



R 1.10.

EKSTREMNA SUŠA NA IZVORIŠTIMA VODOOPSKRBE U SLIVU MIRNE TIJEKOM 2012. GODINE

**Josip Rubinić, Ksenija Cindrić Kalin, Mladen Nežić,
Maja Radišić, Igor Ružić**

SAŽETAK: Vodoopskrba na području Istarske županije dominantno je vezana uz vodne resurse na području sliva Mirne – krških izvora Sv.Ivan, Gradole i Bulaž te akumulacije Butoniga. Sezonske pojave suša, odnosno smanjenih izdašnosti izvora u razdoblju najvećih potreba za vodom uobičajene su pojave, i u normalnim hidrološkim prilikama uspijevaju se prebroditi bez većih problema u vodoopskrbi. No, iznimno dugotrajno sušno razdoblje, započeto još tijekom 2011. g., nastavilo se i još više intenziviralo tijekom 2012. g., te je imalo iznimno velike posljedice ne samo na izdašnost izvorišta i stanje vodnih rezervi u akumulaciji Butoniga, već i na samu vodoopskrbu. Tako su odlukom župana Istarske županije donesene i mjere redukcije vode I stupnja na čitavom području Istarske županije, tijekom razdoblja 23.07.-24.09.2012. Pojava tako iznimno dugotrajnog i naglašenog sušnog razdoblja i njegove manifestacije na režim istjecanja zaliha podzemnih voda na navedenim izvorima dovelo je do nužnosti osiguranja dodatnih saznanja o značajkama izdašnosti izvora karakterističnim za tako ekstremna sušna razdoblja. Time bi se osigurala i vrijedne podloge za daljnja projektiranja, upravljanje kao i druge zahvate u domeni vodnogospodarskih sustava. U radu je analizirana pojava spomenute ekstremne suše iz 2012. g. kako s klimatološkog aspekta, tako i s hidrološkog aspekta ocjene pojavnosti karakterističnih stanja malih voda. Rezultati provedenih analiza pokazali su da su izdašnosti pojedinih izvora bile višestruko niže od prethodno iskazanih procjena, te da je nužno i dalje raditi na optimizaciji korištenja raspoloživog vodnog potencijala u slivu Mirne.

KLJUČNE RIJEČI: hidrološka suša, meteorološka suša, vodni resursi, krški izvori, akumulacija Butoniga, sliv Mirne

EXTREME DROUGHT AT WATER SUPPLY SOURCES IN THE MIRNA RIVER BASIN DURING 2012

SUMMARY: Water supply in the Istria County relies primarily on water resources in the Mirna river basin - the karst springs Sv. Ivan, Gradole and Bulaž and the Butoniga reservoir. Seasonal drought occurrences, i.e. reduced spring yields in the period of the greatest water demand are common events which are dealt with without any major water

supply problems in normal hydrological conditions. However, an exceptionally long dry period that began in 2011, continued and even intensified during 2012, resulted in extremely serious consequences for not only the spring yields and status of water reserves in the Butoniga reservoir, but also on the water supply as well. Consequently, the Istria County Prefect reached a decision establishing level 1 water-saving measures throughout the County in the period from 23 July – 24 September 2012. Due to such extremely long and intensive period of drought and its effects on the discharge regime of groundwater resources at these springs, additional information is required about the features of the spring yields characteristic for such extreme periods of drought. This would also provide valuable baseline information for further design, management and other activities of water management systems. The paper analyses the extreme 2012 drought both in terms of climatological and hydrological assessment of characteristic low water events. The results indicated that the yields of particular springs were several times lower than those estimated before and that further work is required on optimizing the use of the available water potential in the Mirna basin.

KEY WORDS: Hydrological drought, meteorological drought, water resources, karst springs, Butoniga reservoir, Mirna basin

1. UVOD

Vodoopskrba područja Istarske županije u najvećoj mjeri zavisi o raspoloživim vodnim resursima krških izvorišta. To je posljedica geološke građe terena u kojoj prevladavaju krške strukture. Drenažnu bazu podzemnih voda čine s jedne strane doline Mirne, Raše i Dragonje gdje su locirani i najizdašniji krški izvori, a s druge strane morska obala gdje se istjecanje podzemnih voda javlja u vidu uglavnom povremenih krških izvora ili pak difuznog istjecanja podzemnih voda. Upravo su tri kaptirana krška izvora u dolini Mirne - Gradole, Sv.Ivan te Bulaž, glavni vodni resursi iz kojih se osigurava većina vodoopskrbnih potreba za vodom Istarskog vodovoda, a čemu valja pridodati i površinsku akumulaciju Butonigu. U godinama s uobičajenim hidrološkim prilikama, nema problema s osiguranjem vodoopskrbe istarskog područja kao i dijela Slovenskog primorja koje je putem Rižanskog vodovoda vezano uz sustav Gradole i koristi dio voda tog izvora.

