

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**45. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

ZBORNIK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '24

Brzeće

08 - 11. oktobar 2024.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

45. Međunarodna konferencija
VODOVOD I KANALIZACIJA '24

Zbornik radova

Brzeće, Hotel „Junior“
08 – 11. oktobar 2024.

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

mr Bogdan Vlahović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

V. prof. dr Aleksandar Đukić (predsednik), prof. dr Slaviša Trajković, prof. dr Srđan Kolaković, prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Jovan Despotović, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Rada Petrović, Vladimir Milojević, Dušan Đurić, Miodrag Popović, dr Zorica Lopičić, dr Dragana Randelović, prof. dr Goce Taseski, prof. dr Goran Orašanić, prof. dr Darko Vuksanović, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, prof. dr Dragica Čamovska, prof. dr Filip Kokalj i dr Olivera Doklešić

Organizacioni odbor:

Mr Bogdan Vlahović (predsednik), Dalibor Joknić, Nebojša Jakovljević, Nikica Ivić, Dalibor Savić, Vladimir Milosavljević, mr Zoran Pendić, dr Tatjana Šostarić, dr Dušan Milojkov, dr Jelena Petrović, dr Danijela Smiljanić, dr Aleksandar Jovanović, dr Mladen Bugarčić, Zoran Nikolić, Milan Đorđević, Olivera Čosović MSc, Marijana Mihajlović i Olja Jovičić

Recenzenti:

Prof. dr Jovan Despotović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet
Prof. dr Dragan Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet
Prof. dr Rada Petrović, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
Prof. dr Srđan Rončević, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno matematički fakultet
V. prof. dr Aleksandar Đukić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Glavni i odgovorni urednik:

V. prof. dr Aleksandar Đukić, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Čosović, mast. filol.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić, dipl. prav.

Štampa:

Akademski izdanja, Zemun

Naslovna strana:

Lago di Garda, Italija

Autor fotografije:

Olja Jovičić

ISBN: 978-86-82563-30-3

Godina izdavanja: 2024.

Tiraž: 200 primeraka

Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno stavove izdavača i članova Programskog odbora

ORGANIZATOR:

Savez inženjera i tehničara Srbije

SUORGANIZATORI:

**ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih
mineralnih sirovina, Beograd**

Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

**Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju,
biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad**

**Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neogransku
hemijsku tehnologiju, Beograd**

Inženjerska akademija Srbije, Beograd

**IPIN Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering,
Bijeljina**

JKP „Vodovod“, Kruševac

UZ PODRŠKU:

Inženjerske komore Srbije, Beograd

POD POKROVITELJSTVOM:

**Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija
Republike Srbije i**

Opštine Brus

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА (45 ; 2024 ; БРЗЕЋЕ)

Zbornik radova / 45. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '24, Brzeće, 08 – 11. oktobar 2024. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et al.]] ; [glavni i odgovorni urednik Aleksandar Đukić]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2024 (Zemun : Akademska izdanja). - 522 str. : ilustr. ; 25 cm

Teskt cir. i lat. - Tiraž 200. - Napomene uz radove. - Str. 13-14: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82563-30-3

а) Водовод -- Зборници б) Канализација -- Зборници в) Отпадне воде -- Зборници

COBISS.SR-ID 153088265

*Željka Milovanović, Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan,
Slobodan Cvetković, Rada Petrović*

Uklanjanje fosfata iz vode primenom adsorbenata na bazi sepiolita i oksi-hidroksida lantana	181
--	------------

*Mladen Popov, Dragana Tamindžija, Ana Kuzmanović,
Marijana Kragulj Isakovski, Jelena Molnar Jazić, Tajana Simetić,
Aleksandra Tubić, Dragan Radnović, Jasmina Agbaba*

Uklanjanje odabranih bakterijskih sojeva iz sirove vode dezinfekcijom sa natrijum hipohloritom.....	189
--	------------

Tatjana Simčini, Milica Kolarski

Sanacija filterskih polja – metodologija i problematika zamene filterske ispune	197
--	------------

Tema 3. Upravljanje sistemima vodovoda

Stanko Stankov

Uloga savremenih upravljačkih sistema i senzora u upravljanju gubicima vode.....	205
---	------------

Milijanko Radojević, Dejan Dimkić

Vanredni događaji (poplave i havarije) u dosadašnjem radu RVS „Rzav“	217
---	------------

Goce Taseski, Nikola Krstovski

Matematički model za tehničko ekonomsku analizu za optimizaciju pumpnog gravitacionog sistema vodosnabdevanja	235
--	------------

Željko Raljić, Dejan Račić

Ugradnja pumpe pitke vode na vodozahvatu i dobijena energetska efikasnost	243
--	------------

Aleksandar Stojanović, Slobodan Stojanović

Neinvazivna sanacija oštećenih cevovoda	253
--	------------

Goran Sekulić, Milena Ostojić

Proces rehabilitacije cijevi u vodovodnim sistemima	263
--	------------

PREDGOVOR

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, Savez inženjera i tehničara Srbije (SITS) organizuje četrdeset i petu po redu, godišnju konferenciju o aktuelnim temama iz oblasti snabdevanja vodom za piće i kanaliziranja i prečišćavanja otpadnih voda, pod nazivom „Vodovod i kanalizacija '24“.

Suorganizatori Konferencije ove godine su ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (Beograd), Građevinsko-arhitektonski fakultet (Niš), Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ (Beograd), Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine (Novi Sad), Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neorgansku hemijsku tehnologiju (Beograd), Inženjerska akademija Srbije (Beograd), IPIN - Institut za primenjenu geologiju i vodoinženjering (Bijeljina) i JKP „Vodovod“ Kruševac.

Konferencija se održava pod pokroviteljstvom Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, uz podršku Inženjerske komore Srbije.

Cilj Konferencije je razmatranje aktuelnih istraživačkih, razvojnih, tehničko - tehnoloških, ekonomskih, zakonskih i drugih pitanja iz oblasti snabdevanja vodom i kanalizacije, a sve to sa ciljem boljeg informisanja i ubrzanijeg transfera znanja i iskustava u primeni savremenih dostignuća i rešenja, a sve u cilju poboljšanja u sferi usluga vodosnabdevanja i kanaliziranja i unapređenja poslovanja komunalnih preduzeća vodovoda i kanalizacije. Pored stručnih i praktičnih apekata navedene problematike, važnu komponentu ove konferencije čini i prezentacija rezultata naučno-istraživačkog rada u oblasti novih tehnologija i primene novih rešenja u snabdevanju vodom za piće, kanaliziranju i prečišćavanju otpadnih voda, kao preduslova za kontinuirani i održivi razvoj ovih delatnosti.

