

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



36. MEĐUNARODNI
STRUČNO-NAUČNI SKUP

ZBORNIK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '15

Vršac, 13 – 16. oktobar 2015.

Инжењерска комора Србије



Планери

Урбанисти



Пројектанти

Извођачи радова



Булевар војводе Мишића 37
Београд

011 655 7410

www.ingkomora.rs info@ingkomora.rs



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**36. Međunarodni
stručno - naučni skup**

VODOVOD I KANALIZACIJA '15

Zbornik radova

Vršac, 13 – 16. oktobar 2015.



Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

mr Branislav Vujinović, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Časlav Lačnjevac, (predsednik), prof. dr Zvonko Gulišija,
prof. dr Radomir Kapor, doc. dr Dragan Milićević, Dušan Đurić,
prof. dr Vaso Novaković, Živojin Milićević, mr Bogdan Vlahović,
prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Ivan Esih, prof. dr Milan Sak-Bosnar,
prof. dr Fehim Korać, prof. dr Dragica Čamovska, prof. dr Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

mr Branislav Vujinović (predsednik), prof. dr Jovan Despotović,
Ivica Nikić, Ljubisav Šljivić, mr Zoran Pendić, Olivera Ćosović i
Marijana Mihajlović

Glavni i odgovorni urednik:

prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić i Olivera Ćosović

Štampa:

Grafički atelje "Dunav", Zemun

Naslovna strana

Paleokastrica, Krf, Grčka

Tiraž: 200 primeraka

Organizator:

Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:

Inženjerska akademija Srbije

Inženjerska komora Srbije

JKP »Beogradski vodovod i kanalizacija«

Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« Beograd

Institut za primjenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina

JKP »2. oktobar« Vršac

Pokrovitelj:

**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Republike Srbije**

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1/.2(082)

МЕЂУНАРОДНИ стручно-научни скуп
Водовод и канализација (36 ; 2015 ; Вршац)

Zbornik radova / 36. Međunarodni stručno-naučni skup Vodovod i kanalizacija '15, Vršac, 13-16. oktobar 2015. ; [organizatori] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et al.] ; [glavni i odgovorni urednik Časlav Lačnjevac]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije,

2015

(Zemun : "Dunav"). - 276 str. : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst lat. i ćir.
- Tiraž 200. - Napomene uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-33-9 (broš.)

1. Савез инжењера и техничара Србије
(Београд)

а) Водовод - Зборници б) Канализација -
Зборници

COBISS.SR-ID 217921548



СИТС - САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ ИСТОРИЈАТ И САДРЖАЈ РАДА

ИСТОРИЈАТ

Корени српске техничке цивилизације почињу још у доба Немањића. Зачеци инжењерства су у рударско-металуршким подухватима (Ново брдо) и грађењу величанствених сакралних објеката средњовековне српске државе.

Од Првог (1804), а посебно Другог српског устанка (1815), оживљава српско градитељство које је нарочито од тридесетих година било везано за изградњу саобраћајница, подизање јавних објеката, уређење вароши, и др.

У то време (1834/35. године) из аустријског царства долазе и први државни службеници – “правителствени инџинири” (Франц Јанке и барон Франц Кордон), а у том веку Србијом је прошло око 600 инжењера.

Започињање наставе на Техничком факултету Велике школе 1863. године значило је прекретницу у школовању српских инжењера. Поред школовања у земљи један број инжењера се школовао и у иностранству.

Истовремено са школовањем првих техничких кадрова јавља се и иницијатива за оснивањем стручне, еснафске организације. ТАКО ВЕЋ 3. ФЕБРУАРА 1868. ГОДИНЕ, САМО ГОДИНУ ДАНА ПОСЛЕ ПРЕДАЈЕ КЉУЧЕВА ГРАДА БЕОГРАДА ОД СТРАНЕ ТУРСКОГ ПАШЕ КНЕЗУ МИХАЈЛУ, ДОЛАЗИ ДО ОСНИВАЊА „ТЕХНИЧАРСКЕ ДРУЖИНЕ“, чији је први председник био Емилијан Јосимовић и тај датум је усвојен као година настанка наше органазације. Убрзо затим (1869.) оснива се и Удружење за пољску привреду, односно Српско пољо-привредно друштво.

Године 1890. долази до оснивања Удружења српских инжењера, а од 1896. инжењера и архитеката.

Прво стручно гласило овог удружења «Српски технички лист» изашао је 1890. године.

ПРВИ ПОЧАСНИ ЧЛАН УДРУЖЕЊА СРПСКИХ ИНЖЕЊЕРА БИО ЈЕ НИКОЛА ТЕСЛА, КОЈИ ЈЕ ТО ПРИЗНАЊЕ ДОБИО ЗА ВРЕМЕ СВОГ КРАТКОГ И ЈЕДИНОГ БОРАВКА У БЕОГРАДУ 1892. ГОДИНЕ.

За време Првог светског рата у Солуну излазе два броја „Српског техничког листа” где се иначе налазио велики број инжењера који су били и војници. Ту је 1918. године одржана Скупштина са 463 инжењера.

УДРУЖЕЊЕ ЈЕ 1932/35. ГОДИНЕ СОПСТВЕНИМ СРЕДСТВИМА, КРЕДИТИМА И ДОБРОВОЉНИМ ПРИЛОЗИМА ИЗГРАДИЛО СВОЈ ДОМ У УЛИЦИ КНЕЗА МИЛОША 7, А ДОМ ИНЖЕЊЕРА „НИКОЛА ТЕСЛА“ УЛ. КНЕЗА МИЛОША 9-11, ИЗГРАЂЕН ЈЕ У ПЕРИОДУ ОД 1962. ДО 1969. ГОДИНЕ. У ОВА ДВА ДОМА ИНЖЕЊЕРА СМЕШТЕН ЈЕ И РАДИ САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ СА СВОЈИХ 26 РЕПУБЛИЧКИХ СТРУКОВНИХ И МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНИХ ДРУШТАВА, КОЈИ СЕ САМОСТАЛНО ФИНАНСИРАЈУ, ОД УКУПНО 41 ЧЛАНИЦЕ САВЕЗА.

Поред **Емијилана Јосимовића**, првог председника, који је био и ректор Лицеја и Велике школе и почасни члан Српске краљевске академије у раду нашег Савеза учествовали су и дали свој допринос и: **Коста Алковић**, проф. Велике школе, министар грађевина, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Димитрије Стојановић**, професор Техничког факултета и први директор Српских државних железница, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Милош Савчић**, министар грађевине Србије, председник града Београда, и познати привредник, који је дао највише средстава 1932. године за подизање Дома инжењера и техничара Србије, председници САНУ **Јосиф Панчић** и **Јован Жујовић**, **Симо Лозанић**, **Кирило Савић**, **Александар Деспић**, **Никола Хајдин** и многи други познати стручњаци и научни радници.

САДРЖАЈ РАДА

Савез инжењера и техничара Србије је добровољна, невладина, непрофитна, стручно-научна, интересна, професионална и ванстраначка организација инжењера и техничара и њихових организација у Републици Србији, отворена за сарадњу са другим научно-стручним, привредним и осталим организацијама, на бази међусобног уважавања, узајамног поштовања и самосталности у раду.

Савез инжењера и техничара Србије и његове чланице се самостално финансирају и самостално финансирају своје стручне активности и издавање стручних публикација.