Međutim, vrlo sušne hidrološke godine kakve su karakterizirale 2011.g. te se nastavile i tijekom najvećeg dijela 2012.g., izazvale su iznimne probleme, pa i redukcije vode I stupnja na čitavom području Istarske županije (23.07.-24.09.2012.). No, sretna je okolnost da je problem nedostatka jesensko-zimskog punjenja vodonosnika i kritično nisko stanje vodnih zaliha u podzemlju prepoznato daleko ranije od nastupa pojačanih sezonskih zahtjeva za vodom. Stoga je od strane upravljača vodovodom već krajem zime 2012.g. uspostavljen sustav aktivnog praćenja stanja hidroloških prilika, ocjena sušnosti kao i procjena izdašnosti izvora, a na kojim je poslovima bio angažiran Građevinski fakultet Rijeka. Nakon kritično dugog nastavka ljetnog sušnog razdoblja, tek su krajem listopada počele padati značajnije oborine, a iznimno kišno razdoblje nastavilo se i u studenom čime su krški vodonosnici došli u iznimno rijetku situaciju maksimalnog punjenja svojih podzemnih rezervi nakon ekstremno sušnog razdoblja. Pojava tako iznimno dugotrajnog i naglašenog sušnog razdoblja i njegove manifestacije na režim istjecanja zaliha podzemnih

voda na navedenim izvorima stvorilo je pretpostavku da se osiguraju dodatna saznanja o značajkama izdašnosti izvora karakterističnim za tako ekstremna sušna razdoblja, čime se osiguravaju vrijedne podloge za daljnja projektiranja, upravljanje kao i druge zahvate u domeni vodnogospodarskih sustava (Građevinski fakultet Rijeka, 2013). Stoga je u danom radu dan najprije prikaz meteoroloških značajki razdoblja 2011.-2012.g., a onda i prikaz posljedica te meteorološke suše na hidrološke značajke izvora u dolini Mirne. Pri tome je kao reprezent odabran najizdašniji izvor – izvor Gradole.

2. ANALIZA METEOROLOŠKE SUŠE TIJEKOM 2011. I 2012. GODINE

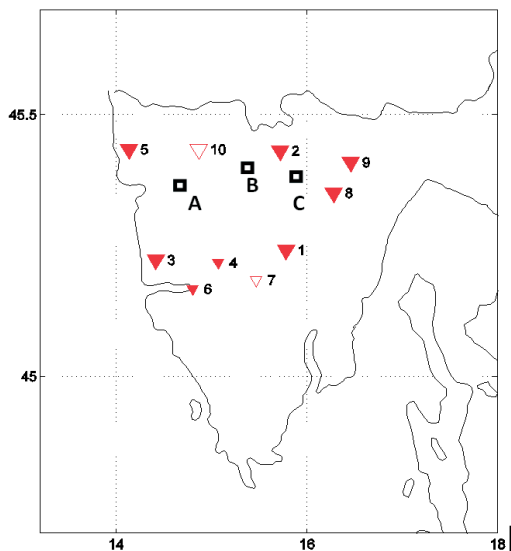
Izostanak ili manjak oborine u odnosu na prosječne količine na nekom području kroz dulje vremensko razdoblje može utjecati na smanjenje površinskih i podzemnih voda. Zbog toga je u ovom radu najprije analizirana meteorološka suša i to korištenjem standardiziranog oborinskog indeksa (eng. Standardized Precipitation Index, SPI) kojeg je za praćenje meteorološke suše preporučila Svjetska meteorološka organizacija (WMO, 2012). Prednost tog indeksa je u tome što se može računati za različite vremenske skale (od jednog do više mjeseci) tako da može poslužiti kao pogodan pokazatelj i agronomske (npr. tijekom vegetacijskog razdoblja) i hidrološke suše (npr. tijekom hidrološke godine). Više o metodi izračuna ovog indeksa može se pronaći u McKee i dr. (1993) koji su i uveli ovaj indeks u meteorološku praksu. SPI se također koristi pri redovnom praćenju suše u Državnom hidrometeorološkom zavodu (DHMZ, <http://meteo.hr>). Općenito, SPI se bazira na prilagođavanju teorijske (gama) razdiobe na nizove kumulativne oborine (za određenu skalu) te transformacijom njezine kumulativne funkcije na standardiziranu normalnu razdiobu čime se deficit oborine izražava u standardnim devijacijama. Tako vrijednosti SPI-a za pojedinu skalu u iznosu između -1.49 i -1 ukazuju na umjereno sušne prilike, vrijednosti od -1.99 do -1,5 na vrlo sušne, a manja od -2 na ekstremno sušne oborinske prilike nekog područja. Sušno razdoblje za pojedinu vremensku skalu se određuje iz niza pripadnih vrijednosti SPI tako da se odredi prva vrijednost manja od -1. Sukcesivni niz negativnih vrijednosti ($SPI < 0$) određuje duljinu sušnog razdoblja koje završava kada SPI poprimi vrijednost veću ili jednaku nuli. Suma pripadnih vrijednosti SPI unutar sušnog razdoblja predstavlja njegovu magnitudu.