Zbornik radova konferencije „Vodovod i kanalizacija '24“ sadrži ukupno 53 rada, koje je nakon recenzije, Programski odbor prihvatio za izlaganje na Konferenciji i štampanje u Zborniku radova. Najveći broj autora radova je iz Srbije a zastupljeni su i radovi autora iz regiona. Radovi su grupisani po sledećim tematskim grupama:

1. ORGANIZACIONI I EKONOMSKI ASPEKTI JAVNIH
KOMUNALNIH PREDUZEĆA VODOVODA I KANALIZACIJE
2. IZVORIŠTA I PRIPREMA VODE ZA PIĆE
3. UPRAVLJANJE SISTEMIMA VODOVODA
4. UPRAVLJANJE SISTEMIMA KANALIZACIJE
5. PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
6. DIGITALIZACIJA

U temi 5 postoje uvodni radovi po pozivu, kako je naznačeno u ovom Zborniku. Kod preostalih radova, po ustaljenom običaju, autori su se sami opredeljivali za teme o kojima će pisati, tako da radovi u ovom Zborniku na neki način odslikavaju trenutno stanje i fokus rada i istraživanja u oblastima snabdevanja vodom za piće, kanalisanja i prečišćavanja otpadnih voda u Srbiji i regionu. Od aktuelnih tema koje su našle svoje mesto u radovima ovog Zbornika posebno ističemo problematiku ekonomske cene vode, nova rešenja iz regulative EU u domenu vode za piće i cirkularne ekonomije, ekonomske i tehničke aspekte planiranja i eksploatacije vodovoda i kanalizacije, odvođenje kišnih voda sa saobraćajnica i naselja, nove tehnologije u pripremi vode za piće i prečišćavanju otpadnih voda, merenja u vodovodnim i kanalizacionim sistemima i primena metoda mašinskog učenja u upravljanju sistemima. Struktura stručnih profila autora je, kao i uvek, raznolika, što odgovara posebnoj težnji SITS da se problemi snabdevanja naselja vodom i kanalisanja i prečišćavanja otpadnih voda posmatraju multidisciplinarno, čime se doprinosi poboljšanju sagledavanja i rešavanja problema.

SITS zahvaljuje ovim putem preduzećima i institucijama koje su pomogle održavanje ove Konferencije, recenzentima, članovima Programskog i Organizacionog odbora, kao i autorima radova na uloženom trudu i njihovom stvaralačkom radu u pripremi radova.

Nadamo se i želimo da ovogodišnja konferencija bude plodonosna i da se svi učesnici vrate u svoju sredinu obogaćeni novim saznanjima i kolegijalnim poznanstvima.

UREDNIK

Beograd, septembar 2024.

Dr Aleksandar Đukić

KOMPLETNO REŠENJE EVIDENCIJE POTROŠNJE I OBRAČUNA

PRIMENJUJE 32 VODOVODA



41 KOMUNALNO PREDUZEĆE KORISTI BILLING SISTEM NAPLATA



Koste Abraševića 2, 15000 Šabac

tel +381 15 355 182 fax +381 15 351 103 mob +381 64 8052 550 email omnidatadoo@gmail.com
www.omnidata.rs www.omnidataagency.com www.mojiracuni.com



ISBN 978-86-82563-30-3

**ВАНРЕДНИ ДОГАЂАЈИ (ПОПЛАВЕ И ХАВАРИЈЕ) У
ДОСАДАШЊЕМ РАДУ РВС „РЗАВ“**

**EXTRAORDINARY EVENTS (FLOODS AND ACCIDENTS) OF
RWSS RZAV UNTIL NOW**

*МИЛИЈАНКО РАДОЈЕВИЋ¹
ДЕЈАН ДИМКИЋ²*

*Стручни рад
DOI: 10.5937/VIK24217R*

Резиме: Јавно предузеће „Рзав“, основано 1987. године, брине се о раду Регионалног система „Рзав“ (у даљем тексту РВС „Рзав“) које снабдева потрошаче у општинама Ариље, Пожега, Лучани, Чачак и Горњи Милановац већ више од 30 година. Досадашњи рад РВС „Рзав“ карактерише уредно снабдевање конзума квалитетном водом за пиће. Транспорт воде дистрибутивним системом је доминантно гравитациони, са релативно умереним притисцима и без наглих промена протока. Та околност, заједно са добрим квалитетом сирове воде, је утицала да су до сада губици увек били испод 5% (заједно са технолошким губицима на ППВ). Ипак, у фокусу овог рада су ванредни догађаји, који можда могу бити интересантни широј јавности. Даљи развој овог регионалног система је изванредан, и о томе се такође говори у мањој мери.

Кључне речи: регионални систем, ЈП „Рзав“, поплаве, хаварије, притисак, развој

Abstract: The public company Rzav, founded in 1987, takes care of the work of the Regional System Rzav, which supplies consumers in the municipalities of Arilje, Požega, Lucani, Čačak and Gornji Milanovac for more than 30 years. The previous work of RVS Rzav is characterized by the orderly supply of high-quality drinking water to consumers. Water transport through the distribution system is predominantly gravitational, with relatively moderate pressures and no sudden changes in flow. That circumstance, together with the good quality of the raw water, has influenced that so far, the losses have always been below 5% (together with the PPV losses). However, the focus of this work are extraordinary events, which may be of interest to the public. The further development of this regional system is certain, and it is also discussed to a lesser extent.

Key Words: regional system, JP Rzav, floods, accidents, pressure, development

¹ Милијанко Радојевић, ЈП „Рзав“, Чачанска бб, Ариље, masinstvo@rzav.co.rs, office@rzav.co.rs

² Дејан Димкић, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Јарослава Черног 80, Београд, dejan.dimkic@jcerni.rs, ORCID: 0000-0003-4994-2683

1. Увод

Јавно предузеће за водоснабдевање „Рзав“ или скраћено Регионални водосистем „Рзав“ (РВС „Рзав“) основано је 1987. године од стране пет оснивача, општина Ариље, Пожега, Лучани, Чачак и Горњи Милановац. Циљ оснивања РВС „Рзав“ јесте да одговори нарастајућим потребама за здравом пијаћом водом у поменутих општинама, које су у претходним годинама имале изражен проблем водоснабдевања, како градског тако и становништва на сеоским подручјима.