Циљеви и задаци СИТС-а су:

- окупљање инжењера и техничара Србије ради увећања њиховог стручног знања, обезбеђења одговарајућег статуса у друштву, на бази њиховог доприноса друштвено-економским, научно-технолошким и привредном развоју Републике Србије;
- обједињавање, јачање и омасовљавање основних инжењерско-техничарских организација Србије, развијање међусобне сарадње и сарадње са одговарајућим међународним организацијама инжењера и техничара;
- побољшање сталешког интереса, друштвеног угледа и заштите чланова инжењерско-техничарске организације Србије;
- пружање помоћи инжењерима и техничарима у научном и стручном усавршавању и организовању одговарајућих облика перманентног образовања;

- праћење савременог развоја технике и технологије и указивање на токове збивања и промене у овој области и давање мишљења о оптималности техничких и технолошких решења при инвестиционим и другим подухватима;
- неговање и развијање етике инжењерско-техничарског позива;
- подстицање, организовање и издавање научних и стручних радова, часописа и других публикација од интереса за инжењерско-техничарску организацију;
- рад на техничкој регулативи (законима, прописима и стандардима), обезбеђујући њену савременост, адекватност, актуелност и функционалност;
- разматрање и давање стручних мишљења о плановима, програмима, анализама и другим актима важним за развој технике, технологије и производње у Републици Србији;
- подстицање и помагање оних активности и иницијатива које су усмерене на очување човекове околине и уређење простора, уштеду и рационализацију потрошње свих врста енергије;
- припремање, одржавање и помагање одржавања скупова чији је циљ непрекидно стручно образовање и усавршавање инжењера и техничара;
- пружање помоћи у развоју и унапређењу технике и привреде чији су циљеви слични циљевима инжењерско-техничарске организације;
- организовање мултидисциплинарних стручних скупова и скупова од ширег друштвеног интереса;
- сарадња са одговарајућим друштвено-стручним, привредним организацијама и другим организацијама и органима на реализацији задатака од заједничког интереса;
- управљање Домом и осталом имовином Савеза инжењера и техничара Србије.

Савез и чланице Савеза имају развијену сарадњу са органима локалне самоуправе, одговарајућим градским и републичким министарствима и другим органима, Српском академијом наука, Инжењерском комором Србије, Инжењерском академијом Србије, Привредном комором Србије, са многим предузећима, привредним и стручним асоцијацијама, факултетима и универзитетима и многим другим институцијама. Имамо развијену и одговарајућу међународну сарадњу.

Савез већ дуго година на основу Закона и уговора са надлежним републичким министарствима организује и спроводи послове одржавања стручних испита из области инжењерских струка у Републици Србији.

Савез инжењера и техничара Србије – СИТС, данас има више хиљада својих чланова, 41 своју чланицу у Србији, и то: 19 републичких струковних савеза различитих инжењерских струка (архитекте, урбанисти, грађевински, машински, електро инжењери, рударски, геолози, геодети, агрономи, шумари, хемичари и др.), 7 републичких мултидисциплинарних друштава (екологија, стандарди и квалитет, информатика, заштита материјала и корозија), 1 покрајински Савез, 14 регионалних, градских и општинских удружења.

Савез је оснивач ИАС – Инжењерске академије Србије и колективни је члан Привредне коморе Србије.

У оквиру Савеза формиран је у 2002. години Развојни центар СИТС-а који ангажује наше научнике и стручњаке на решавању многих текућих и развојних садржаја из области привреде Србије.

Поред бројних периодичних публикација, редовно излази више стручних часописа, међу којима: „Техника“, „КГХ“ (Климатизација, грејање, хлађење), „Изградња“, „Процесна техника“, „Пољопривреда“, „Шумарство“, „Текстилна индустрија“, „Форум“, „Ecologica“, „Заштита материјала“ и други.

Огроман је број књига, зборника и друге стручне литературе издате и штампане од стране чланица и Савеза у протеклом периоду, послова на стручној едукацији инжењера, одржаних домаћих и међународних стручних скупова, програмских расправа и презентација са стручним ставовима и предлозима, о важним техничким и технолошким садржајима локалног и ширег друштвеног значаја.

Органи, руководство и стручна служба Савеза раде у складу са Законом, Статутом и другим општим актима и до сада нису одговарали ни по једном основу.

Савез укупан свој рад и пословање реализује у складу са процедурама и стандардима система менаџмент квалитета и има **домаћи сертификат YUQS и интернационални IQNet.**

Савез има своју покретну и непокретну имовину (Домове инжењера у Београду, Новом Саду и Нишу), самостално се финансира, редовно измирује своје обавезе према свим надлежним државним органима и својим добављачима и успешно послује.

Савез инжењера и техничара Србије, као национална инжењерска организација Србије, члан је међународних организација, и то:

- FEANI – Европска федерација националних инжењерских удружења;
- COPISSE – Стална конференција инжењера Југоисточне Европе;

FEANI непосредно комуницира са одговарајућим органима Европске уније и учесник је у одређеним пројектима и програмима које финансирају органи Европске уније.

Савез као чланица FEANI посебно учествује у програмима који се односе на сталне облике едукације инжењера, затим у оквиру посебне Комисије за мониторинг у вези са добијањем EUR-ING титуле и друго.

Већина чланица Савеза, струковних и мултидисциплинарних удружења на републичком нивоу, чланови су одговарајућих међународних организација са којима имају конкретну сарадњу.

Корени су давно постављени и евидентни су резултати пређашњег рада. Налазећи инспирацију у прошлим временима сагласно многим и великим променама у свету, а посебно у техници и технологији, Савеза инжењера и техничара Србије и његове чланице у континуитету иновирају свој рад, од интереса за своје чланове, своје чланице, грађане и државу Србију.

SADRŽAJ

<i>Dragan Milićević, Živojin Stamenković, Ljiljana Anđelković</i> Idejno rešenje rekonstrukcije i dogradnje PPV „Berilovac“ kod Pirota kapaciteta 270 L/s.....	11
<i>Aleksandar Đukić, Dragan Radojković, Nenad Milenković, Biljana Cakić, Ljiljana Dimkić, Aleksandra Cerović, Marko Ljuboja</i> Rekonstrukcija i dogradnja postrojenja za pripremu vode za piće „Bresje“ Aleksinac	20
<i>Ranko Vukićević, Aleksandar Kondić, Zdenko Palček</i> Algoritam i efekti automatizovanog upravljanja radom bunarskog izvorišta.....	27
<i>Vaso Novaković, Aleksandar Tomić, Nikola Nikolić</i> Fizičko-hemijske karakteristike prekograničnih izdani u Bosni i Hercegovini na prostoru Republike Srpske u akviferima mezozojskih karbonatnih stijena	37
<i>Marko Ljuboja, Zorana Radibratović, Bijana Cakić, Ljiljana Dimkić, Svetlana Argakijev</i> Primena savremene tehnologije prečišćavanja podzemnih voda na izvorištu „Petrovaradinska ada“ u Novon Sadu	46
<i>Predrag Petrović, Miomir Komatina, Marija Petrović, Snežana Komatina</i> Hidrogeologija i sanitarna zaštita vodosnabdevanja i balneologije Mataruške Banje.....	53
<i>Aleksandar Tanasković, Dragana Cucuč, Jelena Erceg</i> Trendovi u preradi sirove vode – zamena koagulanata u funkciji poboljšanja procesa bistrenja	61
<i>Dragan Marinović, Vladimir Savić, Nebojša Dimitrijević, Marina Stojanović, Danilo Popović</i> Kvalitet voda za piće iz seoskih vodovoda posle majskih poplava 2014. godine u okolini grada Kraljeva	67
<i>Veljko Đukić</i> Uticaj procjedne deponijske vode na kvalitet vode recipijenta	74
<i>Dragoslava Čubrilo, Jelena Zelić</i> Kvalitet vode zajedničkog vodonosnog sloja regiona Baja - Sombor	80

<i>Živorad Delić</i>	
Upravljanje akumulacijama – hidrotehničke metode u cilju očuvanja kvaliteta vode	86
<i>Bojan Milinković, Radojica Graovac</i>	
Sistem kvaliteta kroz konsultanske usluge na projektima vodovodnih objekata.....	91
<i>Cveta Martinovska Bande, Đorđi Bande, Gorjan Blaževski</i>	
SCADA sistem za nadzor vodovodne mreže u Krivoj Palanci	97
<i>Radojica Graovac, Dragomir Marković</i>	
Nova uloga komunikacionih optičkih kablova u vodoprivredi za detekciju mesta curenja vode na magistralnim cevovodima.....	104
<i>Zoran Dimitrijević</i>	
Analiza gubitaka vode „Zone Jovac“ u vodovodu grada Kraljeva metodom minimalnih noćnih protoka	110
<i>Goran Orašanin, Darko Kovač, Dragana Ristić, Rade Romić</i>	
Smanjenje prividnih gubitaka vode zamjenom vodomjera.....	121
<i>Dejan Dimkić, Mira Popović, Aleksandar Daničić, Darko Kovač, Goran Mitrović, Ana Đačić</i>	
Plan aktivnosti na povećanju efikasnosti u Nikšićkom vodovodnom sistemu.....	129
<i>Aleksandar Daničić</i>	
Modeliranje uticaja lokalne distribucije na rad regionalnog vodovodnog sistema	135
<i>Ivan Milojković, Jovan Despotović, Miodrag Popović</i>	
Kalibracija modela za održavanje i projektovanje kanalizacije na osnovu spoljnog pregleda.....	145
<i>Željka Ostojić, Nenad Milosavljević, Maja Đorović Stevanović, Strahinja Nikolić</i>	
Model kišne kanalizacije grada Vršca	151
<i>Beno Arbiter, Filip Kokalj, Niko Samec</i>	
Mathematical Modelling of Sewage Sludge Gasification	158
<i>Janez Ekart, Riko Šafarič, Janez Kramberger, Andrej Šorgo, Suzana Žilič-Fišer, Božidar Bratina, Vilijana Brumec, Jure Fišer, Tadej Krošlin</i>	
Sušenje muljeva u vacuum reaktoru	166
<i>Tanja Nenin, Anđelka Petković, Vesna Obradović, Jasna Čolić, Jovana Tončić, Marija Petrović, Tanja Vučković</i>	
Policiklični aromatični ugljovodonici u sedimentima jezera Palić i Ludoš.....	172