Za potrebe ovoga rada korišteni su podaci 12-mjesečnih kumulativnih količina oborine koje obuhvaćaju hidrološku godinu (od listopada do rujna) iz razdoblja 1961.-2012. za deset meteoroloških postaja reprezentativnih za sliv Mirne (tablica 1. i slika 1.). U tablici 1. prikazane su osnovne značajke meteorološke suše tijekom 2011. i 2012. Tijekom hidrološke godine 2011./2012. na području sliva Mirne zabilježeno je od 371.5 mm (Poreč) do 759.3 mm (Lanišće) oborine što predstavlja 50% do 60% pripadnih prosječnih vrijednosti iz klimatološkog razdoblja 1961.-1990. Prema vrijednosti SPI-12 za rujna 2012. (koji se dakle odnosi na kumulativnu količinu oborine od rujna 2012. unazad 12 mjeseci) takve količine predstavljaju ekstremno sušne prilike u istočnom dijelu sliva (postaje 1, 7, 8 i 9) dok su na ostalom području prevladavale vrlo sušne prilike. Slični zaključci vidljivi su i iz pripadnih povratnih razdoblja (T), pa se tako na istočnim postajama izmjerene 12-mjesečne količine od listopada 2011. do rujna 2012. mogu očekivati prosječno jednom u više od 50 godina. Analiza trajanja sušnog razdoblja pokazuje da je 12-mjesečni deficit oborine započeo u studenom 2011. kada je na cijelom području zabilježeno manje od 30% prosječne oborine za studeni (na postajama Abrami i Lanišće je palo svega 7%

do 8% prosječne oborine) (nije prikazano). Taj 12-mjesečni deficit oborine nastavio se narednih 13-14 mjeseci (tablica 1.) i magnituda takvog sušnog razdoblja predstavlja apsolutni ili sekundarni maksimum od 1961. godine. Treba napomenuti da su tijekom ljeta 2012. u Istri, kao i u cijeloj Hrvatskoj, prevladavale i ekstremno visoke temperature (DHMZ, 2012) što je zasigurno dodatno doprinijelo negativnim posljedicama ove suše. Osim ocjene oborinskih prilika tijekom hidrološke godine 2011./2012. procijenjen je i trend 12-mjesečnih količina oborine od listopada do rujna, za razdoblje 1961.-2012. Trend je određen procjenom Senovog ili Kendallovog tau nagiba, a statistička značajnost trenda testirana je pomoću Mann-Kendallovog testa na razini značajnosti 5% (Helsel i Hirsch, 2002). Iz tablice 1. i slike 1. vidljivo je da na postajama koje obuhvaćaju sliv Mirne prevladava statistički značajno smanjenje ukupne količine oborine tijekom hidrološke godine. Na slici 1. prikazana je prostorna razdioba iznosa trenda izraženog u postocima od normale. Na većini postaja trend iznosi od -5 do -6%/10god, a na postajama Kloštar Istra i Baderna iznosi oko 3%/10god. Opaženo smanjenje količine oborine na području Istre u skladu je s prevladavajućim smanjenjem količine oborine u svim sezonama (Gajić - Čapka i dr., 2014). Uz prisutan značajan trend zatopljenja u toplom dijelu godine (proljeće i ljetu), te scenarije zatopljenja i smanjenja oborine u budućoj klimi (DHMZ, 2013), područje sliva Mirne može se smatrati potencijalno ugroženim od suše u budućnosti. To je i potvrđeno najnovijim istraživanjima u okviru DRINKADRIA projekta (Rubinić i dr., 2015).