Регионални водосистем „Рзав“ име је добио по реци Рзав (слика 1) једној од најчистијих река Србије, која својим током пролази кроз шумовите пределе западне Србије, обронцима планина Златибор и Мучањ, да би се непосредно испод Ариља улила у реку Моравицу, одакле надаље заједно теку под именом Западна Морава. Корисно је поменути да се у реку Рзав уливају и воде Височке и Рошке Бање у селима Висока односно Роге. Истина је да воде поменутих бања нису превише комерцијално/туристички обрађене, но мноштво народа недвосмислено сведочи о њиховим лековитим својствима.



Слика 1. Река Рзав

Figure 1. River Rzav

О идеји коришћења воде реке Рзав у сврхе водоснабдевања говорило се и радило читавом другом половином 20-ог века. Најпре 1957. године када су почели истражни радови и пројектовања ХЕ „Роге“ низводно од Рошке Бање. За ово енергетско постројење урађени су Главни пројекти за брану (за обе варијанте насута и бетонска). Постојала је идеја превођења вода реке Рзав у слив Ћетиње, али се од овог решења одустало.

Након тога дошло је до идеје и реализације изградње регионалног система за водоснабдевање „Рзав“ који је основан 1987. год, а са пробним радом отпочео октобра месеца 1992. године, када је здравом пијаћом водом снабдевао 4 општине и то Ариље, Пожега, Лучани и Чачак. Године 1996. месеца јула, рзавска вода пуштена је и у општину Горњи Милановац. Након тога водосистем „Рзав“ развијао се у правцу повезивања мањих (сеоских) потрошача (латералних потрошача) а то су Милићево село, Прилипац и Пилатовићи, Горобиле, Расна, Висабаба и Узићи, као и прикључак села Здравчићи на територији општине Пожега, односно прикључци за Видову, Пријевор, Трбушане и Прислоницу са бањом Трепчом на територији општине Чачак. Проток кроз поменуте латерале варирао је од 2-3 L/s па до 12-15 L/s. Развод рзавске воде на територији општине Г. Милановац кретао се у правцу села Брђани, а у задње време вода је кренула пут планине Рудник. Просторно гледано рзавска вода користи се од Горјана, села непосредно испред Ужица до Гуче, Дивчибара, планине Рудник и захвата добар део западне Србије - конзумно подручје око 300.000 становника. Упоредо с тим, почев од 1996. године, врши се пројектовање бране и акумулације Сврачково.

2. Опис Регионалног водоводног система „Рзав“ (РВС „Рзав“)

2.1. Идеја фазне изградње и њена досадашња реализација

Изградња водосистема „Рзав“ замишљена је да се изведе у две фазе. Првом фазом предвиђено је да са постројења иде до 1.200 L/s чисте воде а у другој до 2.400 L/s. Завршне тачке регионалног система су резервоари испред сваке од општина. Шематски приказ ситуације и висинског положаја главних објеката РВС „Рзав“ је дат на слици 2.

Прва фаза изградње подразумева изградњу бране и акумулације „Сврачково“, постројења за прераду воде у Ариљу, припадајућих цевовода и објеката на њему, резервоара, хлорних станица и слично. На до сада изграђене објекте, од Министарства грађевина, добијена је употребна дозвола 1997. године.

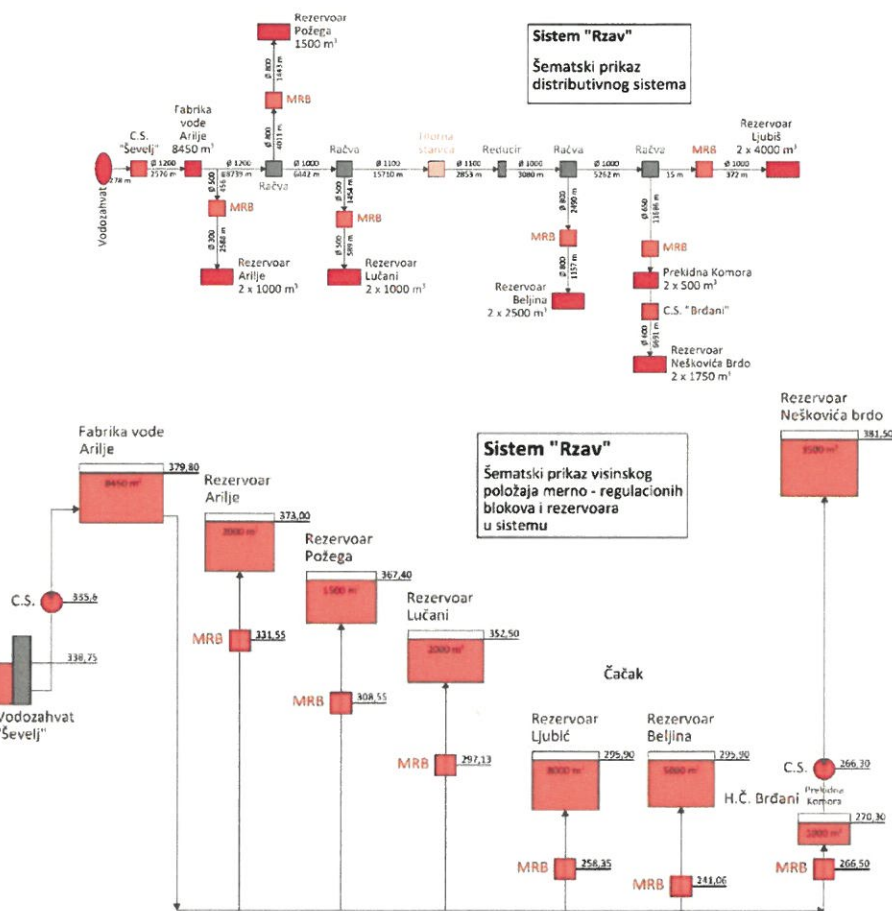
II фаза подразумева проширење у делу таложнице и филтерских поља, као и изградњу паралелног цевовода пречника $\phi 1.200$ mm почев од постројења у Ариљу до рачве за Пожегу и цевовода пречника $\phi 1.000$ почев од рачве за Пожегу до одвајања за Лучане. Због неприступачности терена кроз клисуру Овчар Бање цевовод ка Чачку и Г. Милановцу урађен је за коначну - II фазу.

