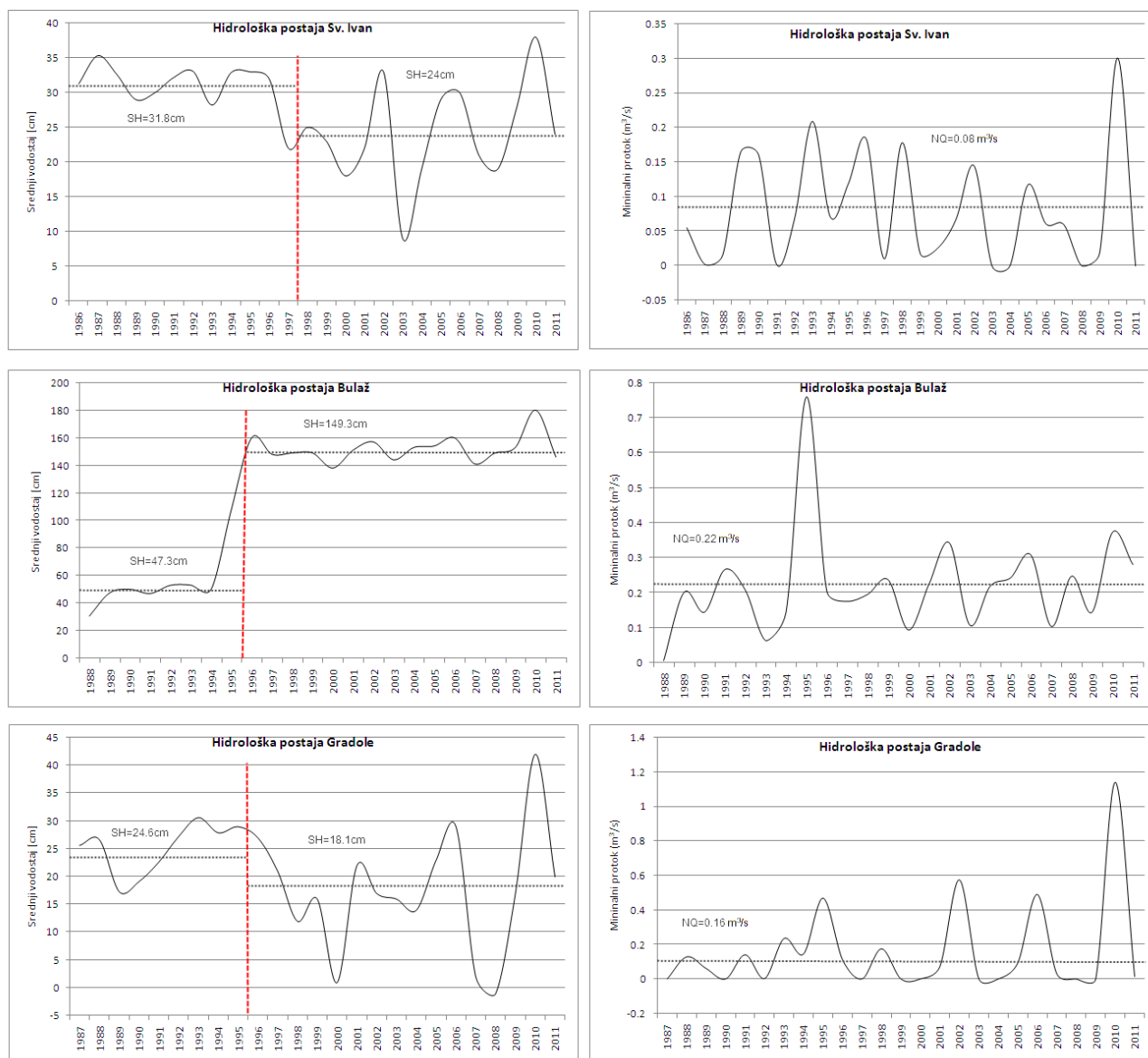
Tablica 1.1.2.1.1. Vrijednost opaženog standardnog jediničnog odstupanja Wilcoxon-ovog testa

Postaja	Originalni niz	Modificirani niz	Uo
Mirna Buzet	1954-1976	1976-2011	6.11
Mirna Motovun	1980-1988	1988-2011	-0.22
Mirna Portonski most	1955-1980	1980-2011	2.27
Rečina	2003-2008	2008-2011	-0.25
Bračana	1985-2004	2004-2011	-1.75
Botonega	1986-2004	2004-2011	0.5
Izvor Sv. Ivan	1986-1997	1997-2011	1.38
Izvor Bulaž	1988-1995	1995-2011	-1.81
Izvor Gradole	1987-1995	1995-2011	0.641


Slika 1.1.2.1.1. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih minimalnih protoka sušnog razdoblja (desno) za hidrološke postaje na rijeci Mirni



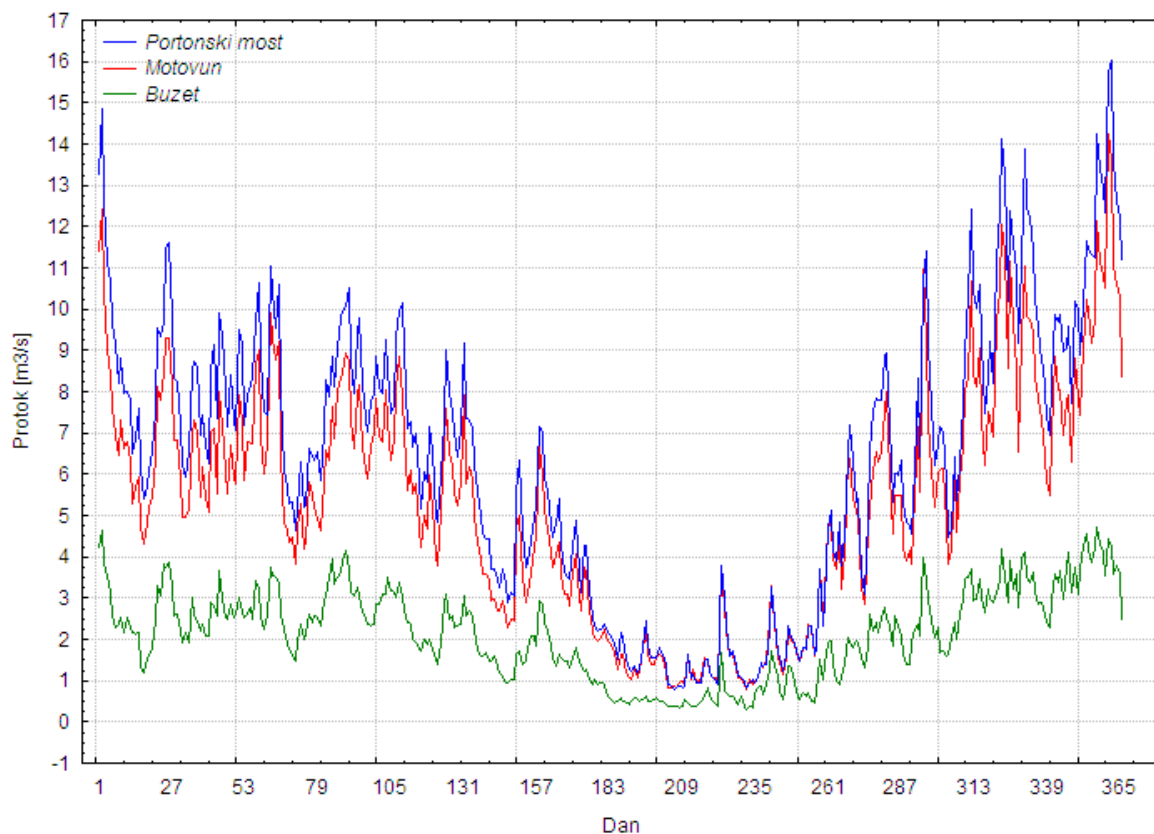
Slika 1.1.2.1.2. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih minimalnih protoka sušnog razdoblja (desno) za hidrološke postaje na pritokama rijeke Mirne



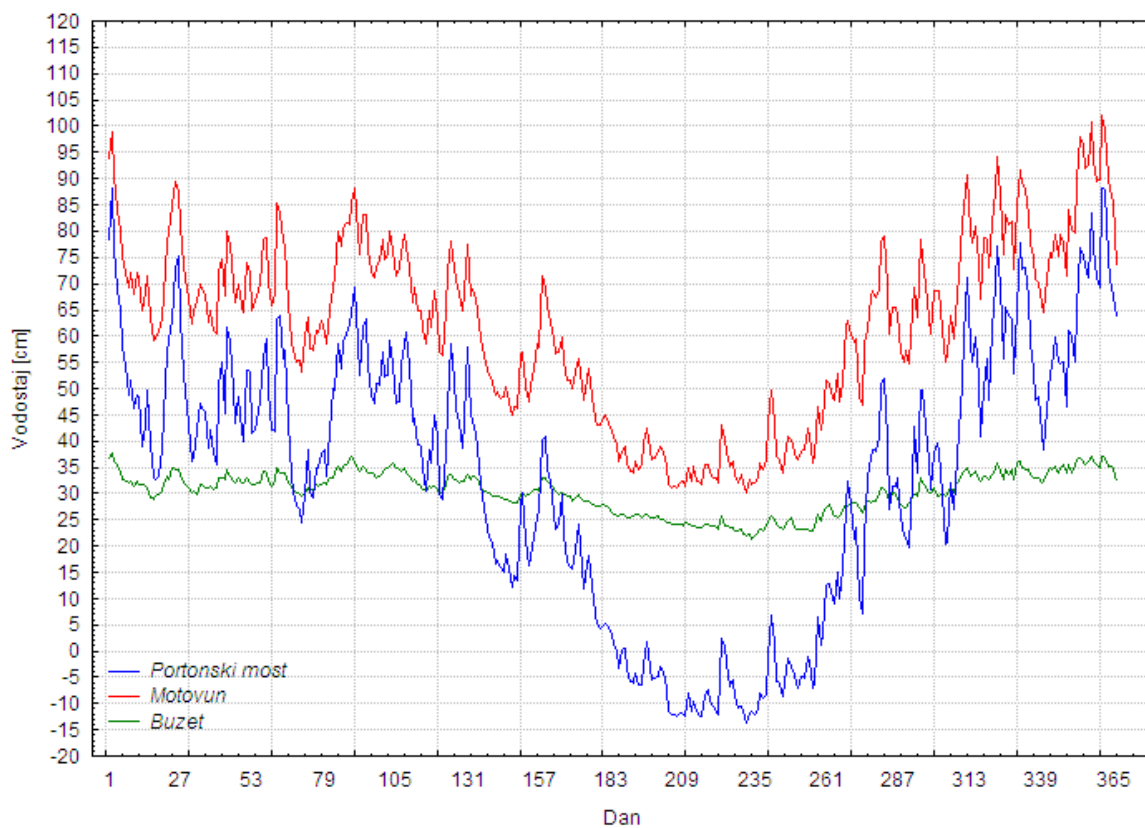
Slika 1.1.2.1.3. Nivogram srednjih godišnjih vodostaja (lijevo) i hidrogram srednjih minimalnih protoka sušnog razdoblja (desno) na preljevima kaptiranih izvora uz rijeku Mirnu

1.1.2.1.2. Analiza hidroloških parametara za hidrološke postaje na rijeci Mirni

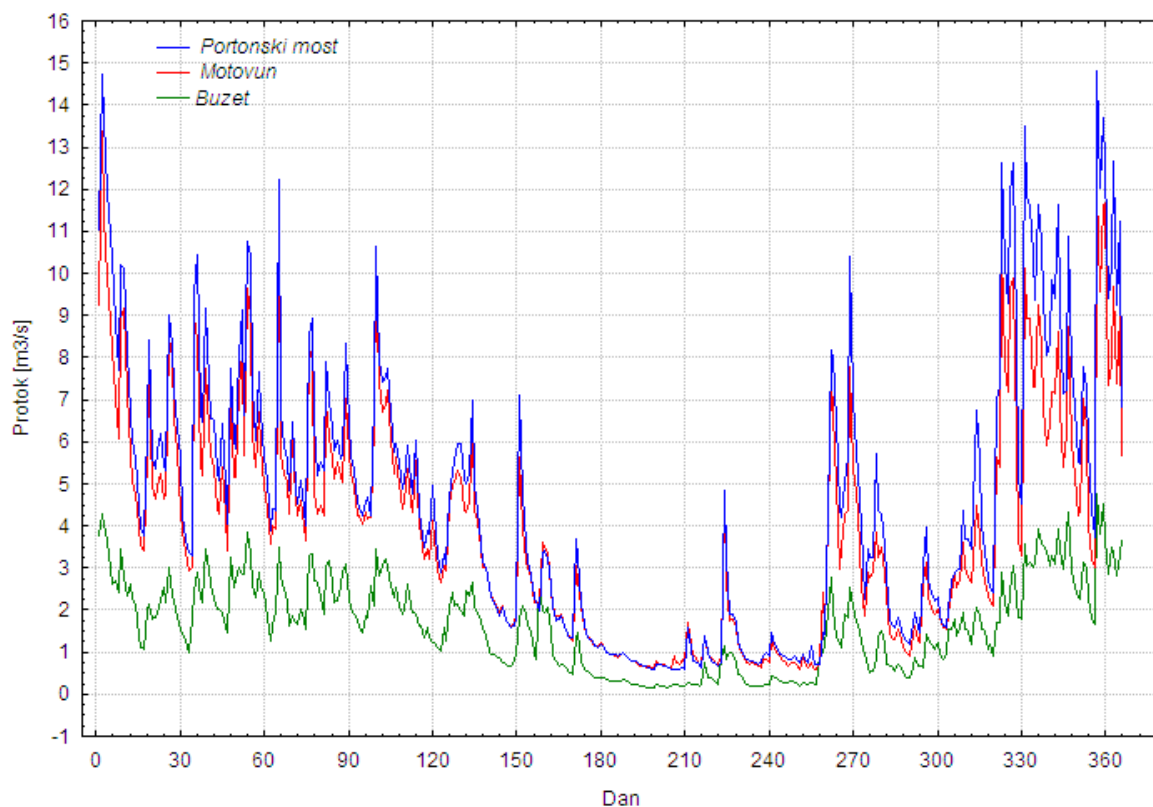
Na temelju podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje na rijeci Mirni: Buzet, Motovun i Portonski most, napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne, te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Tablice 1.1.2.1.2-1.1.2.1.4), te su dani grafički prikazi godišnjih hodova srednjih dnevnih (Slike 1.1.2.1.4 i 1.1.2.1.5) i srednjih dnevnih minimalnih (Slike 1.1.2.1.6 i 1.1.2.1.7) protoka i vodostaja, pripadne krivulje trajanja za razmatrani period i protočne krivulja (Poglavlja 2.2.1.1 i 2.2.1.2).



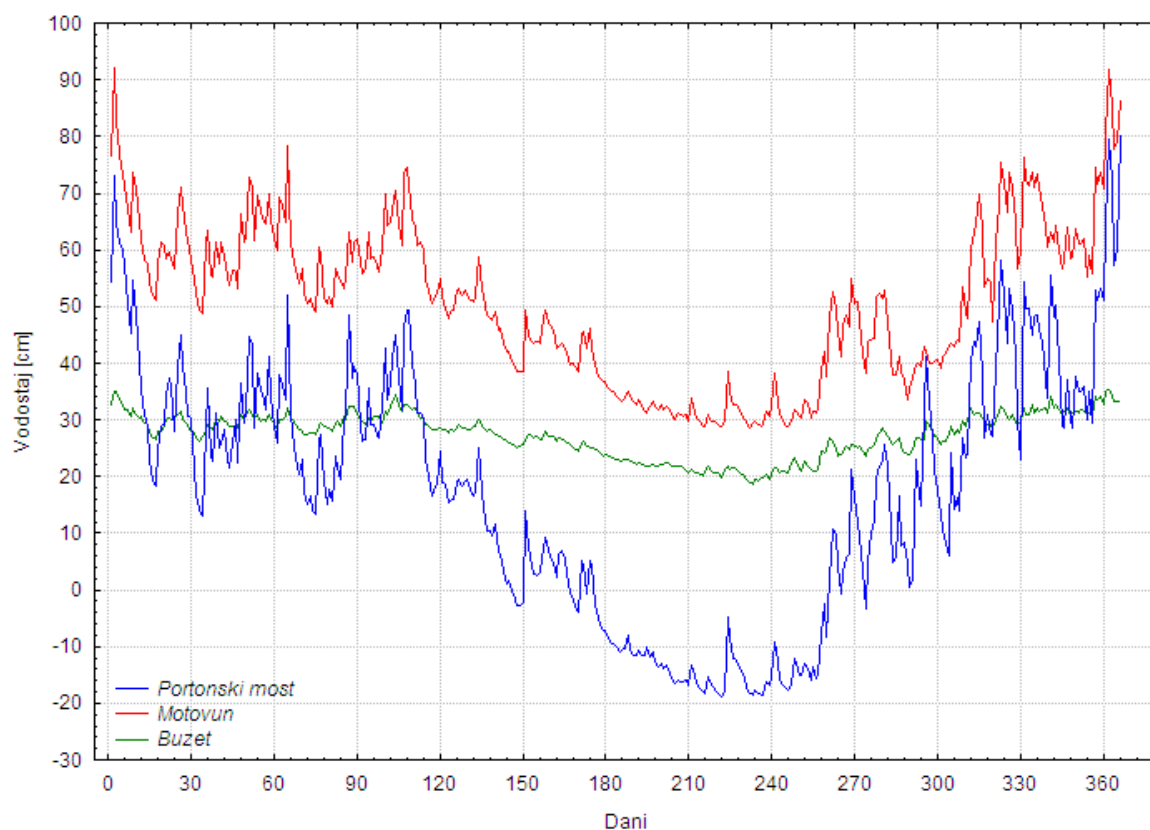
Slika 1.1.2.1.4. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1980.-2011. godine



Slika 1.1.2.1.5. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1980.-2011. godine



Slika 1.1.2.1.6. Godišnji hod srednjeg dnevnog minimalnog protoka na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 2001.-2011. g.



Slika 1.1.2.1.7. Godišnji hod srednjeg dnevnog minimalnog vodostaja na postajama Buzet, Motovun i Portonski most za period 1992.-2011. g.

Analiza podataka pokazala je da prosječni godišnji vodostaji na postajama Mirna–Portonski most, Mirna–Motovun i Mirna–Buzet, za promatrani vremenski period 1980.-2012. godine, iznose redom 32.6 cm, 61.8 cm i 30.3 cm. Srednja vrijednost godišnjeg protoka na navedenim postajama za isti period analize iznosi 6.33 m³/s, 5.35 m³/s i 2.13 m³/s, s pojavom minimuma protoka u srpnju i kolovozu, a maksimumom u prosincu. Na godišnjem hidrogramu srednjih dnevnih protoka (Slika 1.1.2.1.4) može se jasno uočiti trajanje malovodnog razdoblja, koje se javlja u ljetnom, sušnom periodu.

Prema krivuljama trajanja koje pokazuju učestalost odnosno broj pojavljivanja neke vrijednosti u nekom određenom razdoblju (Slika 2.2.1.1.1) minimalni godišnji protok prisutan u 95% vremena na postaji Portonski most iznosi 1.1 m³/s, a protok prisutan u 80% vremena 2.35 m³/s. Prosječni godišnji protok na postaji Portonski most, koji iznosi 6.33 m³/s, javlja se u 52% vremena. Na postaji Motovun minimalni godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi 1.15 m³/s, a protok prisutan u 80% vremena 2.25 m³/s, dok se srednji godišnji protok od 5.35 m³/s javlja u oko 50% slučajeva (Slika 2.2.1.1.2). Minimalni godišnji protok na postaji Buzet prisutan u 95% vremena iznosi 0.45 m³/s, a 0.95 m³/s je protok prisutan u 80% vremena, dok se srednji godišnji protok od 2.13 m³/s javlja u 52% slučajeva (Slika 2.2.1.1.3).

Analizirani su i dnevni ekstremi protoka za period 2001.-2011. godine, te dnevni ekstremi vodostaja za period od 1992.-2011. godine. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi protoka na Portonskom mostu iznose 4.59 m³/s i 0.26 m³/s, na postaji Motovun 3.9 m³/s i 0.08 m³/s te na postaji Buzet 1.6 m³/s i 0.02 m³/s. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi vodostaja na Portonskom mostu iznose 17.1 cm i -39 cm, na postaji Motovun 50.6 cm i 12 cm te na postaji Buzet 27.3 cm i 1 cm. Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti prikazani su u Tablicama 1.1.2.1.2-1.1.2.1.4 te je iznad svake promatrane varijable istaknut period analize.

Tablica 1.1.2.1.2. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Mirna–Portonski most

PERIOD ANALIZE	1980-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1980-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	8.78	7.66	0.70	11.04	78.90	53.53	39.53	-18.00	59.99	406.00
2	8.14	6.84	0.82	11.59	134.00	47.13	29.09	-16.00	48.44	434.00
3	7.62	6.01	0.74	9.99	93.00	45.11	26.80	-18.00	46.07	466.00
4	7.75	5.55	0.74	8.08	54.60	48.57	31.88	-18.00	50.43	426.00
5	5.52	3.65	0.60	5.90	114.00	31.28	11.25	-22.00	22.32	454.00
6	4.23	2.19	0.54	3.80	56.00	20.05	1.61	-23.00	13.37	374.00
7	1.46	0.78	0.27	1.04	28.50	-5.56	-12.72	-33.00	-7.59	192.00
8	1.51	1.19	0.26	2.34	137.00	-7.74	-15.70	-37.00	-9.92	525.00
9	3.35	3.13	0.27	6.05	127.00	5.85	-4.21	-38.00	12.35	509.00
10	6.84	2.46	0.31	4.25	72.80	34.25	15.79	-39.00	36.29	590.00
11	10.07	6.48	0.46	11.05	121.00	56.44	36.45	-38.00	66.54	505.00
12	10.75	9.18	0.60	14.51	113.00	62.69	45.06	-37.00	72.69	496.00
GODINA	6.33	4.59	0.26	7.47	137.00	32.63	17.07	-39.00	34.25	590.00

Tablica 1.1.2.1.3. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Mirna–Motovun

PERIOD ANALIZE	1980-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1980-2011	1994-2011	1994-2011	1994-2011	1994-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	7.20	6.62	0.59	10.11	84.70	74.24	64.68	29.00	80.34	343.00
2	6.59	5.92	0.67	10.44	110.00	69.30	60.60	28.00	76.15	379.00
3	6.46	5.32	0.81	9.42	98.10	68.93	57.63	24.00	71.89	389.00
4	6.49	5.09	0.74	7.65	58.10	71.72	61.01	24.00	74.77	342.00
5	4.51	3.37	0.59	5.68	93.00	59.08	47.85	24.00	56.88	367.00
6	3.60	2.13	0.43	3.72	50.10	53.86	42.39	22.00	51.98	338.00
7	1.33	0.82	0.08	1.17	26.20	35.95	32.43	17.00	36.58	163.00
8	1.51	1.12	0.08	2.23	128.00	35.53	30.90	14.00	36.01	461.00
9	3.18	2.60	0.10	5.57	119.00	45.79	39.23	12.00	53.00	437.00
10	5.87	2.04	0.16	3.67	86.00	65.10	41.97	16.00	53.20	367.00
11	8.43	5.03	0.40	9.44	105.00	78.77	60.72	21.00	82.56	401.00
12	9.02	7.20	0.37	12.18	102.00	83.22	67.19	22.00	88.57	384.00
GODINA	5.35	3.94	0.08	6.77	128.00	61.79	50.55	12.00	63.49	461.00

Tablica 1.1.2.1.4. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Mirna–Buzet

PERIOD ANALIZE	1980-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1980-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	2.67	2.41	0.11	3.70	35.30	32.50	30.28	20.00	33.63	90.00
2	2.64	2.47	0.15	4.21	55.80	32.15	29.48	20.00	33.12	128.00
3	2.85	2.33	0.06	4.00	60.70	32.81	29.47	20.00	33.33	136.00
4	2.58	2.11	0.06	3.07	23.00	33.23	30.67	20.00	33.72	94.00
5	1.87	1.47	0.12	2.40	37.30	30.81	27.58	17.00	29.99	94.00
6	1.60	1.05	0.10	1.75	37.90	29.70	25.79	17.00	28.50	95.00
7	0.48	0.23	0.02	0.48	15.50	25.21	22.08	12.00	24.58	64.00
8	0.71	0.42	0.00	1.14	114.00	23.49	20.45	0.00	23.40	218.00
9	1.19	1.00	0.00	1.83	58.30	25.37	23.36	0.00	26.85	132.00
10	2.22	0.88	0.02	1.54	43.40	29.53	26.48	12.00	30.63	225.00
11	3.20	1.95	0.08	4.00	50.20	33.50	30.13	16.00	35.51	116.00
12	3.61	3.24	0.12	5.13	60.10	34.92	32.34	17.00	36.94	139.00
GODINA	2.13	1.63	0.00	2.77	114.00	30.27	27.34	0.00	30.85	225.00

Odnos između vodostaja i protoka u protjecajnom profilu vodotoka može se izraziti u obliku protočne krivulje. Opći izraz za određivanje protočne krivulje je: $Q=f(H)$, gdje je Q protok izražen u m^3/s , a H vodostaj u metrima. Za definiranje protočne krivulje potrebno je poznavati minimalni broj mjerenih vrijednosti protoka pri različitim vodostajima. Protočna krivulja je važna zakonitost u hidrologiji, na osnovi koje se može iz poznatih vodostaja odrediti odgovarajući protok vode.

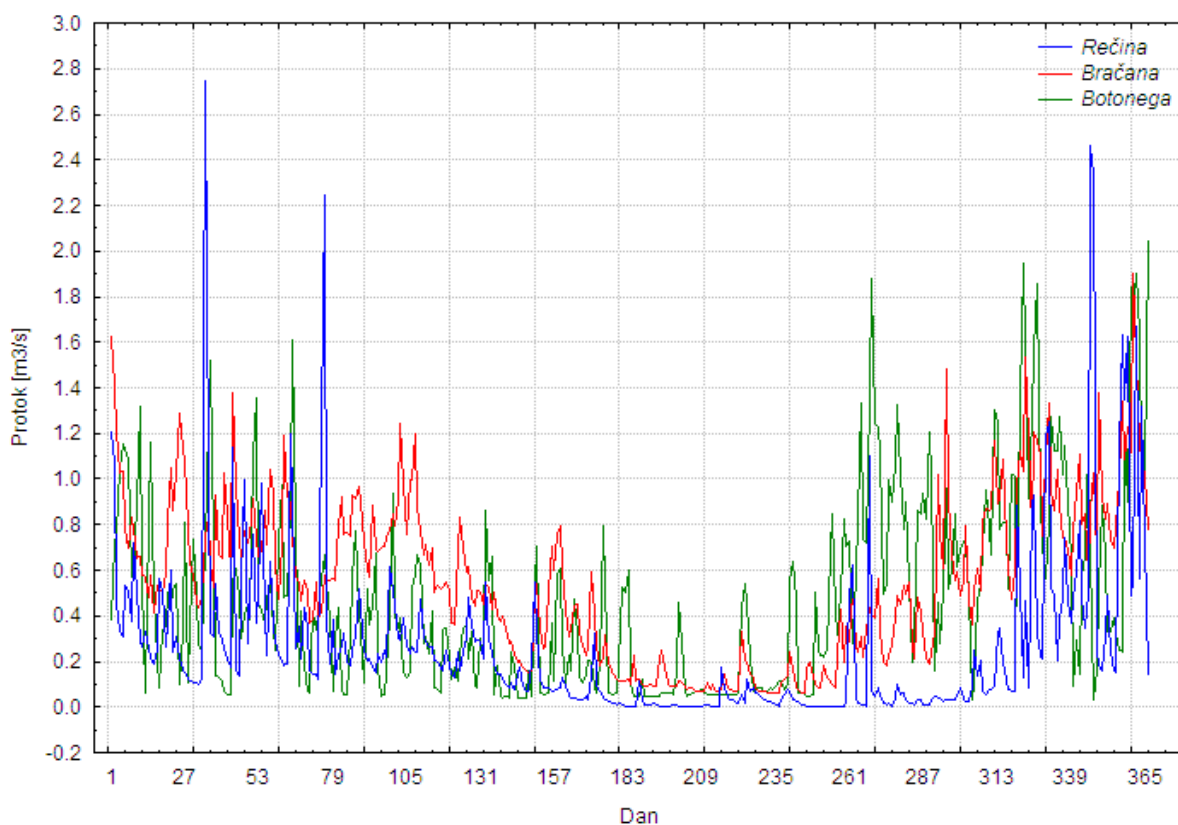
Na temelju podataka s hidrološke postaje Mirna–Portonski most, napravljene su tri protočne krivulje: za male, srednje i velike vode (Slika 2.2.1.2.1). Pošto je vodokazna letva na hidrološkoj postaji naknadno postavljena radi detaljnijeg praćenja malih voda, te je nula vodokaza udaljena od dna profila za razmak B ($B=67$ cm), protočne krivulje imaju oblik $Q=a(H+B)^b$. Protočna krivulja za male vodostaje u rasponu 0-120 cm ima oblik funkcije $Q=5.05(H+B)^{2.89}$, za srednji vodostaj 120-280 cm vrijedi funkcija $Q=6.46(H+B)^{1.57}$, a za visoke vode >280 cm može se upotrijebiti funkcija $Q=7.51(H+B)^{1.39}$.

Prema mjerenim podacima o protoku i vodostaju s hidrološke postaje Mirna–Motovun dobivene su protočne krivulje za: male, srednje i velike vode (Slika 2.2.1.2.2). Krivulja protoka za male vodostaje u rasponu 0-70 cm ima oblik funkcije $Q=15.07H^{2.53}$, za srednji vodostaj 70-180 cm vrijedi funkcija $Q=10.18H^{1.49}$, a za visoke vode >180 cm može se upotrijebiti funkcija $Q=11.29H^{1.31}$.

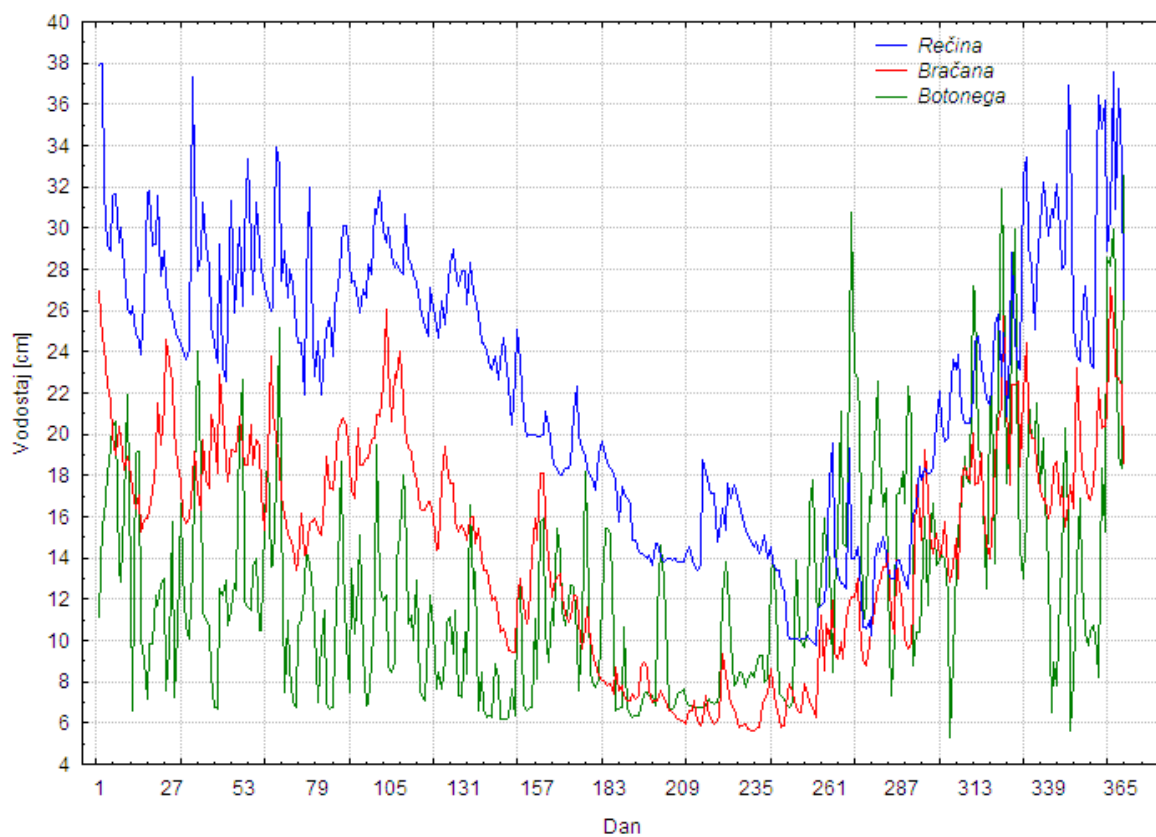
Isto tako su i za postaju Mirna–Buzet napravljene protočne krivulje (Slika 2.2.1.2.3). Krivulja protoka za male vodostaje u rasponu 0-20 cm ima oblik funkcije $Q=0.5H^{0.92}$, za srednji vodostaj 20-50 cm vrijedi funkcija $Q=177.8H^{4.3}$, a za visoke vode >50 cm može se upotrijebiti funkcija $Q=40.4H^{2.12}$.

1.1.2.1.3. Analiza hidroloških parametara za hidrološke postaje na pritokama rijeke Mirne

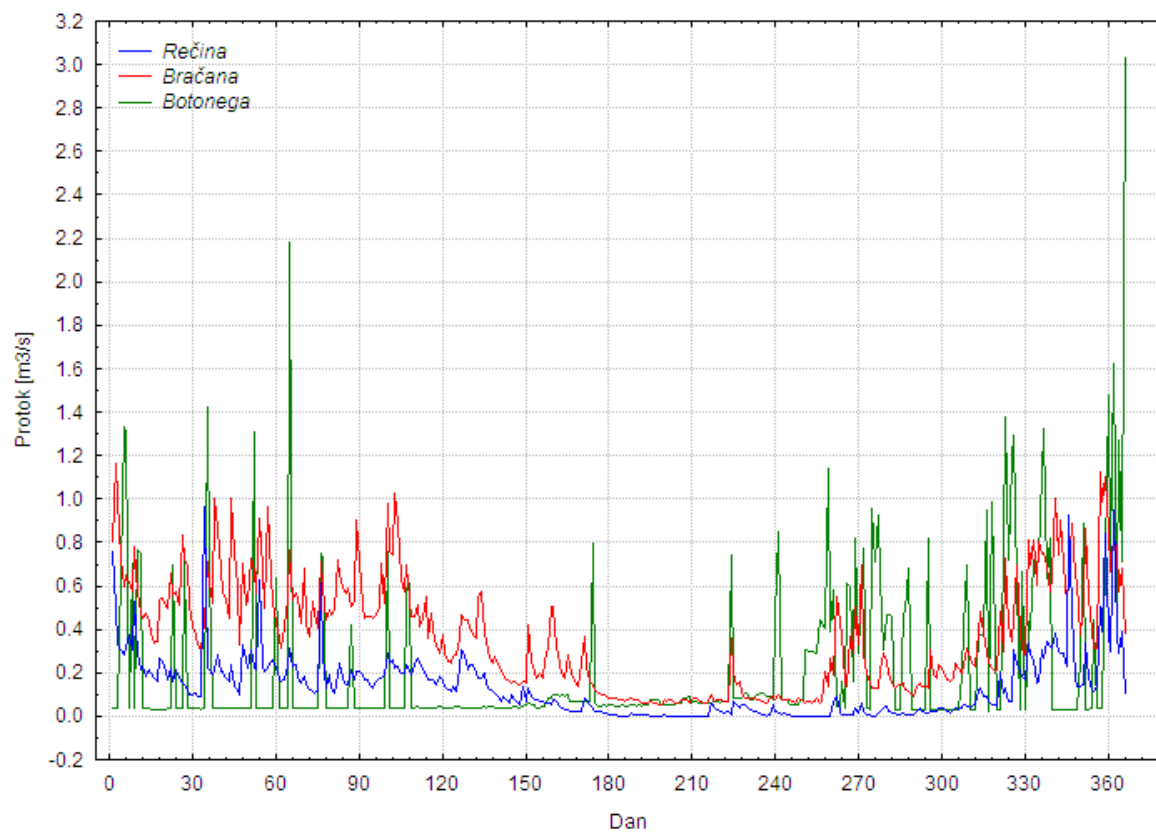
Na temelju podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje na pritokama rijeke Mirne (Rečina, Bračana i Botonega) napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne, te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Tablice 1.1.2.1.5-1.1.2.1.7) te su dani grafički prikazi godišnjih hodova srednjih dnevnih (Slike 1.1.2.1.8 i 1.1.2.1.9) i srednjih dnevnih minimalnih (Slike 1.1.2.1.10 i 1.1.2.1.11) protoka i vodostaja, te pripadne krivulje trajanja za razmatrani period i protočne krivulja (Poglavlja 2.2.1.1 i 2.2.1.2). Dostupni setovi podataka analiziranih varijabli nisu unutar istih vremenski razdoblja, a period analize za svaku varijablu prikazan je u Tablicama 1.1.2.1.5-1.1.2.1.7.



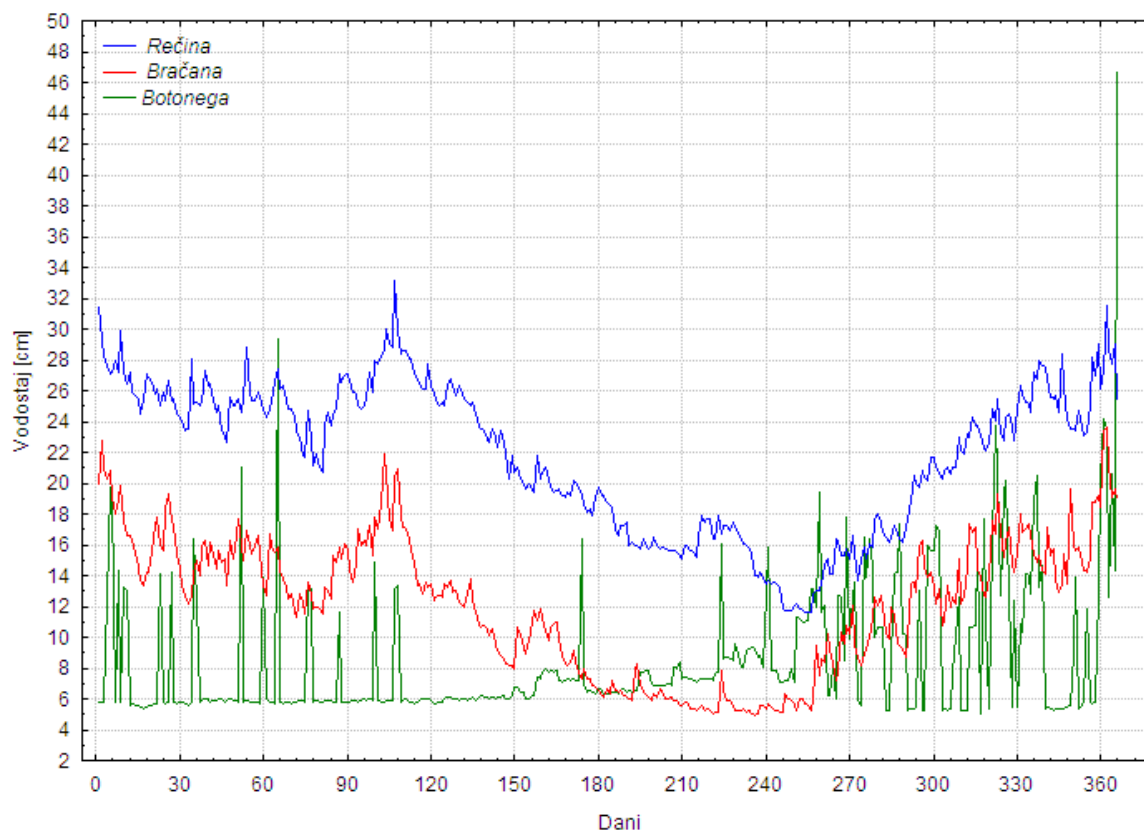
Slika 1.1.2.1.8. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na hidrološkim postajama Rečina (2003-2012), Bračana (1985-2012) i Botonega (1986-2012)



Slika 1.1.2.1.9. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na hidrološkim postajama Rečina (2003-2012), Bračana (1985-2012) i Botonega (1986-2012)



Slika 1.1.2.1.10. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih protoka na hidrološkim postajama Rečina, Bračana i Botonega za period analize 2003.-2012. g.



Slika 1.1.2.1.11. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih vodostaja na hidrološkim postajama na Rečini (1998-2012), Bračana (1992-2012) i kanalu Botonega (1993-2012)

Pritoke Rečina i Bračana imaju bujični karakter, u tom ogranku rijeke Mirne vode većinu vremena ima jako malo, dok za vrijeme kišnih razdoblja visoke vode brzo nadolaze, ali kratko traju. Prosječni godišnji vodostaji na postajama Rečina Pengari, Bračana Abrami i Botonega Šćulci-stepenica redom iznose 22.4 cm, 14.6 cm i 12.5 cm, a srednji godišnji protoci $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prema krivulji trajanja na postaji Rečina Pengari minimalni godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$, a protok prisutan u 80% vremena $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ (Slika 2.2.1.1.4). Prosječni godišnji protok na postaji Rečina Pengari, koji iznosi $0.26 \text{ m}^3/\text{s}$, javlja se u 33% vremena. Na postaji Bračana Abrami minimalni godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$, a protok prisutan u 80% vremena $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$, dok se srednji godišnji protok od $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$ javlja u skoro 49% slučajeva (Slika 2.2.1.1.5). Minimalni godišnji protok na postaji Botonega Šćulci-stepenica prisutan u 95% vremena iznosi $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$, a $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ je protok prisutan u 80% vremena, dok se srednji godišnji protok od $0.47 \text{ m}^3/\text{s}$ javlja u 41% slučajeva (Slika 2.2.1.1.6).

Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi protoka na postaji Rečina Pengari iznose $0.13 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$, na postaji Bračana Abrami $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$ te na postaji Botonega Šćulci-stepenica $0.21 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi vodostaja na postaji Rečina Pengari iznose 21.8 cm i 0 cm, na postaji Bračana Abrami 12.1 cm i 1 cm, te na postaji Botonega Šćulci-stepenica 8.5 cm i 2 cm. Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti i period analize svake varijable prikazani su u Tablicama 1.1.2.1.5-1.1.2.1.7.

Tablica 1.1.2.1.5. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Rečina Pengari

PERIOD ANALIZE	2003-2011	2003-2011	2003-2011	2003-2011	2003-2011	2003-2011	1998-2011	1998-2011	1998-2011	1998-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	0.38	0.25	0.000	0.61	10.80	28.45	26.53	0.00	30.96	155.00
2	0.52	0.25	0.000	1.18	52.30	28.03	25.28	0.00	30.89	216.00
3	0.41	0.19	0.000	1.05	61.20	26.76	24.43	0.00	30.28	233.00
4	0.27	0.20	0.001	0.44	12.80	27.93	27.44	17.00	32.27	182.00
5	0.22	0.14	0.000	0.41	11.80	25.18	24.03	0.00	26.75	116.00
6	0.07	0.04	0.000	0.11	5.68	19.31	19.60	0.00	21.89	152.00
7	0.01	0.00	0.000	0.04	9.00	15.09	16.41	0.00	17.44	96.00
8	0.04	0.02	0.000	0.09	7.75	15.45	15.84	0.00	18.28	394.00
9	0.09	0.01	0.000	0.48	56.90	12.44	13.61	0.00	16.44	225.00
10	0.04	0.02	0.000	0.09	6.96	16.02	18.29	0.00	21.52	200.00
11	0.35	0.12	0.000	1.10	50.30	24.23	23.40	16.00	32.32	213.00
12	0.75	0.34	0.000	1.52	49.80	30.24	26.25	0.00	32.70	211.00
GODINA	0.26	0.13	0.00	0.59	61.20	22.43	21.76	0.00	25.98	394.00

Tablica 1.1.2.1.6. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Bračana Abrami

PERIOD ANALIZE	1985-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1985-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011	1992-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	0.81	0.59	0.04	1.00	16.30	19.68	17.13	2.00	21.92	173.00
2	0.76	0.63	0.08	1.33	41.20	18.78	15.16	2.00	20.35	172.00
3	0.68	0.54	0.04	1.17	23.50	17.31	13.62	2.00	18.42	135.00
4	0.75	0.55	0.05	1.03	13.10	19.51	16.32	3.00	21.76	146.00
5	0.42	0.29	0.03	0.55	17.80	13.90	11.15	2.00	13.92	124.00
6	0.36	0.21	0.01	0.58	28.80	12.01	9.09	1.00	12.75	160.00
7	0.11	0.07	0.00	0.11	6.25	7.21	6.32	1.00	7.76	87.00
8	0.11	0.09	0.00	0.22	14.50	6.64	5.45	1.00	6.83	162.00
9	0.24	0.20	0.00	0.53	21.40	8.95	7.58	1.00	11.52	193.00
10	0.51	0.17	0.00	0.34	15.60	13.30	11.85	1.00	17.75	311.00
11	0.92	0.39	0.02	0.99	14.90	18.82	15.11	2.00	23.17	173.00
12	0.97	0.70	0.02	1.58	28.10	19.19	16.65	2.00	24.04	162.00
GODINA	0.55	0.37	0.00	0.79	41.20	14.61	12.12	1.00	16.68	311.00

Tablica 1.1.2.1.7. Statistike protoka (m³/s) i vodostaja (cm) na postaji Botonega Šćulci-stepenica

PERIOD ANALIZE	1986-2011	1994-2011	1994-2011	1994-2011	1994-2011	1986-2011	1993-2011	1993-2011	1993-2011	1993-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	0.60	0.25	0.01	1.26	18.60	13.53	8.10	3.00	20.93	237.00
2	0.49	0.15	0.02	0.86	26.30	12.82	6.99	3.00	15.09	214.00
3	0.45	0.18	0.01	1.02	23.20	12.05	7.50	2.00	17.31	200.00
4	0.33	0.10	0.02	0.58	16.40	11.27	6.69	4.00	13.26	207.00
5	0.23	0.04	0.02	0.44	22.30	8.79	6.08	3.00	10.56	196.00
6	0.24	0.09	0.02	0.40	19.60	11.29	7.31	4.00	11.36	230.00
7	0.10	0.06	0.02	0.07	0.61	8.04	7.01	4.00	7.55	29.00
8	0.16	0.14	0.01	0.30	18.50	8.80	8.77	2.00	11.07	214.00
9	0.63	0.32	0.01	1.29	22.50	14.17	10.28	3.00	21.30	251.00
10	0.70	0.26	0.01	0.80	19.90	14.75	10.68	2.00	18.19	242.00
11	0.98	0.46	0.01	1.43	20.60	19.61	11.43	3.00	23.80	223.00
12	0.78	0.47	0.01	1.32	17.80	15.38	10.95	3.00	21.47	229.00
GODINA	0.47	0.21	0.01	0.82	26.30	12.54	8.48	2.00	15.99	251.00

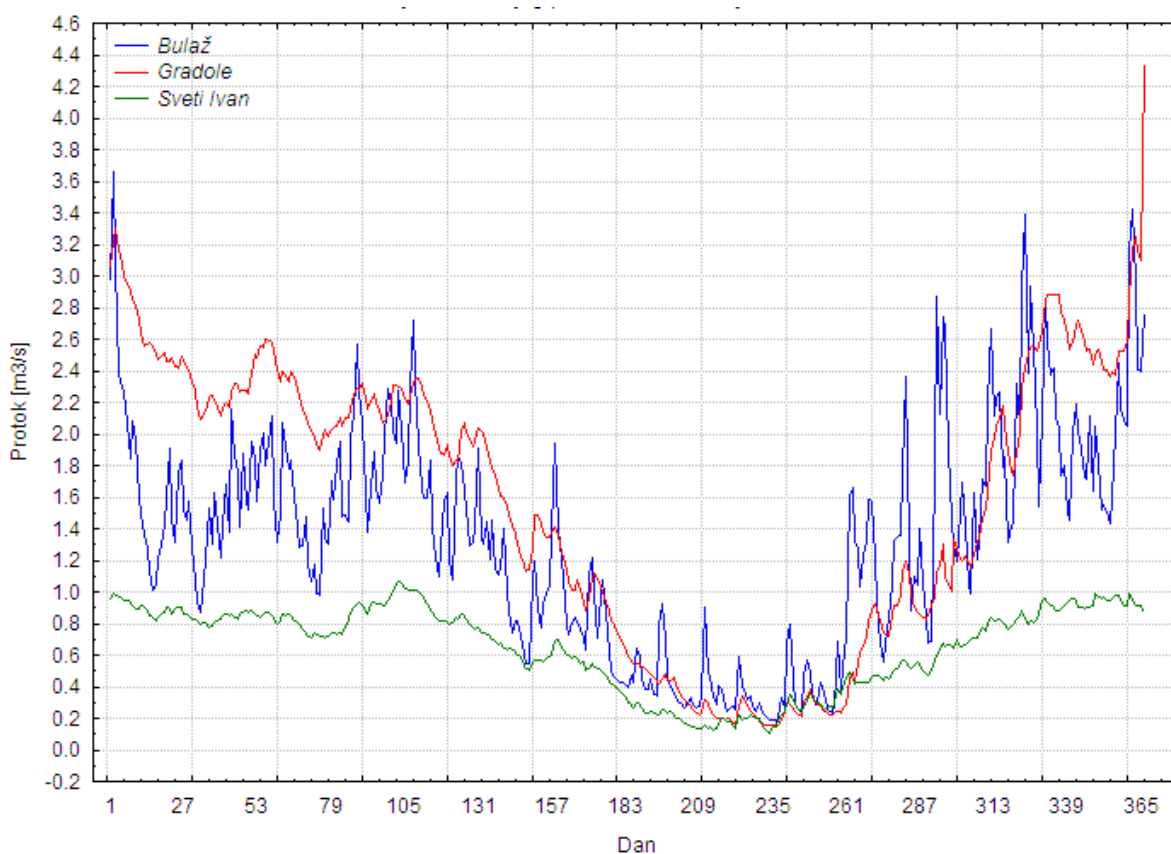
Na temelju mjerenih podataka s hidrološke postaje Rečina Pengari, napravljene su tri protočne krivulje za: male, srednje i velike vode (Slika 2.2.1.2.4). Krivulja protoka za male vodostaje u rasponu 0-30 cm ima oblik funkcije $Q=4.7H^{3.63}$, za srednji vodostaj 30-60 cm vrijedi funkcija $Q=23.99H^{3.68}$, a za visoke vode >60 cm može se upotrijebiti funkcije $Q=11.16H^{2.22}$.

Za hidrološku postaju Bračana Abrami krivulja protoka za male vodostaje u rasponu 0-20 cm ima oblik funkcije $Q=2.2H^{1.14}$, za srednji vodostaj 20-50 cm vrijedi funkcija $Q=13.92H^{2.11}$, a za visoke vode >50 cm može se upotrijebiti funkcije $Q=8.91H^{2.11}$ (Slika 2.2.1.2.5).

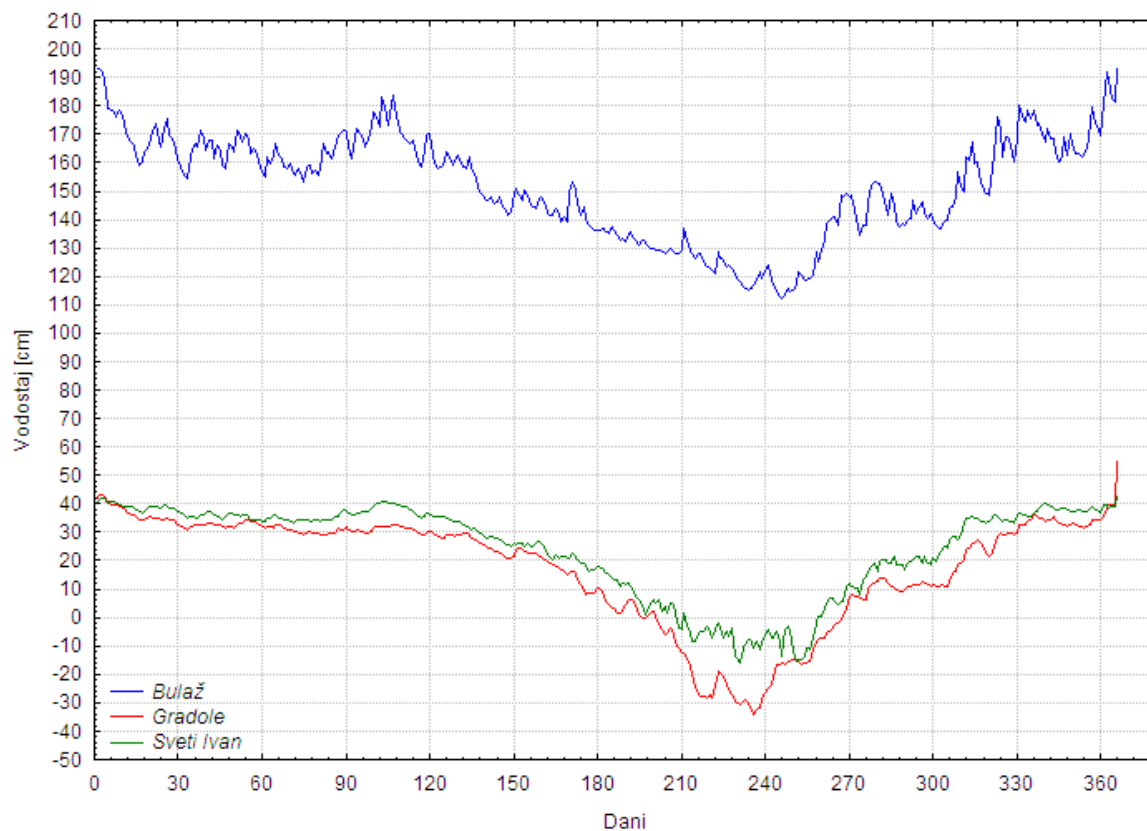
Krivulja protoka napravljena na temelju mjerenja s hidrološke postaje Botonega Šćulci-stepenica za male vodostaje u rasponu 0-20 cm ima oblik funkcije $Q=3.78H^{1.66}$, za srednji vodostaj 20-70 cm vrijedi funkcija $Q=8.40H^{1.96}$, a za visoke vode >70 cm može se upotrijebiti funkcije $Q=6.11H^{1.24}$ (Slika 2.2.1.2.6).

1.1.2.1.4. Analiza hidroloških parametara za hidrološke postaje na kaptiranim izvorima uz rijeku Mirnu: Sv. Ivan, Bulaž i Gradole

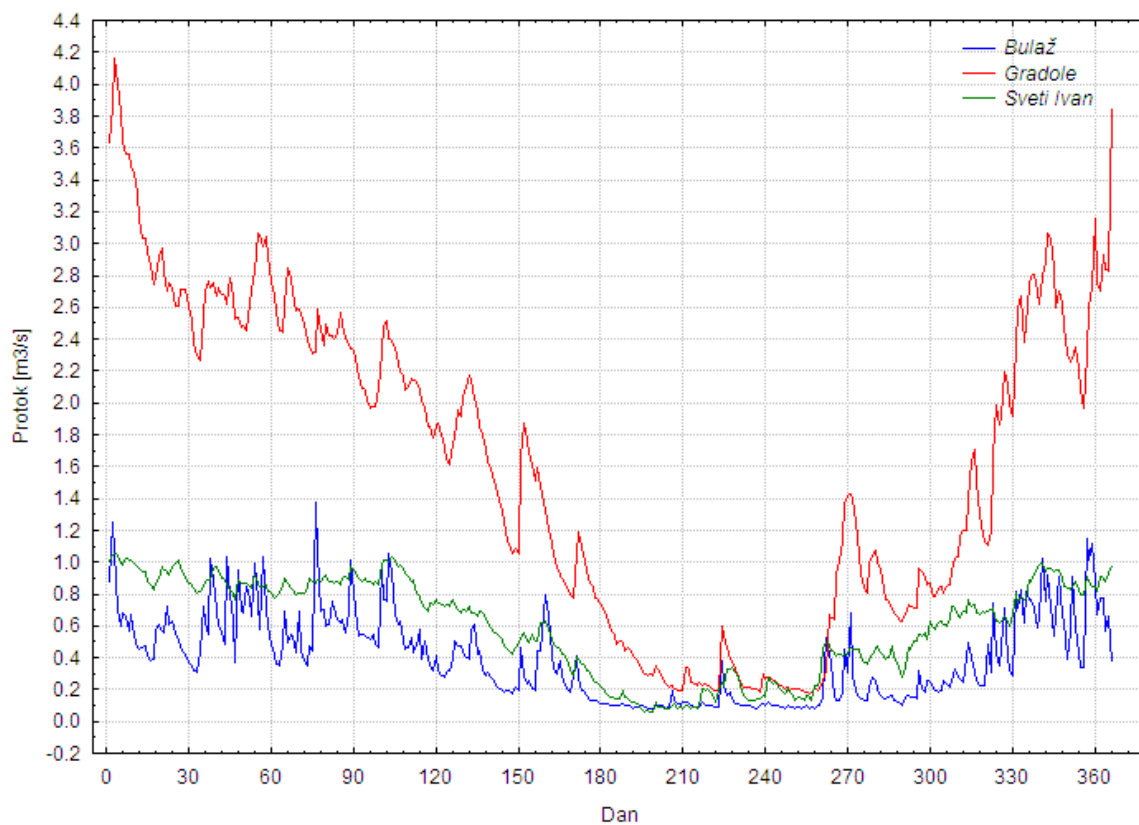
Na temelju podataka dobivenih od Državnog hidrometeorološkog zavoda za hidrološke postaje na kaptiranim izvorima uz rijeku Mirnu: Sv. Ivan, Bulaž i Gradole, napravljena je statistička obrada višegodišnjih nizova dnevnih protoka i vodostaja. Analizom su dobivene srednje dnevne, srednje dnevne minimalne i maksimalne, te apsolutne minimalne i maksimalne mjesečne i godišnje vrijednosti protoka i vodostaja na promatranim postajama (Tablice 1.1.2.1.8-1.1.2.1.10), te su dani grafički prikazi godišnjih hodova srednjih dnevnih (Slike 1.1.2.1.12 i 1.1.2.1.13) i srednjih dnevnih minimalnih (Slike 1.1.2.1.14 i 1.1.2.1.15) protoka i vodostaja, pripadne krivulje trajanja za razmatrani period (Poglavlje 2.2.1.1). Analiza svakog od parametara na postajama rađena je na setovima podataka različitih vremenskih perioda, koji su prikazani u Tablicama 1.1.2.1.8-1.1.2.1.10.



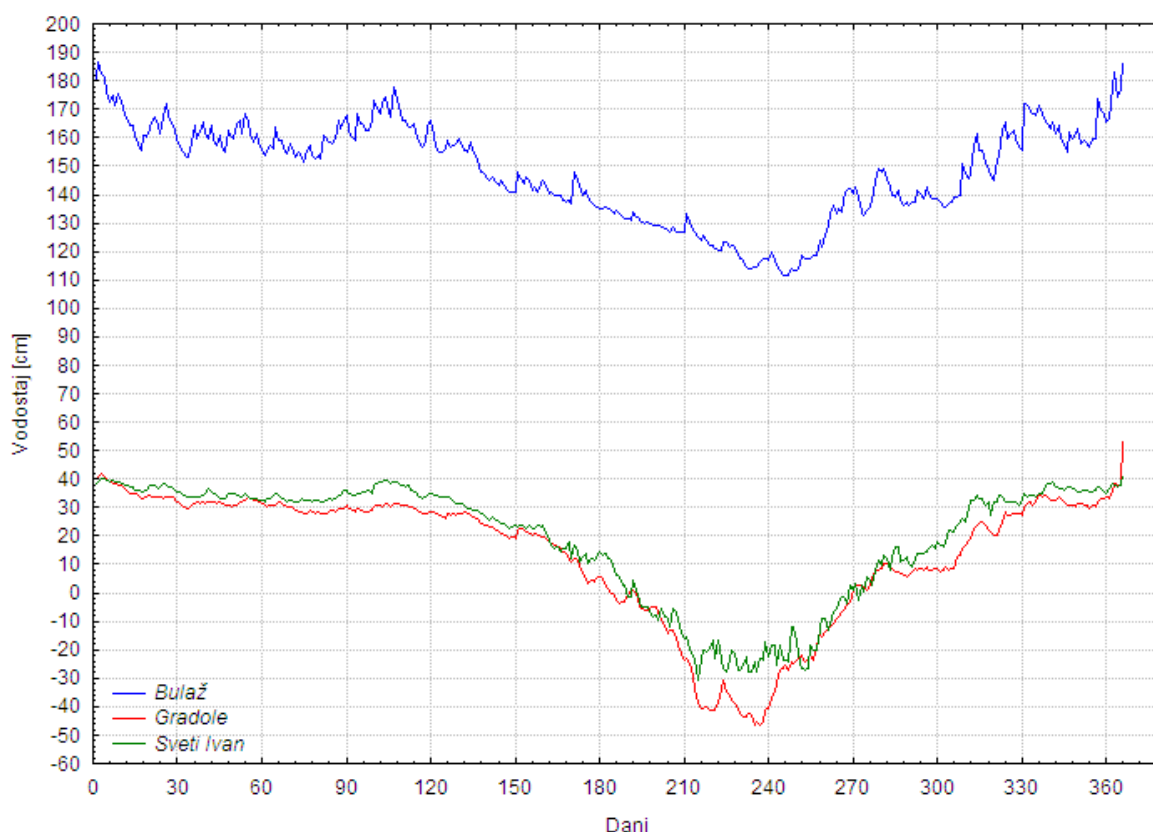
Slika 1.1.2.1.12. Godišnji hod srednjih dnevnih protoka na preljevima izvora Bulaž (1989-2011), Gradole (1987-2011) i Sv. Ivan (1986-2011)



Slika 1.1.2.1.13. Godišnji hod srednjih dnevnih vodostaja na postajama Bulaž (1996-2011), Gradole (1996-2011) i Sv. Ivan (1997-2011)



Slika 1.1.2.1.14. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih protoka na preljevima izvora Bulaž, Gradole i Sv. Ivan za period 2001.-2011. g.



Slika 1.1.2.1.15. Godišnji hod srednjih dnevnih minimalnih vodostaja na postajama Bulaž (1996-2011), Gradole (1996-2011) i Sv. Ivan (1997-2011)

Podaci o vodostaju na postaji Bulaž nisu u potpunosti konzistentni što se vidi iz višegodišnjeg hoda srednje visine vode (Slika 1.1.2.1.3). Godine 1995. dolazi do naglog skoka vodostaja, koji također u nekim periodima poprima i negativne vrijednosti, do promjene je došlo zbog premještanja vodokazne letve s izvora na crpnu stanicu. Za period 1989.-1995. godine srednji vodostaj (SH) iznosio je 47.3 cm, dok je u razdoblju 1995.-2011. godine srednji vodostaj iznosio 149.3cm. Tijekom 1995. godine mjerenja vodostaja su obavljena u stanju još nestabiliziranog profila nakon izvršenog prokopa nasipa, stoga su u analizi uzeti u obzir podaci od 1996.-2011. godine.

Isto kao i na postaji Bulaž podaci o vodostaju na postaji Gradole nisu konzistentni, te se od 1996. godine javljaju i negativne vrijednosti (Slika 1.1.2.1.3). Prema zapisniku, do navedene promjene je došlo jer od 1995. godine radi samo pomoćni limnigrafa koji je montiran u crpnom bazenu, zato je analiza vodostaja napravljena za razdoblje 1996.-2011. godine.

Podaci o vodostaju na postaji Sv. Ivan od 1997. godine poprimaju i negativne vrijednosti, a zbog nekonzistentnosti podataka napravljena je analiza podataka za dva perioda: bez (1986-1997) i s negativnim podacima (1997-2011). Za period 1986.-1997. godine srednji vodostaj iznosio je 31.8 cm, dok je u razdoblju 1997.-2011. godine srednji vodostaj iznosio 24 cm, te će za njega biti obavljane daljnje analize srednjih vodostaja i njegovih ekstrema.

Prosječni godišnji vodostaji na postajama Bulaž, Gradole i Sv. Ivan redom iznose 152 cm, 17.4 cm i 24 cm, a srednji godišnji protoci na preljevima 1.32 m³/s, 1.6 m³/s i 0.7 m³/s.

Prema krivuljama trajanja za preljev izvora Bulaž (Slika 2.2.1.1.7) minimalni godišnji protok prisutan u 95% vremena iznosi $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$, protok u 80% vremena $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$, dok se srednji godišnji protok od $1.32 \text{ m}^3/\text{s}$ javlja u 52% slučajeva. Minimalni godišnji protok na preljevu izvora Gradole prisutan u 95% vremena iznosi $0.27 \text{ m}^3/\text{s}$, protok u 80% vremena $0.51 \text{ m}^3/\text{s}$, dok se srednji godišnji protok od $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ javlja u oko 53% slučajeva (Slika 2.2.1.1.8). Minimalni godišnji protok na preljevu izvora Sv. Ivan prisutan u 95% vremena iznosi $0.19 \text{ m}^3/\text{s}$, protok u 80% vremena $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$, dok se srednji godišnji protok od $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ javlja u 58% slučajeva (Slika 2.2.1.1.9).

Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi protoka na preljevu izvora Bulaž iznose $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$, na preljevu izvora Gradole $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$, te na preljevu izvora Sv. Ivan $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ i $0 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednji godišnji minimumi i apsolutni minimumi vodostaja na Bulažu iznose 148.3 cm i -62 cm, na postaji Gradole 13.8 cm i -164 cm te na postaji Sv. Ivan 19 cm i -108 cm. Detaljniji rezultati statističke analize u obliku srednjih mjesečnih i godišnjih vrijednosti prikazani su u Tablicama 1.1.2.1.8-1.1.2.1.10.

Tablica 1.1.2.1.8. Statistike protoka (m³/s) na preljevu i vodostaja (cm) na izvoru Bulaž

PERIOD ANALIZE	1989-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	1.75	0.58	0.04	0.88	12.50	171.9798	167.98	128.00	176.49	313.00
2	1.59	0.69	0.08	1.41	41.20	164.5774	160.47	130.00	168.56	313.00
3	1.61	0.61	0.04	1.23	23.50	160.9395	157.54	127.00	165.14	294.00
4	1.79	0.57	0.05	1.00	13.10	170.1938	165.75	127.00	175.38	309.00
5	1.20	0.33	0.04	0.60	17.80	153.5383	150.88	128.00	156.71	314.00
6	0.91	0.29	0.01	0.74	28.80	143.6042	140.77	123.00	146.85	288.00
7	0.44	0.10	0.00	0.17	6.25	131.9738	130.53	73.00	133.72	311.00
8	0.33	0.12	0.00	0.25	14.50	121.6996	119.52	-47.00	124.13	298.00
9	0.75	0.19	0.00	0.42	21.40	129.3083	125.78	-62.00	132.84	349.00
10	1.43	0.18	0.00	0.35	15.60	143.0504	139.82	89.00	146.18	333.00
11	2.08	0.40	0.02	1.00	14.90	160.8979	154.84	118.00	166.87	321.00
12	2.03	0.72	0.02	1.60	28.10	171.5040	165.37	128.00	177.73	317.00
GODINA	1.32	0.40	0.00	0.80	41.20	151.94	148.27	-62.00	155.88	349.00

Tablica 1.1.2.1.9. Statistike protoka (m³/s) na preljevu i vodostaja (cm) na izvoru Gradole

PERIOD ANALIZE	1987-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011	1996-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	2.67	3.11	0.12	3.37	9.50	36.7399	35.71	5.00	37.61	79.00
2	2.32	2.67	0.24	2.94	8.24	32.6040	31.57	8.00	33.52	71.00
3	2.17	2.50	0.09	2.77	7.46	30.5948	29.47	4.00	31.62	66.00
4	2.16	2.12	0.03	2.40	5.89	30.8750	29.60	2.00	32.10	59.00
5	1.67	1.64	0.20	1.96	7.77	26.0726	24.69	7.00	27.51	68.00
6	1.10	1.12	0.00	1.43	7.62	16.6063	13.67	-109.00	19.73	67.00
7	0.42	0.36	0.00	0.64	3.98	-1.1069	-8.05	-147.00	5.83	44.00
8	0.22	0.27	0.00	0.46	5.42	-26.5706	-39.58	-164.00	-12.18	53.00
9	0.44	0.53	0.00	0.78	9.03	-7.6021	-14.62	-107.00	-0.57	76.00
10	1.02	0.83	0.00	1.04	6.20	10.9940	7.47	-92.00	13.56	67.00
11	2.11	1.57	0.00	1.88	10.90	25.3271	23.07	-80.00	27.00	88.00
12	2.67	2.64	0.06	2.97	9.50	34.5645	32.95	3.00	35.86	83.00
GODINA	1.58	1.61	0.00	1.89	10.90	17.42	13.82	-164.00	20.96	88.00

Tablica 1.1.2.1.10. Statistike protoka (m³/s) na preljevu i vodostaja (cm) na izvoru Sv. Ivan

PERIOD ANALIZE	1986-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	2001-2011	1997-2011	1997-2011	1997-2011	1997-2011	1997-2011
MJESEC	Q	Q sr_min	Q aps_min	Q sr_max	Q aps_max	H	H sr_min	H aps_min	H sr_max	H aps_max
1	0.89	0.95	0.20	1.06	1.78	39.0774	37.66	13.00	40.23	53.00
2	0.84	0.86	0.20	0.97	1.93	35.6028	34.00	11.00	36.99	55.00
3	0.80	0.86	0.20	0.97	1.85	34.8903	33.21	3.00	36.40	54.00
4	0.94	0.88	0.12	0.99	1.71	37.9867	36.37	2.00	39.26	52.00
5	0.69	0.62	0.04	0.75	1.93	30.5892	28.56	5.00	32.46	55.00
6	0.54	0.42	0.00	0.54	1.58	21.8200	17.20	-70.00	25.14	50.00
7	0.22	0.11	0.00	0.21	1.09	6.6022	-3.74	-77.00	14.50	42.00
8	0.19	0.19	0.00	0.30	2.23	-7.6946	-23.25	-108.00	4.58	59.00
9	0.37	0.30	0.00	0.41	1.85	-1.4733	-12.37	-80.00	10.28	54.00
10	0.57	0.46	0.00	0.59	1.78	19.4817	12.96	-80.00	25.57	53.00
11	0.82	0.69	0.00	0.82	1.93	33.3000	30.71	-69.00	35.52	55.00
12	0.93	0.89	0.09	1.00	1.93	38.1634	36.58	9.00	39.45	55.00
GODINA	0.65	0.60	0.00	0.72	2.23	24.03	18.99	-108.00	28.37	59.00

1.1.2.1.5. Prostorna razdioba minimalnih protoka i održive količine vode u vodotoku

U Tablici 1.1.2.1.11 prikazane su srednje godišnje minimalne vrijednosti protoka, dobivene usrednjavanjem dnevnih minimalnih protoka, te godišnji ekstremi malih voda čija su pojava i trajanje dobar pokazatelj sušnog perioda. Također je za sve postaje iz prosječnih krivulja trajanja određen protok Q_{300} koji je jednak protoku u 300 dana, a javlja se u 80% vremena unutar vodotoka i protok Q_{347} jednak protoku u 347 dana, a javlja se u 95% vremena na krivulji trajanja. Navedene veličine protoka bitne su za određivanje minimalne potrebne količine vode u vodotoku, odnosno biološkog minimuma ili ekološki prihvatljivog protoka.

Tablica 1.1.2.1.11. Statistike minimalnih protoka i protok trajanja jednak ili veći od 300 i 347 dana (m^3/s)

POSTAJA	Q_{sr_min}	$Q_{apsolutni}$	Q_{300}	Q_{347}
Rečina Pengari	0.13	0	0.05	0.025
Izvor Sv. Ivan	0.60	0	0.34	0.19
Mirna Buzet	1.63	0	0.95	0.45
Bračana Abrami	0.37	0	0.17	0.07
Izvor Bulaž	0.40	0	0.55	0.27
Botonega Šćulci stepenica	0.21	0.01	0.07	0.06
Mirna Motovun	3.94	0.08	2.25	1.15
Mirna Portonski most	4.59	0.26	2.35	1.15
Izvor Gradole	1.61	0	0.51	0.27

1.1.2.1.6. Gubici vode uslijed isparavanja s vodene površine

Isparavanje je stalan odlazak vodene pare sa slobodne vodene površine koji uvelike ovisi o deficitu vlage u zraku i temperaturi. Prema dostupnim dnevnim podacima mjerenja isparavanja s vodene površine napravljena je mjesečna analiza gubitka vode. Mjerenja su vršena na meteorološkoj postaji Pazin te klimatološkim postajama Abrami i Botonega u razdoblju od 1998.-2010. od mjeseca travnja do listopada. Dnevni podaci isparavanja s vodene površine su zbrojeni i korigirani koeficijentom redukcije isparitelja kako bi ih mogli analizirati na mjesečnoj razini. Mjesečne vrijednosti količine isparene vode (mm) na postajama su prikazane u Tablicama 1.1.2.1.12.-1.1.2.1.14.

Tablica 1.1.2.1.12. Mjesečne vrijednosti količine isparene vode (mm) na postaji Abrami u razdoblju 1998.-2010. g.

Godina/Mjesec	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
1998.	-	-	-	86.6	103.3	42.8	18.0
1999.	33.9	53.1	69.1	79.3	83.2	52.6	25.4
2000.	42.2	64.3	97.7	82.2	96.5	48.3	17.2
2001.	47.7	70.5	80.9	83.8	95.3	34.8	17.4
2002.	42.4	50.7	74.0	80.6	58.1	43.0	18.4
2003.	48.9	77.0	89.9	96.9	95.8	52.9	20.2
2004.	35.3	57.9	73.0	93.9	83.0	58.3	18.9
2005.	38.6	62.9	78.8	80.2	53.3	40.5	22.3
2006.	39.2	49.6	74.3	100.0	43.6	37.8	20.1
2007.	83.4	106.2	102.4	164.4	107.4	72.6	37.9
2008.	-	47.5	55.6	75.7	72.0	46.3	17.3
2009.	35.9	59.2	59.6	72.7	75.7	48.9	19.8
2010.	37.5	45.9	57.6	76.9	58.7	29.8	17.6
Srednjak	44.1	62.1	76.1	90.3	78.9	46.8	20.8

Tablica 1.1.2.1.13. Mjesečne vrijednosti količine isparene vode (mm) na postaji Botonega u razdoblju 1998.-2010. g.

Godina/Mjesec	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
1998.	53.8	92.6	112.9	110.5	129.0	51.0	25.5
1999.	50.1	78.1	101.3	101.7	102.6	70.4	32.4
2000.	57.1	99.5	140.2	118.5	131.8	66.1	30.2
2001.	56.3	100.8	112.5	123.4	133.5	53.0	27.4
2002.	50.3	75.5	109.1	109.1	74.3	45.6	30.0
2003.	58.8	100.2	121.7	135.9	132.0	63.8	25.6
2004.	44.0	81.4	103.3	124.3	103.1	67.5	28.1
2005.	50.8	90.9	105.4	112.8	75.7	55.4	20.2
2006.	51.8	77.1	108.6	137.3	77.8	59.2	29.3
2007.	79.2	92.1	97.7	151.1	97.4	59.2	28.0
2008.	53.0	83.4	92.8	125.9	119.2	69.2	32.1
2009.	58.0	101.4	84.7	112.9	117.9	67.2	27.7
2010.	60.3	65.5	102.8	119.9	95.3	52.7	27.2
Srednjak	55.7	87.6	107.1	121.8	106.9	60.0	28.0

Tablica 1.1.2.1.14. Mjesečne vrijednosti količine isparene vode (mm) na postaji Pazin u razdoblju 1998.-2010. g.

Godina/Mjesec	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
1998.	55.2	88.1	97.1	109.7	113.7	50.3	24.6
1999.	38.4	76.1	91.6	104.2	101.2	72.3	29.1
2000.	55.9	95.6	121.5	111.0	116.9	65.7	26.7
2001.	59.7	93.7	106.8	113.1	122.9	42.8	25.2
2002.	53.7	77.4	112.4	113.4	82.2	54.4	37.2
2003.	65.5	111.1	123.3	130.1	133.5	67.6	33.1
2004.	46.7	77.6	104.1	129.6	113.9	80.1	33.6
2005.	65.5	97.5	116.2	119.6	80.1	61.7	27.5
2006.	58.2	88.8	113.1	134.8	79.8	69.5	34.4
2007.	86.7	97.8	93.6	148.8	100.4	61.5	32.8
2008.	52.2	84.4	93.0	129.5	118.2	70.0	31.6
2009.	68.5	104.5	107.9	118.6	121.4	76.2	31.7
2010.	56.4	69.4	96.5	118.0	99.0	54.7	27.8
Srednjak	58.6	89.4	105.9	121.6	106.4	63.6	30.4

Mjesečne vrijednosti količine isparene vode na promatranim postajama su usrednjene unutar razdoblja 1998.-2010. i prikazane su u Tablici 1.1.2.1.15.

Tablica 1.1.2.1.15. Prosječne mjesečne vrijednosti količine isparene vode (mm) na meteorološkim postajama na području sliva rijeke Mirne u razdoblju 1998.-2010. g.

Postaja/Mjesec	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad
Abrami	44.1	62.1	76.1	90.3	78.9	46.8	20.8
Botonega	55.7	87.6	107.1	121.8	106.9	60.0	28.0
Pazin	58.6	89.4	105.9	121.6	106.4	63.6	30.4

Kako se sposobnost zraka da primi vodenu paru povećava s povećanjem temperature, do najvećih gubitaka vode upravo dolazi u kolovozu dok su najmanji gubici vode zabilježeni u mjesecu listopadu.

Isti mjeseci se poklapaju sa sušnim odnosno s vlažnim razdobljima unutar godine što upućuje na utjecaj gubitka vode na količinu vode, odnosno na protok u vodotoku.

No, valja napomenuti da su pri određivanju EPP-a kroz mjerene podatke protoka gubici vode već uračunati.

1.1.2.2. Kakvoća vode na mjernim postajama vodotoka i izvorišta u slivu rijeke Mirne

Prema projektnom zadatku, u svibnju 2011. godine obavili smo terenska istraživanja makrozoobentosa, ihtiofaune, mikrofitobentosa (perifitona), makrofita i fizikalno-kemijskih svojstva vode na pritokama rijeke Mirne (P1-P4), a podaci o prijašnjim istraživanjima na postajama duž rijeke Mirne (M1-M3) preuzeti su od predstavnika naručitelja (Slika 1.2.1).

Na postajama duž rijeke Mirne (M1-M3) uzorkovali smo samo ihtiofaunu, a također smo procijenili i morfometrijske značajke vodotoka (Poglavlje 1.1.2.3).

U Tablici 1.1.2.2.2 prikazani su rezultati analiza kakvoće vode na mjernim postajama vodotoka i izvorišta u slivu rijeke Mirne. Fizikalno-kemijske i kemijske pokazatelje na svim postajama odredili su djelatnici Zavoda za javno zdravstvo Istarske županije u Puli. Biološke pokazatelje za pritoke rijeke Mirne odredili su djelatnici Oikona, a za postaje duž rijeke Mirne (M1-M3) djelatnici Glavnog vodnogospodarskog laboratorija Hrvatskih voda u Zagrebu u okviru provedbe Plana praćenja stanja voda u Republici Hrvatskoj.

Tablica 1.1.2.2.1. Dopuštene granične vrijednosti pokazatelja za pojedine vrste voda prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/10 – Grupa ekoloških tipova HR 24 (nizinske male i srednje velike tekućice Istre): Ekološki tipovi 28B (nizinske izvorišne male primorske tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi istarskog krša) i 28C (nizinski vodotoci srednje velikih primorskih tekućica u vapnenačko-flišnoj podlozi istarskog krša)) te prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08 – samo Zasićenje kisikom i Nitriti)

SKUPINE POKAZATELJA	Pokazatelj (mjerna jedinica)	I Vrlo dobro stanje	II Dobro stanje	III Umjereno stanje	IV Loše stanje	V Vrlo loše stanje
FIZIKALNO - KEMIJSKI	pH	8,8-8,6	8,5-6,5	6,4-6,3 8,6-9,0	6,2-6,0 9,1-9,3	< 6,0 > 9,3
	Električna vodljivost (μS/cm)	< 650	650-700	701-750	751-800	> 800
	Alkalitet (mgCaCO ₃ /l)	> 200	200-160	159-100	99-50	< 50
REŽIM KISIKA	Otopljeni kisik (mgO ₂ /l)	> 7,5	7,5-6,0	5,9-5,0	4,9-4,0	< 4,0
	Zasićenje kisikom (%O ₂)	80-110	70-80 110-120	50-70 120-140	20-50 140-150	< 20 > 150
	KPK-Mn (mgO ₂ /l)	< 5,5	5,5-6,5	6,6-8,0	8,1-8,5	> 8,5
HRANJIVE TVARI	Amonij (mgN/l)	< 0,10	0,10-0,25	0,15-0,25	0,41-0,55	> 0,55
	Nitriti (mgN/l)	< 0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,20	> 0,20
	Nitrati (mg N/l)	< 0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-3,5	> 3,5
	Ukupni dušik (mgN/l)	< 1,5	1,5-2,0	2,1-3,0	3,0-4,0	> 4,0
	Ukupni fosfor (mg P/l)	< 0,15	0,15-0,25	0,26-0,40	0,41-0,50	> 0,50
BIOLOŠKI	Pantle-Buck Indeks saprobnosti	< 1,75	2,25	2,85	3,4	> 3,4

Tablica 1.1.2.2.2. Kakvoća vode na mjernim postajama vodotoka i izvorišta u slivu rijeke Mirne (prema graničnim vrijednostima iz Tablice 1.1.2.2.1)

POSTAJA	Naziv	Draga	Rečina	Bračana	Butoniga	Izv. Rečica	Kam. vrata	Port. most	Izvor Sv. Ivan	Izvor Bulaž	Izvor Gradole
	Šifra	P1	P2	P3	P4	M1	M2	M3	IZSI	IZB	IZG
Datum		13.5.2011.	13.5.2011.	13.5.2011.	13.5.2011.	11.5.2011.	11.5.2011.	16.5.2011.	11.5.2011.	11.5.2011.	11.5.2011.
Analitički broj		157028	157027	157025	157026	156959	156958	572	156961	156967	156968
Fizikalno-kemijski pokazatelji											
Temperatura vode (°C)		12,7	19,2	17,5	20,8	14,5	13	15	12,2	13,6	14,1
pH vrijednost		7,71	7,9	8,17	8,06	7,64	8,13	7,86	7,45	7,26	7,01
Električna vodljivost (μS/cm)		564	497	404	449	476	443	505	432	559	664
Alkalitet m-vrijednost (mgCaCO ₃ /l)		286	240	198	218	239	226	242	216	269	325
Režim kisika											
Otopljeni kisik (mgO ₂ /l)		7,35	8,31	9,24	9,16	10,4	11,4	10,4	9,36	7,89	8,11
Zasićenje kisikom (%)		71,5	92,5	99,5	105,2	102,2	108,4	103,3	87,3	76	79
KPK-Mn (mgO ₂ /l)		1,56	1,6	1,09	1,01	0,58	0,8	3,5	0,51	0,76	0,53
Hranjive tvari											
Amonij (mgN/l)		0,023	0,021	0,016	0,018	0,017	0,144	0,035	<0,015	<0,015	<0,015
Nitriti (mgN/l)		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,015	0,015	0,011	<0,015	<0,015	<0,015
Nitrati (mgN/l)		0,04	0,06	0,22	0,22	0,34	0,53	0,09	0,62	0,77	2,3
Ukupni dušik (mgN/l)		0,477	0,571	0,9	0,756	0,623	1,147	1,31	0,793	0,951	2,444
Ukupni fosfor (mgP/l)		0,015	0,009	0,019	0,013	<0,025	0,082	0,1498	<0,025	<0,025	<0,025
Biološki pokazatelji											
						26.5.2010.	26.5.2010.	29.4.2009.			
P-B IS (mzb, mfb)		1,88	1,76	1,70	1,77	1,85	1,81	2,01			
P-B IS (makrozoobentos)		1,60	1,73	1,62	2,03	1,93	1,75	2,04			
P-B IS (mikrofitobentos)		1,97	1,76	1,73	1,74	1,83	1,86	1,98			
P-B IS (ribe)			1,95	1,99	1,99	2,07	1,94	2,13			
P-B IS (mzb, mfb, ribe)			1,76	1,71	1,78	1,89	1,84	2,01			

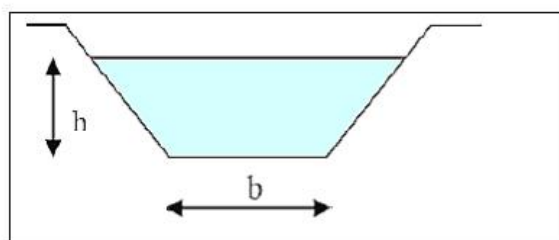
Sastav svojiti i brojnost jedinki (i/ili učestalost) bentosa prikazan je u Tablici 2.1.5.2.2 (mikrofitobentos) i Tablici 2.1.5.3.1 (makrozoobentos), a sastav vrsta i brojnost jedinki nektona (ihtiofauna) u Tablicama 2.1.5.4.1 te 2.1.5.4.4-2.1.5.4.7.