Tablica 1. Popis postaja analiziranih u ovom radu, ukupna količina oborine (R) tijekom hidrološke godine (od listopada 2011. do rujna 2012.), pripadna vrijednost SPI i povratno razdoblje (T). Karakteristike suše su prikazane njezinim početkom (na 12-mjesečnoj skali), trajanjem i magnitudom (M) za koju podebljane vrijednosti označavaju apsolutni maksimum u analiziranom razdoblju 1961.-2012. U zadnjoj koloni je naveden dekadni iznos trenda čije podebljane vrijednosti ukazuju na statistički značajan trend

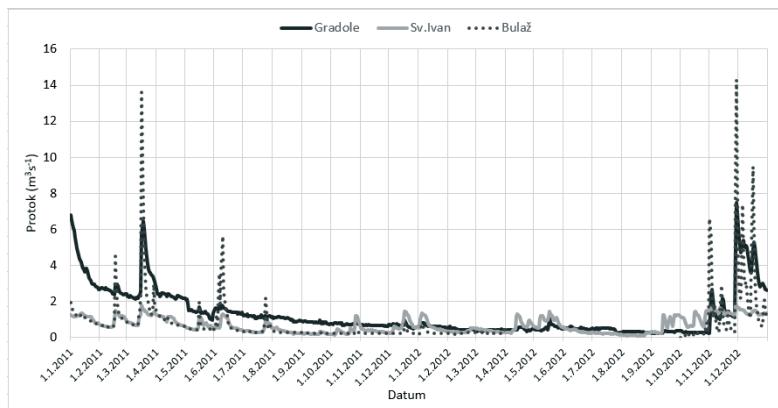
Red. Br.	Postaja	R (mm)	SPI-12	T (god)	Početak (God/Mjesec)	Trajanje (mjeseci)	M	Trend (mm/10god)
1	Pazin	418,7	-2,4	137	2011/12	13	30,4	-52,4
2	Abrami	529,6	-1,9	33	2011/11	14	38,5	-51,2
3	Poreč	371,5	-1,9	39	2011/11	14	38,1	-33,7
4	Baderna	495,8	-1,5	15	2011/11	13	39,4	-37,3
5	Umag	435,1	-1,4	12	2011/11	14	27,8	-40,9
6	Kloštar Istra	407,5	-1,5	14	2011/11	14	40,1	-25,6
7	Sv Petar u šumi	438,9	-2,1	50	2011/11	14	41,5	-27,9
8	Lupoglav Istra	507,8	-2,3	92	2011/11	14	40,6	-59,1
9	Lanišće	759,3	-2,1	55	-	-	-	-71,2
10	Momjan	410,8	-1,8	27	2011/11	14	29,5	-37,8



Slika 1.
 Prikaz položaja analiziranih izvora u slivu Mirne i analiziranih klimatoloških i oborinskih postaja s prikazom dekadnog iznosa trenda za razdoblje 1961-2012. izraženim u postocima od normale. Navedeni su redni brojevi postaja čiji se popis nalazi u tablici 1. Puni simboli prikazuju statistički značajan trend na razini značajnosti 5%. Manji simboli se odnose na vrijednosti trenda manje od 5%/10god, a veći za raspon od 5 do 10%/10god.

3. HIDROLOŠKA OCJENA SUŠE

Izvori Gradole, Sv.Ivan i Bulaž nalaze se unutar istoga slivnog područja – sliva rijeke Mirne, ali se prihranjuju iz različitih dijelova sliva te imaju i različite međudnose voda na površini, epikršu i njihove veze s njihovim vodonosnikom. Ipak, izvori pokazuju i vrlo naglašenu sličnost hoda u svojim hidrogramima. Na slici 2. dan je usporedni prikaz srednjih dnevnih protoka spomenutih izvora tijekom analiziranog razdoblja 2011.-2012. Vidljivo je da istjecanje na izvoru Gradole karakterizira puno veća stabilnost te manja osjetljivost na pale oborine tijekom dugotrajnih recesijskih razdoblja. Zamjetna je i vrlo velika podudarnost u hodu dnevnih protoka izvora Sv.Ivan i Bulaž i njihovim reakcijama na pale oborine, ali s različitim intenzitetom promjena.