<i>Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović, Refik Zejnilović</i>	
Procjena uticaja na životnu sredinu postrojenja za prečišćavanje tehnoloških voda iz objekta „Mermer“	182
<i>Milovan Živković</i>	
Koncentracija napona na cevnim priključcima	188
<i>Maja Bauman, Mojca Poberžnik, Aleksandra Lobnik</i>	
Landfill Leachate Treatment – Slovenian Case Study	194
<i>Stjepan Pavliša</i>	
Društvena odgovornost i rizici upravljanja vodovodnom i kanalizacijskom infrastrukturom s aspekta zaštite od korozije	202
<i>Stjepan Pavliša</i>	
Primjena mjera sigurnosti u sustavima katodne zaštite	207
<i>Dragan Milićević, Ljiljana Anđelković, Marjan Mitić</i>	
Nužnost integralnog pristupa planiranju i upravljanju atmosferskim vodama na primeru grada Pirota	216
<i>Slavoljub Milićević, Radmila Milićević</i>	
Javno privatno partnerstvo u javno komunalnim preduzećima vodovoda i kanalizacije	228
<i>Sanda Nastić, Aleksandar Krstić</i>	
Primena benčmarketing koncepta u vodovodima iz Srbije	234
<i>Marina Janjušević-Strižak</i>	
Zaštita vodnih sistema: izazovi korporativne društvene odgovornosti za vodosnabdevanje u Srbiji	242
<i>Slavjanka Pejčinovska-Andonova, Dragica Čamovska</i>	
Importance os Stakeholder`s Engagement during Water Tariff Reform in Macedonia	251
<i>Zoran Pendić, Časlav Lačnjevac, Dragana Jovanović, Ljiljana Jovanović, Zdenka Makuc, Vesna Mioljević, Hatidža Beriša</i>	
Održivi razvoj i voda – kako sačuvati resurse i povisiti bezbednosti i kvalitet vode za piće	262

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ И ДОГРАДЊЕ ППВ „БЕРИЛОВАЦ“ КОД ПИРОТА ДО КАПАЦИТЕТА 270 L/S

CONCEPTUAL DESIGN OF RECONSTRUCTION AND UPGRADE OF WTP "BERILOVAC" NEAR PIROT WITH A CAPACITY OF 270 L/S

ДРАГАН МИЛИЋЕВИЋ¹, ЖИВОЈИН СТАМЕНКОВИЋ²,
ЉИЉАНА АНЂЕЛКОВИЋ³

Резиме: Град Пирот снабдева се водом за пиће са изворишта Крупац и Градиште, са којих се сирова вода одводи према ППВ „Бериловац“, капацитета 200 l/s и после пречишћавања даље према потрошачима у граду. Неколико пута годишње јављају се јаче падавине и отицање са сливних површина изворишта, што доводи до погоршања и квалитета изворских вода. У таквим ситуацијама ППВ „Бериловац“ не може да обезбеди адекватан третман сирове воде, па се наметнула потреба за реконструкцијом и унапређењем постројења. У раду је дат приказ постојећег стања постројења и усвојеног идејног решења реконструкције и доградње до коначног капацитета од 270 l/s, са циљем да се обезбеди захтевани квалитет воде за водоснабдевање становништва у граду током целе године.

Кључне речи: водоснабдевање, постројење за пречишћавање воде за пиће, реконструкција и доградња

Abstract: The city of Pirot is supplied with drinking water from Krupac and Gradište springs, from which raw water is transported to WTP „Berilovac“, with a capacity of 200 l/s. After treatment water is distributed further to consumers in the city. After times a year there is stronger precipitation and runoff from stream basins of the springs, which leads to worsened raw water quality. In such situation WTP „Berilovac“ can not provide adequate raw water treatment in such conditions, it become necessary for reconstruction and improvement of the plant. The paper presents an overview of the current state of the plant and the adopted solution of plant reconstruction and upgrade with a final capacity of 270 l/s with a goal to provide required water quality of drinking water during the whole year.

Key words: water supply, water treatment plant, reconstruction and upgrade

¹ доц. др Драган Милићевић, Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски факултет, Александра Медведева 14, Ниш

² доц. др Живојин Стаменковић, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Александра Медведева 14, Ниш

³ доц. др Љиљана Анђелковић, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука, Кнеза Милоша 7, Косовска Митровица

1. Увод

Систем водоснабдевања града Пирота обезбеђује здравом пијаћом водом око 50.500 житеља града и оближњих села, односно око 13.661 индивидуалних домаћинстава и 174 кућних савета, као и градску привреду, при чему је 99% територије града покривено водоводном мрежом. Од укупно захваћене изворске воде за потребе снабдевања водом града Пирота, око 80% потиче са изворишта Крупац I и II, која се налазе на око 10 km од града у ували Блато између села Крупац и Велико село и изворишта Градиште, које се налази на око 15 km од града у атару села Градиште.

Захваћена сирова вода се према Пироту са изворишта Крупац I и Крупац II одводи АС цевоводом DN 600 mm, а са изворишта Градиште АС цевоводом DN 500 mm, који се на растојању око 1.960 m од изворишта Крупац I и II спајају у заједнички доводни АС цевовода DN 600 mm капацитета око 300 l/s, којим се вода доводи до ППВ „Бериловац“ капацитета 200 l/s, на коме се, због повремених замућења након интензивних падавина или отапања снега, вода пречишћава за потребе снабдевања становништва, док се преостала количина од 100 l/s, без пречишћавања, АС цевоводом пречника DN 400 mm одводи у индустријску зону за потребе фабрике „Тигар“ као техничка вода.

Последњих година у раду ППВ „Бериловац“ се јављају све већи проблеми, тако да постројење, посебно при погоршању квалитета сирове воде не може да пречисти сирову воду до квалитета воде за пиће, због чега се повремено искључује из система водоснабдевања Пирота у трајању и по неколико дана. Обзиром да свако искључење овог дела система (макар и краткотрајно) доводи функцију града у озбиљну кризу, наметнула се потреба за реконструкцијом и унапређењем ППВ „Бериловац“, а активности на изради пројектне документације су у току.

У овом раду дат је приказ постојећег стања ППВ „Бериловац“, као и усвојеног решења реконструкције и доградње постројења до коначног капацитета од 270 l/s, са циљем да се обезбеди захтевани квалитет воде за снабдевање становништва Пирота током целе године и у свим условима експлоатације, чиме ће се побољшати основни животни услови у наредним деценијама.

2. Постојеће стање ППВ „Бериловац“

Квалитет подземних вода основне издани која се каптира на извориштима Крупац I и II и Градиште задовољава нормативе за воду за пиће у највећем делу године, изузев присуства бактерије coli и аеробних мезофилних бактерија. Међутим након интензивних падавина или отапања снега појављују се замућења воде, која нису интензивна и трају обично пар дана након падавина.