Sumarni prikaz biološke kakvoće temeljem svih razmatranih bioloških elemenata (prema ODV) nalazi se u Tablici 2.1.5.5 na kraju Poglavlja 2.1.5.

1.1.2.3. Morfometrijske značajke glavnog vodotoka i odabranih pritoka

Prilikom terenskih istraživanja u svibnju 2011. godine, na postajama duž rijeke Mirne (M1-M3) i na njenim pritocima (P1-P4), procijenjene su morfometrijske značajke vodotoka. Pri mjerenju istih, korišteni su ovi mjerni instrumenti: mjerna letva (Geomax TS5), laserski daljinomjer (Bosch GLM 250 VF Professional) te brzinomjer s hidrometrijskim krilcem (DOSTMANN electronic P670-LOG). Promatrani profili su dokumentirani, fotografirani i skicirani prema zatečenom stanju.

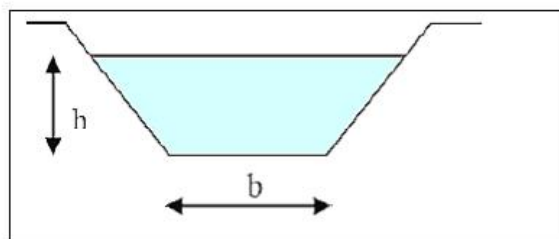
M1 – Izvorište Rečica



$b = 11,2 \text{ m}$
 $h = 0,4 \text{ m}$

Promatrani dio vodotoka Mirne (uzvodno od mosta kod vodocrpilišta Sv. Ivan) je regulirani profil laminarnog toka čiji su pokosi zatravnjeni te se redovito održavaju košnjom. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 1% dok se brzina vode u vodotoku kretala u rasponu od 0,02–0,04 m/s. Dno korita je sastavljeno od većih valutica (50%), pijeska (20%), valutica (15%) i šljunka (15%). Pojedini dijelovi korita su zarašteni vodenom vegetacijom čime je dodatno povećana hrapavost korita koja otežava protok vode u koritu. Djelomična mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na smanjen pronos suspendiranog nanosa dok je uz obale uočen vučeni nanos koji pogoduje zaraštenosti korita. Nagibi obala su strmi i značajni čime je pristup vodotoku otežan.

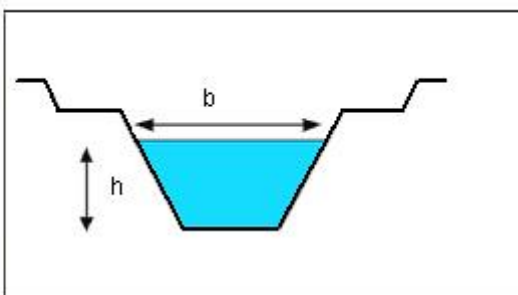
M2 – Kamenita vrata



$b = 7,5 \text{ m}$
 $h = 0,7 \text{ m}$

Uzorkovani dio vodotoka Mirne je djelomično regulirani profil bujičnog karaktera čije su obale zatravnjene. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 2,5% dok se brzina vode kretala oko 0,11 m/s. Dno korita je većinom sastavljeno od većih valutica (50%) i valutica (30%) te u manjoj mjeri od ploča i blokova što utječe na smanjenu hrapavost korita. Mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa dok vučeni nanos nije uočen. Nagibi obala su strmi i značajni čime je pristup vodotoku otežan, osim na samom profilu gdje je isti omogućen zbog ljudskog faktora.

M3 – Portonski most

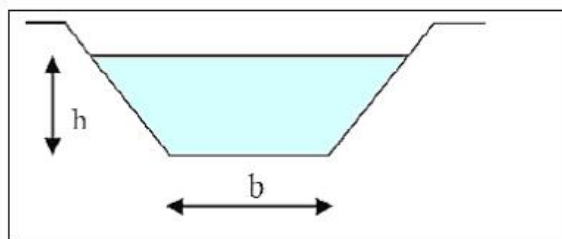


$$b = 6,4 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

Promatrani dio vodotoka Mirne je nizvodno od mosta potpuno regulirani profil bujičnog toka čiji su pokosi uređeni i popločani dok su isti uzvodno od mosta neuređeni i obrasli. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 1% dok se brzina vode kretala u rasponu od 0,2–0,3 m/s. Dno korita je sastavljeno od većih i manjih i valutica što upućuje na veću hrapavosti korita. Izrazita mutnoća vode u području hidrološke postaje upućuje na obilan pronos suspendiranog nanosa, dok se postojanost vučenog nanosa zbog mutnoće vode nije mogla procijeniti. Nagibi obala su blaži, mada još uvijek značajni čime je pristup vodotoku nešto pristupačniji.

P1 – Draga

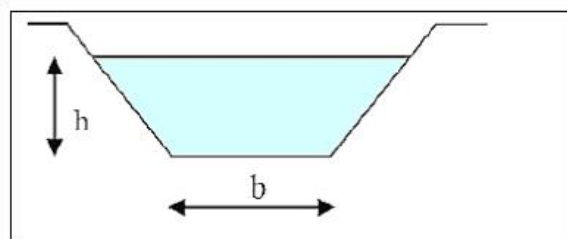


$$b = 2,00 \text{ m}$$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

Uzorkovani profil pritoka Draga je potpuno prirodan profil koji je okružen bogato razvijenom šumskom vegetacijom čije korijenje je sastavni dio obala. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 0,5% dok se brzina vode kretala u rasponu od 0,01–0,3 m/s. Dno korita se većinom sastoji od većih valutica (70%) te ploča, blokova i biljnih dijelova čime je povećana hrapavost korita. Velika mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na povećani pronos suspendiranog nanosa, a uz obale su uočene kaskade vučenog nanosa. Nagibi obala su blagi što omogućava lak pristup vodotoku.

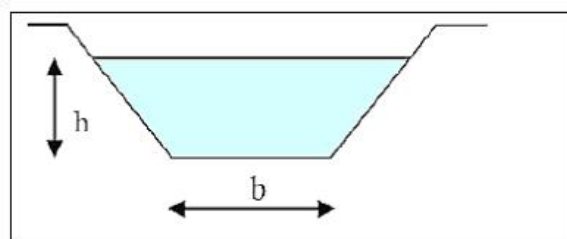
P2 – Rečina



b = 5,50 m
h = 0,25 m

Promatrani dio vodotoka Rečina je potpuno prirodan profil okružen razvijenom vegetacijom koja je sastavni dio obala. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 5% dok se brzina vode kretala u rasponu od 0,01–0,04 m/s. Dno korita se većinom sastoji od većih valutica (40%) te ploča (20%) i blokova (20%), a u manjoj mjeri od valutica, pijeska i gline čime je povećana hrapavost korita. Mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa, a djelomično je uz obale uočen i vučeni nanos. Nagibi obala su blagi što omogućava lak pristup vodotoku.

P3 – Bračana

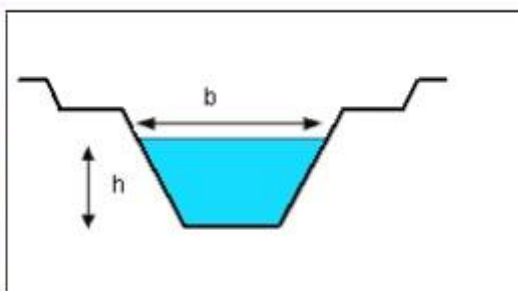


b = 5,00 m
h = 0,80 m

Uzorkovani profil pritoka Bračana je potpuno prirodan profil koji je okružen razvijenom šumskom vegetacijom čije je korijenje sastavni dio obala. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 2% dok se brzina vode kretala u rasponu od 0,02–0,3 m/s. Dno korita se većinom sastoji od većih valutica (50%) i blokova (20%) te u manjoj mjeri od ploča, šljunka,

pijeska i biljnih dijelova koji povećavaju hrapavost korita i time smanjuju brzinu protjecanja vode u koritu. U promatranom dijelu vodotoka voda je bistra čime je isključen obilniji pronos suspendiranih čestica dok vučeni nanos nije uočen. Nagibi obala su blagi čime je omogućen lak pristup vodotoku.

P4 – Butoniga



$$b = 5,6 \text{ m}$$

$$h = 0,64 \text{ m}$$

Promatrani dio vodotoka Butoniga je u potpunosti regulirani kanal ujednačenog toka čiji pokosi su zatravnjeni te se održavaju košnjom. Nagib dna korita na mjestu uzorkovanja je oko 0,1% dok se brzina vode kretala u rasponu od 0,02–0,07 m/s. Dno korita je sastavljeno od gline (80%) i većih valutica (20%). Pojedini dijelovi korita su zarašteni vodenom vegetacijom čime je dodatno povećana hrapavost korita koja uvelike otežava protok vode u koritu. Mutnoća vode u promatranom dijelu vodotoka upućuje na postojanost suspendiranog nanosa dok je uz obale uočen aluvijalni nanos koji pogoduje zaraštenosti korita. Nagibi obala su strmi i značajni čime je pristup vodotoku otežan.

U Poglavlju 2.1.1 dan je prikaz postojećih regulacija korita Mirne s opisom vrste objekata, a na Slici 2.1.1.1 prikazana je karta s ucrtanim reguliranim dionicama Mirne. Planirane retencije ili akumulacije u slivu Mirne prikazuje Slika 1.1.4.2.2.

1.1.2.4. Karakter staništa i sastav dna te zastupljenost staništa u glavnom vodotoku i odabranim pritocima, povezanost površinskih i podzemnih voda

Čovjek je u posljednjih stotinjak godina zbog snažne industrijalizacije onečistio i degradirao površinske kopnene vode. Budući da se radi o neprocjenjivom resursu od iznimne važnosti za opstojnost ljudske populacije, Europska unija usvojila je 2000. godine Okvirnu direktivu o vodama (ODV) koja je namijenjena očuvanju kopnenih voda, tranzicijskih i priobalnih voda. Osim što promovira dobro kemijsko stanje voda, direktiva potiče i dobro ekološko stanje voda. ODV stavlja ekologiju kopnenih voda kao osnovu u određivanju ekološkog stanja, što je pak baza za donošenje odluka u vodnom gospodarstvu. Poštujući specifičnosti svake zemlje članice, pokrenuti su mnogi znanstveno-istraživački projekti radi tipizacije voda, određivanja referentnih uvjeta i razvoja sustava vrednovanja. Karakterizacijom voda postiže se bolje razumijevanje trenutnog i budućeg ekološkog stanja vodenih ekoloških sustava. Prema podacima iz SCOPUS baze (2. lipanj 2011) producirano je oko 2000 znanstvenih publikacija iz projekata koji su povezani s implementacijom ODV (Mihaljević i sur., 2011b).

Temeljem rezultata studija „Ekološko istraživanje površinskih kopnenih voda u Hrvatskoj prema kriterijima Okvirne direktive o vodama“ (Habdija i sur., 2008) i „Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije“ (Mihaljević i sur., 2011a, b) limnografski prostor Republike Hrvatske podijeljen je u četiri zasebne cjeline: Panonsku ekoregiju, Kontinentalnu subregiju Dinaridske ekoregije, Primorsku subregiju Dinaridske ekoregije i Istarsko područje kao zasebni dio Primorske subregije (Mihaljević i sur., 2011b).

Istraživanjima unutar ovog projekta (EPP Mirne) zabilježena su dva od četiri abiotička tipa staništa tekućica (unutar dva od moguća tri biotička tipa) uključenih u Istarsko područje Primorske subregije Dinaridske ekoregije (Mihaljević i sur., 2011b).

Zabilježen je abiotički tip „HR Tip 23A Nizinske izvorišne male tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi“ unutar biotičkog „Ekotipa 17 Nizinske i prigorske male tekućice Istre“ te abiotički tip „HR Tip 24 Nizinske srednje velike tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi“ unutar biotičkog „Ekotipa 18 Nizinske srednje velike tekućice Istre“.

EKOTIP 17 - NIZINSKE I PRIGORSKE MALE TEKUĆICE ISTRE

(Mihaljević i sur., 2011b)

- sve istraživane pritoke Mirne: Draga (P1), Rečina (P2), Bračana (P3) i Butoniga kanal (P4) predstavljaju abiotički tip „HR Tip 23A Nizinske izvorišne male tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi“, a u isti tip pripadaju i oba uzvodna lokaliteta na rijeci Mirni kod Buzeta, Mirna-Izvorište Rečica (M1) i Mirna-Kamenita vrata (M2).

Opća i hidrološka obilježja:

Ekotip 17 uključuje dva abiotička tipa malih tekućica (slivno područje 10-100 km²). HR Tip 22 uključuje prigorske tekućice (200-500 m n.m.), u miješanoj vapnenačko-flišnoj podlozi, a HR Tip 23A obuhvaća nizinske (< 200 m n.m.) male tekućice također u miješanoj vapnenačko-flišnoj podlozi.

Područja Istre i Sjevernog Hrvatskog primorja obilježavaju vapnenci mezozojske starosti kojima pripadaju Čićarija i Učka, a to se područje naziva i „bijela Istra“. Preko mezozojsko-paleogene vapnenačke osnove sjeveroistočnog dijela Istre nataložene su nepropusne naslage paleogenog fliša (lapori, glinci i pješčari). Najprepoznatljiviji je srednjoistarski flišni kraj trokutastog oblika koji se osnovicom proteže od Tršćanskog zaljeva do Plomina ili tzv. „siva Istra“. To područje obilježava postojanje površinskih tokova, koji imaju bujični karakter, a značajna je i snažna erozija flišnih naslaga. Na vapnenačkoj osnovi zapadnog dijela Istre rasprostranjene su crvenice („crvena Istra“). Geološki najmlađe su aluvijalne naplavine u dolinama rijeka Mirne, Raše i Boljunčice.

Mirna kao najvažnija istarska tekućica (dužina toka je 53 km, a veličina sliva 541 km²) nanosi trošan materijal iz flišnih naslaga gornjeg porječja i zatrpava potopljeni donji dio doline. Izvire istočno od Buzeta, a riječno korito usječeno je u nepropusnim flišnim naslagama.

Osnovna obilježja ovih tekućica su velike i nagle oscilacije protoka, a kao primjer možemo navesti rijeku Mirnu kod Buzeta, gdje je zabilježen maksimalni protok od 145 m³/s, srednji protok 2,45 m³/s, a minimalni 0 m³/s. Prema tome, za rijeku Mirnu ali i ostale tekućice tog područja, karakteristične su velike oscilacije protoka. Fliš podržava površinsko otjecanje pa se uz visoke vode od rujna do prosinca (Genovska ciklona), visoke vode pojavljuju i zbog intenzivnih oborina i u toplom dijelu godine. Minimumi se javljaju ljeti za oborinski sušnijih razdoblja i visoke evaporacije. Hidrološki nepovoljne prilike i intenzivno iskorištavanje voda s pojedinih krških izvorišta, koja daju glavninu protoka tijekom ljetnog sušnog razdoblja uzrokuje opadanje malih voda.

Gledajući prosječne mjesečne vrijednosti protoka, najviše vode ima od studenog do travnja, a najmanje tijekom srpnja, kolovoza i rujna. I ostale tekućice ovog područja pokazuju velike oscilacije ali su protoci znatno manji (manji su slivovi u odnosu na sliv Mirne).

Supstrat: makrolital, mesolital, microlital, argyllal

Saprobiološki i fizikalno-kemijski pokazatelji:

SI: < 1,9

PBI: > 10

pH raspon: 7,4 – 8,5

BPK5 (mg/l): < 2
KPK-Mn (mg/l): < 2,5
Amonij - srednja vrijednost (mg/l): < 0,08
Nitrati - srednja vrijednost (mg/l): < 0,8
Ukupni N - srednja vrijednost (mg/l): < 1,4
Ortofosfati - srednja vrijednost (mg/l): < 0,03
Ukupni P - srednja vrijednost (mg/l): < 0,06

Makrozoobentos:

Značajan udio sitnog supstrata, kakav nalazimo u ovom tipu tekuća, ima utjecaj i na sastav makrozoobentosa, u kojem u velikom broju dolaze ličinke iz skupine **Diptera**, posebice porodice Chironomidae. U ovom su tipu brojne i ličinke **Ephemeroptera**, zastupljene svojstama *Baetis rhodani*, *Centroptilum luteolum*, *Caenis* sp., *Ecdyonurus aurantiacus*, *Ecdyonurus submontanus/dispar*, *Electrogena* sp., Heptageniidae Gen. sp., *Habroleptoides/Paraleptophlebia* sp.

U manjem broju dolaze predstavnici skupina **Crustacea**: *Gammarus balcanicus*, *Niphargus* sp.; **Gastropoda**: *Ancylus fluviatilis*, Hydrobiidae; **Plecoptera**: *Leuctra* sp., *Nemurella pictetii*; *Isoperla illyrica*; **Trichoptera**: *Hydropsyche* sp., *Hydroptila* sp., *Polycentropus* sp.

Makrofitska zajednica:

U referentnom stanju makrofitska vegetacija izostaje ukoliko se radi o vrlo zasjenjenim potocima ili ukoliko su potoci bujični te bujični tok onemogućuje naseljavanje makrofita. Ukoliko je naseljavanje makrofitima moguće razvija se *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* tip (zajednice u kojima dominiraju mahovine).

Zajednica riba:

Za ekotip 17 karakteristično je pet vrsta riba, a vode imaju ciprinidni karakter. Karakteristične vrste su: *Alburnus arborella*, *Barbus plebejus*, *Padogobius bonelli*, *Phoxinus lumaireul* i *Squalius squalus*.

EKOTIP 18 - NIZINSKE SREDNJE VELIKE TEKUĆICE ISTRE (Mihaljević i sur., 2011b)

- najniži istraživani lokalitet na rijeci Mirni (M3-Portonski most) predstavlja abiotički tip „HR Tip 24 Nizinske srednje velike tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi“.

Opća i hidrološka obilježja:

Ekotip 18 uključuje jedan abiotički tip nizinskih (< 200 m n.m.) srednje velikih tekućica (slivno područje 100-1000 km²) u vapnenačko-flišnoj podlozi.

Tekućice ovog ekotipa pripadaju najprepoznatljivijem srednjoistarskom flišnom području tzv. „sivoj Istri“. To područje obilježava postojanje površinskih tokova, koji imaju bujični karakter, a značajna je i snažna erozija flišnih naslaga. Na vapnenačkoj osnovi zapadnog dijela Istre rasprostranjene su crvenice („crvena Istra“). Geološki najmlađe su aluvijalne naplavine u dolinama rijeka Mirne, Raše i Boljunčice. Mirna, kao najvažnija istarska tekućica, nanosi trošan materijal iz flišnih naslaga gornjeg porječja i zatrpava potopljeni donji dio doline. Sliv rijeke Mirne se djelomično prihranjuje podzemno s Čićarije, djelomično s krškog područja južne Istre te s karbonatnog područja sjeverno od Istarskih Toplica. Riječno korito usječeno je u nepropusnim flišnim naslagama. Dolinski aluvijalni dio toka, odlikuje se relativno blagim do ravnim nagibom i malim nadmorskim visinama.

Osnovna obilježja srednjih i donjih tokova ovih tekućica su velike i nagle oscilacije protoka, a kao primjer se navodi rijeka Mirna kod Portonskog mosta, gdje je zabilježen maksimalni protok od 178 m³/s, srednji protok 7,91 m³/s, a minimalni 0,048 m³/s. Gledajući prosječne mjesečne vrijednosti protoka, najviše vode ima od studenog do travnja, a najmanje tijekom srpnja i kolovoza.

Supstrat: argyllal, fital, mesolital

Saprobiološki i fizikalno-kemijski pokazatelji:

SI: < 2,0

PBI: > 10

pH raspon: 7,4 – 8,5

BPK5 (mg/l): < 2,5

KPK-Mn (mg/l): < 3

Amonij - srednja vrijednost (mg/l): < 0,1

Nitrati - srednja vrijednost (mg/l): < 1

Ukupni N - srednja vrijednost (mg/l): < 1,5

Ortofosfati - srednja vrijednost (mg/l): < 0,08

Ukupni P - srednja vrijednost (mg/l): < 0,12

Makrozoobentos:

Argyllal i fital je dominantan supstrat za ovaj ekotip, tako da u makrozoobentosu dominiraju predstavnici skupina Diptera, a pogotovo su brojne ličinke **Chironomidae**. U velikom broju dolaze i ličinke **Ephemeroptera** zastupljene svojatama *Baetis rhodani*, *Caenis* sp., *Serratella* sp., *Torleya major*, *Ephemera danica*, *Leptophlebia* sp. Od posebnog su značaja karakteristične vrste školjkaša (**Bivalvia**): *Anodonta cygnea*, *Microcondylaea compressa*,

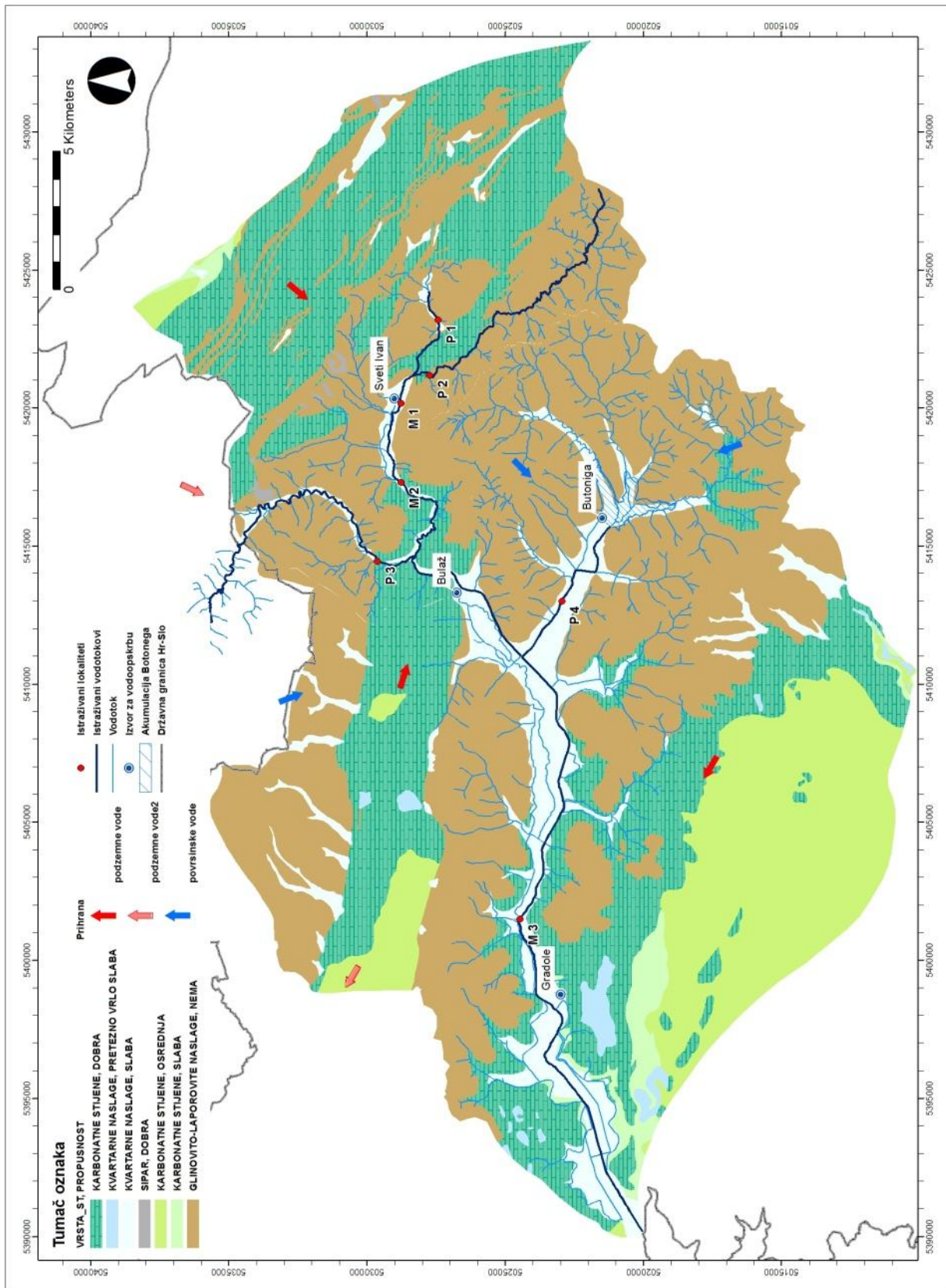
Unio elongatulus mancus. Brojnije su još ličinke **Trichoptera**, zastupljene svojstama Glossosomatidae Gen. sp., *Hydropsyche* sp., *Hydroptila* sp., *Leptoceridae* Gen. sp. U manjem broju dolaze predstavnici skupina **Crustacea**: *Echinogammarus* sp.; **Gastropoda**: *Bithynia tentaculata*, *Theodoxus fluviatilis fluviatilis*, *Galba truncatula*, *Radix auricularia*, *Ancylus fluviatilis*; **Plecoptera**: *Leuctra fusca*, *Isoperla* sp.

Makrofitska zajednica:

Za tekućice ekotipa 18 karakteristična je *Sparganium emersum* zajednica. To je jedna od najbogatijih zajednica brojem vrsta i morfološkim tipovima. Redovno se prepoznaje po vrstama *Nuphar lutea*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Sparganium emersum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Nymphaea alba*. Općenito, u izvornom, neporemećenom obliku ova zajednica je vrlo bogata, no i u slučaju da ju čini manji broj vrsta, također može odgovarati referentnom stanju ukoliko se među vrstama nalaze i tzv. pokazatelji dobrog stanja. To su vrste koje svoj ekološki optimum imaju u oligotrofnim i slabo eutrofnim vodama. Ti pokazatelji su: *Callitriche hamulata*, Characeae (*Chara* spp., *Nitella* spp., *Nitellopsis obtusa* i *Tolypela* sp.), *Lemna trisulca*, *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *P. gramineus*, *Riccia fluitans*, *Utricularia* spp., *Hippuris vulgaris* i *Juncus bulbosus*.

Zajednica riba:

U nizinskim srednje velikim tekućicama Istre karakteristične su četiri vrsta riba. Tekućice imaju ciprinidni karakter, a autohtone vrste su: *Alburnus arborella*, *Anguilla anguilla*, *Phoxinus lumaireul* i *Squalius squalus*.



Slika 1.1.2.4.1. Povezanost površinskih i podzemnih voda u slivu rijeke Mirne (prikaz vrsta podloge i njihove propusnosti za vodu)

1.1.3. Katastar postojećih i potencijalnih zagađivača vodotoka u slivu

Za čitavo područje hidrogeološkog sliva rijeke Mirne, odnosno podzemnih vodnih cjelina u slivu Mirne na osnovu baze podataka Hrvatskih voda identificirani su značajniji pritisci, neovisno o tome utječu li na površinske ili podzemne vode, zbog toga što je veći dio sliva krške građe i teško je odvojiti površinske od podzemnih voda.

Osim podataka iz baze podataka Hrvatskih voda, VGO-a Rijeka koji posjeduju vodopravnu dozvolu, uključeni su i podaci o objektima za koje se procijenilo da imaju značajan utjecaj na površinske i podzemne vode. To se uglavnom odnosi na deponije, kamenolome- aktivne i neaktivne i pojedine gospodarske objekte koji nemaju vodopravnu dozvolu. Za ove objekte većinu podataka dostavila je Istarska županija.

Zagađivači koji su uzeti u obzir su najznačajniji komunalni i gospodarski objekti na području sliva. Kriterij odnosno prag koji određuje značajnost zagađivača je minimalna količina ispuštene vode $>5.000 \text{ m}^3$ godišnje.

1.1.3.1. Zagađenja iz točkastih izvora

Glavni točkasti izvori zagađenja uglavnom su otpadne vode iz sustava javne odvodnje i industrijska aktivnost.

a) Otpadne vode naselja

Po pitanju spojenosti naselja u slivu Mirne na sustave javne odvodnje situacija je nezadovoljavajuća. Od ukupnog broja stanovnika tek je 15% ili 3.100 stalnih stanovnika priključeno na jedan od 4 postojeća sustava javne odvodnje (sustavi Buzet, Nova Vas, Višnjan, Grožnjan i Motovun). Svi ovi sustavi imaju uređaje za pročišćavanje otpadnih voda drugoga stupnja. Nažalost, mulj kao nusprodukt pročišćavanja otpadnih voda (osim za SJO Buzet) nije riješen na zadovoljavajući način, tj. premali je udio suhe tvari u mulju koji se odlaže na deponije (0,1-5%). 2011. godine završena je dogradnja uređaja SJO Buzet izgradnjom sustava za obradu izdvojenog mulja. U sklopu dogradnje izgrađena je zgrada s postrojenjem za dehidraciju mulja, nadograđen je postojeći ugušćivač mulja, te je izvršena zamjena dijela dotrajale opreme u sustavu za izdvajanje i obradu mulja. Također su ugrađeni sustavi za obradu onečišćenog zraka iz prostora zgrade za dehidraciju mulja i dograđenog ugušćivača.

Na području sliva rijeke Mirne se nalazi samo jedna aglomeracija veća od 2.000 ES. Sustav javne odvodnje Buzet pokriva naselja Buzet, Sv. Ivan, Sv. Martin i Štrped s 2.894 stalnih stanovnika (prema popisu iz 2001.) od čega je na sustav javne odvodnje priključeno 2.614, tj. 85% stalnih stanovnika. Uređaj Buzet je klasični biološki uređaj s aktivnim muljem. Rezultati smanjenja opterećenja u pročišćenim izlaznim vodama zadovoljavaju zakonske kriterije za uređaj 2. stupnja, a pročišćene otpadne vode se ispuštaju u vodotok Mala Huba (pritok rijeke Mirne). Opterećenje ulaznih voda na uređaju Buzet je oko 3.200 ES, a na izlazu je 74 ES (podaci za 2007. god.). Najveći industrijski objekt spojen na sustav Buzet je Buzetska pivovara koja tretira svoje tehnološke otpadne vode prije ispuštanja u sustav javne odvodnje. Predtretman pivovare se sastoji od mehaničko-biološkog pročišćavanja i nitrifikacijskog/denitrifikacijskog bazena. Ostali gospodarski objekti (radione, kuhinje itd.) na

sustavu, prije ispuštanja svojih otpadnih voda u sustav javne odvodnje imaju ugrađene montažne separatore i mastolove.

Osim područja grada Buzeta na predmetnom slivu se prikupljaju otpadne vode u naseljima Grožnjan, Višnjan i Nova Vas. Procjenjuje se da je na sustav Višnjan priključeno 375 stalnih stanovnika (125 priključena domaćinstva), a otpadne vode se ispuštaju u podzemlje nakon obrade na biouređaju (BIODISK 220ES).

Sustav javne odvodnje Grožnjan je sagrađen 2004. godine, a otpadne vode se pročišćavaju na biouređaju (BIODISK 500ES). Za sustav Grožnjan nema podataka o broju priključenih stanovnika, ispuštenim količinama otpadne vode i kvaliteti pročišćenih otpadnih voda.

Sustav javne odvodnje Nova Vas je sagrađen 2007. godine i prema podacima za 2007. godinu na sustav je priključeno oko 120 stanovnika, tj. 25% stalnog stanovništva. Sastavni dio sustava javne odvodnje Nova Vas je uređaj drugog stupnja pročišćavanja (BIOTIP 400ES) s ispuštom u podzemlje. Osim navedenih, tokom 2008. završena je izgradnja uređaja i kolektora sustava javne odvodnje Oprtalj (MBR 200ES) koji je trebao ući u funkciju tijekom 2009. godine.

Hrvatske vode nemaju podatke o kvaliteti ispuštene otpadne vode iz sustava Nova Vas i Grožnjan. Navedeni sustavi odvodnje nemaju Vodopravnu dozvolu na osnovu koje se planira praćenje kvalitete otpadnih voda. Višnjan je Vodopravnu dozvolu ishodio u 2008. godini, a za sustave javne odvodnje Nova Vas i Oprtalj nije izdana.

Otpadne vode Motovuna zbrinjavaju se djelomično izvedenom kanalizacijom u starom dijelu grada s bočnim ispuštima po terenu. Izvedena kanalizacija je djelomično razdjelna i djelomično mješovita, a priključenost je 5%. Ostali dio naselja nema javnu kanalizaciju već problem otpadnih voda rješava septičkim jamama ili direktnim ispuštanjem u podzemlje. Za rješenje odvodnje otpadnih voda općine Motovun planiran je razdjelni tip odvodnje za cijelo naselje te uređaj drugog stupnja pročišćavanja. Vodopravnim uvjetima iz 2010. uvjetovano je kontrolirano ispuštanje u bujični vodotok, izvan zona sanitarne zaštite. I faza izgradnje sustava obuhvaća izgradnju kanalskog sustava i uređaja prema idejnim projektima iz 2009. odnosno 2010. godine te je predmetom aplikacije Općine Motovun za korištenje sredstava iz IPARD programa.

Stanovnici koji nemaju priključak na sustav javne odvodnje, otpadne vode ispuštaju putem septičkih i upojnih jama, tj. sustava individualne odvodnje u podzemlje.

Prema studiji "Organizacija, izgradnja i održavanje sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda za mala naselja u obuhvatu vodozaštitnih područja u Istarskoj županiji", planirano je sustavom odvodnje i pročišćavanja voda obuhvatiti 173 naselja u kojima živi oko 37.723 stanovnika, te izgraditi 176 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda raznih kapaciteta. (www.istra-istria.hr)

U kartografskom prikazu ucrtani su postojeći sustavi javne odvodnje te naselja izvan sustava javne odvodnje, a koja prelaze 5.000 m³ ispuštenih otpadnih voda godišnje u okoliš (Slika 1.1.3.1.a).

b) Otpadne vode gospodarstva

Gospodarska aktivnost je uglavnom koncentrirana na području grada Buzeta, gdje su prisutne: pivovara, tvornica metalnih auto-dijelova i još nekoliko manjih gospodarskih objekta. Od značajnije industrije (gospodarski objekti koji ispuštaju $>5.000 \text{ m}^3$) na području sliva Mirne koji ispuštaju svoje otpadne vode van sustava javne odvodnje u prirodni prijemnik mogu se navesti: Tvornica automobilskih dijelova Cimos u Buzetu i lijevaonica lakih metala u Roču, Toplice u Livadama te farma junica Murari (pred zatvaranjem).

Pored navedenih objekta bitno je navesti pet farmi purana ukupnog kapaciteta uzgoja od 172.000 jedinica/godišnje, 3 kamenoloma i komunalni deponij Griža. Stari Deponij Griža je saniran, a do njega su sagrađena nova polja za odlaganje kapaciteta koji zadovoljava potrebe ovoga kraja do 2015. god. Nakon zatvaranja Griže nerazvrstani komunalni otpad će se odvoziti na daljnju obradu i deponiranje na županijski deponij Kaštijun kod Pule. Od 5 farmi purica samo farma Muntrilj ima gornji kapacitet uzgoja peradi od 40.000 jedinica po turnusu (IPPC Direktiva 2008/1/EC), tj. 85.000 jedinica godišnje. Sve navedene farme purana zajedno ispuštaju oko 2.000 m^3 otpadnih voda godišnje, a kamenolomi zanemarive količine otpadnih voda (najviše par stotina m^3).

U grafičkom prikazu, naznačeni su značajniji zagađivači (gospodarski objekti koji ispuštaju $>5.000 \text{ m}^3$), uz manje gospodarske objekte, točkaste izvore zagađenja na području sliva rijeke Mirne (Slika 1.1.3.1.b).

c) Spremnici opasnih tvari

Prema podacima Istarske županije, na području sliva Mirne nalazi se 8 spremnika opasnih tvari. Od opasnih tvari radi se uglavnom o ekstra lakom lož ulju (LUEL), tj. dizelu i benzinu na benzinskim postajama i ukapljenom naftnom plinu (UNP) koji zbog svojih svojstava ne predstavlja direktnu opasnost po podzemne i površinske vode. Spremnici se uglavnom nalaze na području grada Buzeta (benzinske postaje, pivovara, pekara te osnovna škola), uz još dva objekta – lječilište Istarske toplice i benzinska postaja u Motovunu. Raspored spremnika opasnih tvari prikazuje Slika 1.1.3.1.c.

1.1.3.2. Zagađenja iz difuznih izvora

Poljoprivreda i otpadne vode van sustava javne odvodnje najznačajniji su difuzni izvori zagađenja.

a) Erozijski procesi

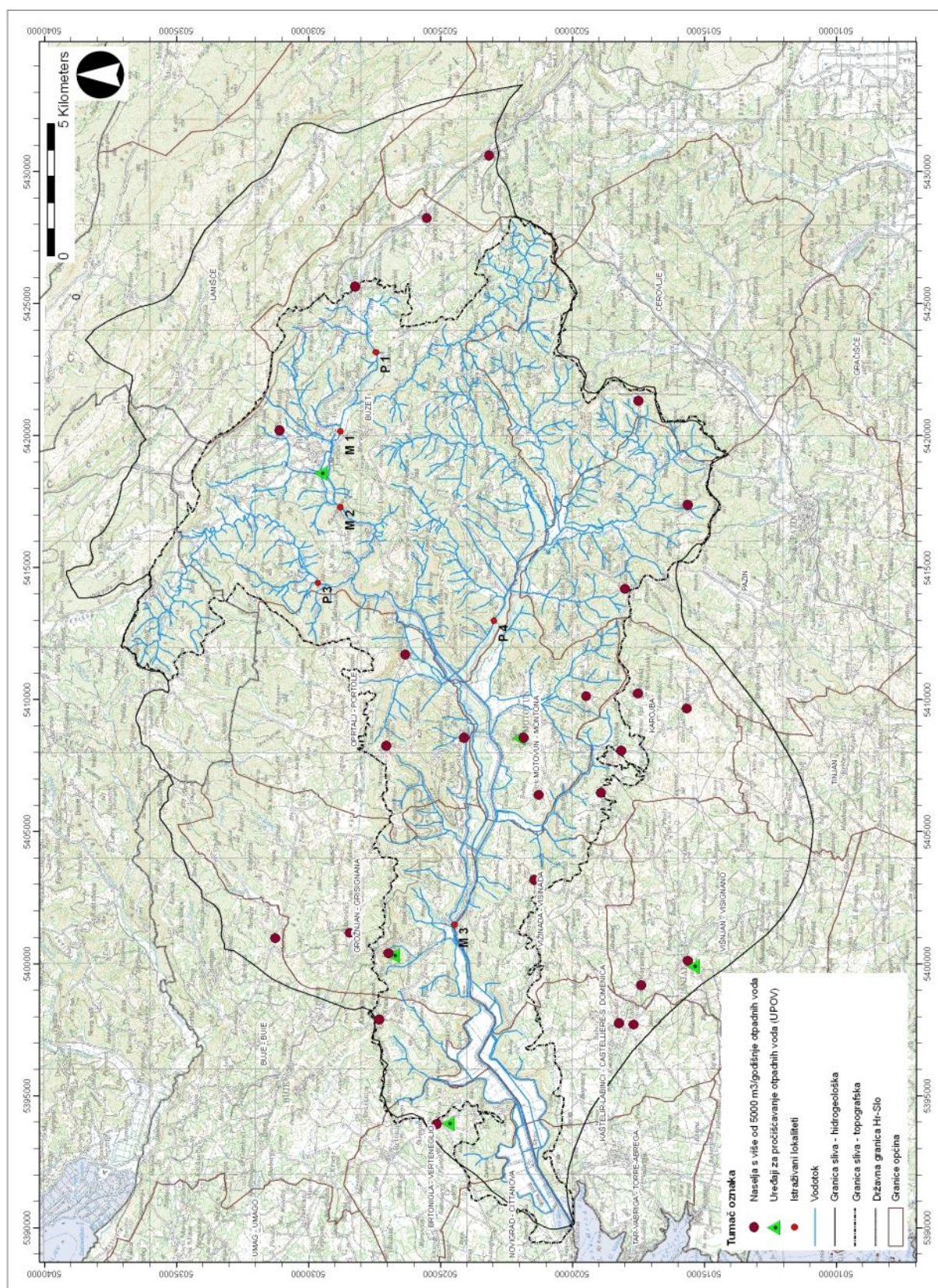
Kod svih izvora u slivu, u kišnim razdobljima dolazi do povećane mutnoće i sadržaja suspendiranih tvari u vodi. Kod jačih kiša, zbog velikog prodora površinskog mulja iz nanosa koji se producira erozijom, povećava se mutnoća i naglo raste koncentracija željeza i mangana u vodi na izvorima i površinskim vodotocima. U akumulaciji Butoniga koncentracije željeza i mangana u vodi značajno porastu oslobađanjem iz erodiranog sedimenta u ljetnim mjesecima uslijed pojačanih redukcijskih procesa u pridnenom sloju akumulacije, a koje uzrokuje manjak ili čak odsustvo kisika za vrijeme izrazite vertikalne termičke stratifikacije vodenog stupca (PUSR Mirne, 2009).

b) Oborinske vode s cesta i nepropusnih površina

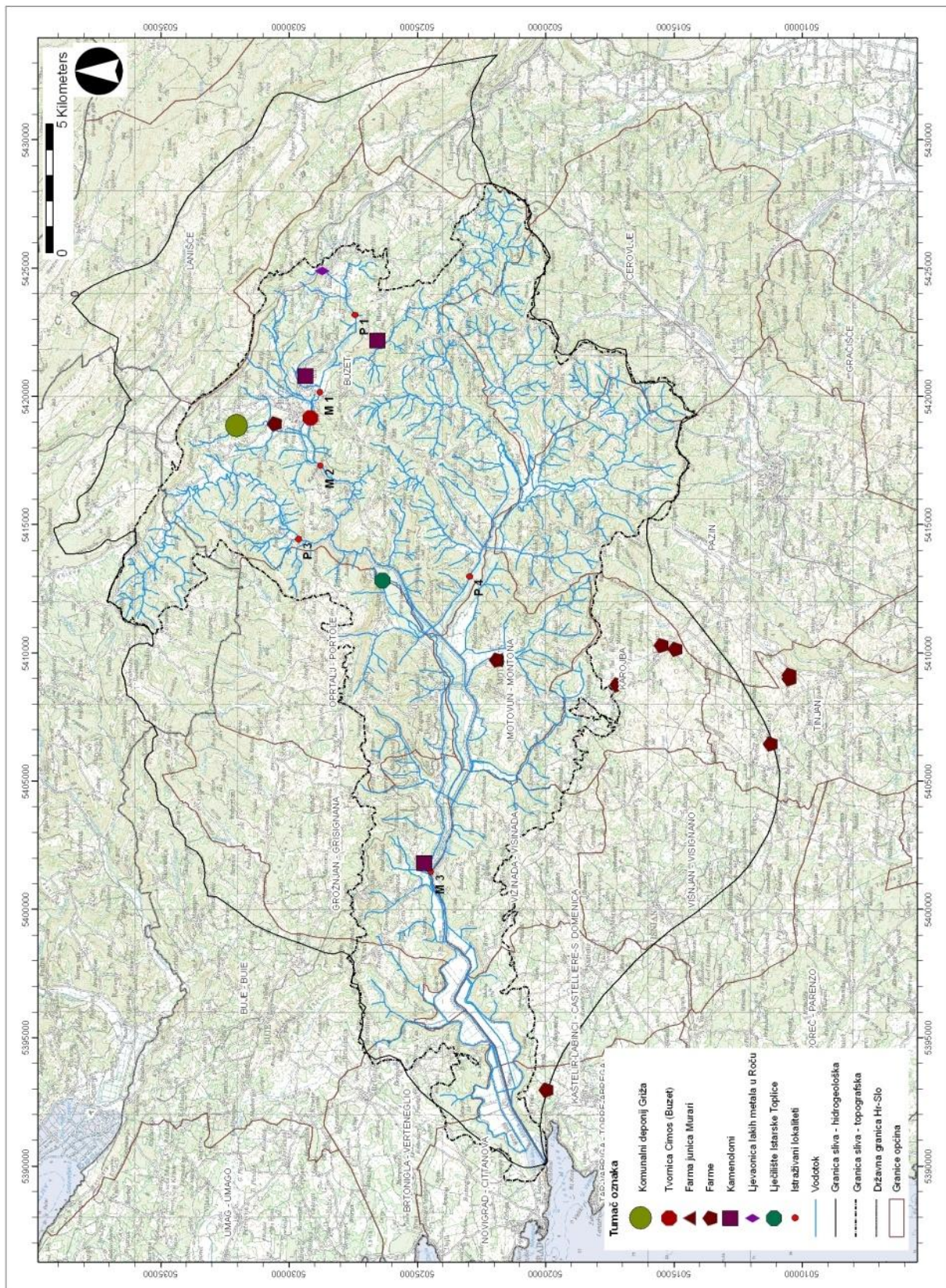
Kroz sliv Mirne prolazi 90 km državnih cesta, 110 km županijskih i oko 500 km lokalnih i nerazvrstanih cesta, sve zajedno oko 700 km uglavnom asfaltiranih cesta. Postojeće ceste nemaju sustav oborinske odvodnje i oborine se slijevaju direktno u tlo.

c) Poljoprivreda (gnojiva i zaštitna sredstva)

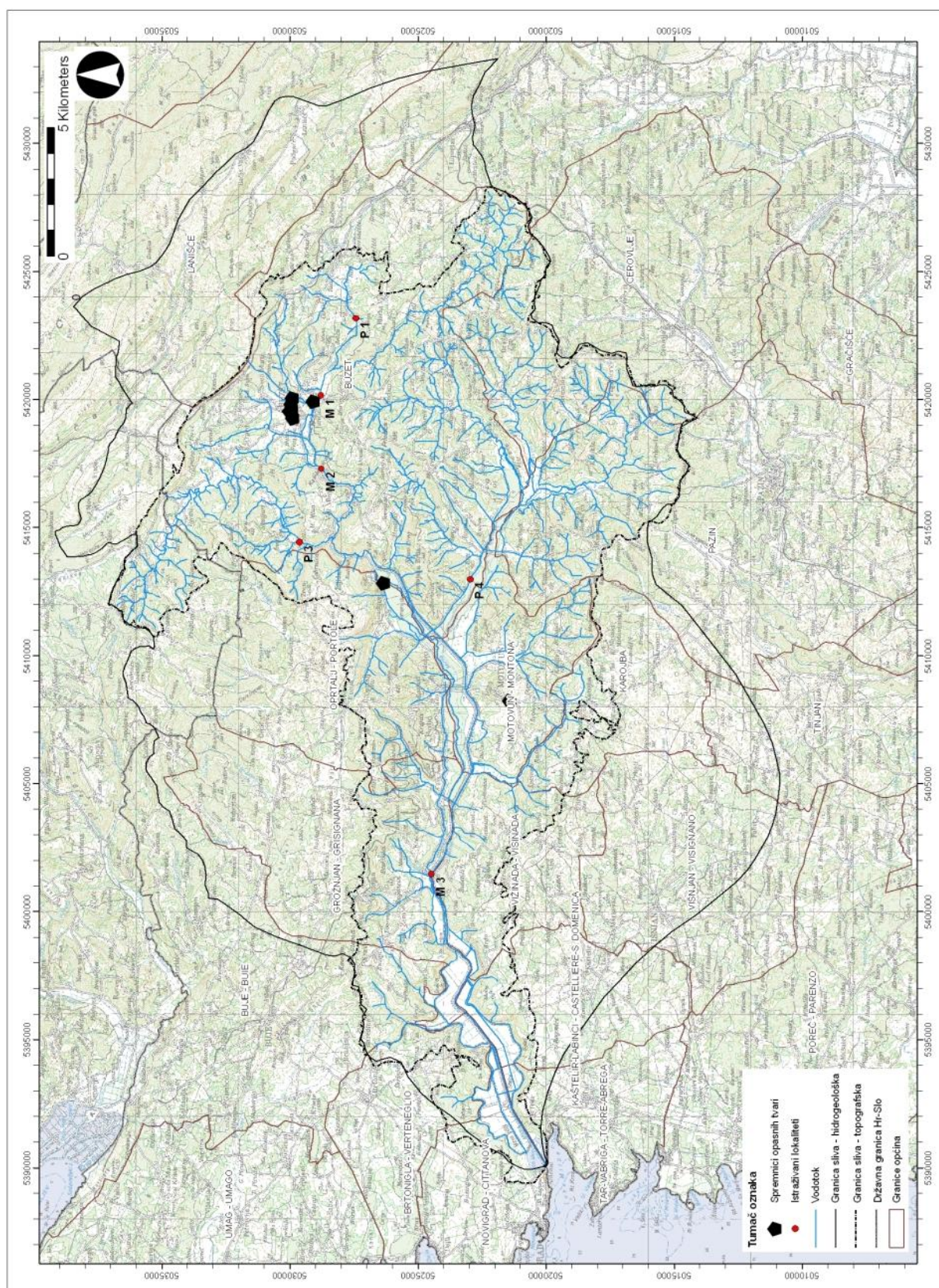
Nedvojbeno je da intenzivna poljoprivreda ima utjecaj na površinske i podzemne vode zbog uporabe zaštitnih sredstava i sredstava za gnojenje zemlje. Količina prirodnih i umjetnih gnojiva procjenjuje se na oko 6.000 tona i 14 tona zaštitnih sredstava (proizvedenih u agroljekarnama).



Slika 1.1.3.1.a. Otpadne vode naselja u slivu rijeke Mirne



Slika 1.1.3.1.b. Otpadne vode gospodarstva u slivu rijeke Mirne



Slika 1.1.3.1.c. Raspored spremnika opasnih tvari u slivu rijeke Mirne

1.1.4. Način, količina i vremenska dinamika korištenja voda u slivu

1.1.4.1. Vodoopskrba

Postojeće stanje

U sustavu javne vodoopskrbe na prostoru sliva Mirne uključena su tri značajnija izvora: Sv. Ivan, Bulaž i Gradole te akumulacija Botonega. Tijekom jesenskog i zimskog razdoblja su najveće izdašnosti spomenutih izvora. U tom razdoblju, odnosno razdoblju kada ima preljeva preljevne vode izvora neposredno odlaze u rijeku Mirnu. Nakon razdoblja najveće izdašnosti slijedi pražnjenje podzemnih rezervi, a najviše se crpi tijekom srpnja i kolovoza kada su vodne zalihe najmanje.

a) Izvor Sv. Ivan



Slika 1.1.4.1.1. Pogled na izvor Sv. Ivan s okolnih brežuljaka

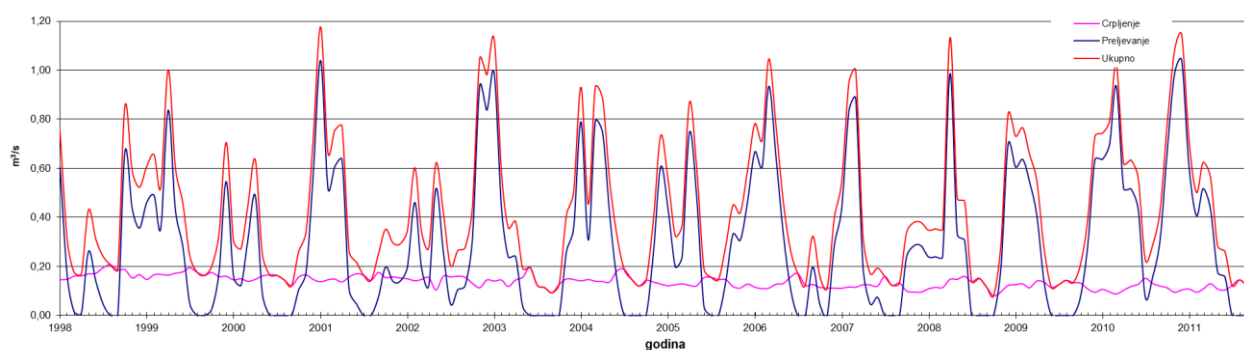
Izvor Sv. Ivan nalazi se u dnu doline rijeke Mirne, oko 1 km jugoistočno od Buzeta. U neposrednoj blizini glavnog izvora nalazi se još desetak jezeraca iz kojih povremeno ili stalno istječe voda, a svi zajedno čine izvorišnu zonu. Kod većih voda prorade svi okolni izvori kao preljevne vode glavnog izvora. Važnu ulogu u regulaciji maksimalnih izdašnosti na izvoru Sv. Ivan ima povremeni izvor Tombazin, koji u stvari predstavlja preljevanje podzemnih voda iz krškog vodonosnika pri ekstremnim vodostajima.

Izvor Sv. Ivan je prvi značajniji krški izvor koji je kaptiran i uključen u vodoopskrbni sustav Istre od 1933. godine. Zahvatna građevina iznad izvora je kružnog oblika s polumjerom od 22 m i otvorenog dna. Prag preljeva je na koti od 46,92 m n.m., a preljevne vode se evakuiraju odvodnim kanalom u rijeku Mirnu. Iz zahvatne građevine voda se odvodi na oko 4 m ispod razine terena do zgrade za preradu vode u kojoj su ugrađene crpke s usisnom košarom na 4 m dubine, što omogućava sniženja u sušnim razdobljima.

Prema minimalnim mjesečnim vrijednostima niza od 1986. do 2011. godine izdašnost izvora u sušnom razdoblju (VI-IX mjesec) spusti se na 92 do 122 l/s dok maksimalna izdašnost povremeno premašuje 2.000 l/s. Izvor karakterizira relativno velika minimalna izdašnost i

relativna ujednačenost maksimalne izdašnosti u odnosu na uobičajene hidrološke uvjete na krškim izvorima. Realni odnos minimalne i maksimalne izdašnosti izvora teško je odrediti jer se u ranijem razdoblju nisu provodila sustavna mjerenja, a u novijem razdoblju se ostvaruje crpljenje ispod kote preljeva, pa taj odnos ovisi više o količini crpljenja u sušnom razdoblju nego o maksimalnim izdašnostima.

Podaci o prelijevanju i crpljenju pa samim time i ukupnoj izdašnosti izvora Sv. Ivan tijekom novijega razdoblja (1998.-2011.) prikazani su na Slici 1.1.4.1.2. Tijekom tog razdoblja srednja godišnja izdašnost je iznosila 812 l/s, a srednja godišnja količina crpljenja 167 l/s (5,27 milijuna m³ godišnje). Crpi se svega 20,2% raspoloživih količina vode.



Slika 1.1.4.1.2. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m³/s) izvora Sv. Ivan za niz 1998.-2011. g.

Za analizu postojećih minimalnih preljevskih količina koje preko preljeva otječu u rijeku Mirnu analizirani su podaci minimalne mjesečne izdašnosti izvora odnosno prelijevanje i crpljenje. Za analizu je odabran niz podataka od 1998. do 2011. godine. Godine: 2000., 2003. i 2009. prelijevanja nije bilo od lipnja do rujna. 2002. i 2010. godine postoji prelijevanje u svim ljetnim mjesecima. dok u ostalim godinama prelijevanja nema u srpnju i kolovozu i eventualno u rujnu (Tablica 1.1.4.1.1).

Tablica 1.1.4.1.1. Minimalne mjesečne vrijednosti prelijevanja i crpljenja (m³/s) izvora Sv. Ivan za ljetne mjesec niza 1998.-2011. g.

	VI	VII	VIII	IX		VI	VII	VIII	IX
1998	0,139	0,047	0	0	1998	0,172	0,194	0,207	0,185
1999	0,284	0,047	0	0	1999	0,177	0,195	0,175	0,163
2000	0	0	0	0	2000	0,165	0,163	0,145	0,121
2001	0,047	0	0	0,074	2001	0,170	0,164	0,143	0,175
2002	0,261	0,047	0,105	0,122	2002	0,160	0,157	0,160	0,155
2003	0	0	0	0	2003	0,196	0,123	0,113	0,092
2004	0,139	0	0	0	2004	0,182	0,187	0,148	0,120
2005	0,036	0	0	0,139	2005	0,154	0,155	0,146	0,146
2006	0,105	0	0	0,197	2006	0,157	0,171	0,123	0,126
2007	0,074	0	0	0	2007	0,119	0,159	0,122	0,132
2008	0,307	0	0	0	2008	0,160	0,138	0,152	0,117
2009	0	0	0	0	2009	0,114	0,125	0,143	0,134
2010	0,434	0,074	0,157	0,307	2010	0,127	0,151	0,130	0,120
2011	0,157	0	0	0	2011	0,104	0,122	0,145	0,121

Zaključeno je da je dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima crpljena sva raspoloživa voda na izvorištu odnosno nije bilo prelijevanja i prihranjivanja rijeke Mirne (osim u iznimno kišnim godinama).

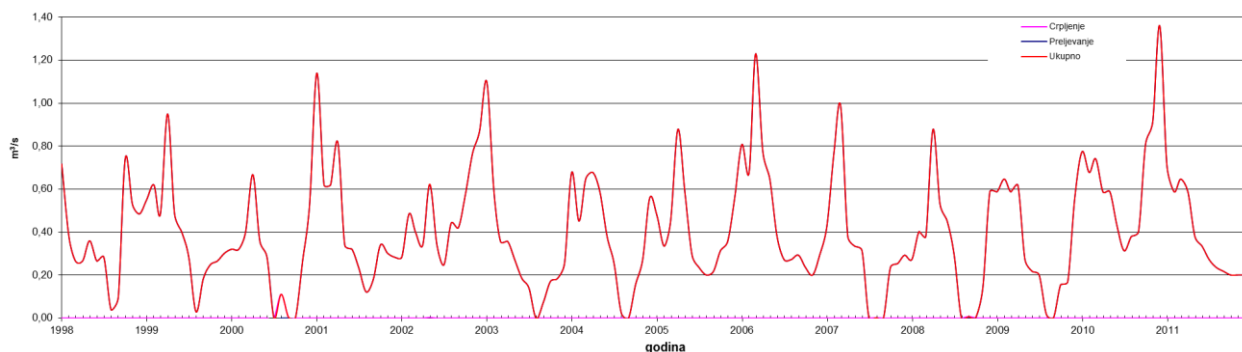
b) Izvor Bulaž

Slika 1.1.4.1.3. Izvor Bulaž

Izvor Bulaž se nalazi na početku prostrane doline srednjeg toka Mirne u neposrednoj blizini termalnog izvorišta Istarske toplice. Tipično je krško vrelo uzlaznog tipa, a pojavljuje se na kontaktu krednih vapnenaca i aluvijalnih naplavina rijeke Mirne. Na površini ima oblik jezera promjera oko 50 m. Kota preljeva mu je na oko 17 m n.m.

Izvor Bulaž je najkasnije uključen u vodoopskrbni sustav na području sliva Mirne. To je izvor podzemnih voda koji se koristi kao rezervno crpilište Istarskog vodovoda, a aktivira se isključivo tijekom ljetnih izrazitih sušnih razdoblja na način da se ili neposredno upušta u vodoopskrbni sustav, ili ga se pak precrpkuje u kaptazu izvora Gradole. Kapacitet spojnog cjevovoda prema izvoru Gradole je 130 l/s.

Prema minimalnim mjesečnim vrijednostima niza od 1989. do 2011. godine izdašnost izvora u sušnom razdoblju (VI-IX mjesec) opadne na 0,00 l/s dok maksimalna izdašnost povremeno premašuje 20.000 l/s (maksimalna zabilježena mjesečna izdašnost iznosi 33.100 l/s i zabilježena je u rujnu 2010. godine). Podaci o prelijevanju i crpljenju pa samim time i ukupnoj izdašnosti izvora Bulaž tijekom novijega razdoblja (1998.-2011.) prikazani su na Slici 1.1.4.1.4. Tijekom tog razdoblja srednja godišnja izdašnost je iznosila 1.222 l/s, a srednja godišnja količina crpljenja 7,2 l/s (227.000 m³ godišnje). Crpi se niti 1% raspoloživih količina vode.



Slika 1.1.4.1.4. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1998.-2011. g.

Za analizu postojećih minimalnih preljevnih količina koje preko preljeva otječu u rijeku Mirnu analizirani su podaci minimalne mjesečne izdašnosti izvora odnosno prelijevanje i crpljenje. Za analizu je odabran niz podataka od 1998. do 2011. godine. Kao što je već rečeno izvor Bulaž je izvor koji se koristi kao rezervno crpilište, a aktivira se isključivo tijekom ljetnih izrazitih sušnih razdoblja. Iz Tablice 1.1.4.1.2 vidljivo je da nema prelijevanja kada se izvor koristi za vodoopskrbu, a događa se i to da izvor presušuje odnosno nema ni prelijevanja ni crpljenja.

Tablica 1.1.4.1.2. Minimalne mjesečne vrijednosti prelijevanja i crpljenja (m^3/s) izvora Bulaž za ljetne mjesece niza 1998.-2011. g.

	VI	VII	VIII	IX			VI	VII	VIII	IX
1998	0,266	0,284	0,039	0,095			0	0	0	0
1999	0,400	0,284	0,030	0,182			0	0	0	0
2000	0,284	0,000	0,000	0,000			0	0	0,111	0,005
2001	0,321	0,231	0,122	0,182			0	0	0	0
2002	0,340	0,248	0,442	0,421			0	0	0	0
2003	0,185	0,141	0,000	0,073			0	0	0	0
2004	0,380	0,254	0,024	0,000			0	0	0	0
2005	0,293	0,236	0,201	0,218			0	0	0	0
2006	0,380	0,273	0,273	0,293			0	0	0	0
2007	0,314	0,000	0,000	0,000			0	0	0,002	0
2008	0,452	0,293	0,000	0,000			0	0	0	0,008
2009	0,218	0,201	0,018	0,003			0	0	0	0
2010	0,427	0,314	0,380	0,403			0	0	0	0
2011	0,335	0,273	0,236	0,218			0	0	0	0

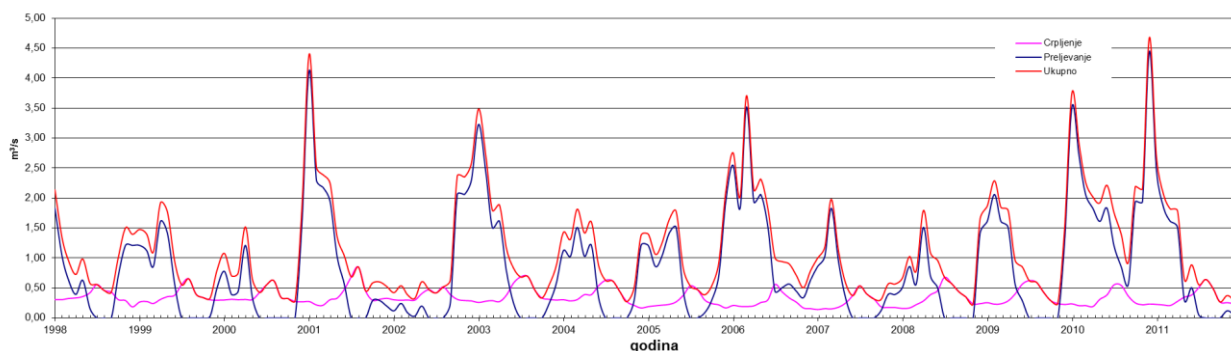
Zaključeno je da je dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima (iako rijetkim) crpljena sva raspoloživa voda na izvoru odnosno nije bilo prelijevanja i prihranjivanja rijeke Mirne. Također je vidljivo da i u prirodnim uvjetima (bez crpljenja) ponekad nema prelijevanja.

c) Izvor Gradole.**Slika 1.1.4.1.5. Izvor Gradole**

Izvor Gradole nalazi se na lijevoj obali rijeke Mirne, oko 9,5 km udaljen od njezinog ušća. Izvor leži na samom rubu doline ispod okomitih stijena. Voda izbija iz krške pukotine uz rub kvartarnih naslaga. Preljevne vode odvođe se kanalima prema rijeci Mirni. Uz izvor Gradole u neposrednoj blizini nalaze se još dva povremena izvora: izvor Male Gradole i izvor Očjak.

Izvor je kaptiran za regionalni vodovod Istre od 1969. godine i ključno je vodocrpilište za vodoopskrbu Istarskog područja. Tijekom ljetnih razdoblja prije puštanja u pogon vodozahvata na akumulaciji Botonega, iz njega se podmirivalo oko 50% ukupnih potreba za vodom Istarske Županije. Crpljenjem se tijekom sušnih razdoblja koristi praktično cjelokupna preljevna protoka te dijelom i podzemne vodne rezerve. Crpna postrojenja i uređaj za pročišćavanje kapacitirani su na 1000 l/s. U cilju povećanja crpljenja za potrebe vodoopskrbe vršeno je do 2004. godine i umjetno povećanje izdašnosti izvora Gradole na dva načina: (a) izravnim prebacivanjem voda iz izvora Bulaž u crpilište Gradole i (b) ubacivanjem vode iz akumulacije Botonega u 14,5 km udaljeni ponor Čiže koji je neposredno povezan s izvorom Gradole.

Karakteristika izvora očituje se u oscilacijama izdašnosti izvora. Porast izdašnosti izvora ovisi o količini i intenzitetu oborina u nekom razdoblju. Međutim, iste količine oborina ne izazivaju jednake promjene na izvoru. Kako se radi o izvoru kod kojega se ne koriste preljevne vode, već se režimom crpljenja zapravo utječe na dinamiku pražnjenja njegovih podzemnih rezervi vode pa tako i njegovu trenutačnu izdašnost, minimalna protoka mu nije jednoznačno određiva. Prema minimalnim mjesečnim vrijednostima niza od 1987. do 2011. godine izdašnost izvora u sušnom razdoblju opadne na 316 do 416 l/s dok je maksimalna izdašnost u sušnom razdoblju od 4.776 do 9.667 l/s. Podaci o prelijevanju i crpljenju pa samim time i ukupnoj izdašnosti izvora Gradole tijekom novijega razdoblja (1998.-2011.) prikazani su na Slici 1.1.4.1.6. Tijekom tog razdoblja srednja godišnja izdašnost je iznosila 2.078 l/s, a srednja godišnja količina crpljenja 418 l/s (13,18 milijuna m³ godišnje). Crpi se svega 20,1% raspoloživih količina vode.



Slika 1.1.4.1.6. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m^3/s) izvora Gradole za niz 1998.-2011. g.

Za analizu postojećih minimalnih preljevnih količina koje preko preljeva otječu u rijeku Mirnu analizirani su podaci minimalne mjesečne izdašnosti izvora odnosno prelijevanje i crpljenje. Za analizu je odabran niz podataka od 1998. do 2011. godine. Godine 2000. i 2007. prelijevanja nije bilo od lipnja do rujna. 2006. i 2010. godine postoji prelijevanje u svim ljetnim mjesecima, dok u ostalim godinama prelijevanja nema u srpnju i kolovozu i eventualno u rujnu (Tablica 1.1.4.1.3).

Tablica 1.1.4.1.3. Minimalne mjesečne vrijednosti prelijevanja i crpljenja (m^3/s) izvora Gradole za ljetne mjesece niza 1998.-2011. g.

	VI	VII	VIII	IX			VI	VII	VIII	IX	
1998	0,157	0	0	0			1998	0,420	0,558	0,459	0,430
1999	0,565	0	0	0			1999	0,379	0,554	0,652	0,397
2000	0	0	0	0			2000	0,426	0,552	0,623	0,345
2001	0,565	0	0	0			2001	0,474	0,686	0,849	0,452
2002	0	0	0	0,242			2002	0,472	0,416	0,517	0,391
2003	0,242	0	0	0			2003	0,585	0,684	0,691	0,461
2004	0,339	0	0	0			2004	0,537	0,627	0,616	0,437
2005	0,447	0	0	0,085			2005	0,377	0,534	0,473	0,301
2006	1,51	0,447	0,505	0,565			2006	0,304	0,559	0,435	0,333
2007	0	0	0	0			2007	0,373	0,535	0,399	0,316
2008	0,505	0	0	0			2008	0,456	0,678	0,570	0,435
2009	0,289	0	0	0			2009	0,563	0,622	0,596	0,427
2010	1,83	1,21	0,858	0,565			2010	0,384	0,551	0,545	0,364
2011	0,505	0,055	0	0			2011	0,382	0,502	0,642	0,493

Zaključeno je da je dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima crpljena sva raspoloživa voda na izvorištu odnosno nije bilo prelijevanja i prihranjivanja rijeke Mirne (osim u iznimno kišnim godinama).

d) Akumulacija Botonega



Slika 1.1.4.1.7. Brana akumulacije Botonega

Osim izvorišta podzemnih voda, u vodoopskrbi Istre koristi se i jedna površinska akumulacija u središnjoj Istri – Botonega, koja predstavlja umjetno jezero formirano 1987/88. godine s dvojnog namjenom zaštite od štetnog djelovanja voda i vodoopskrbe.

Opis brane i akumulacije Botonega:

Karakteristike akumulacije:

-volumen do kote preljeva	19.500.000 m ³
-najveća dubina (do kote preljeva)	15,00 m

Karakteristike brane:

-volumen tijela brane	510.000 m ³
-duljina brane	576,00 m
-širina u kruni	6,00 m
-prosječna širina u stopi	95,00 m
-kota krune	44,70 m n.m
-maksimalna visina	19,70 m
-građevinska visina	23,00 m

Temeljni ispust:

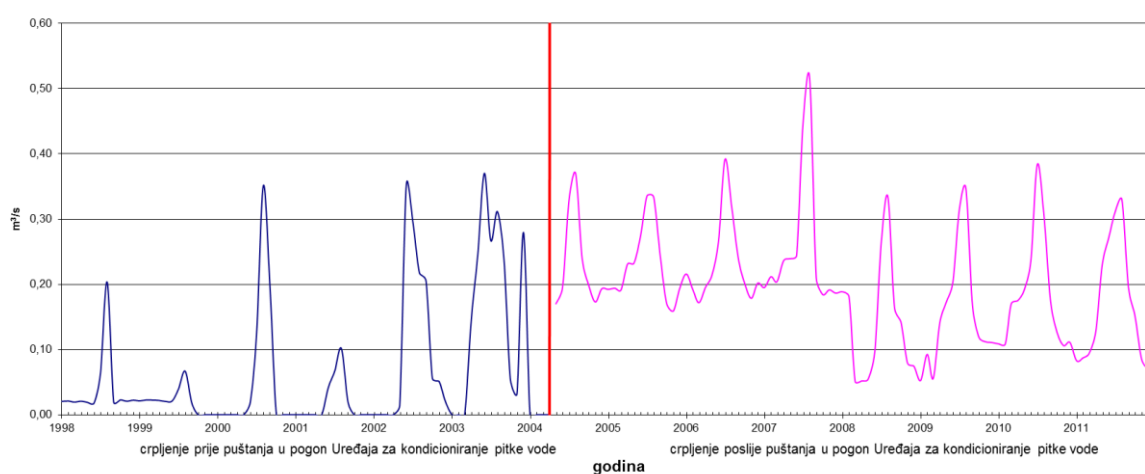
-kapacitet temeljnog ispusta kod normalnog nivoa (41,00 m n.m.)	$Q_i = 88,00 \text{ m}^3/\text{s}$
---	------------------------------------

Preljev:

-kota krune preljeva	41,00 m n.m.
-spljoštenjem vodnog vala kroz akumulaciju (kod maksimalnog uspora 42,70 m n.m.) preljev je dimenzioniran na protoku od	$Q_i = 83,50 \text{ m}^3/\text{s}$

Jezero je u proteklom razdoblju svoju važnost nedvojbeno dokazalo i u funkciji zaštite od štetnog djelovanja voda i u funkciji vodoopskrbe. U nekoliko navrata spriječene su velike poplave u dolini rijeke Mirne, od kojih najveće u rujnu 1993. i kolovozu 2002. godine. Svoj pravi značaj i važnost za vodoopskrbu akumulacija Botonega dokazala je nakon puštanja u rad postrojenja za kondicioniranje vode Botonega instaliranog kapaciteta 1.000 l/s u ljetnoj sezoni 2002. godine, a naročito 2003. godine. Od proljeća 2004. godine postrojenje je u neprekidnom radu tj. voda se direktno zahvaća iz akumulacije i pročišćava, a pročišćena voda se transportira u magistralni cjevovod kapaciteta za 2.000 l/s, (profil cjevovoda na glavnom pravcu je od 1.600 mm do 600 mm).

Na Slici 1.1.4.1.8 je prikazano mjesečno crpljenje iz akumulacije Botonega (1998.-2011.). Dijagram je podijeljen na dva dijela – crpljenje prije i poslije puštanja u pogon Uređaja za kondicioniranje pitke vode koji je započeo s radom 2004. godine.



Slika 1.1.4.1.8. Dijagram raspodjele mjesečnog crpljenja (m^3/s) na akumulaciji Botonega za niz 1998.-2010. g.

Zbog povećanja crpljenja iz akumulacije, smanjeno je crpljenje na izvorima podzemne vode. Iz akumulacije Botonega se u 2007. godini zahvatila količina od $8.041.592 m^3$. To je količina koja je jednaka godišnjoj količini vode predviđenoj za zahvaćanje iz akumulacije u 2051. godini (prema Vodoopskrbnom planu Istarske županije).

Pokušat će se odgovoriti na pitanje, zbog čega se već sada, iz akumulacije Botonega zahvaća količina vode od osam milijuna m^3 .

Zbog pojačanog zagađenja zdenaca u Puli neki su zdenci isključeni iz sustava vodoopskrbe. Iz ovih zdenaca je godišnje crpljeno ukupno do jedan milijun m^3 . Manjak potrebnih količina vode nadomješten je s vodom iz akumulacije Botonega (Tablica 1.1.4.1.4).

Tablica 1.1.4.1.4. Ukupno zahvaćena voda u akumulaciji Botonega i dio koji se transportira u Pulu od 2002. do 2007. g. (*Plan upravljanja slivom akumulacije Botonega, Hidroinženjering, 2009*)

Ukupno zahvaćena voda u Botonegi i dio koji se transportira u Pulu				m ³
God.	2002	2005	2006	2007
Botonega-ukupno	1.339.205	7.289.518	7.345.225	8.041.592
za Pulu	159.045	2.169.191	1.898.166	2.320.722

Kada se analizira 2007. godina vidi se da je s jedan milijun m³ pokriven nedostatak vode u pulskom vodovodu zbog isključivanja zdenaca iz sustava vodoopskrbe, a oko jedan milijun m³ se troši na račun smanjenja crpljenja iz zdenca Jadreški i izvorišta Rakonek, također u pulskom vodovodu.

Razlog zašto se troše veće količine od sadašnjih, dodatno potrebnih jedan do dva milijuna m³/god, leži u režimu korištenja uređaja za kondicioniranje Botonega i magistralnog cjevovoda do Pule. Naime, uređaj radi kontinuirano, a ne samo ljeti, u razdoblju povećane potrošnje, što zahtjeva određenu količinu vode. S druge strane, magistralni cjevovod je predimenzioniran i voda od uređaja za kondicioniranje do Pule, "putuje" nekoliko dana, pa se u njemu s malom količinom i malom brzinom tečenja vode, ne može postići kvaliteta na izlazu iz cjevovoda. Zbog te činjenice koriste se znatno veće količine vode iz akumulacije i upuštaju u cjevovod, a pri tome se onda i koriste za vodoopskrbu dijelom Pule i dijelom područja Rovinja.

Kao primjer navodi se način korištenja akumulacije u 2006/2007 godini.

Od kraja sezone (od 1.10.2006.) do početka ljetnog razdoblja (1.06.2007.) godine, iz akumulacije se crpilo ukupno 4,4 milijuna m³ vode, a istovremeno je s izvora uključenih u sustav vodoopskrbe (Sv. Ivan, Bulaž i Gradole) bilo oko 60 milijuna m³ preljevnice vode, koja je otekla u Mirnu odnosno more.

U tijeku ljetnog sušnog razdoblja razina u akumulaciji se do 31.08.2007. spustila na nisku razinu od 36,54 m n.m., što se reflektiralo i na kvalitetu vode u akumulaciji. Da voda iz akumulacije nije tijekom cijele godine korištena za rad uređaja, razina u akumulaciji bi i bez obzira na male dotoke, i pojačanu ljetnu potrošnju, bila na razini iznad 38,00 m n.m.

Iz dosadašnjeg načina korištenja može se zaključiti da se akumulacija Botonega uglavnom koristila kao zamjensko izvorište, a u vrlo malom obimu kao dodatno izvorište koje treba dugoročno zadovoljiti planirane potrebe za vodom.

Planirano stanje

Izrađeni su dugoročni planovi razvoja vodnog gospodarstva pa je između ostalih izrađen i *Vodoopskrbni Plan Istarske Županije (2007)* u kojem se regionalne analize mogućnosti podmirjenja potreba za vodom u planskom razdoblju do 2020. godine sastoje od dva koraka:

- u prvom koraku uspoređuju se izdašnosti postojećih kaptiranih izvorišta s prognoziranom potrošnjom vode u Istarskoj županiji s ciljem utvrđivanja deficita vode (potrebe koje se ne mogu podmiriti iz raspoloživih istarskih izvorišta podzemnih voda),
- u drugom koraku se vrše analize vodoopskrbnih mogućnosti akumulacije Botonega s ciljem provjere mogućnosti pokrivanja utvrđenog deficita, odnosno otkrivanja potrebe razvoja novih izvorišta i/ili akumulacija.

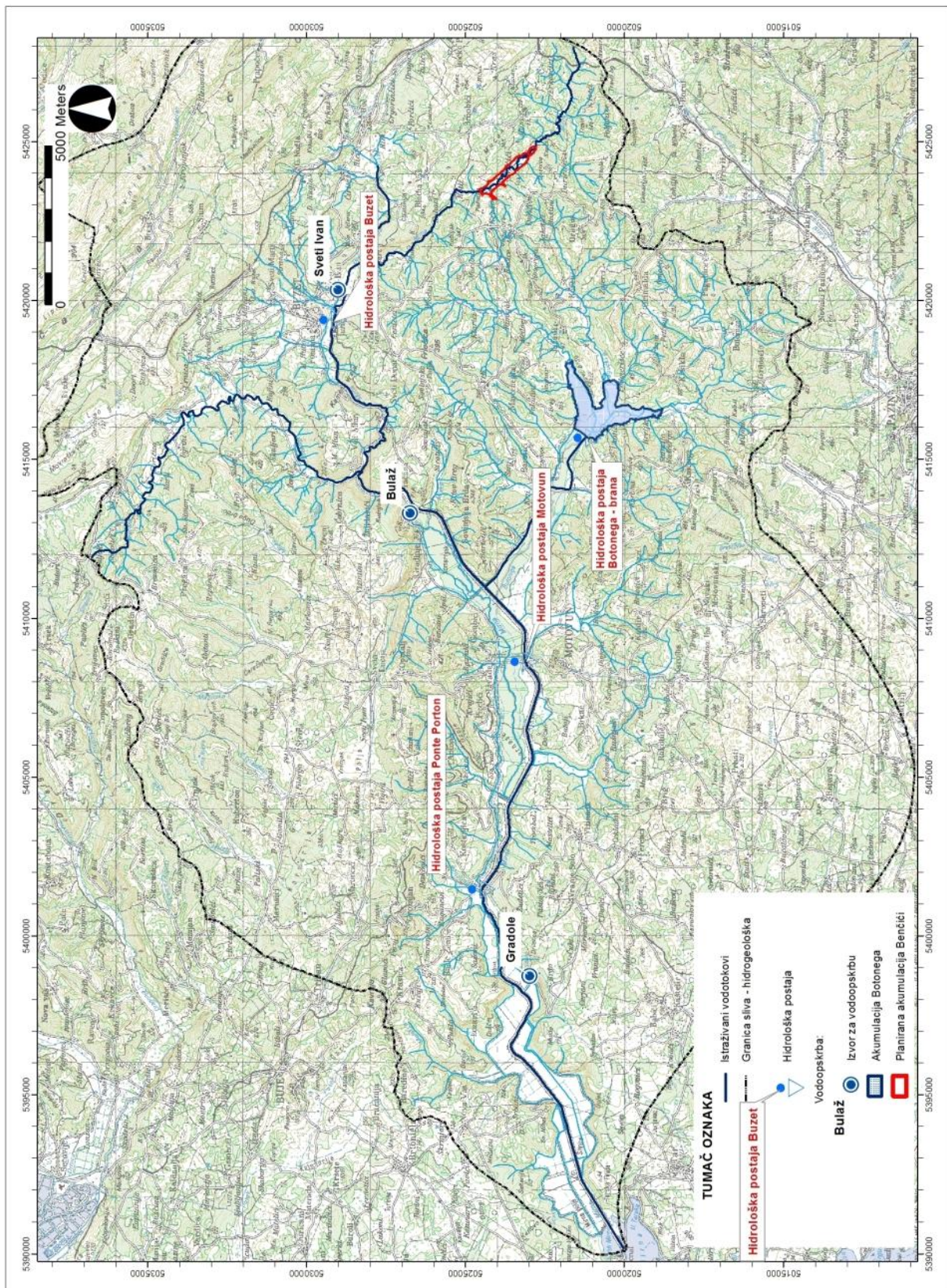
Akumulacija Botonega već danas predstavlja ključni objekt za vodoopskrbu Istre, budući da su potrebe za vodom u kritičnim ljetnim razdobljima već i sada veće od izdašnosti raspoloživih kaptiranih glavnih izvorišta. Kvantitativno, akumulacija Botonega ima dovoljan vodoopskrbni potencijal za pokrivanje svih potreba koje se očekuju u planskom razdoblju Vodoopskrbnog plana (2020. godina), što je potvrđeno analizama na mjesečnoj bazi koje su sprovedene u Vodoopskrbnom planu Istarske županije.