Slika 2. Usporedni prikaz hoda srednjih dnevnih protoka izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž (2011.-2012.)

U tablici 2 dan je prikaz srednjih mjesečnih i godišnjih protoka i crpljenja na spomenutim izvorima, kao i njihovih prosječnih i minimalnih vrijednosti osmotrenih tijekom do sada raspoloživog razdoblja. Rezultati provedenih analiza karakterističnih vrijednosti vodnog režima izvorišta Gradole, Sv.Ivan i Bulaž za posljednje, ekstremno sušno razdoblje (2011.-2012.) pokazale su da su registrirane vrijednosti minimalnih kao i srednjih protoka daleko niže od pretpostavki i procjena s kojima se operiralo u planskoj dokumentaciji i upravljačkoj praksi. Posebno se to odnosi na izvor Gradole, inače najznačajnije krško izvorište u Istri, kod kojega je njegova izdašnost u uvjetima precrcpljenja njegovih statičkih rezervi pala na čak 0,2 - 0,3 m³s⁻¹, a zabilježene izdašnosti, ovisno o kalendarskom mjesecu, imale su karakter pojave između 20- i 200-godišnjeg povratnog perioda, a cjelokupna hidrološka godina 2011./2012. čak i rjeđega od 200-godišnjeg. Tijekom tog sušnog razdoblja hidrološke prilike na izvoru Sv.Ivan bile su također izrazito sušne, ali ipak s nešto većom vjerojatnošću pojave, odnosno manjim povratnim periodom (reda veličine između 2-godišnjeg i 40-godišnjeg), dok je sama hidrološka godina imala puno rjeđi karakter – reda veličine 110-godišnjeg povratnog perioda. Sličan su karakter imale i protoke zabilježene na izvoru Bulaž. Prosječna mjesečna crpljenja tijekom kritično sušnog srpnja i kolovoza kretala se između 0,125 i 0,213 m³s⁻¹, odnosno praktički sve raspoložive vodne količine. Kod izvora Bulaž tijekom kritičnog sušnog razdoblja zbog radova na izvorištu i podizanju kote preljeva došlo je do prekida u motrenjima, no za pretpostaviti

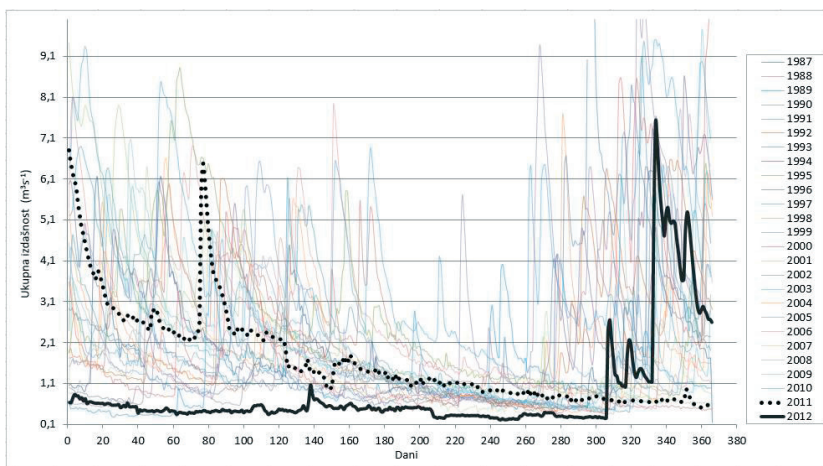
Tablica 2. Karakteristične mjesečne i godišnje ukupne protoke i crpljenja izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž za cjelokupno analizirano razdoblje, kao i registrirane protoke tijekom 2011. i 2012.g.