Због повремених замућивања и бактериолошке неисправности сирове воде 1988. године је изграђено и укључено у систем водоснабдевања Пирота постројење за пречишћавање сирове воде „Бериловац“, капацитета 200 l/s, према пројекту МИН Ниш из 1981. године. Комплекс ППВ „Бериловац“ површине око 1.4 ha налази се у атару села Бериловац, поред пута Крупац - Пирот на око

2.5 km од центра града. Терен у оквиру комплекса је релативно раван, надморска висина варира од 373,13 m до 373,95 m.n.m.

На ППВ “Бериловац” врши се само филтрирање, без претходног таложења и дезинфекције сирове воде. За филтрирање воде, користи се 8 филтера (4+4) под притиском са филтрационом испуном од кварцног песка висине 1 m, површине 4.909 m² сваки, смештених у челичне посуде пречника 2.5 m (слика 1). Укупна површина филтера је 39.27 m², капацитет филтрације 440 m³/m²/dan, односно брзина филтрације 18.33 m³/h. Регулација филтера је ручна. Иако је првобитно било предвиђено да се филтерска инсталација ставља у погон само при појави замућења, она је у погону током читаве године.

Пројектом је била предвиђена опрема за дозирање коагуланта, која није инсталирана, па се филтрација одвија без претходне коагулације и флокулације, тј. без претходне припреме.

Прање филтера се врши ваздухом и водом, обрнутим током под притиском 2.5 бара, у трајању од по 45 min. За прање филтера ваздухом користи се компресорска јединица капацитета 96 m³/h, притисак 0.5 бара, дуваљка капацитета 32 m³/h, а за прање водом пумпа капацитета 60 m³/h. Вода од прања филтера и технолошке отпадне воде са постројења, без икаквог третмана се испуштају у лагуну лоцирану у кругу комплекса постројења.

Филтарска инсталација смештена је у постојећу зграду филтер станице (слика 1), која се састоји од приземља са машинском халом за смештај филтера и пратећим просторијама за смештај опреме за прање филтера и подрумске галерије за смештај цевних развода и затварача. Унутрашње димензије машинске хале су 10.7 x 12.9 m, а површина основе са предпростором око 150 m².

Иза инсталације са брзим филтерима налази се пумпна станица, која потискује цевоводом DN 500 mm кроз градску дистрибуциону мрежу воду до резервоара Сарлах V = 2000 m³ и Провалија V = 5000 m³, који се налазе на коти 420,5 mm.

У пумпној станици су инсталиране четири центрифугалне пумпе (слика 1), које се комбинују ручно према потреби. Карактеристичан протицај, када самостално ради само једна пумпа је 120-130 l/s, односно око 155 l/s, зависно од тога која пумпа ради, а када раде спрегнуто две пумпе око 190 l/s. Просечан годишњи проток пумпи је око 150 l/s, а притисак на потису при уобичајеном режиму рада око 5.5 бара.

Испред пумпне станице није изграђен црпни базен, предвиђен пројектом, у коме је трабало да се прикупља вода након филтрације, већ је пумпна станица у директној хидрауличкој вези са филтерским постројењем, тј. филтерска инсталација је везана на усис пумпне станице и практично ради као бустер станица за повећање притиска.

На постројењу постоји и систем за дезинфекцију филтроване воде, са опремом за дозирање гасног хлора у потисни цевовод према граду и за неутрализацију вишка хлора.

Пумпе и систем за дезинфекцију воде смештени су у постојећу зграду пумпне станице (слика 1), која се састоји од приземља са машинском халом за смештај пумпи, просторијама за боравак особља са мокрим чвором, радионицом и пратећим просторијама за смештај опреме за хлорисање и за складиштење хлора и подруму са галеријом за смештај цевних развода и затварача. Унутрашње димензије машинске хале су 17.2 x 6.48 m, а површина основе око 110 m².



Слика 1. Постојеће зграде филтерског постројења и пумпне станице

Приступни путеви у оквиру комплекса ППВ “Бериловац” нису асфалтирани, већ су насути. Комплекс је ограђен оградом са улазном капијом.

Последњих година у раду ППВ “Бериловац” се јављају све већи проблеми, од којих су најзначајнији:

- Остварена брзина филтрације је веома велика (нешто мање од 20 m³/čas), тако да није могуће извршити квалитетну филтрацију при већим замућењима. Филтерска инсталација не успева да спусти замућење у води после филтровања унутар дозвољене границе од 1 NTU, већ се обично јавља прекорачење од 2 до 15%, а повремено и више.
- При прању филтара, реализоване цевне везе унутар зграде филтерске инсталације, захтевају искључење целе линије са 4 филтерске јединице, тако да се јавља велико оптерећење филтера у погону, што директно утиче на погоршање квалитета филтриране воде.
- Недовољан капацитет пумпе за прање филтра водом и компресора за прање филтра ваздухом
- Директна хидрауличка веза довода пумпне станице са филтарском инсталацијом има за последицу велике осцилације притиска на доводу и променљиве хидрауличке услове при прању филтера, а могу се јавити и негативни притисци у филтерској испуни и пробоји мутноће на филтерима.

3. Идејно решење реконструкције и доградње ППВ „Бериловац“

Имајући у виду велики значај ППВ „Бериловац“ у систему водоснабдевања града ЈП „Водовод и канализација“ Пирот је предузело одговарајуће активности за припрему пројектне документације за реконструкцију и доградњу постројења. Реконструкција и унапређење ППВ „Бериловац“ предвиђено је као мера Пројекта за реализацију дела Програма водоснабдевања и канализације у општинама средње величине у Србији.

Након израде Пројекта препарцелације и Урбанистичког пројекта комплекса ППВ „Бериловац“, урађен је Генерални пројекат реконструкције ППВ „Бериловац“ (ИГА, ГАФ Ниш, 2014), који је прихваћен од стране Инвеститора ЈП „Водовод и канализација“ Пирот и консултанта SETEC.

За потребе прибављања локацијских услова са свим потребним условима и сагласностима надлежних институција је урађено Идејно решење изградње ППВ „Бериловац“ (ИГА, ГАФ Ниш, 2015). Након прибављања свих потребних услова и сагласности биће настављена израда виших нивоа документације.

Према вишегодишњим хидролошким подацима за ово подручје, као и измереним карактеристикама сирове воде са изворишта Крупац I и II и Градиште, годишње се између 4 и 10 јављају веће падавине и отицање са сливних површина ових изворишта, када долази до погоршања и квалитета изворских вода.

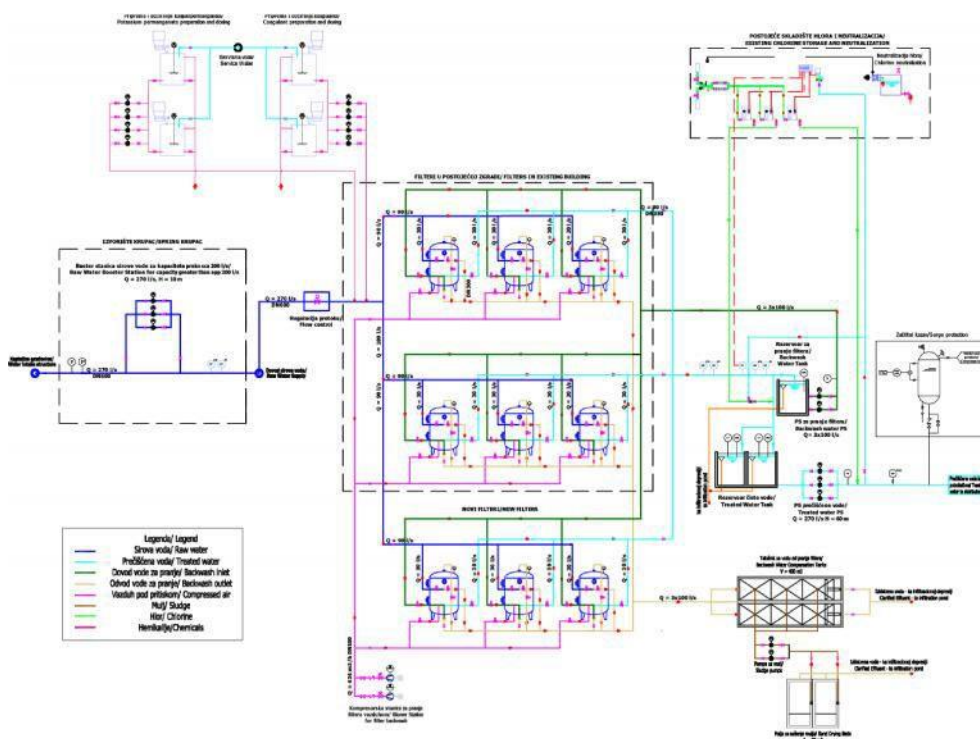
Доминантан параметар квалитета воде који тада одступа од стандарда квалитета воде за пиће је мутноћа (max 18 NTU), а повремено долази и до повећања концентрације изнад дозвољене по параметру потрошња $KMnO_4$. Једина забележена појава у току експлоатације постројења повећаног садржаја Fe и Mn изнад дозвољеног има статус изолованог случаја. Квалитет изворских вода истиче као сталну обавезу потребу пречишћавања у делу дезинфекције воде, а као привремену уклањање повећане мутноће и потрошње $KMnO_4$, евентуално садржаја Fe и Mn.