Iz analize postojećeg stanja izvorišta zaključeno je da se dosadašnjim režimom rada vodocrpilišta u ljetnim mjesecima crpi sva raspoloživa voda na izvorištu odnosno nema prelijevanja i prihranjivanja rijeke Mirne. Radi očuvanja biološke raznolikosti potrebno je voditi brigu o osiguranju dovoljne količine vode u rijeci Mirni u sušnom razdoblju. Također je potrebno predvidjeti dodatne mjere kojima će se smanjiti gubici vode u vodoopskrbi koji trenutno iznose visokih 30% (PUSR Mirne, 2009).

Iz analize postojećeg stanja vidljivo je daje za osiguranje potrebne količine vode za vodoopskrbu moguće smanjiti količinu crpljene vode na postojećim izvorištima a povećati iz akumulacije Botonega. Na taj način bi se osigurale veće preljevne količine izvorišta koje bi se u sušnom razdoblju prelijevale izravno u rijeku Mirnu.

Međutim, tu se postavlja pitanje osiguranja dovoljne količine kvalitetne vode u akumulaciji. To je u Vodoopskrbnom planu predviđeno kroz prihranjivanje akumulacije s dodatnim količinama preljevnih voda izvora Sv. Ivan i Bulaž, a i izrađen je projekt *Retencije i akumulacije u gornjem dijelu sliva Mirne* (Hidroinženjering, 2007) u kojem je dano idejno rješenje akumulacije Benčići iz koje bi se voda u srpnju, kolovozu i rujnu prepumpavala u akumulaciju Botonega. Na taj način bi se povišenjem razine vode u akumulaciji Botonega osigurala i bolja kvaliteta vode.

Trenutno je u fazi izrade projekt kojem bi se preljevne vode izvora Bulaž cjevovodom dovodile do uređaja za pročišćavanje na Botonegi i na taj način povećale količine vode za vodoopskrbu.



Slika 1.1.4.1.9. Postojeće i planirano stanje vodoopskrbe u slivu Mirne

1.1.4.2. Navodnjavanje

Postojeće stanje

Prvi sustavi navodnjavanja izgrađeni su između 1950. i 1955. godine no tek nakon provedenih regulacijskih radova 1970-tih godina poljoprivreda se značajno razvila. Paralelno s radovima na glavnom vodotoku, provedeni su i značajni radovi za melioracijsku odvodnju površina u dolini glavnog toka. Izgrađeno je i nekoliko pokusnih natapnih ploha s ciljem ispitivanja mogućnosti uzgoja pojedinih kultura i sorti, utroška količine vode, načina i opreme za navodnjavanje itd.

1998. godine izrađen je *Plan navodnjavanja na području istarskih slivova* (u daljnjem tekstu Bazni Plan Navodnjavanja Istarske Županije = BPNIŽ). Taj studijsko-planski dokument predviđa mrežu površinskih akumulacija u kontinentalnoj Istri te dugačke razvodne kanale i transportne cjevovode do većih kompleksa poljoprivrednog zemljišta koncentriranih u nekoliko okrupljenih cjelina, daje analizu mogućnosti osiguranja potrebnih količina vode za navodnjavanje ukupno predviđene površine, daje konceptijsko rješenje i dimenzioniranje potrebnih objekata od zahvata vode do natapnih površina te prikazuje i ukupne troškove. Za navodnjavanje predviđenih površina postavljen je kriterij za zahvat vode, a taj se temelji isključivo na korištenju površinskih voda. Jasno je da navodnjavanje ovako velikih površina nije moguće planirati direktnim zahvaćanjem iz vodotoka (zbog malih protoka u ljetnom razdoblju) te se stoga voda za navodnjavanje planira osigurati izgradnjom niza velikih površinskih akumulacija.

Izgrađena velika akumulacija Botonega ne može se koristiti u sustavu navodnjavanja zbog prioritarnosti korištenja u vodoopskrbi koja isključuje korištenje akumulirane vode za druge svrhe.

Organizirano navodnjavanje nije ni do danas uvedeno, već pojedinačni poljodjelci, u vlastitoj režiji, nekontrolirano crpe vodu iz podzemlja i koriste na poljoprivrednim površinama na većem broju manjih lokaliteta, ali je teško utvrditi o kojim se površinama radi.



Slika 1.1.4.2.1. Primjer skladištenja iscrpljene podzemne vode na poljoprivrednoj parceli

Planirano stanje

U prosincu 2007. godine objavljena je *Novelacija Plana Navodnjavanja Istarske Županije* u kojoj se pokazala potreba za ažuriranjem ukupnih potreba za vodom u poljoprivrednoj

proizvodnji. Podaci su prikupljeni u okviru anketiranja krajnjih korisnika, koji su u anketnom listiću imali priliku dostaviti podatke o svojim poljoprivrednim površinama, planovima sadnje ili sijanja uzgojnih kultura, postojećem vodozahvatu te aspiracijama u pogledu potreba za vodom u navodnjavanju. Pored podataka u anketnom listiću, krajnji korisnici su dostavili i podatke o prostornom obuhvatu svojih poljoprivrednih površina, što je poslužilo za izradu geokodirane karte svih potencijalnih površina za navodnjavanje u Istarskoj županiji.

Poljoprivredne površine su disperzirane na puno većem prostoru no što je to predviđeno BPNIŽ-om, koji je razmatrao samo 7 većih objedinjenih prostornih pod-cjelina u Istri. U odnosu na BPNIŽ, ukupna površina poljoprivrednih tala za koje je iskazan interes od strane poljoprivrednika za uvođenje sustava navodnjavanja povećala se s planiranih 21.752 ha na ukupno 56.183 ha. Prema BPNIŽ vodom iz akumulacija u slivu Mirne navodnjavala bi se površina od 11.636 ha (od čega 2.424 ha u samom slivu, 2.600 ha Bujštine i 6.612 ha Poreštine). Novelacijom nije izdvojena nova ukupna površina poljoprivrednih tala koja bi se navodnjavala iz Mirne.

U gornjem dijelu sliva Mirne, uzvodno od Buzeta, u više različitih planskih dokumenata je razmatrana mogućnost izgradnje sustava akumulacija (ak. Kotli + ak. Draga) ili alternativnog rješenja (ak. Rečina) u svrhu osiguranja vode za navodnjavanje i zaštitu od velikih voda nizvodnog područja. Izrađen je projekt *Retencije i akumulacije u gornjem dijelu sliva Mirne* (Hidroinženjering 2007) u kojem je dano idejno rješenje retencije i akumulacije za zaštitu od velikih voda i prihranjivanju akumulacije Botonega dok problematika navodnjavanja nije bila obrađivana.

2011. godine izrađen je projekt *Idejno rješenje retencija u slivu Bračane (sliv Mirne)* (Hidrokonzalt d.o.o.). Razrađene su 4 lokacije za izgradnju retencijskih pregrada i jedna lokacija za izgradnju retencijske pregrade u I. fazi odnosno akumulacije u II. fazi. Akumulacija je predviđena kao višenamjenska. Prvenstveno će služiti za navodnjavanje (prema novelaciji Plana navodnjavanja Istarske županije iz 2007. godine) te za redukciju vodnih valova. Stoga se očekuje njezino punjenje tijekom jeseni, zime i proljeća, a pražnjenje tijekom vegetacijskog perioda od svibnja do rujna. U sklopu izrađenog idejnog rješenja nisu razmatrane minimalne količine vode koje bi se iz akumulacije ispuštale u Bračanu u svrhu očuvanja biološke raznolikosti u Bračani, a i rijeci Mirni.

Novelirani BPNIŽ racionalno se temelji na faznom pristupu planiranju rasta sustava navodnjavanja bez čekanja na izgradnju velikih akumulacija, odnosno potrebu planiranja razvoja određenog broja manjih (u odnosu na BPNIŽ) sustava navodnjavanja koji bi se dugoročno spojili s baznim sustavom, odnosno priključili na magistralne transportne kapacitete koji su oslonjeni na velike akumulacije u skladu s okvirnim optimalnim konceptom BPNIŽ-a. U operativnom smislu, sustav navodnjavanja moguće je razviti i koristiti i prije izvedbe velikih akumulacija ukoliko izgradnja krene iz smjera poljoprivrednih površina prema akumulacijama, na kojem putu treba u funkciju stavljati sve ostale raspoložive resurse koji se mogu pronaći u koridorima regionalnih transportnih cjevovoda koje je predvidio BPNIŽ. Planirane velike akumulacije trebaju u fizičkom i vremenskom smislu predstavljati resursnu "krunu" sustava navodnjavanja u IŽ (a ne uvjet početka njegova rada), te će se u budućnosti priključiti na mrežu manjih sustava u skladu s optimalnom koncepcijom transporta utvrđenom u BPNIŽ-u.

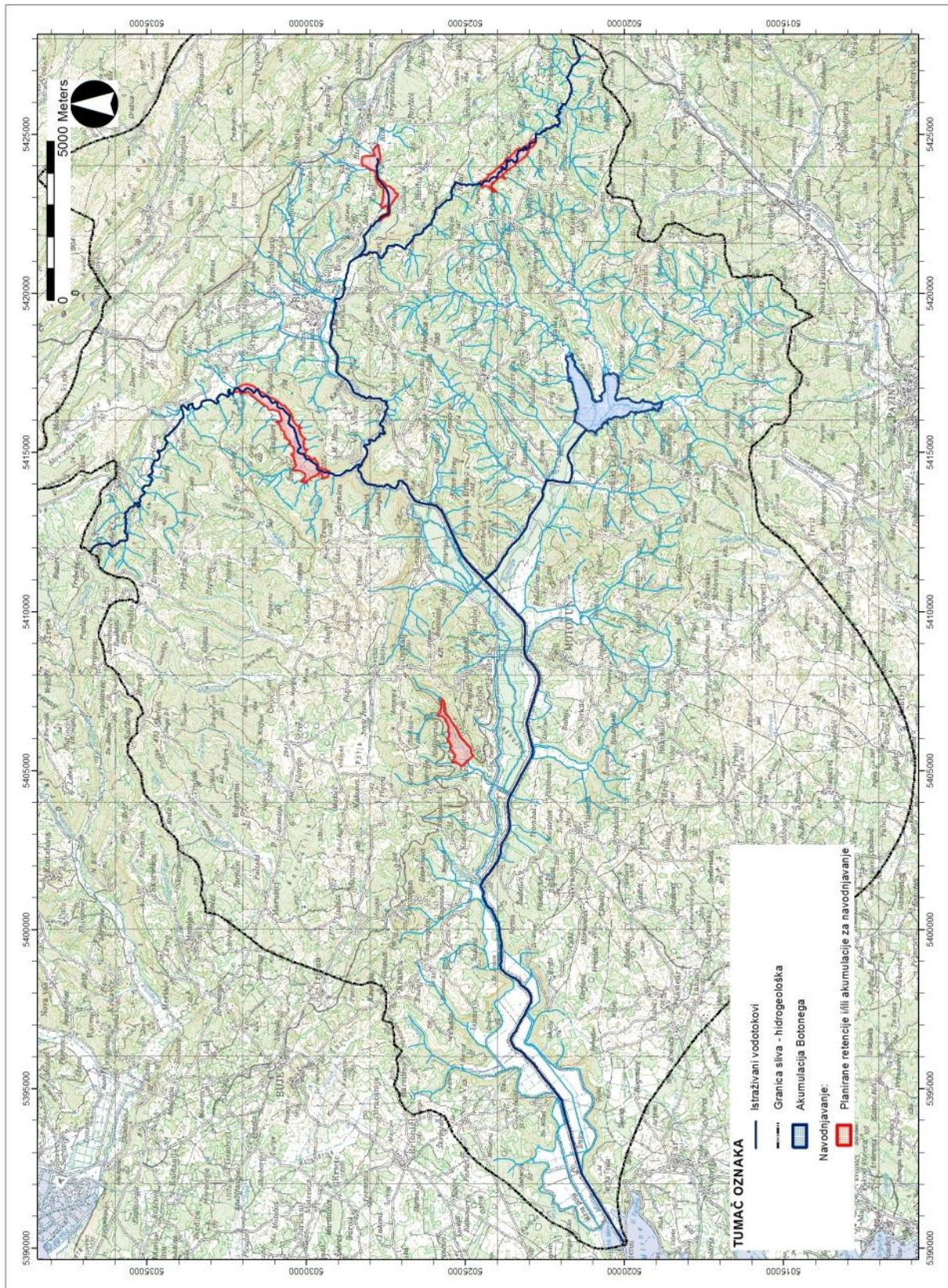
2010. godine izrađen je projekt *Idejno rješenje melioracije i navodnjavanja Bujštine* (IGH Rijeka). Analiza potreba za vodom pokazala je kako je za potrebe navodnjavanja 12.968 ha poljoprivrednog zemljišta Bujštine u prosječnoj godini potrebno 20.409.319 m³ vode, dok je na istom području u sušnoj godini potrebno 28.989.137 m³ vode. Kako i navodnjavanje

područja Poreštine aspirira korištenju i zahvaćanju vode s istog područja (sliva rijeke Mirne), pri analizi zadovoljenja potreba za vodom potrebno je u razmatranje uzeti i količine vode za područje Poreštine. Prema *Idejnomoj projektu melioracija i navodnjavanja Poreštine* (IGH Zagreb, 2007) za navodnjavanje 11.402 ha poljoprivrednog zemljišta na tom području potrebno je osigurati 31.897.351 m³ vode u sušnoj godini. **Dakle, ukupno je potrebno osigurati 60.886.488 m³ za navodnjavanja poljoprivrednih površina na području Bujštine i Poreštine.** Novelacijom PNIŽ je konačno zaključeno da bi za zajedničke potrebe navodnjavanja Bujštine i Poreštine bilo potrebno izgraditi akumulacije: Momjan, Bazuje, Draga, Kotli i Bračana. Iz akumulacija Draga, Kotli i Bračana bi se u vegetacijskom periodu ispuštala određena količina vode u rijeku Mirnu na čijem bi se nizvodnijem dijelu predvidio zahvat za navodnjavanje, odnosno mjesto razvoda do natapnih površina.

Za osiguravanje dovoljnih količina vode i navodnjavanje poljoprivrednih površina na Bujštini potrebno je izgraditi sustav koji se sastoji od velikih akumulacija, mini akumulacija te bazena. Akumulacije su planirane kao višenamjenski objekti tj. one bi služile za navodnjavanje i za obranu od poplava. Mini akumulacijama je glavna uloga akumuliranje voda iz razdoblja obilnijih vodom za njihovo korištenje u sušnijim razdobljima. Punjenje bazena je predviđeno cjevovodima iz planiranih velikih akumulacija. Navedenim Idejnim rješenjem planirani sustav navodnjavanja Bujštine podijeljen je u osam faza. Prve tri faze predstavljaju pilot projekte određene u Novelaciji Plana navodnjavanja IŽ. Ostale faze realizacije predstavljaju funkcionalne cjeline (mini akumulacija, bazen, crpna stanica i cjevovod) koje se nastavljaju na ranije faze. Za potrebe navodnjavanja Bujštine predviđa se zahvat vode na dvije moguće lokacije na rijeci Mirni: Crpna stanica CS Mirna-2 i Crpna stanica CS Mirna-1. Crpna stanica CS Mirna-2 se nalazi na dionici između vodomjernih postaja Motovun i Portonski most, i ona u slivu Mirne puni akumulaciju Blaškići u slučaju nedostatka dotoka vode sa sliva i to crpljenjem količine od 300 l/s tijekom mjeseci u kojima ima najviše vode u rijeci Mirni (prosinac, siječanj i veljača). Druga crpna stanica CS Mirna-1 nalazi se nizvodno od Portonskog mosta i izvora Gradole.

Dostupne godišnje količine vode proračunate su uzimajući u obzir zadovoljenje ekološki prihvatljivog protoka na mjernoj postaji. Navedenim Idejnim rješenjem usvojeni ekološki prihvatljivi protok nizvodno od vodomjerne postaje Motovun iznosi 271 l/s, a nizvodno od Portonskog mosta iznosi 300 l/s.

Izgradnjom akumulacija Draga, Kotli i Bračana, odnosno akumuliranjem vode iz glavnih pritoka Mirne, u samom koritu Mirne protoci bi se mogli znatno smanjiti. Stoga je pri daljnjem dimenzioniranju sustava za navodnjavanje iz rijeke Mirne potrebno precizno odrediti moguće volumene navedenih akumulacija te modelirati sustav ispuštanja vode iz njih tako da se u svakom trenutku u rijeci Mirni zadovolji ekološki prihvatljiv protok.



Slika 1.1.4.2.2. Planirano stanje navodnjavanja u slivu Mirne

1.1.4.3. Golf igrališta



Slika 1.1.4.3.1. Položaj planiranog golf igrališta Brkač

U dolini rijeke Mirne i bujice Krvar, kao i na području Brkača Prostornim planom Istarske županije te Prostornim planom uređenja Općine Motovun planirana je izgradnja golf igrališta. Problematika osiguranja vode za navodnjavanje planiranog golf igrališta obrađena je u preliminarnoj hidrološkoj analizi u elaboratu *Hidrološka ocjena mogućnosti i ograničenja osiguranja vode za navodnjavanje iz površinskih vodnih resursa na lokaciji planiranog golf igrališta Motovun* (Rubinić, 2005). Rezultati tih inicijalnih obrada u najvećoj su mjeri sadržani i u *Studiji o utjecaju na okoliš golf igrališta Brkač* (IGH PC Zagreb, 2008) koja tretira novelirano rješenje izgradnje golf igrališta u kojem se kao novost u planiranju vodnogospodarskih rješenja uključuje i izgradnja akumulacijskog objekta, odnosno sustav od dvije prostorno bliske akumulacije dubine do 4 m, za osiguranje vode za navodnjavanje tijekom kritičnih sezonskih sušnih razdoblja i za rekreaciju i odmor.

U navedenoj studiji dane su procjene o potrebnoj količini vode za navodnjavanje obzirom na standarde golf igrališta, kao i klimatske prilike na analiziranom području. Procijenjena je ukupna godišnja potrošnja vode od 400.000 m³, a procijenjeni dnevni maksimum iznosi 2.706 m³/dan, odnosno oko 0,031 m³/s. Najveći problem je ljetno razdoblje, gdje je proračunata količina vode neophodna za navodnjavanje tijekom tri kritična ljetna mjeseca oko 300.000 m³ i vršna količina od 31 l/s.

Za osiguranje dostatnih količina vode predviđaju se:

- zahvat podzemnih voda i njihovo akumuliranje u akumulacije
- korištenje površinskih voda rijeke Mirne u razdobljima visokih voda i njihovo akumuliranje u akumulacije na području planiranog zahvata
- korištenje površinskih voda potoka Krvar u razdobljima visokih voda i njihovo akumuliranje u akumulacije na području planiranog zahvata
- korištenje pročišćenih otpadnih voda naselja, drenažnih voda igrališta i oborinskih voda

Unutar golf kompleksa predviđeno je korištenje pitke vode samo na objektima koji služe za boravak ljudi, a dobavljat će se iz javnog vodoopskrbnog sustava koji je priključen na izvorište Sv. Ivan kod Buzeta. Prema proračunu za potrebe opskrbe vodom potrebno je osigurati 4,78 l/s.

U elaboratu *Hidrološka analiza voda rijeke Mirne i bujice Krvar na području planiranog golf igrališta Brkač* (Građevinski fakultet Rijeka, 2008) detaljnije je obrađena problematika osiguranja vode za navodnjavanje planiranog golf igrališta kao i prisutna ograničenja u pogledu osiguranja ekološki prihvatljivoga protoka.

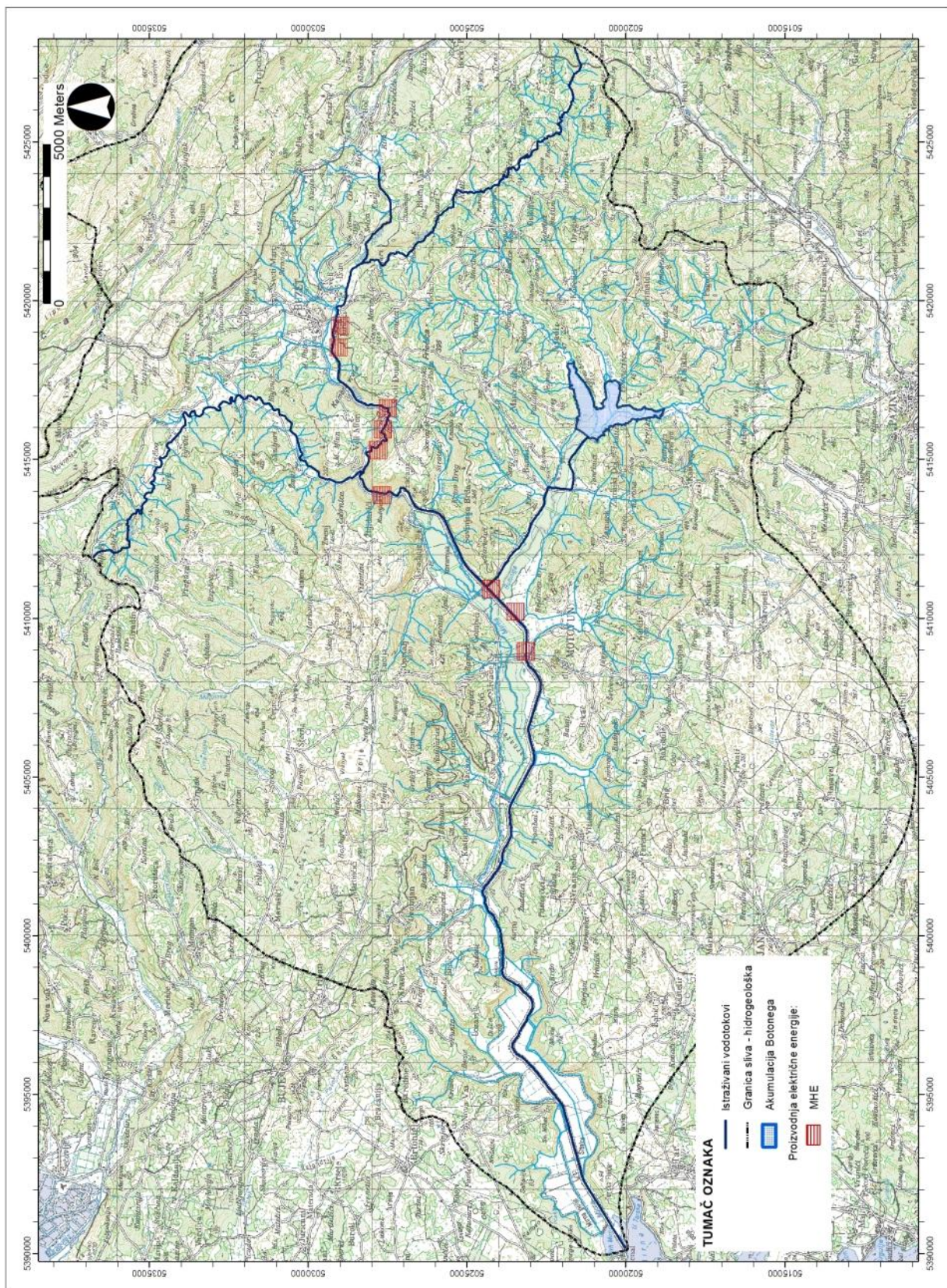
U Prostornom planu uređenja Grada Buzeta u članku 28 Odredbi za provođenje navodi se građevinsko područje golf vježbališta Kaštel namijenjeno uređenju otvorenih prostora sportskog igrališta u kojem je moguće uređivati zemljište i uređenje vodotoka (umjetnih jezera i sl.) radi obuke i treninga golf igrača i ostalih korisnika. Do sada nije izrađen projekt niti izgrađeno golf igralište.

1.1.4.4. Proizvodnja električne energije

Prema *Prostornom planu Istarske županije* u Odredbama za provođenje, u članku 107 se navodi da je za potencijalne lokalne izvore energije predviđeno korištenje hidroenergetskog potencijala unutar vodoopskrbnog sustava "Istarski vodovod Buzet" (10 malih hidroelektrana u sastavu vodosprema na zapadnom priobalju Županije) i 9 na rijeci Mirni od Buzeta do Ponte Portona.

Prema *Prostornom planu uređenja Grada Buzeta* u članku 159 Odredbi za provođenje navodi se da, kao dopuna elektroopskrbe, na području grada Buzeta postoje uvjeti za gradnju malih hidroelektrana MHE snage do 848 kW (vodotok Rečina, lokacija Selce-Druga, ali i druge lokacije ukoliko se dokažu kao zgodne).

Do danas nisu napravljeni detaljni projekti niti izgrađena nijedna od planiranih 9 MHE prikazanih na Slici 1.1.4.4.1.



Slika 1.1.4.4.1. Planirano stanje proizvodnje električne energije u slivu Mirne

1.1.4.5. Ribogojstvo

Potencijalne lokacije uzgajališta riba i školjaka definiraju se u Prostornom planu županije.

Prema Prostornom planu Istarske županije na području sliva rijeke Mirne ne postoje područja za ribogojstvo i školjkarstvo kojima je dodijeljena koncesija za obavljanje ovih aktivnosti.

Prema smjernicama danim u Planu upravljanja slivom rijeke Mirne (2009), u gornjem dijelu toka rijeke Mirne (od Buzeta do izvora) potrebno je valorizirati lokalitete za potencijalni, neinvazivni (bez stvaranja novih barijera na vodotoku) uzgoj riječnih rakova, kao što je i prostor ušća Mirne potrebno ekološki valorizirati u smislu prihvatnih mogućnosti akvatorija za intenzivni uzgoj riba i rakovica (kozice), uzimajući u obzir zaštitne kriterije ornitološkog rezervata ušća Mirne.

1.1.4.6. Rekreacija

Prema Prostornom planu Istarske županije planirani objekti za rekreaciju neposredno su povezani na planiranje turizma odnosno planiranje smještajnih kapaciteta, specijalizaciju određenih područja za određene oblike turističke usluge, ali posebno na morfološke, krajobrazne i ekološke značajke prostora u kojima se realiziraju turistički objekti.

U slivu rijeke Mirne nisu definirane rekreacijske zone za koje bi se koristila dodatna voda.

Definirane rekreacijske zone obuhvaćaju dijelove akvatorija uz obalu koje je namijenjeno kupanju i sportovima na vodi.

1.1.5. Krajobrazne vrijednosti područja sliva

Tablica 1.1.5.1. Ugrožene biljne svojte na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi vaskularne flore Hrvatske (Nikolić i Topić, 2005)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Baldellia ranunculoides</i> (L.) Parl.	žabnjačka kornjačnica	CR	SZ
<i>Lythrum tribracteatum</i> Salzm. ex Spreng.	vrstica troperkasta	CR	SZ
<i>Triglochin maritimum</i> L.	morska brula	CR	SZ
<i>Vaccaria hispanica</i> (Miller) Rauschert	sapunika crljena	CR	SZ
<i>Adonis aestivalis</i> L.	ljetni gorocvijet	EN	SZ
<i>Adonis annua</i> L. emend. Huds.	jesenski gorocvijet	EN	SZ
<i>Alisma gramineum</i> Lej.	travoliki žabočun	EN	SZ
<i>Carex flava</i> L.	žuti šaš	EN	SZ
<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	kukuljičasti kaćun	EN	SZ
<i>Hibiscus trionum</i> L.	vršaća sljezolika	EN	SZ
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	obični borak	EN	SZ
<i>Lemna gibba</i> L.	grbasta vodena leća	EN	SZ
<i>Moehringia tommasinii</i> Marchesetti	Tommasinijeva merinka	EN	SZ
<i>Ophrys apifera</i> Huds.	pčelina kokica	EN	SZ
<i>Ranunculus lingua</i> L.	veliki žabnjak	EN	SZ
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill.	jednolistni žabnjak	EN	SZ
<i>Carex riparia</i> Curtis	obalni šaš	VU	SZ
<i>Cyperus flavescens</i> L.	žučkasti oštrik	VU	SZ
<i>Cyperus longus</i> L.	dugi oštrik	VU	SZ
<i>Desmazeria marina</i> (L.) Druce	sredozemna ljuljolika	VU	SZ
<i>Lilium bulbiferum</i> L.	lukovičavi ljiljan	VU	SZ
<i>Ophrys fuciflora</i> (F.W.Schmidt) Moench	bumbarova kokica	VU	SZ
<i>Ophrys fusca</i> Link	smeđa kokica	VU	SZ
<i>Ophrys insectifera</i> L.	mušina kokica	VU	SZ
<i>Ophrys sphegodes</i> Mill.	kokica paučica	VU	SZ
<i>Orchis coriophora</i> L.	kožasti kaćun	VU	SZ
<i>Orchis militaris</i> L.	kacigasti kaćun	VU	SZ
<i>Orchis papilionacea</i> L.	leptirasati kaćun	VU	SZ
<i>Orchis purpurea</i> Huds.	grimizni kaćun	VU	SZ
<i>Orchis simia</i> Lam.	majmunov kaćun	VU	SZ
<i>Orchis tridentata</i> Scop.	trozubi kaćun	VU	SZ
<i>Orchis ustulata</i> L.	crnocrveni kaćun	VU	SZ
<i>Parapholis incurva</i> (L.) C.E.Hubb.	svinuti tankorepaš	VU	SZ
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	mirisavi dvolist	VU	SZ
<i>Salsola soda</i> L.	sodna solnjača	VU	SZ

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Serapias vomeracea</i> (Burm.) Briq.	raoinička kukavica	VU	SZ
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.	primorska jurčica	VU	SZ
<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Horkel ex Wimm.	beskorjenska sitna leća	VU	SZ
<i>Adonis flammea</i> Jacq.	žarkocrveni gorocvijet	DD	SZ
<i>Avena fatua</i> L.	štura zob	DD	SZ
<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	zamijenjeni ovsik	DD	SZ
<i>Centaurea spinosociliata</i> Seenus ssp. <i>tommasinii</i> (A.Kern.) Dostál	Tomasinijeva zečina	DD	SZ
<i>Euphorbia paralias</i> L.	obalna mlječika	DD	SZ
<i>Gymnadenia odoratissima</i> (L.) Rich.	mirisni vranjak	DD	SZ
<i>Knautia illyrica</i> Beck	Ilirska prženica	DD	SZ
<i>Ophrys tetraloniae</i> W.P.Teschner	sitnocvjetna bumbarova kokica	DD	SZ
<i>Pedicularis palustris</i> L.	močvarni ušljivac	DD	SZ
<i>Raphanus raphanistrum</i> L. ssp. <i>landra</i> (Moretti ex DC.) Bonnier et Laye	čunjasta rotkva	DD	SZ

Tablica 1.1.5.2. Ugrožene vrste sisavaca na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi sisavaca Hrvatske (Antolović i sur., 2006)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Miniopterus schreibersi</i> (Kuhl, 1817) (potencijalna rasprostranjenost)	dugokrili pršnjak	EN	SZ
<i>Plecotus austriacus</i> (Fisher, 1829) (stari nalazi)	sivi dugoušan	EN	SZ
<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	velikouhi šišmiš	VU	SZ
<i>Rhinolophus euryale</i> (Blasius, 1853)	južni potkovnjak	VU	SZ
<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758)	vidra	DD	SZ
<i>Plecotus kolombatovici</i> (Đulić, 1980)	Kolombatovićevo dugoušan	DD	SZ
<i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)	vuk	NT	SZ
<i>Chionomys nivalis</i> (Martins, 1842)	planinska voluharica	NT	Z
<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	zec	NT	Z
<i>Lynx lynx</i> (Linnaeus, 1758) (povremena rasprostranjenost)	ris	NT	SZ
<i>Micromys minutus</i> (Pallas, 1771)	patuljasti miš	NT	Z
<i>Muscardinus avellanarius</i> (Linnaeus, 1758)	puh orašar	NT	SZ
<i>Myotis emarginatus</i> (E.Geoffroy, 1806)	riđi šišmiš	NT	SZ
<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797) (predpostavljena rasprostranjenost)	veliki šišmiš	NT	SZ
<i>Neomys anomalus</i> (Cabrera, 1907)	močvarna rovka	NT	Z
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	veliki potkovnjak	NT	SZ

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	mali potkovnjak	NT	SZ
<i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	vjeverica	NT	Z
<i>Ursus arctos</i> (Linnaeus, 1758) (povremena rasprostranjenost)	mrki medvjed	NT	Z
<i>Glis glis</i> (syn. <i>Myoxus glis</i> Linnaeus, 1766)	sivi puh	LC	Z

Tablica 1.1.5.3. Ugrožene vrste ptica na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi ugroženih ptica Hrvatske (Radović i sur., 2003) (oznaka ngn - označava negnijezdeću populaciju, a zim - zimujuću populaciju)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Falco naumanni</i> Fleischer 1818	bjelonokta vjetruša	CR (ngn)	SZ
<i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	suri orao	EN	SZ
<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	eja livadarka	EN	SZ
<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)	prugasti prozviždač	EN (ngn)	SZ
<i>Phylloscopus bonelli</i> (Vieillot 1819)	gorski zviždak	EN	SZ
<i>Circaetus gallicus</i> (Gmelin 1788)	zmijar	VU	SZ
<i>Crex crex</i> (Linnaeus, 1758)	kosac	VU	SZ
<i>Falco peregrinus</i> Tunstall 1771	sivi sokol	VU	SZ
<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	škanjac osaš	VU	SZ
<i>Podiceps grisegena</i> (Boddaert 1783)	ridogrlji gnjurac	VU (zim)	SZ
<i>Lymnocyptes minimus</i> (Brunnich 1764)	mala šljuka	DD (ngn)	SZ
<i>Porzana porzana</i> (Linnaeus, 1766)	riđa štijoka	DD	SZ

Tablica 1.1.5.4. Ugrožene vrste vodozemaca i gmazova na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi vodozemaca i gmazova Hrvatske (Hutinec i sur., 2006)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Proteus anguinus</i> ssp. n. (Parzefall, Durand & Sket 1999)	istarska čovječja ribica	CR	SZ
<i>Rana latastei</i> (Boulenger, 1879)	lombardijska žaba	VU	SZ
<i>Natrix tessellata</i> (Laurenti, 1768)	ribarica	DD	SZ
<i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)	barska kornjača	NT	SZ
<i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	gatalinka	NT	SZ
<i>Lacerta bilineata</i> (Daudin, 1802)	zapadni zelembać	NT	SZ

Tablica 1.1.5.5. Ugrožene vrste riba na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Acipenser naccarii</i> (Bonaparte, 1836)	jadranska jesetra	CR	SZ
<i>Barbus plebejus</i> (Bonaparte, 1839)	mren	EN	SZ
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	šaran	EN	Z
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758)	koljuška	EN	SZ
<i>Padogobius bonellii</i> (Bonaparte, 1846)	slatkovodni glavočić	EN	SZ
<i>Alburnus albidus</i> (Costa, 1838)	primorska uklija	VU	SZ
<i>Leuciscus cavedanus</i> (Bonaparte, 1838)	bijeli klen	VU	Z
<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	potočna pastrva	VU	Z
<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	morska paklara	DD	SZ
<i>Romanogobio benacensis</i> (Pollini, 1816)	-	(EN global)	-

Tijekom istraživanja ihtiofaune u slivu rijeke Mirne u svibnju 2011. g. otkrili smo malenu populaciju ugrožene vrste krkuše *Romanogobio benacensis*. Vrsta je zabilježena samo na lokalitetu M2 Kamenita vrata u vrlo malom broju (4 jedinke). Ova vrsta do sada je zabilježena samo za područje slijeva rijeke Po u Italiji, te u rijekama Soči (Isonzo) i Reki u Sloveniji, a ovo je prvi nalaz za područje Hrvatske. Po IUCN kriterijima svrstana je u kategoriju ugroženih (EN) vrsta na globalnom nivou (Slika 1.2.1.2.1) zbog malog područja rasprostranjenosti te drastičnog pada u brojnosti zbog introdukcije vrste *Gobio gobio* u mnoga njezina staništa.

Tablica 1.1.5.6. Ugrožene vrste vretenaca na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi vretenaca Hrvatske (Belančić i sur., 2008)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys, 1841)	močvarni strijelac	CR	SZ
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	malena crvendjevojčica	VU	SZ
<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1789)	zapadni vilenjaka	DD	SZ
<i>Orthetrum ramburii</i> (Selys, 1848)	istočni vilenjaka	DD	Z
<i>Anaciaeschna isosceles</i> (Mueller, 1767)	žuti ban	NT	Z
<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	mali car	NT	Z
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	velika crvenookica	NT	Z
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	sredozemna zelendjeвица	NT	Z
<i>Somatochlora flavomaculata</i> (Vander Linden, 1825)	plitvička zelenka	NT	Z
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1801)	žučkasti strijelac	NT	Z

Tablica 1.1.5.7. Ugrožene vrste obalčara na području sliva rijeke Mirne prema Crvenom popisu obalčara (Plecoptera) Hrvatske (Popijač, 2008)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Brachyptera monilicornis</i> (Pictet, 1841)	-	EN	SZ
<i>Perla illiesi</i> Braasch & Joost, 1973	-	VU	SZ
<i>Leuctra leptogaster</i> Aubert, 1949	-	DD	SZ
<i>Brachyptera risi</i> (Morton, 1896)	-	LC	Z
<i>Protonemura auberti</i> Illies, 1954	-	LC	Z

Tablica 1.1.5.8. Ugrožene vrste danjih leptira na području sliva rijeke Mirne prema Crvenom popisu danjih leptira Hrvatske (Šašić i Kučinić, 2004)

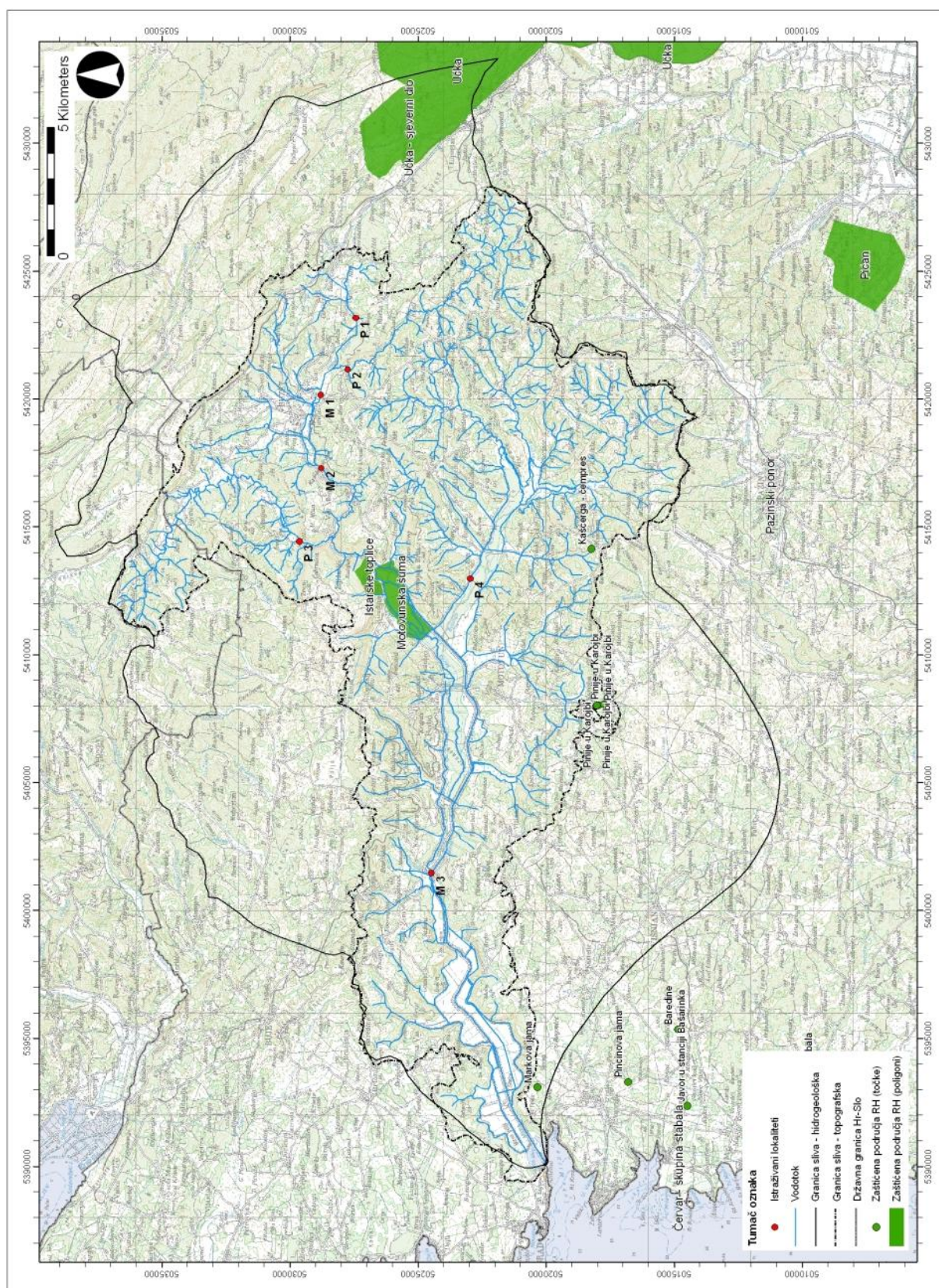
Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Coenonympha oedippus</i> (Fabricius, 1787)	močvarni okaš	CR	SZ
<i>Euphydryas aurinia</i> (Rottemburg, 1775)	močvarna riđa	DD	SZ
<i>Thymelicus acteon</i> (Rottemburg, 1775)	Rottemburgov debeloglavac	DD	Z
<i>Erebia medusa</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	šumski planinski okaš	DD	SZ
<i>Apatura ilia</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	mala preljevalica	NT	Z
<i>Apatura iris</i> (Linnaeus, 1758)	velika preljevalica	NT	Z
<i>Heteropterus morpheus</i> (Pallas, 1771)	sedefast debeloglavac	NT	Z
<i>Scolitantides orion</i> (Pallas, 1771)	žednjakov plavac	NT	Z
<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis et Schiffermüller, 1775)	uskršnji leptir	NT	SZ

Tablica 1.1.5.9. Ugrožene vrste gljiva na području sliva rijeke Mirne prema Crvenoj knjizi gljiva Hrvatske (Tkalčec i sur., 2008)

Naziv vrste	Hrvatski naziv	Kategorija ugroženosti	Stupanj zaštite u HR
<i>Amanita caesarea</i> (Scop. : Fr.) Pers.	blagva	EN	SZ
<i>Boletus depilatus</i> Redeuilh	glatki vrganj	VU	SZ
<i>Boletus dupainii</i> Boud.	sjajnocrveni vrganj	VU	SZ
<i>Hygrocybe fornicata</i> (Fr.) Singer	svijetlosmeđa vlažnica	VU	SZ
<i>Scutellinia tuberculata</i> Matočec	sitna trepavičarka	DD	SZ

Tablica 1.1.5.10. Zaštićena područja na prostoru sliva rijeke Mirne (Slika 1.1.5.1, DZZP)

Zaštićeno područje	Kategorija zaštite
Motovunska šuma	Posebni rezervat šumske vegetacije
Istarske toplice	Značajni krajobraz
Markova jama	Geomorfološki spomenik prirode

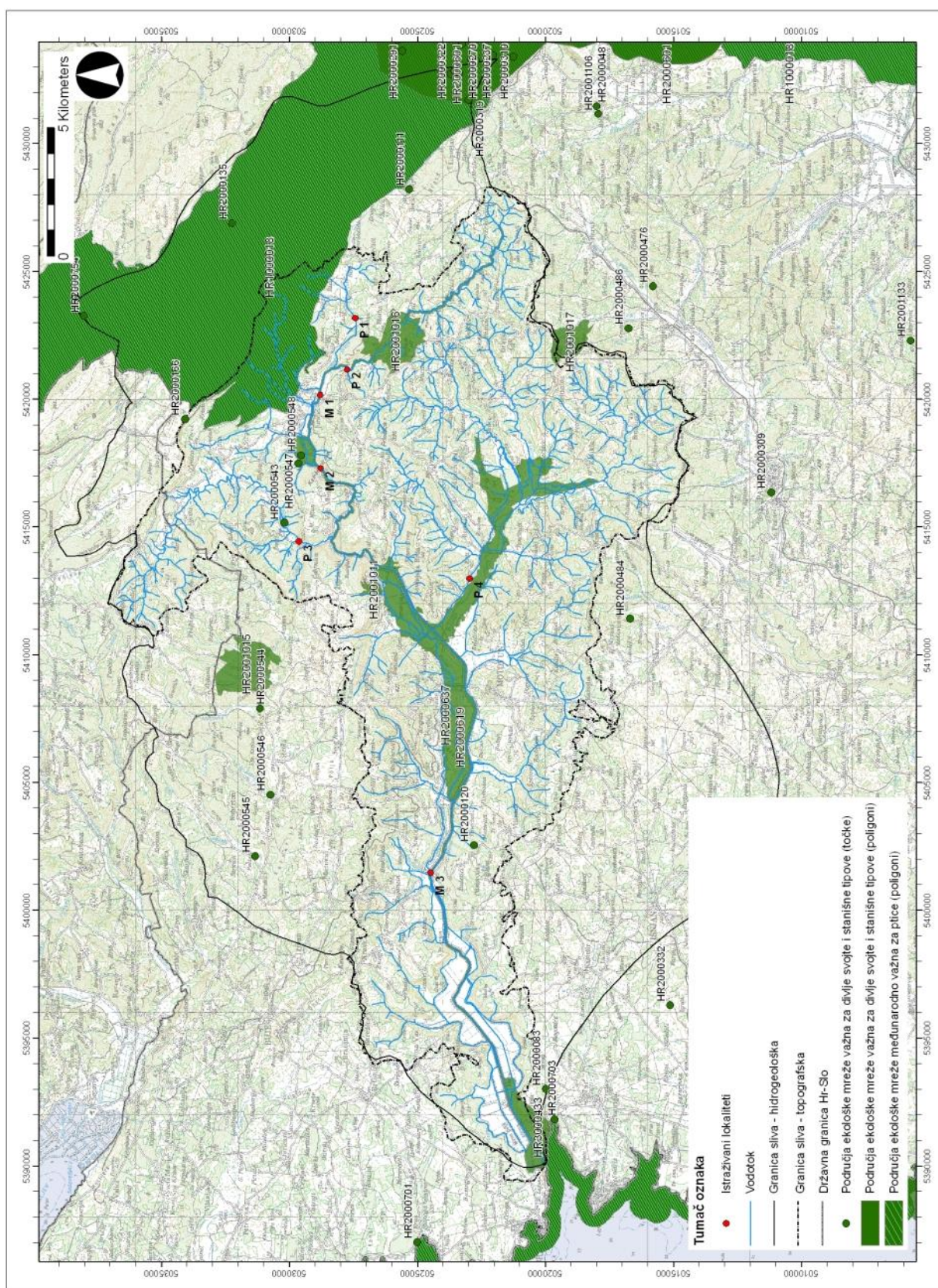


Slika 1.1.5.1. Zaštićena područja u RH na području sliva rijeke Mirne (Tablica 1.1.5.10, izvor podataka: DZZP, 30.10.2012)

Tablica 1.1.5.11. Područja ekološke mreže RH na području sliva rijeke Mirne (Slika 1.1.5.2, izvor podataka: DZZP, 30.10.2012)

Područje ekološke mreže	Ciljevi očuvanja	
HR2000619 Mirna	Divlje svojte	
	endemične svojte riba jadranskog slijeva	
	mren <i>Barbus plebejus</i>	
	primorska paklara <i>Lethenteron zanandreaei</i>	
	primorska uklija <i>Alburnus albidus</i>	
rak kamenjar <i>Austropotamobius pallipes</i>		
HR2001015 Pregon HR2001016 Kotli HR2001017 Lipa	Divlje svojte	
	lombardijska žaba <i>Rana latastei</i>	
HR2000637 Motovunska šuma	Divlje svojte	
	lombardijska žaba <i>Rana latastei</i>	
	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	E.2.2.5. 91F0 Motovunska šuma poljskog jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem	
HR2000484 Novaki Motovunski	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	E.3.4.4. 91H0* Termofilna šuma medunca s trstolikom beskoljenkom	
	HR2000543 Vlažne livade uz potok Bračana (Žonti) HR2000544 Vlažne livade uz potok Malinska (Čepić polje) HR2000545 Vlažne livade kod Marušića HR2000546 Vlažne livade uz Jugovski potok (Štrcaj) HR2000547 Vlažne livade uz Mirnu kod Fontane – 1 HR2000548 Vlažne livade uz Mirnu kod Fontane – 2	Divlje svojte
		močvarni okaš <i>Coenonympha oedippus</i>
Stanišni tipovi		
NKS kod NATURA kod stanišni tip		
C.2.5. Vlažne livade submediteranske vegetacijske zone		
HR2001011 Istarske Toplice	Divlje svojte	
	Tomasinijeva merinka <i>Moehringia tommasinii</i>	
	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	8210 Karbonatne stijene s hazmofitskom vegetacijom	
B.1.4.1.4. Zajednica Tomasinijeve merinke		
HR1000018 Učka i Čićarija	Divlje svojte	
	gorski zviždak <i>Phylloscopus bonelli</i>	
	suri orao <i>Aquila chrysaetos</i>	

Područje ekološke mreže	Ciljevi očuvanja	
	vrtna strnadica	<i>Emberiza hortulana</i>
	Divlje svojte	
HR2000083 Markova jama HR2000111 Rabakova špilja HR2000120 Sitnica špilja HR2000135 Špilja iznad Velikog bresta HR2000166 Špilja pod Krugom	endemične svojte	
	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	H.1.	8310
		Kraške špilje i jame
	Divlje svojte	
	<i>Leptodirus hochenwarti</i>	
HR2000754 Novačka pećina	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	H.1.	8310
		Kraške špilje i jame
	Divlje svojte	
	ribe	
HR2000703 Tarska uvala - Istra	Stanišni tipovi	
	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	1310	<i>Salicornia</i> i drugi jednogodišnji halofiti na muljevitim obalama
	Divlje svojte	
	ptice močvarice	
	ribe	
	Stanišni tipovi	
HR3000433 Ušće Mirne	NKS kod NATURA kod stanišni tip	
	1420	Meditranska i termoatlantska vegetacija halofilnih grmova (<i>Sarcocornetea fruticosi</i>)
	F.1.1.3.1.	Livade grmolike caklenjače i slanuške
	1130	Estuarij
	1110	Pješćana dna
	E.4.1.1.	Trščaci i rogozici
	Divlje svojte	
HR1000032 Akvatorij zapadne Istre	crnogri plijenor	<i>Gavia arctica</i>
	crvenogri plijenor	<i>Gavia stellata</i>
	dugokljuna čigra	<i>Sterna sandvicensis</i>
	morski vranac	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>



Slika 1.1.5.2. Područja Ekološke mreže RH na području sliva rijeke Mirne (Tablica 1.1.5.11, izvor podataka: DZZP, 30.10.2012)

Tablica 1.1.5.12. Prijedlog Natura 2000 područja u RH na području sliva rijeke Mirne (Slika 1.1.5.3, izvor podataka: DZZP, 30.10.2012)

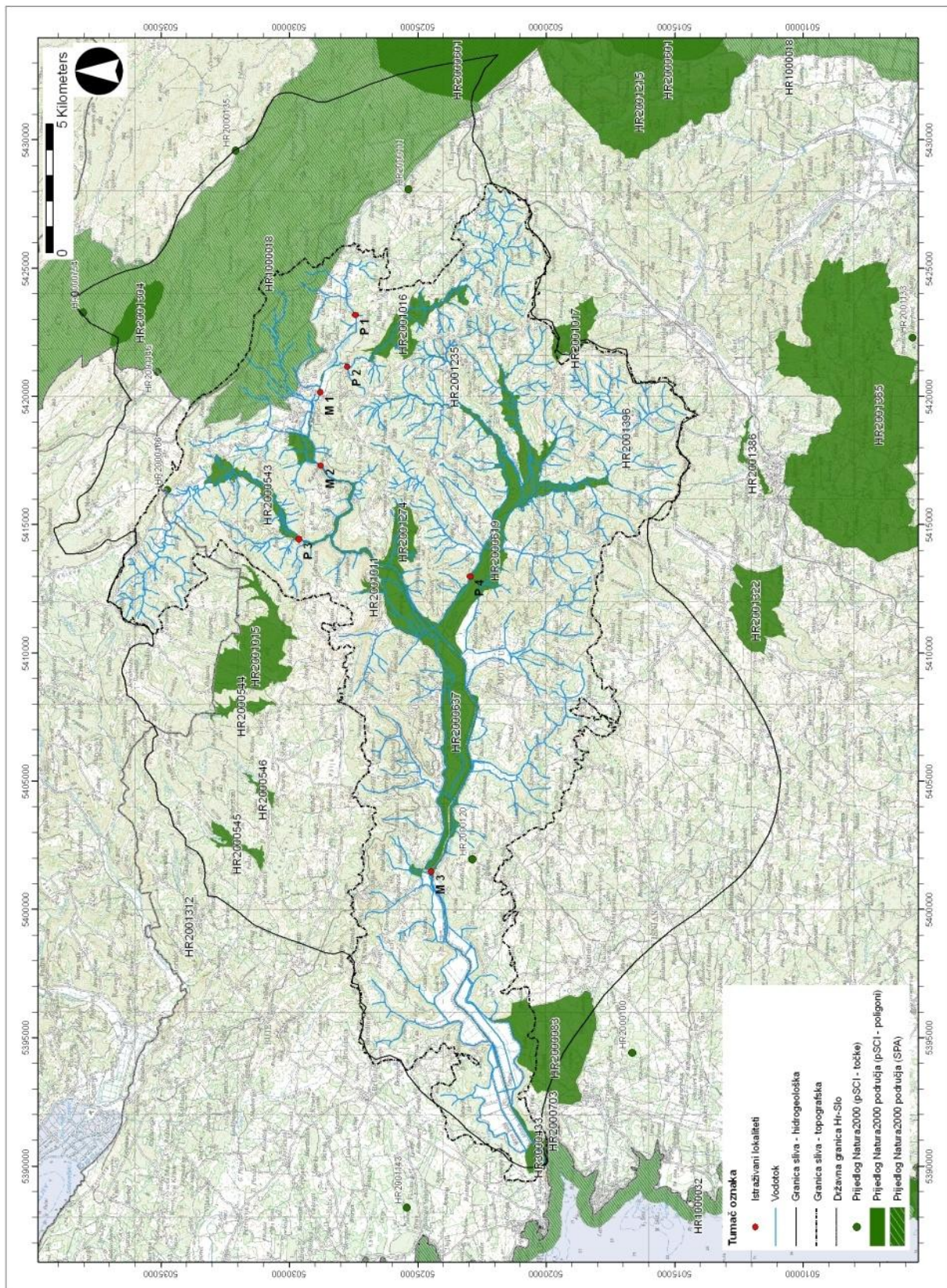
Natura 2000 područje	Ciljevi očuvanja	
HR1000018 Učka i Čićarija	Divlje svojte ševa krunica suri orao vrtna strnadica	<i>Lullula arborea</i> <i>Aquila chrysaetos</i> <i>Emberiza hortulana</i>
HR1000032 Akvatorij zapadne Istre	Divlje svojte crnogrlji plijenor crvenogrlji plijenor dugokljuna čigra morski vranac	<i>Gavia arctica</i> <i>Gavia stellata</i> <i>Sterna sandvicensis</i> <i>Phalacrocorax aristotelis</i>
HR2000083 Područje oko Markove jame – Istra	Divlje svojte veliki šišmiš dugokrili pršnjak oštrouhi šišmiš veliki potkovnjak	<i>Myotis myotis</i> <i>Miniopterus schreibersii</i> <i>Myotis blythii</i> <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
	Stanišni tipovi NATURA kod 8310	stanišni tip Špilje i jame zatvorene za javnost
HR2000111 Rabakova špilja	Stanišni tipovi NATURA kod 8310	stanišni tip Špilje i jame zatvorene za javnost
HR2000120 Sitnica špilja	Stanišni tipovi NATURA kod 8310	stanišni tip Špilje i jame zatvorene za javnost
HR2000135 Špilja iznad Velikog bresta	Stanišni tipovi NATURA kod 8310	stanišni tip Špilje i jame zatvorene za javnost
HR2000166 Špilja pod Krugom	Stanišni tipovi NATURA kod 8310	stanišni tip Špilje i jame zatvorene za javnost
HR2000543 Vlažne livade uz potok Bračana (Žonti)	Divlje svojte močvarni okaš kiseličin crvenko	<i>Coenonympha oedippus</i> <i>Vertigo angustior</i> <i>Lycaena dispar</i>
	Stanišni tipovi NATURA kod 6510	stanišni tip Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)

Natura 2000 područje	Ciljevi očuvanja	
HR2000544 Vlažne livade uz potok Malinska (Čepić polje)	Divlje svojte močvarni okaš	<i>Coenonympha oedippus</i> <i>Vertigo angustior</i>
	močvarna rida	<i>Euphydrias aurinia</i>
HR2000545 Vlažne livade kod Marušića	Divlje svojte močvarni okaš	<i>Coenonympha oedippus</i>
HR2000546 Vlažne livade uz Jugovski potok (Štrcaj)	Divlje svojte močvarni okaš	<i>Coenonympha oedippus</i>
HR2000601 Park prirode Učka	Divlje svojte velika četveropjega cvilidreta	<i>Morimus funereus</i>
	alpska strizibuba	<i>Rosalia alpina</i>
	jelenak	<i>Lucanus cervus</i>
	čvorasti trčak	<i>Carabus nodulosus</i>
	mirišljivi samotar	<i>Osmoderma eremita</i>
	tankovrati podzemljak	<i>Leptodirus hochenwartii</i>
	močvarna rida	<i>Euphydrias aurinia</i>
	hrastova strizibuba	<i>Cerambyx cerdo</i>
	žuti mukač	<i>Bombina variegata</i>
	danja medonjica	<i>Callimorpha quadripunctaria</i>
	veliki vodenjak	<i>Triturus carnifex</i>
	Stanišni tipovi	
	NATURA	stanišni tip
	šifra	
	6230*	Travnjaci tvrdače (<i>Nardus</i>) bogati vrstama
	6210	Suhi kontinentalni travnjaci (<i>Festuco-Brometalia</i>) (*važni lokaliteti za kaćune)
	6170	Planinski i pretplaninski vapnenački travnjaci
	8140	Istočnomediteranska točila
	8310	Špilje i jame zatvorene za javnost
	9260	Šume pitomog kestena (<i>Castanea sativa</i>)
	8210	Karbonatne stijene sa hazmofitskom vegetacijom
	62A0	Istočno submediteranski suhi travnjaci (<i>Scorzoneretalia villosae</i>)
	91K0	Ilirske bukove šume (<i>Aremonio-Fagion</i>)
HR2000619 Mirna i šire područje Butonige	Divlje svojte žuti mukač	<i>Bombina variegata</i> <i>Vertigo angustior</i> <i>Vertigo moulinsiana</i>
	močvarni okaš	<i>Coenonympha oedippus</i>

Natura 2000 područje	Ciljevi očuvanja
	<p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p> <p>barska kornjača <i>Emys orbicularis</i></p> <p>mren <i>Barbus plebejus</i></p> <p>primorska uklija <i>Arbunus arborella</i></p> <p>bjelonogi rak <i>Austropotamobius pallipes</i></p> <p>Stanišni tipovi NATURA kod stanišni tip</p> <p>6510 Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i>, <i>Sanguisorba officinalis</i>)</p> <p>9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume (<i>Carpinion betuli</i>)</p>
HR2000637 Motovunska šuma	<p>Divlje svojte</p> <p><i>Vertigo angustior</i></p> <p>velikouhi šišmiš <i>Myotis bechsteinii</i></p> <p>barska kornjača <i>Emys orbicularis</i></p> <p>žuti mukač <i>Bombina variegata</i></p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p> <p>Stanišni tipovi NATURA kod stanišni tip</p> <p>91F0 Poplavne miješane šume <i>Quercus robur</i>, <i>Ulmus laevis</i>, <i>Ulmus minor</i>, <i>Fraxinus excelsior</i> ili <i>Fraxinus angustifolia</i></p> <p>9160 Subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume (<i>Carpinion betuli</i>)</p>
HR2000703 Tarska uvala – Istra	<p>Stanišni tipovi NATURA kod stanišni tip</p> <p>1310 Muljevite obale obrasle vrstama roda <i>Salicornia</i> i drugim jednogodišnjim halofitima</p>
HR2000754 Novačka pećina	<p>Divlje svojte <i>Leptodirus hochenwarti</i></p> <p>Stanišni tipovi NATURA kod stanišni tip</p> <p>8310 Kraške špilje i jame</p>
HR2001011 Istarske Toplice	<p>Divlje svojte Tomasinijeva merinka <i>Moehringia tommasinii</i></p> <p>Stanišni tipovi NATURA kod stanišni tip</p> <p>8210 Karbonatne stijene sa hazmofitskom vegetacijom</p>

Natura 2000 područje	Ciljevi očuvanja
HR2001015 Pregon	<p>Divlje svojte</p> <p><i>Vertigo angustior</i></p> <p><i>Vertigo moulinsiana</i></p> <p>močvarni okaš <i>Coenonympha oedippus</i></p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p>
HR2001016 Kotli	<p>Divlje svojte</p> <p><i>Vertigo angustior</i></p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p> <p>Stanišni tipovi</p> <p>NATURA kod stanišni tip</p> <p>6510 Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i>, <i>Sanguisorba officinalis</i>)</p>
HR2001017 Lipa	<p>Divlje svojte</p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p>
HR2001146 Radota špilja	<p>Stanišni tipovi</p> <p>NATURA kod stanišni tip</p> <p>8310 Špilje i jame zatvorene za javnost</p>
HR2001235 Račic – Račićki potok	<p>Divlje svojte</p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p> <p>bjelonogi rak <i>Austropotamobius pallipes</i></p>
HR2001274 Mlaka	<p>Divlje svojte</p> <p>lombardijska žaba <i>Rana latastei</i></p> <p>Stanišni tipovi</p> <p>NATURA kod stanišni tip</p> <p>6510 Nizinske košanice (<i>Alopecurus pratensis</i>, <i>Sanguisorba officinalis</i>)</p>
HR2001304 Žbevnica	<p>Divlje svojte</p> <p>Nerazgranjeni srpac <i>Serratula lycopifolia</i></p> <p>Stanišni tipovi</p> <p>NATURA kod stanišni tip</p> <p>62A0 Istočno submediteranski suhi travnjaci (<i>Scorzoneretalia villosae</i>)</p>
HR2001396 Grdoselski potok	<p>Divlje svojte</p> <p>bjelonogi rak <i>Austropotamobius pallipes</i></p>
HR3000433 Ušće Mirne	<p>Stanišni tipovi</p> <p>NATURA kod stanišni tip</p> <p>1140 Muljevita i pješćana dna izložena zraku za vrijeme oseke</p> <p>1110 Pješćana dna trajno prekrivena morem</p>

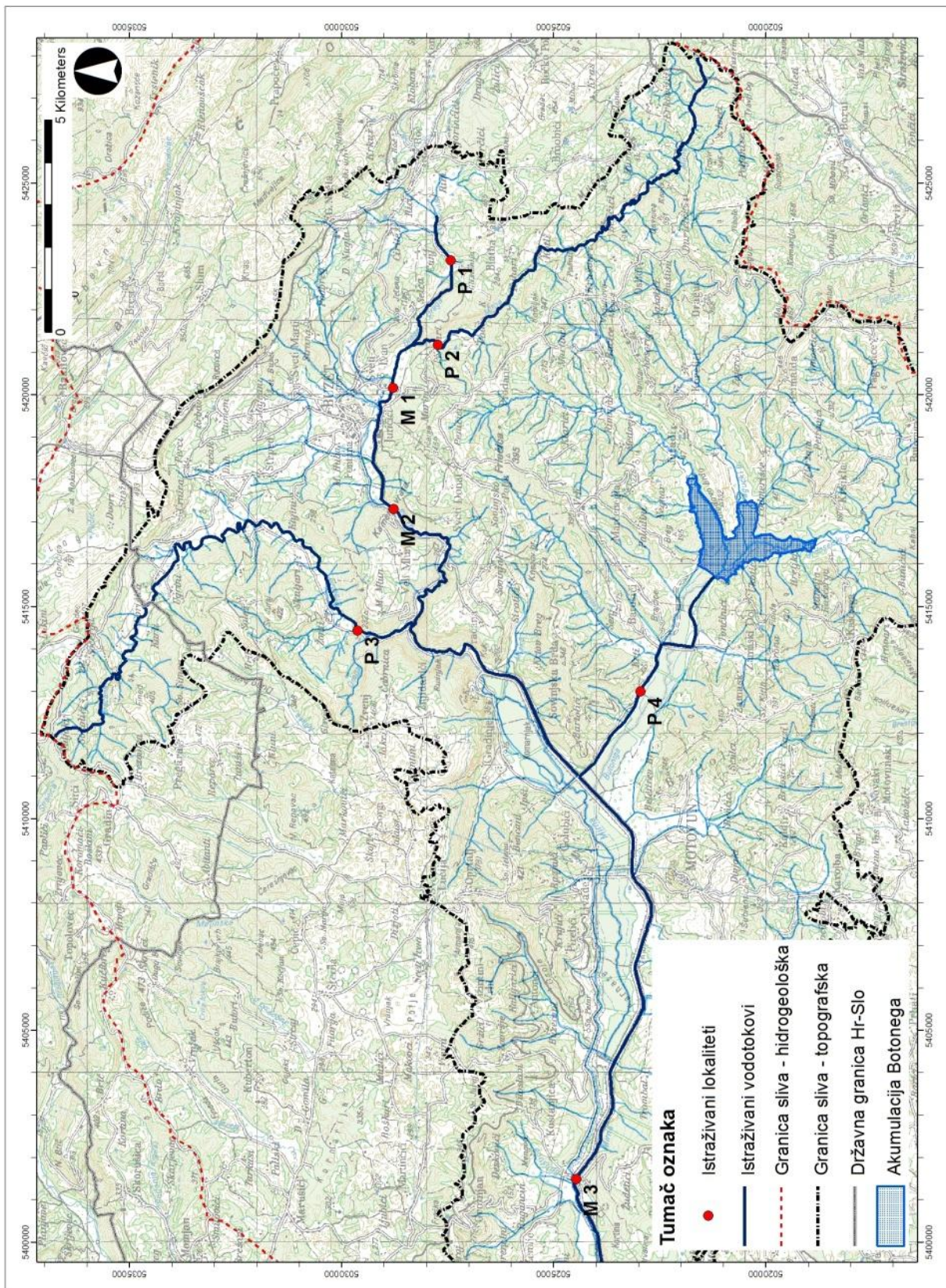
Natura 2000 područje	Ciljevi očuvanja	
	1130	Estuarij
	1420	Meditranska i termoatlantska vegetacija halofilnih grmova (<i>Sarcocornetea fruticosi</i>)



Slika 1.1.5.3. Prijedlog Natura 2000 područja u RH na području sliva rijeke Mirne (Tablica 1.1.5.12, izvor podataka: DZZP, 30.10.2012)

1.2. Opće biološke značajke

1.2.1. Pregled stanja flore i faune



Slika 1.2.1. Istraživano područje sliva rijeke Mirne

Tablica 1.2.1. Koordinate i nadmorska visina istraživanih lokaliteta u slivu rijeke Mirne

Šifra	Naziv lokacije	Koordinate mjernog mjesta u Gauß-Krüger sustavu (5. z.)		Visina (m n.m.)
		x	y	
P 1	Draga	5423174	5027433	192
P 2	Rečina	5421278	5027932	79
P 3	Bračana	5414428	5029629	28
P 4	Butoniga	5412995	5022955	21
M 1	Mirna - Izvorište Rečica	5420160	5028781	49
M 2	Mirna - Kamenita vrata	5417298	5028773	31
M 3	Mirna - Portonski most	5401480	5024467	7

1.2.1.1. Flora

Pregledom baze podataka Flora Croatica nisu utvrđeni dosadašnji nalazi makrofitskih svojti za istraživane postaje, dok su pregledom postojeće literature ustanovljena prijašnja floristička istraživanja u svrhu ocjene biološke kakvoće na rijeci Mirni. S obzirom da su prijašnja uzorkovanja većinom rađena na drugim postajama na rijeci Mirni, a kao rezultati navedenih istraživanja uglavnom se ne navode makrofitske svojte, već elementi priobalne vegetacije (Habdija i sur., 2008), tumačenju dobivenih rezultata može doprinijeti samo uzorkovanje na Portonskom mostu iz 2009. godine (Tablica 1.2.1.1) (Alegro, 2011).

Tablica 1.2.1.1. Popis biljnih svojti zabilježenih tijekom uzorkovanja na Portonskom mostu 2009. godine (Alegro, 2011)

Svojta	Gustoća
<i>Carex buekii</i> Wimm	2
<i>Mentha aquatica</i> L.	2
<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser	3
<i>Rubus caesius</i> L.	3
<i>Ranunculus repens</i> L.	1
<i>Stachys palustris</i> L.	1
<i>Iris pseudacorus</i> L.	1
<i>Salix purpurea</i> L.	1
<i>Lythrum salicaria</i> L.	1
<i>Carex acuta</i> L.	1
<i>Ranunculus ficaria</i> L.	1

Sliv rijeke Mirne pripada Primorskoj subregiji Dinarske ekoregije za koju se navode slijedeće referentne zajednice (Alegro, 2011):

1. u nizinskim i prigorskim malim tekućicama
 - tipovi zajednica bez makrofitske vegetacije i
 - *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* tip,
2. u nizinskim srednje velikim tekućicama
 - *Sparganium emersum* zajednica te
3. u povremenim tekućicama
 - *Berula* – *Nasturtium* tip

Terenskim obilaskom istraživanih postaja utvrđene su tri referentne (ili potencijalne referentne) zajednice:

1. *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica*

- postaje: Draga, Bračana i Butoniga te Izvorište Rečica i Kamenita vrata na Mirni

Zajednica *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* svojstvena je za izvorišta, gorske i prigorske vodotoke s manje-više stabilnim vodostajem, odnosno vodotoke koji ne presušuju. Premda obje vrste mahovina imaju široku ekološku amplitudu, težište njihove rasprostranjenosti je u hranjivim tvarima siromašnim i neopterećenim vodama te se može smatrati referentnom zajednicom brzih vodotoka. Općenito, ovu zajednicu čini više vrsta, iako se neke od njih mogu pojavljivati s malom abundancijom.

U brdskim, brzim vodotocima na vrlo dobro stanje (klasa 1) ukazuje izostanak pokazatelja poremećaja ili njihovo vrlo rijetko, pojedinačno pojavljivanje. Kod dobrog stanja (klasa 2) pokazatelji poremećaja javljaju se umjereno, dok njihova kodominacija upućuje na umjereno stanje (klasa 3). Pojavljivanje ove zajednice u nizinskim rijekama ukazuje na promijenjenu hidromorfologiju, odnosno na umjetno povećanu brzinu rijeke te, ukoliko se razvijaju čiste sastojine ove zajednice bez predstavnika drugih morfoloških tipova, indiciraju vrlo loše stanje vodotoka (klasa 5). U posljednjem slučaju, zajednica ne indicira povećanu količinu hranjivih tvari, već povećanu brzinu toka.

Unutar manjih vodotoka za koje je karakteristično znatno kolebanje vodostaja, onemogućen je opstanak mnogih vodenih vrsta stoga zajednicu najčešće čine samo vodene mahovine *Fontinalis antipyretica* i *Platyhypnidium riparioides*, dok se druge vrste pojavljuju sporadično i pojedinačno. Siromašan sastav biljnih zajednica u ovom slučaju posljedica je prirodne hidrologije, a ne negativnog antropogenog utjecaja (Alegro, 2011).

Skupina A (vrste referentne zajednice i one koje ukazuju na dobro stanje vodotoka)

Uz *Platyhypnidium riparioides* i *Fontinalis antipyretica* razvija se i niz drugih vrsta mahovina kao npr. *Cinclidotus aquaticus*, *C. fontinaloides*, *C. danubicus*, *Cratoneuron filicinum*, *Palustriella commutata*, *Hygrohypnum luridum*, *Leptodictium riparium* i dr. Vrste po kojima je zajednica nazvana ne moraju nužno biti dominantne, tako da postoje vodotoci (tj. dijelovi vodotoka) u kojima je dominantan npr. *Cinclidotus aquaticus*, *Cratoneuron filicinum* ili neka druga vrsta (Alegro, 2011).

Skupina C (vrste pokazatelji poremećaja)

Za navedenu zajednicu, indikatorima poremećaja smatraju se dugonitaste vrste roda *Cladophora*, „mali“ mrijesnjaci (*Potamogeton pectinatus*, *P. crispus*, *P. pussilus*, *P. berchtoldii*, *P. trichoides*, *Zanichellia palustris*), *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* i *C. submersum* te *Leptodictium riparium*.

Kao pokazatelji potamalizacije pojavljuju se unutar zajednice *Sparganium emersum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton natans*, *Glyceria maxima*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*, *Sparganium erectum* agg., *Typha latifolia*, *Glyceria fluitans* agg. i sve ostale vrste sporijih i mirnih voda, te helofiti (Alegro, 2011).

2. *Sparganium emersum*

- postaje na Mirni: Izvorište Rečica, Kamenita vrata i Portonski most.

Zajednica *Sparganium emersum* svojstvena je za nizinske male i srednje velike tekućice Dinaridske i Panonske ekoregije na različitim podlogama. Jedna je od najbogatijih zajednica vrstama i morfološkim tipovima. Premda je u izvornom obliku ova zajednica vrlo bogata, i u slučaju da ju čini manji broj vrsta također može odgovarati referentnom stanju ukoliko se među vrstama nalaze i tzv. pokazatelji dobrog stanja, odnosno vrste koje svoj ekološki optimum imaju u oligotrofnim i slabo eutrofnim vodama, dok su pokazatelji poremećaja u ovoj zajednici vrste koje se masovno razvijaju u jako eutrofnim do politrofnim vodama.

Vrlo dobro stanje (klasa 1) indicirat će dominacija vrsta *Sparganium emersum* zajednice, visok udio pokazatelja dobrog stanja i još nekoliko drugih morfoloških oblika. Kod dobrog stanja (klasa 2) smanjit će se opća bioraznolikost u smislu da će broj drugih morfoloških tipova biti sveden na dva tipa, dok će se kod umjerenog stanja pojavljivati samo jedan dodatni morfološki tip. Za prve tri klase svojstven je visok udio pokazatelja dobrog stanja, a broju dodatnih morfoloških tipova ne pridonose pokazatelji poremećaja. Kod lošeg stanja (klasa 4) dodatni morfološki oblici mogu u potpunosti izostati, a vrste karakteristične za zajednicu grade monodominantne sastojine s ukupnom pokrovnošću većom od 25%. Vrlo loše stanje (klasa 5) karakteriziraju monodominantne sastojine neke od vrsta ove zajednice s pokrovnošću manjom od 25%. Degradacijom ove zajednice mogu nastati i drugi tipovi zajednica koji se ni u kojem tipu vodotoka ne mogu smatrati referentnim (Alegro, 2011).

Skupina A (vrste referentne zajednice i one koje ukazuju na dobro stanje vodotoka)

Zajednica se redovno prepoznaje po vrstama *Nuphar lutea*, *Potamogeton natans*, *P. lucens* i *P. perfoliatus* te *Sparganium emersum*, *Sagittaria sagittifolia* i *Nymphaea alba* (Alegro, 2011).

Među pokazatelje dobrog stanja ubrajaju se vrste koje svoj ekološki optimum imaju u oligotrofnim i slabo eutrofnim vodama, između ostalog *Callitriche hamulata*, svojte porodice *Characeae* (*Chara* spp., *Nitella* spp., *Nitellopsis obtusa* i *Tolypela* sp.), *Lemna trisulca*, *P. gramineus*, *Riccia fluitans*, *Utricularia* spp., *Hippuris vulgaris* i *Juncus bulbosus* (Alegro, 2011).

Skupina C (vrste pokazatelji poremećaja)

Na poremećaj u navedenoj zajednici ukazuju dugonitaste vrste roda *Cladophora*, *Potamogeton pectinatus*, *P. crispus*, *P. pussilus* i *P. berchtoldii* te *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* i *C. submersum* i *Leptodictium riparium*.

Među pokazatelje potamalizacije ubrajaju se svojte *Lemna minor*, *L. gibba* i *L. minuta*, *Spirodela polyrhiza*, *Salvinia natans*, *Glyceria maxima*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis*, *Sparganium erectum* agg., *Typha latifolia*, *Glyceria fluitans* agg. i ostale helofitne vrste.

Pokazatelji ritralizacije su uvijek vrste koje dolaze u zajednicama brzih voda u odnosu na istraživanu zajednicu – u zajednici *Sparganium emersum* to svojte *Myriophyllum spicatum*,

Ranunculus fluitans, *R. peltatus* i *R. trichophyllus* ukoliko su kodominantni ili dominantni (Alegro, 2011).

3. Tipovi bez makrofitske vegetacije

- Rečina

U referentnom stanju makrofitska vegetacija prirodno izostaje ukoliko se radi o vrlo zasjenjenim potocima i to najčešće na silikatnoj podlozi ili ukoliko su potoci bujični s vrlo krupnim supstratom, stijenama i kamenjem ili velikim valuticama na kojima bujični tok onemogućuje naseljavanje makrofita. U svim ostalim tipovima voda nedostatak makrofita upućuje na teške poremećaje i odgovara vrlo lošem stanju (klasa 5) (Alegro, 2011).

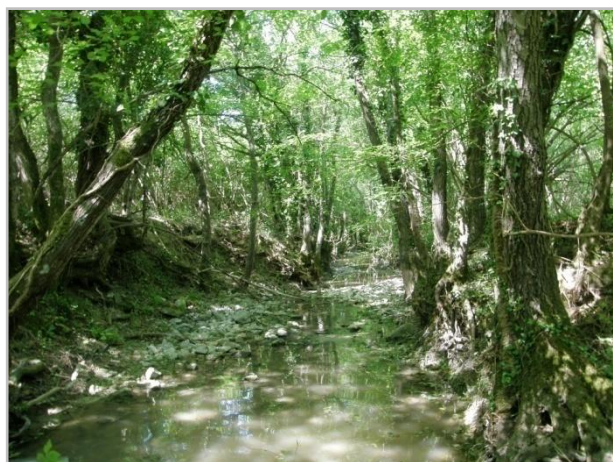
1.2.1.1.1. Draga (P1)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok Drage uvršten je unutar klase gornjih i srednjih tokova turbulentnih vodotoka (zona epiritrona i metaritriona) (NKS kôd A.2.3.1.1.) za koje je karakterističan turbulentan i nepravilan protok, stjenovita do valutičasta podloga te male dnevne i godišnje varijacije temperature (iako veće nego na izvoru). Obzirom da se radi o bujičnom toku (PUSR Mirne, 2009), obalna vegetacija nije u potpunosti razvijena kao takva, već je uz sam rub toka isprepletano korijenje i grmlje elemenata više šikare, odnosno mlade šumske vegetacije koja obuhvaća elemente redova *Salicetalia purpureae* Moor 1958. i *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. i zasjenjuje obje obale. Mjestimično su na granici toka i šikare pojedinačno razvijene helofitske vrste te elementi sveze *Aegopodion podagrariae* D. Tx.

Kao referentna zajednica određena je *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* zajednica. Obzirom da se radi o izrazito zasjenjenom prigrorskom bujičnom toku sa znatnim kolebanjem vodostaja (Slika 1.2.1.1.1.1. i 1.2.1.1.1.2.), zajednica se na postaji pojavljuje u vrstama siromašnijem obliku. Siromašan sastav zajednice u ovom slučaju vjerojatnije je posljedica prirodne hidrologije i izražene zasjene, a ne negativnog antropogenog utjecaja.



Slika 1.2.1.1.1.1. Pogled prema Draginom mostu na istraživanoj dionici toka na postaji P1



Slika 1.2.1.1.1.2. Tok nizvodno od Draginog mosta na istraživanoj dionici toka na postaji P1

1.2.1.1.2. Rečina (P2)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok Rečine uvršten je također unutar klase gornjih i srednjih tokova turbulentnih vodotoka (zona epiritrona i metaritrone) (NKS kôd A.2.3.1.1.). Obzirom da se radi o bujičnom toku (PUSR Mirne, 2009), obalna vegetacija nije u potpunosti razvijena kao takva, već je uz sam rub toka isprepletano korijenje i grmlje elemenata više šikare, odnosno mlade šumske vegetacije koja obuhvaća elemente redova *Salicetalia purpureae* Moor 1958. i *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. i mjestimično zasjenjuje obje obale. Mjestimično su na granici toka i šikare razvijene pojedinačne helofitske vrste te pojedinačni elementi reda *Magnocaricetalia* i sveze *Petasion officinalis* Silinger.

Obzirom da se radi o prigrorskom bujičnom toku sa znatnim kolebanjem vodostaja te stjenovite podloge na kojoj je onemogućeno naseljavanje makrofita, kao referentna zajednica na postaji određen je tip zajednice bez makrofitske vegetacije (Slika 1.2.1.1.2.1. i 1.2.1.1.2.2.).



Slika 1.2.1.1.2.1. Pogled na uzvodni dio istraživane dionice toka Rečine na postaji P2



Slika 1.2.1.1.2.2. Pogled na nizvodni dio istraživane dionice toka Rečine na postaji P2

1.2.1.1.3. Bračana (P3)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok Bračane uvršten je unutar klase donjih tokova palearktičkih planinskih i nizinskih vodotoka, koji često predstavljaju srednji tok rijeka (zona epiritrona i metaritrone) (NKS kôd A.2.3.1.2.). Obzirom da se radi o bujičnom toku (PUSR Mirne, 2009), obalna vegetacija uglavnom nije u potpunosti razvijena, već je uz sam rub toka isprepletano korijenje i grmlje elemenata više šikare, odnosno mlade šumske vegetacije koja obuhvaća elemente redova *Salicetalia purpureae* Moor 1958. i *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. i mjestimično zasjenjuje obje obale. Mjestimično su na granici toka i šikare razvijene helofitske vrste, odnosno vrste reda *Magnocaricetalia* i sveze *Petasition officinalis* Silinger.

S obzirom da se radi o prigrorskom bujičnom toku sa znatnim kolebanjem vodostaja, kao referentna zajednica određena je *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* zajednica siromašna vrstama. Na samoj postaji uzorkovanja nije uočljiv izrazit antropogen utjecaj na hidromorfologiju toka.



Slika 1.2.1.1.3.1. Pogled na uzvodni plići dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3



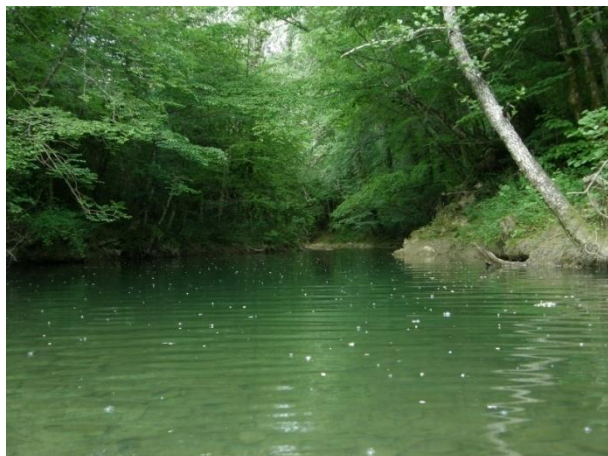
Slika 1.2.1.1.3.2. Pogled na uzvodni dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3



Slika 1.2.1.1.3.3. Pogled na nizvodni dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3



Slika 1.2.1.1.3.4. Pogled uzvodno na dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3



Slika 1.2.1.1.3.5. Pogled na uzvodni dublji dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3



Slika 1.2.1.1.3.6. Pogled na uzvodni plići dio istraživane dionice toka Bračane na postaji P3

1.2.1.1.4. Butoniga (P4)

Vodeni je tok na ovom dijelu antropogenog postanka, kanaliziran i u potpunosti reguliran, s funkcijom odvodno-preljevnog kanala koji povezuje akumulaciju Butoniga s rijekom Mirnom (Slika 1.2.1.1.4.1. i 1.2.1.1.4.2.). Obalna vegetacija se održava redovitom košnjom, a čine je pretežito elementi reda *Magnocaricetalia* pri samom toku, odnosno reda *Arrhetheretalia* na nešto višim položajima. Mjestimično su također razvijeni elementi vrbika (*Salix purpurea* L. i *Salix* cf. *cinerea* L.).