До сада, у оквиру прве фазе, изграђени су следећи објекти:

- водозахват са пумпном станицом и припадајућим објектима;
- постројење за прераду воде у Ариљу;

- цевоводи почев од пумпне станице Шевељ до постројења за прераду сирове воде, дистрибутивни цевоводи са резервоарским просторима са свим припадајућим објектима на њему;

Изградња бране и акумулације „Сврачково“ је почела 2011. године и још је у току. Инвеститорске послове на изградњи бране почев од пројектовања, добијања ревидентске клаузуле, исходавања одобрења за изградњу код надлежног министарства грађевина били су у надлежности РВСС „Рзав“ све до јуна 2021. године када су предати на даље вођење предузећу „Србијаводе“.



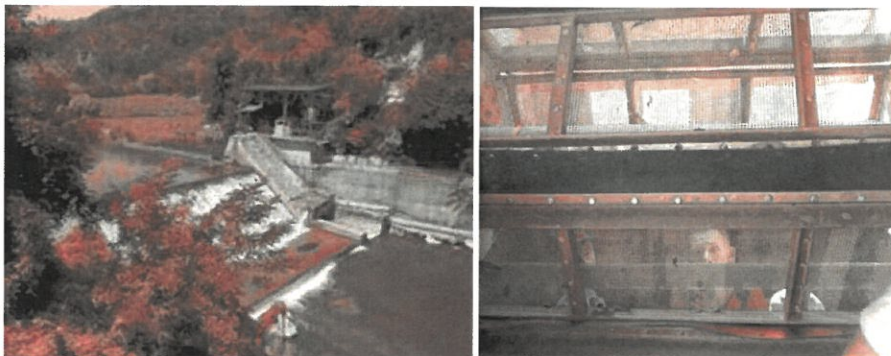
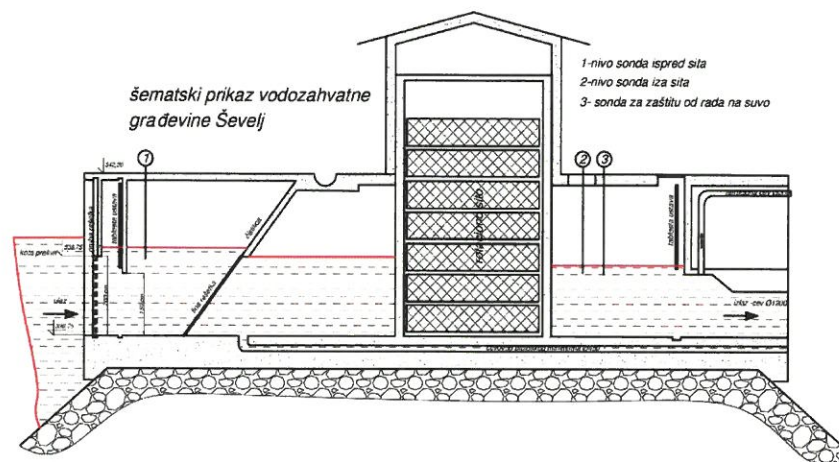
Слика 2. Шематски приказ ситуације и висинског положаја главних објеката РВСС „Рзав“

Figure 2. Schematic representation of the situation and height position of the main facilities of RWSS „Rzav“

2.2 Концепт досадашњег функционисања водосистема „Рзав“

2.2.1. Привремени водозахват „Шевељ“ са пумпном станицом

Сирова вода почев од 1992. године, када је систем „Рзав“ пуштен у пробни рад, захвата се на бујичарској прегради „Шевељ“ и челичним цевоводом пречника 1.200 mm дужине 274 m води у пумпну станицу сирове воде. На поменутој прегради изграђена је и опремљена водозахватна грађевина на којој се врши груба филтрација воде од грања и лишћа уз помоћ најпре грубе решетке потом чистилице и на крају ротационог сита (слика 3).



Слика 3. Шематски приказ и изглед привременог водозахвата „Шевељ“ са водозахватном грађевином, и једно од три ротационих сита за грубу филтрацију сирове воде

Figure 3. Schematic representation and layout of the temporary water intake „Shevelj“ with water intake building, and one of the three rotary sieves for coarse filtration of raw water

Због снажне и хировите природе брдско планинске реке, која уме јако брзо да надође и са собом понесе пуно лишћа и грања, ова почетна тачка водосистема „Рзав“ до сада се показала као јако рањива, нарочито у првим јесењим месецима и месецима када се топи снег.

Од самог старта рада РВС „Рзав“ сирове вода се препумпава из пумпне станице „Шевељ“. Концептом водосистема „Рзав“ овакав начин рада биће окончан изградњом бране „Сврачково“ и њеним пуштањем у рад.

Пумпна станица „Шевељ“ је на коти 335.57 m.n.m. и препумпава воду челичним цевоводом пречника 1.200 mm дужине 2.607 m у прекидну комору чије је кота око 52 m виша. Просечно месечно се испоручи око 1.5 милиона m³ воде корисницима тако да се за ових 32 године рада може говорити о преко 600 милиона m³ препумпане сирове воде различите мутноће.

Пумпна станица сирове воде организована је у два паралелна крака са по 3 пумпна двострујна центрифугална пумпна агрегата номиналне снаге ел. мотора 160 kW. Две антихамер посуде отвореног типа заједно са хидрауличним амортизерима задужене су за прихват и амортизацију хидро удара насталих испадом пумпи из рада.

Количина захваћене воде креће се у распону од око 450 L/s па до 800 L/s у време највеће потражње за водом и стањем нивоа реке на прегради „Шевељ“. По питању мутноће овај параметар иде од испод 1 NTU, па све до неколико стотина NTU јединица (максимално забележено 10000 NTU јединица) у време наглог пораста нивоа реке. На основу досадашњег рада може се рећи да се вероватно ради о најзахтевнијој или једној од технички најзахтевнијих пумпних станица у земљи.

2.2.2. Постројење за прераду воде

Постројење за прераду воде (ППВ) налази се на брду Клик изнад Ариља и у њему се врши прерада воде (слика 4). Одатле се вода дистрибуира гравитационо до резервоара крајњих корисника, осим општине Г. Милановац која воду добија препумпавањем из ПС лоциране у комплексу хидрауличног чвора „Брђани“ (крајња тачка гравитационог дистрибутивног цевовода).

Комплекс постројења за прераду воде подразумева следеће објекте:

- објекте за мерење, регулацију и расподелу сирове воде као и мерење протока чисте воде;
- таложница на принципу ламела сепаратор;
- озонаторе;
- брзе пешчане филтре;

- резервоаре чисте воде;
- пумпну и компресорску станицу са енергетским блоком;
- објекти за складиштење, припрему и дозирање хемикалија;
- командно контролни центар;
- лабораторије;
- објекат за третман отпадних вода;
- пословни простор са канцеларијама и радионицом;

Контролу квалитета сирове воде, након технолошких целина и завршну контролу на ППВ врши хемијско/микробиолошка лабораторија РВС „Рзав“.