Идејно решење реконструкције и доградње ППВ „Бериловац“ конципирано је на основу анализе стања и квалитета воде са изворишта Крупац I и II и Градиште, искуства са радом постојећег ППВ „Бериловац“, могућих поступака за редукацију повремених појава загађења захваћених вода, као и захтева за реконструкцијом постојећег постројења и повећањем његовог капацитета за будући развојни период система за водоснабдевање Пирота, од садашњег 200 l/s на коначно 270 l/s.

Обзиром да заједнички АС цевовода DN 600 mm којим се вода доводи са изворишта „Крупац“ I и II и Градиште има капацитет око 300 l/s и да не може да пропусти захтевану количину воде после повећања капацитета ППВ „Бериловац“ од 370 l/s (270 l/s за становништво и 100 l/s за индустрију), идејним решењем је предвиђена уградња бустер станице капацитета $Q = 250$ l/s, $H = 6.5$ m, $P = 22$ kW, која ће радити само у режиму повећане потрошње воде, веће од 200 l/s.

Технолошка шема ППВ „Бериловац” дефинисана је у складу са захтевима пројектног задатка. Сви потребни садржаји груписани су у следеће целине:

- Филтерска станица са директном филтрацијом (додавање коагуланта директно у цевовод испред филтара, брзо мешање у самом цевоводу и филтрација на двослојним брзим филтрима под притиском)
- Резервоар чисте воде укупне запремине 700 m³
- Систем за дезинфекцију воде
- Пумпна станица за препумпавање воде према граду
- Таложник за воду од прања филтера запремине 400 m³
- Поља за сушење муља



Слика 2. Процесно-хидрауличка шема ППВ „Бериловац“

За филтрирање воде, користиће се 9 филтера (3+3+3) под притиском са двослојном филтрационом испуном од кварцног песка и антрацита укупне висине 1.4 m, површине 8.04 m² сваки, смештених у челичне посуде пречника 3.2 m. Укупна површина филтера је 72.38 m², капацитет филтрације 323 m³/m²/dan, односно брзина филтрације 13.40 m/h. Регулација филтера може бити аутоматска или ручна.

За ефикасан рад филтера и њихово одржавање у стално функционалном стању, планирају се нови системи за прање филтера (ваздух и вода), који ће омогућити прање сва три филтера у линији, али и појединачно прање сваког

филтера по потреби. За потребе прања филтера водом предвиђена је посебна комора у новопланираном резервоару, којом се обезбеђује потребна запремина нехлорисане воде за прање једне филтарске јединице. Такође су планиране пумпа капацитета $230 \text{ m}^3/\text{h}$ за препумпавање воде и компресорска станица капацитета $683 \text{ m}^3/\text{h}$, притисак 0.5 bara за препумпавање ваздуха потребних у процесу прања филтера.

Пратећи елементи нове филтарске станице су системи за припрему сирове воде пре довођења на филтровање (дозирање коагуланата и евентуално калијумперманганата). Уколико је мутноћа сирове воде већа од 10 NTU пре процеса филтрирања ће се вршити додавање коагуланта. За припрему 10% раствора коагуланта (дозе од 5 до 15 mg/l алуминијумсулфата) и његово додавање сировој води пре филтровања су предвиђени резервоари од армираног полиестера, мешалице и пумпе за дозирање.

Редукција повећаних садржаја гвожђа и мангана у води (изузетно) ће се вршити интервентним додавањем пре филтровања калијумперманганата као јаког оксиданта. За припрему 2% раствора калијумперманганата (дозе од 1.0 до 1.5 mg/l и његово додавање сировој води пре филтровања су предвиђени резервоари од армираног полиестера, мешалице и пумпе за дозирање.

Како би се сместили нови филтери, са пратећом опремом за прање и системи за припрему сирове воде пре довођења на филтровање предвиђена је реконструкција и доградња постојеће зграде филтер станице. Кров постојеће зграде се демонира, висина се подиже за 204 cm и израђује се нови, монтажномонтажни кров од челичних профила. Под од керамичких плочица и зидови постојеће зграде ће се по потреби санирати. Такође је предвиђена доградња анекса постојеће зграде филтер станице унутрашњих димензија $7 \times 17 \text{ m}$, са идентичним котама пода и плафона, тако да са постојећом зградом чини јединствену целину.

Систем за дезинфекцију воде чине гасни хлоратор са опремом за дозирање и неутрализацију вишка хлора. Усвојена доза хлора за основно хлорисање је у границама $0,8 - 1,5 \text{ g/m}^3$, средња доза $1,0 \text{ g/m}^3$, а максимална доза хлора за додатно хлорисања је $0,5 \text{ g/m}^3$, уколико је потребно. Основно хлорисање ће се вршити додавањем хлора у цевовод испред комора резервоара са хлорисаном водом, а додатно хлорисање додавањем хлора у потисни цевовод према граду. Према карактеристикама постојећег система хлорисања он задовољава садашње и будуће потребе за рад постројења у делу дезинфекције воде.

Реконструкцијом пумпне станице предвиђена је демонтажа постојећих пумпи и инсталирање нових, као и реконструкција цевовода. За транспорт чисте воде према граду предвиђена је уградња три пумпе са карактеристикама $Q = 450 \text{ m}^3/\text{h}$, $H = 61 \text{ m}$, $P = 110 \text{ kW}$ свака. Изглед и функција постојеће зграде пумпне станице се у потпуности задржавају. Грађевински радови који прате ову интервенцију су пробијање отвора у плочи и зидовима постојеће зграде пумпне станице за пролаз цеви, као и по потреби санација подова и зидова.

Идејним решењем је предвиђена изградња резервоара укупне запремине од око 700 m³, који је делимично укопан, тако да ће дно резервоара бити 3.20 m испод нивоа терена. Резервоар се састоји из 3 коморе, са максималном дубином воде од 5.0 m и минималном дубином воде, као заштита од увлачења ваздуха, од 1.5 m и затварачнице у којој су смештени цевни развод са затварачима. Једна комора ефективне запремине 210 m³ користи се за хватање нехлорисане воде за прање филтера, а две коморе ефективне запремине 243.6 m³ свака, за хватање хлорисане воде за потискивање у дистрибутивну мрежу.

Вода од прања филтера, први филтрат и сав вишак вода (прелив и испуст) из технолошког процеса пречишћавања сирове воде на постројењу се доводе на третман у новопроектовани таложника запремине 500 m³, пре испуштања ових вода у оближњу лагуну односно пријемник.

Делимично укопана конструкција таложника је армирано-бетонска, са две коморе због повременог чишћења и одржавања. Унутрашње димензије комора у основи су 4,1 x 12,3 m, а висина 4 m. Свака од комора таложника има по три подужно распоређена левка за муљ из којих се муљ периодично препумпава у поља за сушење муља.

Поља за сушење су од армираног бетона, оивичена ниским бетонским зидовима, са слојем песка и шљунка, као и подземним дренажни системом.

Предвиђена је уградња комплетне хидро-машинске опреме према усвојеној технолошкој схеми пречишћавања, као и пратећих цевних водова са свим потребним фазонским комадима и арматурама. Праћење и контрола рада постројења биће потпуно аутоматизовани SCADA системом.