Obzirom na regiju u kojoj se nalazi te širinu toka, kao referentne zajednice mogle bi se očekivati karakteristične zajednice nizinskih i prigorskih malih tekućica te je stoga kao referentna zajednica određena *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica*.



Slika 1.2.1.1.4.1. Pogled nizvodno na istraživanu dionicu toka odvodno-preljevnog kanala Butoniga na postaji P4



Slika 1.2.1.1.4.2. Vegetacija na obalama odljevno-preljevnog kanala Butoniga na postaji P4

1.2.1.1.5. Izvorište Rečica (M1)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok Mirne na ovoj postaji uvršten je djelomično unutar klase gornjih i srednjih tokova turbulentnih vodotoka (zona epiritrona i metaritrone) (NKS kôd A.2.3.1.1.) te klase donjih tokova palearktičkih planinskih i nizinskih vodotoka, koji često predstavljaju srednji tok rijeka (zona epiritrona i metaritrone) (NKS kôd A.2.3.1.2.). Tok je na postaji uređen i reguliran (Slika 1.2.1.1.5.1. i Slika 1.2.1.1.5.2.). S obzirom na lokaciju postaje, kao referentne zajednice mogle bi se očekivati karakteristične zajednice nizinskih i prigorskih malih tekućica te je stoga kao referentna zajednica određena zajednica *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica*.

Obalna vegetacija se održava redovitom košnjom, a čine je pretežito elementi reda *Magnocaricetalia* pri samom toku, odnosno reda *Arrhenatheretalia* na nešto višim položajima.



Slika 1.2.1.1.5.1. Pogled nizvodno na istraživanu dionicu toka Mirne na postaji M1 (Izvorište Rečica)



Slika 1.2.1.1.5.2. Pogled uzvodno na istraživanu dionicu toka Mirne na postaji M1 (Izvorište Rečica)

1.2.1.1.6. Kamenita vrata (M2)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok Mirne na ovoj postaji uvršten je unutar klase donjih tokova palearktičkih planinskih i nizinskih vodotoka, koji često predstavljaju srednji tok rijeka (zona epiritrona i metaritriona) (NKS kôd A.2.3.1.2.). I na ovoj postaji tok je uređen i reguliran (Slika 1.2.1.1.6.1.), a kao referentna zajednica uzeta je također zajednica *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica*.

Obalna vegetaciju na postaji se održava košnjom pa je pretežito čine elementi reda *Magnocaricetalia* pri samom toku, odnosno reda *Arrhenatheretalia* na nešto višim položajima. Nadalje, djelomično je obrasla u šikaru vrbe (*Salix alba* L.) i kupine (*Rubus* sp.), a zamijećeno je i širenje navedenih vrsta.



Slika 1.2.1.1.6.1. Pogled uzvodno na istraživanu dionicu toka Mirne na postaji M2 (Kamenita vrata)

1.2.1.1.7. Portonski most (M3)

Temeljem Karte staništa Republike Hrvatske (MJ. 1:100.000), tok rijeke Mirne na ovoj postaji uvršten je unutar klase srednjih i donjih tokova sporih palearktičkih nizinskih vodotoka (zona metapotamona i hipopotamona) (NKS kôd A.2.3.2.2.). I na ovoj postaji tok je reguliran (Slika 1.2.1.1.7.1. i 1.2.1.1.7.2.), a kao referentna zajednica uzeta je *Sparganium emersum* zajednica.

Obalna vegetacija se održava redovitom košnjom, a čine je pretežito elementi reda *Magnocaricetalia* pri samom toku, odnosno reda *Arrhenatheretalia* na nešto višim položajima. Mjestimično su također zabilježeni elementi šikara vrba (*Salix purpurea* L. i *Salix alba* L.).



Slika 1.2.1.1.7.1. Pogled uzvodno na istraživanu dionicu toka Mirne na postaji M3 (Portonski most)



Slika 1.2.1.1.7.2. Pogled nizvodno na istraživanu dionicu toka Mirne na postaji M3 (Portonski most)

1.2.1.2. Fauna

1.2.1.2.1. Ribe

Područje Istre karakterizira velika bioraznolikost koja uključuje izuzetno bogatstvo flore i faune. Od posebnog interesa u sklopu ovog istraživanja su vode, prije svega površinski tokovi i njihova ihtiofauna. Rijeka Mirna se posljednjih godina posebice izdvojila kao stanište brojnih endemskih vrsta slatkovodnih riba.

Zabilježene vrste riba 14.-15. svibnja 2011. godine i njihova raspodjela po istraživanim lokalitetima prikazani su u Tablici 1.2.1.2.1. Samo na postaji P1 Draga nije zabilježena niti jedna vrsta riba pa ta postaja niti nije prikazana u navedenoj tablici, a u zadnjem stupcu su za usporedbu dodani podaci uzorkovanja djelatnika PMF-a u Zagrebu 2009. godine na postaji M3 Portonski most (Mrakovčić i sur. (PMF), 2011).

Tablica 1.2.1.2.1. Raspodjela zabilježenih vrsta riba 14.-15.05.2011. po istraživanim lokalitetima duž toka rijeke Mirne (M1-M3) i u donjim tokovima njenih pritoka (P2-P4)


Lokalitet	Šifra Naziv	P2 Rečina	P3 Bračana	P4 Butoniga kanal	M1 Izvorište Rečica	M2 Kamenita vrata	M3 Porton. most	M3 Porton. most (PMF, 2011)
Vrsta								
<i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839		+	+	+	+	+	+	
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)								+
<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)		+	+	+	+	+	+	+
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)			+		+	+	+	+
<i>Phoxinus lumaireul</i> (Schinz, 1840)			+	+	+	+		+
<i>Romanogobio benacensis</i> (Pollini, 1816)						+		
<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)			+	+	+	+		
<i>Alburnus arborella</i> (Bonaparte, 1841)				+				
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)							+	
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)							+	
Ukupno vrsta		2	5	5	5	6	5	4

Tijekom istraživanja ihtiofaune u slivu rijeke Mirne u svibnju 2011. g. otkrili smo malenu populaciju ugrožene vrste krkušice *Romanogobio benacensis*. Vrsta je zabilježena samo na lokalitetu M2 Kamenita vrata u vrlo malenom broju (4 jedinke). Ova vrsta do sada je zabilježena samo za područje slijeva rijeke Po u Italiji, te u rijekama Soči (Isonzo) i Reki u Sloveniji, a ovo je prvi nalaz za područje Hrvatske. Po IUCN kriterijima svrstana je u kategoriju ugroženih (EN) vrsta na globalnom nivou (Slika 1.2.1.2.1) zbog malog područja rasprostranjenosti te drastičnog pada u brojnosti zbog introdukcije vrste *Gobio gobio* u mnoga njezina staništa.



Romanogobio benacensis


range type


 Extant

 Introduced

— national boundaries

- - - subnational boundaries

 lakes, rivers, canals

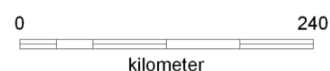
 salt pans, intermittent rivers

data source:
Mediterranean Endemic Freshwater
Fish Red List Workshop, Malaga,
Spain, Dec. 2004 (2004)



gall stereographic central point: 0°, 0°

Map created 10/22/2010



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN.

Slika 1.2.1.2.1. Karta globalne rasprostranjenosti ribe *Romanogobio benacensis* (preuzeto s web stranice IUCN Red List - <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/61343/0>)

Fauna pridonjenih vodenih (bentoskih) beskralješnjaka na istraživanim lokalitetima prikazana je u Tablici 2.1.5.3.1 u Poglavlju 2.1.5.3.

1.2.2. Odabir bioindikatora s prikazom ekoloških zahtjeva

Kao glavni bioindikator, tj. kao glavna ciljane vrsta prema čijim smo biološkim i ekološkim zahtjevima odredili ekološki prihvatljiv protok Mirne i njenih pritoka te minimalne preljevne količine na izvorima, odabrana je riba mren (jadranska ili talijanska mrena), *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839 (slika ribe na naslovnici).

Zabilježena je na svim istraživanim lokalitetima, osim u gornjem toku Drage, jedinom istraživanom području gdje uopće nije zabilježena niti jedna vrsta ribe.

Prema Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006) uvrštena je među ugrožene vrste riba u Hrvatskoj (EN) te je Pravilnikom o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 99/09) uvrštena na popis strogo zaštićenih divljih svojti u Republici Hrvatskoj.

Osnovni podaci o indikatorskoj vrsti ribe:

(Mrakovčić i sur., 2006; Kottelat i Freyhof, 2007; Freyhof i Brooks, 2011; <http://www.ribe-hrvatske.com>; <http://www.fishbase.org>)

Barbus plebejus Bonaparte, 1839

Hrvatsko ime: mren

Englesko ime: Adriatic Barbel, Italian Barbel

Njemačko ime: Südbarbe

Klasifikacija: Red: Cypriniformes
Porodica: Cyprinidae

Morfologija: Leđna peraja: IV tvrde perajne šipčice / 8 mekanih perajnih šipčica
Podrepna peraja: III-IV tvrde perajne šipčice / 5 mekanih šipčica
Prsne peraje: I tvrda šipčica / 15-17 mekanih šipčica
Trbušne peraje: II tvrde perajne šipčice / 8 mekanih šipčica
Repna peraja: 17 šipčica
Broj kralješaka: 42-45
Broj ljustaka u bočnoj pruzi: (62) 65-72 (80)
Broj ljustaka iznad bočne pruge: 11-16
Broj ljustaka ispod bočne pruge: 10-13
Ima dva para brčića.
Dužina njuške je veća od promjera oka.

Maks. veličina: 70.0 cm (mužjak); maksimalna zabilježena masa: 6000 g

- Biologija:** Dugo živuća vrsta koja živi u bistrim tekućim vodama bogatim kisikom sa šljunčanim i pjeskovitim dnom. Voli područja s jakom strujom vode. Mogu biti različitih boja ovisno o okolišu: jedinke koje žive u bistrim vodama imaju plavkasta leđa, srebrni trbuh i žućkaste peraje, dok jedinke koje žive u замуćenim vodama imaju zelenkasta leđa, žućkasti trbuh i ružičaste peraje. Mlade jedinke žive u plovama, dok odrasle, 5-6 godina stare, teže pojedinačnom životu. Aktivnost vrste ovisi o temperaturi, atmosferskom tlaku i sunčanim razdobljima. Vrsta je najaktivnija u sumračnim i noćnim satima. Hrane su uglavnom bentičkim beskraljješnjacima i kukcima, a neke odrasle jedinke koje žive pojedinačno mogu jesti i manje ribe. Mužjaci postaju spolno zreli s 3 godine starosti, a ženke s 4 godine. Mrijeste se od travnja do kolovoza, obično u svibnju i lipnju, u velikim jatima, u kojima su ženke na čelu, a mužjaci ih slijede. Skupljaju se na srednje dubokim šljunkovitim ili pješčanim dnima, gdje ženke odlažu 6000-7000 žućkastih jajašaca koja se prilipepe na kamenje, obično na mjestu gdje je struja vode jaka. Osnovni je uzrok osjetljivosti populacija malen i rascjepkan areal, čemu dodatno pridonosi uništavanje staništa, organsko i anorgansko onečišćenje voda te pretjerani izlov.
- Distribucija:** Jadranski sliv od rijeke Tronto do rijeke Krke (Italija, Slovenija, Švicarska, Hrvatska). U Hrvatskoj dolazi u rijekama Mirni, Raši, Pazinčici, Boljunčici, Zrmanji i Krki.
- Regionalni IUCN status:** ugrožena vrsta (EN)
(Mrakovčić i sur., 2006)
- Globalni IUCN status:** najmanje zabrinjavajuća vrsta (LC)
(IUCN Red List ver. 2012.1; Freyhof i Brooks, 2011)
- Zaštita u RH:** strogo zaštićena vrsta u (NN 99/09)
- Zaštita u EU:** vrsta zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III) i Europskom direktivom o zaštiti staništa (Dodaci II i IV).

1.2.2.1. Ekološki zahtjevi riba biogeografskog područja mrene (Mišetić i sur., 2000)

Osnovni ekološki zahtjevi ovih fitolitofilnih vrsta riba koje ikru odlažu na podvodnom višem bilju u koritu bliže obale ili u slučaju njegovog nedostatka na korijenju više obalne vegetacije uz obalu su u doba:

1. Mriješčenja

- dubina vode treba biti:
 - veća od visine tijela matice; a uglavnom se kreće između 20 i 45 cm (prosjek 35 cm)
- brzina vode treba biti kod 0,6 m dubine:
 - uglavnom se kreće između 35 i 50 u cm/s (prosjek 40 cm/s)
- temperatura vode treba biti:
 - između 4 i 17 °C; optimum oko 14°C

2. Mlađ

- dubina vode treba biti:
 - oko 30 cm
- brzina vode treba biti:
 - između 6 i 20 cm/s
- temperatura vode treba biti:
 - između 4 i 18 °C: optimum oko 15°C

3. Odrasli oblici

- dubina vode treba biti:
 - uglavnom se kreće između 20 i 45 cm
- brzina vode treba biti:
 - uglavnom se kreće između 35 i 50 cm/s
- temperatura vode treba biti:
 - između 4 i 20 °C

Pošto se prema dostupnim literaturnim podacima (Mrakovčić i sur., 2006; Kottelat i Freyhof, 2007; Freyhof i Brooks, 2011 <http://www.ribe-hrvatske.com>; <http://www.fishbase.org>) veličina i masa mrenea (*Barbus plebejus*) kreće između 60 i 70% veličine i mase mrenea (*Barbus barbus*) sve ciljane dubine vode za potrebe ovog projekta smo smanjili s prosječnih 30-35 cm za mrenea na prosječnih 21-25 cm za mrenea.

2. ANALIZA STANJA I ODABIR PODLOGA

2.1. Analiza i ocjena stanja voda

2.1.1. Procjena utjecaja postojećih i planiranih regulacija vodotoka na režim otjecanja voda u slivu rijeke Mirne i životne zajednice vodotoka i obalnih područja

Za površinske vodotoke u slivu Mirne veličine protoka variraju tijekom godine, od presušivanja u gornjem toku Mirne u ljetnom razdoblju pa do protoka od preko 250 m³/s u zimskom razdoblju. Na vodotocima su izgrađeni brojni hidrotehnički objekti, te su izvedene regulacije prirodnog toka s ciljem zaštite od poplava.

Regulacijski radovi na Mirni započeli su još krajem 19. stoljeća, a značajniji radovi u cilju obrane od poplava poljoprivrednih površina u dolini Mirne su se odvijali u prvoj polovici 20. stoljeća. Tako je već prije I. svjetskog rata regulirana dionica vodotoka na donjoj Mirni. 70-ih godina prošloga stoljeća ulažu se znatna sredstva u regulacijske i melioracijske radove na slivu Mirne i to uglavnom vezane za glavni vodotok i melioracijske površine uz njega.

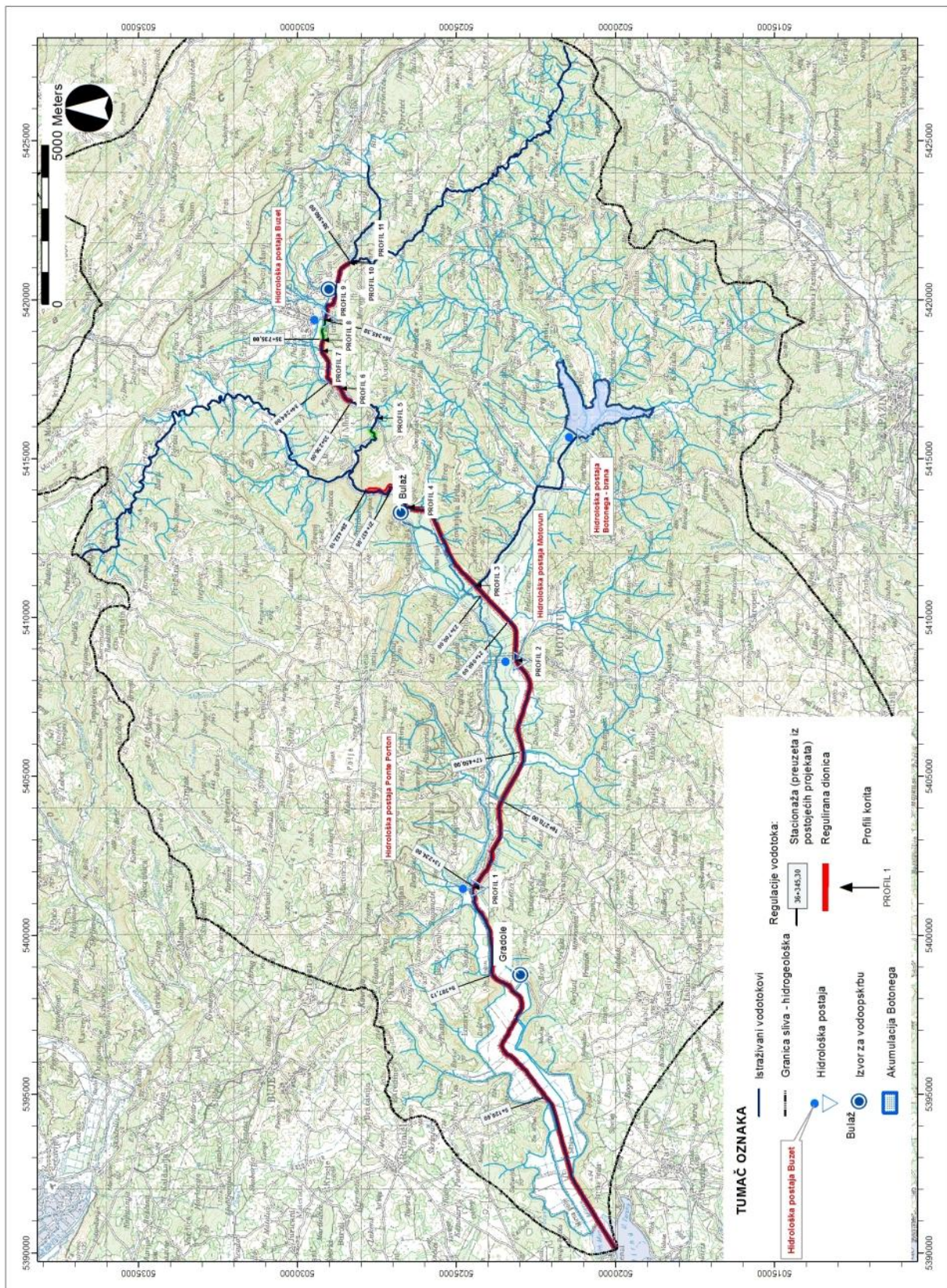
Na Slici 2.1.1.1 prikazane su regulirane dionice. Prema postojećim projektima korito je dimenzionirano na maksimalne protoke 100-godišnjega povratnoga razdoblja, međutim za regulirane dionice nije bilo moguće pouzdano utvrditi jesu li ti radovi izvedeni na osnovi navedenih projekata. S obzirom da do sada nisu pronađeni izvedbeni projekti ili elaborati izvedenoga stanja, rekognosciranjem na terenu odnosno mjerenjem poprečnih profila korita, pokušalo se utvrditi odgovaraju li dimenzije korita približno projektiranome stanju. 2006. godine izmjereno je 20-ak profila uzvodno od Ponte Portona od čega je ovdje obrađeno i na Slici 2.1.1.1 prikazano 11. Mjerenja su obavljena pomoću mjerne vrpce.

Nakon provedenih mjerenja na terenu, utvrđeno je da postoje i geodetski snimci u sljedećim elaboratima:

- Geodetski elaborat poprečnih profila rijeke Mirne od Antenala do Ponte Portona (0+000,00 do 13+215,00) iz 2003. i 2006. godine.
- Geodetski elaborat poprečnih profila rijeke Mirne od Ponte Portona do Istarskih Toplica (13+215,00 do 27+270,00) iz 2004. godine.
- Geodetski elaborat poprečnih profila rijeke Mirne od Istarskih Toplica do utoka Bračane iz 2001. godine.

Geodetskim snimkom obuhvaćeni su profili svakih 500 m, ali nisu obuhvaćene i sve vodne građevine (osim ukoliko se slučajno ne podudaraju s navedenim rasterom od 500 m). Geodetskim snimanjem profila na vodotoku, također je utvrđeno da glavno korito nema u cijelosti karakteristike projektiranoga i izvedenog stanja.

Na cijeloj dužini vodotoka došlo je do promjene u koritu, što je uobičajeno za neobloženo korito. Treba istaknuti da je od vremena izvođenja regulacije prošlo i više od trideset godina. Na profilima gdje je korito obloženo, dimenzije korita odgovaraju stanju izmjerenom na terenu odnosno dimenzijama projektiranim u prethodno navedenim elaboratima (profili 1 do 4) (Slike 2.1.1.2-2.1.1.5).



Slika 2.1.1.1. Regulirane dionice i mjerni profili Mirne

Sam sliv rijeke Mirne načelno možemo podijeliti na: donji (od ušća do Ponte Portona), srednji (od Ponte Portona do Istarskih toplica) i gornji (uzvodno od Istarskih toplica). Kad govorimo o morfološkim obilježjima vodotoka, glavni tok Mirne pripada većim dijelom u umjetne ili jako izmijenjene vode. Sama širina vodotoka uglavnom nema većih oscilacija (osim na pojedinim lokacijama, primjer nizvodno od tvornice Cimos), dok dubina korita u donjem dijelu toka (nizvodno od Ponte Portona) jako oscilira zbog utjecaja plime i oseke (u 2 godine temeljem geodetskih snimaka uočena je razlika u dubini od cca 0,5 m). Najvećim dijelom glavni vodotok je reguliran. Tek manji dio vodotoka je nereguliran.

Donja Mirna obuhvaća područje od utoka Mirne u more kod Antenala do Portonskoga mosta. Ova dionica je u cijelosti regulirana. U većem dijelu doline donje Mirne izgrađeni su i melioracijski sustavi odvodnje: vanjska odvodnja, kanalska, pa i detaljna odvodnja s pojedinim poljoprivrednih površina. S obzirom na uglavnom manje količine oborina (u odnosu na uzvodnije dijelove sliva), pojave velikih voda i plavljenja rezultat su uzvodnih velikih vodnih valova same Mirne. Otegotna je okolnost da s velikim vodama Mirne mogu koincidirati i visoke razine mora.

Prirodno ušće je, izgradnjom nasipa kojim prolazi cesta Poreč – Novigrad i nasipima uz samo korito, suženo te su od prostranog, zamočvarenog ušća stvorena dva lagunarna zaljeva i sužen nekada široki kontakt s Tarskom valom (Slika 2.1.1.2).

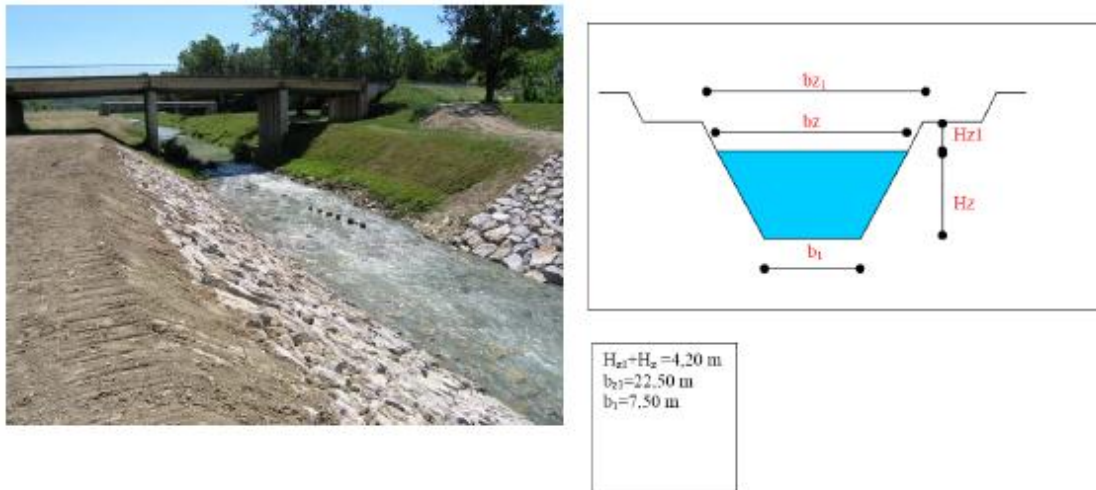


Slika 2.1.1.2. Most Dionizije

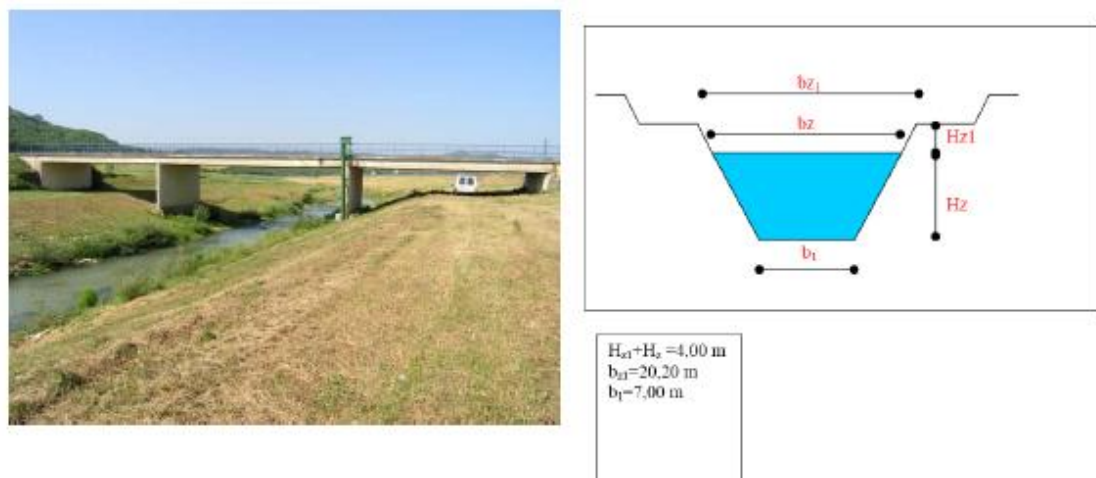
Područje **Srednje Mirne** se proteže od profila Portonski most do reguliranog korita Mirne na početku njezina dolinskog toka u visini Istarskih toplica. Ova dionica je u cijelosti umjetna odnosno predstavlja novo korito u kojeg su usmjerene vode iz područja Motovunske šume u kojoj se nalazi staro korito Mirne (Stara Mirna). Pokosi su zatravljeni (i mjestimično zaštićeni kamenim obaloutvrdama), te se redovito održavaju sezonskom košnjom (jedna do dvije košnje na godinu) kako bi se održala projektirana protočnost korita. Iako je takav način zaštite i održavanja vodotoka sa stanovišta zaštite od poplava djelotvoran, on nažalost ima i negativnih utjecaja na ekosustav koji do sada nije dovoljno istražen. Uz vodotoke nema srednje visoke i grmolike vegetacije, koja bi davala sjenu u vodotoku, čime bi se smanjila bioprodukcija i osigurala prirodna staništa nužna za opstanak pojedinih vrsta riječnih rakova i riba, a ujedno bi duboko korijenje stabiliziralo obalu. Pregrade za zaustavljanje nanosa,

najčešće u gornjim dijelovima bujičnih tokova, potencijalna su barijera za slobodnu migraciju riba, dok je u srednjem toku u ljetnim mjesecima izražen nedostatak vode tj. nema ekološkog minimuma potrebnog za očuvanje riblje populacije.

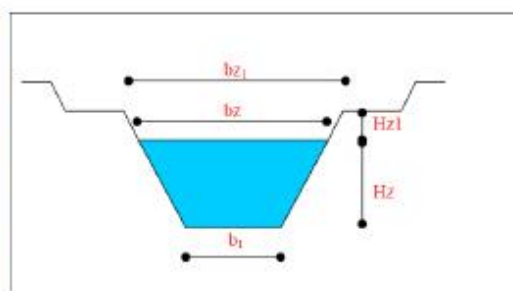
Na Slikama 2.1.1.3-2.1.1.6 prikazani su profili na srednjoj Mirni mjereni 2006. godine.



Slika 2.1.1.3. Profil 1 – Ponte Porton

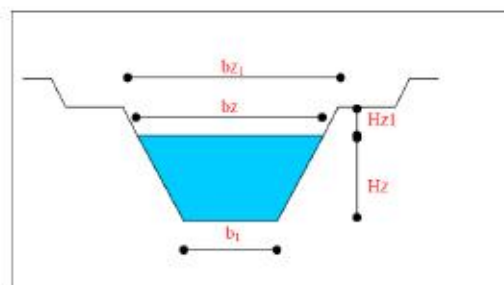


Slika 2.1.1.4. Profil 2 – Motovun



$$\begin{aligned} H_{21} - H_2 &= 3,60 \text{ m} \\ b_{z1} &= 22,70 \text{ m} \\ b_1 &= 6,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Slika 2.1.1.5. Profil 3 – most kod kanala Botonega



$$\begin{aligned} H_{21} - H_2 &= 3,60 \text{ m} \\ b_{z1} &= 20,00 \text{ m} \\ b_1 &= 4,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Slika 2.1.1.6. Profil 4 – most kod Istarskih toplica

Na profilima od 1 do 4 je utvrđeno da dimenzije korita odgovaraju dimenzijama korita prema projektu *Regulacija Mirne i izgradnja ceste od Portonskog mosta do Istarskih Toplica od km 13+223,55 do km 27 + 437,05* (Projektno poduzeće "Projekt", 1965).

Prema navedenom projektu Sadašnja regulacija srednjega toka Mirne izvedena je zajedno s izgradnjom ceste od Ponte Portona do Istarskih toplica 70-ih godina prošloga stoljeća.

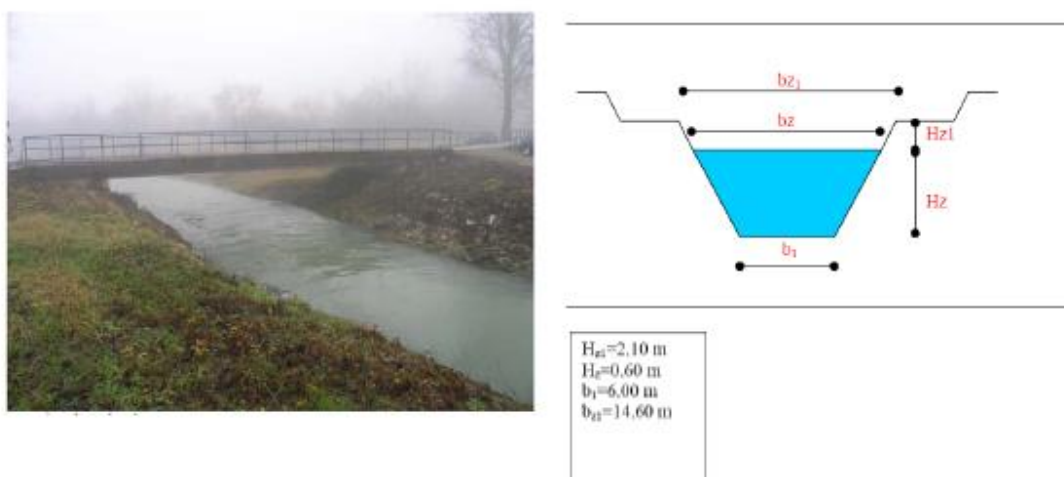
Preregulacijama u ovom dijelu toka rijeke Mirne preusmjereni su tokovi voda u novoregulirano korito koje je nasipom tj. trupom ceste odijeljeno od ostalog dijela doline, a staro je korito Mirne u srednjem dijelu toka ostalo izvan funkcije. Napušteno korito rijeke Mirne je cestama i nasipima pregrađeno u tri područja bez kontinuiteta protoka. Prvi dio starog toka između izvora Bulaž i Mlinskog potoka u dužini od cca 10,2 km danas prihvaća i evakuira preljevne vode izvora Bulaž i površinske vode nizinskog sliva područja. Vodni se valovi iz izvora Bulaž nakon evakuacije obuhvatnim kanalom "Bulaž" prelijevaju u korito "Stare Mirne". Nakon 3 km izvorske vode ulaze (kontrapragom) u regulirano korito bujice Gradinje, koja navedene izvorske vode zajedno s vodnim valovima iz vlastitog sliva evakuira u regulirano korito rijeke Mirne kod Senjskog mosta.

Drugi dio starog toka u dužini od cca 2,7 km ne prihvaća nikakve slivne ili izvorske vode, jer je zatvoreno sa tri strane, nasipima cesta i obuhvatnim kanalom Srednja Mirna. U korito ulaze samo površinske vode koje se prikupljaju nakon kiše, tako da je korito pretvoreno u retenciju površinskih voda koja se u sušnom razdoblju pretvaraju u baru.

Zadnja dionica starog toka u dužini od cca 4,5 km između ceste i utoka u Mlinski potok, također evakuira samo površinske vode iz nizinskog dijela tog područja, jer je i navedeno područje zatvoreno. Za vrijeme visokih vodostaja u koritu rijeke Mirne, vodni valovi se preko Mlinskog potoka prelijevaju povratno u korito "Stare Mirne" i poplavljuju poljoprivredne i šumske površine u zaobalju, dok u sušnom razdoblju navedena dionica vodotoka postaje bara.

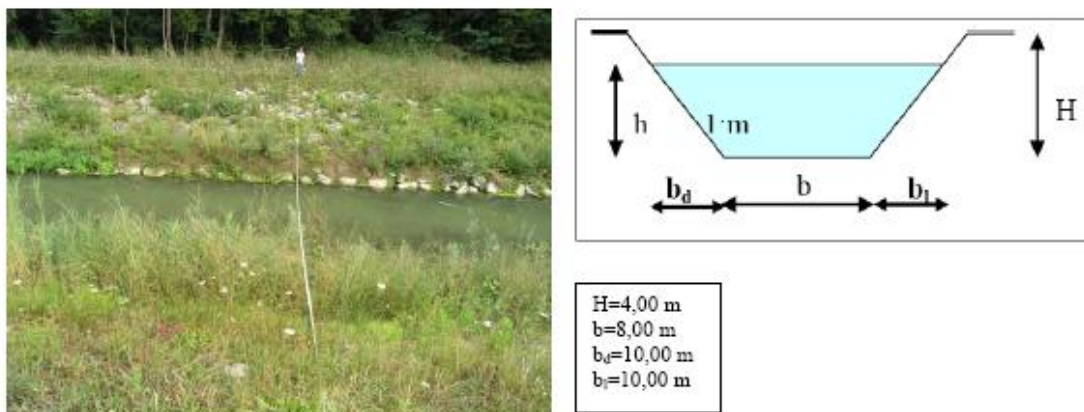
U području Srednje Mirne izgrađena je i akumulacija Botonega. Izgradnja jednog takvog objekta nužno je za posljedicu imala i potpuno izmijenjen vodni režim samog vodotoka Botonega. Korito Botonege nizvodno od brane djelomično je napušteno, a dio koji je u funkciji spojen je s novim regulacijskim kanalom. Pored neospornih pozitivnih utjecaja na zaštitu od poplava nizvodnog dijela sliva, prisutni su i negativni efekti poput prisustva šarana i štuke zbog antropogenog utjecaja odnosno poribljavanja akumulacije tim vrstama.

Gornja Mirna obuhvaća područje uzvodno od Istarskih toplica. Glavni tok od spoja Drage i Rečine do naselja Veli Mlun je reguliran, sa zatravnjenim pokosima koji se kose u određenim godišnjim ciklusima. Takav način održavanja (koji se primjenjuje na cijelom toku rijeke Mirne) omogućava relativno dobru protočnost korita, ali nepovoljno djeluje na staništa živih organizama u i oko vodotoka. Neregulirana je ostala dionica od naselja Veli Mlun nizvodno do Istarskih toplica, a to je upravo i jedna od najugroženijih dionica u gornjem dijelu sliva. Kako trup ceste Buzet-Ponte Porton tvori i desni nasip Mirne, na ovoj dionici je cesta mjestimično niža i od kota 20-godišnjih velikih voda, pa je to mjesto gdje dolazi do izlivanja vode iz korita i plavljenja ceste. Na Slikama 2.1.1.7-2.1.1.12 prikazani su profili na gornjoj Mirni mjereni 2006. godine.



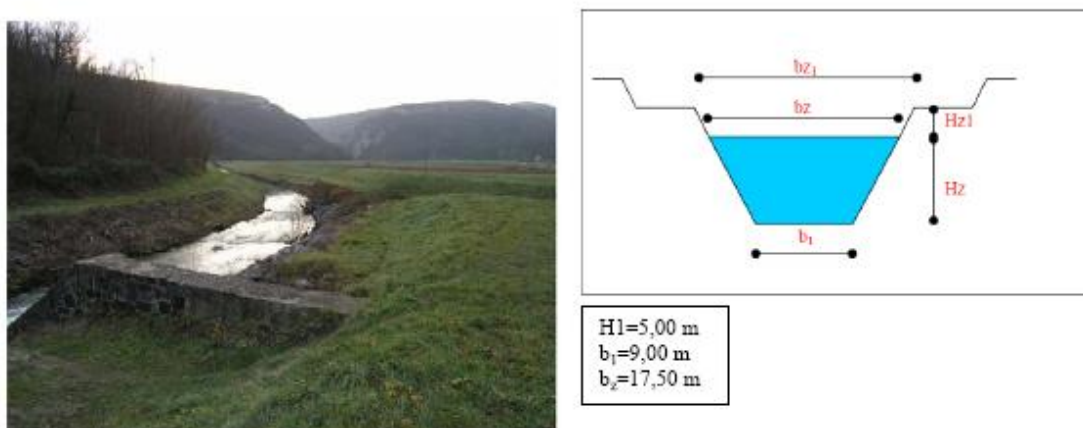
Slika 2.1.1.7. Profil 5 – most nizvodno od utoka bujice Žudeka

Mjerenje profila 5 obavljeno je na nereguliranoj dionici.



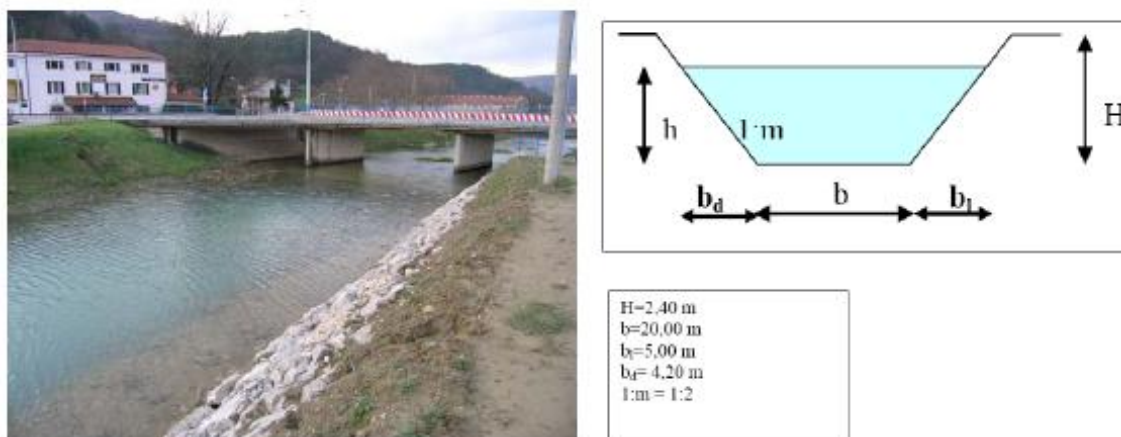
Slika 2.1.1.8. Profil 6 – Kamenita vrata

Postojeće stanje korita na profilu 6 (temeljem terenskoga mjerenja), odstupa od podataka iz projekta *Regulacija rijeke Mirne od km 33+236,00 do km 34+264,00* (Vodoprivreda d.o.o. Novigrad, Antenal 1997).



Slika 2.1.1.9. Profil 7 – nizvodno od utoka Male Hube

Postojeće stanje korita na profilu 7 (temeljem terenskoga mjerenja) odstupa od podataka iz projekta *Rekonstrukcija rijeke Mirne od km 34+116,30 do km 35+735,00* (Opće vodoprivredno poduzeće Rijeka, 1974).

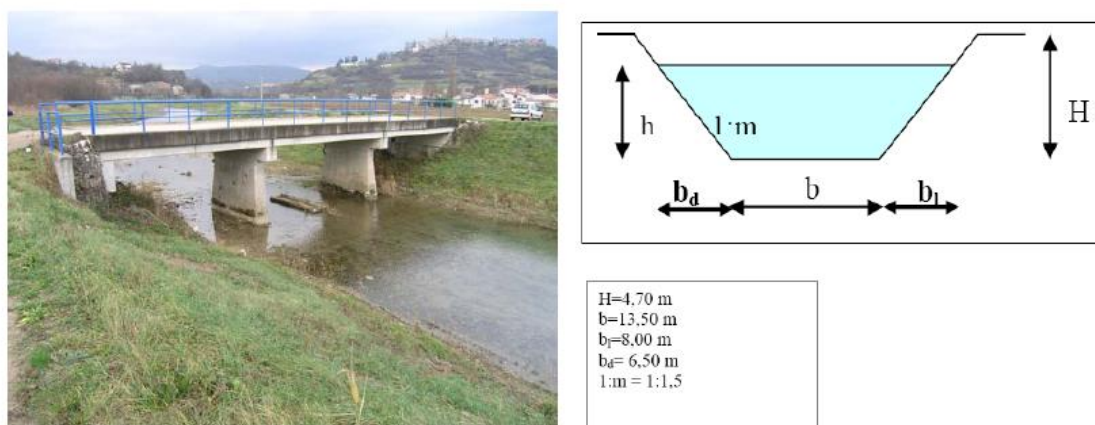


Slika 2.1.1.10. Profil 8 – most u Buzetu

Profil 8 je reguliran prema projektu *Rekonstrukcija rijeke Mirne od km 34+116,30 - 35+735,00* (Opće vodoprivredno poduzeće Rijeka, 1974).

Za utok bujice Rečica u Mirnu (između profila 7 i 8) izrađen je glavni projekt *Rekonstrukcija utoka "Rečice" u Mirnu* (Javno vodoprivredno poduzeće "Hrvatska vodoprivreda" Rijeka, 1994), ali uvidom na terenu ustanovljeno je da nije izveden.

Dionica Mirne od km 36+345,30 do km 38+580,00 regulirana je za vrijeme talijanske administracije (prije II. svjetskoga rata).

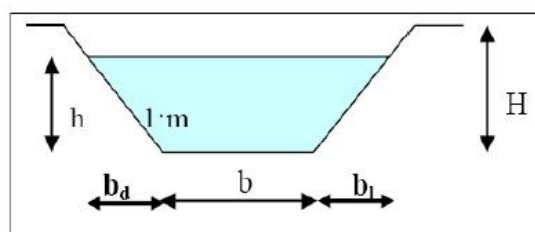


Slika 2.1.1.11. Profil 9 – most kod Istarskog vodovoda

Od profila br. 9 do 300 m nizvodno od profila br. 10 počinje regulirani dio gornjega toka Mirne (s 10 vodnih stuba).

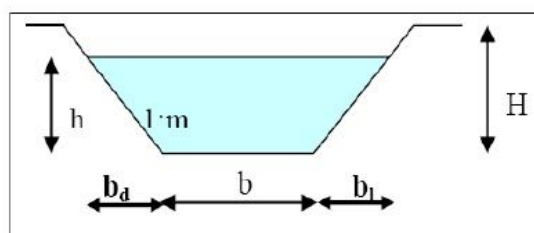


Slika 2.1.1.12. Vodne stube (10) između profila br. 9 i 10



$H=2,30$ m
 $b=12,50$ m
 $b_l=2,00$ m
 $b_d=4,50$ m
 $1:m = 1:1,5$

Slika 2.1.1.13. Profil 10 – nakon utoka Drage i Rečine



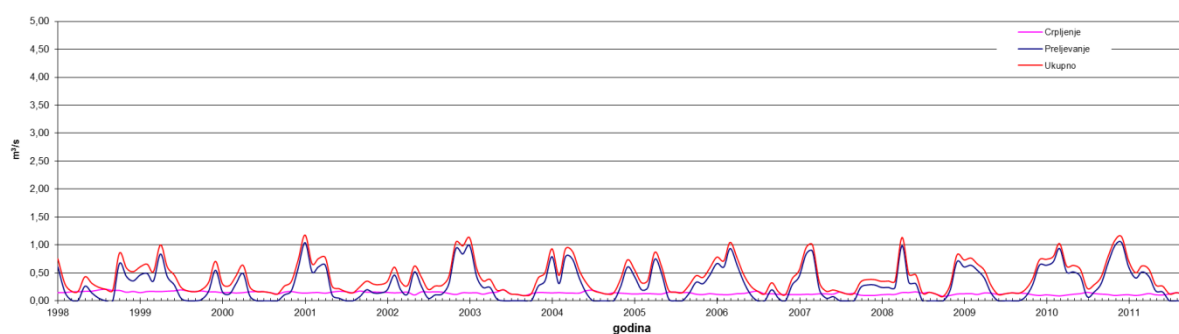
$H=2,50$ m
 $b=14$ m
 $b_l=3,00$ m
 $b_d=3,00$ m
 $1:m = 1:1,5$

Slika 2.1.1.14. Profil 11 – utok Rečine u Mirnu (neregulirani spoj bujica Draga i Rečina)

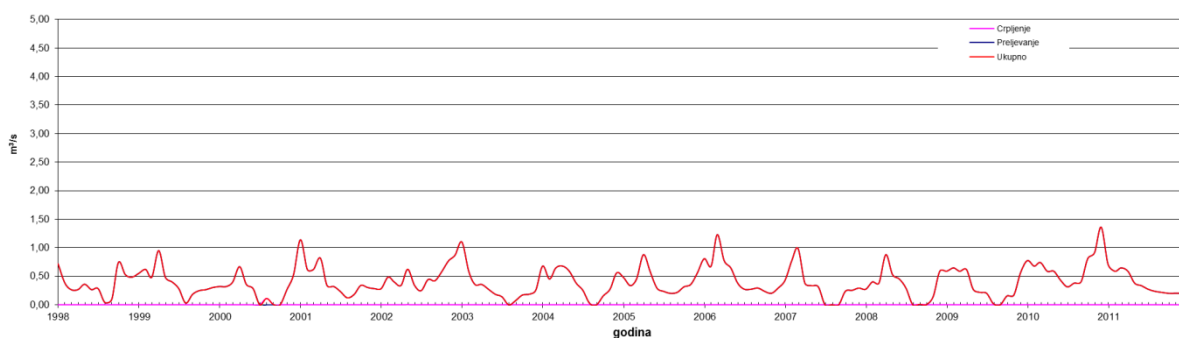
Iz svega gore navedenog očito je da su hidromorfološke promjene dovele do značajnih promjena i degradacija u promatranom području. Proces degradacije nažalost još uvijek nije završen, te je nužno dosadašnji način rada prilagoditi novim zahtjevima i potrebi očuvanja prirode. Mjere kojima će se poboljšati prirodno stanje u vodotoku ne smiju pogoršati stanje u obrani od poplava. Stoga je postavljen krajnji cilj zaštite od poplava na način da se što manje utječe na režim tečenja u razdoblju malih protoka uz zadržavanje velikih vodnih valova u retencijama smještenim u gornjim dijelovima sliva Mirne (na Rečini i Bračani).

2.1.2. Procjena utjecaja postojećeg i planiranog korištenja voda na režim otjecanja voda u slivu rijeke Mirne i životne zajednice vodotoka i obalnih područja

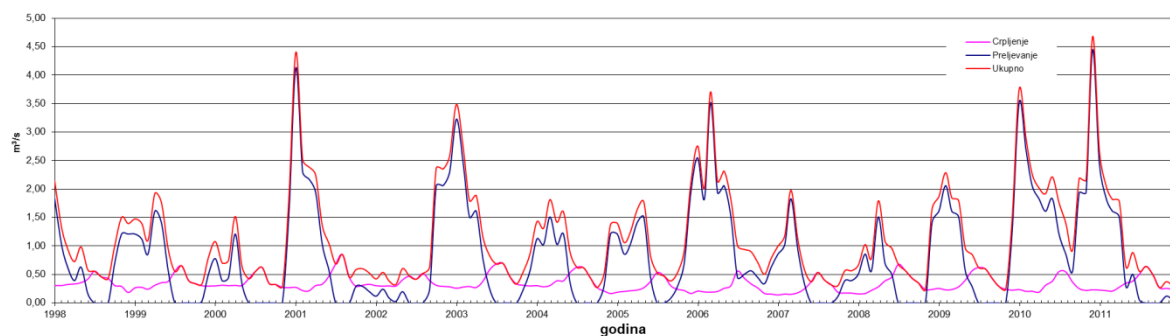
Postojeće korištenje vode koje ima utjecaj na režim otjecanja voda u slivu Mirne je korištenje vode za vodoopskrbu. U poglavlju 1.1.4.1. je detaljno obrađeno postojeće stanje vodoopskrbe. Iz Tablica 1.1.4.1.1 i 1.1.4.1.3 za izvore Sv. Ivan i Gradole vidljivo je da se u ljetnom razdoblju crpi gotovo sva količina vode i nema prelijeva u rijeku Mirnu za koju je to jedini mogući izvor prihranjivanja u sušnim ljetnim razdobljima. Za izvor Bulaž na kojem se crpe manje količine i to povremeno takva pojava nije toliko izražena (Tablica 1.1.4.1.2). Postojeće korištenje vode iz akumulacije Botonega je takvo da se ne ispušta projektirani biološki minimum od 50 l/s u regulirano korito Botonege pa samim time niti u rijeku Mirnu (*Akumulacija Botonega, Upravljanje i korištenje, Hrvatske vode, 2005*).



Slika 2.1.2.1. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m^3/s) izvora Sv. Ivan za niz 1998.–2011. g.



Slika 2.1.2.2. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1998.–2011. g.



Slika 2.1.2.3. Minimalne mjesečne vrijednosti crpljenja, prelijevanja i ukupne izdašnosti (m^3/s) izvora Gradole za niz 1998.–2011. g.

Planiranim korištenjem voda izvorišta Sv. Ivan i Gradole za vodoopskrbu neće doći do promjena u odnosu na postojeće stanje budući da već sada tijekom sušnog razdoblja nema preljeva u rijeku Mirnu. Planiranim korištenjem, odnosno transportom vode cjevovodima iz izvora Bulaž do akumulacije Botonega (projekt u izradi) doći će do utjecaja na režim otjecanja budući da se to izvorište sada povremeno koristi i skoro sve njegove preljevne vode odlaze u rijeku Mirnu. Kod izgradnje planiranoga cjevovoda treba voditi računa o tome da dio preljevnih voda i dalje otječe u Mirnu. Planiranim korištenjem vode iz akumulacije Botonega također neće doći do promjene u odnosu na postojeće stanje budući da se ni danas ne ispušta dio vode iz akumulacije u regulirano korito vodotoka Botonega pa samim time niti u rijeku Mirnu.

Planiranim korištenjem voda za navodnjavanje utjecat će se na režim otjecanja voda u rijeku Mirnu izgradnjom planiranih akumulacija, ali ne nužno negativno jer se planira akumuliranje voda u razdoblju visokih voda, a prilikom daljnjeg projektiranja treba razmotriti i mogućnost korištenja odnosno ispuštanja akumulirane vode u sušnom razdoblju u svrhu osiguranja ekološki prihvatljivoga protoka u rijeci Mirni.

Planiranim korištenjem voda za golf igrališta odnosno golf igralište Brkač utjecat će se na režim otjecanja voda u rijeku Mirnu izgradnjom planiranih akumulacija, ali ne negativno jer se planira akumuliranje voda u razdoblju visokih voda i osiguranje ekološki prihvatljivoga protoka u sušnim razdobljima. Zbog nedostataka hidroloških podataka i proračuna na osnovu analogije sa susjednim, sličnim slivovima postoje i neke nedoumice, ali radi sigurnosti su uzete i određene rezerve u smislu odabira kritičnih vrijednosti tako da se smatra da neće biti problem osigurati ispuštanje od 50 l/s ekološki prihvatljivog protoka bujice Krvar u vodotok pa samim time i u Mirnu.

Do sada nisu izrađeni projekti za male hidroelektrane (MHE) na rijeci Mirni, planirane prema Prostornom planu Istarske županije, a smatra se da ne bi trebale imati utjecaj na režim otjecanja voda u rijeku Mirnu.

2.1.3. Procjena međuodnosa količina i kakvoće voda

Prema Tablicama 1.1.2.2.2, 2.1.5.2.2 i 2.1.5.3.1 te Poglavlju 2.1.5.5 vidi se da mjerne postaje s najmanjom količinom (a i brzinom strujanja) vode, za vrijeme, a očito i određeno vrijeme prije uzorkovanja abiotičkih i biotičkih obilježja, pokazuju lošiju kakvoću vode po većini pokazatelja.

Među prirodnim pritokama rijeke Mirne, **Draga (P1)** pokazuje najslabije stanje (konačna ocjena: **dobro stanje**), kako prema većini bioloških tako i prema većini fizikalno-kemijskih pokazatelja, a što odgovara najmanjoj količini vode zatečenoj na tom lokalitetu, kako dubinom toka, tako i skoro nepostojećom brzinom strujanja male količine vode. Kao dodatni pokazatelj lošijeg stanja na tom lokalitetu, važno je naglasiti da je Draga (P1) jedini lokalitet na kojem uopće nismo zabilježili nikakve ribe, bez obzira na uloženi ribolovni napor. Ipak, potencijalno bi nas mogla začuditi činjenica da postaja Draga (P1) ima najniži indeks saprobnosti prema sastavu makrozoobentoske zajednice (1,60) među svim istraživanim lokalitetima u slivu Mirne.

Pošto je zajednica makrozoobentosa dugoživuća u usporedbi s brzim i kratkim životnim ciklusima mikroskopskih perifitonskih organizama, ne čudi velika suprotnost u indeksima saprobnosti prema makrozoobentosu (1,60) i prema perifitonu (najviši od svih pritoka Mirne - 1,97), koji puno brže reagira i ukazuje na brže i kratkoročnije događaje u ekosustavu. Kao što je bila niska, skoro stajaća i zamućena voda lošije kvalitete u vrijeme našeg uzorkovanja na postaji Draga (P1). Makroskopski beskralješnjaci se također mogu ukopavati unutar samog supstrata tekućice prema dotoku čišće podzemne vode, a perifiton je uvijek najviše gore na samoj površini supstrata, gdje mu dopire najviše potrebne svjetlosti za fotosintezu, a time je ujedno uvijek izložen i neposrednom utjecaju svih tvari trenutno prisutnih u vodi. Također je direktno izložen i oscilacijama u brzini strujanja vode pa ako se ona dosta povisi struja vode lako odnese neke predstavnike perifitona dosta nizvodnije.

Što se tiče usporedbe s ribama, koje su uglavnom nektonski, lako pokretni organizmi na veće udaljenosti, pripadnici makrozoobentosa su također pokretni, ali u puno manjem redu veličine pa oni uglavnom u velikom broju ostaju u vodenom ekosustavu i tokom djelomičnog pogoršanja kvalitete vode, ako ono ne traje predugo i ne slijedi daljnje pogoršanje izvan raspona ekološke valencije preostalih makroskopskih beskralješnjaka.

Nešto bolje ekološko stanje (iako s istom konačnom ocjenom: **dobro stanje**) pokazala je postaja na **Rečini (P2)** sa zatečenom nešto većom količinom vode. Tamo su zabilježene barem dvije vrste riba (obje s popisa vrsta tipske zajednice), dosta raznolikija i osjetljivija zajednica mikrofitobentosa, a i zasićenje vode otopljenim kisikom je bilo dosta veće nego na prethodnoj postaji (P1).

Bračana (P3), jedina od pritoka, uglavnom po svim pokazateljima pokazuje najbolje ekološko stanje (konačna ocjena: **vrlo dobro stanje**), a pošto je poznato da je ona i najznačajniji prtok Mirne, s najvećim dotokom vode, onda ta činjenica jasno ukazuje na povezanost bolje kakvoće vode s većim dotokom kvalitetnije vode s uzvodnijih područja.

Od strane čovjeka potpuno izmijenjena pritoka **Butoniga (P4)** danas predstavlja regulirani odvodni kanal akumulacije Butoniga te pokazuje najlošije ekološko stanje (konačna ocjena: **vrlo loše stanje**) od svih istraživanih pritoka Mirne, najviše prema sastavu makrofitske

vegetacije, tj. prema potpunom odsustvu predstavnika pretpostavljene referentne zajednice makrofita. Količina vode u ovom kanalu najviše ovisi o puštanju vode iz akumulacije Butoniga (koje također ovisi o čovjeku), a manjim dijelom o prinosu vode iz okolnih manjih pritoka.

Među postajama na samoj Mirni, djelomično regulirana postaja **Kamenita vrata (M2)**, na kojoj je prisutna dosta velika količina vode sa značajnom brzinom strujanja, pokazuje najbolje ekološko stanje prema većini biotičkih i abiotičkih pokazatelja (iako je konačna ocjena: **umjereno stanje** - jer referentna zajednica vodenih makrofita prekriva relativno malu ukupnu površinu). To je dosta razumljivo, pošto se prije te lokacije, a nakon Buzeta spaja gornji tok Mirne (nastao spajanjem Drage i Rečine, a također i preljeva s izvora Sv. Ivan) s nekoliko manjih pritoka pa do te lokacije pristižu dovoljne količine kvalitetne vode, koja ovdje zbog značajnog nagiba, unutar samo djelomično reguliranog korita, ima i povoljnu brzinu strujanja za mnoge žive organizme. Ovdje je zabilježen najveći broj vrsta riba (6), a također je to trenutno prvo i jedino nalazište globalno ugrožene i nove vrste riba za Hrvatsku, vrste *Romanogobio benacensis* (detaljnije u Poglavlju 1.2.1.2.1, str. 97).

Prva i uzvodnija postaja na Mirni, **Izvorište Rečica (M1)**, pokazuje nešto lošije stanje od postaje M2 prema većini pokazatelja (konačna ocjena: **loše stanje**), a što se može dovesti u direktnu vezu s puno manjom količinom prisutne vode, a čak i više sa skoro nikakvim prisutnim otjecanjem vode pa tamo Mirna više liči na plitko i vodenim biljem zaraslo močvarasto stanište unutar reguliranog (kanaliziranog) korita, a ne na gornji tok jedne tekućice.

Najveća količina vode u Mirni je logično prisutna u najnižem dijelu toka, do kuda se spoji voda svih uzvodnijih pritoka i preljeva s kaptiranih izvora Sv. Ivan i Bulaž, ali tamo već Mirna dolazi i u doticaj s uzvodnim djelovanjem mora, koje ima utjecaj od ušća Mirne pa sve do **Portonskog mosta (postaja M3)**. Još je važnija činjenica da se ovdje sakupe sva onečišćenja duž toka Mirne i svih njenih pritoka, a i sam tok vode je dosta usporen i produbljen unutar potpuno reguliranog (kanaliziranog) korita. Ovdje je voda Mirne po svim pokazateljima, biotičkim i abiotičkim, u najslabijem ekološkom stanju (konačna ocjena: **vrlo loše stanje**) u usporedbi s uzvodnijim postajama na Mirni i na svim pritokama. Tako da ovdje više ne važi tolika pozitivna veza kvalitete vode s količinom, kao što je to slučaj u gornjem toku Mirne i u njenim pritokama.

2.1.4. Ocjena stanja vodnog sustava u zaštićenim područjima u odnosu na zaštićena staništa i vrste

Jedino zakonom zaštićeno područje u slivu Mirne s prisutnim vodenim sustavom stare Mirne i nekoliko njenih pritoka je posebni rezervat šumske vegetacije (Tablica 1.1.5.10, Slika 1.1.5.1) i poznata reliktna Motovunska šuma poljskoga jasena i hrasta lužnjaka s visećim šašem (*As. Carici pendulae-Fraxinetum angustifoliae* Pedrotti, 1970), a predstavlja posljednji ostatak autohtonih nizinskih poplavnih šuma zvanih "longoze" u riječnim dolinama mediteranskog i pontskog primorja.

Nažalost, Motovunska šuma je u proteklih nekoliko desetljeća ugrožena zbog sadnje američkih topola, krčenja šume i isušivanja za poljoprivredne potrebe, a najvećim dijelom zbog promjene vodnog režima u dolini rijeke Mirne (izgradnja novog korita rijeke Mirne, izgradnja cesta u dolini i izgradnja akumulacije Butoniga). Regulacijom voda rijeke Mirne u novo korito prekida se povezanost vodotoka i poplavne nizine, uslijed čega dolazi do pada razina podzemnih voda koju hrastovo korijenje nije moglo dohvatiti. Nasuprot tome, zbog odvajanja dijelova šume izgradnjom lokalnih cesta bez propusta za vodu, površinske poplave su postale česte i dugotrajnije jer voda nije mogla otjecati u novo korito Mirne. Hrast lužnjak je najugroženiji jer je najosjetljiviji na novonastale promjene ekoloških uvjeta u staništu.

Vrlo je važno uložiti napore u održavanje i poboljšavanje stanja ovakvih posebnih i već rijetkih ekosustava. U skladu s tim, dio Motovunske šume je sastavni dio nacionalne ekološke mreže i prijedloga Natura 2000 područja u Hrvatskoj (Slika 1.1.5.2).

U stvari, cijeli tok rijeke Mirne i nekih njenih pritoka (Butonige, Bračane i Rečine) uključen je u prijedlog Natura 2000 područja u Hrvatskoj (Slika 1.1.5.2) pa se možda možemo nadati da će to pomoći njenom očuvanju ili čak i potencijalnoj revitalizaciji, tj. restauraciji u približno prirodno stanje slično onome u prošlosti. Time bi i Motovunska šuma imala dobru šansu za preživljavanje.

2.1.5. Procijenjeno ekološko stanje u vodotoku

2.1.5.1. Vodeni makrofiti

2.1.5.1.1. Metodologija

2.1.5.1.1.1. Uzorkovanje

Taksonomski gledano, u vodene makrofite uključene su više (ili vaskularne) biljke (Tracheophyta), mahovine (Bryophyta) i parožiine (Charophyta). Ekološki, uzorkuju se vrste koje su u potpunosti uronjene u vodu, čiji listovi i cvjetovi plutaju na vodi ili koje čitave plutaju na vodi te biljke koje su većim dijelom uronjene u vodu, a samo manjim dijelom strše iz vode. S druge strane, preporučljivo je zasebno navesti i vrste koje su samo manjim dijelom uronjene u vodu (tzv. helofiti) i one koje čine obalnu vegetaciju – premda se najčešće ne koriste direktno u procjeni stanja voda, mogu dati dodatne korisne informacije o stanju i ekološkim prilikama vodotoka (Alegro, 2011).

Uzorkovanje je provedeno na unaprijed određenim postajama. Uzorkovalo se od središta postaje otprilike 25 m u oba smjera, odnosno unutar ujednačenih hidromorfoloških uvjeta. Popisivane su zasebno makrofitske, a zasebno obalne i helofitske svojte. Svojte su djelomično određene na terenu, no ukoliko je bila nužna upotreba lupe, odnosno mikroskopa i dodatne stručne literature, uzorci su sakupljeni i determinirani po povratku s terenskog obilaska. Svojte su uglavnom određene do razine vrste, no neke nije bilo moguće odrediti preciznije od razine roda. Određivanje prikupljenog biljnog materijala provedeno je pomoću sljedećih determinacijskih priručnika: Domac (2002), Tutin i sur. (1968-1980, 1993), Pignatti (1982), Javorka (1991), Rothmaler (1987).

Za makrofitske vrste je prilikom uzorkovanja procijenjena abundancija koja je određena skalom prema Kohleru (Tablica 2.1.5.1.1.1).

Tablica 2.1.5.1.1.1. Skala po Kohleru za procjenu učestalosti vodenih makrofita (izvor: Alegro, 2011)

Stupanj	Opis	Objašnjenje
1	vrlo rijetko, pojedinačno	samo pojedinačne biljke, do 5 jedinki
2	rijetko	otprilike 6 – 10 jedinki, rahlo razdijeljenih po istraživanoj površini ili do 5 pojedinačnih sastojina
3	rašireno	ne može se previdjeti, ali nije česta vrsta; „može se naći, a da se posebno ne traži“
4	često	česta vrsta, ali ne masovna; nepotpuna pokrovnost s velikim prazninama
5	vrlo često, masovno	dominantna vrsta, manje-više posvuda; pokrovnost znatno veća od 50 %

2.1.5.1.1.2. Ocjena biološke kakvoće tekućica temeljem makrofita

Prilikom ocjene biološke kakvoće istraživanih tekućica korištene su dvije metode, biocenološka metoda te metoda izračuna referentnog indeksa (RI) predložene i opisane u Alegro, 2011.

2.1.5.1.1.2.1. Biocenološka metoda

Biocenološka metoda slijedi sustav prema van de Weyer i sur. (2008) koji se temelji na određivanju stupnja degradacije pretpostavljene referentne makrofitske zajednice.

Zasniva se na procjeni abundancija svih vrsta i određivanja referentne zajednice koja je razvijena (ili bi trebala biti razvijena) u određenom tipu vodotoka, te se na temelju prisustva ili odsustva svojstvenih vrsta, vrsta „pokazatelja poremećaja“ ili „pokazatelja dobrog stanja“ određuje klasa kakvoće vodotoka. Iako se među pokazatelje dobrog stanja i pokazatelje poremećaja za pojedinu referentnu zajednicu ubrajaju i fitobentoske svojte, važno je naglasiti da se one ne uzimaju u obziru prilikom određivanja biološke kakvoće istraživanog dijela tekućice biocenološkom metodom.

Pokazatelji poremećaja mogu se raščlaniti na

- pokazatelje eutrofikacije,
- pokazatelje potamalizacije (tj. pokazatelje usporenja toka) i
- pokazatelje ritralizacije (tj. pokazatelje ubrzanja toka),

te mogu biti univerzalni ili svojstveni za pojedinu zajednicu (Alegro, 2011).

Nakon što su određene referentne zajednice (ili potencijalne referentne zajednice) za istraživanje postaje, napravljen je popis na terenu zabilježenih vrsta s procijenjenom abundancijom te su određeni morfološki tipovi, a potom je određena i biološka kakvoća prema Tablici 2.1.5.1.1.2.1.1 preuzetoj iz Alegro, 2011.

Tablica 2.1.5.1.2.1.1. Opća tablica za određivanje biološke kakvoće tekućica temeljem BEK makrofita (specifičnosti za pojedine tipove ili zajednice navedeni su u Tablici 2.1.5.1.2.1 u poglavlju 2.1.5.1.2)

	Klasa kakvoće	1 Vrlo dobro	2 Dobro	3 Umjereno	4 Loše	5 Vrlo loše
	Granične vrijednosti	1 - 0,85	0,84 - 0,65	0,64 - 0,45	0,44 - 0,25	0,24 - 0,1
Ukupna pokrovnost		kod potpune zasjene i ukoliko nema hidromorfoloških ili kemijskih promjena vodotok može biti prirodno bez vegetacije				ukoliko vodotok nije potpuno zasjenjen i kod izrazitih hidromorfoloških ili kemijskih promjena
	Postotak (%)					< 2 – 0
Vrste prema referentnim zajednicama	Relativna dominantnost u usporedbi s pojedinačnim učestalostima	dominantne	dominantne	kodominantne		
Eutrofikacija – vrste pokazatelji poremećaja	Suma učestalosti pokazatelja eutrofikacije / ukupna učestalost svih akvatičkih vrsta	< 0,1	0,1 – < 0,3	0,3 – 0,5	> 0,5 – 1	
	Broj morfoloških oblika				≥ 2 – 0	
Potamalizacija – umjetno usporenje toka	Suma učestalosti pokazatelja potamalizacije / ukupna učestalost svih akvatičkih vrsta			0,3 – 0,5	> 0,5 – 1	
	Broj morfoloških oblika				≥ 2 – 0	
Ritralizacija – umjetno ubrzanje toka	Suma učestalosti pokazatelja ritralizacije / ukupna učestalost svih akvatičkih vrsta			0,3 – 0,5	> 0,5 – 1	
	Broj morfoloških oblika				≥ 2 – 0	

2.1.5.1.1.2.2. Metoda izračuna referentnog indeksa (RI)

Za izračun referentnog indeksa korišteni su isti ulazni podaci kao i za biocenološku metodu, odnosno popis makrofita s procijenjenim abundancijama izraženima u petostupanjskoj skali po Kohleru.

Prije računanja referentnog indeksa (RI), abundancije (A) su pretvorene u količine (Q) prema sljedećoj formuli:

$$(1) Q = A^3$$

Zatim su sve zabilježene submerzne vrste razvrstavane u tri kategorije na slijedeći način:

- skupina A = makrofitske svojte referentne zajednice i one koje ukazuju na dobro stanje vodotoka,
- skupina B = makrofitske svojte širih ekoloških amplituda koje, premda se mogu javljati u različitim zajednicama i pri različitim uvjetima, načelno ne ukazuju na neki poremećaj te
- skupina C = makrofitske svojte koje se redovno ne javljaju u referentnim zajednicama te ukazuju na neki poremećaj, najčešće eutrofikaciju ili usporenje vodotoka.

Kategorije A, B i C ovise o zajednici u kojoj se biljka javlja i preuzete su iz Alegro, 2011. Sustav referentnih biljnih zajednica korišten pri izračunu referentnog indeksa jednak je onom korištenom u biocenološkom sustavu. Također, iako se među pokazatelje dobrog stanja i pokazatelje poremećaja za pojedinu referentnu zajednicu ubrajaju i fitobentoske svojte, važno je naglasiti da se one ne uzimaju u obzir prilikom određivanja biološke kakvoće istraživanog dijela tekućice metodom izračuna referentnog indeksa.

Referentni indeks (RI) izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$(2) RI = ((\Sigma Q_{Ai} - \Sigma Q_{Ci}) / \Sigma Q_{gi}) * 100$$

gdje je:

- Q_{Ai} = količina i-te vrste iz grupe A
- Q_{Ci} = količina i-te vrste iz grupe C
- Q_{gi} = količina i-te vrste iz svih grupa (A+B+C)

Dobiveni referentni indeks (RI) je zatim korigiran za (-60) ukoliko je u zajednici *Sparganium emersum* zabilježeno manje od 3 submerzne svojte. Nakon toga, referentni indeks je preračunat u skalu od 0-1 prema formuli

$$(3) M = ((RI + 100) * 0,5) / 100$$

Dobivena vrijednost M uspoređena je potom s graničnim vrijednostima navedenima u Tablici 2.1.5.1.1.2.2 te je određena klasa vode na postaji.

Tablica 2.1.5.1.1.2.2. Granice indeksa M za pojedine klase biološke kakvoće u referentnim tipovima zajednica *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* i *Sparganium emersum* (izvor: Alegro, 2011)

Klasa kakvoće	PF	Sp
1 Vrlo dobro	1,00 – 0,65	1,00 – 0,65
2 Dobro	0,64 – 0,50	0,64 – 0,52
3 Umjereno	0,49 – 0,25	0,51 – 0,35
4 Loše	0,24 – 0	0,34 – 0
5 Vrlo loše	nema submerzne makrofitske vegetacije	

2.1.5.1.2. Rezultati procjene stanja u vodotoku temeljem analize vodene flore

Makrofitske svojte zabilježene na istraživanim mjernim postajama zajedno s abundancijom, izračunatom biološkom kakvoćom (BEK makrofita) ocijenjenom temeljem metode referentnog indeksa i biocenološke metode te dodijeljenom ocjenom stanja navedene su u Tablici 2.1.5.1.2.1. U Tablici 2.1.5.1.2.2 navedene su helofitne i obalne vrste zabilježene na istraživanim postajama.

Tablica 2.1.5.1.2.1. Biološka kakvoća (BEK makrofita) istraživanih tekućica na mjernim postajama temeljem metode referentnog indeksa (RI) i biocenološke metode te pridružena ocjena stanja

Kratice: MP – mjerna postaja (P1 = Draga, P2 = Rečina, P3 = Bračana, P4 = Butoniga, M1 = Mirna – Izvorište Rečica, M2 = Mirna – Kamenita vrata, M3 = Mirna – Portonski most); RZ – referentna zajednica (PF = *Platyhypnidium riparioides* – *Fontinalis antipyretica* tip, N = tip bez makrofitske vegetacije, Sp = *Sparganium emersum* tip); Ab – procijenjena abundancija (Kohlerova ljestvica); Kt – kategorija kojoj svojta pripada (A = referentne svojte te pokazatelji dobrog stanja, B = vrste širih ekoloških amplituda, C = pokazatelji poremećaja); M – standardizirani RI na vrijednosti 0 – 1; RI – referentni indeks; BM – biocenološka metoda; S – ocjena stanja temeljem makrofita

MP	RZ	Svojta	Ab	Kt	M	RI	BM	S
P1	PF	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	2	A	1	1	1	1
P2	N	<i>Chara</i> sp.	2	-	-	-	-	1
P3	PF	<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	2	A	1	1	1	1
P4	PF	<i>Equisetum arvense</i> L.	3	C				5
		<i>Lysimachia nummularia</i> L.	2	C	0	4	5	
		<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	4	C				
M1	PF	<i>Chara</i> sp.	2	A				4
		<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	3	C				
		<i>Equisetum arvense</i> L.	3	C				
		<i>Fontinalis</i> cf. <i>antipyretica</i> Hedw.	2	A				
		<i>Sparganium</i> sp.	2	C	0,13 ¹	4 ¹	4	
		<i>Lysimachia nummularia</i> L.	2	C				
		<i>Mentha aquatica</i> L.	2	B				
		<i>Phragmites australis</i> Cav.) Trin. ex Steud.	4	C				
		<i>Potamogeton</i> sp. ¹	2	-				
<i>Potamogeton</i> sp. ² ¹	2	-						
M2	PF	<i>Fontinalis</i> cf. <i>antipyretica</i> Hedw.	3	A	1	1	3	3
		<i>Potamogeton</i> sp. ¹	1	-				
M3	Sp	<i>Fontinalis</i> cf. <i>antipyretica</i> Hedw.	2	A	0,70	1	5	5

¹ Svojte roda *Potamogeton* nije bilo moguće odrediti do razine vrste te stoga nije moguće procijeniti u koju kategoriju one pripadaju (B ili C). Navedena činjenica ne utječe značajno na dobivene rezultate.

Tablica 2.1.5.1.2.2. Helofitne i obalne vrste zabilježene na istraživanim postajama

Kratice: Mjerne postaje – P1 = Draga, P2 = Rečina, P3 = Bračana, P4 = Butoniga, M1 = Mirna – Izvorište Rečica, M2 = Mirna – Kamenita vrata, M3 = Mirna – Portonski most; *– premda se smatraju makrofitima, te su svojte na istraživanoj postaji zabilježene izvan vodenog toka te stoga nisu uzete u obzir prilikom određivanja ocjene biološke kakvoće vode.

Svojta	P1	P2	P3	P4	M1	M2	M3
<i>Acer campestre</i> L.	+	+	+				
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.		+					
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	+						+
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	+	+	+			+	
<i>Angelica</i> sp.		+					
<i>Aristolochia</i> sp.						+	
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl et C.Presl				+			
<i>Bromus erectus</i> Huds.		+		+			
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	+						
<i>Cardamine</i> sp.					+		
<i>Carex elata</i> All.			*				
<i>Carex flacca</i> Schreb.		+					
<i>Carex hirta</i> L.				+			
<i>Carex sylvatica</i> Huds.	+		+				
<i>Carpinus betulus</i> L.			+				
<i>Carpinus orientalis</i> Mill.		+					
<i>Clematis</i> cf. <i>viticella</i> L.	+						
<i>Cornus mas</i> L.	+	+	+				
<i>Cornus sanguinea</i> L.	+	+	+				
<i>Coronilla emerus</i> L. ssp. <i>emeroides</i> Boiss. et Spruner		+					
<i>Corylus avellana</i> L.	+	+	+				
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.		+	+				
<i>Crataegus</i> sp.	+	+	+				
<i>Crepis biennis</i> L.	+						
<i>Cruciata laevipes</i> Opiz				+			
<i>Dactylis glomerata</i> L.	+	+		+		+	
<i>Eleocharis</i> sp.		*					
<i>Epilobium</i> sp.		+					
<i>Equisetum</i> sp.			+				
<i>Equisetum arvense</i> L.	*	*		+	+		*
<i>Equisetum</i> cf. <i>ramosissimum</i> Desf.		+					
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	+				+		
<i>Euonymus europaeus</i> L.			+				
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.		+					
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.		+		+			
<i>Filipendula vulgaris</i> Moench		+					
<i>Frangula alnus</i> Mill.		+	+	+			
<i>Fraxinus ornus</i> L.		+	+				

Svojta	P1	P2	P3	P4	M1	M2	M3
<i>Galium mollugo</i> agg	+		+	+			
<i>Galium verum</i> L.	+	+		+			
<i>Gratiola</i> cf. <i>officinalis</i> L.					+		
<i>Hedera helix</i> L.	+	+	+				
<i>Helleborus</i> sp.	+	+					
<i>Iris</i> sp.							+
<i>Juncus</i> sp.		*					
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.		+					
<i>Knautia</i> sp.				+			
<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	+						
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.		+	+	+			
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	+	+	+				
<i>Lonicera caprifolium</i> L.		+					
<i>Lotus corniculatus</i> L.		+					
<i>Lysimachia nummularia</i> L.				+	+		
<i>Lythrum</i> sp.			+				
<i>Mentha aquatica</i> L.		*	*		+	*	
<i>Muscari</i> sp.		+					
<i>Orchis purpurea</i> Huds.	+						
<i>Petasites</i> sp.		+	+				
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	*		*	+	+	*	
<i>Pinus</i> sp.		+					
<i>Plantago lanceolata</i> L.				+		+	+
<i>Plantago major</i> L.		+				+	
<i>Poa pratensis</i> L.	+	+		+			
<i>Poa</i> cf. <i>trivialis</i> L.					+	+	
<i>Populus nigra</i> L.		+	+				
<i>Prunus</i> cf. <i>avium</i> L.	+						
<i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd.		+					
<i>Quercus pubescens</i> Willd.		+		+			
<i>Ranunculus acris</i> L.	+		+				+
<i>Ranunculus repens</i> L.					+	+	*
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		+	+				
<i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser						*	
<i>Rosa</i> sp.		+	+				
<i>Rubus</i> sp.	+	+	+	+		+	+
<i>Salix alba</i> L.						+	+
<i>Salix</i> cf. <i>cinerea</i> L.			+	+			
<i>Salix eleagnos</i> Scop.			+				
<i>Salix purpurea</i> L.	+	+	+	+			+
<i>Salvia glutinosa</i> L.		+		+			
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.		+					
<i>Schoenus nigricans</i> L.		+					
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	+						

Svojta	P1	P2	P3	P4	M1	M2	M3
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.		+					
<i>Thymus</i> sp.		+					
<i>Trifolium campestre</i> Schreber				+			
<i>Trifolium</i> cf. <i>pratense</i> L.				+		+	
<i>Trifolium montanum</i> L.		+					
<i>Ulmus laevis</i> Pall.		+					
<i>Ulmus minor</i> Miller	+		+				
<i>Urtica dioica</i> L.						*	
<i>Viburnum lantana</i> L.			+				

P1 - Draga

Tijekom terenskog uzorkovanja zabilježena je samo svojta *Fontinalis antipyretica* Hedw., no, s obzirom da se radi o toku naglašenog bujičnog karaktera te izražene zasje, bitno je naglasiti da siromašan sastav vrsta referentne zajednice nije nužno posljedica isključivo negativnog antropogenog utjecaja i nezadovoljavajućeg stanja istraživane tekućice, već i prirodne hidromorfologije te zasje. Premda je istraživanjem fitobentosa zabilježena svojta roda *Cladophora* srednje učestalosti koja u referentnoj zajednici ukazuje na eutrofikaciju, stanje istraživane tekućice na istraživanoj postaji ocijenjeno je kao **vrlo dobro** (klasa 1). Bitno je istaknuti da je zbog dužeg perioda suše protok vode na istraživanoj postaji bio slab i vodostaj nizak što je moglo utjecati na kvalitetu vode.

P2 - Rečina

Kao referentna zajednica na postaji određen je tip zajednice bez makrofitske vegetacije. Bitno je naglasiti da se radi o prirodnom stanju, odnosno da je naseljavanje makrofita izrazito otežano stjenovitom podlogom i bujičnim karakterom toka. U vodenom je toku tijekom terenskog obilaska zabilježena samo svojta roda *Chara*, „pokazatelj dobrog stanja staništa“, što ukazuje na **vrlo dobro** stanje istraživane tekućice (klasa 1).

P3 - Bračana

Tijekom terenskog uzorkovanja zabilježena je od svojti referentne zajednice samo svojta *Fontinalis antipyretica* Hedw, no, s obzirom da je Bračana tok naglašenog bujičnog karaktera te mjestimično zasjenjen obalnom vegetacijom, siromašan sastav vrsta referentne zajednice nije nužno posljedica isključivo negativnog antropogenog utjecaja, već i prirodnih uvjeta. Premda je istraživanjem fitobentosa zabilježena mala učestalost svojte roda *Spirogyra*, koja u referentnoj zajednici dolazi kao pokazatelj poremećaja, stanje istraživane tekućice na istraživanoj postaji ocijenjeno je kao **vrlo dobro** (klasa 1).

P4 - Butoniga

Na istraživanoj postaji u vodenom toku zabilježene su tri makrofitske svojte - *Equisetum arvense* L., *Lysimachia nummularia* L. i *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., no nije zabilježena nijedna makrofitska svojta svojstvena za pretpostavljenu referentnu zajednicu, premda se ne radi o zasjenjenom i/ili bujičnom toku. Štoviše, zabilježene svojte pokazatelj su poremećaja - potamalizacije, odnosno umjetnog usporenja toka. Fitobentonskim istraživanjem zabilježena je svojta znatne učestalosti – *Batrachospermum* sp., koja je u pretpostavljenoj referentnoj zajednici pokazatelj dobrog stanja, ali i svojta roda *Cladophora*, pokazatelj eutrofikacije srednje učestalosti. Dobiveni rezultati ukazuju da se radi o tekućici u **vrlo lošem stanju** (klasa 5).

M1 - Mirna–Izvorište Rečica

U samom vodenom toku tijekom terenskog obilaska zabilježen je veći broj svojti, od kojih su neke svojstvene za navedenu zajednicu (*Fontinalis* cf. *antipyretica* Hedw.), neke su pokazatelji dobrog stanja (*Chara* sp.), a neke pak lošeg stanja – potamalizacije, odnosno umjetnog usporavanja i zamočvarivanja vodenog toka (npr. *Sparganium* sp., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Dobiveni rezultati ukazuju na **loše stanje** (klasa 4), a činjenica da referentna zajednica prekriva relativno malu ukupnu površinu te da se za nju karakteristične svojte pojavljuju s malom učestalosti potvrđuje da je referentna zajednica degradirana i, uslijed zamočvarivanja, zamijenjena helofitskom zajednicom.