Слика 4. Постројење за прераду воде РВС „Рзав“

Figure 4. Water treatment plant RWSS „Rzav“

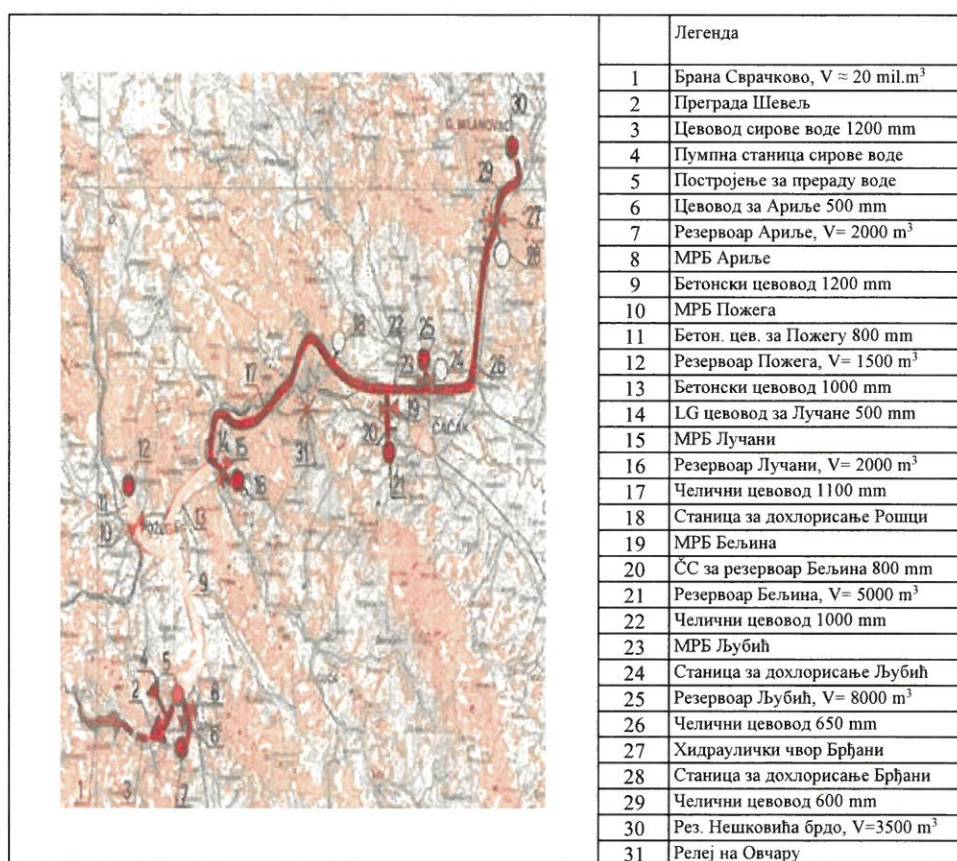
Процес прераде обухвата следеће:

Најпре се врши предхлорисање, потом корекција рН вредности 95% сумпорном киселином, а након тога додаје се раствор ал.сулфата и поли-електролита у процесу бистрења. Након бистрења следи озонизација, филтрација пешчаним филтерима и завршно хлорисање. Хлорисање се врши на магистралном цевоводу, као и на краку за Г. Милановац. Процес флуорисања воде обустављен је због немогућности добијања атеста за силикофлуороводоничну киселину.

Пре пуштања воде у дистрибутивни систем, на ППВ се вода у целости преради у складу са границама Правилника воде за пиће. Дешава се да по појединим параметрима (најчешће мутноће или садржаја органских материја) вредности „искоче“, али таква вода се баца. Сирова вода осим у параметру мутноће најчешће варира по питању садржаја органских материја изражених преко утрешка калијум перманганата.

2.2.3. Дистрибутивни систем водосистема „Рзав“ - цевоводи, мерно регулациони блокови, латерални прикључци

Дистрибутивни систем РВС „Рзав“ састоји се из магистралног цевовода дужине 53.813 m са преко 53.000 m³ воде у кретњи, који почиње пречником 1.200 mm, а завршава се пречником 650 mm. Латерални краци до 6 резервоара у 5 општина имају додатну укупну дужину од око 21 km. (слика 5). Притисци дуж цевовода се мењају, а максимални иду и до 14.3 бара.



Слика 5. Диспозиција дистрибутивног система РВС „Рзав“

Figure 5. Disposition of the distribution system RWSS „Rzav“

Дистрибутивни цевоводи РВС „Рзав“ састоје се од армирано бетонских и челичних спирално варених цеви. Крак Лучани урађен је од ливено гвоздених цеви. Челични цевовод штити се катодно, а поједини челични сегменти на бетонском цевоводу протекторски. Регулација протока врши се клипно-прсте-

настим затварачима у мерно регулационим објектима (МРБ-ови) у којима се врши мерење и регулација протока, као и мерење параметара притисака и резидуалног хлора. Ових објеката има по један за сваку општину корисницу воде изузев Чачка који има два МРБ-а.

Латерални прикључци имају такође објекат овог типа. Корисно је напоменути да поједини латерални МРБ-ови раде на 24V DC (фотонапонски панели) због проблема у довођењу мрежног напона (слика 6). Регулација протока врши се даљински (изузев на неколико латералних прикључака) као и пренос података системом SCADA у диспечерски центар на постројењу у Ариљу.



Слика 6. Унутрашњост МРБ Брђани и Латерални прикључак са фотонапонским ћелијама

Figure 6. Interior of MRB Brđani and Lateral connection with photovoltaic cells

Контролу квалитета чисте воде на цевоводу, градским и дистрибутивним резервоарима РВС „Рзав“ раде Заводи за заштиту здравља Ужице и Чачак. Основна карактеристика дистрибутивног цевовода РВС „Рзав“ јесте диспропорција пројектованог и оствареног протока воде кроз МРБ-ове. Ово за последицу осим великог притиска у цевоводу има и брзине струјања флуида, које су највећим делом године у вредности 0,3-0,5 m/s (на краку Пожега 0,1 m/s) што ствара услове за таложење органолептичких честица по обиму цевовода и појаву мутноће у време појачане потрошње. У хидрауличком чвору Брђани врши се најпре прихват воде у прекидну комору, а потом њено препумпавање у резервоар Г. Милановца. Енергетски гледано овде се врши обарање притиска воде из цевовода на атмосферски („бацање“ 11 бар притиска из цевовода, а потом узимање енергије из електро мреже за препумпавање на потисни притисак од 13 бара).