Комплекс остварује директну саобраћајну везу на општински пут Пирот-Крупац. Унутар комплекса саобраћај ће се одвијати преко асфалтираних саобраћајница ширине 3.50 m, а планира се и паркирање за службене аутомобиле. Постојећа ограда и капија за улаз у комплекс се задржавају, а око комплекса уз ограду се планира формирање заштитне зоне зеленила.

4. Закључак

У раду је дат је приказ постојећег стања ППВ „Бериловац”, у чијем раду се последњих година јављају све већи проблеми, као и усвојеног решења реконструкције и доградње постројења до коначног капацитета од 270 l/s. Имајући у виду велики значај ППВ „Бериловац” у систему водоснабдевања града ЛП „Водовод и канализација” Пирот је предузело одговарајуће активности за припрему и реализацију реконструкцију, доградњу и унапређење постројења.

Усвојено техничко решење ППВ „Бериловац” базирано на савременим сазнањима у области пречишћавања воде за пиће и практичним искуствима стеченим у вишедеценијском раду постројења, треба да обезбеди хигијенски исправну воду за водоснабдевање становништва Пирота током целе године и у свим условима експлоатације, чиме ће се побољшати основни животни услови у наредним деценијама.

5. Захвалност

Истраживање приказано у раду је урађено у оквиру научног пројекта Министарства просвете и науке Републике Србије ТР 37018 и ТР 33046.

6. Литература

- [1] Генерални пројект снабдевања водом насеља општине Пирот са претходном студијом оправданости, Беоинжењеринг 2000, Београд, 2006.
- [2] Студија изводљивости Пирот, SETEC, 2011. година
- [3] Генерални пројекат ППВ „Бериловац“, Институт за грађевинарство и архитектуру Грађевинско-архитектонског факултета у Нишу, 2014.
- [4] Идејно решење ППВ „Бериловац“, Институт за грађевинарство и архитектуру Грађевинско-архитектонског факултета у Нишу, 2015.

**R KO STRUKC DOGR D J POSTROJ J Z
PR PR MU VOD Z P „ BRSJ “ –L KS C**

**R CO STRUCT D XT S OF DR K GW T R
TR TM T PL T „ BRSJ “ –L KS C**

LEKSANDAR ĐUKIĆ¹, DRAGAN RADOJKOVIĆ²,
NENAD MILENKOVIĆ¹, BILJANA CAKIĆ¹, LJILJANA DIMKIĆ¹,
ALEKSANDRA CEROVIC¹, MARKO LJUBOJA¹

Rezime U radu je prikazano predloženo rešenje rekonstrukcije postrojenja za preradu vode „Bresje“ kod Aleksinaca, koje tretira vodu iz akumulacije Bovan. Zbog dugog vremena eksploatacije i postepene promene kvaliteta vode u akumulaciji, predviđena je rekonstrukcija postrojenja i uvođenje novih tehnoloških postupaka tretmana. Izvedeni su istražni radovi na osnovu kojih je definisan obim i način rekonstrukcije postrojenja. Naročiti izazov bilo je poštovanje zahteva da se u proces tretmana ne uvede crpne stanice već da se u okviru raspoloživog hidrauličkog pada realizuju svi postupci tretmana, što je zahtevalo detaljne analize i specifična rešenja rekonstrukcije.

Ključne reči akumulacija, voda za piće, tretman voda, filtracija, ozonizacija

abstract The paper presents the proposed solution for reconstruction of drinking water treatment plant Bresje in Aleksinac, which treats water from reservoir Bovan. Because of the long time exploitation and gradual changes of the reservoir water quality, reconstruction of

¹ mr Aleksandar Đukić, dipl. inž. građ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

² Dragan Radojković, dipl. inž. el, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Petra Zeca 35, Aleksinac

¹ Nenad Milenković, dipl. inž. teh, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Biljana Cakić, dipl. inž. maš, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Ljiljana Dimkić, dipl. inž. arh, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Aleksandra Cerović, dipl. inž. građ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Marko Ljuboja, dipl. inž. građ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

the plant and introduction of new treatment technologies have been planned. Investigation works were executed and obtained results provided a basis for defining the scope and type of the plant reconstruction. The particular challenge was to define the reconstruction while respecting the requirement that all treatment shall be performed within the existing hydraulic head, without additional pumping. That requirement led to detailed analyses of the existing plant and introduction of some specific solutions for reconstruction.

Key words reservoir, drinking water, water treatment, filtration, ozonation

1. Uvod

Postrojenje za prečišćavanje vode „Bresje“ kod Aleksinca je u funkciji od 1984. godine, i izgrađeno je za bruto kapacitet 330 l/s, odnosno 300 l/s prečišćene vode. Sirova voda se zahvata iz obližnje akumulacije Bovan i dovodi do postrojenja cevovodom prečnika DN 800. Nakon skoro 30 godina uspešnog funkcionisanja, usled zastarelosti opreme kao i promena kvaliteta sirove vode usled procesa starenja akumulacije, postoji više problema u procesu prečišćavanja vode na PPV „Bresje“. Neophodno je pristupiti rekonstrukciji i inoviranju postojećeg tehnološkog procesa prerade vode, uz uvođenje novih i savremenijih tehnologija kao i odgovarajuće savremene opreme, kako bi kvalitet vode na izlazu iz postrojenja i u budućnosti u potpunosti zadovoljavao zakonske propise i za uslove najnepovoljnijeg kvaliteta ulazne sirove vode.

2. Postojeći tehnološki postupak

Tehnološki proces prerade vode za piće na postrojenju „Bresje“ obuhvata sledeće tehnološke celine:

- proces bistrenja sa dodavanjem aluminijum-sulfata i polielektrolita i sa taloženjem na lamelarnom taložniku (sa sačastim lamelama),
- filtracija na brzim peščanim gravitacionim filtrima,
- dezinfekcija hlorom.

Bazeni za flokulaciju, taloženje i filtraciju su izvedeni kao otvoreni (slika 1), što nije povoljno za postupak tretmana vode. Efikasnost taloženja je prihvatljiva, ali oprema za pripremu i doziranje hemikalija, kao i mešalice u flokulatoru su na isteku radnog veka i potrebno je zameniti ih.



Slika 1. PPV „Bresje“, postojeće stanje: napred: otvoreni flokulatori, taložnici i filteri; u pozadini: filterska galerija (desno), upravno-servisni blok (sredina), magacin hemikalija (levo)

Postojeći filteri su peščani gravitacioni sa duplim dnom. Filterskih polja ima 6 sledećih karakteristika: brzina filtracije je 5.2 – 6.3 m/h, visina duplog dna je 1.1 m, debljina peščane ispune je 0.8 m i nadsloj vode je 0.4 m. Iz priloženog se vidi da su postojeći filteri izvedeni sa malim nadslojem vode i velikom visinom duplog dna filtera. Filterska ispuna se pere vazduhom i vodom (odvojene faze), s tim da je voda za pranje hlorisana. Voda se na svako polje peščanih filtera dovodi na jedno centralno mesto i zbog toga nastaju problemi u radu usled remećenja površine ispune i neravnomerne raspodele vode. Filtrirana voda se sakuplja u armiranobetonskom rezervoaru čiste vode ispod filtera, odakle se nakon dezinfekcije hlorom gravitacijom upućuje potrošačima.

Na osnovu sprovedenih geodetskih snimanja postrojenja precizno je sagledan visinski raspored objekata i nivoa vode u izvedenom stanju postrojenja i konstatovano je da su visinske razlike između objekta i nivoa vode uglavnom u punom skladu sa projektovanim vrednostima.

Kvalitet sirove vode akumulacije „B ovan“

Kvalitet vode u akumulaciji Bovan predmet je redovnog monitoringa RHMZ Srbije. Ispitivanja se sprovode na tri profila na jezeru (kod brane, na sredini i početku akumulacije), na tri dubine, jednom godišnje, mahom u vegetativnom periodu. Tokom razmatranog perioda 1991 – 2011. god. registruju se povremena odstupanja od kvaliteta vode za piće po sledećim parametrima: pH vrednost, mangan, gvožđe, organska materija, mutnoća, boja, nitriti i amonijum jon. Analizom podataka, uočavaju se dva kritična perioda tokom godine: letnji i zimski.