M2 - Mirna–Kamenita vrata

Tijekom terenskog obilaska u samom vodenom toku kao karakteristična svojta referentne zajednice zabilježena je svojta – *Fontinalis* cf. *antipyretica* Hedw. Na ovoj istraživanoj postaji dobro se vidi potreba za korištenjem obje metode određivanja biološke kakvoće tekućica temeljem makrofita i njihovom međusobnom kalibracijom. Naime, referentni indeks ukazuje na vrlo dobro stanje (klasa 1) na ovom dijelu tekućice, no osim svojte *Fontinalis* cf. *antipyretica* Hedw. nije zabilježena druga svojte referentne zajednice, dok pojava svojte *Potamogeton* sp. ukazuje na moguću potamalizaciju toka, a prijašnji nalaz svojte *Cladophora* sp. na moguću eutrofikaciju. Također, s obzirom da referentna zajednica prekriva relativno malu ukupnu površinu, premda se ne radi o zasjenjenom i/ili bujičnom dijelu toka, stanje na ovom dijelu tekućice procijenjeno je kao umjereno (klasa 3).

Razlika u klasama dobivenim ovim dvjema metodama može se objasniti time da se ekološki optimumi indikatorskih vrsta korištenih u izračunu referentnog indeksa odnose prije svega na kvalitetu vode u smislu eutrofikacije, dok su hidrološki poremećaji u manjoj mjeri uključeni u ovu metodu te se stoga njome u nekim slučajevima ne mogu detektirati hidromorfološke promjene toka. S druge strane, velika prednost biocenološke metode je upravo ta da ocjenjuje ukupnost poremećaja, odnosno ne samo opterećenje vode, nego i hidrološke promjene do kojih dolazi zbog različitih zahvata (produbljivanje korita, utvrđivanje obala, izgradnja brana,

nasipavanje obala ili korita i sl.). Iz navedenih razloga, kao konačna ocjena stanja uzeta je ona dobivena biocenološkom metodom, odnosno stanje na ovom dijelu tekućice je ocijenjeno kao **umjereno** (klasa 3).

M3 - Mirna–Portonski most

Tijekom terenskog uzorkovanja zabilježena je samo svojta *Fontinalis antipyretica* Hedw koja u referentnoj zajednici dolazi kao pokazatelj dobrog stanja. Kao i na prethodnoj mjernoj postaji, referentni indeks ukazuje na vrlo dobro stanje (klasa 1) na ovom dijelu tekućice, no s obzirom da nije zabilježena nijedna svojta referentne zajednice, stanje na ovom dijelu tekućice procijenjeno je kao vrlo loše (klasa 5). Dobiveni rezultati u skladu su s uzorkovanjem provedenim 2009. godine kada je Alegro (2011) biocenološkom metodom ocijenio (unutar Mihaljević i sur., 2011a) da je stanje na ovom dijelu tekućice **vrlo loše** (klasa 5).

2.1.5.2. Mikrofitobentos

2.1.5.2.1. Metodologija

Istraživanje zajednica mikrofitobentosa provedeno je 13. svibnja 2011. godine na unaprijed definiranim mjernim postajama na donjim tokovima pritoka rijeke Mirne: Drage, Rečine, Bračane i kanala Butoniga (Tablica 2.1.5.2.1).

Tablica 2.1.5.2.1. Mjerne postaje na području sliva rijeke Mirne i supstrat s kojeg je uzorkovano (13.05.2011)

Mjerna postaja	Supstrat
P1 Draga (uz mostić)	grana, kamen, cigla
Draga (100 m nizvodno od mostića)	kamen
Draga	mjehuraste nakupine
P2 Rečina	kamen, grana, korijenje
Rečina	grana
Rečina	kamen, stijena
P3 Bračana	kamen, grana
Bračana	kamen-vataste nakupine
Bračana	mahovina, kožasta nakupina
P4 Butoniga	makrofita
Butoniga	kamen

Mikrofitobentos je determiniran do razine vrste (Tablica 2.1.5.2.2), odnosno do roda, kako bi se za procjenu kakvoće vode mogao koristiti Pantle-Buck (1955) indeks saprobnosti:

$$S = \frac{\sqrt{(s \times h)}}{\sqrt{h}}$$

S – indeks saprobnosti

h – procjena učestalosti: 1 – pojedinačno
3 – brojno
5 – masovno

s – indikatorska vrijednost (Wegl, 1983; Mihaljević i sur., 2011a)

Saprobnost karakteriziraju zajednice organizama, pa sastav perifitonske zajednice daje kompleksne informacije o svojstvima okolne vode. Identifikacija i brojčana zastupljenost pojedine vrste izražena je skalom 1, 3 i 5, a od indikatorskih sustava, koristio se Wegl (1983) i zadnja revizija Hrvatskog indikatorskog sustava (HRIS) u Mihaljević i sur. (2011a).

Na osnovu vrijednosti indeksa saprobnosti za svaku mjernu postaju definiran je stupanj saprobnosti te je dana ocjena stanja vodenog staništa na temelju mikrofitobentosa prema trenutno važećoj Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/10) u koju su ugrađeni zahtjevi Okvirne direktive o vodama (ODV ili WFD, 2000/60/EC).

Determinacija taksona utvrđenih u perifitonu učinjena je uz pomoć binokularnog svjetlosnog mikroskopa Zeiss (20x, 40x, 100x imerzija) i standardnih priručnika za determinaciju (Zabelina i sur., 1951; Hindák i sur., 1978; Hustedt, 1985; Levkov i sur., 2007) te uz pomoć determinacijskih priručnika na internetskim stranicama, koji sadrže recentne taksonomske podatke:

<http://craticula.ncl.ac.uk/>;

<http://westerndiatoms.colorado.edu/taxa/genus/>;

<http://www-cyanosite.bio.purdue.edu>.

U svrhu sigurnije i potpunije taksonomske analize dijatomeja, kao i izrade fotodokumentacije, napravljeni su trajni preparati (Zabelina i sur., 1951). Identifikaciji i izradi preparata je prethodio proces čišćenja, koji je ovisno o gustoći uzorka bio agresivniji, uz korištenje jakih kiselina ili manje agresivan uz korištenje vodikovog peroksida (Round i sur., 1996).

2.1.5.2.2. Rezultati

Na **postaji Draga (P1)** uzorkovano je na dva mjesta (Tablica 2.1.5.2.1). Dubina vode za vrijeme uzorkovanja bila je 5 cm-protočni dio, a zaostale lokvice imale su dubinu do 20 cm. Na ovoj postaji uočeno je lagano замуćenje vode, premda je radi blizine izvorišnog dijela temperatura bila 12,7°C. Supstrat dna je kamen i pijesak. Osim sa spomenutih supstrata, obraštaj je uzorkovan i s potopljenog granja i umjetnog supstrata-cigle.

Ukupan broj utvrđenih taksona je 34, od čega je najzastupljenija skupina Bacillariophyceae (Tablica 2.1.5.2.2). Dominantne vrste *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema pumilum* i *G. tergestinum* karakteristične su za epiliton i podnašaju veću količinu nutrijenata u vodi, kao i vrste *Navicula radiosa* i *N. tripunctata*, koje su također bile utvrđene u većem broju. U obraštajnoj zajednici za skupinu Bacillariophyceae utvrđeno je 4 taksona roda *Nitzschia*, a povećan broj stanica vrste *Nitzschia dissipata* koja karakterizira bentos organski opterećenih voda, može ukazati na povećanu koncentraciju organskih tvari u vodi na ovoj postaji. Vrsta koja je također dominantna u uzorku perifitona je *Rhoicosphaenia abbreviata*, koja je poznata kao stanovnik eutrofnih rijeka gdje često dolazi kao epifit na nitastim algama roda *Cladophora*.

Indeks saprobnosti (Pantle-Buck, 1955; Wegl, 1983) iznosi **1,97**, što ukazuje na beta-mezosaprobnu zajednicu koja vodu definira kao vodu **dobre** kakvoće, odnosno nešto jače opterećen biotop.

Na **postaji Rečina (P2)** uzet je uzorak s potopljenih grana, kamena i korijenja. Dodatno je uzorkovan zeleni vatasti obraštaj, prisutan na oko 20% kamenog supstrata, na cijelom potezu uzorkovanja (Tablica 2.1.5.2.1). Supstrat dna uključuje šljunak, kamen, te blato u pojedinim segmentima korita.

U obraštajnoj zajednici je utvrđeno ukupno 43 taksona (Tablica 2.1.5.2.2), s dominacijom skupine Bacillariophyceae (38 taksona). Utvrđena je dominacija rodova *Cymbella*, *Encyonema* i *Gomphonema*. Dominantne vrste *Cymbella microcephala* i *C. delicatula* česte su u epilitonu karbonatnih voda, koje imaju malu koncentraciju nutrijenata. Vrsta *C. affinis* dolazi u obraštaju na kamenu i makrofitskim biljkama, dok vrste roda *Encyonema* dolaze u mucilagnim tubama. Kao sastojina zelenih vatastih nakupina utvrđen je rod *Zygnema* (Chlorophyta). Premda dominantne vrste indiciraju organski neopterećene vode, prisutan je velika raznolikost unutar roda *Nitzschia* (6 taksona), koji mogu ukazati na postojanje organskog opterećenja.

Indeks saprobnosti (Pantle-Buck, 1955) iznosi **1,76** te ukazuje na oligo- do beta-mezosaprobnu zajednicu koja vodu klasificira u područje **dobre** kakvoće, kao vodeni biotop koji je malo opterećen.

Na **postaji Bračana (P3)** uzet je uzorak s potopljenog kamenja i grana, kao i sedre s mahovine. Osim toga, uzorkovane su i zelene, nitaste, kuglaste i kožaste nakupine na kamenu. Na ovoj postaji je uočena najveća prozirnost vode i formiranje sedre. Supstrat dna je uglavnom kamenje i sitniji sediment pijeska.

Obzirom na ostale mjerne postaje, ova postaja ima najveću bioraznolikost mikrofitobentoskih vrsta. Utvrđeno je ukupno 74 taksona, od čega je 57 iz skupine Bacillariophyceae (Tablica 2.1.5.2.2). Zamijećen je i porast broja taksona skupine Cyanophyta (7) i Chlorophyta (9). Rodovi koji dominiraju unutar Bacillariophyceae su *Achnantheidium* i *Achnanthes*, te vrste *Cymbella affinis*, *Encyonema silesiacum* i *Fragilaria capucina*. Vrsta *C. affinis* je alkalifilna i karakteristična za epilikon, dok *E. silesiacum* uglavnom dolazi u mucilagnim cijevima. U istraživanom uzorku obje vrste su dominirale u sedrenom obraštaju na mahovinama. *Fragilaria capucina* indicira nisku koncentraciju nutrijenata, premda zakrivljene forme, koje su uočene i u ovom uzorku znaju biti indikator prisutnosti teških metala. Veća prisutnost vrste *Navicula cryptocephala*, također ukazuje na vodu s niskom koncentracijom nutrijenata. U skupini Chlorophyta utvrđena je dominacija taksona iz roda *Cosmarium*, koji također ukazuju na nižu koncentraciju nutrijenata u vodi.

Indeks saprobnosti (Pantle-Buck 1955) u istraživanoj zajednici perifitona iznosi **1,73**, što ukazuje na oligo- do beta-mezosaprobnu zajednicu, te definira vodu kao **vrlo dobre** kakvoće, odnosno biotop kao vrlo malo opterećen.

Na **postaji Butoniga (P4)** znatno je razvijena makrofitska populacija, koja ujedno biva i pogodan supstrat za razvoj epifitona, ali i prirodni pročišćivač vode. Dno je sediment-mulj s pojedinačno prisutnim kamenjem, koje je također obraslo algama. Uzorkovan je obraštaj s trske i s kamena.

Ukupan broj utvrđenih taksona je 58, od čega dominiraju Bacillariophyceae s 53 taksona (Tablica 2.1.5.2.2). Od ostalih skupina utvrđene su Cyanophyta (2 taksona), Chlorophyta (1 takson), Dinophyceae (1 takson) te Rhodophyta (1 takson). Najveća relativna učestalost utvrđena je kod *Achnanthes* sp. i *Achnantheidium minutissimum*, koje dolaze ili na stalcima ili oblikuju mucilagne prevlake, kakve su i uočene na kamenom supstratu. Dominacija taksona *Cymbella affinis* i *Encyonema prostratum*, vjerojatno je povezana s raspoloživim biljnim supstratom za naseljavanje, a povećan broj stanica vrsta *Fragilaria capucina* i *F. pinnata*, moguća je posljedica dolaska vode iz akumulacije, pa s njom i ovih slobodno-plivajućih stanica. Može se reći da je u uzorcima perifitona uzorkovanog na ovoj mjernoj postaji uočena najveća bioraznolikost alga (5 skupina). Mogući razlog tome je što se ovaj tok napaja vodom iz akumulacije, te što postoji veća raznolikost supstrata za naseljavanje perifitona. U skladu s time utvrđen je povećan broj različitih taksona i unutar skupine Bacillariophyceae, kod rodova *Navicula* (4 taksona), *Surirella* (4 taksona) i *Nitzschia* (6 taksona), koje dolaze kao nepričvršćen dio obraštaja, odnosno kod roda *Gomphonema* (4 taksona) čije stanice na stalcima nadrastaju postojeću debljinu obraštaja, te na taj način dolaze potrebnih uvjeta za razvoj.

Indeks saprobnosti (Pantle-Buck, 1955) perifitonske zajednice iznosi **1,74** i ukazuje na oligo- do beta-mezosaprobnu zajednicu, a vodu klasificira u područje **vrlo dobre** kakvoće, odnosno vodeni biotop koji je vrlo malo opterećen.

Tablica 2.1.5.2.2. Zastupljenost mikrofitobentosa na istraživanim lokalitetima (P1-P4) na pritokama rijeke Mirne te na lokalitetima duž toka Mirne (M1-M3, podaci Hrvatskih voda) s ocjenom stanja i stupnja saprobnosti

(s = indikatorska vrijednost po Wegl-u; h = učestalost (1, 3 ili 5); + = svojta prisutna, ali nije određivana učestalost jer nema definiranu indikatorsku vrijednost potrebnu za izračun indeksa saprobnosti; β -m = beta-mezosaprobno, o- β -m = oligo- do beta-mezosaprobno)

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1		P 2		P 3		P 4		M 1		M 2		M 3		
VOJTA	s	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h
CYANOPHYTA															
<i>Anabaena</i> sp.	1,6					1	1,6								
<i>Aphanocapsa biformis</i>										+					
<i>Chroococcus minor</i>										1		+			
<i>Chroococcus</i> sp.	1,6									1	1,6	1	1,6		
<i>Dactylococcopsis raphidioides</i>	1,2														
<i>Gloeocapsa aeruginosa</i>														+	
<i>Gloeocapsa</i> sp.	1,2					1	1,2					1	1,2		
<i>Homoeothrix varians</i>	1											1	1		
<i>Hydrococcus</i> sp.	1					1	1								
<i>Lyngbya kuetzingii</i>														+	
<i>Lyngbya lagerheimii</i>														+	
<i>Lyngbya martensiana</i>	1,5									1	1,5	1	1,5		
<i>Lyngbya ochracea</i>														+	
<i>Lyngbya</i> sp.	2					1	2					1	2		
<i>Merismopedia tenuissima</i>	2,5			3	7,5										
<i>Merismopedia</i> sp.	1,8					3	5,4	1	1,8						
<i>Microcystis aeruginosa</i>	2	3	6			1	2	1	2						
<i>Nostoc</i> sp.	1,6			3	4,8										
<i>Oscillatoria agardhii</i>	2														
<i>Oscillatoria coerulea</i>															
<i>Oscillatoria irrigua</i>														+	
<i>Oscillatoria tenuis</i>	2,9									1	2,9	1	2,9		
<i>Oscillatoria</i> sp.	2,3	3	6,9			3	6,9			1	2,3	1	2,3		
<i>Phormidium foveolarum</i>	3														1
<i>Phormidium</i> sp.	2,2											1	2,2		3
EUGLENOPHYTA															
<i>Trachelomonas granulosa</i>	2									1	2	1	2		
<i>Trachelomonas volvocina</i>	2									1	2	1	2		
PYRROPHYTA															
<i>Chroomonas acuta</i>	2,3														
<i>Peridinium</i> sp.	1,4							1	1,4						
CRYSOPHYTA															
CHRYSTOPHYCEAE															
<i>Chrysococcus minutus</i>															+
<i>Chrysococcus ornatus</i>	1,3									1	1,3				
<i>Chrysococcus</i> sp.	1,4			1	1,4					1	1,4				
<i>Dinobryon</i> sp.	1,4					1	1,4								
<i>Ochromonas crenata</i>	1,2									1	1,2				
DIATOMEAE															
<i>Achnanthes biasolettiana</i>															
<i>Achnanthes lanceolata</i>	2					5	10					1	2	1	2
<i>Achnanthes ploensis</i>	2					3	6	1	2						
<i>Achnanthes</i> sp.	2	3	6			1	2	5	10			1	2	1	2
<i>Achnantheidium deflexum</i>	1	1	1												
<i>Achnantheidium exile</i>	2			3	6										
<i>Achnantheidium lathecephalum</i>	2					3	6								
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	2	3	6	3	6	5	10	5	10	3	6	3	6	3	6
<i>Achnantheidium</i> sp.	2	5	10	5	10	5	10								
<i>Amphipleura pellucida</i>	1,3	5	6,5	1	1,3	3	3,9	3	3,9			1	1,3		
<i>Amphora inariensis</i>		(3)		(1)		(1)		(3)				+			
<i>Amphora ovalis</i>	1,7					1	1,7					1	1,7		
<i>Amphora pediculus</i>				(1)		(1)				+		+			+
<i>Amphora</i> sp.										+					+
<i>Aneumastus</i> sp.								(1)							
<i>Aulacoseira</i> sp.								(1)							
<i>Bacillaria paradoxa</i>										+					

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1		P 2		P 3		P 4		M 1		M 2		M 3		
	s	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h
<i>Brachysira microcephala</i>				(1)											
<i>Berkeleya</i> sp.								(3)							
<i>Caloneis bacillaris</i>															
<i>Caloneis</i> sp.	1,4														
<i>Cocconeis pediculus</i>	1,7					1	1,7			3	5,1	1	1,7	1	1,7
<i>Cocconeis placentula</i>	1,6					3	4,8	3	4,8	1	1,6	1	1,6	1	1,6
<i>Cyclotella ocelata</i>	1,5							3	4,5						
<i>Cyclotella bodanica</i>	1,4					1	1,4								
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2,6									1	2,6			1	2,6
<i>Cyclotella</i> sp.	1,5													1	1,5
<i>Cymatopleura elliptica</i>	1,8					1	1,8	1	1,8						
<i>Cymatopleura solea</i>	2,2					1	2,2	1	2,2						
<i>Cymbella affinis</i>	1,3	3	3,9	5	6,5	5	6,5	3	3,9	1	1,3	1	1,3		
<i>Cymbella amphicephala</i>										+		+			
<i>Cymbella angustatum</i>	1,7			3	5,1										
<i>Cymbella cistula</i>	1,2			1	1,2	3	3,6								
<i>Cymbella delicatula</i>	1,7			5	8,5	3	5,1								
<i>Cymbella helvetica</i>	1,2			3	3,6	3	3,6	5	6						
<i>Cymbella lanceolata</i>	1,6														
<i>Cymbella microcephala</i>	1,2			5	6										
<i>Cymbella minuta</i>												+			+
<i>Cymbella naviculiformis</i>	1,1			1	1,1	1	1,1	3	3,3						
<i>Cymbella neocistula</i>	1,7					1	1,7								
<i>Cymbella sinuata</i>	1,5									1	1,5			1	1,5
<i>Cymbella</i> sp.	1,7									3	5,1	3	5,1	1	1,7
<i>Denticula kuetzingii</i>								(1)							
<i>Denticula tenuis</i>	1,2					3	3,6	3	3,6	1	1,2				
<i>Diatoma moniliformis</i>															
<i>Diatoma problematrica</i>															+
<i>Diatoma tenue</i>	1,9					3	5,7								
<i>Diatoma vulgare</i>	2,2					3	6,6	3	6,6			1	2,2	1	2,2
<i>Diatoma</i> sp.	1,9													1	1,9
<i>Diploneis elliptica</i>						(1)									+
<i>Diploneis marginestriata</i>												+			+
<i>Diploneis oblongella</i>	1,3	3	3,9	3	3,9	3	3,9	1	1,3	1	1,3				
<i>Diploneis</i> sp.								(3)							
<i>Encyonema caespitosum</i>	1,7					1	1,7								
<i>Encyonema lange-bertalooti</i>	1,7					1	1,7	1	1,7						
<i>Encyonema minutum</i>	1,7					3	5,1								
<i>Encyonema prostratum</i>	1,8			5	9	3	5,4	5	9			1	1,8		
<i>Encyonema silesiacum</i>	2	5	10	5	10	5	10			1	2	1	2	1	2
<i>Encyonema</i> spp.	1,7			5	8,5										
<i>Epithemia</i> sp.	1,8			1	1,8										
<i>Eucocconeis flexella</i>	1			3	3	3	3	1	1						
<i>Eunotia arcus</i>	1,1														
<i>Eunotia bilunaris</i>	1,2							1	1,2						
<i>Eunotia</i> sp.	1,2			1	1,2	1	1,2	3	3,6						
<i>Fragilaria capucina</i>	1,6			3	4,8	5	8	5	8	1	1,6	1	1,6	1	1,6
<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,7					1	1,7								
<i>Fragilaria fonticola</i>	1,4					1	1,4								
<i>Fragilaria pinnata</i>	1,3							5	6,5						
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	1,8					1	1,8								
<i>Fragilaria</i> sp.	1,4													1	1,4
<i>Fragilariforma</i> sp.								(1)							
<i>Frustulia</i> sp.	1,8	1	1,8					3	5,4					1	1,8
<i>Gomphonema acuminatum</i>	1,7					1	1,7								
<i>Gomphonema angustatum</i>	2,1	3	6,3	5	11										
<i>Gomphonema angustum</i>	2,2	3	6,6					3	6,6						
<i>Gomphonema cleveii</i>	1			5	5	3	3								
<i>Gomphonema kobayashi</i>	2,2					1	2,2								
<i>Gomphonema minutum</i>	2,2									1	2,2				
<i>Gomphonema olivaceoides</i>	2,2					3	6,6								
<i>Gomphonema olivaceum</i>	2	3	6	3	6	3	6	3	6			1	2	1	2
<i>Gomphonema parvulum</i>	2,1									1	2,1	1	2,1	1	2,1
<i>Gomphonema pumilum</i>	2,2	5	11	1	2,2	3	6,6	3	6,6						
<i>Gomphonema tergestinum</i>	2,2	5	11	5	11	3	6,6	1	2,2						
<i>Gomphonema</i> sp.	2,2									1	2,2				

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1		P 2		P 3		P 4		M 1		M 2		M 3		
SVOJTA	s	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h
<i>Grunowia tabellaria</i>	2,3							3	6,9						
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	2	3	6			1	2								
<i>Gyrosigma nodiferum</i>												+			+
<i>Gyrosigma scalproides</i>	2,2	3	6,6							1	2,2				
<i>Gyrosigma sp.</i>	2,1											1	2,1	1	2,1
<i>Hantzschia sp.</i>	2,7					1	2,7								
<i>Meridion circulare</i>	1,1			1	1,1	1	1,1	3	3,3						
<i>Melosira varians</i>	2									1	2	1	2		
<i>Navicula capitatoradiata</i>						1	0								+
<i>Navicula cryptocephala</i>	2,5					5	13	3	7,5						
<i>Navicula cryptotenella</i>										+		+			+
<i>Navicula cryptotenelloides</i>															+
<i>Navicula gregaria</i>	2,5														1
<i>Navicula lanceolata</i>	2	3	6	1	2			1	2			+			+
<i>Navicula marginalithii</i>															+
<i>Navicula menisculus</i>	2,1	3	6,3							1	2,1	1	2,1	1	2,1
<i>Navicula minima</i>	2,2									1	2,2			1	2,2
<i>Navicula radiosa</i>	2	5	10	3	6	3	6	3	6					1	2
<i>Navicula subminuscula</i>															+
<i>Navicula tripunctata</i>	1,2	5	6			3	3,6	1	1,2	1	1,2	1	1,2	1	1,2
<i>Navicula veneta</i>						1	0								+
<i>Navicula sp.</i>	2									1	2	1	2	1	2
<i>Neidium dubium</i>	2,3							3	6,9						
<i>Nitzschia acicularis</i>	2,4									1	2,4				
<i>Nitzschia amphibia</i>	2,3			1	2,3										
<i>Nitzschia angustata</i>	2,9							1	2,9						
<i>Nitzschia brevissima</i>	2,3			1	2,3										
<i>Nitzschia dissipata</i>	2,3	5	12	3	6,9	3	6,9	3	6,9			1	2,3	1	2,3
<i>Nitzschia fonticola</i>	1,5											1	1,5		
<i>Nitzschia frustulum</i>	2					1	2								
<i>Nitzschia linearis</i>	1,5					3	4,5	1	1,5						
<i>Nitzschia palea</i>	2,7			1	2,7							1	2,7	1	2,7
<i>Nitzschia sigma</i>	2,3	3	6,9												
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	2,5	3	7,5	3	7,5										
<i>Nitzschia subacicularis</i>	2,3	3	6,9	3	6,9			3	6,9						
<i>Nitzschia vermicularis</i>	2														1
<i>Nitzschia sp.</i>	2,3							1	2,3						2
<i>Pinnularia microstauron</i>	1,2							3	3,6						1
<i>Pinnularia viridis</i>	1,7							3	5,1						2,3
<i>Pinnularia sp.</i>	1,2														
<i>Planothidium sp.</i>		(3)													
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i>		(5)													
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	1,8							1	1,8						
<i>Stauroneis sp.</i>	1,4					3	4,2								
<i>Surirella angusta</i>	1,7											1	1,7		
<i>Surirella brebissonii</i>	1,8	3	5,4					3	5,4	1	1,8	1	1,8		+
<i>Surirella linearis</i>	1,5									1	1,5				
<i>Surirella minuta</i>	2	3	6					3	6						
<i>Surirella ovalis</i>	1,8							1	1,8						
<i>Surirella sp.</i>	1,8			1	1,8			3	5,4					3	5,4
<i>Synedra ulna</i>	2									1	2				
<i>Tryblionella apiculata</i>	2,5	1	2,5	1	2,5	1	2,5								
<i>Ulnaria ulna</i>	2	3	6	3	6	3	6	1	2						
XANTOPHYCEAE															
<i>Vaucheria sp.</i>	1,8									1	1,8	1	1,8		
CHLOROPHYTA															
CHLOROPHYCEAE															
<i>Chaetophora sp.</i>	1,5											1	1,5		
<i>Chlamydomonas sp.</i>	2,8									1	2,8				
<i>Cladophora fracta</i>	2,3									1	2,3	1	2,3		
<i>Cladophora sp.</i>	2,3	3	6,9					3	6,9						
<i>Gongrosira pygmaea</i>															+
<i>Gongrosira sp.</i>										+					
<i>Hormidium flaccidum</i>	1,8											1	1,8		
<i>Microspora floccosa</i>															
<i>Microspora quadrata</i>	2,1											1	2,1		

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1		P 2		P 3		P 4		M 1		M 2		M 3		
SVOJTA	s	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h	h	s*h
<i>Microspora</i> sp.															+
<i>Microthamnion kuetzingianum</i>	1,9											1	1,9		
<i>Oedogonium</i> sp.	1,4			1	1,4					1	1,4	1	1,4		
<i>Stigeoclonium</i> sp.	2,2											1	2,2		
<i>Trentepohlia</i> sp.										+		+			
<i>Ulothrix tenerrima</i>	1,8											1	1,8		
<i>Ulothrix tenuissima</i>	1,2														
<i>Ulothrix zonata</i>	2,8									1	2,8				
<i>Ulothrix</i> sp.	2					1	2								
CONJUGATAE															
<i>Cosmarium blyttii</i>	1,8					3	5,4								
<i>Cosmarium brebisonii</i>	1,8					1	1,8								
<i>Cosmarium contractum</i>	1,8					1	1,8								
<i>Cosmarium</i> sp.	1,8					5	9								
<i>Spirogyra</i> sp.	2,2					1	2,2								
<i>Staurastrum</i> sp.	1,7					1	1,7								
<i>Zygnema</i> sp.	1,2			3	3,6	5	6								
RHODOPHYCEAE															
<i>Audouinella</i> sp.	1,9	1	1,9							1	1,9	1	1,9		
<i>Batrachospermum</i> sp.	1,2							5	6						
Suma		104	205	113	199	162	280	127	221	46	84	49	91	34	67
Indeks saprobnosti (S), Wegl		1,97		1,76		1,73		1,74		1,83		1,86		1,98	
Ocjena stanja		Dobro		Dobro		Vrlo dobro		Vrlo dobro		Dobro		Dobro		Dobro	
Stupanj saprobnosti		β-m		α-β-m		o-β-m		o-β-m		β-m		β-m		β-m	

Ocjena stanja prema
NN 89/10

Indeks
saprobn.

Vrlo dobro stanje

< 1,75

Dobro stanje

< 2,25

Umjereno stanje

< 2,85

Loše stanje

< 3,4

Vrlo loše stanje

> 3,4

2.1.5.2.3. Zaključak

Na mjernim postajama vodotoka Draga, Rečina, Bračana i Butoniga u slivu rijeke Mirne u obraštaju-perifitonu uzorkovanom s različitih supstrata utvrđeno je ukupno 126 taksona. Dominira skupina Bacillariophyceae (101 taksona), a od ostalih je utvrđeno 11 taksona iz skupine Chlorophyta, 10 taksona iz skupine Cyanophyta, 2 taksona iz skupine Rhodophyceae te po 1 takson iz skupine Dinophyceae i Chrysophyceae.

U perifitonu na većini lokaliteta, s najvećom relativnom učestalosti su zastupljeni taksoni *Encyonema silesiacum* (Slika 2.1.5.2.1) i *Achnanthydium* sp, a slijede: *Achnanthydium minutissima*, *Cymbella affinis*, *Encyonema prostratum* (Slika 2.1.5.2.2), *Fragilaria capucina* i *Gomphonema tergestinum* (Slika 2.1.5.2.3).

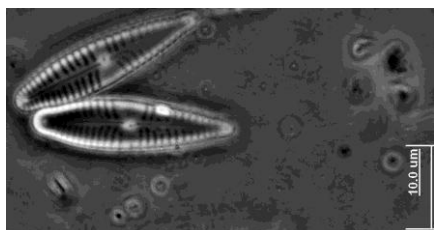
Indeks saprobnosti (Pantle-Buck, 1955) kreće se u rasponu od 1,73 do 1,97, što vodu ovih pritoka smješta u klase vrlo dobre do dobre kakvoće, a zajednicu definira kao oligo-beta-mezosaprobnu do beta-mezosaprobnu. Najveći indeks saprobnosti utvrđen je na postaji Draga, a najmanji na postajama Bračana i Butoniga. Najveća bioraznolikost, obzirom na ukupan broj taksona, utvrđena je na vodotoku Bračana, a najmanja na vodotoku Draga, dok je najviše skupina alga utvrđeno u perifitonu na postaji Butoniga.



Slika 2.1.5.2.1. *Encyonema silesiacum*



Slika 2.1.5.2.2. *Encyonema prostratum*



Slika 2.1.5.2.3. *Gomphonema tergestinum*

2.1.5.3. Makrozoobentos

2.1.5.3.1. Metodologija

Uzorci makrozoobentosa uzorkovani su po AQEM protokolu (AQEM Consortium, 2002), koji podrazumijeva „multihabitat“ uzorkovanje, tj. uzorkovanje svih raspoloživih mikrostaništa na mjestu uzorkovanja. Uzorkovanje je obavljano pomoću standardne europske (Uwitec Euro-Kick-Net) ručne bentos mreže s metalnim okvirom 25 x 25 cm koja je pričvršćena za metalno teleskopsko držalo (do dužine od 3 m). Mreža je duga 1 m s promjerom okašca 0,5 mm, unutar nje je zaštitna grublja mreža s promjerom okašca 1,5 cm, a izvana ju obavija zaštitna krpa. Na metalni okvir ove ručne mreže može se pričvrstiti i dodatni prednji metalni okvir 25 x 25 cm čime ovaj kracer može dobiti i dodatnu funkciju tzv. Surber mreže za kvantitativno uzorkovanje probnih kvadrata supstrata dna plitkih tekućica s dubinom manjom od 25 cm (Slika 2.1.5.3.1). Više fotografija na naslovnici prikazuje kako je ista mreža korištena tijekom uzorkovanja u slivu Mirne.



Slika 2.1.5.3.1. Uwitec Euro-Kick-Net ručna bentos mreža (www.uwitec.at)

Na svakoj mjernoj postaji prvo je određen broj mikrostaništa, te se pristupilo prikupljanju 20 poduzoraka ovisno o postotnoj zastupljenosti pojedinog tipa mikrostaništa, s time da se mikrostanište koje je zastupljeno s manje od 5% nije uzorkovalo. Dakle jedan poduzorak čini supstrat s pripadajućim životinjama s površine od 25x25 cm (0,0625 m²). Na terenu su

izolirane veće i osjetljive vrste koje trebaju ostati žive te su poslije determinacije vraćene u vodotok (npr. riječni rakovi, školjkaši i sl.). Na prethodno opisan način uzorkovanja prikupljen je jedan kompozitni uzorak s ukupne površine od 1,25 m² (20 x 0,0625 m²), koji je konzerviran 96%-tnim etanolom. Prikupljeni materijal obrađen je u dvije faze. Najprije su makroskopski beskralješnjaci izdvojeni, razvrstani po skupinama i izbrojani pomoću binokularne lupe. Različite skupine makroskopskih beskralješnjaka su odvojene u kivetice s naznačenim nazivom skupine, datumom i mjestom uzorkovanja te konzervirane u 75%-tnom etanolu. Zatim su detaljnije determinirane do nižih sistematskih kategorija.

Makrozoobentos je većinom determiniran do razine vrste ili roda (Tablica 2.1.5.3.1) kako bi se za procjenu kakvoće vode mogao koristiti Pantle-Buck (1955) indeks saprobnosti:

$$S = \frac{\sqrt{(s \times h)}}{\sqrt{h}}$$

S – indeks saprobnosti

h – procjena učestalosti: 1 – pojedinačno
 3 – brojno
 5 – masovno

s – indikatorska vrijednost (Wegl, 1983; Mihaljević i sur., 2011a)

Saprobnost karakteriziraju zajednice organizama pa sastav zajednice makrozoobentosa daje kompleksne informacije o svojstvima okolne vode i pridnenih staništa. Identifikacija i brojčana zastupljenost pojedine svojte izražena je skalom 1, 3 i 5, a od indikatorskih sustava, koristio se Wegl (1983) i zadnja revizija Hrvatskog indikatorskog sustava (HRIS) u Mihaljević i sur. (2011a).

Na osnovu vrijednosti indeksa saprobnosti za svaku mjernu postaju definiran je stupanj saprobnosti te je dana ocjena stanja vodenog staništa na temelju makrozoobentosa prema trenutno važećoj Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/10) u koju su ugrađeni zahtjevi Okvirne direktive o vodama (ODV ili WFD, 2000/60/EC).

2.1.5.3.2. Rezultati

Na **postaji Draga (P1)** uzorkovano je na deset mjesta zbog ne baš velike raznolikosti mikrostaništa. Supstrat dna čine kamen (makrolital 10% i mesolital 70%), pijesak (psammal 10%) i živi biljni dijelovi (fital 10%). Dubina vode za vrijeme uzorkovanja bila je 3-5 cm - protočni dio (0,07-0,27 m/s), a zaostale lokvice (0,01-0,02 m/s) imale su dubinu 10-33 cm. Na ovoj postaji uočeno je lagano замуćenje vode, premda je radi blizine izvorišnog dijela temperatura bila 12,7°C.

Ukupan broj utvrđenih svojti je 32 (Tablica 2.1.5.3.1), od čega je najzastupljenija skupina Gammaridae (Crustacea), s dvije različite *Gammarus* vrste u suživotu i jednom iz roda *Niphargus*, a uzorkom dominira mnogo sitnih jedinki iz te porodice (1506) koje se ne mogu odrediti niti do roda. Dosta su raznolike i jedinkama brojne i skupine Ephemeroptera, Trichoptera i Coleoptera, a na ovoj postaji je zabilježen najveći broj (5) svojti iz skupine Plecoptera, ali je uglavnom svaka zabilježena samo s po dva primjerka. Uhvaćen je i jedan mali primjerak deseteronožnog bjelonogog raka *Austropotamobius pallipes*. Najviše zbog njegove prisutnosti te prisutnosti više svojti rakušaca, obalčara (obično najosjetljivijih),

vodencvjetova i tulara, ova postaja ima najniži indeks saprobnosti (Pantle-Buck, 1955; Wegl, 1983) od **1,60** (oligo- do beta-mezosaprobna zajednica, voda **vrlo dobre** kakvoće) što ukazuje da je ovaj lokalitet najviši (192 m n.m.) geografski, ali da i ekološki pokazuje osobine gornjeg toka tekućice, najbliže izvoru od svih istraživanih lokaliteta. To također potvrđuje i ranije spomenuta niska temperatura vode.

Pošto je zajednica makrozoobentosa dugoživuća u usporedbi s brzim i kratkim životnim ciklusima mikroskopskih perifitonskih organizama, ne čudi velika suprotnost u indeksima saprobnosti prema makrozoobentosu (najniži od svih postaja u slivu Mirne - **1,60**) i prema perifitonu (najviši od svih pritoka Mirne - **1,97**), koji puno brže reagira i ukazuje na brže i kratkoročnije događaje u ekosustavu. Kao što je bila niska, skoro stajaća i zamućena voda lošije kvalitete u vrijeme našeg uzorkovanja na postaji Draga.

Na **postaji Rečina (P2)** uzorkovano je na 15 mjesta zbog osrednje raznolikosti mikrostaništa. Supstrat dna je većinom kameni (megalital 20%, makrolital 20%, mesolital 30%, microlital 15% i akal 7%), a ima i malo pijeska (psammal 5%) i finog anorganskog mulja (argyllal 3%). Dubina vode za vrijeme uzorkovanja bila je 10-13 cm na lagano protočnim (oko 0,04 m/s) mjestima, a veći skoro stajaći (0,01-0,02 m/s) dublji dijelovi imali su dubinu uglavnom 20-40 cm. Temperatura vode bila je 19,2°C.

Ukupan broj utvrđenih svojti je 26 (Tablica 2.1.5.3.1), od čega je najraznolikija i najbrojnija skupina Ephemeroptera. Dosta raznolika je još i skupina Trichoptera, a jedinkama dosta brojne su još skupine Chironomidae (Diptera), Copepoda i Hydrachnidia.

Indeks saprobnosti iznosi **1,73** te ukazuje na oligo- do beta-mezosaprobnu zajednicu koja vodu klasificira u područje **vrlo dobre** kakvoće, odnosno na vodeni biotop koji je vrlo malo opterećen.

Na **postaji Bračana (P3)** uzorkovano je na standardnih 20 mjesta zbog velike raznolikosti mikrostaništa. Supstrat dna je većinom kameni (megalital 10%, makrolital 20%, mesolital 30% i akal 10%), a ima i nešto živih biljnih dijelova (fital 10%), pijeska (psammal 10%) i naslaga čestica organske tvari (POM 10%). Dubina vode za vrijeme uzorkovanja bila je 5-22 cm na protočnijim mjestima (0,07-0,3 m/s), a sporo tekući dijelovi (uglavnom oko 0,02 m/s) imali su dubinu 12-64 cm. Temperatura vode bila je 17,5°C.

Obzirom na ostale mjerne postaje, ova postaja ima najveću bioraznolikost makrozoobentoskih svojti. Utvrđeno je ukupno 56 svojti, od čega je najraznolikija i jedinkama najbrojnija skupina Ephemeroptera, a nakon nje slijede skupine Trichoptera, Coleoptera, Diptera i Plecoptera (Tablica 2.1.5.3.1). Uhvaćene su i tri jedinke deseteronožnog bjelonogog raka *Austropotamobius pallipes*, a među njima je bila jedna ženka s mnogo jaja. Najviše zbog njihove prisutnosti te brojne prisutnosti više svojti EPT ličinki kukaca, ova postaja ima drugi najniži indeks saprobnosti od **1,62**, što ukazuje na oligo- do beta-mezosaprobna zajednicu i vodu **vrlo dobre** kakvoće.

Na **postaji Butoniga (P4)** znatno je razvijena makrofitska populacija (fital 30%), koja ujedno biva i pogodan supstrat za razvoj epifitona, ali i prirodni pročišćivač vode. Dno je sediment-mulj od dosta čestica organske tvari (70%) s pojedinačno prisutnim kamenjem, koje je također obraslo algama. Zbog slabe raznolikosti mikrostaništa uzorkovano je na samo 5 mjesta. Temperatura vode bila je 22°C.

Ova postaja ima najmanju bioraznolikost makrozoobentoskih svojti. Utvrđene su ukupno 22 svojte (Tablica 2.1.5.3.1), a najraznolikije su skupine Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata i Diptera s po tri različite svojte. Jedinkama najbrojnije skupine su Gammaridae (Crustacea), Ephemeroptera, Lumbriculidae (Oligochaeta), Hydrachnidia, Copepoda i Chironomidae (Diptera). Zbog prisutnosti brojnih indikatora organski opterećenijih voda ova postaja ima najveći indeks saprobnosti od **2,03** što ukazuje na beta-mezosaprobnu zajednicu koja vodu definira kao vodu **dobro** kakvoće, odnosno nešto jače organski opterećen biotop u usporedbi s drugim istraživanim pritokama Mirne koje su bile vrlo malo organski opterećene.

Tablica 2.1.5.3.1 prikazuje zastupljenost makrozoobentosa na svim istraživanim lokalitetima (P1-P4) na pritokama rijeke Mirne i na lokalitetima duž toka Mirne (M1-M3). Na kraju tablice su navedeni i rezultati izračuna Pantle-Buck (1955) indeksa saprobnosti te iz njega izvedenih klasifikacija kvalitete vode i vodenih staništa na pojedinim mjernim postajama.

Tablica 2.1.5.3.1. Zastupljenost makrozoobentosa na istraživanim lokalitetima (P1-P4) na pritokama rijeke Mirne te na lokalitetima duž toka Mirne (M1-M3, podaci Hrvatskih voda) s ocjenom stanja i stupnja saprobnosti (s = indikatorska vrijednost po Wegl-u; n = broj jedinki; h = učestalost (1, 3 ili 5); + = svojta prisutna, ali nije određivana učestalost jer nema definiranu indikatorsku vrijednost potrebnu za izračun indeksa saprobnosti; β -m = beta-mezosaprobno; o- β -m = oligo- do beta-mezosaprobno)

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1			P 2			P 3			P 4			M 1			M 2			M 3				
	s	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	
NEMATODA								6	+		8	+											
NEMATOMORPHA																							
<i>Gordius aquaticus</i>		2	+																				
GASTROPODA																							
Bithyniidae																							
<i>Bithynia tentaculata</i>	2,4																			2	1	2,4	
Hydrobiidae																							
<i>Bythiospeum</i> sp.																				3	+		
Lymnaeidae																							
<i>Lymnaea peregra</i>																	3	+					
<i>Lymnaea</i> sp.	2,3															1	2,3			3	1	2,3	
Neritidae																							
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	1,7																			10	3	5,1	
Planorbidae																							
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1,7															4	1	1,7					
<i>Anisus</i> sp.																				1	+		
<i>Planorbis planorbis</i>	1,9															3	1	1,9					
Succineidae																							
<i>Succinea putris</i>																46	+						
BIVALVIA																							
Sphaeriidae																							
<i>Pisidium</i> sp.	2,4							1	1	2,4	20	3	7,2						2	1	2,6		
<i>Sphaerium</i> sp.	2,6																						
Unionidae																							
<i>Unio crassus</i>	1,7							1	1	1,7													
ANNELIDA																							
OLIGOCHAETA																							
Lumbriculidae Gen. sp.		10	+		1	+					264	+		4	+								
Naididae																							
<i>Nais</i> sp.	2,7	38	3	8,1																			
HIRUDINEA										2	+												
HYDRACHNIDIA					19	+				56	+			200	+								
CRUSTACEA																							

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1			P 2			P 3			P 4			M 1			M 2			M 3				
	s	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	
Astacidae																							
<i>Austropotamobius pallipes</i>	1	1	1	1				3	1	1													
Atyidae																							
<i>Atyaephyra desmaresti</i>																					24	+	
Gammaridae Gen. sp.		1506	+		1								56	+									
<i>Echinogammarus pungens</i>													64	+									
<i>Echinogammarus sp.</i>													168	+							145	+	
<i>Gammarus balcanicus</i>	1,2	66	3	3,6																			
<i>Gammarus fossarum</i>	1,6	58	3	4,8																			
<i>Niphargus sp.</i>	1	2	1	1													11	3	3				
COPEPODA					21	+		2	+			156	+										
INSECTA																							
EPHEMEROPTERA																							
Baetidae Gen. sp.		18	+		49	+		113	+														
<i>Alainites muticus</i>	1,4	42	3	4,2				23	3	4,2													
<i>Baetis rhodani</i>	1,6	10	3	4,8				106	5	8				5	1	1,6							
<i>Baetis sp.</i>	1,7											8	1	1,7	45	3	5,1	475	5	8,5			
<i>Centroptilum luteolum</i>	1,9				1	1	1,9																
<i>Centroptilum nanum</i>								18	+														
<i>Cloeon sp.</i>	2																						
<i>Procloeon bifidum</i>					11	+		3	+			252	+										
Caenidae																							
<i>Caenis macrura</i>	1,7							73	3	5,1		4	1	1,7									
<i>Caenis sp.</i>	1,9							29	3	5,7					33	3	5,7	3	1	1,9	12	3	5,7
Ephemerellidae																							
<i>Ephemerella (Serratella) ignita</i>	2,1				1	1	2,1	2	1	2,1				14	3	6,3	107	5	10,5				
Ephemeridae																							
<i>Ephemera danica</i>	1,6							2	1	1,6							4	1	1,6				
<i>Ephemera glaucops</i>																					14	+	
<i>Ephemera sp.</i>	2							1	1	2											3	6	
Heptageniidae																							
<i>Ecdyonurus venosus gr.</i>	1,5				28	3	4,5	46	3	4,5													
<i>Ecdyonurus sp.</i>	1,6														3	1	1,6						
<i>Electrogena affinis</i>		102	+																				
<i>Rhitrogena sp.</i>	1,2																						
Leptophlebiidae Gen. sp.		28	+																				
<i>Habrophlebia fusca</i>	1,6	14	3	4,8	76	3	4,8																
<i>Habrophlebia lauta</i>	1,5	6	1	1,5				44	3	4,5													
PLECOPTERA																							
Leuctridae																							
<i>Leuctra fusca</i>	2							214	5	10				2	1	2	1	1	2				
<i>Leuctra sp.</i>	1,3	2	1	1,3																			

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1			P 2			P 3			P 4			M 1			M 2			M 3				
VOJITA	s	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	
Nemouridae																							
<i>Nemoura cinerea</i>	1,9	2	1	1,9													2	1	1,9				
<i>Nemurella pictetii</i>	1	2	1	1																			
Perlidae																							
<i>Perla</i> sp.	1,2				3	1	1,2	5	1	1,2													
Perlodidae																							
<i>Isoperla grammatica</i>	1,6							45	3	4,8	4	1	1,6				1	1	1,6				
<i>Isoperla</i> sp.	1,5	10	3	4,5	3	1	1,5																
Taeniopterygidae																							
<i>Brachyptera risi</i>	1,2	2	1	1,2																			
TRICHOPTERA								4	+														
Beraeidae Gen. sp.								1	+														
<i>Beraemyia schmidi</i>								1	+														
Glossosomatidae																							
Agapetinae Gen. sp.		74	+																				
Hydropsychidae Gen. sp.		34	+		11	+		1	+		4	+											
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	1,9				1	1	1,9	6	1	1,9													
<i>Hydropsyche fulvipes</i>	2							2	1	2													
<i>Hydropsyche saxonica</i>	2,1	14	3	6,3	1	1	2,1																
<i>Hydropsyche</i> sp.	2,5				1	1	2,5																
Hydroptilidae Gen. sp.					13	+																	
<i>Hydroptila</i> spp.	1,8							13	3	5,4							2	1	1,8				
Leptoceridae																							
<i>Athripsodes albifrons</i>	1,8							26	3	5,4	4	1	1,8										
<i>Leptocerus interruptus</i>											8	+											
Philopotamidae																							
<i>Wormaldia subnigra</i>	1				7	1	1	45	3	3													
Polycentropodidae Gen. sp.								3	+														
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1,7																						
Psychomyiidae																							
<i>Tinodes unicolor</i>	1,5							1	1	1,5													
<i>Tinodes</i> sp.	1,5	2	1	1,5																			
Rhyacophilidae																							
<i>Rhyacophila</i> sp.1	1,7							6	1	1,7							6	1	1,7				
<i>Rhyacophila</i> sp.2	1,7																1	1	1,7				
ODONATA																							
Calopterygidae																							
<i>Calopteryx splendens</i>	2,2													1	1	2,2				5	3	6,6	
<i>Calopteryx virgo</i>	1,8										4	1	1,8	1	1	1,8							
Coenagrionidae																							
<i>Enallagma cyathigerum</i>	1,8													3	1	1,8							
<i>Ischnura</i> sp.	2																			1	1	2	

ŠIFRA MJERNE POSTAJE		P 1			P 2			P 3			P 4			M 1			M 2			M 3			
VOJITA	s	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	
<i>Pyrhosoma nymphula</i>	2,1													1	1	2,1							
Gomphidae																							
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	2										8	1	2							1	1	2	
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	2							12	3	6													
Lestidae																							
<i>Lestes sponsa</i>	2,5													4	1	2,5							
Platycnemididae																							
<i>Platycnemis pennipes</i>	2,2										12	3	6,6							11	3	6,6	
COLEOPTERA - imago																							
Dytiscidae																							
<i>Deronectes (Hydroporus) sp.</i>	1,5	2	1	1,5																			
<i>Hydaticus seminiger</i>		2	+																				
Elmidae Gen. sp.																							
<i>Esolus sp.</i>	1,2							1	+														
<i>Limnius volckmari</i>	1,5							2	1	1,2													
<i>Limnius sp.</i>	1,4							1	1	1,4													
<i>Riolus cf. cupreus</i>	1,4							2	1	1,4													
Helophoridae																							
<i>Helophorus sp.</i>	2,5				3	1	2,5																
Spercheidae																							
<i>Spercheus sp.</i>								1	+														
COLEOPTERA - larvae																							
Dryopidae Gen. sp.																							
<i>Dryops sp.</i>	2,0	12	+																				
<i>Dytiscidae Gen. sp.</i>		4	1	2							4	1	2										
<i>Hyphydrus sp.</i>					1	+								3	+								
<i>Oreodytes sp.</i>	1,6				1	1	1,6																
Elmidae Gen. sp.																							
<i>Elmis sp.</i>	1,4	16	3	4,2				8	+											1	+		
<i>Laccophilus sp.</i>								10	3	4,2										2	+		
<i>Limnius volckmari</i>	1,5																1	1	1,5				
<i>Limnius sp.</i>	1,4							2	1	1,4													
<i>Macronychus sp.</i>											4	+											
<i>Normandia nitens</i>	1,2										11	3	3,6										
<i>Riolus sp.</i>	1,4							4	1	1,4													
Haliplidae																							
<i>Haliplus sp.</i>	1,8							1	1	1,8				3	1	1,8							
Psephenidae																							
<i>Eubria sp.</i>		2	+																				
Scirtidae Gen. sp.																							
<i>Gerris sp.</i>	1,6							16	+								1	1	1,6				

ŠIFRA MJERNE POSTAJE	P 1			P 2			P 3			P 4			M 1			M 2			M 3				
	s	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	n	h	s*h	
LEPIDOPTERA					1	+																	
DIPTERA - imago								14	+														
DIPTERA - larvae		2	+		5	+		3	+		4	+											
Athericidae Gen. sp.								2	+														
<i>Atherix marginata</i>	1,9													2	1	1,9							
Ceratopogonidae Gen. sp.					12	+		49	+		4	+											
Chironomidae Gen. sp.		30	+		127	+		229	+		124	+		14	+		2	+					
Orthocladinae Gen. sp.														15	+								
Limoniidae Gen. sp.								7	+					4	+								
<i>Antocha</i> sp.	1,5							18	3	4,5													
<i>Simulium</i> sp.	2							1	1	2							4	1	2				
Tanypodidae Gen. sp.														17	+		2	+					
Suma		2115	37	59,2	400	16	27,6	1299	68	110	1384	13	26,4	223	21	40,6	632	26	45,6	235	19	38,7	
Indeks saprobnosti (S), Wegl		1,60			1,73			1,62			2,03			1,93			1,75			2,04			
Ocjena stanja		Vrlo dobro			Vrlo dobro			Vrlo dobro			Dobro			Dobro			Dobro			Dobro			
Stupanj saprobnosti		o-β-m			o-β-m			o-β-m			β-m			β-m			o-β-m			β-m			

Ocjena stanja prema
NN 89/10

Indeks
saprobn.

Vrlo dobro stanje

< 1,75

Dobro stanje

< 2,25

Umjereno stanje

< 2,85

Loše stanje

< 3,4

Vrlo loše stanje

> 3,4

2.1.5.4. Nekton - ribe

2.1.5.4.1. Metodologija uzorkovanja

Uzorkovanje riba na istraživanim lokalitetima u slivu rijeke Mirne za potrebe izračunavanja hrvatskog indeksa biotičkog integriteta (IBI-HR) provedeno je s ciljem procjene:

- sastava vrsta i raznolikosti,
- trofičkih odnosa,
- zastupljenosti pojedinih vrsta i
- reprodukcijских navika i kondicije.

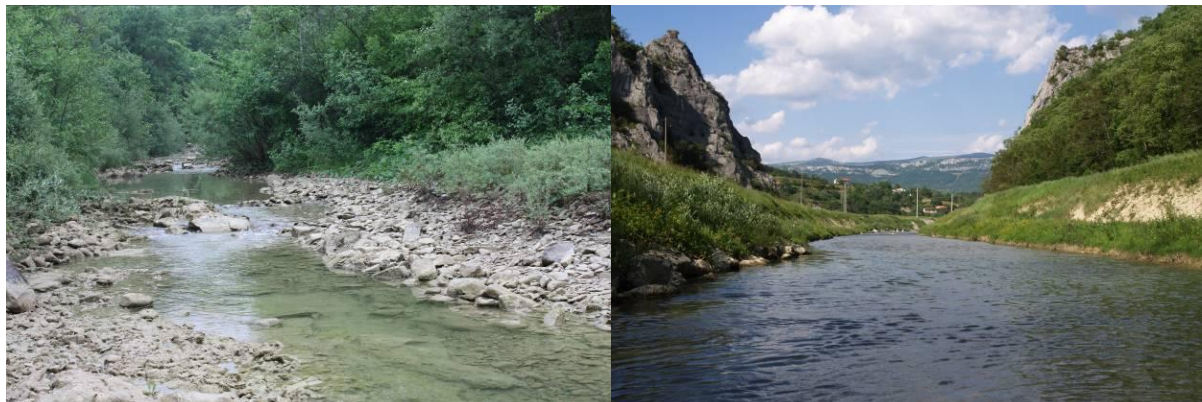
U svijetu je do danas korišteno više od 100 parametara za izračunavanje IBI-a, no svi se mogu svrstati u neku od gore navedene četiri kategorije (Kestemont i Goffaux, 2002). U sklopu europske okvirne direktive o vodama (EU Water Framework Directive ili WFD, 2000) načinjena je i standardizacija postupka uzorkovanja riba elektroribolovom članica Europske unije (CEN 14011, 2003), na temelju koje je FAME konzorcij (2004) dao upute za uzorkovanje za potrebe izračunavanja europskog indeksa biotičkog integriteta (EFI) kojih smo se u najvećoj mogućoj mjeri pridržavali tijekom ovog istraživanja (Mrakovčić i sur., 2011).

Terenske metode uzorkovanja bile su usklađene s europskim protokolom za elektroribolov (STARFISH protokol) koji je dostupan na internetskim stranicama istoimenog europskog projekta: <http://www.eu-star.at/pdf/FishSamplingProtocol.pdf>. Na svakom lokalitetu određen je dio toka duljine 100 m na kojem je obavljan izlov riba leđnim elektroagregatima SAMUS 725. Izlov je obavljan uzvodno duž određenog transektu na način da osoba s elektroagregatom ribu ošamućuje, a dva pomoćnika (lijevo i desno) skupljaju ribe pomoću kracera širokog otvora.



Slika 2.1.5.4.1. Izlov riba tijekom istraživanja na rijeci Mirni 14.-15. svibnja 2011. g.

Cilj je bio izloviti sve jedinke unutar određenih 100 m transekta kako bi se odredile apsolutne brojnosti pojedinih vrsta. Kod tokova užih od 5 m korišten je samo jedan elektroagregat, dok u slučaju širih vodotoka, korištena su dva odvojena elektroagregata i iza svakog po dvije osobe koje skupljaju ošamućene ribe.



Slika 2.1.5.4.2. Dva lokaliteta istraživanja: potok Bračana i rijeka Mirna kod Kamenitih vrata

Zabilježene vrste riba 14.-15. svibnja 2011. godine, njihova brojnost i raspodjela po istraživanim lokalitetima prikazani su u Tablici 2.1.5.4.1. Samo na postaji P1 Draga nije zabilježena niti jedna vrsta riba pa ta postaja niti nije prikazana u navedenoj tablici, a u zadnjem stupcu su za usporedbu dodani podaci uzorkovanja djelatnika PMF-a u Zagrebu 2009. godine na postaji M3 Portonski most (Mrakovčić i sur. (PMF), 2011).

Tablica 2.1.5.4.1. Brojnost i raspodjela zabilježenih vrsta riba tijekom istraživanja 14.-15.05.2011. po istraživanim lokalitetima duž toka rijeke Mirne (M1-M3) i u donjim tokovima njenih pritoka (P2-P4)

Lokalitet	Šifra Naziv	P2 Rečina	P3 Bračana	P4 Butoniga kanal	M1 Izvorište Rečica	M2 Kamenita vrata	M3 Porton. most	M3 Porton. most (PMF, 2011)
Vrsta								
<i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839		13	34	19	9	115	15	
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)								2
<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)		39	15	25	210	64	50	17
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)			3		2	1	1	5
<i>Phoxinus lumaireul</i> (Schinz, 1840)			1	1	29	2		29
<i>Romanogobio benacensis</i> (Pollini, 1816)						4		
<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)			5	3	14	11		
<i>Alburnus arborella</i> (Bonaparte, 1841)				4				
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)							1	
<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)							3	
Ukupno vrsta		2	5	5	5	6	5	4

2.1.5.4.2. Odabir parametara za izračun IBI-HR

Da bi se moglo pristupiti izračunu indeksa, ihtiofauna je uzorkovana na standardni način. Tako je dobiven reprezentativan uzorak koji se može usporediti s tipskom ihtiofaunom i na temelju usporedbe donesen je zaključak o biološkoj kakvoći. U slučajevima kada je na terenu zabilježena samo jedna do tri vrste u ulovu bilo je potrebno procijeniti biološku kakvoću u usporedbi s tipskom zajednicom, ali ne kvantitativno nego kvalitativno. Naime, takav je slučaj najčešće sa salmonidnim vodama u kojima se lovi potočna pastrva. Ukoliko do sada nije zabilježena prisutnost i drugih vrsta koje su značajne za takvu zajednicu (pijor, peš...) tada pojava takve vrste ne narušava kakvoću vode, već se mora raditi korekcija u tipskoj zajednici. Ukoliko se na takvom mjestu pojavi neka vrsta koju je namjerno ubacio čovjek (npr. dužičasta pastrva) tada se biološki integritet vodotoka narušava, ali opet nije moguće načiniti skalu u kojoj je moguće izračunati teoretske odnose u zajednici za svih 5 stupnjeva kakvoće.

Preporuka je da se za tako siromašne zajednice vrstama koriste, kao mjerodavni, ostali indeksi biološke kakvoće (makrozoobentos, fitobentos, makrofita) te da se izostavi indeks riblje zajednice iz ocjene ukupne biološke kakvoće vode (Mrakovčić i sur., 2011).

Za ostale slučajeve potrebno je koristiti kvantitativni hrvatski indeks biotičkog integriteta IBI-HR temeljem riblje zajednice koji se može izračunati uzimajući u obzir sljedeće parametre:

- Relativnu zastupljenost insektivornih/invertivornih vrsta
- Relativnu zastupljenost fitofilnih vrsta
- Relativna zastupljenost litofilnih vrsta
- Relativna zastupljenost reofilnih vrsta
- Relativna zastupljenost bentičkih vrsta
- Relativna zastupljenost invazivnih i unesenih vrsta
- Simpsonov indeks raznolikosti
- Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti

Sve vrijednosti se stavljaju u odnos s vrijednostima referentnog uzorka i izražavaju u decimalnom obliku na skali od 0 do 1 i to tako da se relativna vrijednost pojedinog parametra stavlja u brojnik, a relativna vrijednost istog parametra referentnog uzorka u nazivnik omjera. Jedino se parametar **relativna zastupljenost fitofilnih vrsta** stavlja u omjer tako da vrijednosti referentnog uzorka idu u brojnik, a vrijednosti s pojedine postaje u nazivnik, jer je to jedini parametar koji svojim povećanim vrijednostima oslabljuje konačne vrijednosti indeksa. Ukoliko su vrijednosti omjera pojedinih parametara veće od 1, tada se kao vrijednost parametra za daljnji izračun koristi vrijednost 1. Isto tako, za izračun relativne zastupljenosti invazivnih i unesenih vrsta koriste se samo dvije vrijednosti - 0 (kada su prisutne u uzorku, bez obzira na broj vrsta) i 1 - kada nema unesenih i invazivnih vrsta u uzorku. Srednja vrijednost svih parametara označava ukupnu vrijednost indeksa.

Danas se u svijetu koristi preko 100 parametara za izračun IBI-a, a oni se formiraju na osnovi poznavanja bioloških i ekoloških značajki vrsta istraživanog prostora. Obzirom na dva odvojena slijeva u Hrvatskoj i različitom sastavu ihtiofaune istih, odabrano je osam navedenih parametara koji zadovoljavaju uvjete za izračun indeksa, a koji su poznati za očekivane vrste u ulovu.

Granične vrijednosti IBI-HR indeksa temeljem BEK (biološkog elementa kakvoće) riblje zajednice prikazane su u slijedećoj Tablici 2.1.5.4.2.

Tablica 2.1.5.4.2. Usklađenost s referentnim uzorkom riba

Vrlo dobro stanje	> 0,90
Dobro stanje	> 0,70
Umjereno stanje	> 0,45
Loše stanje	> 0,30
Vrlo loše stanje	

Simpsonov indeks, kao neparametrijska mjera vrlo je jednostavan i koristi se kao alternativa ostalim indeksima koji se teško izračunavaju. Osobito je to bilo važno u prošlosti, prije pojave računala. Ideja indeksa jest da se raznolikost objasni vjerojatnošću da dvije slučajno sakupljene jedinice pripadaju **istoj** vrsti. Izračunava se po formuli (Krebs, 1999):

$$D = \sum p_i^2$$

gdje je: D Simpsonov indeks
 p_i udio jedinki i -te vrste u zajednici

Većina autora koristi komplement Simpsonova indeksa jer u tom obliku izražava vjerojatnost da dvije slučajno sakupljene jedinice pripadaju **različitim** vrstama. Taj oblik Simpsonova indeksa, koji je korišten i u ovom radu, naziva se **Simpsonov indeks raznolikosti**, a izračunava se po formuli (Krebs, 1999):

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

Neki autori koriste **recipročni Simpsonov indeks** u obliku (Krebs, 1999):

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

Simpsonov indeks raznolikosti ($1-D$) veću težinu polaže na česte vrste u uzorku i kreće se u rasponu od 0 (mala raznolikost) do skoro 1 ($1-1/s$), a recipročni Simpsonov indeks od 0 do s (ukupan broj vrsta).

Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti može se izračunati formulom:

$$E_{1/D} = \frac{D}{s}$$

gdje je $E_{1/D}$ ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks
 D Simpsonov indeks
 s broj vrsta u uzorku

Ta mjera varira u rasponu od 0 do 1 i nije pod značajnim utjecajem rijetkih vrsta u uzorku. Ujednačenosti za sve indekse definirane su kao odnos uočene raznolikosti, prema maksimalno dobivenoj raznolikosti.

Tablica 2.1.5.4.3. Ekološke značajke riba obuhvaćenih indeksom IBI-HR (Mrakovčić i sur., 2011) (OMNI-omnivor, INS-insektivor, INV-invertivor, PLANK-planktivor, PISC-piscivor, HERB-herbivor, DET-detritivor, FITO-fitofil, LITO-litofil, PSAM-psamofil, SPEL-speleofil, OSTR-ostrakofil, PEL-pelagofil, EU-euritopska, RE-reofilna, LI-limnofilna)

Latinski naziv	Prehrambena strategija	Supstrat za mrijest	Ekološki zahtjevi	Stupac vode	Invazivnost
<i>Abramis brama</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	bentička	
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	INS/INV	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Alburnus alburnus</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Alburnus arborella</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Alburnus sarmaticus</i>	PLANKT	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Ameiurus melas</i>	OMNI	FITO/LITO	LI	bentička	invazivna
<i>Anguilla anguilla</i>	INV/PISC	more	EU	bentička	
<i>Aspius aspius</i>	PISC	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Atherina hepsetus</i>	INS/INV	FITO/LITO	LI	vodeni stupac	
<i>Aulopyge huegelii</i>	INS/INV	LITO	EU	bentička	
<i>Barbatula barbatula</i>	INS/INV	PSAM	RE	bentička	
<i>Barbus balcanicus</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Barbus barbus</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Barbus plebejus</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Blicca bjoerkna</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	
<i>Carassius gibelio</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	invazivna
<i>Chondrostoma knerii</i>	HERB	LITO	RE	bentička	
<i>Chondrostoma nasus</i>	HERB	LITO	RE	bentička	
<i>Chondrostoma phoxinus</i>	HERB	LITO	RE	bentička	
<i>Cobitis dalmatina</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Cobitis elongata</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Cobitis elongatoides</i>	INS/INV	FITO	RE	bentička	
<i>Cobitis illyrica</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Cobitis narentana</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Cottus gobio</i>	INS/INV	SPEL	RE	bentička	
<i>Cyprinus carpio</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	
<i>Delminichthys adspersus</i>	INS/INV	FITO	EU	vodeni stupac	
<i>Esox lucius</i>	PISC	FITO	EU	vodeni stupac	
<i>Eudontomyzon danfordi</i>	DET	LITO	RE	bentička	
<i>Eudontomyzon vladykovi</i>	DET	LITO	RE	bentička	
<i>Gambusia holbrooki</i>	INS/INV	OSTR	LI	vodeni stupac	invazivna
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	OMNI	FITO	EU	bentička	
<i>Gobio obtusirostris</i>	INS/INV	PSAM	RE	bentička	
<i>Gymnocephalus cernua</i>	INS/INV	FITO/LITO	EU	bentička	
<i>Gymnocephalus schraetser</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Knipowitschia croatica</i>	INS/INV	FITO	RE	bentička	
<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	INS/INV	FITO	RE	bentička	
<i>Lepomis gibbosus</i>	INS/INV	POLI	LI	vodeni stupac	invazivna
<i>Lethenteron zanandreaei</i>	DET	LITO	RE	bentička	
<i>Leuciscus idus</i>	OMNI	FITO/LITO	RE	vodeni stupac	

Latinski naziv	Prehrambena strategija	Supstrat za mrijest	Ekološki zahtjevi	Stupac vode	Invazivnost
<i>Leuciscus leuciscus</i>	OMNI	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Liza aurata</i>	OMNI	PEL	LI	vodeni stupac	
<i>Liza saliens</i>	HERB/DET	PEL	LI	bentička	
<i>Lota lota</i>	INV/PISC	LITO/PEL	EU	bentička	
<i>Neogobius fluviatilis</i>	INS/INV	SPEL	EU	bentička	invazivna
<i>Neogobius kessleri</i>	INS/INV	LITO	EU	bentička	invazivna
<i>Neogobius melanostomus</i>	INS/INV	LITO	EU	bentička	invazivna
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	INV/PISC	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Padogobius bonelli</i>	INS/INV	FITO/LITO	EU	bentička	
<i>Perca fluviatilis</i>	INV/PISC	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Phoxinellus dalmaticus</i>	INV/PISC	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Phoxinus lumaireul</i>	INS/INV	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Phoxinus phoxinus</i>	INS/INV	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Pomatoschistus canestrinii</i>	INV/PISC	SPEL	EU	bentička	
<i>Proterorhinus marmoratus</i>	INV/PISC	SPEL	EU	bentička	
<i>Pseudorasbora parva</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	invazivna
<i>Rhodeus amarus</i>	OMNI	OSTR	EU	vodeni stupac	
<i>Romanogobio kessleri</i>	INS/INV	PSAM	RE	bentička	
<i>Romanogobio vladykovi</i>	INS/INV	PSAM	RE	bentička	
<i>Rutilus aula</i>	INS/INV	FITO	LI	vodeni stupac	
<i>Rutilus basak</i>	INS/INV	FITO	EU	vodeni stupac	
<i>Rutilus rutilus</i>	OMNI	FITO/LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Rutilus virgo</i>	INS/INV	FITO	RE	bentička	
<i>Sabanejewia balcanica</i>	INS/INV	FITO	RE	bentička	
<i>Salaria fluviatilis</i>	INS/INV	SPEL	EU	bentička	
<i>Salmo farioides</i>	INV/PISC	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Salmo obtusirostris</i>	INV/PISC	LITO	RE	bentička	
<i>Salmo trutta</i>	INV/PISC	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Sander lucioperca</i>	PISC	FITO	EU	vodeni stupac	
<i>Scardinius dergle</i>	OMNI	FITO	LI	vodeni stupac	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	OMNI	FITO	LI	vodeni stupac	
<i>Silurus glanis</i>	PISC	FITO	EU	bentička	
<i>Squalius cephalus</i>	OMNI	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Squalius illyricus</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Squalius microlepis</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Squalius squalus</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Squalius tenellus</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Squalius zrmanjæ</i>	OMNI	LITO	EU	vodeni stupac	
<i>Telestes turskyi</i>	INS/INV	FITO	RE	vodeni stupac	
<i>Telestes ukliva</i>	INS/INV	FITO	RE	vodeni stupac	
<i>Thymallus thymallus</i>	INS/INV	LITO	RE	vodeni stupac	
<i>Tinca tinca</i>	OMNI	FITO	LI	bentička	
<i>Vimba vimba</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Zingel streber</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	
<i>Zingel zingel</i>	INS/INV	LITO	RE	bentička	

2.1.5.4.3. Opis zajednica referentnih tipova (Mrakovčić i sur., 2011)

DINARIDSKA EKOREGIJA - ISTRA

17. Nizinske i prigorske male tekućice

U nizinskim i prigorskim malim tekućicama prilikom uzorkovanja ihtiofaune za potrebe izrade indeksa zabilježeno je 7 vrsta riba, od kojih su dvije (babuška i sunčanica) vrste unesene poribljavanjem ovih prostora. Vode imaju ciprinidni karakter.

Autohtona ihtiofauna tipa 17:

Alburnus arborella

Barbus plebejus

Padogobius bonelli

Phoxinus lumaireul

Squalius squalus

18. Nizinske srednje velike tekućice

U nizinskim srednje velikim tekućicama prilikom uzorkovanja ihtiofaune za potrebe izrade indeksa zabilježeno je 5 vrsta riba, od kojih se bodorka javlja u zadnje vrijeme i ne pripada autohtonij fauni ovih prostora. Vode imaju ciprinidni karakter.

Autohtona ihtiofauna tipa 18:

Alburnus arborella

Anguilla anguilla

Phoxinus lumaireul

Squalius squalus

2.1.5.4.4. Ocjena biološke kakvoće istraživanih postaja temeljem zajednice riba

Vrijednost IBI-HR dobivena je kvantitativno usporedbom mjerenih parametara s vrijednostima referentnog uzorka. Kada je broj vrsta u uzorku bio manji od 3, tada je vrijednost procijenjena kvalitativno usporedbom s referentnim uzorkom te je vrijednost indeksa izražena rimskim brojem u tablici. Ako je tada zajednica uglavnom istovjetna izvornoj, a matematički izračun nije u cijelosti moguć jer za izračun indeksa raznolikosti u zajednici su potrebna najmanje tri člana, u tim slučajevima ocijenjeno je stanje kao vrlo dobro i to ocjenom 1, ali da se razlikuje od kvantitativne metode korišten je rimski broj jedan (I).

Ocjena biološke kakvoće tekućica temeljem riblje zajednice moguća je usporedbom s tipskim (referentnim) vrijednostima kako je to dano u prilogu. Sam indeks je jednostavan za primjenu, a svaki sljedeći uzorak na odabranim postajama treba iskoristiti za proširenje same baze i finiju kalibraciju indeksa. Osnovni je problem nedostatak prethodnih podataka ili neuzorkovanje na standardni način. Informacija o izvornoj zajednici ponekad postoji, ali nije kvantitativna i pomaže za formiranje referentnog uzorka, ali same vrijednosti tipskih uzoraka još nisu do kraja definirane (Mrakovčić i sur., 2011).

Vrijednost indeksa i ocjena biološke kakvoće na pojedinoj postaji slijedi u nastavku, dok se potpun izračun nalazi u Tablicama 2.1.5.4.4-2.1.5.4.7.

DINARIDSKA EKOREGIJA - ISTRA

16. Nizinske i prigorske male tekućice

Biološka kakvoća temeljem BEK ribe na postajama tipa 17:

Postaja	Vrijednost indeksa	Ocjena stanja	Broj vrsta
P1 Draga			0
P2 Rečina	I	Vrlo dobro	2
P3 Bračana	0,975	Vrlo dobro	5
P4 Butoniga kanal	1	Vrlo dobro	5
M1 Izvorište Rečica	0,975	Vrlo dobro	5
M2 Kamenita vrata	0,9792	Vrlo dobro	6

17. Nizinske srednje velike tekućice

Biološka kakvoća temeljem BEK ribe na postajama tipa 18:

Postaja	Vrijednost indeksa	Ocjena stanja	Broj vrsta
M3 Portonski most	0,8224	Dobro	4

Tablica 2.1.5.4.4. Sastav zajednice riba na postajama tipa 17

Vrsta	Postaja	Tip 17					Tipska zajednica
		P2	P3	P4	M1	M2	
<i>Alburnus arborella</i>				4			2
<i>Anguilla anguilla</i>			3		2	1	
<i>Barbus plebejus</i>		13	34	19	9	115	14
<i>Padogobius bonelli</i>			5	3	14	11	3
<i>Phoxinus lumaireul</i>			1	1	29	2	7
<i>Romanogobio benacensis</i>						4	
<i>Squalius squalus</i>		39	15	25	210	64	123
Ukupan broj jedinki		52	58	52	264	197	149
Broj vrsta na postaji		2	5	5	5	6	5

Tablica 2.1.5.4.5. Izračun indeksa biološke kakvoće temeljem riblje zajednice na postajama tipa 17

	Postaja	P3 – Bračana		P4 – Butoniga kanal		M1 – Izvorište Rečica		M2 – Kamenita vrata	
	Tip 17	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba	Vrijednosti	Usporedba
Relativna zastupljenost insektivornih/invertivornih vrsta	0,6000	0,6000	1	0,6000	1	0,6000	1	0,6667	1
Relativna zastupljenost fitofilnih vrsta	0,4000	0,2000	1	0,4000	1	0,2000	1	0,1667	1
Relativna zastupljenost litofilnih vrsta	1	0,8000	0,8000	1	1	0,8000	0,8000	0,8333	0,8333
Relativna zastupljenost reofilnih vrsta	0,4000	0,4000	1	0,4000	1	0,4000	1	0,5000	1
Relativna zastupljenost bentičkih vrsta	0,4000	0,6000	1	0,4000	1	0,6000	1	0,6667	1
Relativna zastupljenost invazivnih i unesenih vrsta	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Simpsonov indeks raznolikosti	0,3090	0,5791	1	0,6257	1	0,3512	1	0,5500	1
Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti	0,2890	0,4751	1	0,5344	1	0,3082	1	0,3704	1
Vrijednost indeksa			0,975		1		0,975		0,9792

Tablica 2.1.5.4.6. Sastav zajednice riba na postajama tipa 18

Vrsta	Postaja	Tip 18	Tipka
		M3	zajednica
<i>Alburnus arborella</i>			38
<i>Anguilla anguilla</i>		5	14
<i>Phoxinus lumaireul</i>		29	64
<i>Rutilus rutilus</i>		2	
<i>Squalius squalus</i>		17	42
Ukupan broj jedinki		53	158
Broj vrsta na postaji		4	4
- invazivna ili unesena			

Tablica 2.1.5.4.7. Izračun indeksa biološke kakvoće temeljem riblje zajednice na postajama tipa 18

	Tip 18	M3 – Portonski most	
		Vrijednosti	Usporedba
Relativna zastupljenost insektivornih/invertivornih vrsta	0,2500	0,2500	1
Relativna zastupljenost fitofilnih vrsta	0,2500	0,2500	1
Relativna zastupljenost litofilnih vrsta	0,7500	0,7500	1
Relativna zastupljenost reofilnih vrsta	0,2500	0,2500	1
Relativna zastupljenost bentičkih vrsta	0,2500	0,2500	1
Relativna zastupljenost invazivnih i unesenih vrsta	0	0,2500	0
Simpsonov indeks raznolikosti	0,7040	0,5990	0,8509
Ujednačenost za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti	0,8320	0,6060	0,7284
Vrijednost indeksa			0,8224

2.1.5.5. Sumarni prikaz biološke kakvoće temeljem svih razmatranih bioloških elemenata (prema NN 89/10 te Mihaljević i sur., 2011a)

DINARIDSKA PRIMORSKA EKOREGIJA - ISTR		Postaja	HR Tip	Fitobentos	Makrozoo-bentos	Makrofiti	Ribe	Konačna ocjena
NIZINSKE I PRIGORSKE MALE TEKUĆICE ISTRE								
<i>Nizinske izvorišne male tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi Istre</i>								
Tip 17	Draga	P1	23A	2	1	1		2
	Rečina	P2	23A	2	1	1	1	2
	Bračana	P3	23A	1	1	1	1	1
	Butoniga kanal	P4	23A	1	2	5	1	5
	Mirna - Izvorište Rečica	M1	23A	2	2	4	1	4
	Mirna - Kamenita vrata	M2	23A	2	2	3	1	3
NIZINSKE SREDNJE VELIKE TEKUĆICE ISTRE								
<i>Nizinske srednje velike tekućice u vapnenačko-flišnoj podlozi Istre</i>								
Tip 18	Mirna - Portonski most	M3	24	2	2	5	2	5

**Ocjena stanja prema
NN 89/10**
1 Vrlo dobro stanje
2 Dobro stanje
3 Umjereno stanje
4 Loše stanje
5 Vrlo loše stanje

2.2. Prikaz odabranih podloga za definiranje EPP i minimalnih preljevnih količina

2.2.1. Prikaz odabranih podloga za definiranje EPP

Podloge potrebne za izračun EPP-a hidrološkim metodama navedenim u poglavlju 3.1.2. (Pregled metodologije) su (Žugaj, 2000):

Q_{sr} – srednji godišnji protok

MNQ (Q_{min}) – prosječni minimalni godišnji protok, definiran kao aritmetička sredina minimalnih godišnjih protoka

sQ_{np} – srednji mali protok: aritmetička sredina minimalnih godišnjih srednjih dnevnih protoka

Q_{347} – vrijednost protoka u 347 dana, koji odgovara 95% vremena na srednjoj krivulji trajanja

Q_{300} – vrijednost protoka u 300 dana, koji odgovara 80% vremena na srednjoj krivulji trajanja

$Q_{min_kolovoz}$ – minimalni srednji protok u kolovozu

$Q_{min_95\%}$ – vrijednost protoka 347 dana, koji odgovara 95% vremena na krivulji trajanja napravljenoj na bazi 30-dnevnih protoka malih voda

$Q_{min_80\%}$ – vrijednost protoka 300 dana, koji odgovara 80% vremena na krivulji trajanja napravljenoj na bazi 30-dnevnih protoka malih voda

A – površina hidrogeološkog sliva u km^2

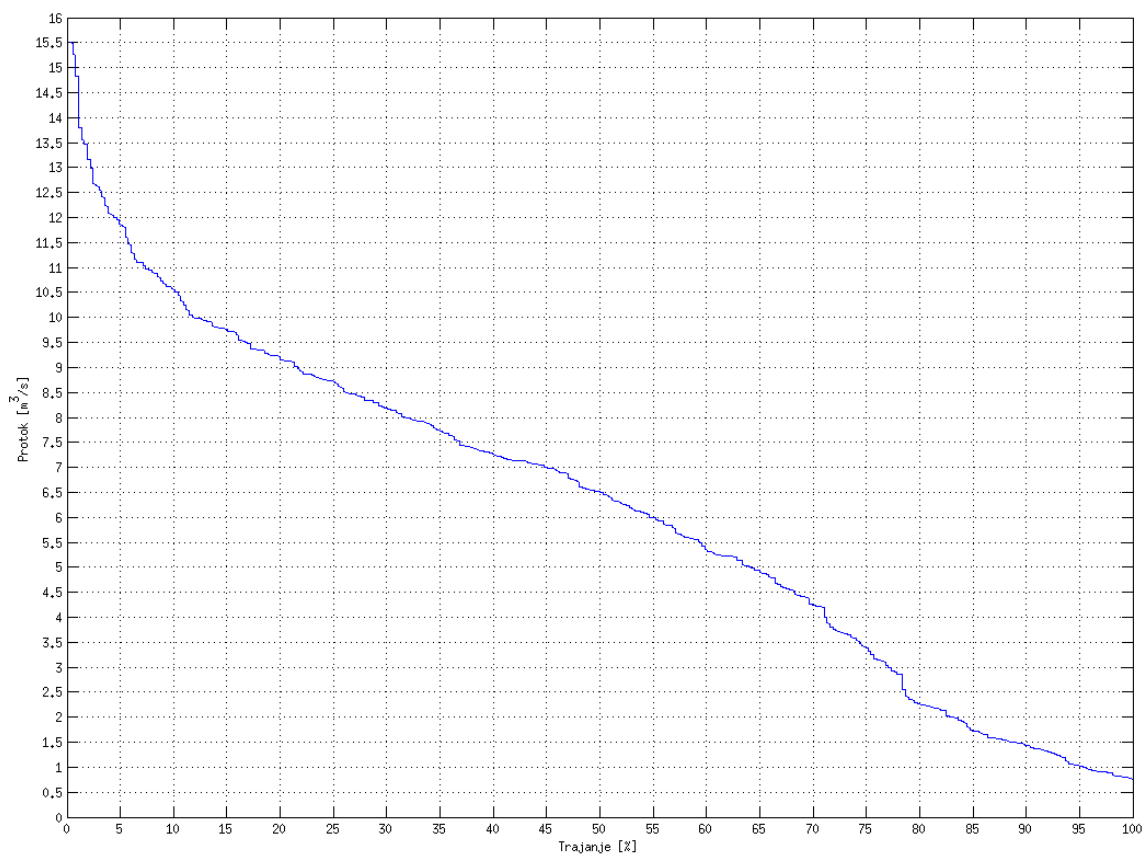
Tablica 2.2.1. Podloge (statističke varijable) potrebne za izračun EPP (Q u m^3/s , A u km^2)

Postaja	Period analize	Q_{sr}	sQ_{np}	MNQ	Q_{347}	Q_{300}	Q_{min_kol}	$Q_{min_95\%}$	$Q_{min_80\%}$	A
Mirna Buzet	1980-2011	2.13	0.12	0.098	0.45	0.95	0.05	0.36	0.38	147
Mirna Motovun	1980-2011	5.35	0.34	0.31	1.15	2.25	0.2	0.4	0.63	414
Mirna Port. most	1980-2011	6.33	0.45	0.41	1.15	2.35	0.37	0.48	0.67	581
Rečina Pengari	2003-2011	0.26	0.0002	0.0002	0.025	0.05	0	0.002	0.002	98
Bračana Abrami	1985-2011	0.55	0.027	0.024	0.07	0.17	0.002	0.02	0.05	21
Botonega Škulci st.	1986-2011	0.47	0.016	0.014	0.06	0.07	0.002	0.015	0.035	74

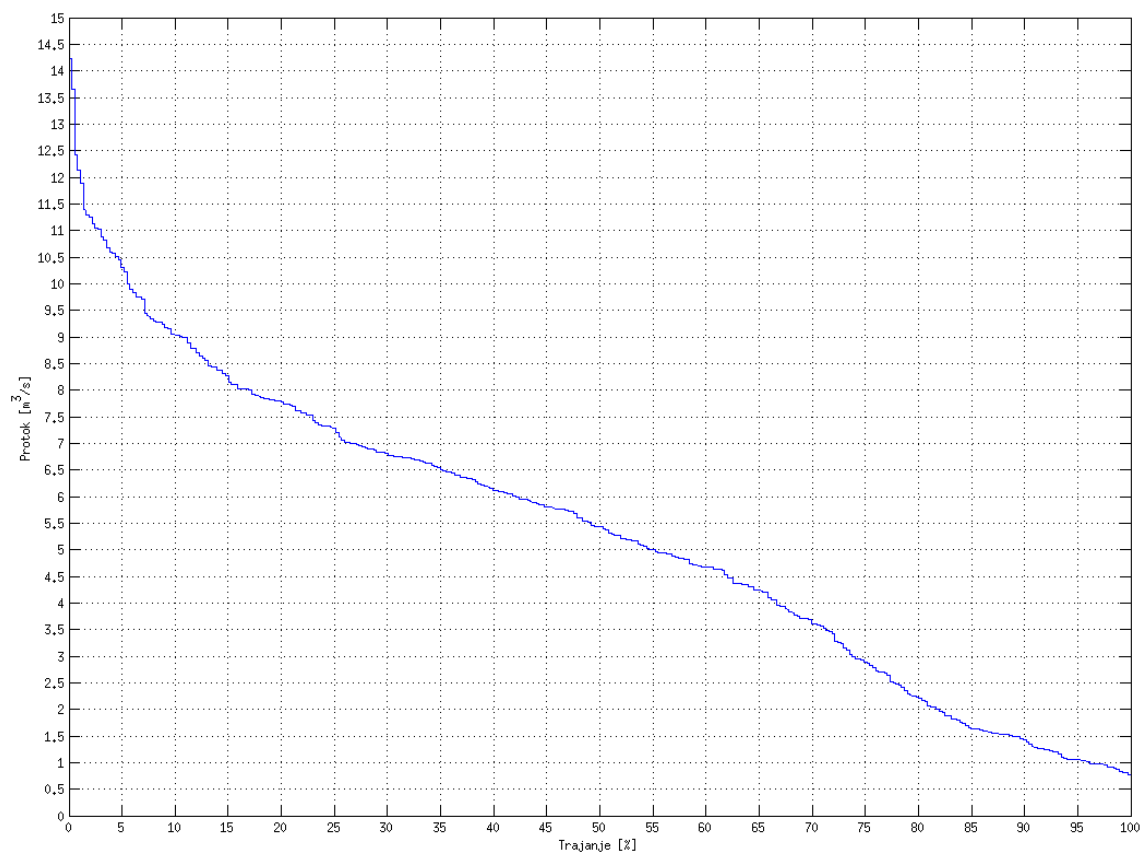
Za dobivanje mnogih od gore navedenih podloga za izračunavanje EPP hidrološkim metodama potrebno je izraditi krivulje trajanja protoka na analiziranim hidrološkim postajama. Krivulje trajanja za hidrološke postaje na rijeci Mirni, njenim pritokama i preljevima povezanih kaptiranih izvora prikazane su Slikama 2.2.1.1.1-2.2.1.1.9.