Овај проблем је настао из разлога димензионисања цевовода за коначну дистрибуцију (пројектовани протоци знатно већи од остварених) и пада притиска који би њиме био изазван, као и висинског положаја резервоара Г. Милановац. Наведено узрокује потребу димензионисања снажније опреме, цевовода и пратеће опреме за хидро удар (антихамери мембранског типа) итд.

Унутар пумпне станице налазе се 4 пумпна агрегата од којих су 3 пумпна агрегата тростепене пумпе снаге ел. мотора 250 kW испоруке 125-130 L/s а један двостепени пумпни агрегат снаге ел. мотора 132 kW испоруке 75 L/s.

2.2.4. Добре стране рада водосистема „Рзав“

Редован режим рада водосистема „Рзав“ карактерише, поред уредног снабдевања потрошача квалитетном водом за пиће, и јако мали губици у систему. Сво време од када овај систем ради, они су на годишњем нивоу испод 5%, и то са обрачунатим губицима на самом постројењу. У добре стране овог система спада и чињеница да је транспорт вода у највећем делу дистрибутивног система гравитациони, као и да је праћење рада система и аутоматика на завидном нивоу.

2.2.5. Проблеми у раду

За сво време досадашњег рада основни проблеми техничке природе су били следећи:

- јако променљиви услови квалитета сирове воде као и проблеми у захватању исте настали услед наглог пораста нивоа реке као и услед наноса лишћа и грања на уста водозахватне грађевине;
- релативно високи притисци на магистралном цевоводу, мале брзине струјања флуида кроз цевоводе чисте воде;
- проблем енергетске неефикасности рада са захватом из живог тока, као и код хидрауличког чвора „Брђани“;
- проблеми малог резервоарског простора како на ППВ тако и по градовима који дају малу временску резерву за континуално водоснабдевање у условима обуставе дистрибуције вода са постројења „Рзав“
- у проблем техничко-административне природе спада, као што је наведено, знатно већи капацитет овог РВС од садашњих потреба конзума, тиме и потреба за новим потрошачима. То је пожељно због економског, а повољно би било и са аспекта сигурности у квалитет испоручене воде.

3. Ванредни догађаји

Иако ретки, забележено је неколико појава ванредних догађаја око РВС „Рзав“. Ванредне догађаје делимо у две групе и то:

- 3.1 Ванредни догађаји изазвани оштећењима на магистралном цевоводу;
- 3.2 Ванредни догађаји који су изазвани поплавама;

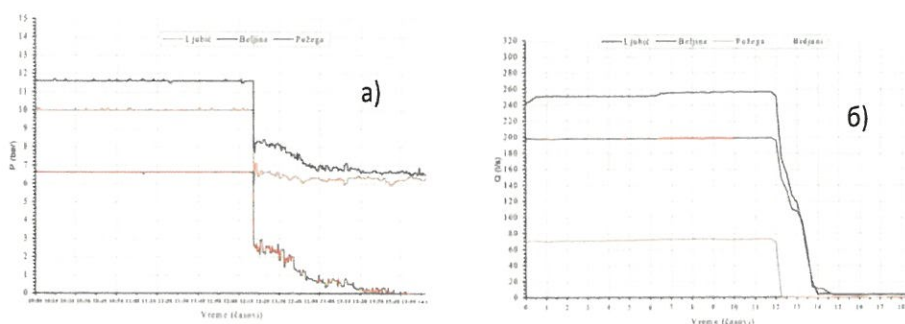
3.1 Ванредни догађаји изазвани оштећењима на магистралном цевоводу

3.1.1. Хаварија на магистралном цевоводу - јун 1996. године Трбушани

Не рачунајући интервенције на дистрибутивном цевоводу, прва озбиљнија хаварија догодила се јуна 1996. године. Манифестовала се истискивањем/избацивањем велике кугле ваздушног вентила из тела вентила у шахти вентила у месту Трбушани (неколико km испред Чачка). Све ово последица је појаве превеликог притиска насталог као последица хидрауличног удара. Наиме, нестручном манипулацијом затварачима од стране радника ЈКП „Водовод“ - Чачак у МРБ Бељина - Чачак дошло је до наглог затварања лептирастог затварача што је био повод за појаву снажног хидро удара. То је за последицу имало хаварију ваздушног вентила и прекид у водоснабдевању. Ова хаварија изазвала је прекид у водоснабдевању у трајању од 2 дана.

3.1.2. Хаварија на магистралном цевоводу - август 2000. године у месту Горобиље

Дана 6. августа 2000. године дошло је до ничим изазваног пуцања бетонске цеви пречника 1.200 mm на стационожи 6+920 дистрибутивног магистралног цевовода у подручју села Горобиље. Обим оштећења је био такав да су се дистрибутивни фабрички резервоари запремине 8.000 m³. испразнили за неколико минута. Процењује се да је проток кроз цевовод ϕ 1.200 mm испред места хаварије био око 3.500 L/s. Прекид у водоснабдевању трајао је 3 дана. Детаље настале хаварије илуструју дијаграми на слици 7.

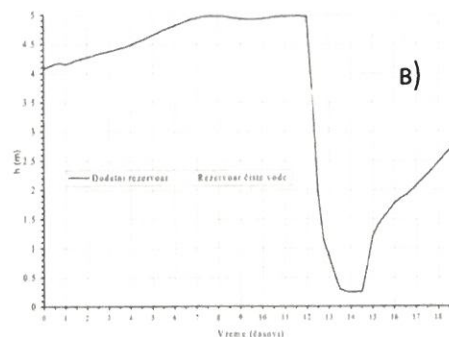


Слика 7 а) Дијаграм притисака у МРБ Пожега, Љубић и Бељин

Figure 7 a) Diagram of pressures in MRB Požega, Ljubić and Beljin

Слика 7 б) Дијаграм протока у МРБ Пожега, Љубић, Бељин и Брђани

Figure 7 b) Flow diagram in MRB Požega, Ljubić, Beljin and Brđani



Слика 7 в) Дијаграм нивоа на резервоарима ППВ
Figure 7 v) Level diagram on Water treatment reservoirs

3.1.3. Хаварија на магистралном цевоводу: август 2013. - Пријановићи

Августа 2013. године на стационажи 11+725 у месту Пријановићи дошло је до хаваријског оштећења бетонске цеви ϕ 1.000 магистралног дистрибутивног цевовода (слика 8). Обим оштећења је био такав да је прекид у водоснабдевању трајао 3 дана до замене бетонске цеви челичном.