Tokom leta registruju se povišene koncentracije mangana i amonijum jona dok se u zimskom periodu godine registruje povišen sadržaj organske materije (izražene preko parametra potrošnje KMnO_4) i mutnoće. Prisustvo PCB, PAH jedinjenja i deterdženata nije dokazano. Povremeno se registruje sadržaj fenolnih jedinjenja u koncentracijama iznad MDK vode za piće (1 $\mu\text{g/l}$). Maksimalno izmerena koncentracija iznosi 10 $\mu\text{g/l}$. Organohlorni pesticidi su ispod granice detekcije primenjene metode. Povremeno se registruje prisustvo herbicida na bazi triazina (atrazin) ali samo na uzvodnim profilima akumulacije.

Institut „Jaroslav Černi“ je za izveo dodatna ispitivanja kvaliteta vode u akumulaciji Bovan tokom 2014. godine, na više dubina u profilu vodozahvata kod brane Bovan. Rezultati su potvrdili ranije nalaze, s tim da je pokazano da kvalitet vode tokom godine znatno varira sa dubinom, te stoga pravilnim izborom dubine sa koje se sirova voda zahvata se može uticati na optimalno vođenje procesa tretmana.

Ispitivanja su pokazala da jezerska voda pokazuje znatne promene u mikrobiološkom kvalitetu tokom godine, što je posledica eutrofikacije jezera. Takođe, ispitivanjima je pokazano da postoje svi preduslovi za obrazovanje biofilma u cevovodu sirove vode, što može povremeno imati negativne posledice po kvalitet sirove vode koja dolazi na postrojenje.

Predlog rekonstrukcije i dogradnje PPV „B resje“

Zadatak rekonstrukcije je da definiše neophodne radove da postrojenje pri postojećem kapacitetu od 330 l/s i pri budućem kvalitetu sirove vode, obezbedi efikasan i pouzdan tretman sirove vode do kvaliteta vode za piće. Svi radovi na rekonstrukciji postrojenja moraju biti takvi da omogućavaju ispunjenje sledećih uslova:

- da deo postrojenja normalno funkcioniše u toku njegove rekonstrukcije i isporučuje higijenski ispravnu vodu potrošačima,
- da se u proces tretmana ne uvode crpne stanice već da se u okviru raspoloživog hidrauličkog pada realizuju svi postupci tretmana,
- prilikom koncipiranja rešenja treba voditi računa da se ostavi potreban prostor za eventualna buduća proširenja kapaciteta postrojenja.

Novi predloženi postupak prerade vode na PPV Bresje obuhvata (slika 2):

- prethodna oksidacija na ulasku u cevovod sirove vode, kako bi se, između ostalog, smanjio/eliminirao biofilm u dovodnom cevovodu.
- korekcija pH vrednosti (CO₂),
- bistrenje (koagulacija, flokulacija i taloženje),
- ozonizacija,
- filtracija na dvoslojnim (pesak –antracit) filtrima,
- dezinfekcija.

Kapacitet postrojenja nakon rekonstrukcije ostaje nepromenjen, i iznosi 330 l/s (300 l/s prečišćene vode), a objekti su koncipirani tako da se sastoje od dve paralelne linije kapaciteta po 165 l/s.

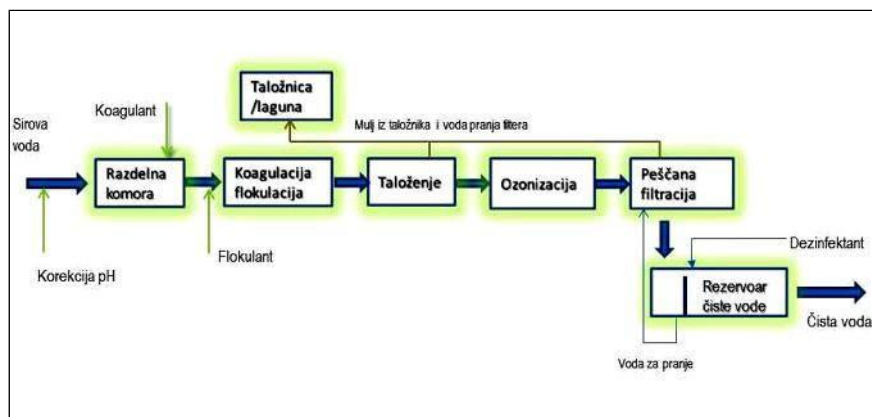
Na dovodu sirove vode predviđa se ugradnja merača protoka i regulacionog zatvarača, za potrebe precizne regulacije protoka sirove vode koji se prerađuje.

Prvi, najuzvodniji, objekat na postrojenju je raspodelna komora koja prihvata sirovu vodu iz akumulacije. Nakon rekonstrukcije, kao i do sada, biće u pogonu samo jedna linija kapaciteta 330 l/s.

U procesu bistrenja sprovodi se postupak brzog i sporog mešanja koagulanata i flokulanta sa sirovom vodom pre nego što se ona uvede u lamelarni taložnik. U raspodelnoj komori predviđeno je doziranje aluminijum sulfata i ugradnje nove brze mešalice (koagulacija). Doziranje polielektrolita je predviđeno pre ulaska vode na flokulator. Proces flokulacije se odvija u dve komore gde su smeštene nove spore mešalice sa horizontalnom osovinom a nakon toga voda odlazi na taloženje u lamelarni taložnik. U taložniku nije predviđena zamena lamela, jer su postojeće u dobrom stanju i imaju zadovoljavajuću efikasnost, već samo zamena i izdizanje prelivnih korita za prihvatanje izbistrene vode za 12 cm.

Nakon bistrenja voda bi se slala na proces ozonizacije. Proces je koncipiran tako da se sastoji od dve nezavisne linije za ozonizaciju kapaciteta po 165 l/s. Predviđa se postavljanje dva ozon generatora za proizvodnju ozona iz tečnog kiseonika. Izbor ovog tipa proizvodnje ozona je opravdan jer je oprema za proizvodnju ozona iz

vazduha složenija i skuplja. Pored ovoga, oprema za proizvodnju ozona iz tečnog kiseonika je: znatno efikasnija i daje veću koncentraciju ozona u izlaznom gasu (do 14%), pouzdanija u radu, sa nižim godišnjim troškovima proizvodnje i održavanja.



Slika 2. Blok šema postupka tretmana vode nakon rekonstrukcije PPV "Bresje"

Osnovne karakteristike ozonskog bloka su:

- broj linija za ozonizaciju: 2 paralelne linije po 165 l/s
- broj komora po liniji: 2
- vreme kontakta 20 min,
- maksimalna doza ozona 3 gr/m³
- maksimalna količina ozona GO₃ 3.564 kgO₃/h

Objekat za ozonizaciju je projektovan kao armiranobetonski iz dva nivoa:

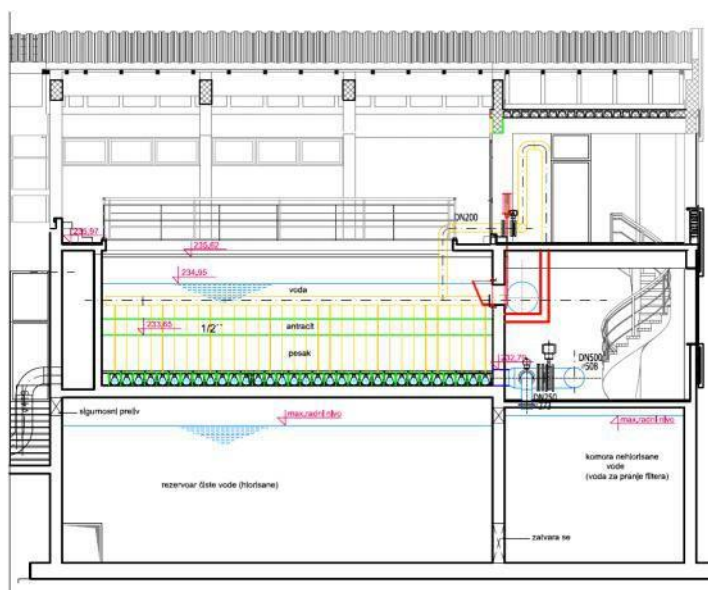
- na prvom nivou su komore za uvođenje ozona i zatvaračnice,
- na drugom nivou je smeštena oprema za proizvodnju i destrukciju viška ozona.