Za određivanje EPP ekološkim metodama primijenjenim tijekom izvođenja ovog projekta potrebno je bilo izraditi specifične protočne krivulje za svaku hidrološku postaju. One nam opisuju specifične korelacije između vodostaja (nižeg, srednjeg i višeg) i protoka na svakoj od analiziranih hidroloških postaja. To nam je omogućilo da odredimo EPP na svakom istraživanom lokalitetu na rijeci Mirni i njenim pritokama za ciljanu dubinu vode (21-25 cm) minimalno potrebnu za nesmetano odvijanje cjelokupnog životnog ciklusa ciljane bioindikatorske vrste riba (*Barbus plebejus*). Protočne krivulje za hidrološke postaje na rijeci Mirni i njenim pritokama prikazane su Slikama 2.2.1.2.1-2.2.1.2.6.

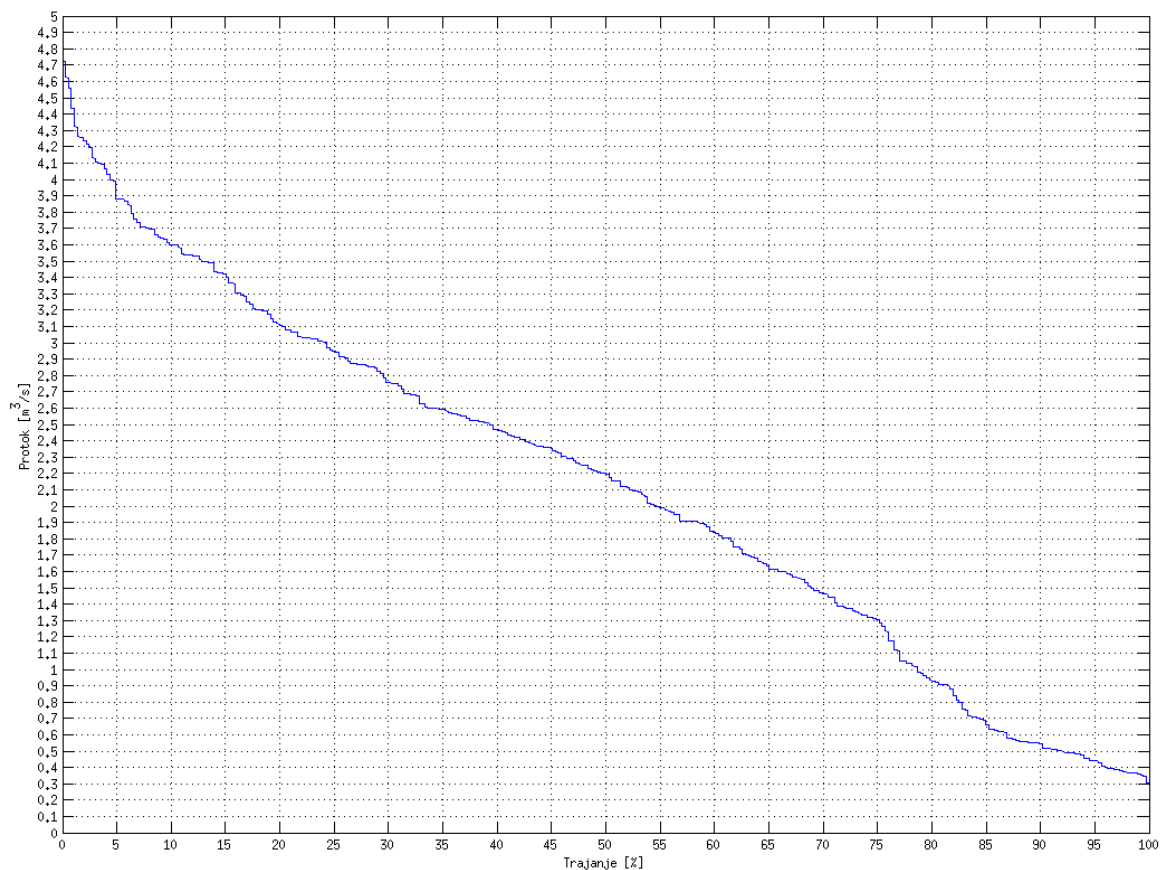
2.2.1.1. Krivulje trajanja



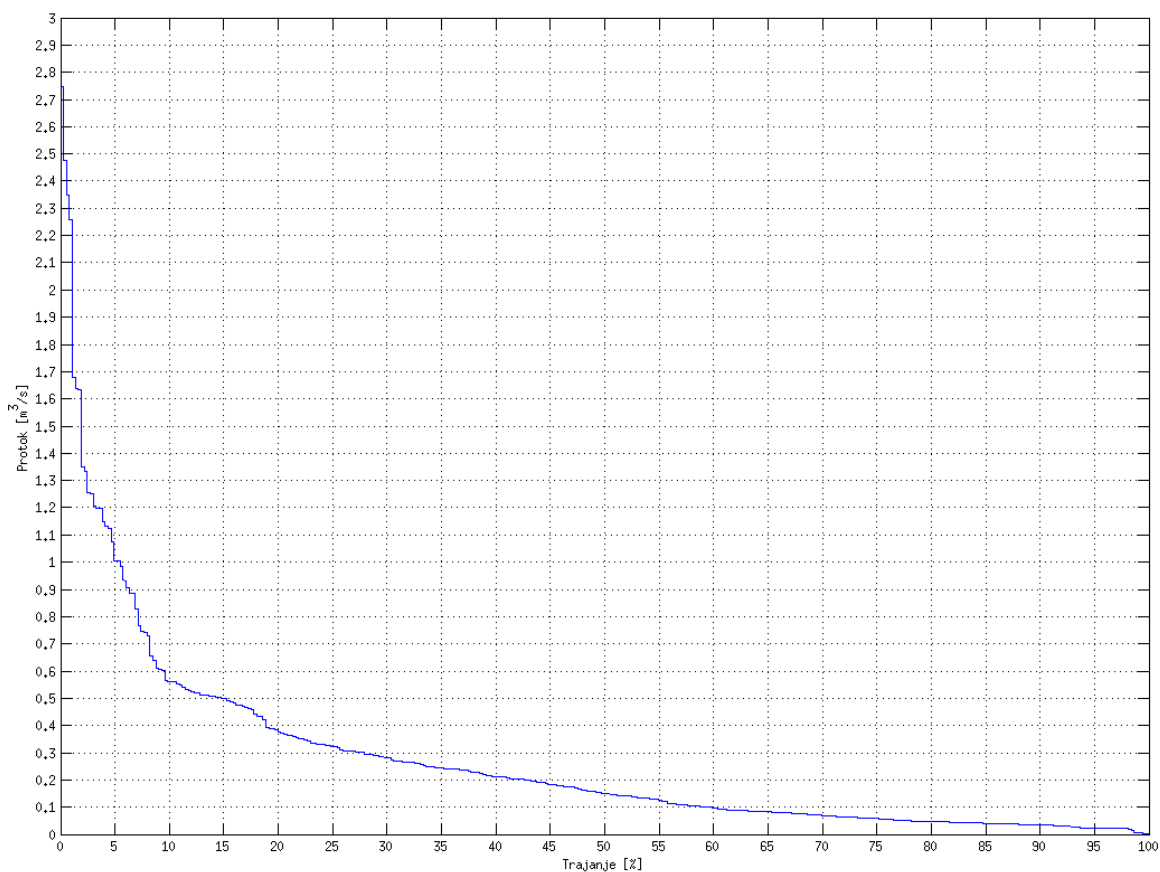
Slika 2.2.1.1.1. Krivulja trajanja protoka na postaji Portonski most za period 1980.-2011. g.



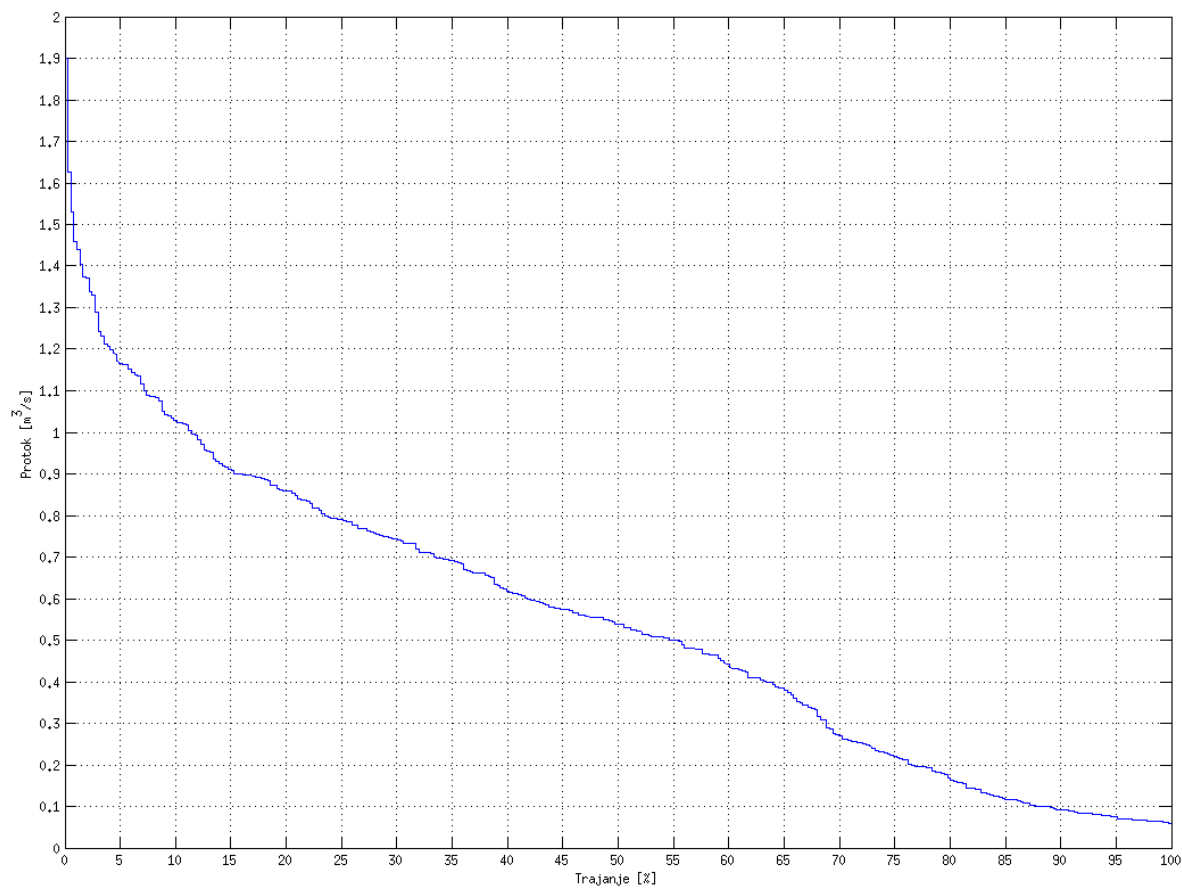
Slika 2.2.1.1.2. Krivulja trajanja protoka na postaji Motovun za period 1980.-2011. g.



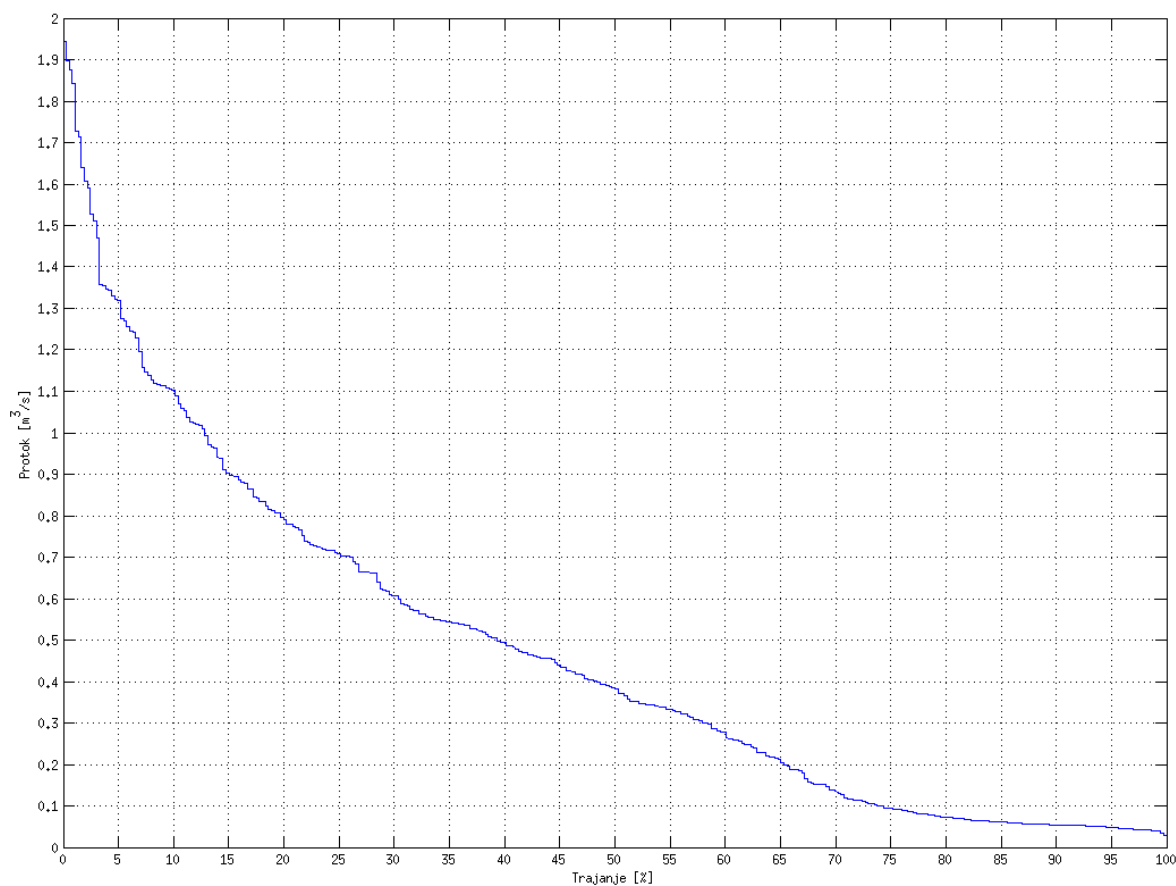
Slika 2.2.1.1.3. Krivulja trajanja protoka na postaji Buzet za period 1980.-2011. g.



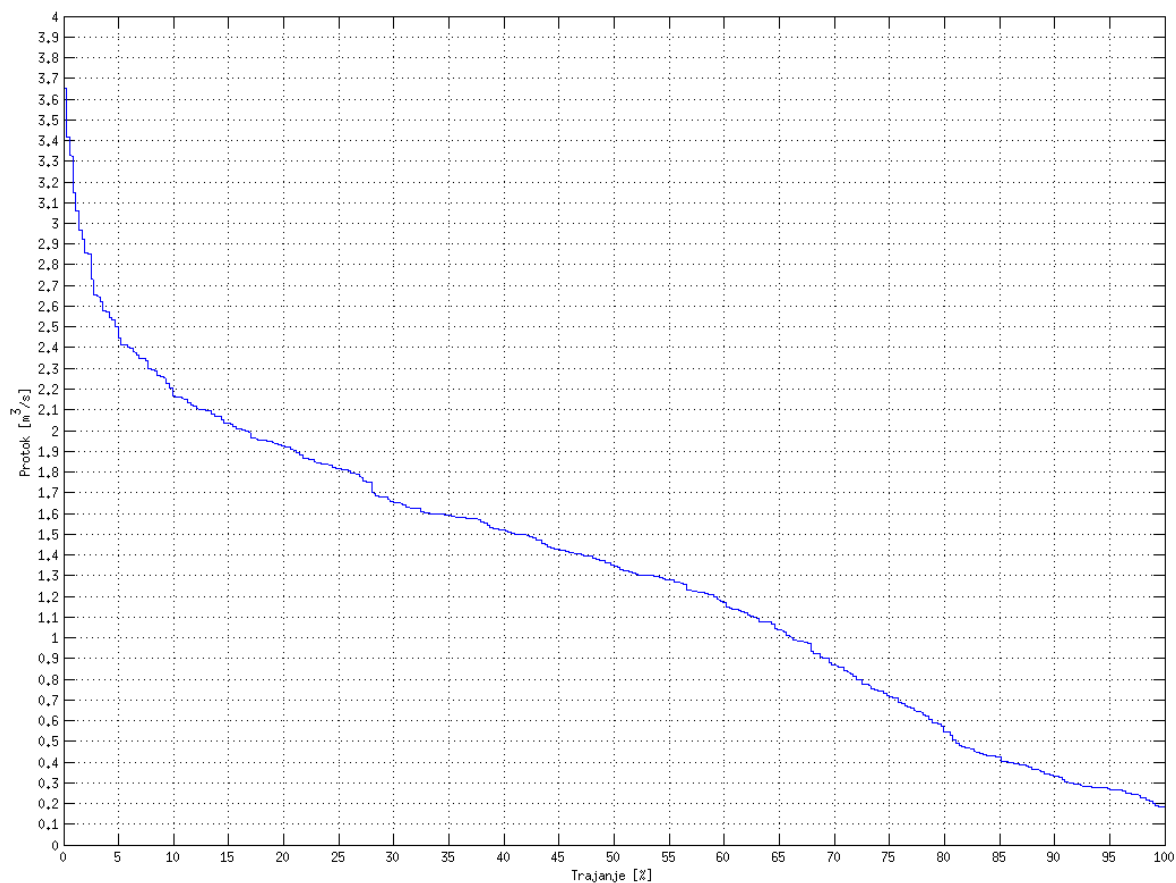
Slika 2.2.1.1.4. Krivulja trajanja protoka na postaji Rečina za period 2003.-2011. g.



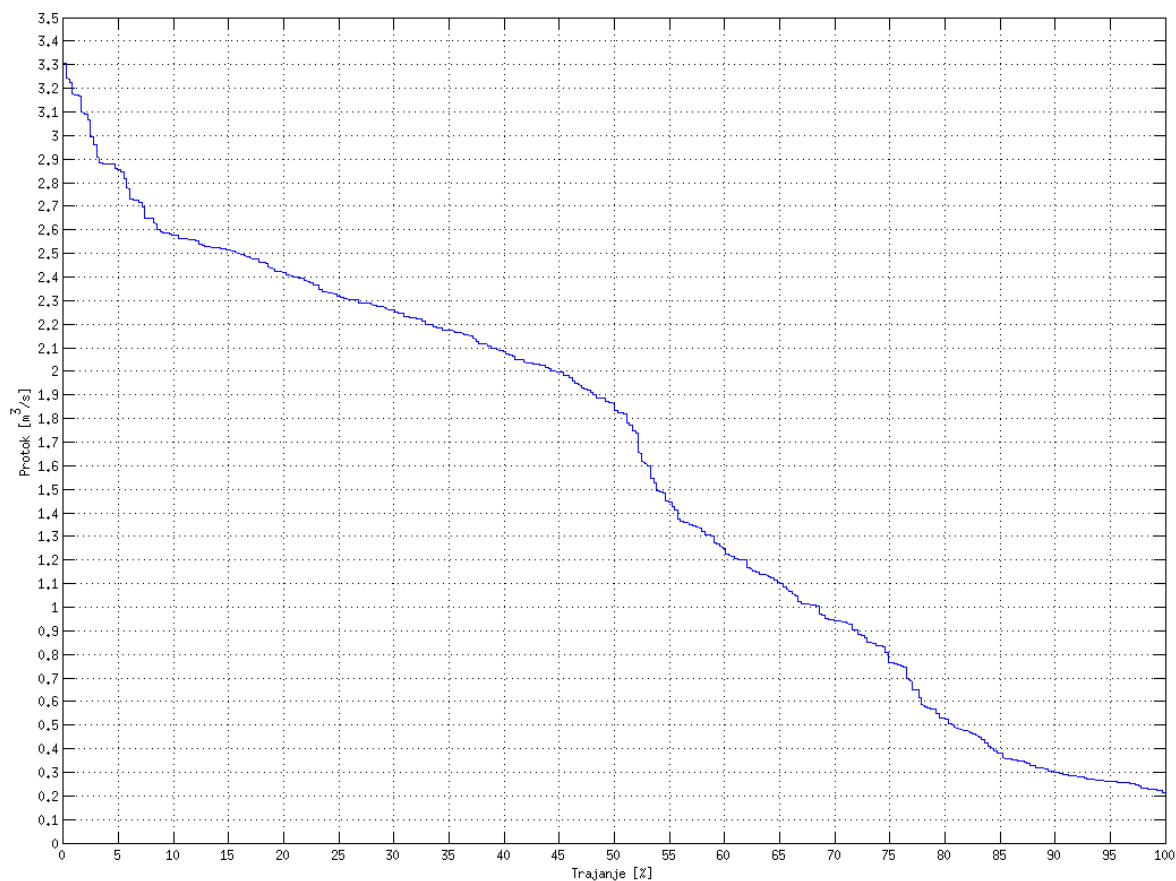
Slika 2.2.1.1.5. Krivulja trajanja protoka na postaji Bračana za period 1985.-2011. g.



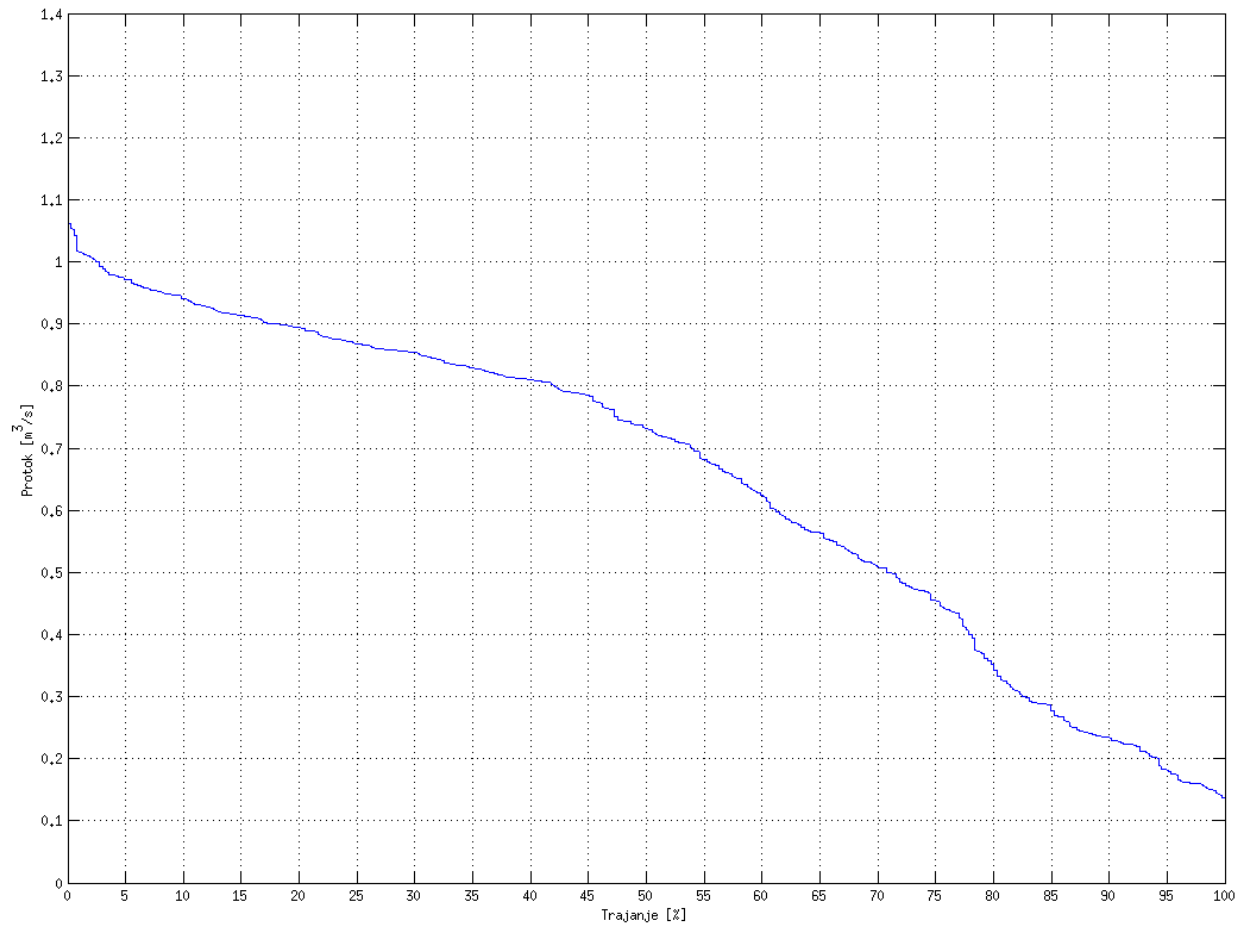
Slika 2.2.1.1.6. Krivulja trajanja protoka na postaji Botonega za period 1986.-2011. g.



Slika 2.2.1.1.7. Krivulja trajanja protoka na postaji Bulaž za period 1989.-2011. g.

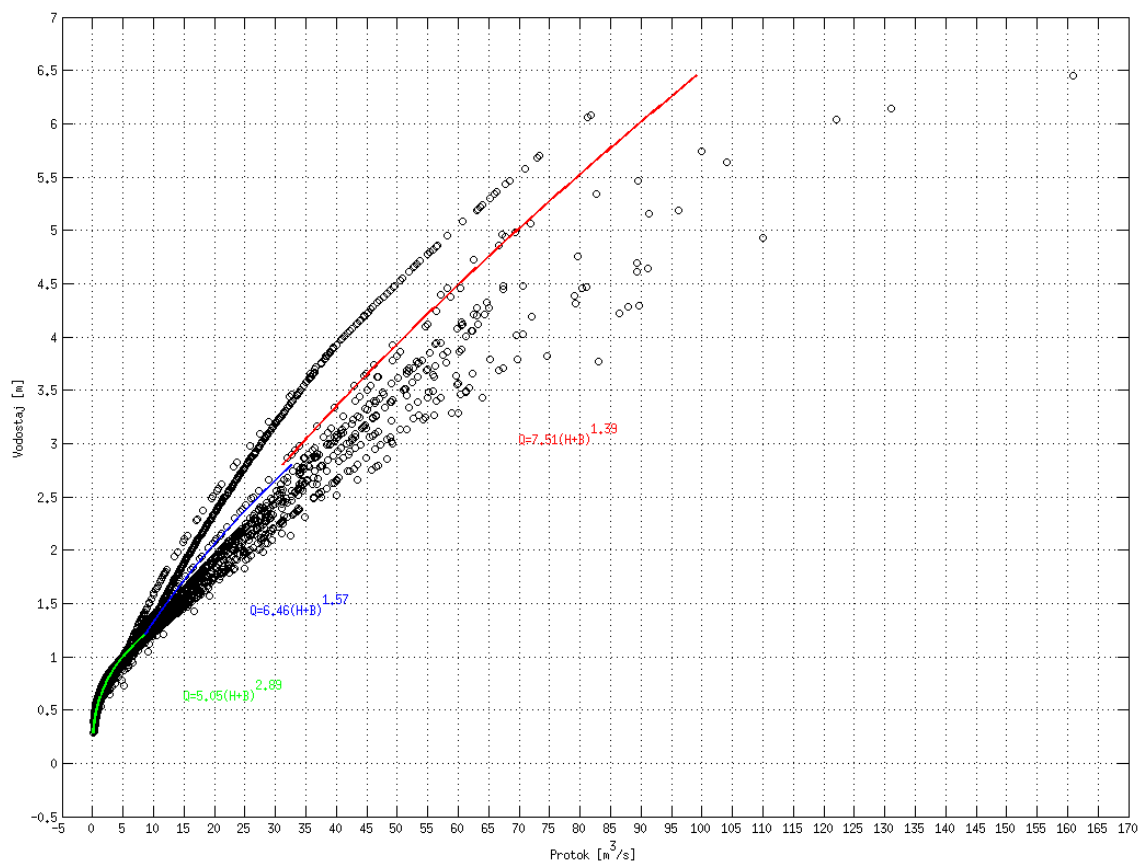


Slika 2.2.1.1.8. Krivulja trajanja protoka na postaji Gradole za period 1987.-2011. g.

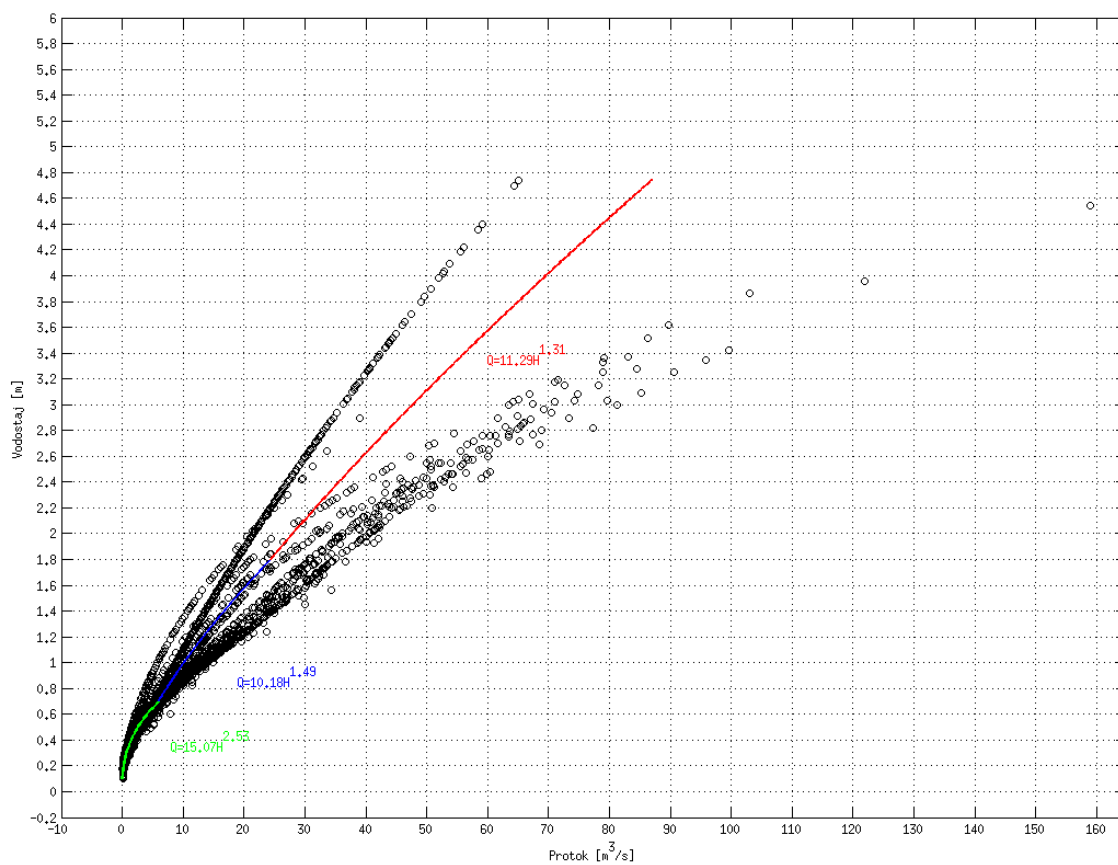


Slika 2.2.1.1.9. Krivulja trajanja protoka na postaji Sv. Ivan za period 1986.-2011. g.

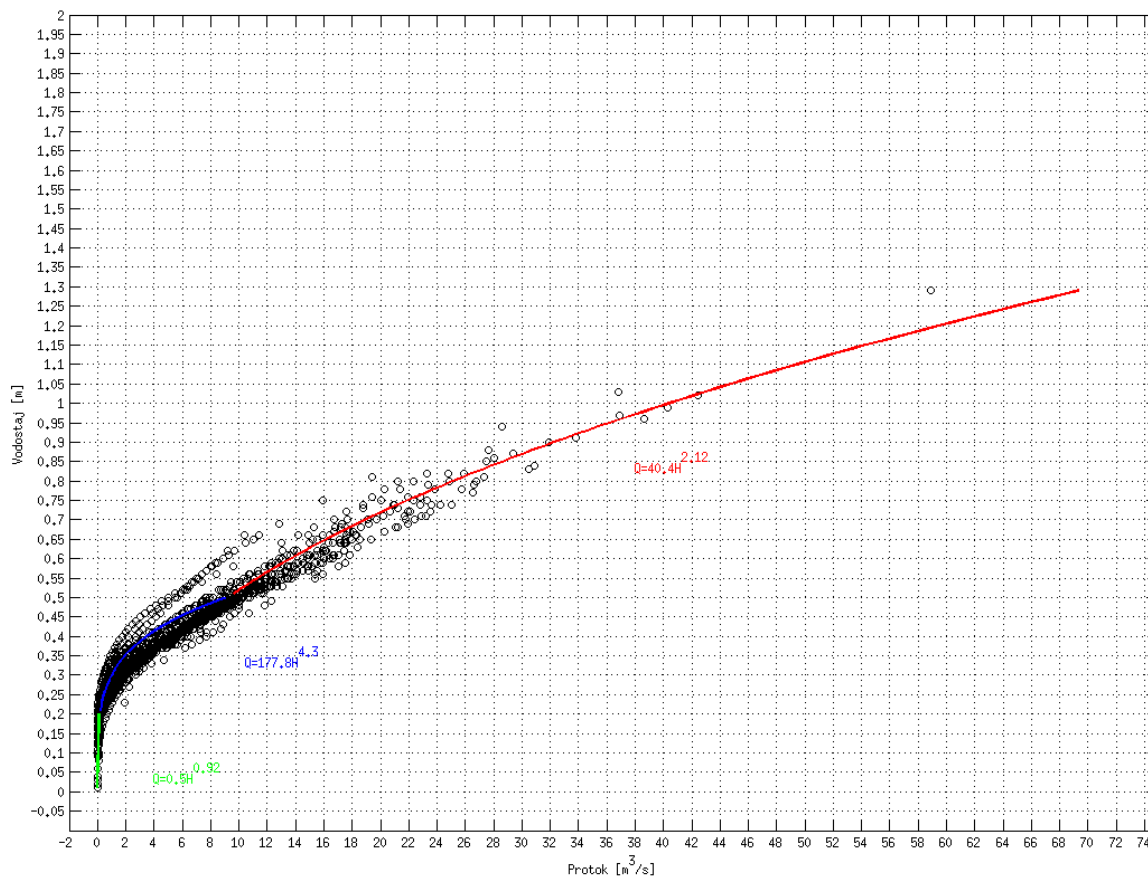
2.2.1.2. Protočne krivulje



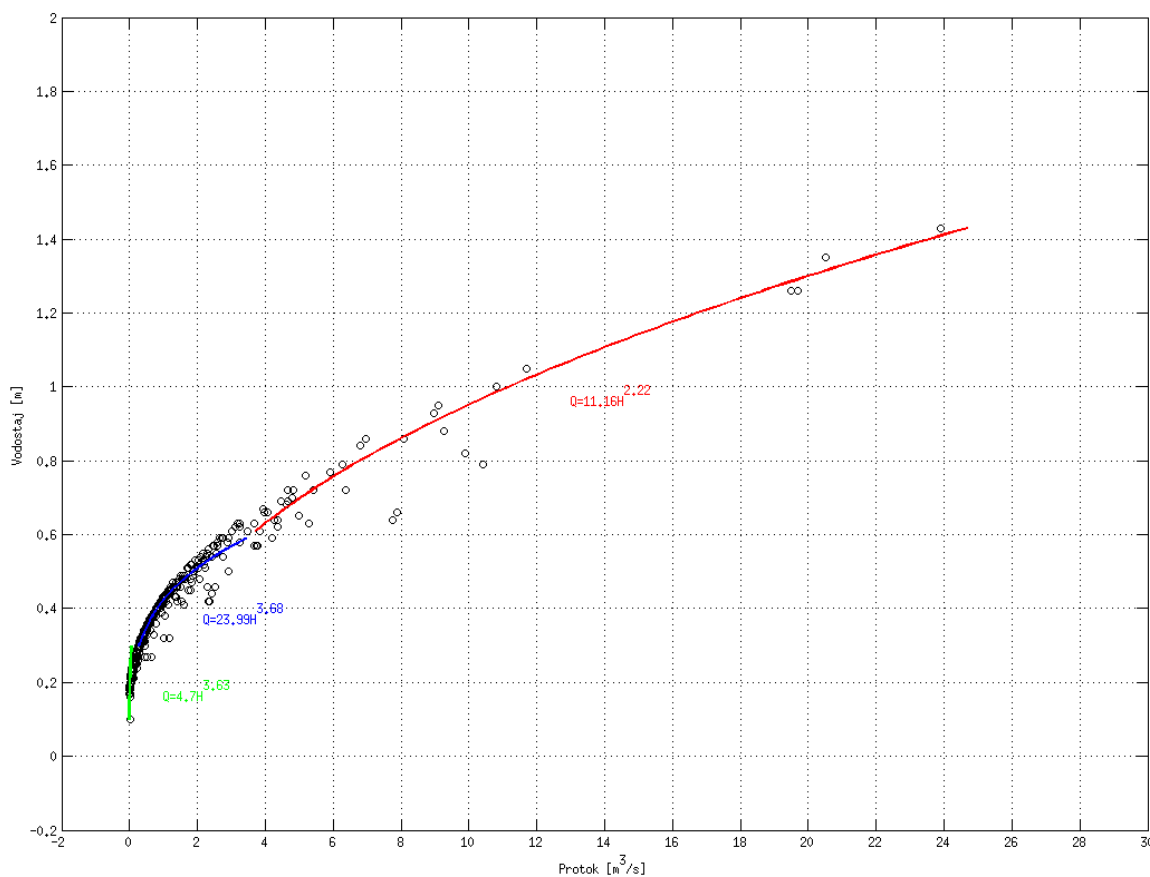
Slika 2.2.1.2.1. Protočna krivulja na postaji Portonski most za period 1980.-2011. g.



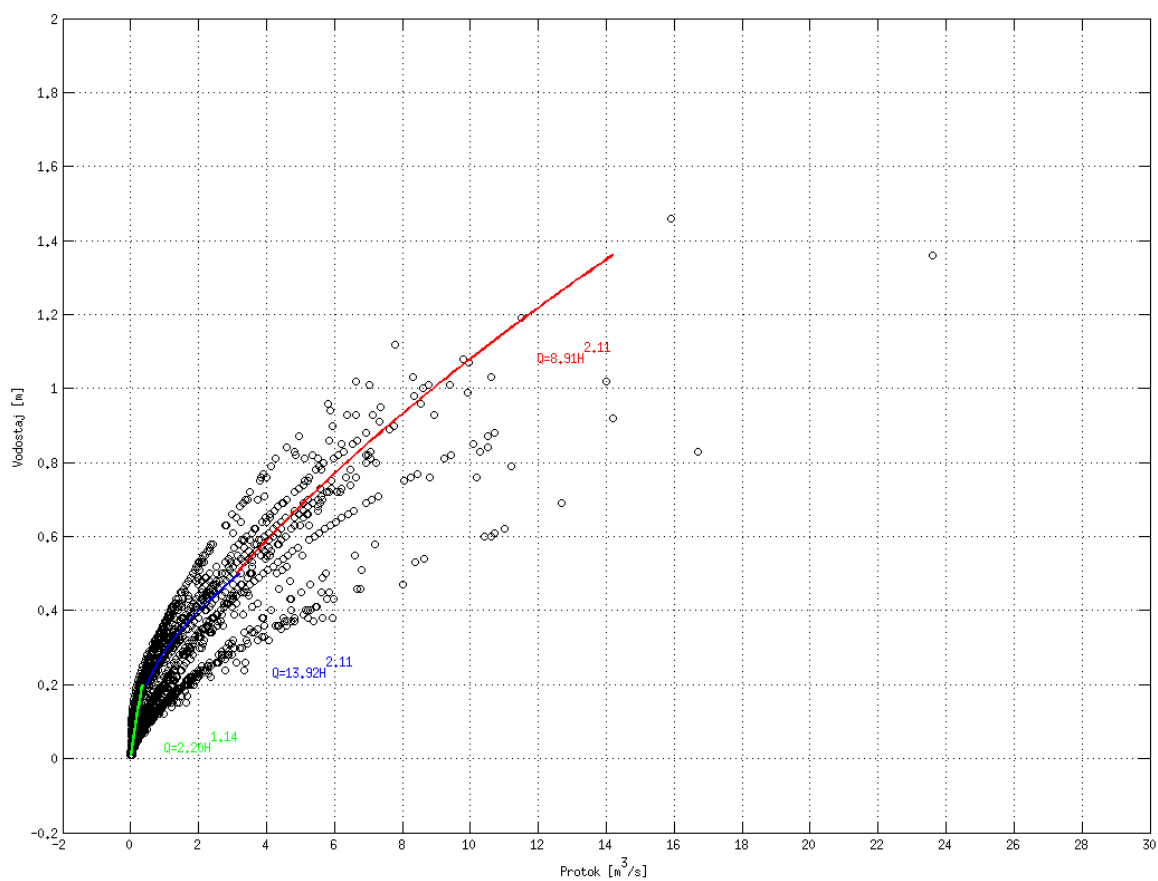
Slika 2.2.1.2.2. Protočna krivulja na postaji Motovun za period 1980.-2011. g.



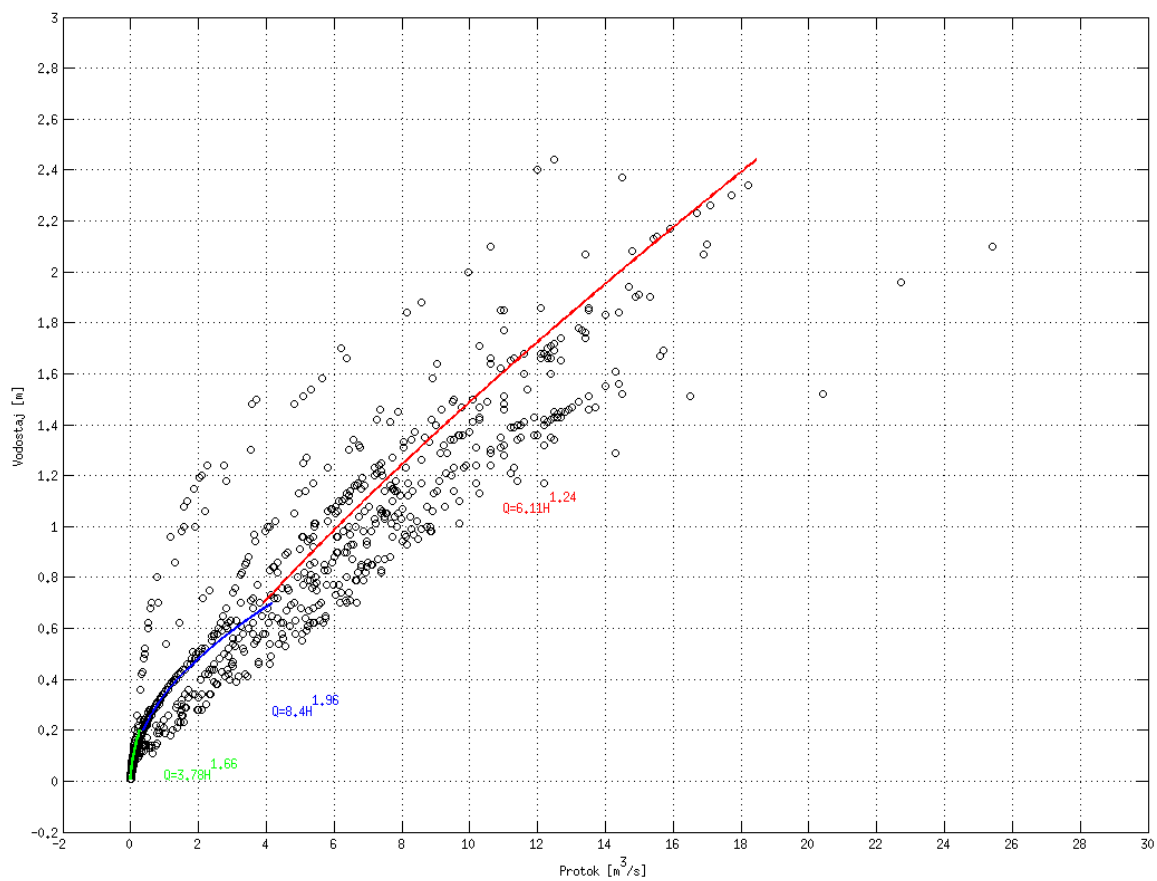
Slika 2.2.1.2.3. Protočna krivulja na postaji Buzet za period 1980.-2011. g.



Slika 2.2.1.2.4. Protočna krivulja na postaji Rečina za period 2003.-2011. g.



Slika 2.2.1.2.5. Protočna krivulja na postaji Bračana za period 1985.-2011. g.



Slika 2.2.1.2.6. Protočna krivulja na postaji Botonega za period 1986.-2011. g.

2.2.2. Prikaz odabranih podloga za definiranje minimalnih preljevnih količina izvorišta

Definiranje minimalnih preljevnih količina na izvorištima (Sv. Ivan, Bulaž i Gradole) obrađeno je u sljedećim poglavljima. U daljnjem se tekstu ovog poglavlja navode samo jednadžbe (za pojašnjenja vidi poglavlja 3.2.3.3 i 3.2.3.4) za određivanje rubnih uvjeta ekološki prihvatljivog protoka na referentnim postajama (Mirna–Buzet i Mirna–Portonski most), kao i statistički prikazi preljevnih količina, crpljenja i izdašnosti za spomenuta izvorišta iz ranijih razdoblja.

1) Linearni model (bez klimatoloških prediktora) za postaju Mirna–Buzet (Poglavlje 3.2.3.3)

$$\mathbf{mbz_vod = 9.26449 + 10.19075*isi_pro + 0.50595*ppr_vod}$$

mbz_vod = vodostaj na postaji Mirna–Buzet

isi_pro = protok na preljevu izvora Sv. Ivan

ppr_vod = vodostaj na postaji Rečina–Pengari

2) Linearni model (bez klimatoloških prediktora) za postaju Mirna–Portonski most (Poglavlje 3.2.3.4)

$$\mathbf{mpm_vod = -70.3876 + 14.693*ibp_pro + 0.4249*pab_vod + 0.584*psb_vod + 2.1764*mbz_vod}$$

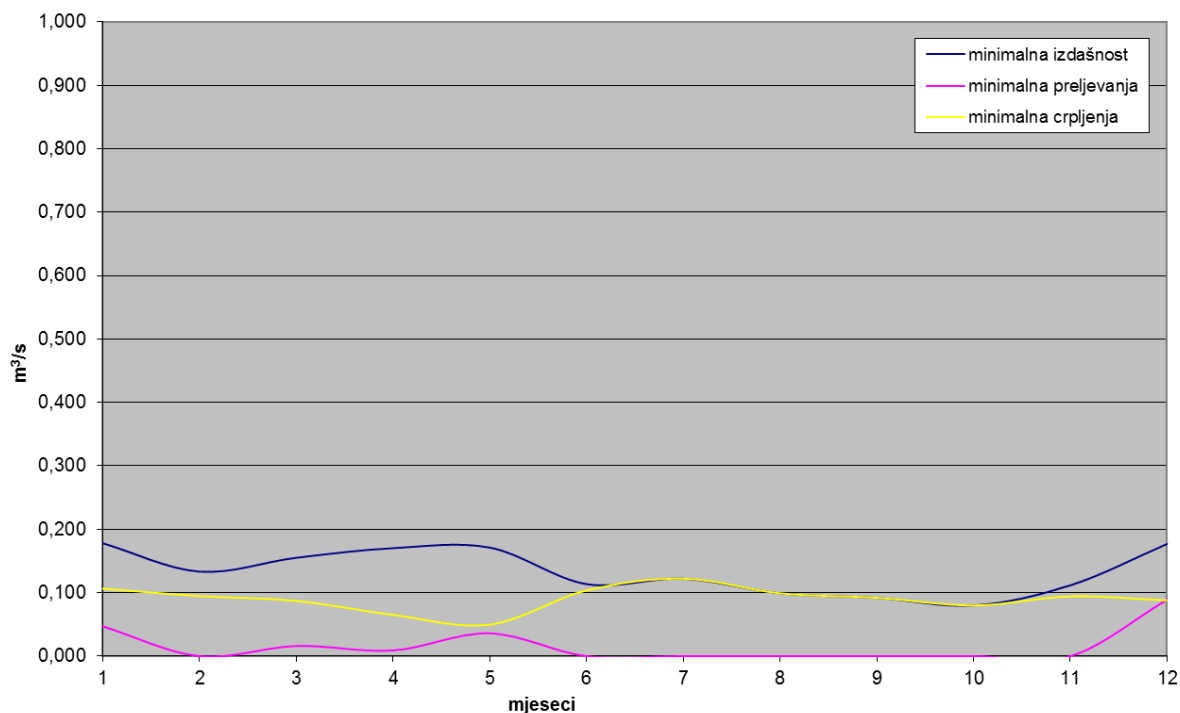
mpm_vod = vodostaj na postaji Mirna–Portonski Most

ibp_pro = protok na preljevu izvora Bulaž

pab_vod = vodostaj na postaji Bračana–Abrami

psb_vod = vodostaj na postaji Botonega–Ščulci stepenica

mbz_vod = vodostaj na postaji Mirna–Buzet



Slika 2.2.2.1. Minimalna mjesečna izdašnost, prelijevanja i crpljenja (m^3/s) izvora Sv. Ivan za niz 1986.-2011. g.

Tablica 2.2.2.1. Minimalna mjesečna i godišnja izdašnost (m^3/s) izvora Sv. Ivan za niz 1986.-2011. g.

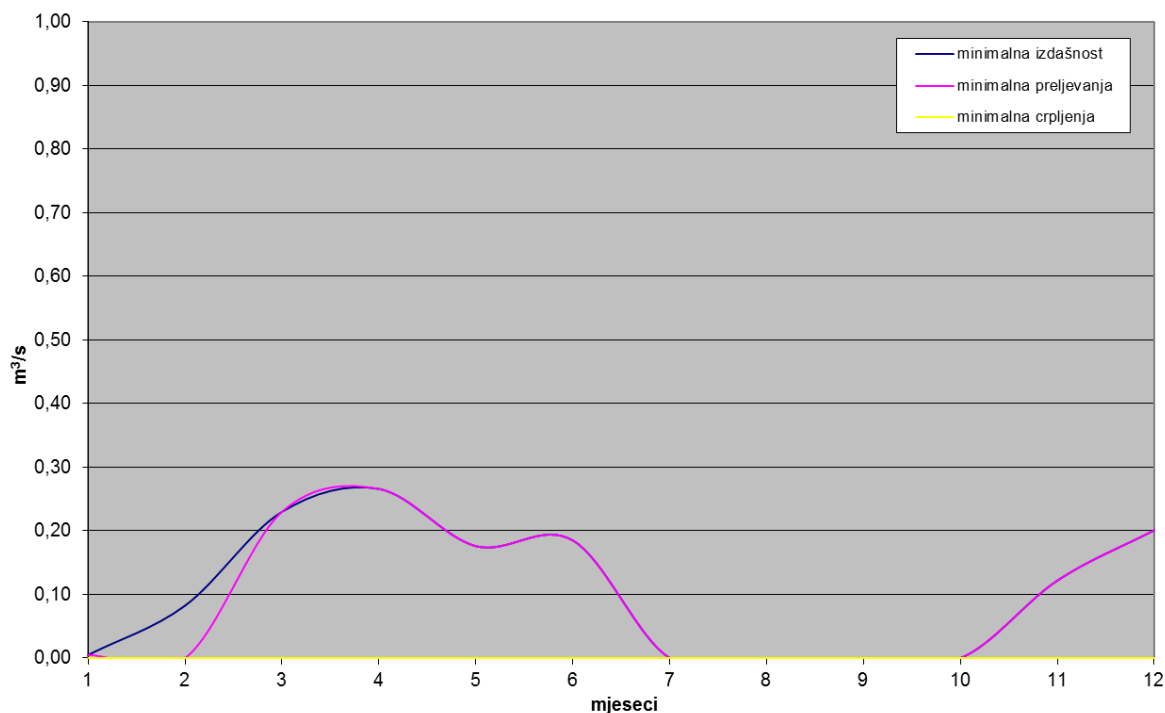
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1986	1,00	0,96	1,22	0,71	0,46	0,45	0,21	0,15	0,25	0,14	0,22	0,38	0,14
1987	0,37	1,06	0,45	0,43	1,01	0,43	0,17	0,13	0,14	0,17	0,44	0,65	0,13
1988	0,64	1,06	1,11	0,73	0,57	0,58	0,15	0,10	0,17	0,12	0,29	0,33	0,10
1989	0,18	0,13	0,61	0,74	0,34	0,45	0,34	0,17	0,42	0,23	0,34	0,48	0,13
1990	0,27	0,57	0,36	0,92	0,40	0,46	0,24	0,22	0,28	0,50	0,58	0,75	0,22
1991	0,56	0,49	0,50	0,54	0,71	0,47	0,16	0,15	0,13	0,13	0,25	0,48	0,13
1992	0,47	0,49	0,32	0,73	0,34	0,35	0,29	0,18	0,23	0,16	0,80	0,64	0,16
1993	0,28	0,17	0,16	0,42	0,23	0,17	0,16	0,15	0,14	0,84	1,02	0,77	0,14
1994	0,70	0,57	0,57	0,80	0,56	0,31	0,17	0,14	0,24	0,28	0,38	0,37	0,14
1995	0,55	1,10	0,98	0,45	0,28	0,94	0,29	0,20	0,35	0,28	0,43	0,55	0,20
1996	0,83	1,02	0,45	0,42	0,46	0,26	0,29	0,16	0,20	0,69	0,42	0,87	0,16
1997	1,15	0,68	0,57	0,45	0,38	0,28	0,21	0,21	0,18	0,14	0,12	1,10	0,12
1998	0,75	0,30	0,18	0,17	0,43	0,31	0,24	0,21	0,19	0,85	0,59	0,52	0,17
1999	0,61	0,66	0,52	1,00	0,61	0,46	0,24	0,18	0,16	0,20	0,34	0,71	0,16
2000	0,30	0,27	0,45	0,64	0,25	0,17	0,16	0,14	0,12	0,26	0,34	0,72	0,12
2001	1,18	0,66	0,75	0,77	0,26	0,22	0,16	0,14	0,25	0,35	0,30	0,29	0,14
2002	0,35	0,60	0,34	0,28	0,62	0,42	0,20	0,26	0,28	0,44	1,05	0,98	0,20
2003	1,13	0,58	0,36	0,38	0,19	0,20	0,12	0,11	0,09	0,13	0,41	0,50	0,09
2004	0,93	0,45	0,93	0,88	0,54	0,32	0,19	0,15	0,12	0,14	0,40	0,73	0,12
2005	0,56	0,32	0,37	0,87	0,61	0,19	0,16	0,15	0,28	0,45	0,42	0,59	0,15
2006	0,78	0,72	1,05	0,76	0,46	0,26	0,17	0,12	0,32	0,16	0,11	0,40	0,11
2007	0,54	0,95	1,00	0,32	0,17	0,19	0,16	0,12	0,13	0,34	0,38	0,38	0,12
2008	0,35	0,35	0,35	1,13	0,48	0,47	0,14	0,15	0,12	0,08	0,29	0,82	0,08
2009	0,73	0,76	0,66	0,55	0,27	0,11	0,12	0,14	0,13	0,21	0,39	0,73	0,11
2010	0,74	0,79	1,02	0,62	0,63	0,56	0,23	0,29	0,43	0,78	1,08	1,14	0,23
2011	0,71	0,50	0,62	0,56	0,28	0,26	0,12	0,15	0,12	0,10	0,17	0,18	0,10
Sred	0,641	0,624	0,611	0,626	0,444	0,357	0,196	0,164	0,211	0,314	0,444	0,618	0,142
STD	0,282	0,282	0,303	0,237	0,192	0,176	0,059	0,044	0,095	0,236	0,266	0,246	0,038
CV	0,44	0,45	0,50	0,38	0,43	0,49	0,30	0,27	0,45	0,75	0,60	0,40	0,27
Max	1,18	1,10	1,22	1,13	1,01	0,94	0,34	0,29	0,43	0,85	1,08	1,14	0,23
Min	0,18	0,13	0,16	0,17	0,17	0,114	0,122	0,099	0,092	0,08	0,11	0,18	0,08

Tablica 2.2.2.2. Minimalna mjesečna i godišnja prelijevanja (m^3/s) izvora Sv. Ivan za niz 1986.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1986	0,885	0,837	1,09	0,576	0,331	0,307	0,074	0	0,122	0,025	0,105	0,261	0
1987	0,261	0,935	0,307	0,307	0,885	0,307	0	0	0	0,009	0,307	0,517	0
1988	0,517	0,935	0,986	0,606	0,461	0,434	0	0	0,047	0,016	0,157	0,197	0
1989	0,047	0	0,489	0,606	0,239	0,331	0,197	0,074	0,284	0,105	0,217	0,356	0
1990	0,157	0,434	0,217	0,79	0,284	0,331	0,074	0,074	0,139	0,356	0,461	0,636	0,074
1991	0,434	0,356	0,381	0,407	0,576	0,331	0,009	0	0	0	0,122	0,356	0
1992	0,356	0,356	0,197	0,636	0,217	0,217	0,139	0	0,074	0,06	0,667	0,517	0
1993	0,139	0,025	0,036	0,356	0,139	0,025	0	0	0	0,837	0,885	0,636	0
1994	0,576	0,434	0,434	0,667	0,434	0,157	0	0	0,105	0,177	0,239	0,239	0
1995	0,434	0,986	0,837	0,307	0,177	0,79	0,122	0,036	0,197	0,122	0,284	0,407	0,036
1996	0,701	0,885	0,307	0,284	0,407	0,122	0,139	0,003	0,047	0,546	0,284	0,745	0,003
1997	0,986	0,517	0,407	0,284	0,239	0,105	0,025	0,016	0	0	0	0,935	0
1998	0,606	0,157	0,016	0,009	0,261	0,139	0,047	0	0	0,667	0,434	0,356	0
1999	0,461	0,489	0,356	0,837	0,434	0,284	0,047	0	0	0,025	0,177	0,546	0
2000	0,157	0,122	0,307	0,489	0,089	0	0	0	0	0,105	0,177	0,576	0
2001	1,04	0,517	0,606	0,636	0,105	0,047	0	0	0,074	0,197	0,139	0,139	0
2002	0,197	0,461	0,197	0,122	0,517	0,261	0,047	0,105	0,122	0,307	0,935	0,837	0,047
2003	0,986	0,434	0,239	0,239	0,036	0	0	0	0	0	0,261	0,356	0
2004	0,79	0,307	0,79	0,745	0,407	0,139	0	0	0	0	0,261	0,606	0
2005	0,434	0,197	0,239	0,745	0,489	0,036	0	0	0,139	0,331	0,307	0,461	0
2006	0,667	0,606	0,935	0,636	0,331	0,105	0	0	0,197	0,047	0	0,284	0
2007	0,434	0,837	0,885	0,197	0,047	0,074	0	0	0	0,239	0,284	0,284	0
2008	0,239	0,239	0,239	0,986	0,331	0,307	0	0	0	0	0,197	0,699	0
2009	0,606	0,636	0,546	0,407	0,139	0	0	0	0	0,074	0,284	0,636	0
2010	0,636	0,699	0,935	0,517	0,517	0,434	0,074	0,157	0,307	0,667	0,986	1,04	0,074
2011	0,606	0,407	0,517	0,434	0,177	0,157	0	0	0	0	0,074	0,089	0
Sred	0,51	0,49	0,48	0,49	0,32	0,21	0,04	0,02	0,07	0,19	0,32	0,49	0,01
STD	0,28	0,29	0,31	0,24	0,19	0,18	0,06	0,04	0,09	0,24	0,27	0,24	0,02
CV	0,54	0,58	0,64	0,48	0,61	0,86	1,46	2,23	1,30	1,28	0,84	0,50	2,47
Max	1,04	0,99	1,09	0,99	0,89	0,79	0,20	0,16	0,31	0,84	0,99	1,04	0,07
Min	0,047	0,000	0,016	0,009	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,089	0,000

Tablica 2.2.2.3. Minimalna mjesečna i godišnja crpljenja (m^3/s) izvora Sv. Ivan za niz 1986.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1986	0,112	0,122	0,129	0,133	0,128	0,140	0,140	0,145	0,130	0,113	0,112	0,124	0,112
1987	0,113	0,127	0,141	0,120	0,126	0,120	0,171	0,135	0,141	0,165	0,138	0,135	0,113
1988	0,125	0,128	0,127	0,124	0,108	0,143	0,148	0,099	0,122	0,107	0,132	0,136	0,099
1989	0,131	0,133	0,119	0,132	0,103	0,118	0,145	0,100	0,140	0,120	0,119	0,122	0,100
1990	0,111	0,135	0,139	0,130	0,117	0,127	0,168	0,147	0,142	0,140	0,117	0,116	0,111
1991	0,130	0,129	0,124	0,134	0,133	0,140	0,151	0,152	0,130	0,130	0,125	0,121	0,121
1992	0,115	0,133	0,126	0,096	0,120	0,133	0,150	0,176	0,152	0,103	0,136	0,121	0,096
1993	0,138	0,145	0,119	0,065	0,088	0,142	0,157	0,153	0,145	0,000	0,139	0,135	0,000
1994	0,123	0,134	0,141	0,131	0,123	0,152	0,174	0,138	0,138	0,105	0,139	0,128	0,105
1995	0,117	0,116	0,141	0,147	0,106	0,153	0,163	0,167	0,152	0,160	0,150	0,138	0,106
1996	0,130	0,136	0,140	0,138	0,050	0,137	0,152	0,154	0,151	0,146	0,138	0,130	0,050
1997	0,164	0,165	0,158	0,165	0,139	0,172	0,180	0,191	0,182	0,135	0,122	0,166	0,122
1998	0,145	0,147	0,160	0,161	0,169	0,172	0,194	0,207	0,185	0,187	0,153	0,167	0,145
1999	0,147	0,166	0,167	0,164	0,172	0,177	0,195	0,175	0,163	0,175	0,158	0,160	0,147
2000	0,145	0,150	0,139	0,147	0,161	0,165	0,163	0,145	0,121	0,156	0,165	0,146	0,121
2001	0,137	0,145	0,148	0,136	0,156	0,170	0,164	0,143	0,175	0,154	0,157	0,153	0,136
2002	0,150	0,141	0,147	0,154	0,104	0,160	0,157	0,160	0,155	0,131	0,113	0,144	0,104
2003	0,140	0,144	0,118	0,144	0,156	0,196	0,123	0,113	0,092	0,126	0,149	0,146	0,092
2004	0,141	0,146	0,140	0,138	0,137	0,182	0,187	0,148	0,120	0,143	0,136	0,128	0,120
2005	0,121	0,125	0,129	0,123	0,121	0,154	0,155	0,146	0,146	0,118	0,112	0,128	0,112
2006	0,115	0,109	0,111	0,128	0,130	0,157	0,171	0,123	0,126	0,114	0,112	0,111	0,109
2007	0,111	0,116	0,115	0,125	0,124	0,119	0,159	0,122	0,132	0,100	0,095	0,095	0,095
2008	0,109	0,115	0,114	0,148	0,147	0,160	0,138	0,152	0,117	0,080	0,096	0,122	0,080
2009	0,125	0,129	0,113	0,140	0,136	0,114	0,125	0,143	0,134	0,132	0,108	0,094	0,094
2010	0,106	0,096	0,087	0,103	0,118	0,127	0,151	0,130	0,120	0,113	0,094	0,104	0,087
2011	0,108	0,095	0,107	0,129	0,107	0,104	0,122	0,145	0,121	0,100	0,096	0,088	0,088
Maks	0,164	0,166	0,167	0,165	0,172	0,196	0,195	0,207	0,185	0,187	0,165	0,167	0,147
Sred	0,127	0,132	0,131	0,133	0,126	0,147	0,158	0,147	0,140	0,125	0,127	0,129	0,102
Min	0,106	0,095	0,087	0,065	0,050	0,104	0,122	0,099	0,092	0,000	0,094	0,088	0,000



Slika 2.2.2.2. Minimalna mjesečna izdašnost, preljevanja i crpljenja (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1989.-2011. g.

Tablica 2.2.2.4. Minimalna mjesečna i godišnja izdašnost (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1989.-2011. g.

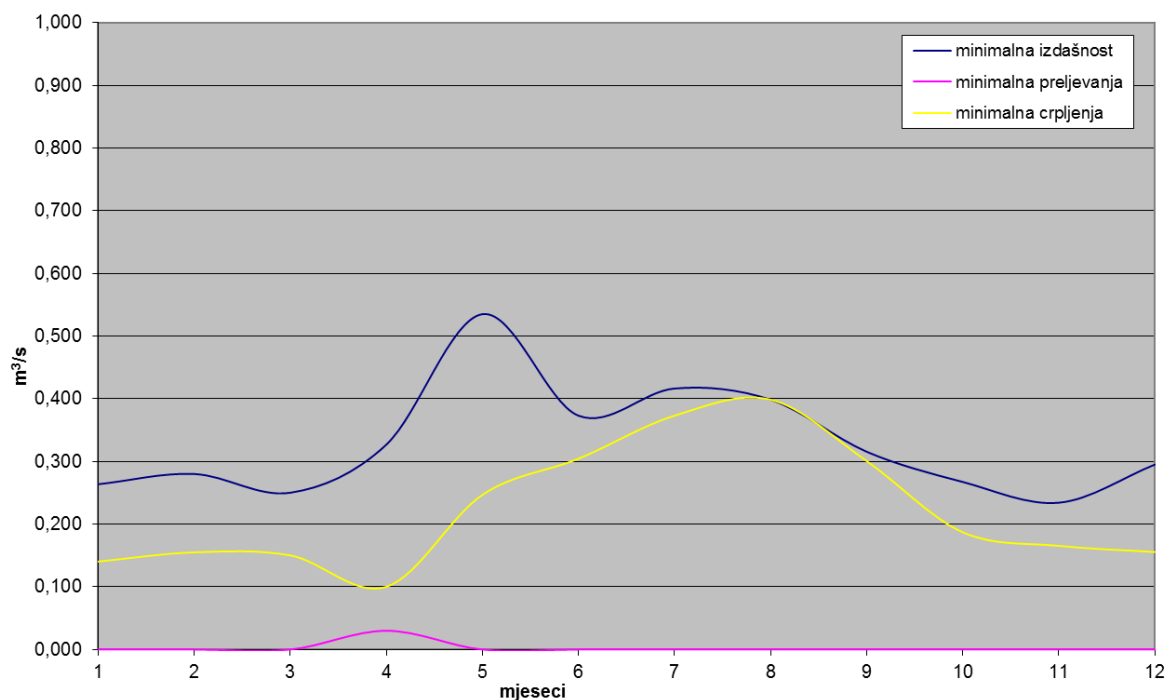
God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1988													
1989	0,01	0,08	0,32	0,61	0,25	0,23	0,27	0,11	0,39	0,23	0,25	0,42	0,01
1990	0,25	0,32	0,32	1,08	0,39	0,34	0,06	0,15	0,03	0,39	0,51	0,85	0,03
1991	0,58	0,51	0,45	0,39	0,54	0,45	0,19	0,16	0,04	0,07	0,13	0,37	0,04
1992	0,45	0,39	0,37	0,76	0,32	0,25	0,23	0,15	0,16	0,27	0,98	0,72	0,15
1993	0,42	0,37	0,23	0,34	0,18	0,19	0,00	0,01	0,00	0,85	1,18	0,72	0,00
1994	0,80	0,65	0,61	0,65	0,32	0,25	0,13	0,06	0,15	0,29	0,54	0,45	0,06
1995	0,58	1,35	1,66	0,54	0,45	1,03	0,89	0,36	0,36	0,21	0,25	0,42	0,21
1996	0,84	1,09	0,40	0,40	0,40	0,20	0,25	0,17	0,15	0,36	0,28	0,79	0,15
1997	1,09	0,49	0,36	0,34	0,28	0,20	0,17	0,17	0,12	0,12	0,12	0,87	0,12
1998	0,72	0,38	0,27	0,27	0,36	0,27	0,28	0,04	0,10	0,74	0,53	0,49	0,04
1999	0,55	0,62	0,49	0,95	0,49	0,40	0,28	0,03	0,18	0,25	0,27	0,30	0,03
2000	0,32	0,32	0,40	0,67	0,36	0,28	0,00	0,11	0,01	0,00	0,27	0,53	0,00
2001	1,14	0,62	0,62	0,82	0,34	0,32	0,23	0,12	0,18	0,34	0,30	0,28	0,12
2002	0,28	0,49	0,40	0,34	0,62	0,34	0,25	0,44	0,42	0,57	0,77	0,87	0,25
2003	1,10	0,59	0,36	0,36	0,27	0,19	0,14	0,00	0,07	0,17	0,19	0,25	0,00
2004	0,68	0,45	0,65	0,68	0,59	0,38	0,25	0,02	0,00	0,16	0,27	0,56	0,00
2005	0,48	0,34	0,45	0,88	0,59	0,29	0,24	0,20	0,22	0,31	0,36	0,56	0,20
2006	0,81	0,68	1,23	0,77	0,65	0,38	0,27	0,27	0,29	0,24	0,20	0,29	0,20
2007	0,43	0,77	0,99	0,38	0,34	0,31	0,00	0,00	0,00	0,24	0,25	0,29	0,00
2008	0,27	0,40	0,38	0,88	0,53	0,45	0,29	0,00	0,01	0,00	0,14	0,59	0,00
2009	0,59	0,65	0,59	0,62	0,27	0,22	0,20	0,02	0,00	0,16	0,17	0,56	0,00
2010	0,77	0,68	0,74	0,59	0,59	0,43	0,31	0,38	0,40	0,81	0,91	1,36	0,31
2011	0,71	0,59	0,65	0,59	0,38	0,34	0,27	0,24	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20
Sred	0,60	0,56	0,56	0,60	0,41	0,34	0,23	0,14	0,15	0,30	0,39	0,55	0,09
STD	0,29	0,27	0,34	0,23	0,14	0,17	0,17	0,13	0,14	0,23	0,30	0,27	0,10
CV	0,48	0,48	0,60	0,38	0,33	0,51	0,77	0,93	0,92	0,77	0,75	0,49	1,06
Max	1,14	1,35	1,66	1,08	0,65	1,03	0,89	0,44	0,42	0,85	1,18	1,36	0,31
Min	0,005	0,083	0,230	0,266	0,176	0,185	0,000	0,000	0,000	0,000	0,122	0,201	0,000

Tablica 2.2.2.5. Minimalna mjesečna i godišnja prelijevanja (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1989.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1989	0,005	0	0,316	0,61	0,25	0,23	0,271	0,105	0,392	0,23	0,25	0,419	0
1990	0,25	0,316	0,316	1,08	0,392	0,34	0,056	0,041	0,034	0,392	0,509	0,846	0,034
1991	0,575	0,509	0,448	0,392	0,541	0,448	0,193	0,16	0,041	0,073	0,131	0,365	0,041
1992	0,448	0,392	0,365	0,762	0,316	0,25	0,23	0,145	0,16	0,271	0,982	0,722	0,145
1993	0,419	0,365	0,23	0,34	0,176	0,193	0	0	0	0,846	1,18	0,722	0
1994	0,803	0,646	0,61	0,646	0,316	0,25	0,131	0,056	0,145	0,293	0,541	0,448	0,056
1995	0,575	1,35	1,66	0,541	0,448	1,03	0,89	0,36	0,36	0,214	0,248	0,421	0,214
1996	0,844	1,09	0,4	0,4	0,4	0,198	0,248	0,166	0,151	0,36	0,284	0,792	0,151
1997	1,09	0,485	0,36	0,34	0,284	0,198	0,166	0,166	0,122	0,122	0,122	0,87	0,122
1998	0,717	0,38	0,266	0,266	0,36	0,266	0,284	0,039	0,095	0,742	0,529	0,485	0,039
1999	0,551	0,62	0,485	0,95	0,485	0,4	0,284	0,03	0,182	0,248	0,266	0,302	0,03
2000	0,321	0,321	0,4	0,668	0,36	0,284	0	0	0	0	0,266	0,529	0
2001	1,14	0,62	0,62	0,818	0,34	0,321	0,231	0,122	0,182	0,34	0,302	0,284	0,122
2002	0,284	0,485	0,4	0,34	0,62	0,34	0,248	0,442	0,421	0,574	0,767	0,87	0,248
2003	1,1	0,588	0,357	0,357	0,273	0,185	0,141	0	0,073	0,17	0,185	0,254	0
2004	0,678	0,452	0,647	0,678	0,588	0,38	0,254	0,024	0	0,155	0,273	0,559	0
2005	0,478	0,335	0,452	0,878	0,588	0,293	0,236	0,201	0,218	0,314	0,357	0,559	0,201
2006	0,808	0,678	1,23	0,774	0,647	0,38	0,273	0,273	0,293	0,236	0,201	0,293	0,201
2007	0,427	0,774	0,988	0,38	0,335	0,314	0	0	0	0,236	0,254	0,293	0
2008	0,273	0,403	0,38	0,878	0,531	0,452	0,293	0	0	0	0,141	0,588	0
2009	0,588	0,647	0,588	0,617	0,273	0,218	0,201	0,018	0,003	0,155	0,17	0,559	0,003
2010	0,774	0,678	0,741	0,588	0,588	0,427	0,314	0,38	0,403	0,808	0,914	1,36	0,314
2011	0,709	0,588	0,647	0,588	0,38	0,335	0,273	0,236	0,218	0,201	0,201	0,201	0,201
Sred	0,60	0,55	0,56	0,60	0,41	0,34	0,23	0,13	0,15	0,30	0,39	0,55	0,09
STD	0,29	0,27	0,34	0,23	0,14	0,17	0,17	0,13	0,14	0,23	0,30	0,27	0,10
CV	0,48	0,49	0,60	0,38	0,33	0,51	0,77	1,04	0,93	0,77	0,75	0,49	1,07
Max	1,14	1,35	1,66	1,08	0,65	1,03	0,89	0,44	0,42	0,85	1,18	1,36	0,31
Min	0,005	0	0,23	0,266	0,176	0,185	0	0	0	0	0,122	0,201	0

Tablica 2.2.2.6. Minimalna mjesečna i godišnja crpljenja (m^3/s) izvora Bulaž za niz 1989.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1989	0	0,083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0,108	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0,011	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0,111	0,005	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0,003	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0,002	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maks	0	0,083	0	0	0,003	0	0	0,111	0,008	0,002	0	0	0
Sred	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Slika 2.2.2.3. Minimalna mjesečna izdašnost, prelijevanja i crpljenja (m^3/s) izvora Gradole za niz 1987.-2011. g.

Tablica 2.2.2.7. Minimalna mjesečna i godišnja izdašnost (m^3/s) izvora Gradole za niz 1987.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1987	0,87	1,28	1,64	1,26	1,15	0,84	0,74	0,52	0,46	0,44	0,68	1,71	0,44
1988	1,43	3,18	2,29	2,38	1,50	1,75	1,05	0,83	0,96	0,58	0,43	0,45	0,43
1989	0,26	0,28	0,25	0,99	0,54	0,66	0,78	0,75	0,90	0,64	0,51	0,91	0,25
1990	0,57	0,53	0,67	0,77	0,59	0,65	0,72	0,62	0,49	0,51	1,28	2,08	0,49
1991	1,67	1,33	0,75	0,63	0,66	1,40	0,82	0,59	0,50	0,34	0,31	1,72	0,31
1992	1,22	1,02	0,94	1,98	1,38	0,99	0,57	0,56	0,47	0,38	2,11	1,98	0,38
1993	1,91	0,81	0,63	0,85	0,53	0,46	0,62	0,54	0,45	1,34	4,07	2,43	0,45
1994	2,68	1,98	1,57	1,60	1,65	1,06	0,79	0,61	0,77	0,75	1,01	1,52	0,61
1995	1,67	2,58	4,49	2,35	2,04	1,95	1,17	0,96	0,87	0,70	0,81	0,70	0,70
1996	2,20	2,79	1,79	1,51	1,31	0,90	0,50	0,57	0,40	0,72	1,18	3,02	0,40
1997	4,29	2,39	1,57	1,54	1,31	0,96	0,60	0,68	0,58	0,37	0,35	2,41	0,35
1998	2,14	1,34	0,95	0,73	0,98	0,58	0,56	0,46	0,43	1,01	1,50	1,39	0,43
1999	1,48	1,39	1,10	1,92	1,76	0,94	0,55	0,65	0,40	0,34	0,33	0,80	0,33
2000	1,08	0,70	0,75	1,52	0,65	0,43	0,55	0,62	0,35	0,32	0,28	1,88	0,28
2001	4,40	2,52	2,39	2,24	1,36	1,04	0,69	0,85	0,45	0,58	0,60	0,52	0,45
2002	0,42	0,54	0,38	0,33	0,60	0,47	0,42	0,52	0,63	2,37	2,35	2,58	0,33
2003	3,49	2,71	1,80	1,88	1,16	0,83	0,68	0,69	0,46	0,33	0,55	0,86	0,33
2004	1,42	1,31	1,82	1,42	1,60	0,88	0,63	0,62	0,44	0,27	0,50	1,38	0,27
2005	1,40	1,06	1,24	1,64	1,78	0,82	0,53	0,47	0,39	0,53	0,92	2,11	0,39
2006	2,76	2,02	3,71	2,14	2,32	1,81	1,01	0,94	0,90	0,71	0,50	0,78	0,50
2007	1,00	1,19	1,98	1,12	0,59	0,37	0,54	0,40	0,32	0,31	0,57	0,57	0,31
2008	0,66	1,02	0,79	1,79	1,09	0,96	0,68	0,57	0,44	0,35	0,23	1,65	0,23
2009	1,86	2,29	1,85	1,79	0,96	0,85	0,62	0,60	0,43	0,29	0,24	1,53	0,24
2010	3,75	2,89	2,27	2,02	1,92	2,21	1,76	1,40	0,93	2,19	2,16	4,68	0,93
2011	2,66	2,05	1,82	1,79	0,64	0,89	0,56	0,64	0,49	0,27	0,37	0,30	0,27
Sred	1,892	1,648	1,577	1,527	1,203	0,988	0,725	0,667	0,556	0,666	0,955	1,598	0,404
STD	1,157	0,845	0,982	0,567	0,528	0,484	0,280	0,208	0,204	0,548	0,897	0,980	0,158
CV	0,61	0,51	0,62	0,37	0,44	0,49	0,39	0,31	0,37	0,82	0,94	0,61	0,39
Max	4,40	3,18	4,49	2,38	2,32	2,21	1,76	1,40	0,96	2,37	4,07	4,68	0,93
Min	0,26	0,28	0,25	0,33	0,53	0,373	0,416	0,399	0,316	0,27	0,23	0,30	0,23

Tablica 2.2.2.8. Minimalna mjesečna i godišnja prelijevanja (m³/s) izvora Gradole za niz 1987.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1987	0,339	0,941	1,210	0,701	0,565	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,339	1,210	0
1988	0,941	2,690	1,830	1,830	1,030	1,120	0,242	0,000	0,242	0,030	0,000	0,000	0
1989	0,000	0,000	0,000	0,447	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,000	0,000	0,392	0
1990	0,055	0,010	0,198	0,242	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,858	1,830	0
1991	1,310	0,941	0,447	0,242	0,339	0,941	0,447	0,085	0,030	0,000	0,010	1,410	0
1992	0,941	0,701	0,627	1,720	1,030	0,565	0,010	0,000	0,000	0,000	1,940	1,720	0
1993	1,720	0,565	0,392	0,505	0,119	0,000	0,000	0,000	0,000	0,941	3,670	2,060	0
1994	2,300	1,610	1,210	1,210	1,210	0,565	0,000	0,000	0,242	0,339	0,701	1,210	0
1995	1,410	2,300	4,130	1,940	1,610	1,510	0,701	0,392	0,447	0,339	0,447	0,339	0,339
1996	1,940	2,550	1,410	1,410	0,941	0,447	0,000	0,000	0,000	0,447	0,858	2,690	0
1997	3,980	2,060	1,410	1,210	0,941	0,505	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,060	0
1998	1,830	1,030	0,627	0,392	0,627	0,157	0,000	0,000	0,000	0,701	1,210	1,210	0
1999	1,210	1,120	0,858	1,610	1,410	0,565	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,505	0
2000	0,778	0,392	0,447	1,210	0,339	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	1,610	0
2001	4,130	2,300	2,180	1,940	1,030	0,565	0,000	0,000	0,000	0,289	0,289	0,198	0
2002	0,119	0,242	0,085	0,030	0,198	0,000	0,000	0,000	0,242	2,060	2,060	2,300	0
2003	3,230	2,430	1,510	1,610	0,778	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,242	0,565	0
2004	1,120	1,030	1,510	1,030	1,210	0,339	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	1,210	0
2005	1,210	0,858	1,030	1,410	1,510	0,447	0,000	0,000	0,085	0,289	0,701	1,940	0
2006	2,550	1,830	3,520	1,940	2,060	1,510	0,447	0,505	0,565	0,447	0,339	0,627	0,339
2007	0,858	1,030	1,830	0,941	0,339	0,000	0,000	0,000	0,000	0,119	0,392	0,392	0
2008	0,505	0,858	0,565	1,510	0,701	0,505	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,410	0
2009	1,610	2,060	1,610	1,510	0,565	0,289	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,310	0
2010	3,520	2,690	2,060	1,830	1,610	1,830	1,210	0,858	0,565	1,940	1,940	4,450	0,565
2011	2,430	1,830	1,610	1,510	0,289	0,505	0,055	0,000	0,000	0,000	0,119	0,055	0
Sred	1,60	1,36	1,29	1,20	0,82	0,51	0,12	0,07	0,11	0,32	0,66	1,31	0,05
STD	1,18	0,85	0,99	0,60	0,55	0,51	0,29	0,21	0,18	0,57	0,89	0,99	0,14
CV	0,74	0,63	0,77	0,50	0,67	0,99	2,34	2,80	1,71	1,78	1,36	0,76	2,87
Max	4,13	2,69	4,13	1,94	2,06	1,83	1,21	0,858	0,565	2,06	3,67	4,45	0,565
Min	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablica 2.2.2.9. Minimalna mjesečna i godišnja crpljenja (m³/s) izvora Gradole za niz 1987.-2011. g.