Слика 8. Оштећење бетонске цеви ϕ 1000
Figure 8. Damage to concrete pipe ϕ 1000

3.1.4. Хаварија на краку за Лучане - јануар 2016. године

Јануара месеца 2016. године дошло је до пуцања ваздушног вентила на делу цевовода крака за Лучане. Наиме, део цевовода поменутог крака прелази преко истоименог моста па је услед дуготрајног хладног времена дошло до мржњења воде унутар ваздушног вентила да би у периоду крављења дошло до пуцања вентила и наглог истицања. Слика 9 илуструје настало истицање као и дијаграм притиска кроз МРБ-ове.



Слика 9. Мост Лучани истицање услед мразом изазваног пуцања засуна, и сам засун

Figure 9. Lučani Bridge - protrusion due to frost-induced cracking of the latch, and the latch itself

3.2 Ванредни догађаји који су изазвани поплавама и великим водама

3.2.1 Поплаве новембар 2009, април 2014. и март 2016. године

У наведеним датумима услед великих падавина дошло је појаве великих вода (слика 10), изливања истих и плављења објеката, мерно регулационих блокова и остале инфраструктуре РВС „Рзав“. Било је великих проблема у функционисању како дела прераде тако и дистрибуције воде.

Током поплавног таласа почетком новембра 2009. године забележен је ниво на привременом водозахвату од преко 3.5 m са процењеним протоком од преко 300 m³/s. Марта 2016. године забележен је сличан ниво и проток реке док је 2014. године ниво и проток био нешто мањи. Просечан годишњи проток износи 6-8 m³ и он се из године у годину смањује. У овим ситуацијама угрожени су параметри квалитета мутноћа односно садржај органским материја који значајно искачу у једном шпицу који траје 5-8 сати а потом се устале и опадају. Тако на пример мутноћа у време пораста нивоа на водозахватној грађевини иде на максималних 1.800 NTU а утрошак КМnO₄ 200 mg/l (границе 1 NTU, односно 8 mg/l) и посебно је опасна за технологију уколико се не предвиди и не отпочне са јаким дозама унапред. Ситуација се стабилизује чим параметри престану са растом, када стагнирају и полако почну опадати. Крајњи корисници овакве ситуације до сада нису осетили.

Овакве ситуације трају 2-3 дана, али први дан је најтеже издржати. Ваља напоменути да овакве ситуације, најчешће путем темељног испуста, јако добро очисте уста водозахватне грађевине, мада је било ситуација када река навуче балване који механички запрече темељни затварач. У тој ситуацији ангажовани су рониоци у једној ризичној операцији вађења нанетих трупца.



Слика 10 а) Фотографија поплаве 7.11.2009.

Слика 10 б) Штете од поплаве 7.3.2016.

Figure 10 a) Flood on November 7, 2009.

Figure 10 b) Flood damage on March 7, 2016.

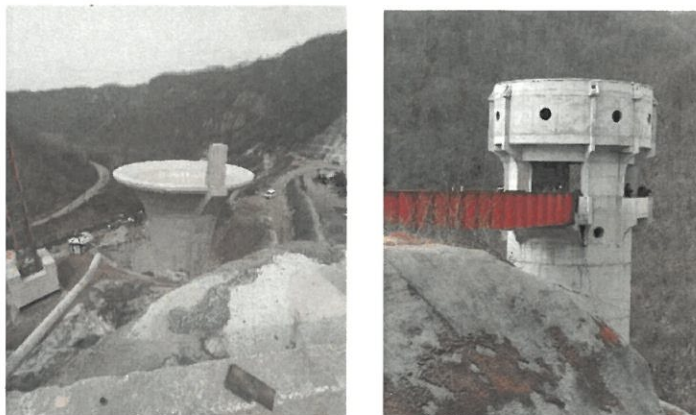
4. Даљи развој и потреба за новим потрошачима

4.1 Брана и акумулација „Сврачково“

Изградњом бране „Сврачково“ била би употпуњена прва фаза изградње РВС „Рзав“ што би обезбедило неопходну количину сирове воде у месецима наглашене летње потрошње, и значајно мање трошкове ел.енергије, који у овом тренутку по основу препумпавања износе и преко 60 милиона динара годишње. По питању хидрологије и заштите од великих вода брана „Сврачково“ имала би значајну улогу. Такође стварају се услови за уградњу и пуштање у рад 2 хидро турбине за производњу ел.енергије снаге $2 \times 3,6 \text{ kW}$. Изградњом бране би, технички гледано, било омогућено разматрање прикључења нових општина-корисника вода овог регионалног система.

До сада пресек радова на брани „Сврачково“ је (део приказан на слици 11):

- урађен је приступни пут у дужини од 2826 метара за који је добијена употребна дозвола;
- урађен је далековод 35/10 kVA за повезивање на ел. мрежу у дужини од око 5.000 m за који је такође добијена употребна дозвола;
- пробијена су сва три тунела и то тунел шахтног прелива, тунел темељног испуста и енергетски тунел;
- марта 2024. река је преусмерена у оптични тунел чиме су створени услови за израду ињекционе галерије, предбране и услови за насипање бране;
- завршени су сви бетонски радови на тунелима и извршена заштита реке у зони слапишта (урађена је водозахватна кула и тунел шахтног прелива);



Слика 11. Изграђени објекти на брани „Сврачково“: Шахтни прелив и водозахватна кула