Parametar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Gradole (1987.-2012.)													
SR	2,92	2,57	2,45	2,48	2,09	1,64	1,13	0,948	0,981	1,42	2,44	3,04	2,01
MIN	0,41	0,310	0,399	0,440	0,542	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	0,557	0,513	0,863
2011.	4,11	2,61	3,24	2,32	1,45	1,50	1,17	1,03	0,838	0,746	0,665	0,655	1,69
2012.	0,64	0,459	0,399	0,440	0,542	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	1,94	4,14	0,863
SR crpljenja	0,338	0,337	0,354	0,408	0,476	0,588	0,726	0,738	0,560	0,421	0,357	0,330	0,469
2012. crpljenja	0,257	0,339	0,390	0,376	0,401	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	0,243	0,219	0,335
Sv.Ivan (1986.-2012.)													
SR	1,03	0,970	0,931	1,08	0,868	0,717	0,408	0,376	0,545	0,742	0,991	1,10	0,814
MIN	0,277	0,310	0,354	0,658	0,460	0,255	0,211	0,143	0,168	0,159	0,356	0,579	0,657
2011.	1,11	0,899	1,10	0,981	0,631	0,706	0,432	0,337	0,218	0,408	0,356	0,697	0,657
2012.	0,664	0,346	0,365	0,666	0,910	0,368	0,219	0,143	0,714	0,977	1,45	1,39	0,684
SR crpljenja	0,152	0,154	0,156	0,163	0,172	0,185	0,196	0,183	0,170	0,158	0,154	0,155	0,167
2012. crpljenja	0,124	0,132	0,137	0,136	0,156	0,189	0,213	0,125	0,181	0,153	0,144	0,143	0,153
Bulaž (1989.-2012.)													
SR	1,75	1,60	1,61	1,78	1,20	0,908	0,442	0,332	0,752	1,45	2,05	2,03	1,33
MIN	0,106	0,026	0,322	0,571	0,379	0,245	0,097	0	0,001	0,062	0,215	0,274	0,728
2011.	1,12	1,07	2,12	0,887	0,545	1,31	0,448	0,282	0,236	0,232	0,215	0,274	0,728
2012.	0,296	0,224	0,218	?	?	?	?	?	?	0,182	2,22	2,48	?
SR crpljenja	0	0,005	0,002	0,003	0,003	0,005	0,021	0,041	0,024	0,004	0,002	0,007	0,010
2012. crpljenja	0	0	0,033	0,036	0,026	0,128	0,171	0,167	0,099	0,028	0,054	0,175	0,077

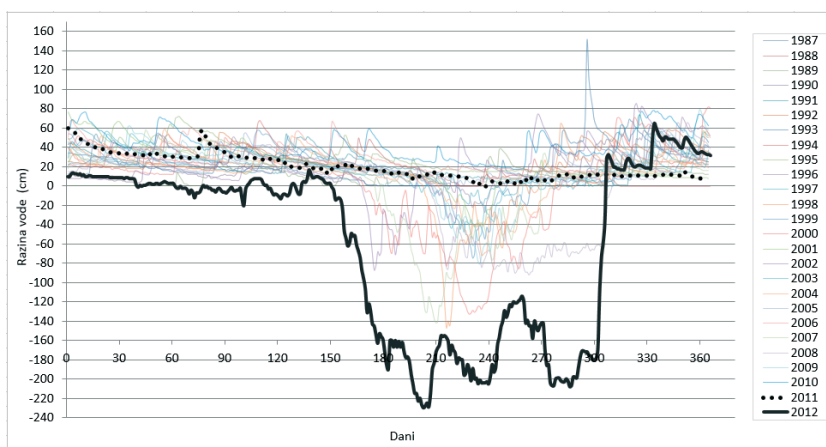
Napomena: Zbog promjene kote istjecanja za razdoblje IV-IX 2012 nije bila definirana protočna krivulja, pa nisu iskazane ukupne protoke.

je da je i tu situacija u pogledu karaktera vjerojatnosti pojave malih voda vrlo slična zabilježenoj pojavi na izvoru Sv.Ivan, a srednje mjesečne količine crpljenja tijekom ta dva kritična mjeseca iznosile su oko $0,17 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Za zaključiti je da je rezervno vodocrpilište Bulaž dosegnutom izdašnošću, kao i provedene upravljačke kao i strukturalne mjere, spasilo vodoopskrbni sustav Istre od još većih redukcija.

Radi dodatne ilustracije karaktera zapažene suše na izvorištima vodoopskrbe, na slici 3 dan je prikaz kolebanja izdašnosti, a na slici 4 kolebanja razina vode na izvoru Gradole tijekom dosadašnjeg razdoblja osmatranja, s istaknutim godinama 2011. i 2012. Vidljivo je da se radi o godinama za koje su, izuzev u razdobljima intenzivnijih oborina (prva polovina 2011. i zadnja četvrtina 2012.), zabilježene do sada najniže razine vode i protoke.