God	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1987	0,53	0,34	0,43	0,56	0,58	0,60	0,74	0,52	0,46	0,44	0,35	0,50	0,34
1988	0,49	0,49	0,46	0,55	0,47	0,63	0,80	0,83	0,72	0,55	0,43	0,45	0,43
1989	0,26	0,28	0,25	0,54	0,54	0,66	0,78	0,75	0,66	0,64	0,51	0,52	0,25
1990	0,51	0,52	0,47	0,53	0,50	0,65	0,72	0,62	0,49	0,51	0,42	0,25	0,25
1991	0,36	0,39	0,30	0,39	0,33	0,46	0,37	0,50	0,47	0,34	0,30	0,31	0,30
1992	0,28	0,32	0,31	0,26	0,35	0,43	0,56	0,56	0,47	0,38	0,17	0,26	0,17
1993	0,19	0,25	0,24	0,34	0,42	0,46	0,62	0,54	0,45	0,40	0,40	0,37	0,19
1994	0,38	0,37	0,36	0,39	0,44	0,50	0,79	0,61	0,53	0,41	0,30	0,31	0,30
1995	0,26	0,28	0,36	0,41	0,43	0,44	0,47	0,57	0,43	0,36	0,37	0,36	0,26
1996	0,26	0,24	0,38	0,10	0,37	0,45	0,50	0,57	0,40	0,27	0,32	0,33	0,10
1997	0,31	0,33	0,16	0,33	0,37	0,46	0,60	0,68	0,58	0,37	0,35	0,35	0,16
1998	0,31	0,31	0,32	0,33	0,36	0,42	0,56	0,46	0,43	0,31	0,29	0,18	0,18
1999	0,27	0,27	0,24	0,31	0,35	0,38	0,55	0,65	0,40	0,34	0,30	0,30	0,24
2000	0,30	0,31	0,30	0,31	0,31	0,43	0,55	0,62	0,35	0,32	0,27	0,27	0,27
2001	0,27	0,22	0,21	0,30	0,33	0,47	0,69	0,85	0,45	0,29	0,31	0,33	0,21
2002	0,30	0,29	0,30	0,30	0,41	0,47	0,42	0,52	0,39	0,31	0,29	0,28	0,28
2003	0,26	0,28	0,29	0,27	0,38	0,58	0,68	0,69	0,46	0,33	0,31	0,30	0,26
2004	0,30	0,28	0,31	0,39	0,39	0,54	0,63	0,62	0,44	0,27	0,21	0,17	0,17
2005	0,19	0,20	0,21	0,23	0,27	0,38	0,53	0,47	0,30	0,24	0,22	0,17	0,17
2006	0,21	0,19	0,19	0,20	0,26	0,30	0,56	0,44	0,33	0,26	0,17	0,16	0,16
2007	0,14	0,16	0,15	0,18	0,25	0,37	0,54	0,40	0,32	0,19	0,17	0,17	0,14
2008	0,16	0,17	0,22	0,28	0,39	0,46	0,68	0,57	0,44	0,35	0,23	0,24	0,16
2009	0,25	0,23	0,24	0,28	0,40	0,56	0,62	0,60	0,43	0,29	0,24	0,22	0,22
2010	0,23	0,20	0,21	0,19	0,31	0,38	0,55	0,54	0,36	0,25	0,22	0,23	0,19
2011	0,23	0,22	0,21	0,28	0,35	0,38	0,50	0,64	0,49	0,27	0,26	0,24	0,21
Maks	0,53	0,52	0,47	0,56	0,58	0,66	0,80	0,85	0,72	0,64	0,51	0,52	0,43
Sred	0,29	0,29	0,28	0,33	0,38	0,47	0,60	0,59	0,45	0,35	0,30	0,29	0,22
Min	0,14	0,16	0,15	0,10	0,25	0,30	0,37	0,40	0,30	0,19	0,17	0,16	0,10

3. DEFINIRANJE EPP I MINIMALNIH PRELJEVNIH KOLIČINA

3.1. Izbor metodologije

3.1.1. Osnove definiranja EPP i minimalnih preljevnih količina na izvorima

Ekološki prihvatljiv protok (EPP), tj. biološki minimum, je stalan protok vode koji se mora osigurati u vodotoku nizvodno od zahvata kako se ne bi poremetio ekološki sustav. Određivanje EPP je vrlo složen postupak, jer se uz precizno definirani vodni režim malih voda moraju uvažavati i razne morfometrijske i bio-ekološke značajke vodotoka koje su individualne za svaki slučaj posebno.

U Hrvatskoj još ne postoje odgovarajući zakonski propisi kojima je određena metodologija definiranja EPP-a, pa se na temelju hidrološke obrade raspoloživih podataka često predlaže da se u prirodnom koritu vodotoka moraju zadržati sve količine vode do prosječne minimalne količine vode u vodotoku. Odnosno, protok vode u vodotoku nizvodno od zahvata mora biti veći ili jednak prosječnom minimalnom godišnjem protoku.

Budući da EPP uvelike utječe na očuvanje prirodne biološke i krajobrazne raznolikosti, njegovo je određivanje od iznimne važnosti. Stoga će se za proračun EPP-a rijeke Mirne koristiti razne metode koje su zakonski propisane i/ili preporučene u razvijenim državama svijeta, a njihov je pregled dan u slijedećem poglavlju (3.1.2. Pregled metodologije). Valja napomenuti da vrijednost EPP-a ne mora nužno biti ista za cijelu godinu, već može varirati u pojedinim mjesecima ili sezonama.

Osobito važno pitanje za sve korisnike voda je količina vode koja mora ostati u vodotoku nizvodno od vodozahvata odnosno koja je to minimalna preljevna količina izvorišta koja se mora ispuštati u vodotok.

Podaci o dosadašnjem načinu korištenja voda bitni su zbog poznavanja ukupne bilance zahvaćene vode, njezine raspodjele i načina korištenja među korisnicima te za procjenu njezina utjecaja na bio-ekološke značajke matičnog vodotoka nizvodno od vodozahvata.

Korištenje izvora za vodoopskrbu smatra se vanjskim korištenjem voda i kao takvo uzrokuje trajno smanjenje raspoloživih količina vode u vodotoku. Kod nepovratnog uzimanja voda treba procijeniti i utjecaje takvog korištenja voda na korisnike preostalih voda matičnog vodotoka.

Vodne potencijale izvora često se želi maksimalno iskoristiti za vodoopskrbu stanovništva i industrije, u kojem slučaju za primarnog korisnika gubitak predstavlja i najmanja količina vode koja se neće iskoristiti za planiranu namjenu. S druge strane, za zaštitu prirodnih vrijednosti bitna je količina vode koja ostaje u koritu, odnosno protječe koritom nizvodno od vodozahvata.

Osnovna je postavka u suvremenom održivom upravljanju kopnenim vodama da se, nakon što se zadovolje potrebe dosadašnjih korisnika, moraju osigurati prirodni bio-ekološki zahtjevi za razvoj i održavanje sveukupnog autohtonog živog svijeta nizvodnog korita matičnog vodotoka.

3.1.2. Pregled metodologije

(Mišetić i sur., 2000; Žugaj, 2000; Bonacci, 2003; Vučijak i sur., 2009; ESHA)

3.1.2.1. Hidrološke metode

1) Alarmantna granična vrijednost (Bonacci, 2003)

$$Q_e = 0,2 \cdot Q_{300} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Za protok kojim bi se osigurali ekološki zahtjevi vodotoka potrebno je uzeti 20% vrijednosti protoka 80%-tnog trajanja (300 dana) na srednjoj krivulji trajanja izraženoj u m^3/s .

Q_{300} (ili $Q_{80\%}$) je protok koji je u razdoblju od godine dana na raspolaganju u najmanje 80% slučajeva (300 dana), a Q_e je najniža dopuštena vrijednost protoka ispod koje se ne smije ići (alarmantna vrijednost).

Za proračun je potrebna srednja krivulja trajanja protoka.

2) Matthey-eva formula - Švicarska (ESHA, Bonacci, 2003)

Minimalni uvjet (protok) za život riba bilo bi najbolje empirički odrediti, no on otprilike odgovara protoku u dugim vremenskim nizovima koji se može izraziti preko Q_{300} (protok koji je prisutan u najmanje 80% slučajeva godišnje). Procjena se radi putem slijedećih izraza:

$$Q_e = 15 \cdot Q_{300} / (\ln Q_{300})^2 \quad [\text{l/s}]$$

Gornji izraz se predlaže za *manje* vodotoke (Bonacci, 2003)

$$Q_e = 0,25 \cdot Q_{300} + 75 \quad [\text{l/s}]$$

Ovaj izraz predstavlja lineariziranu osnovnu Matthey-evu formulu, gdje je konstanta 75 izražena u l/s. Ta se formula predlaže za *veće* vodotoke (Bonacci, 2003).

3) Metoda za određivanje EPP-a u Francuskoj i Austriji (Bonacci, 2003)

$$Q_e = (0,15 - 0,20) \cdot \bar{Q} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

U izrazu \bar{Q} je srednji godišnji protok (Q_{sr}) pri čemu se **0,15** uzima za *veće* vodotoke, a **0,20** za *manje* vodotoke.

4) Metoda za određivanje EPP-a u Francuskoj i Austriji (Bonacci, 2003)

$$Q_e = (0,7 - 1,3) \cdot \bar{Q}_{\min} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

U gornjem je izrazu \bar{Q}_{\min} srednji niski protok (Q_{sr_min}) koji se određuje kao prosječna vrijednost svih opaženih minimalnih godišnjih protoka. Konstanta **0,7** se uzima za *veće* vodotoke, a **1,3** za *manje* vodotoke.

5) Metoda 10% vrijednosti srednjeg protoka - Austrija (ESHA)

$$Q_e = 10 \% \cdot Q_{sr_mj} \quad [m^3/s]$$

Prema ovoj metodi zadržani protok treba biti veći od 10% srednje vrijednosti prirodnog protoka (u promatranom razdoblju, često mjesecu), što znači da se mijenja ovisno o vremenu. Ova metoda zahtijeva kontinuirano mjerenje protoka na različitim presjecima vodotoka, što nije uvijek jednostavno.

6) Metoda Lanser - Austrija (ESHA)

$$Q_{min_bio} = 5 \% \cdot \bar{Q} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{max_bio} = 10 \% \cdot \bar{Q} \quad [m^3/s]$$

Metoda predlaže da EPP treba biti u intervalu 5-10% srednjeg godišnjeg protoka.

7) Metoda Jager - Austrija (ESHA)

$$Q_{bio} = 15 \% \cdot \bar{Q} \quad [m^3/s]$$

S obzirom na očuvanje populacija riba, metoda predlaže da se osigura bar 15% vrijednosti srednjeg godišnjeg protoka.

8) Metoda Montana - USA (ESHA)

Kriterij ove metode za određivanje EPP-a je ekonomska važnost ribolova.

$$Q_{max_bio} = 40 - 60 \% \cdot \bar{Q} \quad [m^3/s] \quad \text{za visoku ekonomsku važnost ribolova}$$

$$Q_{min_bio} = 10 \% \cdot \bar{Q} \quad [m^3/s] \quad \text{za malu ekonomsku važnost ribolova}$$

9) Metoda Steinbach - Austrija (ESHA)

$$Q_{bio} = Q_{min} \quad [m^3/s]$$

Prema ovoj metodi zadržani protok treba barem biti jednak minimalnom srednjem protoku mjerenom na dugotrajnoj vremenskoj bazi te na kraju podijeljen na zimski i ljetni period. Na temelju hidrološke obrade raspoloživih podataka, ova metoda se često predlaže u Hrvatskoj ($Q_0 = MNQ$ gdje je MNQ prosječan minimalni godišnji protok koji je definiran kao aritmetička sredina minimalnih godišnjih protoka u razmatranom razdoblju). Time se nalaže da se u prirodnom koritu vodotoka moraju zadržati sve količine vode do prosječne minimalne količine u vodotoku u konkretnom razdoblju.

10) Metoda Rheinland Pfalz - Njemačka (ESHA)

$$Q_{min_bio} = 20 \% \cdot Q_{min} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{max_bio} = 50 \% \cdot Q_{min} \quad [m^3/s]$$

Minimalni protok treba biti u intervalu 20-50% minimalnog srednjeg godišnjeg protoka.

11) Metoda Sawall i Simon - Njemačka (ESHA)

$$Q_{\min_bio} = 7 \% \cdot Q_{\min_kolovoz} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{\max_bio} = Q_{\min_kolovoz} \quad [m^3/s]$$

Zadržani protok mora biti u intervalu 7-100% minimalnog srednjeg protoku u kolovozu.

12) Metoda Steiermark, Kärnten - Austrija (ESHA)

$$Q_{\min_bio} = v_{\min} \cdot H_w \cdot b_{kor} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{\max_bio} = v_{\max} \cdot H_w \cdot b_{kor} \quad [m^3/s]$$

Na području između pregrade i odvodnog sustava, brzina vode (v) u slučaju rezidualnog protoka ne smije pasti ispod predodređene ulazne brzine od 0,3-0,5 m/s. Minimalna dubina vode (H_w) mora biti veća od 10 cm.

13) Metoda Oregon - USA (ESHA)

$$Q_{\min_bio} = v_{\min} \cdot H_w \cdot b_{kor} \quad [m^3/s]$$

$$Q_{\max_bio} = v_{\max} \cdot H_w \cdot b_{kor} \quad [m^3/s]$$

Na iscrpljenom predjelu vodotoka, brzina vode (v) u slučaju ekološki prihvatljivog protoka, ne smije pasti ispod predodređene ulazne brzine od 1,2-2,4 m/s. Minimalna dubina vode (H_w) mora biti veća od 12-24 cm.

14) Metoda Oberoesterreich - Austrija (ESHA)

$$Q_{bio} = v \cdot H_w \cdot b_{kor} \quad [m^3/s]$$

Na iscrpljenom predjelu vodotoka brzina vode (v) u slučaju ekološki prihvatljivog protoka, ne smije pasti ispod 1 m/s, a minimalna dubina vode mora biti veća od 20 cm.

15) Tennant (Bonacci, 2003)

Ova metoda obuhvaća preporuke za određivanje EPP-a za potrebe riba, divljih životinja, rekreacije i ostalih resursa u okolišu definirane od Tennant-a (1976) i izražene u postocima prosječnog godišnjeg protoka:

Redni broj	Opis vrste protokola	10.–3. mjeseca	4.–9. mjeseca
1.	maksimalni ili protok za ispiranje	200 %	200 %
2.	optimalni raspon	60-100 %	60-100 %
3.	izvanredno povoljan	40 %	60 %
4.	odličan	30 %	50 %
5.	dobar	20 %	40%
6.	konkretan, ali degradirajući	10 %	30%

Redni broj	Opis vrste protokola	10.–3. mjeseca	4.–9. mjeseca
7.	loš ili minimalan	10 %	10%
8.	uzrokuje teške degradacije	0-10 %	0-10 %

16) *Baxter (Bonacci, 2003)*

Metoda se fokusira na potrebe zaštite pastrva i podrške njihovim populacijama tijekom raznih životnih faza. Vrijednosti su izražene u postocima prosječnog godišnjeg protoka:

Redni broj	Faze života pastrve	Minimum	Maksimum
1.	Mlađ - tijekom ljeta	20 %	25 %
2.	Migracija odraslih riba	30 %	70 %
3.	Mriještenje	12,5 %	30 %
4.	Izlijeganje	10 %	17 %

17) *Zakonski propis u Bosni i Hercegovini (Vučijak i sur., 2009)*

$$Q_0 = Q_{\min_{95\%}}$$

Metoda određivanja EPP koja je propisana Zakonom o vodama u BiH kao granični protok uzima minimalni srednji mjesečni protok 95%-ne vjerojatnosti pojave.

18) *GEP metoda - Srbija (Vučijak i sur., 2009)*

GEP metoda se zasniva na primjeni tri parametra:

- (1) prosječni višegodišnji protok na profilu brane, odnosno mjestu zahvata vode (\bar{Q}),
- (2) minimalni mjesečni protok 95%-ne vjerojatnosti ($Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}}$),
- (3) minimalni mjesečni protok 80%-ne vjerojatnosti ($Q_{80\%}^{\min. \text{mj.}}$).

Ukoliko se raspolaže višegodišnjim nizovima dnevnih protoka, umjesto minimalnih mjesečnih protoka ($Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}}$) i ($Q_{80\%}^{\min. \text{mj.}}$) mogu se koristiti odgovarajuće vrijednosti 30-dnevnih protoka malih voda istih vjerojatnosti ($Q_{95\%}^{\min. (30)}$) i ($Q_{80\%}^{\min. (30)}$).

U hladnom dijelu godine koji obuhvaća period od listopada do ožujka:

$$Q_{\text{ekol.gar.}} = \left\{ \begin{array}{ll} 0,1 \cdot \bar{Q} & \text{za } Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min. (30)} \leq 0,1 \cdot \bar{Q} \\ Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min. (30)} & \text{za } 0,1 \cdot \bar{Q} \leq Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min. (30)} \leq 0,15 \cdot \bar{Q} \\ 0,15 \cdot \bar{Q} & \text{za } Q_{95\%}^{\min. \text{mj.}} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min. (30)} \geq 0,15 \cdot \bar{Q} \end{array} \right\}$$

U toplom dijelu godine koji obuhvaća period od travnja do rujna:

$$Q_{ekol.gar.} = \left. \begin{array}{ll} \left\{ \begin{array}{l} 0,15 \cdot \bar{Q} \\ Q_{80\%}^{\min.mj.} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min.(30)} \\ 0,25 \cdot \bar{Q} \end{array} \right. & \begin{array}{l} \text{za } Q_{80\%}^{\min.mj.} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min.(30)} \leq 0,15 \cdot \bar{Q} \\ \text{za } 0,15 \cdot \bar{Q} \leq Q_{80\%}^{\min.mj.} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min.(30)} \leq 0,25 \cdot \bar{Q} \\ \text{za } Q_{80\%}^{\min.mj.} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min.(30)} \geq 0,25 \cdot \bar{Q} \end{array} \end{array} \right\}$$

19) Zakonski propis u Sloveniji (Vučijak i sur., 2009)

Metoda za određivanje EPP koja se bazira na Uredbi Republike Slovenije o kriterijima za određivanje i praćenje EPP, koja je donesena u ožujku 2009. godine. Q_{es} se izračunava po jednadžbama koje su oblikovane u skladu s podacima o srednjim malim (sQ_{np}) i srednjim protocima vode (sQ_s), te se određuje na osnovi:

- odnosa između sQ_{np} i sQ_s ,
- odnosa između $sQ_{dek(j)}$ i sQ_s ,
- dužine zahvaćanja vode,
- nepovratnog ili povratnog zahvaćanje vode i
- količine zahvaćanja.

Srednji mali protok (sQ_{np}) definiran je izrazom:

$$sQ_{np} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Q_{np,i}}{N}$$

gdje je $Q_{np,i}$ najmanji srednji dnevni protok u i-toj kalendarskoj godini, a N je broj godina u periodu promatranja.

Srednji protok (sQ_s) definiran je izrazom:

$$sQ_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Q_{s,i}}{N}$$

gdje je $sQ_{s,i}$ srednji godišnji protok u i-toj kalendarskoj godini, a N je broj godina u periodu promatranja.

Srednji dekadni protok ($sQ_{dek(j)}$) definiran je izrazom:

$$sQ_{dek(j)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Q_{dek(j),i}}{N}$$

gdje je $sQ_{dek(j),i}$ srednji dekadni protok u j-toj dekadi u i-toj kalendarskoj godini, a N je broj godina u periodu promatranja.

Dužina zahvaćanja (d) je:

- točkasta, kada je udaljenost između zahvaćanja i ponovnog dotoka u vodotok ≤ 10 m,
- kratka, kada je udaljenost između zahvaćanja i ponovnog dotoka u vodotok:
 - $10 \text{ m} < d \leq 100 \text{ m}$ i slivno područje do mjesta zahvata $\leq 100 \text{ km}^2$ ili
 - $10 \text{ m} < d \leq 200 \text{ m}$ i slivno područje do mjesta zahvata $> 100 \text{ km}^2$

- duga, kada je udaljenost između zahvaćanja i ponovnog dotoka u vodotok veća nego u prethodnim slučajevima.

Zahvaćanje vode je povratno, kada se zahvaćena voda vraća površinski nazad u isti vodotok, u suprotnom se zahvaćanje smatra nepovratnim.

Kada je količina zahvaćene vode iz vodotoka veća od 20% sQ_s , smatrat će se velikim zahvatom, u suprotnom smatrat će se manjim zahvatom.

Izrazi za određivanje vrijednosti Q_{es}

A. Posebna korištenja površinske vode s povratnim zahvaćanjem

A.1. Kada je odnos između sQ_s i $sQ_{np} \leq 20 : 1$

- Točkasti zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 1,0 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate: $Q_{es} = 1,2 \cdot sQ_{np}$
- Kratki zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 1,0 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:
 - kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 1,5 \cdot sQ_{np}$
 - kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$
- Dugi zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 1,2 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:
 - kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 1,5 \cdot sQ_{np}$
 - kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$

A.2. Kada je odnos između sQ_s i $sQ_{np} > 20 : 1$

- Točkasti zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 0,05 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate: $Q_{es} = 0,1 \cdot sQ_{np}$
- Kratki zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 0,05 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:
 - kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 0,1 \cdot sQ_{np}$
 - kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$
- Dugi zahvat:
 - za manje zahvate: $Q_{es} = 0,1 \cdot sQ_{np}$
 - za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:

- kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 0,1 \cdot sQ_{np}$
- kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$

B. Posebno korištenje površinske vode s nepovratnim zahvatom

B.1. Kada je odnos između sQ_s i $sQ_{np} \leq 20 : 1$

- za manje zahvate: $Q_{es} = 1,5 \cdot sQ_{np}$
- za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:
 - kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 2,0 \cdot sQ_{np}$
 - kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$

B.2. Kada je odnos između sQ_s i $sQ_{np} > 20 : 1$

- za manje zahvate: $Q_{es} = 0,1 \cdot sQ_{np}$
- za velike zahvate Q_{es} se izračunava po dekadi:
 - kada je $sQ_{dek(j)} < sQ_s$: $Q_{es} = 0,2 \cdot sQ_{np}$
 - kada je $sQ_{dek(j)} \geq sQ_s$: $Q_{es} = 0,7 \cdot sQ_{np}$

20) Metoda za određivanje EPP-a u Italiji - Lombardija (Žugaj, 2000)

$$q_0 = 1,6 - 3,75 \text{ l/s/km}^2$$

$$Q_0 = q_0 \cdot A \quad [\text{l/s}]$$

Metoda predlaže da je ekološki prihvatljiv protok jednak specifičnom dotoku sa sliva (q_0) pomnoženim s površinom sliva A (km^2).

21) Metoda za određivanje EPP-a u Italiji - Bolzano (Žugaj, 2000)

$$q_0 = 2 - 3 \text{ l/s/km}^2$$

$$Q_0 = q_0 \cdot A \quad [\text{l/s}]$$

Metoda predlaže da je ekološki prihvatljiv protok jednak specifičnom dotoku sa sliva (q_0) pomnoženim s površinom sliva A (km^2).

22) Metoda za određivanje EPP-a u Španjolskoj - Asturija (Žugaj, 2000)

Metoda predstavlja kombinaciju različitih metoda proračuna EPP-a i podijeljena je u tri razreda.

U prvom razredu se usvaja najveća vrijednost Q_0 izračunata preko Matthey-eve formule:

$$Q_0 = 0,35 \cdot Q_{347} \quad [\text{l/s}]$$

$$Q_0 = 15 \cdot Q_{347} / (\ln Q_{347})^2 \quad [\text{l/s}]$$

$$Q_0 = 0,25 \cdot Q_{347} + 75 \quad [\text{l/s}]$$

Q_{347} je protok jednak protoku u 347 dana na prosječnoj krivulji trajanja (95%-tno trajanje).

U drugom razredu se Q_0 proračuna kao i u prvom, te mu se pribroji protok koji odgovara specifičnom dotoku sa sliva:

$$q_0 = 2 \text{ l/s/km}^2$$

U trećem razredu se Q_0 proračuna kao i u prvom, te mu se pribroji protok koji odgovara specifičnom dotoku sa sliva:

$$q_0 = 4 \text{ l/s/km}^2$$

BONACCI (2003) preporuke:

- Preporuča se da najmanja dubina vodotoka (nakon zahvata) općenito ne smije biti niža od **20 cm**, te da se iz vodotoka treba prestati uzimati voda kod nekih graničnih protoka koji su različiti za razne vodotoke, te su stvar posebnih analiza.
- Za vodotoke u nizinama koji imaju relativno široka korita preporuča se da u svakom metru širine korita mora teći od 30 do 40 l/s.
- Kao dodatni kriterij može se uzeti da srednja brzina vode u vodotoku ne smije pasti ispod 0,2 do 0,4 m/s ili temperatura vode koja ne smije porasti iznad neke vrijednosti.

Podloge potrebne za izračun EPP-a, prema gore navedenim hidrološkim metodama su (Žugaj, 2000):

Q_{sr} – srednji godišnji protok

MNQ (Q_{min}) – prosječni minimalni godišnji protok, definiran kao aritmetička sredina minimalnih godišnjih protoka

sQ_{np} – srednji mali protok: aritmetička sredina minimalnih godišnjih srednjih dnevnih protoka

Q_{347} – vrijednost protoka u 347 dana, koji odgovara 95% vremena na srednjoj krivulji trajanja

Q_{300} – vrijednost protoka u 300 dana, koji odgovara 80% vremena na srednjoj krivulji trajanja

$Q_{min_kolovoz}$ – minimalni srednji protok u kolovozu

$Q_{min_95\%}$ – vrijednost protoka 347 dana, koji odgovara 95% vremena na krivulji trajanja napravljenoj na bazi 30-dnevnih protoka malih voda

$Q_{min_80\%}$ – vrijednost protoka 300 dana, koji odgovara 80% vremena na krivulji trajanja napravljenoj na bazi 30-dnevnih protoka malih voda

A – površina hidrogeološkog sliva u km^2

Tablica 3.1.2. Podloge (statističke varijable) potrebne za izračun EPP (Q u m^3/s , A u km^2)

Postaja	Period analize	Q_{sr}	sQ_{np}	MNQ	Q_{347}	Q_{300}	Q_{min_kol}	$Q_{min_95\%}$	$Q_{min_80\%}$	A
Mirna Buzet	1980-2011	2.13	0.12	0.098	0.45	0.95	0.05	0.36	0.38	147
Mirna Motovun	1980-2011	5.35	0.34	0.31	1.15	2.25	0.2	0.4	0.63	414
Mirna Port. most	1980-2011	6.33	0.45	0.41	1.15	2.35	0.37	0.48	0.67	581
Rečina Pengari	2003-2011	0.26	0.0002	0.0002	0.025	0.05	0	0.002	0.002	98
Bračana Abrami	1985-2011	0.55	0.027	0.024	0.07	0.17	0.002	0.02	0.05	21
Botonega Škulci st.	1986-2011	0.47	0.016	0.014	0.06	0.07	0.002	0.015	0.035	74

Metodologija definiranja EPP-a, predložena u sklopu elaborata *Sektorska obrada i podloge za vodnogospodarsku osnovu Hrvatske* (Mišetić i sur., 2000), ne obrađuje posebno problem definiranja minimalnih preljevnih količina na izvorima, odnosno ne postoji propisana niti predložena metodologija za definiranje minimalnih preljevnih količina na izvorima.

3.1.2.2. Ekološke metode (metode biološkog odgovora)

Metode biološkog odgovora zasnivaju se na povezanosti između staništa i protoka, te određenih indikatorskih vrsta živih organizama, odnosno bioindikatora.

Prethodile su im metode brze procjene staništa koje se baziraju na fizičkim karakteristikama određenih dijelova vodotoka, a uključuju analizu velikog broja faktora važnih za utvrđivanje razlika između vodotoka, kao što su režim toka, kakvoća vode, fizičke značajke vodotoka i bioenergetski potencijal kojeg čine:

- temperatura vode
- sediment
- sadržaj organskih tvari
- sadržaj nutrijenata

Budući da biološki potencijal lokacije ovisi o vrsti i kvaliteti staništa, potrebno je na najmanje pet karakterističnih poprečnih profila analizirati:

- morfologiju vodotoka
- strukturalne karakteristike obale
- obalnu vegetaciju
- vegetaciju u okolišu vodotoka

Problemi metode su da je teško odrediti koje karakteristike mjeriti i kako ih mjeriti, te (u slučaju bodovanja) kako transformirati bodove u indekse za određivanje kvalitete staništa. Područja analize su definirana prema vrsti problema, a najvažnija su:

- određivanje morfologije dijela vodotoka koje nas zanima (presjek, profil),
- identifikacija prirodnih kontrolnih struktura, kamenih barijera i umjetnih struktura,
- određivanje kompozicije i stratifikacije dna i obalnog sedimenta,
- određivanje vegetacije koja ima korijene koja se nalazi na dnu i na obali,
- identifikacija tokova vode i lokacija gdje se tok mijenja,
- analiza procesa toka s morfologijom kanala,
- procjenjivanje stanja rijeke na temelju povijesnih karata, aerosnimaka i prijašnjih studija na kojima su identificirana mjesta erozija i mjesta taloženja.

Sakupljeni podaci o fizičkim, kemijskim i biološkim karakteristikama analiziranih staništa vodotoka se boduju i na temelju dobivenih relativnih indeksa vrednuju.

Za vrednovanje staništa potoka i rijeka u SAD koriste se Rapid Bioassessment Protocols (RBPs). Osnovna im je karakteristika vrednovanje kvalitete staništa na temelju podjele analiziranih parametara na:

- primarne,
- sekundarne,
- tercijarne.

Primarni parametri karakteriziraju mikrostaništa vodotoka kroz analizu:

- supstrata na dnu,
- vegetacijskog pokrova,
- brzine toka,
- vodostaja.

Smatra se da su primarni parametri najvažniji za održavanje i razvoj vodenih organizama, te su oni i najviše bodovani. Primarni parametri za ribe kao važne bioindikatore su područja pogodna za odmaranje, mjesta za mriješćenje, produktivne površine i zakloni.

Primarni parametri zajedno s hidrološkim modelima doveli su do razvoja metoda Instream-Flow Incremental Methodology (IFIM), najčešće korištenih metoda u SAD za ocjenu promjena u vodotoku uvjetovanih smanjenjem protoka.

Sekundarni parametri su niže rangirani u odnosu na primarne parametre, a karakteriziraju mezostaništa kao što su:

- morfologija korita,
- turbulencija,
- promjene u koritu.

Tercijarni parametri su najniže rangirani, a karakteriziraju:

- pad dna korita vodotoka,
- omjer širine i dubine,
- veličinu čestica materijala na dnu.

Ovi podaci koriste se u Physical HABitat SIMulation Model (PHABSIM) simulacijskom programu koji služi za određivanja odnosa između protoka i staništa. Osnovna svrha modeliranja prirodnog staništa je dobivanje predodžbi o protoku, tako da se isti može povezati, kroz biološke varijable, sa socijalnim, političkim i ekonomskim potrebama društva. Radi sakupljanja potrebnih podataka o biološkim čimbenicima istraživanja se moraju provoditi u svim sezonama i u pravilu ne mogu trajati kraće od tri godine.

Simulacijski program PHABSIM danas koriste mnoge zemlje među kojima su SAD, Australija, Novi Zeland, Kanada, Velika Britanija, Francuska i Norveška.

Za procjenu kvalitete staništa koriste se također linearni višestruki regresijski modeli.

U razradi je i sustav procjene riječnih staništa RCS (River Corridor Surveys), namijenjen očuvanju okoliša, a od velike je važnosti za ribarstvo. Temelji se na:

- fizičkim karakteristikama korita,
- karakteristikama supstrata,
- karakteristikama poprečnog presjeka,
- sastavu vegetacije u koritu,
- sastavu obalne vegetacije,
- sastavu vegetacije na području do 50 m uz vodotok s obje strane vodotoka.

Od metoda biološkog odgovora, kao što je već rečeno, za procjenu promjena izazvanih smanjenjem protoka koriste se računski modeli:

- Instream Flow Incremental Methodology (IFIM)
- Physical HABitat SIMulation Model (PHABSIM)

Metoda IFIM koristi kriterije pogodnosti staništa za ciljane vrste kako bi se utvrdila veza između varijabli staništa i karakterističnih bioindikatora. Obično se kao bioindikator koriste

rijetke i ugrožene vrste koje za svoj opstanak i razvoj zahtijevaju ekološke uvjete vrlo bliske onima bez utjecaja čovjeka.

To je jedna od najčešće korištenih metoda u Sjevernoj Americi koja služi za procjenu promjena staništa pastrvskih vrsta riba uvjetovanih promjenom protoka i sve se više prihvaća u razvijenim zemljama Europe.

Mjere koje se uzimaju na terenu (dubina vode, kompozicija supstrata i pokrivena kalibracija protoka) omogućavaju opisivanje pogodnosti za određene vrste. Povećane promjene u protoku se tada proučavaju da bi se mogao predvidjeti kakav će biti efekt odgovora na raspoloživost pogodnog mikrostaništa kroz čitav raspon protoka, koristeći set računskih modela PHABSIM.

Temeljni principi PHABSIM-a su:

- izabrana vrsta tolerira raspon ekoloških uvjeta staništa,
- tolerantni se rasponi mogu odrediti za svaku vrstu,
- područje toka koje omogućava te uvjete može biti opisano kvantitativno kao funkcija istjecanja i strukture vodotoka.

PHABSIM koristi krivulju indeksa mehanističke pogodnosti iz indeksa modela pogodnosti staništa koji su usko povezani s hidraulikom toka i strukturom vodotoka kao što su brzina toka, dubina, podloga i obraslost, za svaki životni stadij odabrane karakteristične bioindikatorske vrste.

Najčešće odabrani bioindikator su karakteristične vrste riba. Pretpostavlja se da ribe najbolje oslikavaju općenito ekološko stanje vodotoka, budući da se kao krajnji korisnici u lancima ishrane nalaze na vrhu trofičke piramide i da imaju komercijalne, rekreacijske i zaštitne vrijednosti.

Zbog toga, vrlo je važno poznavanje zajednica riba i njihovih ekoloških potreba, te mogućnosti njihove zaštite u uvjetima pogoršane kvalitete staništa.

Međutim, unatoč važnosti ove vrste klasifikacije, postoje određena ograničenja zbog čega šira primjena nije moguća.

Takva je klasifikacija dobra zbog:

- odnosa između funkcije zajednica i kvaliteta staništa,
- predvidljive reakcije na promjene staništa,
- uvjetovanosti karakteristika zajednice kvalitetom lokalnog i uzvodnog staništa,
- korištenja karakterističnih vrsta kao bioindikatora funkcija trofičkih odnosa u vodotoku,
- mogućnosti spajanja biotičkih resursa sa staništem.

S druge strane, takva je klasifikacija manjkava zbog:

- varijacije u vrstama kroz zoogeografske regije,
- variranja strukture supstrata između vodotoka radi razlike u biotičkim i abiotičkim parametrima,
- složenosti uzorkovanja,
- problema uzorkovanja u velikim rijekama.

Općenito, zoogeografski čimbenici smanjuju primjenjivost klasifikacijskih sustava. Osim toga, postoje i mnogi drugi čimbenici koji djeluju na dinamiku zajednica. Lokalni hidrološki režimi bitno variraju makroklimatskim i geološkim uvjetima, a postoje i regionalne varijacije (od predvidljivih do nepredvidljivih jako varijabilnih tokova). U potocima gdje su kompeticija i predatorstvo važni, promjene u fizikalno-kemijskim uvjetima mogu mijenjati intenzitet kompeticije i odnos između predatora i plijena.

Preduvjet za primjenu PHABSIM-a je poznavanje sljedećih proceduralnih primarnih komponenti:

- fizičke mjere dubine, brzine protoka, supstrata i pokrivenosti unutar vodotoka,
- kompjuterska simulacija hidraulike toka na različitim područjima,
- određivanje složenosti vjerojatnosti korištenja iz vrijednosti pogodnosti za svaku kombinaciju dubine, brzine, protoka i supstrata koji se nađu unutar utjecaja toka za svaku vrstu i njezin životni stadij,
- izračunavanje "weighted suitable area" (WUA) - ("pogodno područje opterećenja") za svaki protok, vrstu i životni ciklus, za svaku sezonu.

Program PHABSIM može se koristiti za:

- pomoć pri određivanju preporuka za unutarnje protoke,
- procjenu efekta promijenjenih režima protoka,
- ocjenu projekata poboljšavanja staništa, prijedloga za ublažavanje negativnih učinaka zahvata i programa poribljavanja,
- sudjelovanje u regulaciji ispuštanja vode iz postojećih hidrotehničkih sustava.

Metoda biološkog odgovora PHABSIM unatoč modernom pristupu doživjela je brojne primjedbe. Osnovna primjedba je da populacije riba uvijek ne odgovaraju na promjene u pogodnom području opterećenja (WUA).

Međutim, treba reći da je metoda PHABSIM dobro prihvaćena kod procjene utjecaja malih protoka na autohtone zajednice matičnih vodotoka. Ipak, najveće njezine slabosti su uvjetovane nedostatkom i/ili nepoznavanjem podataka na kojima se metoda temelji.

Zbog toga, ovu metodu definiranja EPP za sada može koristiti vrlo ograničen broj zemalja, jer većina zemalja, u koje pripada i naša zemlja, zbog slabe bio-ekološke istraženosti vodotoka ne raspolaže potrebnim podacima.

3.1.3. Izbor metodologije

3.1.3.1. Hidrološke metode

Ukoliko postoje relevantni hidrološki podaci za određeni vodotok Mišetić i sur. (2000) predlažu da se prilikom definiranja EPP u Hrvatskoj koriste:

- dosadašnja metoda definiranja biološkog minimuma kojom se dobivaju uglavnom vrijednosti veće od vrijednosti dobivenih hidrološkim metodama korištenim u većini europskih zemalja. Biološki minimum se definira kao prosječni minimalni godišnji protok $Q_0 = MNQ$ ($MNQ = Q_{min}$ u Poglavlju 3.1.2.1).
- uz dosadašnju metodu definiranja biološkog minimuma u Hrvatskoj predlaže se koristiti i rezultate analize srednjih vrijednosti najnižih protoka (MNQ) za više uzastopnih dana. Broj analiziranih uzastopnih dana ovisi o dužini poteza kojim će teći propisana količina vode. Predloženo je da to bude uzastopni niz između 7 i 30 dana.
- formula Matthey-a za vodotoke ili dijelove vodotoka duboko usječene u usku dolinu i strmih obala:

- za vodotoke sa srednjim protokom (Q_{sr}) do $5 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_0 = 15 \cdot Q_{300} / (\ln Q_{300})^2 \geq 50 \text{ l/s} \quad [\text{l/s}]$$

$$Q_0 = 15 \cdot Q_{347} / (\ln Q_{347})^2 \quad [\text{l/s}]$$

$$Q_0 = 0,35 \cdot Q_{347} \quad [\text{l/s}]$$

- za vodotoke sa srednjim protokom (Q_{sr}) iznad $5 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_0 = 0,25 \cdot Q_{347} + 75 \quad [\text{l/s}]$$

Ukoliko se ne raspolaže s relevantnim hidrološkim podacima protok treba definirati na temelju:

- usporedbe sa sličnim vodotokom za koji postoje podaci,
- površine slivnog područja i to:
 - za vodotoke na manje propusnom terenu (glina i lapor) – 2 l/s/km^2
 - za vodotoke na propusnom terenu (nevezane stijene i raspucali vapnenci) – 3 l/s/km^2
- širine vodotoka,
 - svakom metru širine vodotoka treba osigurati količinu vode između 30 i 40 l/s.

3.1.3.2. Ekološke metode

Ekološkim metodama se provjerava dostatnost vrijednosti protoka nizvodno od vodozahvata, definiranih hidrološkim metodama za odvijanje potrebne prostorne i vremenske dinamike ekoloških parametara, odnosno osiguravanje uvjeta za održavanje i razvoj autohtonih biocenoza matičnog vodotoka.

Dok se ne steknu uvjeti primjene kompleksnih metoda biološkog odgovora u matičnom vodotoku nizvodno od vodozahvata, Mišetić i sur. (2000) predlažu da se odvijanje potrebne

prostorne i vremenske dinamike ekoloških parametara provjerava pomoću osiguranja životnih uvjeta odabranih bioindikatorskih vrsta. Kao bioindikator vrlo su pogodne određene vrste riba, budući da određene zajednice riba, kao krajnji članovi u lancima ishrane, naseljavaju određene vodotoke ili dijelove vodotoka i važan su pokazatelj ekološke ravnoteže u vodotoku. Osim toga, od svih skupina organizama u vodotoku lokalno stanovništvo je najviše osjetljivo na populaciju riba.

Zbog toga vrijednosti protoka definirane predloženim hidrološkim metodama treba podvrgnuti daljnjoj analizi koja se odnosi na utvrđivanje:

- dubine vode na karakterističnim poprečnim presjecima vodotoka ili dijelova vodotoka koje osigurava protok definiran navedenim hidrološkim metodama,
- brzine vode na karakterističnim poprečnim presjecima vodotoka ili dijelova vodotoka koje osigurava protok definiran navedenim hidrološkim metodama,
- pokrivenost korita vodom na karakterističnim poprečnim presjecima vodotoka ili dijelova vodotoka koje osigurava protok definiran navedenim hidrološkim metodama.

Nakon utvrđivanja odstupanja dobivenih vrijednosti od vrijednosti koje osiguravaju životne uvjete za opstanak karakterističnih bioindikatorskih vrsta (Poglavlje 1.2.2.1), vrijednosti EPP treba korigirati. Kod toga treba uzeti u obzir i dostatnost protoka definiranog predloženim hidrološkim metodama za osiguranje potrebne dinamike životnih uvjeta tijekom godine i to ne samo bioindikatorskih vrsta već i vrsta karakterističnih za promatrano područje, npr. potreba puštanja većih količina vode u određeno doba godine zbog izlivanja iz korita (radi mriješta fitofilnih vrsta riba kao što su šaran, linjak, crvenperka i dr.), zatim odrona obala (što je bitna zaštitna mjera za neke vrste ptica) i slično.

Vrijednosti protoka definirane predloženim hidrološkim metodama treba podvrgnuti daljnjoj analizi u sljedećim slučajevima:

- u vodotocima s prosječnim minimalnim godišnjim protokom Q_{\min} manjim od 50 l/s,
- ako je definirana vrijednost zadržanog protoka manja od Q_{\min} ,
- ako se mijenja kakvoća zahvaćene vode prije njezina povratka u matični vodotok,
- ako se vodotok nalazi u zaštićenim prirodnim područjima,
- ako u vodotoku žive rijetke, ugrožene i zaštićene vrste,
- ako se nepovratno uzima voda iz vodotoka u količini većoj od $0,8 Q_{\min}$,
- ako se u vodotoku nakon vodozahvata mijenja količina i kakvoća vode,
- ako voda vodotoka zadovoljava kriterije voda I. i II. vrste,
- ako su vodotoci od posebnog javnog interesa,
- ako se radi o riječnim rukavcima i meandrima.

Osiguravaju li dobivene vrijednosti protoka odvijanje potrebne prostorne i vremenske dinamike ekoloških parametara treba provjeriti u slučaju:

- povratnog uzimanja vode
 - na dijelu vodotoka nizvodno od vodozahvata do restitucije, odnosno prve veće pritoke,
- nepovratnog uzimanja vode
 - na dijelu vodotoka nizvodno od vodozahvata do prve veće pritoke, odnosno do ušća, uključujući utjecaj i na prijamnike voda, kao što su veće rijeke, jezera i mora.

3.2. Definiranje EPP i minimalnih preljevnih količina na izvorima

3.2.1. EPP za rijeku Mirnu

3.2.1.1. Rezultati proračuna ekološki prihvatljivog protoka temeljem hidroloških metoda

Preliminarni proračuni ekološki prihvatljivog protoka za rijeku Mirnu napravljeni su pomoću hidroloških metoda koje su navedene u Poglavlju 3.1.2. Rezultati tih proračuna za hidrološke postaje na rijeci Mirni dani su u Tablici 3.2.1.1.

Tablica 3.2.1.1. Rezultati preliminarnih proračuna ekološki prihvatljivog protoka za hidrološke postaje na rijeci Mirni

Redni broj	Metoda proračuna EPP-a	Mirna Buzet		Mirna Motovun		Mirna Portonski most		
		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]		
1.	Alarmantna granična vrijednost	0.19		0.45		0.47		
2.	Matthey-eva metoda	0.303		0.638		0.638		
3.	Metoda u Francuskoj i Austriji	0.426		1.07		1.27		
4.	Metoda u Francuskoj i Austriji	0.127		0.403		0.533		
5.	Metoda 10% vrijednosti Q_{sr_mj}	min. 0.048	max. 0.361	min. 0.133	max. 0.902	min. 0.145	max. 1.08	
6.	Metoda Lanser	min. 0.107	max. 0.213	min. 0.268	max. 0.535	min. 0.317	max. 0.633	
7.	Metoda Jager	0.319		0.803		0.949		
8.	Metoda Montana	min. 0.213	max. 0.85-1.28	min. 0.535	max. 2.14-3.21	min. 0.633	max. 2.5-3.8	
9.	Metoda Steinbach	0.098		0.31		0.41		
10.	Metoda Rheinland-Pfalz	min. 0.019	max. 0.049	min. 0.062	max. 0.155	min. 0.082	max. 0.205	
11.	Metoda Sawall i Simon	min. 0.004	max. 0.05	min. 0.014	max. 0.2	min. 0.026	max. 0.37	
12.	Metoda Steiermark, Kärnten	min. 0.336	max. 0.56	min. 0.3	max. 0.5	min. 0.192	max. 0.32	
13.	Metoda Oregon	min. 1.61	max. 6.45	min. 1.44	max. 5.76	min. 0.922	max. 3.686	
14.	Metoda Oberoesterreich	2.24		2.00		1.28		
		10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	
	1.	4.26	4.26	10.7	10.7	12.66	12.66	
	2.	1.278	1.278	3.21	3.21	3.798	3.798	
	3.	0.852	1.278	2.14	3.21	2.532	3.798	
15.	Tennant (1976)	4.	0.639	1.065	1.605	2.675	1.899	3.165
		5.	0.426	0.852	1.07	2.14	1.266	2.532
		6.	0.213	0.639	0.535	1.605	0.633	1.899
		7.	0.213	0.213	0.535	0.535	0.633	0.633
		8.	0.0213	0.0213	0.0535	0.0535	0.0633	0.0633
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	
	1.	0.426	0.533	1.07	1.338	1.266	1.583	
	2.	0.639	1.491	1.61	3.745	1.899	4.431	
	3.	0.266	0.639	0.669	1.605	0.791	1.899	
	4.	0.213	0.362	0.535	0.909	0.633	1.076	
17.	Zakonski propis u BIH	0.365		0.4		0.48		
18.	GEP metoda - Srbija	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	
		0.32	0.38	0.535	0.803	0.67	1	

Redni broj	Metoda proračuna EPP-a	Mirna Buzet			Mirna Motovun			Mirna Portonski most		
		EPP [m ³ /s]			EPP [m ³ /s]			EPP [m ³ /s]		
		5 - 9 mj.	10 - 4 mj.		5 - 9 mj.	10 - 4 mj.		5 - 9 mj.	10 - 4 mj.	
19.	Zakonski propis u Sloveniji	0.24	0.084		0.68	0.238		0.9	0.315	
20.	Metoda Italija - Lombardija	min. 0.235	max. 0.551		min. 0.662	max. 1.553		min. 0.929	max. 2.178	
21.	Metoda Italija - Bolzano	min. 0.294	max. 0.441		min. 0.828	max. 1.242		min. 1.162	max. 1.743	
22.	Metoda Španjolska - Asturija	1. 0.19	2. 0.48	3. 0.78	1. 0.4	2. 1.23	3. 2.05	1. 0.4	2. 1.58	3. 2.75

Od navedenih hidroloških metoda za izračun EPP-a, metoda koja je preporučena u Republici Hrvatskoj je „Steinbach“ metoda u kojoj se biološki minimum definira na temelju prosječne minimalne količine vode u vodotoku.

Od ostalih izračunatih vrijednosti EPP-a, kao relevantni mogu se uzeti i rezultati dobiveni prema zakonski propisanoj metodi u Sloveniji. EPP dobiven navedenom metodom proračunat je za hidrološke postaje na rijeci Mirni, na čije protoke utječe količina vode koja će se prelići iz izvora. Pri proračunu su pretpostavljeni uvjeti nepovratnog, velikog zahvata, te su dobiveni rezultati preporučenog protoka po dekadama.

3.2.1.2. Rezultati proračuna ekološki prihvatljivog protoka temeljem ekoloških metoda

S obzirom da u Hrvatskoj još nisu doneseni odgovarajući zakonski propisi za definiranje EPP, količina vode koja je nužna za neki vodotok određuje se na temelju hidroloških metoda (obradom raspoloživih podataka) i ekoloških metoda (s obzirom na postojeće ekološko stanje u vodotoku).

Kao hidrološka metoda za određivanje ekološki prihvatljivog protoka može se načelno predložiti metoda preporučena u stručnoj praksi u Republici Hrvatskoj (metoda „Steinbach“), koja procjenjuje da se u vodotoku mora zadržati količina vode koja je jednaka prosječnom minimalnom godišnjem protoku.

Ekološke metode uzimaju u obzir potrebne vrijednosti protoka za održavanje i razvoj autohtonih biocenoza vodotoka. Kao bioindikator za koje treba osigurati životne uvjete najpogodnije su određene vrste riba. Prema rezultatima terenskog istraživanja svi dijelovi vodotoka rijeke Mirne naseljeni su mrenom (*Barbus plebejus*) i pratećim vrstama riba. Pomoću podataka o dubinama potrebnim za održavanje osnovnih životnih uvjeta te riblje vrste, uz korištenje protočnih krivulja dobivenih iz hidroloških podataka s hidroloških postaja na rijeci Mirni može se odrediti protok nužan za održavanje te vrste u vodotoku Mirne.

Prema dostupnoj literaturi srednja dubina vode potrebna za održavanje vrste u ljetnom razdoblju iznosi 21 cm, a u ostatku godine 25 cm. U Tablici 3.2.1.2 prikazane su dubine potrebne prisutnoj indikatorskoj ribljoj vrsti da bi opstala u vodotoku, te protoci dobiveni iz navedene formule protočne krivulje, koji zadovoljavaju navedene dubine za tri postaje na rijeci Mirni. Izračun je napravljen pod pretpostavkom da je dubina na hidrološkoj postaji jednaka vodostaju (uz iznimku postaje na Portonskom mostu gdje je uzet faktor korekcije B=67 cm, zbog tolike udaljenosti nule na vodokaznoj letvi od dna profila).

Tablica 3.2.1.2. Vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka dobivene ekološkom metodom na hidrološkim postajama

Postaja		Mirna Buzet			Mirna Motovun			M3–Mirna Portonski most		
Dubina (cm)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	
H1	H=H1	$Q=a*(H)^b$	Q (m ³ /s)	H=H1	$Q=a*(H)^b$	Q (m ³ /s)	H=H1-B; B=67	$Q=a*(H+B)^b$	Q (m ³ /s)	
21	21	$180.86H^{4.31}$	0.217	21	$15.07H^{2.53}$	0.291	-46	$5.05(H+B)^{2.89}$	0.056	
25	25	$180.86H^{4.31}$	0.460	25	$15.07H^{2.53}$	0.452	-42	$5.05(H+B)^{2.89}$	0.092	

Vrijednosti protoka za dubine od 21 cm i 25 cm dobivenih ekološkom metodom, poklapaju se s rasponom vrijednosti protoka dobivenih primjenom hidroloških metoda prikazanih u prethodnom poglavlju.

Isti postupak određivanja EPP za dubine nužne za održivost prirodne faune rijeke napravljen je za mjesta uzorkovanja, od kojih se neka nalaze po nekoliko stotina metara ili nekoliko kilometara od samih hidroloških postaja.

Primijenjene su protočne krivulje napravljene za hidrološke postaje, ali se dubina na mjestu uzorkovanja svela na odgovarajući vodostaj na hidrološkoj postaji. Tablica 3.2.1.3 daje prikaz potrebnih dubina za ribu mren na mjestu uzorkovanja, vrijednost vodostaja na letvi hidrološke postaje (koja odgovara ciljanoj dubini za mren na mjestu uzorkovanja u isto vrijeme) te protoke koji omogućavaju ciljane dubine na tri mjesta uzorkovanja na rijeci Mirni.

Tablica 3.2.1.3. Vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka dobivene ekološkom metodom na mjestima uzorkovanja ekoloških (abiotičkih i biotičkih) osobina vodenih staništa

Postaja		M1–Mirna Izvorište Rečica			M2–Mirna Kamenita vrata			M3–Mirna Portonski most		
Dubina (cm)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok Q (m ³ /s)	
H1	H=H1-B; B=7	$Q=a*(H)^b$	Q (m ³ /s)	H=H1-B; B=22	$Q=a*(H)^b$	Q (m ³ /s)	H=H1-B; B=67	$Q=a*(H+B)^b$	Q (m ³ /s)	
21	14	$0.5H^{0.92}$	0.082	0	$0.5H^{0.92}$	0	-46	$5.05(H+B)^{2.89}$	0.056	
25	18	$0.5H^{0.92}$	0.103	3	$0.5H^{0.92}$	0.02	-42	$5.05(H+B)^{2.89}$	0.092	

3.2.2. EPP za glavne pritoke Bračanu, Rečinu i Dragu te Butonigu

3.2.2.1. Rezultati proračuna ekološki prihvatljivog protoka temeljem hidroloških metoda

Preliminarni proračuni ekološki prihvatljivog protoka za glavne pritoke rijeke Mirne napravljeni su pomoću hidroloških metoda koje su navedene u Poglavlju 3.1.2. Rezultati tih proračuna za hidrološke postaje na glavnim pritokama rijeke Mirne dani su u Tablici 3.2.2.1.

Tablica 3.2.2.1. Rezultati proračuna ekološki prihvatljivog protoka za postaje na pritokama rijeke Mirne

Redni broj	Metoda proračuna EPP-a	Rečina Pengari		Bračana Abrami		Botonega Šćulci step.		
		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]		EPP [m ³ /s]		
1.	Alarmantna granična vrijednost	0.01		0.034		0.014		
2.	Matthey-eva metoda	0.049		0.097		0.058		
3.	Metoda u Francuskoj i Austriji	0.053		0.111		0.095		
4.	Metoda u Francuskoj i Austriji	0.0003		0.031		0.018		
5.	Metoda 10% vrijednosti Q_{sr_mj}	min. 0.0009	max. 0.0753	min. 0.0109	max. 0.096	min. 0.0101	max. 0.0981	
6.	Metoda Lanser	min. 0.0132	max. 0.0263	min. 0.0277	max. 0.0553	min. 0.0237	max. 0.0474	
7.	Metoda Jager	0.0395		0.0829		0.0711		
8.	Metoda Montana	min. 0.0263	max. 0.105-0.158	min. 0.055	max. 0.221-0.332	min. 0.0474	max. 0.19-0.28	
9.	Metoda Steinbach	0.0002		0.024		0.014		
10.	Metoda Rheinland-Pfalz	min. $4 \cdot 10^{-5}$	max. 0.0001	min. 0.0048	max. 0.012	min. 0.003	max. 0.007	
11.	Metoda Sawall i Simon	min. 0	max. 0	min. $1.4 \cdot 10^{-4}$	max. 0.002	min. $1.4 \cdot 10^{-4}$	max. 0.002	
12.	Metoda Steiermark, Kärnten	min. 0.165	max. 0.275	min. 0.15	max. 0.25	min. 0.168	max. 0.28	
13.	Metoda Oregon	min. 0.792	max. 3.168	min. 0.72	max. 2.88	min. 0.806	max. 3.226	
14.	Metoda Oberoesterreich	1.1		1		1.12		
		10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3 mj.	4 - 9 mj.	10 - 3mj.	4 - 9 mj.	
	1.	0.526	0.526	1.106	1.106	0.948	0.948	
	2.	0.158	0.158	0.332	0.332	0.284	0.284	
	3.	0.105	0.158	0.221	0.332	0.189	0.284	
15.	Tennant (1976)	4.	0.078	0.132	0.166	0.277	0.142	0.237
		5.	0.053	0.105	0.111	0.221	0.095	0.189
		6.	0.026	0.078	0.0553	0.166	0.0474	0.142
		7.	0.026	0.026	0.0553	0.0553	0.0474	0.0474
		8.	0.003	0.003	0.0055	0.0055	0.0047	0.0047
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	
	1.	0.0526	0.0658	0.111	0.138	0.095	0.118	
	2.	0.0789	0.184	0.166	0.387	0.142	0.331	
	3.	0.0329	0.0789	0.069	0.166	0.059	0.142	
	4.	0.0263	0.0447	0.0553	0.094	0.047	0.081	
17.	Zakonski propis u BIH	0.002		0.02		0.015		
18.	GEP metoda - Srbija	10 - 3 mj. 0.0263	4 - 9 mj. 0.0395	10 - 3 mj. 0.055	4 - 9 mj. 0.083	10 - 3 mj. 0.048	4 - 9 mj. 0.071	

Redni broj	Metoda proračuna EPP-a	Rečina Pengari			Bračana Abrami			Botonega Šculci step.		
		EPP [m ³ /s]			EPP [m ³ /s]			EPP [m ³ /s]		
19.	Metoda Italija-Lombardija	min.	max.		min.	max.		min.	max.	
		0.157	0.368		0.0336	0.0788		0.118	0.278	
20.	Metoda Italija-Bolzano	min.	max.		min.	max.		min.	max.	
		0.196	0.294		0.042	0.063		0.148	0.222	
21.	Metoda Španjolska - Asturija	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.
		0.08	0.28	0.47	0.09	0.13	0.18	0.09	0.24	0.39

Od navedenih hidroloških metoda za izračun EPP-a, metoda koja je preporučena u Republici Hrvatskoj je „Steinbach“ metoda u kojoj se biološki minimum definira na temelju prosječne minimalne količine vode u vodotoku.

Neke od metoda ne daju logične rezultate koji bi bili prikladni za određivanje ekološki prihvatljivog protoka na tokovima koji presušuju, kao npr. metoda „Sawall i Simon“ u kojoj se gleda prosječni minimalni protok u kolovozu. Neke od pritoka Mirne u ljetnim mjesecima u potpunosti presušuju pa bi rezultat primjene te metode vodio u zaključak da u tim vodotocima nije potrebno održavati nikakav stalni protok. Stoga je bolje izabrati neku od metoda koja rezultira višim vrijednostima EPP-a, koji su na strani sigurnosti iz perspektive utjecaja na prirodu.

3.2.2.2. Rezultati proračuna ekološki prihvatljivog protoka temeljem ekoloških metoda

S obzirom da u Hrvatskoj još nisu doneseni odgovarajući zakonski propisi za definiranje EPP, količina vode koja je nužna za neki vodotok određuje se na temelju hidroloških metoda (obradom raspoloživih podataka) i ekoloških metoda (s obzirom na postojeće ekološko stanje u vodotoku).

Kao hidrološka metoda za određivanje ekološki prihvatljivog protoka može se načelno predložiti metoda preporučena u stručnoj praksi u Republici Hrvatskoj (metoda „Steinbach“), koja procjenjuje da se u vodotoku mora zadržati količina vode koja je jednaka prosječnom minimalnom godišnjem protoku.

Ekološke metode uzimaju u obzir potrebne vrijednosti protoka za održavanje i razvoj autohtonih biocenoza vodotoka. Kao bioindikator za koje treba osigurati životne uvjete najpogodnije su određene vrste riba. Prema rezultatima terenskog istraživanja sve istraživane pritoke rijeke Mirne (osim Drage) naseljene su mrenom (*Barbus plebejus*) i pratećim vrstama riba. Pomoću podataka o dubinama potrebnim za održavanje osnovnih životnih uvjeta te riblje vrste, uz korištenje protočnih krivulja dobivenih iz hidroloških podataka s hidroloških postaja na pritokama rijeke Mirne može se odrediti protok nužan za održavanje te vrste u pritokama Mirne.

Prema dostupnoj literaturi srednja dubina potrebne za održavanje vrste u ljetnom razdoblje iznosi 21 cm, a u ostatku godine 25 cm. U Tablici 3.2.2.2 prikazane su dubine potrebne prisutnoj indikatorskoj ribljoj vrsti da bi opstala u vodotoku, te protoci dobiveni iz navedene formule protočne krivulje, koji zadovoljavaju navedene dubine za tri postaje na pritokama rijeke Mirne. Izračun je napravljen pod pretpostavkom da je dubina na hidrološkoj postaji jednaka vodostaju.

Tablica 3.2.2.2. Vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka dobivene ekološkom metodom na hidrološkim postajama

Postaja	Rečina Pengari		Bračana Abrami		Botonega Šćulci stepenica		
	Vodostaj (cm)	Formula	Protok	Formula	Protok	Formula	Protok
H=H1		$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$	$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$	$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$
21		$4.7H^{3.63}$	0.016	$13.92H^{2.11}$	0.517	$8.4H^{1.96}$	0.394
25		$4.7H^{3.63}$	0.031	$13.92H^{2.11}$	0.747	$8.4H^{1.96}$	0.555

Isti postupak određivanja EPP za dubine nužne za održivost prirodne faune rijeke napravljen je za mjesta uzorkovanja, od kojih se neka nalaze po nekoliko stotina metara ili nekoliko kilometara od samih hidroloških postaja.

Primijenjene su protočne krivulje napravljene za hidrološke postaje, ali se dubina na mjestu uzorkovanja svela na odgovarajući vodostaj na hidrološkoj postaji. Tablica 3.2.2.3 daje prikaz potrebnih dubina za ribu mren na mjestu uzorkovanja, vrijednost vodostaja na letvi hidrološke postaje (koja odgovara ciljanoj dubini za mren na mjestu uzorkovanja u isto vrijeme) te protoke koji omogućavaju ciljane dubine na tri mjesta uzorkovanja na pritokama rijeke Mirne.

Tablica 3.2.2.3. Vrijednosti ekološki prihvatljivog protoka dobivene ekološkom metodom na mjestima uzorkovanja ekoloških (abiotičkih i biotičkih) osobina vodenih staništa

Postaja	P2–Rečina			P3–Bračana			P4–Botonega			
	Dubina (cm)	Vodostaj (cm)	Formula	Protok	Vodostaj (cm)	Formula	Protok	Vodostaj (cm)	Formula	Protok
H1		$H=H1-B; B=1.5$	$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$	$H=H1-B; B=14.2$	$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$	$H=H1-B; B=42$	$Q=a*(H)^b$	$Q (m^3/s)$
21		19.5	$4.7H^{3.63}$	0.012	6.8	$2.2H^{1.14}$	0.103	(-21)*	$3.78H^{1.66}$	0*
25		23.5	$4.7H^{3.63}$	0.024	10.8	$2.2H^{1.14}$	0.174	(-17)*	$3.78H^{1.66}$	0*

* Na vodokaznoj letvi hidrološke postaje Botonega–Šćulci stepenica ne postoje negativne vrijednosti vodostaja, a koje bi odgovarale ciljanoj minimalnoj dubini u donjem toku Botonege (zabilježena dubina vode bila je veća za 42 cm od one na hidrološkoj postaji) pa za taj lokalitet istraživanja nije moguće izračunati EPP pomoću hidroloških podataka sa spomenute puno uzvodnije i pliće hidrološke postaje.

3.2.3. Minimalne preljevne količine na izvorištima Sv. Ivan, Bulaž i Gradole

3.2.3.1. Povezivanje mjesta uzorkovanja s hidrološkim postajama

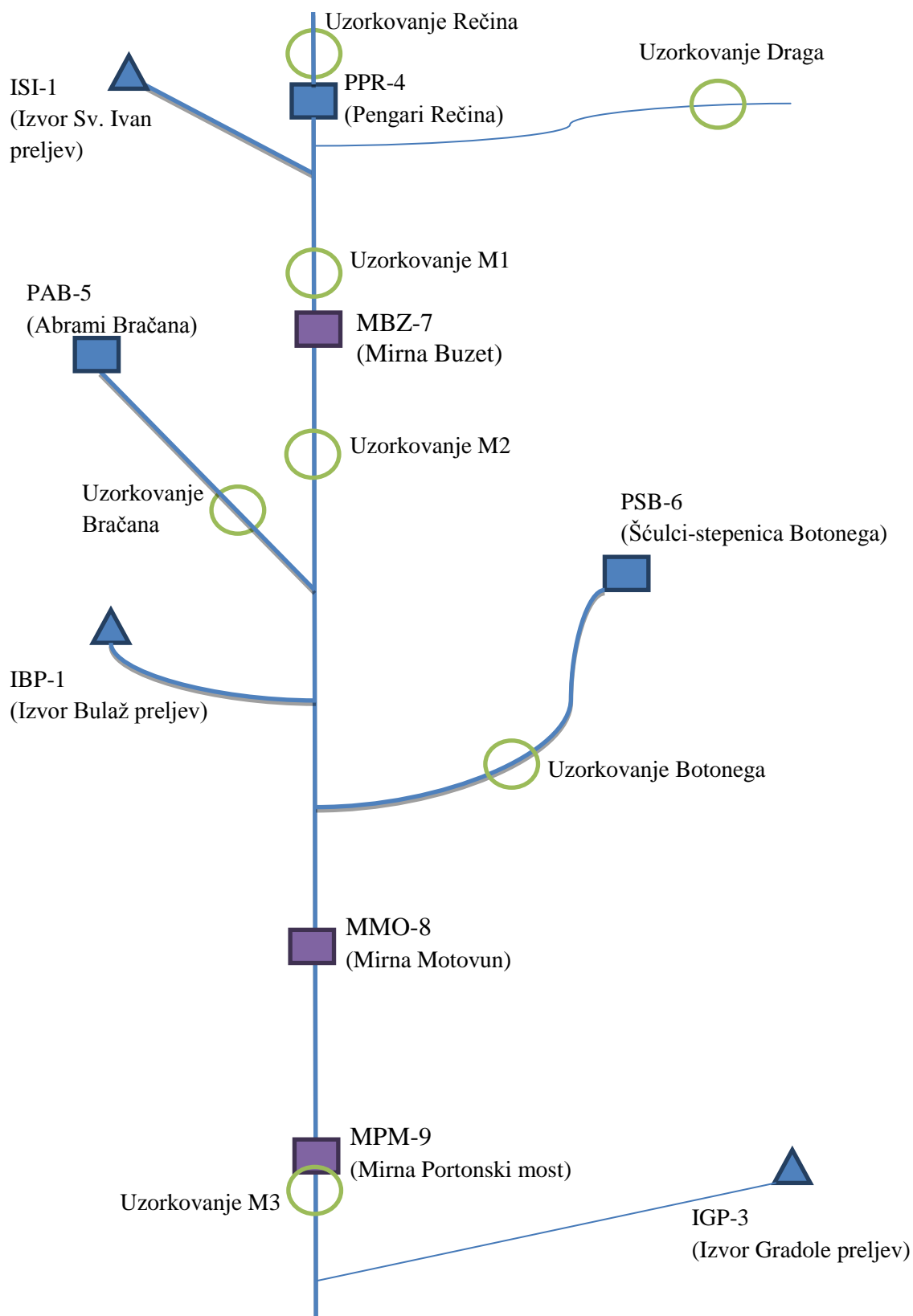
Analiza o stanju vode unutar sliva rijeke Mirne dobivena je na temelju višegodišnjih nizova hidroloških opažanja (1998.-2010. g.) srednjih dnevnih vrijednosti protoka i vodostaja s 9 hidroloških postaja: 3 postaje na rijeci Mirni (Buzet, Motovun i Portonski most), 3 postaje na pritokama rijeke Mirne (Rečina, Bračana i Botonega), te 3 postaje na izvorima (Sv. Ivan, Bulaž i Gradole). Ti su podaci korišteni za izgradnju predikcijskih modela koji predviđaju količinu vode u vodotoku kao funkciju količina na relevantnim uzvodnim lokacijama, te se mogu iskoristiti za određivanje prihvatljivih količina vode koje se crpe na izvorima, uz granični uvjet osiguranja ekološki prihvatljivog protoka na referentnim nizvodnim lokacijama.

S obzirom da se lokacije za koje je na temelju potreba bioindikatorskih vrsta određen ekološki prihvatljivi protok (na kojima su jednokratno prilikom terenskog uzorkovanja flore i faune mjereni i protoci u vodotoku, te dubine vode), ne poklapaju s lokacijama hidroloških postaja (osim u slučaju Portonskog mosta), gore spomenuti modeli izgrađeni su za predviđanje količina vode na hidrološkim postajama, uz uvažavanje stanja na najbližoj lokaciji uzorkovanja flore i faune.

Pregledna skica pozicije svih postaja i mjesta uzorkovanja prikazana je na Slici 3.2.3.1.

Izgradnja gore spomenutih predikcijskih modela temeljila se na sljedećim postavkama:

- Uzorkovanje na pritoku Bračani ovisi samo o protoku kroz postaju Bračana–Abrami, koja nije izvor. Ovdje se uspostavlja jednostavna relacija (logička veza) pomoću koje se na temelju usporedbe dubina vode s mjesta uzorkovanja flore i faune, te vodostaja na postaji Abrami (u istom danu) definiraju potrebni uvjeti koje bi vodostaj na hidrološkoj postaji trebao ispuniti. Isto vrijedi i za lokaciju uzorkovanje flore i faune na pritoci Rečini (koja je k tome uzvodno od hidrološke postaje).
- Uzorkovanje na Dragi nije relevantno, jer za taj ogranak sliva ne postoje hidrološki podaci na temelju kojih bi se mogli donijeti konkretni zaključci u vezi EPP. Također, terenskim istraživanjem na tom mjestu nisu uopće zabilježene ribe, a za čije bi održavanje u vodotoku bila potrebna određena količina vode.
- Lokacija uzorkovanja flore i faune na Botonegi direktno ovisi o prelijevanju iz akumulacije, što znači da se i ovdje može uspostaviti jednostavna relacija između mjenjenih dubina na mjestu uzorkovanja i pripadnih vodostaja izmjenjenih istog dana na postaji Botonega–Šćulci stepenica, te tako definirati potrebne uvjete na postaji.
- Podatke uzorkovanja na lokacijama M1 i M2, koje su locirane uzvodno i nizvodno od hidrološke postaje Mirna–Buzet, potrebno je logički povezati s vodostajima na toj postaji, te zatim izgraditi model predviđanja tih vodostaja u funkciji količina vode u dotocima iz izvora Sv. Ivan i pritoke Rečine.
- Slično prethodnom, podaci uzorkovanja na lokaciji M3 mogu se povezati s vodostajima hidrološke postaje Portonski most, nakon čega je moguće izgraditi model koji će predviđati te vodostaje u funkciji količina vode u svim dotocima (Botonega–Šćulci stepenica, Mirna–Buzet, Bračana–Abrami te izvor Bulaž).



Slika 3.2.3.1. Pregledna skica pozicije hidroloških postaja i lokacija uzorkovanja u slivu rijeke Mirne. Krug – lokacija uzorkovanja flore i faune, kvadrat – hidrološka postaja (ljubičasto – rijeka Mirna, plavo – pritoke), trokut – izvor

- Nakon izgradnje predikcijskih modela iz prethodne dvije točke, te modele treba upotrijebiti za definiranje minimalnih preljevniha količina iz izvora Sv. Ivan i Bulaž, koji neće dovesti u pitanje osiguranje EPP na Mirni. Te minimalne preljevne količine trebaju biti rubni uvjeti u upravljanju crpljenjem na navedenim izvorima.
- Može se *a priori* ocijeniti da je doprinos količinama vode u Mirni s izvora Gradole zanemariv iz perspektive ciljeva ove studije. K tome, kanalizirani preljev izvora Gradole (dužine cca 0,45 km) utječe u Mirnu oko 4 km nizvodno od Portonskog mosta (blizu njezinog ušća u more), pa količinu vode u njemu ne treba uzimati u obzir (kao nezavisnu varijablu) prilikom izgradnje predikcijskih modela za vodostaje na uzvodnim postajama na Mirni (Buzet i Portonski most). Dodatno, na preljevu izvora Gradole nije bilo lokacija uzorkovanja flore i faune (nisu ni bile predviđene u projektnom zadatku), pa za taj vodotok EPP nije određivan. Na osnovi svih tih činjenica može se zaključiti da će se upravljanje crpljenjem iz izvora Gradole temeljiti na nekim drugim kriterijima (npr. na izdašnosti tog izvora u pojedinim razdobljima godine), a ne na rezultatima prezentiranim u ovom poglavlju (i cijeloj studiji).

Ključni bioindikatori za definiranje EPP bile su vrste riba koje nastanjuju sliv, uvažavajući dubine vodotoka koje su potrebne da bi se pojedina vrsta mogla održati. Terenski uvid je pokazao da je rijeka Mirna naseljena mrenom i pratećim vrstama riba. Prema dostupnoj literaturi srednja dubina vodotoka potrebna za održavanje te vrste u ljetnom razdoblju (3. kvartal, 7., 8. i 9. mjesec) iznosi 21 cm, a u ostatku godine 25 cm.

Protoci (a time i brzine strujanja) u vodotoku na konkretnoj su lokaciji (sa specifičnim poprečnim presjekom korita) izrazito korelirani s vodostajima, pa se u upravljanju vodotokom (u konkretnom slučaju crpljenjem one količine vode na izvorima koja neće ugroziti EPP) ne može na njih djelovati nezavisno. Stoga se iz praktičnih razloga u daljnjem tekstu propisuje onaj vodostaj koji je potrebno osigurati na pojedinim lokacijama u vodotocima, za koji je vezan EPP.

Usporedbom mjerenja na mjestima uzorkovanja M1, M2 i M3, te vodostaja na postajama Buzet i Portonski most, zaključeno je da su ekološki prihvatljive granice vodostaja na Mirni kako slijedi:

Hidrološka postaja Mirna–Buzet (relativno u odnosu na kotu nule vodomjerne letve):

- Ljetni mjeseci (7, 8, 9): srednja vrijednost vodostaja = 14 cm
- Ostali mjeseci (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12): srednja vrijednost vodostaja = 18 cm

Hidrološka postaja Portonski most (relativno u odnosu na kotu nule vodomjerne letve):

- Ljetni mjeseci (7, 8, 9): srednja vrijednost vodostaja = - 46 cm
- Ostali mjeseci (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12): srednja vrijednost vodostaja = - 42 cm

S obzirom da u zadnjih dvadeset godina apsolutni minimum vodostaja zabilježen na lokaciji Portonski most iznosi - 39 cm (objašnjenja za negativni vodostaj pogledati na str. 16 - 2. pasus, na str. 188 - zadnja rečenica te u Tablici 3.2.1.3), od čega su gore definirani ekološki prihvatljivi vodostaji niži (za 7 cm u ljetnim mjesecima, odnosno za 3 cm u ostalim

mjesecima), može se već *a priori* zaključiti da je na toj lokaciji potrebna dubina vode za opstanak indikatorskih ribljih vrsta kontinuirano prisutna (barem tijekom zadnjih dvadesetak godina).

3.2.3.2. Definiranje zavisnih i nezavisnih varijabli u modelu

S obzirom na to da se postaje Mirna–Buzet i Portonski most nalaze na mjestima različitih uzvodnih utjecaja, za njih je potrebno napraviti dva različita, međusobno nezavisna predikcijska modela (od kojih će prvi biti relevantan za upravljanje crpljenjem iz izvora Sv. Ivan, a drugi za upravljanje crpljenjem iz izvora Bulaž). Stoga se kao zavisne varijable u ta dva predikcijska modela uzimaju vodostaji na hidrološkim postajama Mirna–Buzet i Portonski most.

Ključne nezavisne varijable u tim modelima su protoci na ciljanim izvorima (Sv. Ivan i Bulaž) čijim se crpljenjem želi upravljati (što je i svrha izgradnje modela). Dodatno, kao nezavisne varijable trebaju se uključiti i vodostaji na svim uzvodnim pritokama koje značajno doprinose vodostaju na lokaciji referentnoj za definiranje ekološki prihvatljivog vodostaja. Na kraju, valjalo bi ispitati i koliki je doprinos oborine i isparavanja u slivu na vodostaje referentnih lokacija, te da li se taj utjecaj eventualno može zanemariti, što bi bitno pojednostavilo upravljanje crpljenjem na dva ciljana izvora (to bi upravljanje tada bilo samo ovisno o aktualnoj količini vode u okolnim vodotocima, a ne i o meteorološkim prilikama).

Dodatno, kod odabira nezavisnih varijabli u predikcijskim modelima koji se odnose na fenomene vremenskih serija, važno je odrediti i optimalno povratno razdoblje (s kolikim vremenskim odmakom u prošlost nezavisna varijabla postaje najbolji procjenitelj aktualne vrijednosti zavisne varijable). U tu je svrhu prije izgradnje predikcijskih modela provedena preliminarna analiza kako slijedi.

Izračunati su nizovi univarijatnih korelacija zavisnih varijabli (vodostaji i protoci na postaji Mirna–Buzet (MBZ) i postaji Mirna–Portonski most (MPM)) s nezavisnim varijablama (vodostaji na uzvodnim hidrološkim postajama i protoci na preljevima izvora) koje su u odnosu na vrijednost zavisne varijable pomaknute unazad u vremenu za 0 do 6 dana, i to na dva načina:

- 1) direktna korelacija: aktualne vrijednosti zavisne varijable korelirane su s aktualnim vrijednostima nezavisnih varijabli, te s vrijednostima nezavisnih varijabli prije 1 – 6 dana i
- 2) korelacija sa srednjakom: aktualne vrijednosti zavisne varijable korelirane su sa srednjim vrijednostima nezavisnih varijabli u povratnom intervalu od 0 (aktualna vrijednost nezavisne varijable) – 6 dana.

Dobiveni rezultati prikazani su u Tablicama 3.2.3.2.1 i 3.2.3.2.2.

Rezultati pokazuju da su kod direktnih korelacija uvijek najbolje one iz istog dana (na koji se odnosi vrijednost zavisna varijable), dok se kod korelacija sa srednjakom za neke nezavisne varijable nešto bolji rezultati dobivaju ako se kao prediktor uzima srednjak današnje i jučerašnje vrijednosti nezavisne varijable. S obzirom da se to poboljšanje može ocijeniti kao zanemarivo, a i zbog osiguranja jednostavnosti modela i njegove kasnije praktične primjene, kao nezavisne varijable su odabrani vodostaji (na uzvodnim hidrološkim postajama) i protoci (na preljevima izvora) iz istog dana na koji se odnosi vodostaj na referentnoj hidrološkoj postaji (zavisna varijabla).