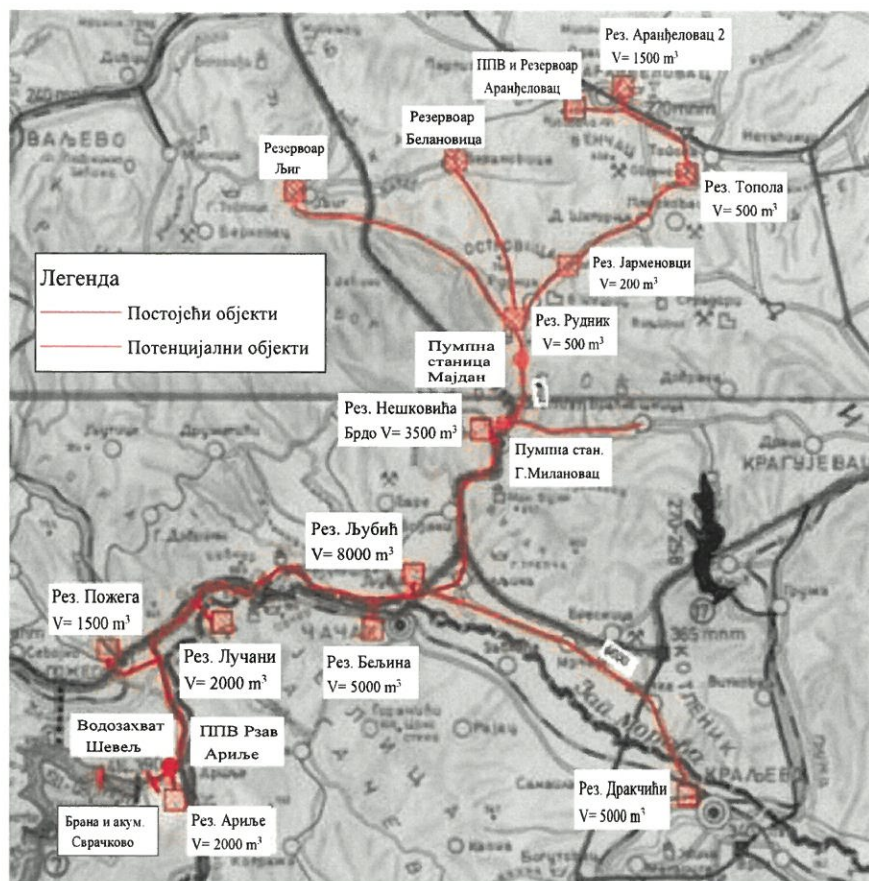
Figure 11. Constructed facilities on the „Svračkovo“ Dam: Shaft spillway and water intake tower

4.2. Даљи развој ППВ и дистрибутивног система

Предвиђени развој ППВ и дистрибутивног система у садашњим границама је описан у 2.1, 2.2.2. и 2.2.3. Имајући у виду капацитете овог система (посебно по изградњи бране „Сврачково“), као и дугорочне потребе за водом постојећих пет општина корисника (знатно мање од некада планираног), намеће се закључак да треба размотрити прикључење нових корисника на овај квалитетан регионални систем. Ко су потенцијални нови корисници?

Поред неких мањих места у постојећих 5 општина-корисника, то би могле бити општине Топола (пре свих) и Аранђеловац, као и делови општина Љиг и Краљево. Не улазећи детаљно у техничке анализе (документационо обрађене и изводљиве, вероватно и оптималне за неке од ових општина), констатујемо да би општине Топола и Аранђеловац могле добити воду са Рзава и пре изградње бране „Сврачково“, без угрожавања водоснабдевања постојећих општина корисника.

Наиме, они би могли добијати воду са Рзавског система само у периодима када има „вишка“ воде – то значи подмирени 100% сви постојећи корисници и биолошки минимум, и још остављена резерва 10%. То би омогућило да акумулације из којих се Аранђеловац данас снабдева дочекају сушни период сваке године пуне. Оне су довољне запремине да подмире потребе општина Аранђеловац и Топола у сушном периоду од бар 5 месеци сваке године, и у том периоду ове две општине не би морале узимати ни „кап“ воде из РВС „Рзав“.



Слика 12. Постојеће стање и могуће проширење РВС „Рзав“
Figure 12. Existing state and possible expansion of RVS „Rzav“

Делови општине Љиг ближе Руднику (потребе мале, реда 10-ак L/s) могу добити воду гравитацијом по изградњи резервоара Рудник, заједно са Тополом и Аранђеловцем.

Резервоар „Дракчићи“ код Краљева може добити воду из РВС „Рзав“, преко једног од резервоара близу Чачка, али обзиром на недостајуће количине воде за град и успутна насеља (реда 200 L/s), тек по изградњи бране Сврачково. Слика 12 даје приказ овог хипотетичког решења - могућег проширења РВС „Рзав“ на нове кориснике.

Пре неколико година, цевовод од Горњег Милановца до насеља Рудник је урађен, али на жалост пречника који је довољан само за транспорт воде за ово и евентуално још 1-2 мања насеља.

Наравно, поред техничког, постоји и правно-административни аспект укључења нових општина-корисника, који није једноставан, и може бити доста велика препрека, али та проблематика превазилази оквире овог рада.

5. Битна искуства из досадашњег рада и закључак

Развој РВС „Рзав“ је у складу са стратешким и планским документима [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Поред тога, у овом раду су коришћени и подаци о квалитету вода овлашћених установа, као и сама (интерна) документација ЈП „Рзав“ [7, 8].

Током више од 30 година непрекидног рада (осим у периоду од 2-3 дана услед хаваријских оштећења цевовода) може се са сигурношћу рећи да је РВС „Рзав“ оправдао своје место и улогу у водоснабдевању становништва овог дела западне Србије. Препознат је као субјект чисте здраве, хигијенски исправне пијаће воде а проблеми у водоснабдевању поменутих корисника који су били наглашени током 80-их година брзо су заборављени.

Поред мањих набројаних недостатака, основни проблем овог регионалног система је много већи капацитет система од потреба корисника у већем делу године (већ данас, а поготову по изградњи бране). Стога су нови корисници веома потребни како би се повећала рентабилност овог квалитетног РВС, а уједно и решило/побољшало питање водоснабдевања у неким угроженим општинама.

Хаваријске ситуације, као што је приказано, су ипак биле ретке и може се рећи да се ЈП „Рзав“ успешно носио са њима. Један од битних разлога је гравитациони транспорт воде од ППВ Ариље до граница (резервоара) свих општина.

6. Литература

- [1] *Водопривредна основа Србије (ВОС)*, наручилац: Републичка дирекција за воде (РДВ), Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2001.
- [2] *Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године*, наручилац: Републичка дирекција за воде, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2016.
- [3] *Главни пројекти изградње регионалног система Рзав из 80'их и 90'их година*, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 1985-1992.
- [4] *Главни пројекти изградње бране „Сврачково“ из 90'их година*, Енергопројект ДОО, Београд, 1997-2000.
- [5] *Студија водоснабдевања Шумадије и Поморавља*, наручилац: Републичка дирекција за воде Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2006.

- [6] Студија: *Анализа рада система Рзав у условима продуженог рада прелазног решења са привременим водозахватом из живог тока реке*, наручилац: ЈП „Рзав“, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2006.
- [7] Анализе квалитета вода које спроводе Здравствени заводи у Ужицу и Чачку
- [8] Интерна документација ЈП „Рзав“.