Slika 3. Usporedni prikaz kolebanja ukupnih izdašnosti na izvoru Gradole (1987.-2012.)



Slika 4. Usporedni prikaz kolebanja razina vode na izvoru Gradole (1987.-2012.)

ZAKLJUČAK

Suša zabilježena 2011./2012.g. na području Istre bila je iznimna pojava – kako s aspekta meteorološke klasifikacije prema SPI indeksu, tako i u pogledu njenih posljedica na hidrološke prilike na krškim izvorima uključenim u vodoopskrbni sustav Istarskog vodovoda. Količine oborine tijekom kritično sušnog razdoblja iznosile su 50-60% prosječnih vrijednosti, a registrirane protoke bile su i dvostruko manje. Tijekom spomenute suše pokazala se nužnost operativnog praćenja stanja, pa i prognoza hidroloških prilika u cilju osiguranja optimizacije korištenja vodnih rezervi s pojedinih izvorišta. Prirodni sustavi, kakvi su analizirana krška izvorišta, imaju i svoja prirodna ograničenja u njihove prirodne izdašnosti, no kratkotrajnim je sezonskim forsiranim korištenjem na nekima od njih moguće zahvatiti i statičke vodne rezerve, kao što su u danom slučaju korištene i statičke rezerve voda na izvorima Gradole i Bulaž. Zabilježene ekstremne hidrološke prilike na analiziranim izvorištima vodoopskrbe Istarskog vodovoda ukazale su i na nužnost povezivanja vodnih resursa kako bi se optimiziralo korištenje njihovih vodnih rezervi.

ZAHVALA

Aktivnosti na izradi ovog rada sufinancirali su Hrvatska zaklada za znanost projektom 2831 (CARE) kao i Istarski vodovod Buzet u okviru projekta aktivnog praćenja hidrološkog stanja na izvorištima vodoopskrbe.

LITERATURA

- [1] DHMZ (2012): *Meteorološki i hidrološki bilten*, Državni hidrometeorološki zavod, lipanj do kolovoz/2012, Zagreb.
- [2] DHMZ (2013): *Šesto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema okvirnoj konvenciji ujedinjenih naroda o promjeni klime*, izabrane točke u poglavljima 7. i 8., DHMZ, Zagreb (http://klima.hr/razno/publikacije/NIKP6_DHMZ.pdf)
- [3] Gajić-Čapka M, Cindrić K, Pasarić Z (2014): *Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010*, Theor Appl Climatol doi: 10.1007/s00704-014-1217-9
- [4] Građevinski fakultet Rijeka (2013): *Analiza karakterističnih mjesečnih i dnevnih podataka o vodostajima, prelivima, crpljenjima i ukupnim izdašnostima izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž te ocjena zabilježenih prilika tijekom 2011. i 2012.g. u kontekstu vjerojatnosti njihove pojave – hidrološka ekspertiza*, Rijeka.
- [5] Helsel DR, Hirsch RM (2002): *Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations*, U.S. Geological Survey.
- [6] McKee TB, Doeksen NJ, Kleist J (1993): *The relationship of drought frequency and duration on time scales*. Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, American Meteorology Society: Anaheim CA, Boston MA; 179–184, 17–22 January.
- [7] Rubinić J, Güttler I, Horvat B (2015): *DrinkAdria project, WB4.2. Report: Pilot Area Northern Istria, Croatia*, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka.

- [8] WMO (2012): *Standardized Precipitation Index User Guide*, Svoboda M, Hayes M, Wood D, WMO-No. 1090, Geneva.

AUTORI

dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ. ^a

mr.sc. Ksenija Cindrić Kalin, dipl.ing.fiz. ^b

Mladen Nežić, dipl.ing.građ. ^c

Maja Radišić, mag.ing.aedif. ^a

dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ. ^a

^a Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Rijeka 51 000, HR, jrubic@uniri.hr; maja.radisic@uniri.hr; igor.ruzic@uniri.hr

^b Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb 10 000, HR, cindric@cirus.dhz.hr

^c Istarski vodovod, Sv. Ivan 8, Buzet 52 420, HR, mladen.nezic@ivb.hr