Tablica 3.2.3.2.1. Koeficijenti (R) univarijatne korelacije aktualnog vodostaja na referentnoj postaji (lijevo: Mirna–Buzet (MBZ), desno: Mirna–Portonski most (MPM)) s aktualnim vrijednostima nezavisnih varijabli (uz povratna razdoblja od 0-6 dana)

MBZ		
Dani	isi_pro	ppr_vod
0	0.842831	0.850319
1	0.787781	0.782082
2	0.721424	0.672345
3	0.667962	0.60178
4	0.623631	0.547032
5	0.588113	0.496208
6	0.559585	0.451484

MPM				
Dani	mbz_vod	pab_vod	psb_vod	ibp_pro
0	0.898129	0.844591	0.553008	0.919305
1	0.826726	0.786519	0.458771	0.794754
2	0.705246	0.659216	0.338826	0.654423
3	0.619057	0.570664	0.267076	0.555231
4	0.554879	0.502777	0.243013	0.485891
5	0.506281	0.45215	0.225758	0.44272
6	0.468828	0.41445	0.20063	0.406006

Tablica 3.2.3.2.2. Koeficijenti (R) univarijatne korelacije aktualnog vodostaja na referentnoj postaji (lijevo: Mirna–Buzet (MBZ), desno: Mirna–Portonski most (MPM)) sa srednjakom nezavisnih varijabli u različitim povratnim razdobljima (0-6 dana)

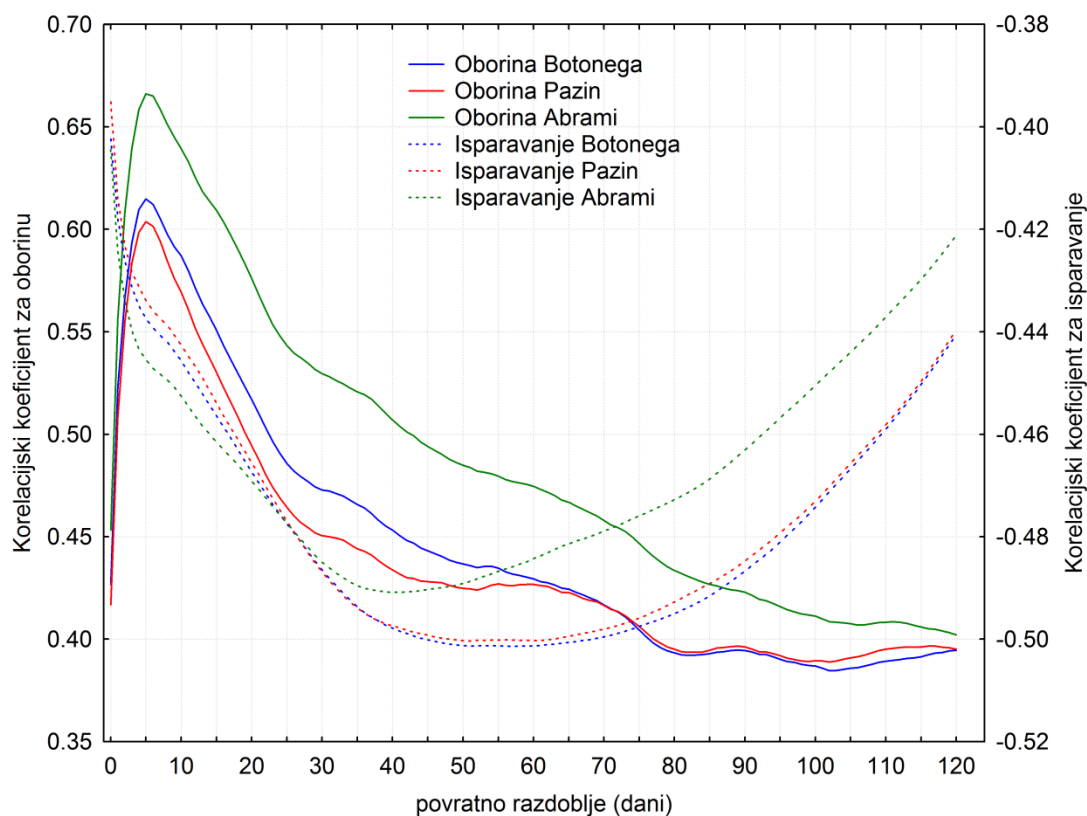
MBZ		
Dani	isi_pro	ppr_vod
0	0.842831	0.850319
1	0.821941	0.87233
2	0.796919	0.860311
3	0.773707	0.842415
4	0.752753	0.822887
5	0.734182	0.80235
6	0.717805	0.781595

MPM				
Dani	mbz_vod	pab_vod	psb_vod	ibp_pro
0	0.898129	0.844591	0.553008	0.919305
1	0.884051	0.852281	0.553961	0.905094
2	0.848448	0.82554	0.535571	0.874257
3	0.814012	0.795363	0.516451	0.843478
4	0.783489	0.766095	0.505112	0.815558
5	0.757064	0.739337	0.497127	0.791874
6	0.734282	0.715395	0.488758	0.770729

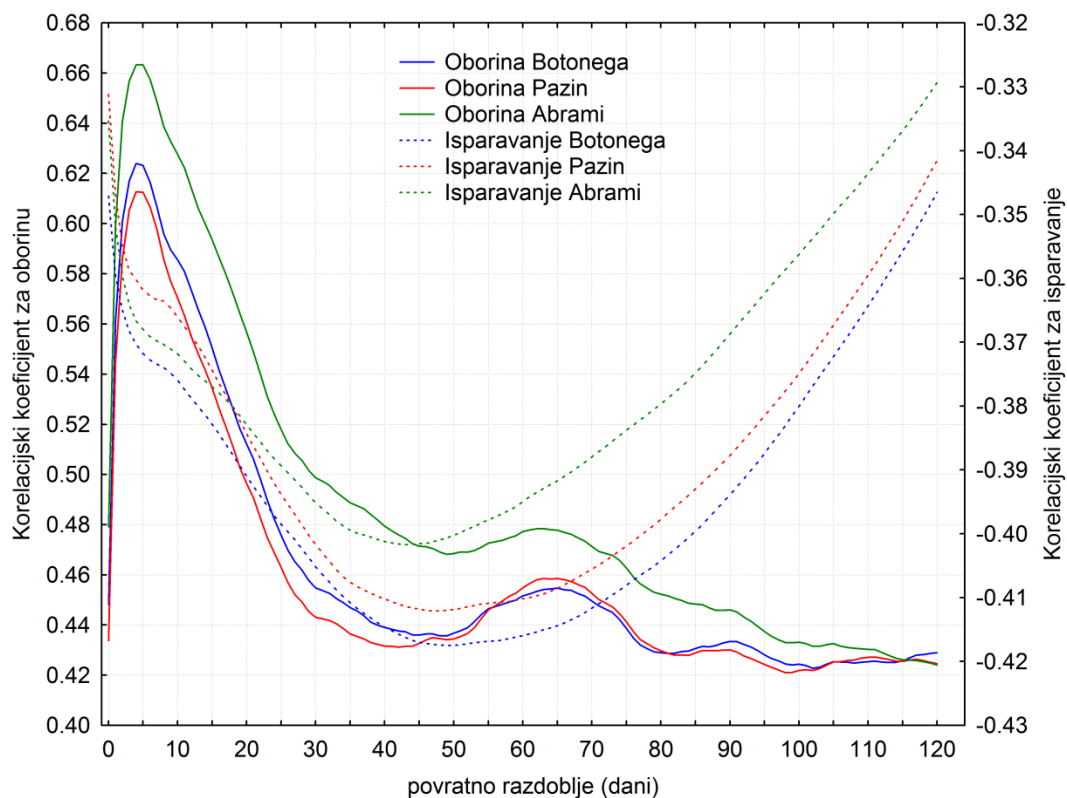
Utjecaj klimatoloških (nezavisnih) varijabli na vodostaje referentnih hidroloških postaja (kao zavisne varijable) testiran je pomoću podataka o oborini (Obo) i isparavanjima (Isp) s tri meteorološke postaje: Pazin (Paz), Abrami (Abr) i Botonega (Bot). Prije testiranja tih utjecaja bilo je također potrebno odrediti optimalno povratno razdoblje, kako je gore već opisano za vodostaje na hidrološkim postajama i protoke na izvorima uzvodno od referentne postaje (kao nezavisne varijable).

Dobiveni rezultati univarijatnih korelacija s klimatološkim varijablama za različita povratna razdoblja prikazani su na Slikama 3.2.3.2.1 i 3.2.3.2.2.

Rezultati pokazuju da se univarijatna korelacija aktualnog srednjeg vodostaja na referentnoj postaji i oborine maksimizira kada se kao nezavisna varijabla koristi ukupna oborina u zadnjih pet dana, dok se univarijatna korelacija s isparavanjem maksimizira kada se kao nezavisna varijabla koristi ukupno isparavanje unutar intervala od 40 do 50 dana (zavisno od kombinacije referentne i meteorološke postaje). Sukladno tome, odabrana su povratna razdoblja od 5 dana za ukupnu oborinu, te od 45 dana za ukupno isparavanje.



Slika 3.2.3.2.1. Korelacije aktualnog vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet s ukupnom oborinom i isparavanjem, na meteoroloških postajama Botonega, Pazin i Abrami, za različita povratna razdoblja



Slika 3.2.3.2.2. Korelacije aktualnog vodostaja na hidrološkoj postaji Portonski most s ukupnom oborinom i isparavanjem, na meteoroloških postajama Botonega, Pazin i Abrami, za različita povratna razdoblja

U konačnici su za izgradnju predikcijskog modela vodostaja na postaji Mirna–Buzet odabrane nezavisne varijable (klimatološki prediktori) s meteorološke postaje Abrami, a za izgradnju predikcijskog modela vodostaja na postaji Mirna–Portonski most nezavisne varijable s meteorološke postaje Botonega, jer su se one u preliminarnim analizama pokazale kao (neznatno) bolji prediktori od onih s drugih meteoroloških postaja.

3.2.3.3. Modeli za postaju Mirna–Buzet (MBZ):

I.) linearni model s odabranim klimatološkim prediktorima

U prvom je koraku izgrađen višestruko linearni regresijski model za predikciju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, u funkciji 1) vodostaja na hidrološkoj postaji Rečina–Pengari, 2) protoka na preljevu izvora Sv. Ivan, 3) ukupne oborine u zadnjih pet dana na meteorološkoj postaji Abrami i 4) ukupnog isparavanja u zadnjih 45 dana na istoj meteorološkoj postaji.

Model je objasnio ukupno 86,64% varijabilnosti ($R^2 = 0,8664$) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, i ima sljedeći oblik:

$$\text{mbz_vod} = 11.38157 + 7.9018 \cdot \text{isi_pro} + 0.43485 \cdot \text{ppr_vod} + 0.10978 \cdot \text{Abr_OBO_5} - 0.00751 \cdot \text{Abr_ISP_45}$$

mbz_vod: vodostaj na postaji Mirna–Buzet

isi_pro: protok na preljevu izvora Sv. Ivan

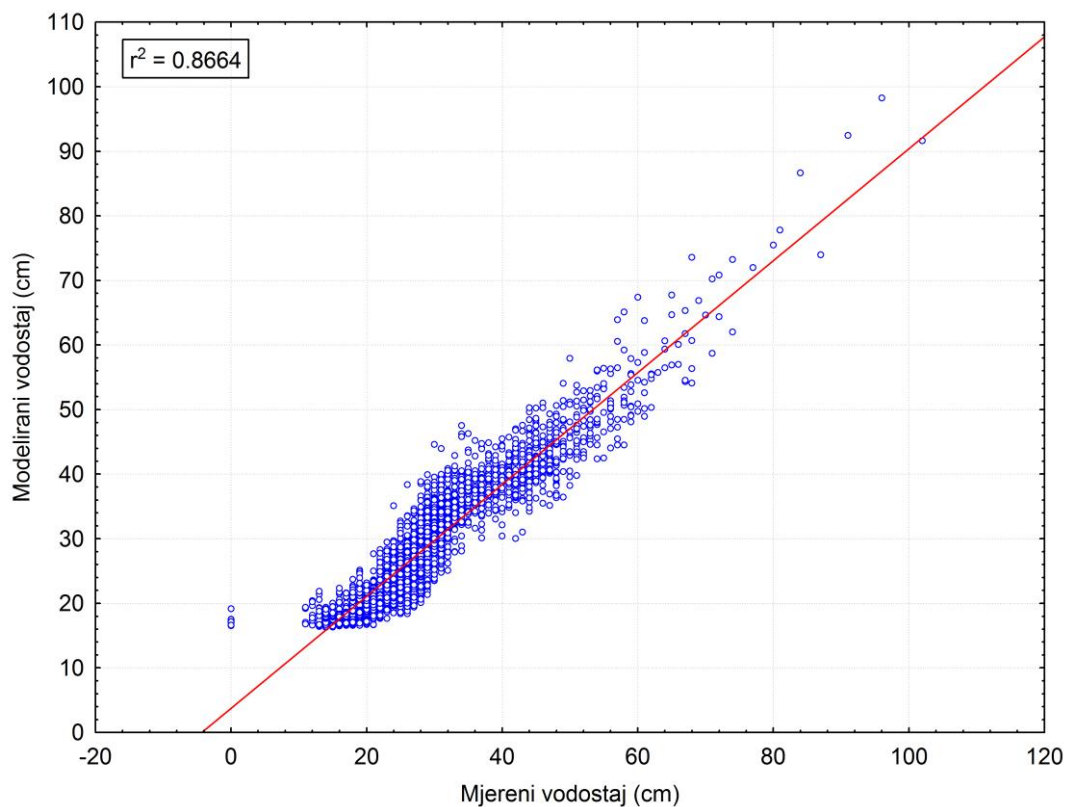
ppr_vod: vodostaj na postaji Rečina–Pengari

Abr_OBO_5: ukupna oborina u zadnjih 5 dana na postaji Abrami

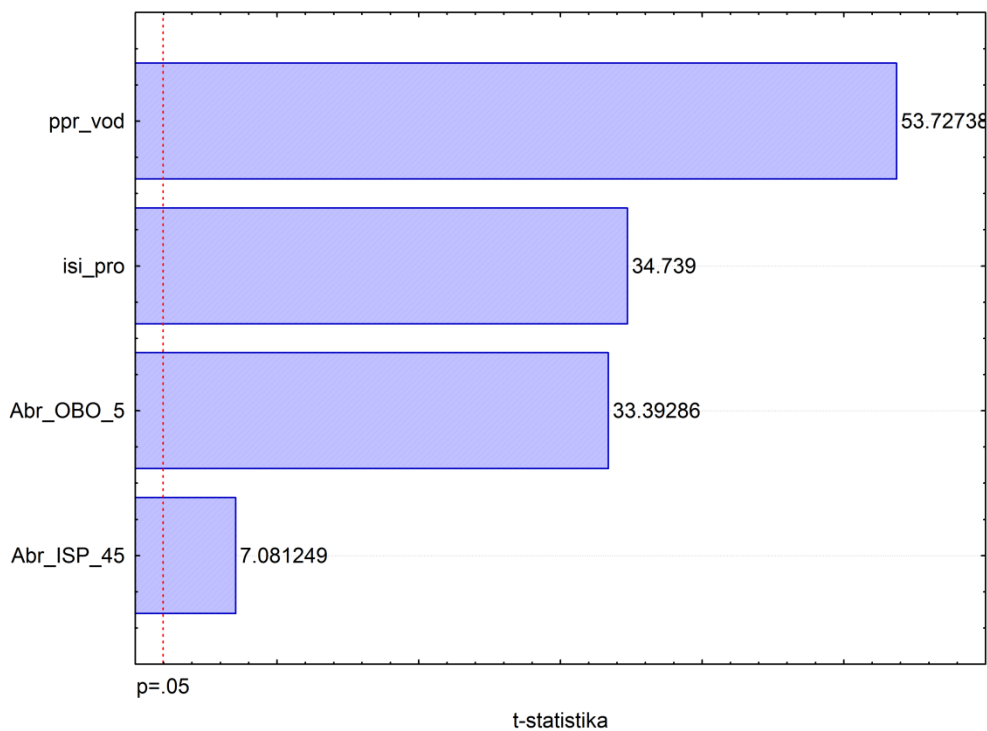
Abr_ISP_45: ukupno isparavanje u zadnjih 45 dana na postaji Abrami

Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti prikazan je na Slici 3.2.3.3.1, gdje se može uočiti visok stupanj objašnjenja nezavisne varijable (vodostaja na postaji Mirna–Buzet) modelom.

Doprinosi pojedinih nezavisnih varijabli regresiji prikazani su na Slici 3.2.3.3.2, gdje se vidi da su se sve četiri nezavisne varijable pokazale kao statistički značajni prediktori, pri čemu je najjači prediktor vodostaj na postaji Rečina–Pengari, nešto slabiji prediktori su protok na preljevu izvora Sv. Ivan i ukupna oborina u zadnjih 5 dana na postaji Abrami, dok je najslabiji prediktor ukupno isparavanje u zadnjih 45 dana na postaji Abrami.



Slika 3.2.3.3.1. Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (model s klimatološkim prediktorima)



Slika 3.2.3.3.2. Grafički prikaz doprinosa pojedinih nezavisnih varijabli izjednačenju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (točkasta linija - granica značajnosti t-statistike)

II.) linearni model bez klimatoloških prediktora

Iako se pokazalo da je doprinos i oborine i isparavanja na vodostaj hidrološke postaje Mirna–Buzet statistički značajan, prikladno je procijeniti da li se taj utjecaj za praktične potrebe eventualno može zanemariti, što bi bitno pojednostavilo upravljanje crpljenjem na izvoru Sv. Ivan (to bi upravljanje tada bilo samo ovisno o aktualnoj količini vode na hidrološkoj postaji Rečina–Pengari, a ne i o meteorološkim prilikama).

U tu je svrhu u drugom koraku izgrađen jednostavniji višestruko linearni regresijski model za predikciju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, samo u funkciji 1) vodostaja na hidrološkoj postaji Rečina–Pengari i 2) protoka na preljevu izvora Sv. Ivan.

Model je objasnio ukupno 83,26% varijabilnosti ($R^2 = 0,8326$) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, i ima sljedeći oblik:

$$\text{mbz_vod} = 9.26449 + 10.19075 * \text{isi_pro} + 0.50595 * \text{ppr_vod}$$

mbz_vod: vodostaj na postaji Mirna–Buzet

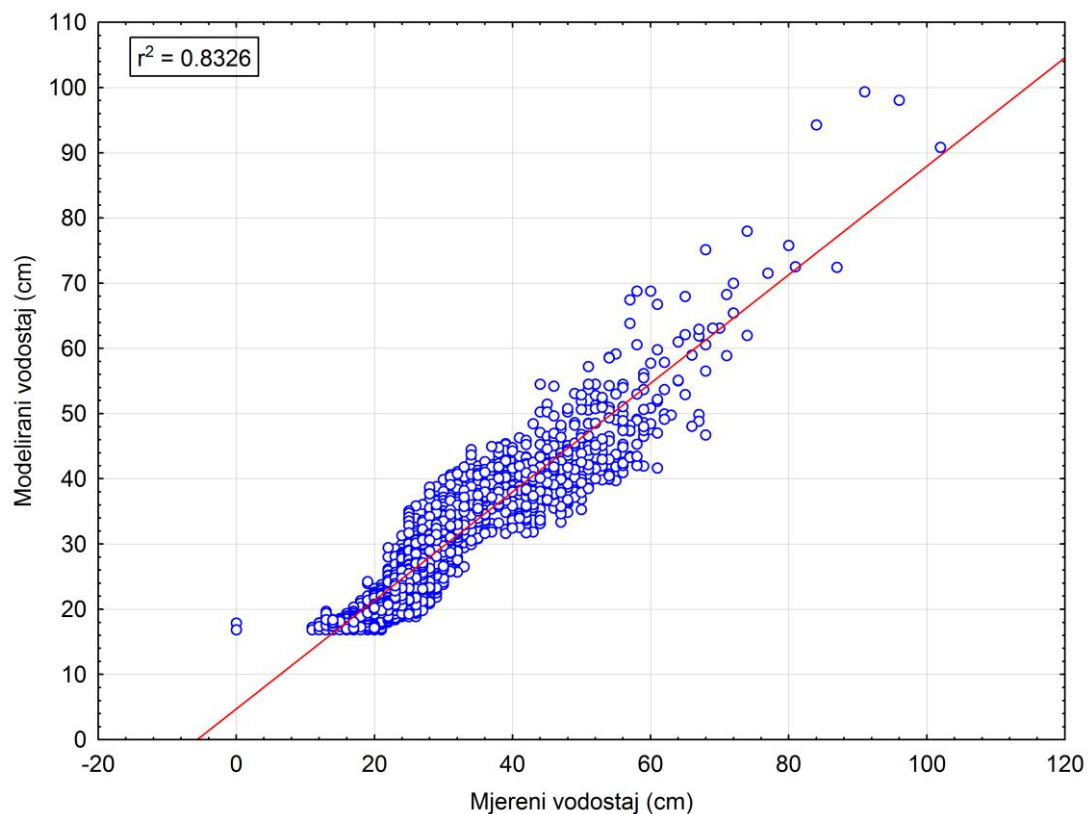
isi_pro: protok na preljevu izvora Sv. Ivan

ppr_vod: vodostaj na postaji Rečina–Pengari

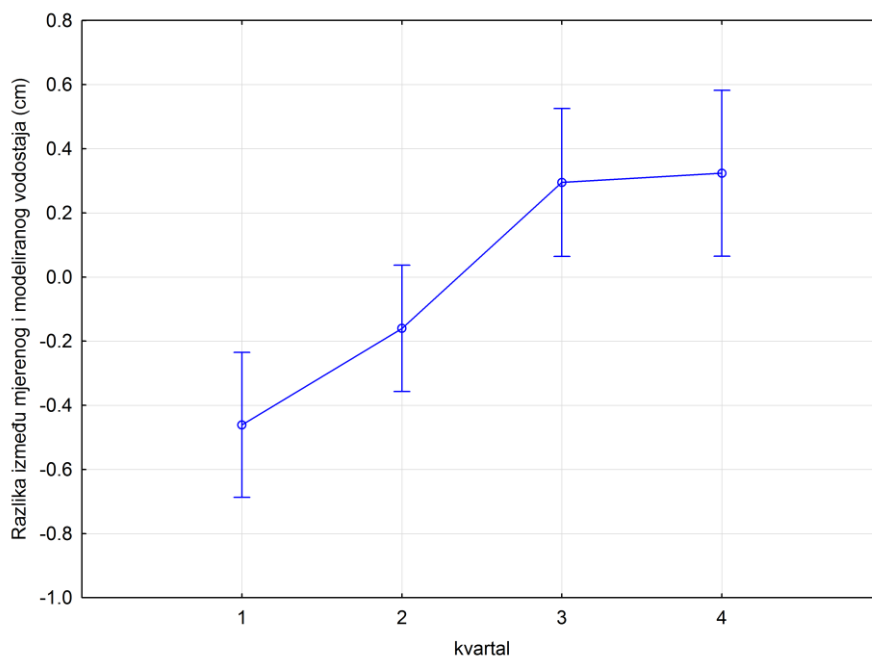
Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti prikazan je na Slici 3.2.3.3.3, gdje se može uočiti da je stupanj objašnjavanja nezavisne varijable (vodostaja na postaji Mirna–Buzet) modelom još uvijek relativno visok, ali ipak niži nego kod modela s klimatološkim prediktorima.

Slika 3.2.3.3.4 prikazuje distribucije vrijednosti srednje pogreške opisanog linearnog modela (odstupanja od regresijskog pravca) za svaki kvartal (tromjesečje, počevši od siječnja) tijekom godine. Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da u 1. i 2. kvartalu model precjenjuje mjerene vodostaje (predviđa više vodostaje od izmjerenih), dok u 3. i 4. kvartalu podcjenjuje mjerene vodostaje (predviđa niže vodostaje od izmjerenih).

Može se općenito zaključiti da se pogreške ovog pojednostavljenog modela za praktične potrebe (upravljanje crpljenjem na izvoru Sv. Ivan) mogu tolerirati iz dva razloga: 1) apsolutni iznosi srednje pogreške modela su u svim kvartalima vrlo niski (unutar intervala od ± 2 cm) i 2) srednja pogreška modela za drugu polovinu godine (uključujući i kritično ljetno razdoblje) je na strani sigurnosti, odnosno stvarni vodostaji su viši od modeliranih (koji bi se trebali koristiti za upravljanje crpljenjem na izvoru Sv. Ivan).



Slika 3.2.3.3.3. Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (linearni model bez klimatoloških prediktora)



Slika 3.2.3.3.4. Distribucija pogreške linearnog modela bez klimatoloških prediktora (točka – srednja pogreška, dužina – 95%-tne granice pouzdanosti procjene srednje pogreške) po kvartalima za postaju Mirna–Buzet

III.) model neuronske mreže bez klimatoloških prediktora

Na kraju se još željelo ispitati koliko se bolji rezultat predikcije može dobiti ako se za izgradnju regresijskog modela (za opisivanje vodostaja na postaji Mirna–Buzet u funkciji vodostaja na postaji Rečina–Pengari i protoka na preljevu izvora Sv. Ivan) koristi kompleksnija funkcija (od višestruko linearne). U tu su svrhu, u trećem koraku, korištene neuronske mreže kao alat za modeliranje.

Umjetne neuronske mreže sastoje se od proizvoljnog broja osnovnih procesnih jedinica koje se nazivaju neuroni. Neuroni su raspoređeni u slojeve, od kojih je prvi sloj ulazni (svaka nezavisna varijabla predstavljena je jednim neuronom), a zadnji je izlazni (ukoliko se radi o mreži sa samo jednom zavisnom varijablom, tada je to samo jedan izlazni neuron). Mogu postojati i skriveni slojevi između ulaznog i izlaznog, koji povećavaju kompleksnost modela. Svi su neuroni iz pojedinog sloja (osim ulaznog) spojeni sa svim neuronima iz prethodnog sloja. Drugim riječima, vrijednost u svakom pojedinačnom neuronu računa se kao odabrana (aktivacijska) funkcija vrijednosti svih ulaznih neurona (u ovom je primjeru to logistička funkcija) i dalje propagira kroz mrežu kao ulazna vrijednost u neurone prvog sljedećeg sloja.

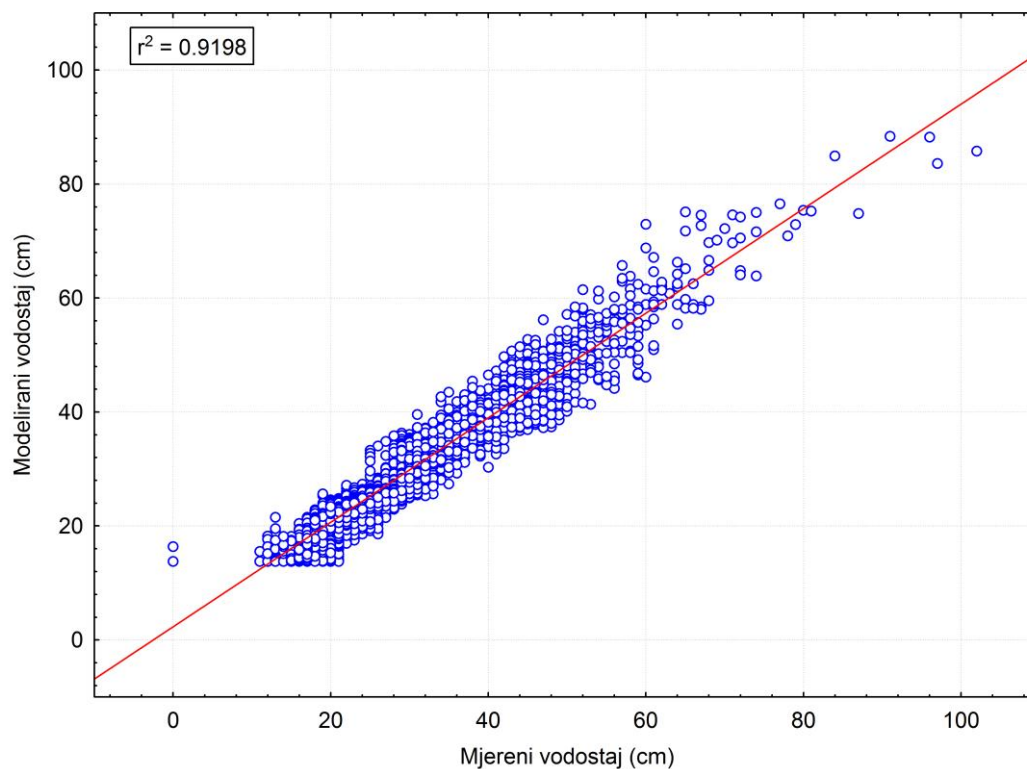
Skup svih podataka od ukupno 5054 podataka (uređenih kombinacija vrijednosti zavisnih i nezavisnih varijabli) razdijeljen je slučajnim izborom u tri podskupa: podskup za „treniranje“ neuronske mreže (70%, 3543 podatka), podskup za verifikaciju (20%, 1009 podataka) i testni podskup (10%, 502 podatka). Podskup za treniranje korišten je za optimizaciju parametara neuronske mreže. Podskup za verifikaciju korišten je za detekciju „overfitting-a“ (nepoželjna situacija u kojoj mreža dobro opisuje podatke na osnovu kojih je izgrađena, bez mogućnosti generalizacije na širi skup podataka) u svakoj iteraciji „treniranja“ neuronske mreže (pa je „treniranje“ zaustavljeno prije pojave „overfitting-a“). Testni podskup korišten je za odabir najbolje neuronske mreže, kao i za njezinu konačnu verifikaciju (potpuno nezavisnu od podataka korištenih za izgradnju mreže).

Konačno izabrana mreža, koja ima skriveni sloj s 4 neurona i ukupno 17 parametara, objasnila je 91,98% ($R^2 = 0,9198$) ukupne varijabilnosti vodostaja na postaji Mirna–Buzet, što je osjetno više nego kod linearnog modela s istim nezavisnim varijablama (istovremeno i osjetno više nego kod prvog linearnog modela koji je kao dodatne nezavisne varijable uključivao još i količinu oborine i isparavanja unutar odabranog povratnog razdoblja).

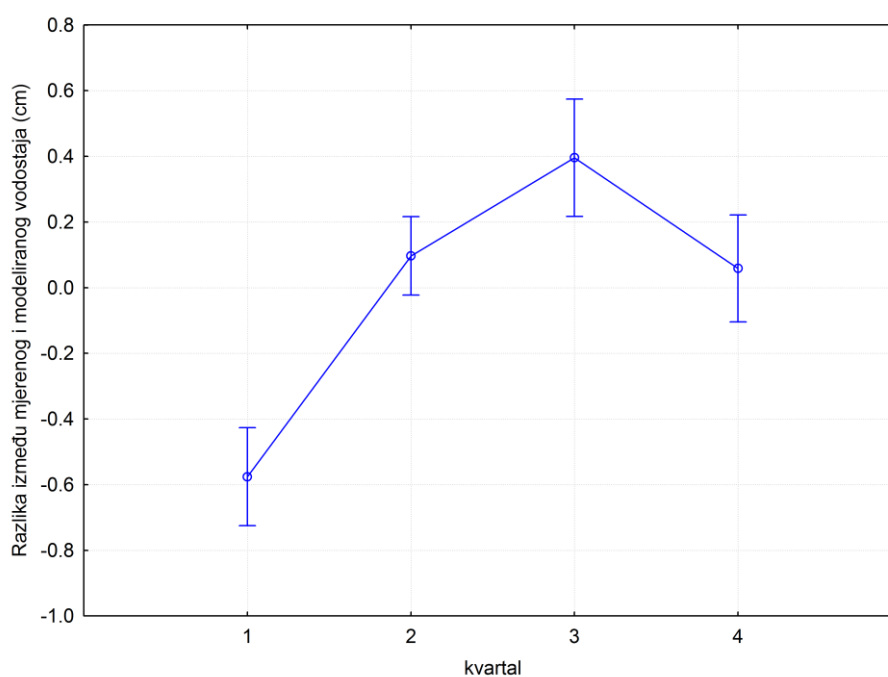
Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti prikazan je na Slici 3.2.3.3.5, gdje se može uočiti da je stupanj objašnjavanja nezavisne varijable (vodostaja na postaji Mirna–Buzet) modelom vrlo visok, k tomu i osjetno viši nego kod linearnog modela s istim nezavisnim varijablama (Slika 3.2.2.3.3), kao i kod prvog linearnog modela koji je kao dodatne nezavisne varijable uključivao još i količinu oborine i isparavanja unutar odabranog povratnog razdoblja (Slika 3.2.2.3.1).

Slika 3.2.3.3.6 prikazuje distribucije vrijednosti srednje pogreške modela neuronske mreže (odstupanja od regresijskog pravca) za svaki kvartal (tromjesečje, počevši od siječnja) tijekom godine. Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da u 1. kvartalu model precjenjuje mjerene vodostaje (predviđa više vodostaje od izmjerenih), u 3. kvartalu (dakle, za kritično ljetno razdoblje) rezultat je isti (model podcjenjuje mjerene vodostaje) kao i kod prethodno prikazanog linearnog modela s istim nezavisnim varijablama, dok su u 2. i 4. kvartalu srednje pogreške modela blizu nule. S obzirom da su apsolutni iznosi srednje pogreške modela neuronske mreže po kvartalima vrlo bliski onima kod prethodno opisanog linearnog modela

bez klimatoloških prediktora (Slika 3.2.3.3.4), može se zaključiti da je za praktične potrebe prihvatljiviji taj linearni model, zbog znatno veće jednostavnosti u primjeni.



Slika 3.2.3.3.5. Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (model neuronske mreže bez klimatoloških prediktora)



Slika 3.2.3.3.6. Distribucija pogreške modela neuronske mreže (točka – srednja pogreška, dužina – 95% granice pouzdanosti procjene srednje pogreške) po kvartalima za postaju Mirna–Buzet

3.2.3.4. Modeli za postaju Mirna–Portonski most (MPM):

I.) linearni model s odabranim klimatološkim prediktorima

U prvom je koraku, kao i kod modela za postaju Mirna–Buzet, izgrađen višestruko linearni regresijski model za predikciju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most, u funkciji 1) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, 2) vodostaja na hidrološkoj postaji Bračana–Abrami, 3) vodostaja na hidrološkoj postaji Botonega–Šćulci stepenica, 4) protoka na preljevu izvora Bulaž, 5) ukupne oborine u zadnjih pet dana na meteorološkoj postaji Botonega i 6) ukupnog isparavanja u zadnjih 45 dana na istoj meteorološkoj postaji.

Model je objasnio ukupno 96,84% varijabilnosti ($R^2 = 0,9684$) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most, i ima sljedeći oblik:

$$\text{mpm_vod} = -60.5498 + 14.6642 \cdot \text{ibp_pro} + 0.4403 \cdot \text{pab_vod} + 0.59 \cdot \text{psb_vod} + 1.8879 \cdot \text{mbz_vod} + 0.0939 \cdot \text{Bot_OBO_5} - 0.0311 \cdot \text{Bot_ISP_45}$$

mpm_vod: vodostaj na postaji Mirna–Portonski Most

ibp_pro: protoci na preljevu izvora Bulaž

pab_vod: vodostaj na postaji Bračana–Abrami

psb_vod: vodostaj na postaji Botonega–Šćulci stepenica

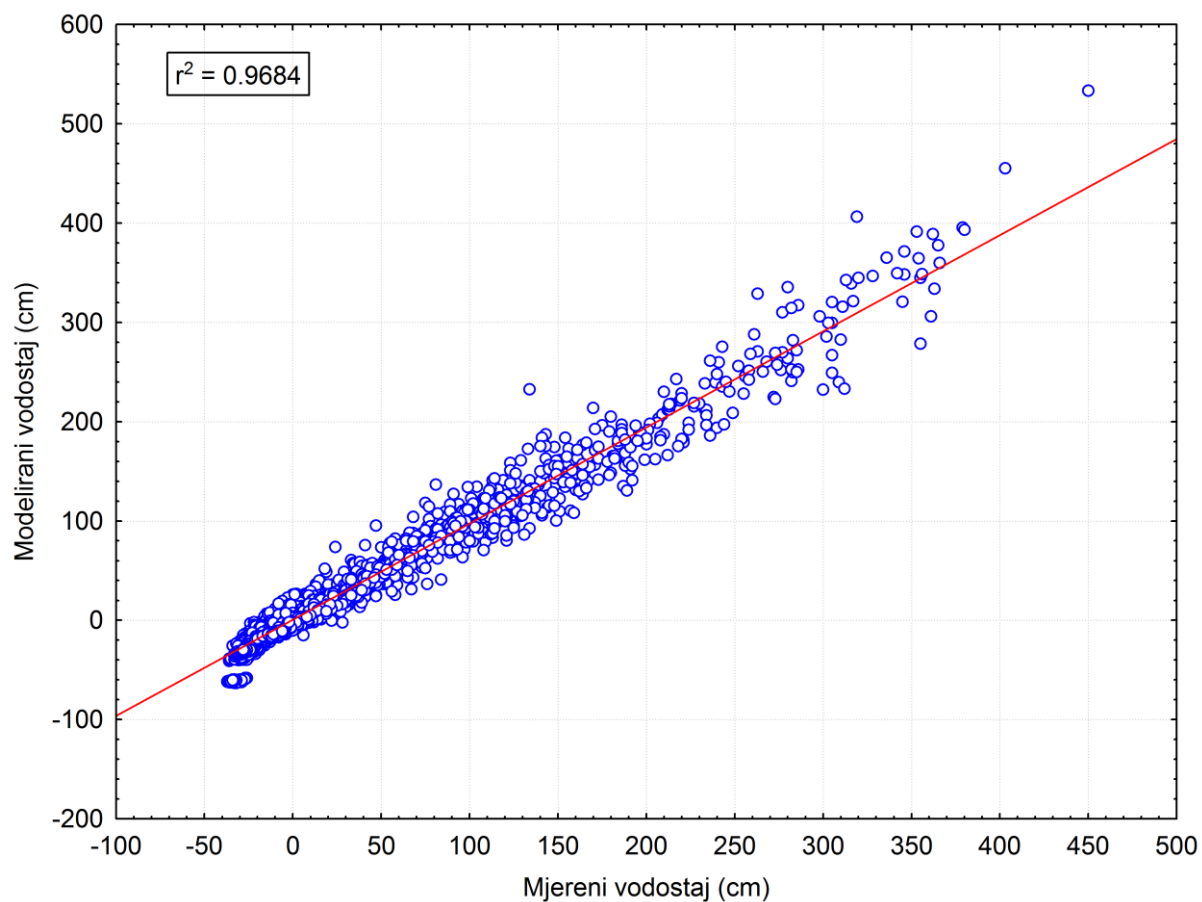
mbz_vod: vodostaj na postaji Mirna–Buzet

Bot_OBO_5: ukupna oborina zadnjih 5 dana na postaji Botonega

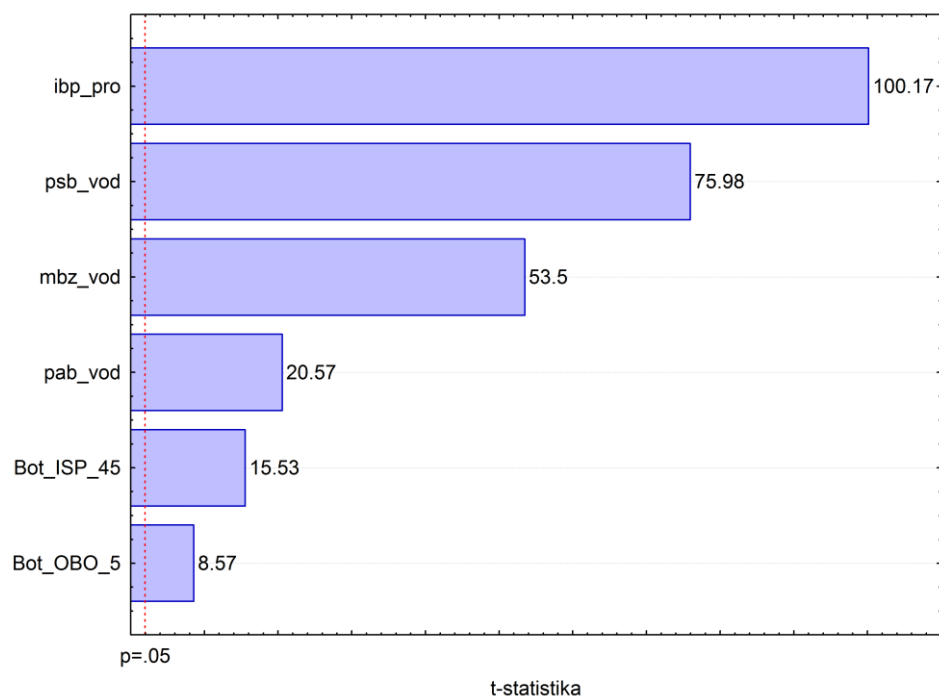
Bot_ISP_45: ukupno isparavanje zadnjih 45 dana na postaji Botonega

Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti prikazan je na Slici 3.2.3.4.1, gdje se može uočiti vrlo visok stupanj objašnjavanja nezavisne varijable (vodostaja na postaji Mirna–Portonski most) modelom.

Doprinosi pojedinih nezavisnih varijabli regresiji prikazani su na Slici 3.2.3.4.2, gdje se vidi da su se svih šest nezavisnih varijabli pokazale kao statistički značajni prediktori, pri čemu je najjači prediktor protok na preljevu izvora Bulaž, a najslabiji prediktori ukupna oborina u zadnjih 5 dana i ukupno isparavanje u zadnjih 45 dana na meteorološkoj postaji Botonega.



Slika 3.2.3.4.1. Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most (linearni model s klimatološkim prediktorima)



Slika 3.2.3.4.2. Grafički prikaz doprinosa pojedinih nezavisnih varijabli izjednačenju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (točkasta linija - granica značajnosti t-statistike)

II.) linearni model bez klimatoloških prediktora

Iako se i ovdje pokazalo da je doprinos i oborine i isparavanja u slivu na vodostaj hidrološke postaje Mirna–Portonski most statistički značajan (kao i kod modela za procjenu vodostaja na postaji Mirna–Buzet), prikladno je i ovdje procijeniti da li se taj utjecaj eventualno može zanemariti, što bi (kao i kod izvora Sv. Ivan) bitno pojednostavilo upravljanje crpljenjem na izvoru Bulaž (to bi upravljanje tada bilo ovisno samo o aktualnoj količini vode na hidrološkim postajama Mirna–Buzet, Bračana–Abrami i Botonega–Šćulci stepenica, a ne i o meteorološkim prilikama).

U tu je svrhu u drugom koraku i ovdje izgrađen jednostavniji višestruko linearni regresijski model za predikciju vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most, samo u funkciji 1) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, 2) vodostaja na hidrološkoj postaji Bračana–Abrami, 3) vodostaja na hidrološkoj postaji Botonega–Šćulci stepenica i 4) protoka na preljevu izvora Bulaž.

Taj je model objasnio ukupno 96,7% varijabilnosti ($R^2 = 0,9670$) vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most (dakle, neznatno manje od modela s klimatološkim prediktorima), i ima sljedeći oblik:

$$\text{mpm_vod} = -70.3876 + 14.693 \cdot \text{ibp_pro} + 0.4249 \cdot \text{pab_vod} + 0.584 \cdot \text{psb_vod} + 2.1764 \cdot \text{mbz_vod}$$

mpm_vod : vodostaj na postaji Mirna–Portonski Most

ibp_pro : protok na preljevu izvora Bulaž

pab_vod : vodostaj na postaji Bračana–Abrami

psb_vod : vodostaj na postaji Botonega–Šćulci stepenica

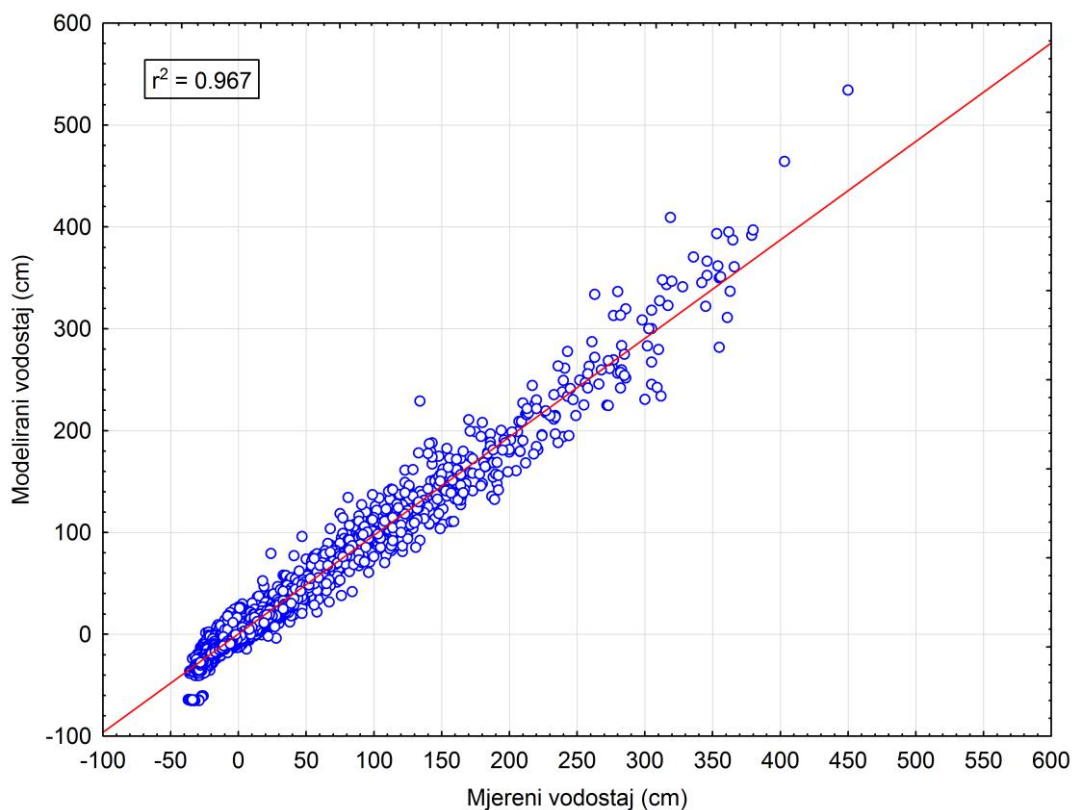
mbz_vod : vodostaj na postaji Mirna–Buzet

Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti prikazan je na Slici 3.2.3.4.3, gdje se može uočiti da je stupanj objašnjavanja nezavisne varijable ovim modelom vrlo visok i praktično jednak onome kod modela s klimatološkim prediktorima, što znači da se ovaj jednostavniji i praktičniji model može usvojiti kao konačan za postaju Mirna–Portonski most.

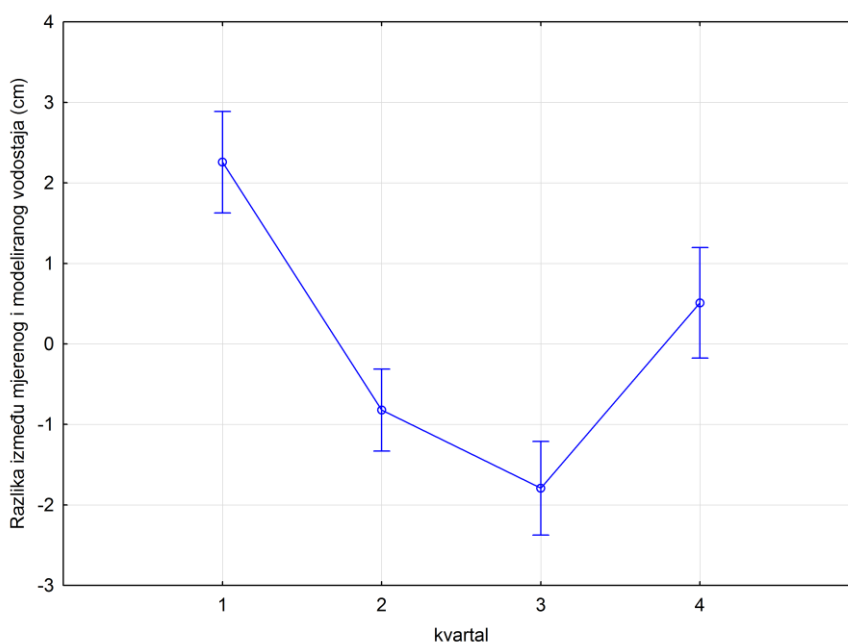
Slika 3.2.3.4.4 prikazuje distribucije vrijednosti srednje pogreške opisanog linearnog modela (odstupanja od regresijskog pravca) za svaki kvartal (tromjesečje, počevši od siječnja) tijekom godine. Na temelju prikazanih rezultata može se zaključiti da u 1. i 4. kvartalu model podcjenjuje mjerene vodostaje (predviđa niže vodostaje od izmjerenih), dok u 2. i 3. kvartalu precjenjuje mjerene vodostaje (predviđa više vodostaje od izmjerenih).

Za razliku od modela predikcije vodostaja na postaji Mirna–Buzet, ovdje se mora zaključiti da se pogreške ovog modela za praktične potrebe (upravljanje crpljenjem na izvoru Bulaž) ne mogu ignorirati, jer one u kritičnom ljetnom razdoblju (3. kvartal; 7., 8. i 9. mjesec) nisu na strani sigurnosti. S obzirom da je donja granica intervala srednje pogreške modela u tom kritičnom razdoblju manja od 3 cm (u apsolutnom iznosu), uz činjenicu da ranije usvojen kriterij ekološki prihvatljive dubine vodotoka potrebne za održavanje bioindikatorskih vrsta (mrena i pratećih vrste) u tom razdoblju (3. kvartal) iznosi 21 cm (a u ostatku godine 25 cm), pogreška ovog modela (koja nije na strani sigurnosti) može se u dovoljnoj mjeri kompenzirati

na način da se za cijelu godinu (uključivši i ljetni kvartal) propiše ekološki prihvatljiva dubina vodotoka od 25 cm (s čime se dolazi na stranu sigurnosti).



3.2.3.4.3. Dijagram raspršenja mjerenih i modeliranih vrijednosti vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most (linearni model bez klimatoloških prediktora)



Slika 3.2.3.4.4. Distribucija pogreške linearnog modela bez klimatoloških prediktora (točka – srednja pogreška, dužina – 95% granice pouzdanosti procjene srednje pogreške) po kvartalima za postaju Mirna–Portonski most

3.2.3.5. Primjena modela za potrebe upravljanja crpljenjem na izvorima

U ovom su poglavlju tablično prikazani rezultati modela predikcije vodostaja na referentnim postajama (Mirna–Buzet i Mirna–Portonski most) u funkciji vodostaja na uzvodnim postajama i protoka na preljevima izvora na kojima bi se trebalo upravljati crpljenjem (Sv. Ivan i Bulaž) za potrebe održanja ekološki prihvatljivog protoka (tj. ciljanog vodostaja) na spomenutim referentnim postajama na Mirni.

Izvor Sv. Ivan (uvažavajući EPP na referentnoj postaji Mirna–Buzet)

Tablica 3.2.3.5.1 prikazuje vodostaj na referentnoj postaji Mirna–Buzet, kao posljedicu protoka na preljevu izvora Sv. Ivan i vodostaja na uzvodnoj postaji Rečina–Pengari. Tablica se može koristiti u praksi na način da se prvo odredi aktualni vodostaj na postaji Rečina–Pengari (ppr-vod), da bi se potom odredio protok koji je nužan na preljevu izvora Sv. Ivan, kako se ne bi ugrozio EPP na referentnoj postaji Mirna-Buzet.

Tablica 3.2.3.5.1. Vodostaji (cm) na referentnoj postaji Mirna–Buzet u funkciji protoka na preljevu izvora Sv. Ivan (isi_pro; redovi; vrijednosti u m³/s) i vodostaja na uzvodnoj postaji Rečina–Pengari (ppr-vod; kolone; vrijednosti u cm). Crvena polja označavaju kombinacije (uređene parove) aktualnog vodostaja na postaji Rečina–Pengari i protoka na preljevu izvora Sv. Ivan u kojima nije osiguran EPP na referentnoj postaji Mirna–Buzet.

ppr_vod	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
isi_pro											
0	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21	21
0.1	17	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22
0.2	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
0.3	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24
0.4	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25
0.5	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	27
0.6	22	23	23	24	24	25	26	26	27	27	28
0.7	23	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
0.8	25	25	26	26	27	27	28	28	29	29	30
0.9	26	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31
1	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	32

Izvor Bulaž (uvažavajući EPP na referentnoj postaji Mirna–Portonski most)

Tablica 3.2.3.5.2 prikazuje vodostaj na referentnoj postaji Mirna–Portonski most, kao posljedicu protoka na preljevu izvora Bulaž i ponderiranih kumulativnih vodostaja na uzvodnim postajama Mirna–Buzet, Bračana–Abrami i Botonega–Šćulci stepenica. Tablica se može koristiti u praksi na način da se prvo odredi ponderirani kumulativni vodostaj na uzvodnim postajama (prema izrazu navedenom u opisu Tablice 3.2.3.5.2), da bi se potom odredio protok koji je nužan na preljevu izvora Bulaž, kako se ne bi ugrozio EPP na referentnoj postaji Mirna–Portonski most.

Tablica 3.2.3.5.2. Vodostaji (cm) na referentnoj postaji Mirna–Portonski most u funkciji protoka na preljevu izvora Bulaž (ibp_pro; redovi; vrijednosti u m³/s) i ponderiranih kumulativnih vodostaja (PKV; kolone; vrijednosti u cm) na uzvodnim postajama Mirna–Buzet (mbz_vod), Bračana–Abrami (pab_vod) i Botonega–Šćulci stepenica (psb_vod) izračunatih prema formuli $2.1764 * mbz_vod + 0.4249 * pab_vod + 0.584 * psb_vod$. Crvena polja označavaju kombinacije (uređene parove) ponderiranih kumulativnih vodostaja na uzvodnim postajama i protoka na preljevu izvora Bulaž u kojima nije osiguran EPP na referentnoj postaji Mirna–Portonski most.

PKV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	25	30
ibp_pro														
0	-70	-69	-68	-67	-66	-65	-64	-63	-62	-61	-60	-50	-45	-40
0.1	-68	-67	-66	-65	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-48	-43	-38
0.2	-67	-66	-65	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-47	-42	-37
0.3	-65	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-45	-40	-35
0.4	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-44	-39	-34
0.5	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-43	-38	-33
0.6	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-41	-36	-31
0.7	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-40	-35	-30
0.8	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-38	-33	-28
0.9	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-37	-32	-27
1	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-46	-45	-35	-30	-25
1.5	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40	-39	-38	-28	-23	-18
2	-41	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-21	-16	-11
2.5	-33	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-13	-8	-3

Na taj su način regresijski modeli opisani u prethodnom poglavlju **pripremljeni za praktičnu primjenu**, odnosno **osiguravanje održivog crpljenja iz izvorišta Sv. Ivan i Bulaž**, koje **neće ugroziti EPP u vodotoku Mirne**, što je **važan konačni rezultat ove studije**.

Ta praktična primjena odvijat će se u slijedećim koracima:

1. Mjerenje vodostaja na uzvodnim postajama (Rečina–Pengari za izvorište Sv. Ivan, odnosno Mirna–Buzet, Bračana–Abrami i Botonega–Šćulci stepenica za izvorište Bulaž), koje su relevantne za referentne postaje na kojima se želi zadržati ekološki prihvatljivi protok (Mirna–Buzet za izvorište Sv. Ivan, Mirna–Portonski most za izvorište Bulaž).
2. Izračun vrijednosti ponderiranog kumulativnog vodostaja za referentnu postaju Mirna–Portonski most (ovaj korak ne postoji kod referentne postaje Mirna–Buzet,

zbog toga što protoku na toj postaji, osim izvora Sv. Ivan za kojega se određuje prihvatljiva količina crpljenja, doprinosi samo vodotok Rečine).

3. Uvrštavanje izmjerenih vrijednosti vodostaja na postaji Rečina–Pengari, odnosno ponderiranog kumulativnog vodostaja iz prethodnog koraka, zavisno od toga za koji se od dva izvorišta (Sv. Ivan ili Bulaž) određuje prihvatljiva količina crpljenja, putem odabira odgovarajuće kolone u odgovarajućoj Tablici (3.2.3.5.1 ili 3.2.3.5.2), te očitavanje protoka koji je nužno zadržati na preljevu konkretnog izvorišta.
4. Mjerenje aktualnog protoka na preljevu izvorišta i prilagodba aktualne količine crpljenja kako bi se zadovoljio uvjet (u prethodnom koraku određenog) nužnog zadržanog protoka na preljevu.
5. Praćenje vodostaja na referentnim postajama (Mirna–Buzet, Mirna–Portonski most) uz provjeru je li osiguran EPP prilikom svakog pojedinačnog mjerenja.

U vremenskim intervalima u kojima su vodostaji vodotoka viši i/ili potrebe za crpljenjem iz izvorišta manje (čega su posljedica protoci u Mirni koji znatnije premašuju EPP), korake 1.-4. preporuča se provoditi svakih 14 dana, a najmanje jednom mjesečno.

U vremenskim intervalima u kojima su vodostaji vodotoka niži i/ili potrebe za crpljenjem iz izvorišta veće (čega je posljedica približavanje protoka u Mirni vrijednostima EPP), korake 1.-4. preporuča se provoditi svaka tri dana, a najmanje jednom tjedno.

Korak 5. potrebno je provoditi kontinuirano u vremenu, tijekom cijele godine, u sklopu redovnog praćenja vodostaja na vodotocima.

Analiza i usporedba rezultata linearnih modela na temelju postojećih protoka i na temelju ukupnih protoka koji bi se javljali na izvorima Sv. Ivan i Bulaž kada u istom razdoblju analize ne bi bilo nikakvog crpljenja vode za vodoopskrbu

Do sada su modeli i analize rađeni na temelju podataka o postojećim protocima na izvorima, pomoću kojih su predviđeni vodostaji na nizvodnim postajama. U ovom slučaju neće se koristiti podaci o protocima na preljevima, već o ukupnim preljevima na izvorima, koji bi tamo postojali kada ne bi bilo crpljenja vode za vodoopskrbu.

Napravljena je analiza i usporedba rezultata linearnih modela na temelju postojećih protoka i na temelju ukupnih protoka koji bi se u istom razdoblju analize javljali na izvorima Sv. Ivan i Bulaž u slučaju da se na izvorima ne bi crpila voda.

Za svaki od izvora smo koristili linearne modele bez klimatoloških prediktora. Kod izvora Sv. Ivan korišten je model koji predviđa vodostaj na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet, a za izvor Bulaž model koji predviđa vodostaj na postaji Mirna–Portonski Most. Za svaki od izvora je uz pomoć modela s mjerenim prediktorima izračunat vodostaj na ciljanoj postaji i broj dana kada je taj vodostaj ispod, odnosno iznad prihvatljivog protoka. Proračuni su napravljeni zasebno za sušni ljetni period (7., 8. i 9. mjesec) i ostatak godine koji se ne smatra kritičnim. Zatim su mjereni podaci protoka na izvorima zamijenjeni s podacima o izdašnosti izvora (koliki bi bio protok da se ništa nije crpilo) i s takvim podacima je opet izračunat vodostaj na ciljanoj postaji i broj povoljnih i nepovoljnih dana. U Tablicama 3.2.3.5.3 i 3.2.3.5.4 prikazana je usporedba zadovoljavanja EPP-a dobivena iz modela s mjerenim ulaznim podacima i modela s potencijalnim protocima za izvore Sv. Ivan i Bulaž. Prikazani su podaci dobiveni modelima koji zadovoljavaju EPP (povoljno) i postotak dana u kojima su manji od prihvatljivih vrijednosti protoka (nepovoljno), te postotak poboljšanja u slučaju da se na izvorima ne bi crpila voda.

Tablica 3.2.3.5.3. Usporedba linearnih modela za predviđanje vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Buzet (korištene srednje dnevne vrijednosti protoka i vodostaja za niz hidroloških opažanja 1998.-2010. g.)

PERIOD	model s mjerenim protocima		model s maksimalnim mogućim protocima bez crpljenja vode		postotak poboljšanja
	nepovoljno	povoljno	nepovoljno	povoljno	
ljetno	28.2%	71.8%	19.4%	80.6%	8.8%
ostatak godine	4.2%	95.8%	3.6%	96.4%	0.7%

Tablica 3.2.3.5.4. Usporedba linearnih modela za predviđanje vodostaja na hidrološkoj postaji Mirna–Portonski most (korištene srednje dnevne vrijednosti protoka i vodostaja za niz hidroloških opažanja 1998.-2010. g.)

PERIOD	model s mjerenim protocima		model s maksimalnim mogućim protocima bez crpljenja vode		postotak poboljšanja
	nepovoljno	povoljno	nepovoljno	povoljno	
ljetno	2.2%	97.8%	2.2%	97.8%	0.0%
ostatak godine	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%

4. ZAKLJUČAK I SAŽETAK STUDIJE

Za područje sliva rijeke Mirne postoje planovi (Vodoopskrbni plan, Plan navodnjavanja) i različiti zahtjevi (npr. izgradnja golf igrališta) za zahvaćanje dodatnih količina površinskih i podzemnih voda. Da uslijed zahvaćanja ne bi došlo do precrpljivanja podzemne vode na izvorima ili drastične promjene u tečenju površinskih voda, a za potrebe održivog upravljanja vodnim resursima u slivu rijeke Mirne, prije izgradnje planiranih objekata, potrebno je osigurati ekološki prihvatljive protoke (EPP) za rijeku Mirnu i njene glavne pritoke Bračanu, Rečinu, Dragu i Butonigu te minimalne preljevne količine za izvorišta u sustavu vodoopskrbe (Sv. Ivan, Bulaž i Gradole).

Definiranje ekološki prihvatljivog protoka rijeke Mirne i njenih glavnih pritoka kao i određivanje minimalnih preljevnih količina za glavna izvorišta bio je zadatak ovog projekta „Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne“.

Da bi se to postiglo, poduzete su sljedeće aktivnosti u skladu s Projektnim zadatkom:

I. Obavljen je pregled postojećeg stanja u slivu Mirne na osnovu preuzetih podloga od naručitelja, a standardnim europskim metodama obavljena su i terenska istraživanja zajednica vodene flore i faune (vodeni makrofiti, mikrofitobentos, makrozoobentos i ribe) u proljeće 2011. godine, na 7 mjernih postaja definiranih od strane naručitelja (3 postaje duž toka rijeke Mirne te po 1 postaja u donjem toku njenih glavnih pritoka: Bračane, Rečine, Drage i Butonige). Istovremeno su provedena i istraživanja osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja vode te utvrđivanje osnovnih morfometrijskih svojstava vodotoka.

II. Izbor metodologije za određivanje EPP u skladu s utvrđenim postojećim stanjem vodotoka

a) Sumarna ocjena stanja vodotoka

Prema Tablicama 1.1.2.2.2, 2.1.5.2.2 i 2.1.5.3.1 te Poglavlju 2.1.5.5 vidi se da mjerne postaje s najmanjom količinom i brzinom strujanja vode pokazuju najlošiju kakvoću vode i vodenih staništa po većini pokazatelja. To svakako vrijedi za uglavnom prirodne pritoke rijeke Mirne (Draga, Rečina i Bračana), kao i za gornji tok same Mirne (postaje M1 i M2). Potpuno regulirana (kanalizirana) pritoka Butoniga pokazuje najgore ekološko stanje među pritokama Mirne iako uglavnom raspolaže dovoljnim količinama vode (ovisnima o čovjeku). Također i potpuno regulirana (kanalizirana) dionica srednjeg i donjeg toka rijeke Mirne (postaja M3) pokazuje najlošije ekološko stanje u toku Mirne, a i u njenom slivu općenito. Početni, gornji dio toka Mirne u Buzetu (postaja M1) također je reguliran pa to, uz vrlo slab protok vode, svakako pridonosi činjenici da je tamo dosta lošije ekološko stanje nego što je to nizvodnije od Buzeta, na samo djelomično reguliranoj dionici Mirne (postaja M2) s dosta jačim protokom vode.

Važno je napomenuti da je veći dio toka rijeke Mirne izmijenjen, kanaliziran, što nikako ne pridonosi očuvanju prirodnih biljnih i životinjskih zajednica tekućica jadranskog sliva, a time niti očuvanju bolje kvalitete vode i vodenih staništa. To su pokazali rezultati ovih istraživanja, kao i rezultati dosadašnjih istraživanja Mirne od strane Hrvatskih voda, Zavoda za javno zdravstvo Istarske županije, PMF-a Sveučilišta u Zagrebu i dr. Slično se odnosi i na glavne

pritoke rijeke Mirne, od kojih su neke potpuno (nekadašnji vodotok Butoniga sada je odvodni kanal akumulacije Butoniga), a neke samo djelomično regulirane (Draga, Rečina i Bračana).

Među uglavnom prirodnim pritokama rijeke Mirne, **Draga (P1)** je pokazala najslabije stanje (konačna ocjena: **dobro stanje**), kako prema većini bioloških tako i prema većini fizikalno-kemijskih pokazatelja, a što odgovara najmanjoj količini vode zatečenoj na tom lokalitetu, kako dubinom toka, tako i skoro nepostojećom brzinom strujanja male količine vode. Kao dodatni pokazatelj lošijeg stanja na tom lokalitetu, važno je naglasiti da je Draga (P1) jedini lokalitet na kojem uopće nismo zabilježili nikakve ribe, bez obzira na uloženi ribolovni napor.

Nešto bolje ekološko stanje (iako s istom konačnom ocjenom: **dobro stanje**) pokazala je postaja na **Rečini (P2)** sa zatečenom nešto većom količinom vode. Tamo su zabilježene barem dvije vrste riba (obje s popisa vrsta tipske zajednice), dosta raznolikija i osjetljivija zajednica mikrofitobentosa, a i zasićenje vode otopljenim kisikom je bilo dosta veće nego na prethodnoj postaji (P1).

Bračana (P3), jedina od pritoka, uglavnom po svim pokazateljima pokazuje najbolje ekološko stanje (konačna ocjena: **vrlo dobro stanje**), a pošto je poznato da je ona i najznačajniji prtok Mirne, s najvećim dotokom vode, onda ta činjenica jasno ukazuje na povezanost bolje kakvoće vode s većim dotokom kvalitetnije vode s uzvodnijih područja.

Od strane čovjeka potpuno izmijenjena pritoka (sada regulirani kanal) **Butoniga (P4)** pokazuje najlošije ekološko stanje (konačna ocjena: **vrlo loše stanje**) od svih istraživanih pritoka Mirne, najviše prema sastavu makrofitske vegetacije, tj. prema potpunom odsustvu predstavnika pretpostavljene referentne zajednice makrofita. Količina vode u ovom kanalu najviše ovisi o puštanju vode iz akumulacije Butoniga (koje također ovisi o čovjeku), a manjim dijelom o prinosu vode iz okolnih manjih pritoka.

Među postajama na samoj Mirni, postaja **Kamenita vrata (M2)**, na kojoj je prisutna dosta velika količina vode sa značajnom brzinom strujanja, pokazuje najbolje ekološko stanje prema većini biotičkih i abiotičkih pokazatelja (iako je konačna ocjena: **umjereno stanje** - jer referentna zajednica vodenih makrofita prekriva relativno malu ukupnu površinu). To je dosta razumljivo jer se prije te lokacije, a nakon Buzeta spaja gornji tok Mirne (nastao spajanjem Drage i Rečine, a također i preljeva s izvora Sv. Ivan) s nekoliko manjih pritoka pa do te lokacije pristižu dovoljne količine kvalitetne vode, koja ovdje zbog značajnog nagiba, unutar samo djelomično reguliranog korita, ima i povoljnu brzinu strujanja za mnoge žive organizme. Ovdje je zabilježen najveći broj vrsta riba (6), a također je to trenutno prvo i jedino nalazište globalno ugrožene i nove vrste riba za Hrvatsku, vrste *Romanogobio benacensis* (detaljnije u Poglavlju 1.2.1.2.1, str. 97).

Prva i uzvodnija postaja na Mirni, **Izvorište Rečica (M1)**, pokazuje nešto lošije stanje od postaje M2 prema većini pokazatelja (konačna ocjena: **loše stanje**), a što se može dovesti u direktnu vezu s puno manjom količinom prisutne vode, a čak i više sa skoro nikakvim prisutnim otjecanjem vode pa tamo Mirna više liči na plitko i vodenim biljem zaraslo močvarasto stanište unutar reguliranog (kanaliziranog) korita, a ne na gornji tok jedne tekućice.

Najveća količina vode u Mirni je, logično, prisutna u najnižem dijelu toka, nakon dotoka voda svih uzvodnijih pritoka i preljeva s kaptiranih izvora Sv. Ivan i Bulaž, ali tamo već Mirna dolazi i u doticaj s uzvodnim djelovanjem mora, koje ima utjecaj od ušća Mirne pa sve do **Portonskog mosta (postaja M3)**. Još je važnija činjenica da se ovdje sakupe sva onečišćenja

duž toka Mirne i svih njenih pritoka, a i sam tok vode je dosta usporen i produbljen unutar potpuno reguliranog (kanaliziranog) korita. Ovdje su vodena staništa Mirne po svim pokazateljima, biotičkim i abiotičkim, u najslabijem ekološkom stanju (konačna ocjena: **vrlo loše stanje**) u usporedbi s uzvodnijim postajama na Mirni i na svim pritokama. Tako da ovdje više ne važi tolika pozitivna veza kvalitete vode s količinom, kao što je to slučaj u gornjem toku Mirne i u njenim pritokama.

b) Izbor metodologije za određivanje EPP

Za preliminarno određivanje EPP toka rijeke Mirne i njenih pritoka korištene su 22 hidrološke metode, uobičajene u mnogim državama Europe kao i u drugim razvijenim državama svijeta. Uz korištenje hidroloških metoda za preliminarne procjene EPP, bilo je važno koristiti i ekološke metode određivanja EPP jer one uzimaju u obzir potrebne vrijednosti protoka za održavanje i razvoj autohtonih biocenoza analiziranog vodotoka, a u mnogim slučajevima rezultiraju višim vrijednostima EPP od onih koje se dobiju hidrološkim metodama.

Kao bioindikatori za koje treba osigurati životne uvjete najpogodnije su određene vrste riba koje su na vrhu hranidbenih lanaca u vodenim staništima. Prema rezultatima terenskog istraživanja svi istraživani lokaliteti u slivu Mirne (osim Drage) naseljeni su mrenom (*Barbus plebejus*) i pratećim vrstama riba. Pomoću podataka o minimalnim dubinama potrebnim za održavanje osnovnih životnih uvjeta te riblje vrste (21-25 cm), uz korištenje protočnih krivulja dobivenih iz hidroloških podataka s hidroloških postaja u slivu Mirne, odredili smo EPP nužne za održavanje te vrste i pratećih autohtonih vodenih biocenoza u slivu Mirne.

III. Procjena EPP za dijelove toka rijeke Mirne i njenih pritoka

EPP za dijelove toka Mirne:

M1–Izvorište Rečica	0,103 m ³ /s	(HP Mirna–Buzet	0,460 m ³ /s),
M2–Kamenita vrata	0,02 m ³ /s	(HP Mirna–Buzet	0,460 m ³ /s),
		HP Mirna–Motovun	0,452 m ³ /s,
M3–Portonski most	0,092 m ³ /s	(HP Mirna– Portonski most	0,092 m ³ /s),

EPP za pritoke Mirne:

P2–Rečina	0,024 m ³ /s	(HP Rečina–Pengari	0,031 m ³ /s),
P3–Bračana	0,174 m ³ /s	(HP Bračana–Abrami	0,747 m ³ /s),
P4–Botonega	0 m ³ /s	(HP Botonega–Šćulci stepenica	0,555 m ³ /s).

Navedene vrijednosti EPP odnose se na minimalne potrebne protoke na najbližim hidrološkim postajama (HP), navedenim u zgradama (zajedno s EPP za ciljani vodostaj 25 cm na vodokaznim letvama samih HP), da bi se na istraživanim lokalitetima na Mirni (M1-M3) i njenim pritokama (P2-P4) postigla ciljana prosječna dubina vode od 25 cm.

Nakon određivanja EPP izrađeni su i proračuni mogućnosti korištenja vode iz izvora Sv. Ivan i Bulaž, tj. određene su minimalne preljevne količine vode iz tih izvora potrebne za održanje dobivenih EPP u toku Mirne. Vrijednosti minimalnih preljevnih količina ovise o kumulativnim protocima na uzvodnijim dijelovima Mirne i njenim pritokama pa su prikazane u formi Tablica 3.2.3.5.1 i 3.2.3.5.2.

Važan konačni rezultat ove studije je mogućnost praktične primjene dobivenih regresijskih modela, odnosno osiguravanje održivog crpljenja iz izvorišta Sv. Ivan i Bulaž, a koje neće ugroziti EPP u vodotoku Mirne (Poglavlje 3.2.3.5, str. 210-212).

LITERATURA

1. Alegro A. 2011. 7.0 Makrofitna. U: Mihaljević Z. (ur.) Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, Knjiga I, Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Zagreb, 227-261
2. Antolović J., Flajšman E., Frković A., Grgurev M., Grubešić M., Hamidović D., Holcer D., Pavlinić I., Tvrtković N., Vuković M. 2006. Crvena knjiga sisavaca Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
3. AQEM Consortium 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002. (<http://www.aqem.de>)
4. Belančić A., Bogdanović T., Franković M., Ljuština M., Mihoković N., Vitas B. 2008. Crvena knjiga vretenaca Hrvatske, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
5. Bishop C. 1995. Neural networks for pattern recognition, Oxford
6. Bonacci O. 2003. Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka, IGH d.d., Zagreb
7. Brajković B. 2001. Situacioni snimak rijeke Mirne od Istarskih Toplica do utoka Bračane (km 27+156 - 30+100). GEOURED, Pazin
8. Brajković B. 2003. Geodetski elaborat - poprečni profili - rijeka Mirna od Antenala do Ponte Portona (0+000 - 13+215 km), Pazin
9. Brajković B. 2006. Geodetski elaborat - poprečni profili - rijeka Mirna od Antenala do Ponte Portona (0+000 - 13+215 km), Pazin
10. Brajković B. 2004. Geodetski elaborat - poprečni profili - rijeka Mirna od Ponte Portona do Istarskih Toplica (13+215 - 27+270 km), Pazin
11. Domac R. 2002. Flora Hrvatske. Školska knjiga, Zagreb
12. European Small Hydropower Association (ESHA); Thematic network on small hydroelectric plants: Reserved flow – Short critical review of the methods of calculation (<http://www.esha.be>)
13. FAME Consortium 2004. Manual for the application of the European Fish Index – EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1, January 2005
14. Freyhof J., Brooks E. 2011. European Red List of Freshwater Fishes. Publications Office of the European Union, Luxembourg
15. Graf W., Schmidt-Kloiber A. 2003. Plecoptera – Steinfliegen. Skriptum zum „Spezialpraktikum Plecoptera. Anleitung zur Bestimmung für Fortgeschrittene“ WS2002/2003. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement – BOKU Wien
16. Habdija I. i sur. 2008. Ekološko istraživanje površinskih kopnenih voda u Hrvatskoj prema kriterijima Okvirne direktive o vodama, Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Zagreb

17. Hindák F., Marvan P., Komárek J., Rosa K., Popovský J., Lhotský O. 1978. Sladkovodné riasy. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava
18. Hrvatske vode (HV) 2010. Podaci o biološkom uzorkovanju perifitona i makrozoobentosa s izračunatim Pantle-Buck indeksom saprobnosti
19. Hustedt F. 1985. The Pennate Diatoms (Translation. Originally published as vol. VII of Dr. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Leipzig 1959) Koeltz Scientific Books
20. Hutinec B.J., Kletečki E., Lazar B., Lešić M.P., Skejić J., Tadić Z., Tvrtković N. 2006. Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
21. IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 October 2012.
22. Jávorka S., Csapody V. 1991. Iconographia florae partis austro-orientalis Europae Centralis. Akadémiai Kiadó, Budapest
23. Kadić V. 2011. Idejno rješenje retencija u slivu Bračane (sliv Mirne). HIDROKONZALT d.o.o., Zagreb, Zagreb
24. Kestemont P., Didier J., Depiereux E., Micha J.C. 2000. Selecting ichthyological metrics to assess river basin ecological quality. Archiv für Hydrobiologie, Supplementband Monographic Studies 121: 321-348
25. Kestemont P., Goffaux D. 2002. Metric Selection and Sampling procedures for FAME (D 4-6). Facultés Universitaires N.D. de la Paix – Namur, B
26. Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany
27. Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Second Edition, Benjamin/Cummings, Menlo Park
28. Levkov Z., Krstić S., Metzeltin D., Nakov T. 2007. Diatoms of Lakes Prespa and Ohrid (Macedonia), Iconographia Diatomologica: Annotated Diatom Micrographs Volume 16, Gantner, A R., 611.
29. Matković B. 2010. Idejno rješenje melioracije i navodnjavanja Bujštine. IGH Rijeka, Rijeka
30. Mihaljević Z. i sur. 2011a. Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, Knjiga I, Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Zagreb
31. Mihaljević Z. i sur. 2011b. Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, Knjiga III - Prikaz referentnih uvjeta definiranih ekotipova tekućica Hrvatske, Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Zagreb
32. Mišetić S. i sur. 2000. Sektorska obrada i podloge za vodnogospodarsku osnovu Hrvatske. Elektroprojekt, Zagreb
33. Mišetić S., Pavlin Ž. 2004. Pristup definiranju ekološki prihvatljivog protoka (EPP) u Republici Hrvatskoj, Zagreb

34. Mrakovčić M., Brigić A., Buj I., Čaleta M., Mustafić P., Zanella D. 2006. Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
35. Mrakovčić M. i sur. 2011. 8.0 Nekton. U: Mihaljević Z. (ur.) Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije, Knjiga I, Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Zagreb, 262-313
36. Nacionalna klasifikacija staništa RH (III. dopunjena verzija). Pristupljeno 15. srpnja 2012. godine.
(http://www.dzpz.hr/dokumenti_upload/20100527/dzpz201005271405280.pdf)
37. Nikolić T. (ur.) 2010. Flora Croatica baza podataka – On-Line
(<http://hirc.botanic.hr/fcd>)
38. Nikolić T., Topić, J. 2005. Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
39. Paljar I. i sur. 2008. Izmjene i dopune prostornog plana Istarske županije. Zavod za prostorno uređenje istarske županije, Pula
40. Pantle R., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse, Gas und Wasserfach. 96: 604-607
41. Pavletić LJ. 1998. Plan natapanja za područje istarskih slivova, Konceptija i akumulacije. Hrvatske vode, Rijeka
42. Pavletić LJ. i sur. 2005. Akumulacija Botonega, Korištenje i upravljanje, Hrvatske vode VGO Rijeka
43. Pavletić LJ. i sur. 2009. Plan upravljanja slivom rijeke Mirne, Hrvatske vode VGO Rijeka
44. Petronijević B. i sur. 2004. Prostorni plan uređenja Grada Buzeta. Urbis 72 d.d., Pula
45. Popijač A. 2008. Crveni popis obalčara (Plecoptera) Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb (http://www.dzpz.hr/crveni_popis.htm)
46. Primc-Habdija B., Kerovec M. i sur. 2003. Biološka valorizacija voda - Metode i indikatorski sustav HRIS. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
47. Primc-Habdija B., Kerovec M. i sur. 2005. Biološka valorizacija voda - Primjena hrvatskog indikatorskog sustava. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
48. Radović D., Kralj J., Tutiš V., D. Čiković 2003. Crvena knjiga ugroženih ptica Hrvatske. Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb
49. Raušer J. 1980. Řád Pořvatky - Plecoptera. U: Rozkořný R. (ed.) Klíč vodních larev hmyzu, Praha, 86-132
50. Ravlić N. i sur. 2007. Vodoopskrbni plan Istarske županije. Institut građevinarstva Hrvatske Rijeka i Zagreb, Rijeka
51. Ravlić N. 2007. Plan navodnjavanja Istarske županije, novelacija. Institut građevinarstva Hrvatske Rijeka, Rijeka
52. Round F.E., Crawford R.M., Mann, D.G. 1990. The Diatoms - Biology & Morphology of the genera. Cambridge University Press, Reprinted 1996.

53. Rothmaler W., Jäger E., Schubert R., Werner K. 1987. Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD 3. Atlas der Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Volschener Verlag., Berlin
54. Rothmaler W., Jäger E., Schubert R., Werner K. 1987. Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD 3. Atlas der Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Volschener Verlag., Berlin
55. Rubinić J. 2005. Hidrološka ocjena mogućnosti i ograničenja osiguranja vode za navodnjavanje iz površinskih vodnih resursa na lokaciji planiranog golf igrališta Motovun, Mošćenice
56. Rubinić J. 2008. Hidrološka analiza voda rijeke Mirne i bujice Krvar na području planiranog golf igrališta Brkač. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
57. Santin G. 1978. Rekonstrukcija korita rijeke Mirne od km 9+387,13 do 13+133,30, Glavni projekt. Opće vodoprivredno poduzeće Rijeka, Rijeka
58. Santin G. 1994. Rekonstrukcija utoka "Rečice" u Mirnu, Glavni projekt. Javno vodoprivredno poduzeće "Hrvatska vodoprivreda", Rijeka
59. Santin G. 1997. Regulacija rijeke Mirne od km 33+236,00 (V.Mlun) do km 34+264,00 (K.Vrata), Glavni projekt. Vodoprivreda d.o.o. Novigrad, Antenal
60. Schaumburg J., Schranz C., Stelzer D., Hofmann G., Gutowski A., Foerster J. 2006. Instruction Protocol for the ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bavarian Environment Agency. Contractor: Bavarian Water Management Agency
61. Surijan F. 1974. Rekonstrukcija rijeke Mirne od km 34+116,30 - 35+735,00, Glavni projekt. Opće vodoprivredno poduzeće Rijeka, Rijeka
62. Šašić M., Kučinić M. 2004. Danji leptiri. U: Tvrtković N. (ur.) Crveni popis ugroženih biljaka i životinja Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb: 71-74 (http://www.cro-nen.hr/crvna_lista.php)
63. Štefanek Ž. 2007. Retencije i akumulacije u gornjem dijelu sliva Mirne, Idejno rješenje. Hidroinženjering, Zagreb
64. Štefanek Ž. 2009. Plan upravljanja slivom akumulacije Botonega, Tehnička studija, Hidroinženjering, Zagreb
65. Tkalčec Z., Mešić A., Matočec N., Kušan I. 2008. Crvena knjiga gljiva Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
66. Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmonson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb ur. 1993. Flora Europaea 1, 2. ed. Cambridge University Press, Cambridge
67. Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb ur. 1968-1980. Flora Europaea 2-5. Cambridge University Press, Cambridge
68. van de Weyer K., Schmidt C., Kreimeier B., Wassong D. 2007. Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armluchteralgen und Moose) in Deutschland, ver. 1.1. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam
69. van de Weyer K. 2008. Fortschreibung des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EG-Wasser-Rahmen-

- Richtlinie. LANUV Arbeitsblatt 3: 78 S. & Anhang, Recklinghausen (<http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/arbeitsblatt/arbla3/arbla3start.htm>)
70. Vranješ D. i sur. 2008. Studija o utjecaju na okoliš golf igrališta Brkač. IGH PC Zagreb, Zagreb
 71. Vučijak B., Smolar-Žvanut N. i sur. 2009. Projekt Živjeti Neretvu - Procjena ekološki prihvatljivog protoka za rijeke Trebižat i Vrbanja
 72. Wegl R. 1983. Index für die Limnoprobität. Wasser und Abwasser 26, 1-175
 73. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proškina-Lavrenko A.I., Šešukova V.S. 1951. Predelitelj presnovodnih vodorosli SSSR, Diatomovie vodorosli. Sovetskaja nauka, Moskva
 74. Zavod za javno zdravstvo Istarske županije (ZZJZ IŽ) 2009. Podaci o biološkom uzorkovanju perifitona i makrozoobentosa s izračunatim Pantle-Buck indeksom saprobnosti
 75. Zwick P. 2004. Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. Limnologia 34: 315-348
 76. Žugaj R. 2000. Hidrologija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
 77. (1965.) Regulacija rijeke Mirne i izgradnja ceste od Portonskog mosta do istarskih toplica km 13+223,55 - km 27+437,05, Glavni projekt. Projektno poduzeće "Projekt", Zagreb

PROPISI

1. CEN document 2003. Water quality – Sampling of fish with electricity. CEN/TC 230, Ref. No. EN 14011: 2003 E
2. EU Water Framework Directive 2000. Directive of the European parliament and of the council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities 22.12.2000 L 327/1
3. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/08)
4. Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98, 137/08)
5. Uredba o standardu kakvoće voda (NN 89/10)