Kada je u pitanju proces filtracije, predviđeno je da rekonstruisani filteri (slika 3) rade kao filteri sa konstantnim nivoom vode i konstantnom brzinom filtracije. Osnovni zahvat na poboljšanju kvaliteta izlazne vode nakon filtracije je da se postojeći jednoslojni filteri zamene dvoslojnim, čiju ispunu bi činio kvarcni pesak i antracit. Novoprojektovani filteri se sastoje od dvoslojne ispune i većeg nadsloja vode, odnosno:

- sloj kvarcnog peska 0.9 m
- sloj antracita 0.4 m
- nadsloj vode 0.9 m

Da bi bili ispunjeni zahtevi koji se postavljaju pred rekonstrukciju i da se uklopi tehnološka linija ozonizacije u hidraulički profil sistema bez dodatnog pumpanja, predviđeno je da se postojeće duplo dno visine 1,1 m zameni drenažnim sistemom visine 0,3 m. Drenažni sistem ima funkciju duplog dna tako da skuplja filtriranu vodu i distribuira vodu i vazduh za pranje filtera. Preko drenažnog sistema umesto šljunka predviđene su prefabrikovane ploče sa otvorima. U sklopu rekonstrukcije

filtera zadržava se armiranobetonska filterska konstrukcija, preliv i kanal za odvod vode od pranja, kao i kanal za sakupljanje prečišćene vode i distribuciju vode za pranje. Predviđena je kompletna rekonstrukcija sistema za pranje filtera vazduhom i vodom sa novom hidromašinskom i elektro opremom, koja će obezbediti direktan uvid rukovaoca o načinu i kvalitetu pranja svakog pojedinačnog filtera.



Slika 3. Presek kroz rekonstruisani filter sa cevnim vezama

Zbog različitih ograničenja koja trenutno postoje, zadržava se postojeći sistem dezinfekcije gasovitim hlorom, ali predviđa se njegova zamena sa sistemom za produkciju hipohlorita na licu mesta u bliskoj budućnosti.

Rekonstrukcija obuhvata i izgradnju hale preko postojećih otvorenih bazena za bistrenje i filtraciju. Nakon analize alternativa, odabrano je rešenje nadkrivanja postojećih objekata armirano-betonskom ramovskom konstrukcijom sa odgovarajućim zidnim ispunama i krovnim pokrivačem (slika 4).



Slika 4. 3D model glavnog objekta PPV „Bresje“ nakon rekonstrukcije

U postojećem stanju sve otpadne vode iz procesa se sakupljaju kanalizacijom i ispuštaju u okolinu bez tretmana. Rekonstrukcija predviđa uvođenje mehaničkog tretmana otpadnih voda sa postrojenja. Za te potrebe predviđa se rekonstrukcija cevnih veza i nova taložnica - betonski objekat lociran pored postrojenja za preradu vode koji će prihvatati vode od pranja filtera i pražnjenja lamelnog taložnika. Objekat je koncipiran kao otvoreni bazen koji se sastoji od ulivnog šahta, dve retenzione komore i izlivnog kanala. Zapremina jedne retenzione komore je određena tako da prihvati svu količinu vode od pranja jednog filtera tako da je njena radna zapremina 250 m³. Pražnjenje komora u izlivni kanal predviđeno je kroz otvore 2 cm u pregradnom zidu na odgovarajućoj visini iznad dna. Raspoloživa visina za retencioni-ranje voda (razlika između minimalnog i maksimalnog radnog nivoa) iznosi 2 m. Pražnjenje taložnice - očeđivanje traje oko 5 sati, čime je obezbeđeno potrebno vreme za zadržavanje vode i istaložavanje mulja. Izbistrena vode se ispušta u okolni vodoprijemnik. Periodično čišćenje komora predviđeno je po potrebi isključivanjem iz pogona pomoću zatvarača i ispumpavanjem i odvoženjem mulja specijalnim vozilom.

5. Hidraulički profil PPV „B resje“

Imajući u vidu kote nivoa u postojećem stanju, raspored i karakteristike objekata na postrojenju, osnovna ideja rešenja rekonstrukcije linije vode postrojenja je, u hidrauličkom smislu, rekonstrukcija peščanih filtera u dvoslojne filtere uz zamenu duplog dna filtera sa novim drenažnim sistemom znatno manje visine, kako bi se omogućilo povećanje visine filterske ispune, nadsloja vode u filterima i izgradnja novog objekta za ozonizaciju, bez potrebe da se uvodi pumpanje vode nakon taloženja na novi objekat ozonizacije.

Hidraulički proračun linije vode nakon rekonstrukcije je sproveden za uslove maksimalnog kapaciteta postrojenja (330 l/s). Tok vode od raspodelne komore do rezervoara čiste vode je gravitacioni. Na osnovu hidrauličkog proračuna definisani su nivoi vode u objektima nakon predložene rekonstrukcije i dogradnje PPV „Bresje“, za uslove maksimalnog protoka vode kroz postrojenje. Kota nivoa vode u objektu flokulatora i lamelnog taložnika je podignuta za 12 cm a u filterima spuštenu za 10 cm u odnosu na postojeće stanje, kako bi se obezbedio potreban hidraulički pad za tok vode kroz novi objekat ozonskog bloka.

Literatura

- [1] Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“: Idejni projekat rekonstrukcije i dogradnje postrojenja za tretman vode „Bresje“ - Aleksinac, Beograd, 2015.

RANKO VUKIĆEVIĆ¹, ALEKSANDAR KONDIĆ²,
ZDENKO PALČEK²

z : Ovaj tekst obrađuje optimalno upravljanje radom bunarskog izvorišta po depresiji. Na osnovu zadatog željenog protoka, sistem automatskog upravljanja određuje koje pumpe i kojim kapacitetom (brzinom) treba da rade tako da svi bunari ravnomerno opterećeni. Cilj optimizacije je očuvanje bunara, izvorišta pa i resursa sirove vode. Projekat je realizovan u JKP „Vodovod i kanalizacija“ Novi Sad.

ž : bunari, izvorište, automatizacija, optimizacija

t t This text is describing optimal control of water source with wells according to water level depression. According to requested flow rate, automation system is staging and calculating capacity (velocity) of pumps in order to balance wells load. Optimization goal is preserving of wells, water source and water resources. Project was realized in JKP “Vodovod i kanalizacija” Novi Sad.

yw : water wells, water source, automation, optimization

t t u

JKP „Vodovod i kanalizacija“ Novi Sad se snabdeva sirovom, bunarskom vodom iz tri bunarska izvorišta: „Štrand“, „Petrovaradinska ada“ i „Ratno ostrvo“. Većina bunara su sa horizontalnim drenovima (reni), bunari, ali u sistemu postoje i vertikalni bunari.

U vreme kada su izvorišta građena, nije postojala mogućnost kontinualne regulacije protoka (broja obrtaja motora pumpi), pa su drenažni bunari opremljeni sa 3 ili 4 utopne pumpe, kako bi se protok mogao regulisati u diskretnim koracima. U drugoj polovini devedesetih godina, sistem je unapređen ugradnjom programabilnih

¹ Ranko Vukićević, dipl. inž. hidrogeol, rukovodilac sektora za “Vodovod”, JKP “Vodovod i kanalizacija”, Masarikova 17, Novi Sad

² Aleksandar Kondić, dipl. inž. el. “Indas” doo, Heroja Pinkija 95, Novi Sad

² Zdenko Palček, tehnički direktor, “Indas” doo, Heroja Pinkija 95, Novi Sad

čkih transmitera nivoa i transmitera pritiska na svakom od bunara. Kontroleri svakog od izvorišta su povezani u mrežu pomoću optičkih kablova, i u lokalnim komandnim centrima izvorišta postavljeni su SCADA nadzorni računari sa aplikacijom za daljinski nadzor i ručno daljinsko upravljanje radom bunara. Kontroleri su obezbedili dodatne zaštite bunara i pumpi. Sa SCADA radne satnice, instalirane u lokalnom komandnom centru, operater je mogao da pokreće i zaustavlja pojedine pumpe u svakom od bunara. Izuzev izvorišta „Štrand“, ostala izvorišta nisu imala komunikaciju sa dispečerskim centrom u prostorijama JKP „Vodovod i kanalizacija“.

Nešto kasnije, izvršena je ugradnja zbirnih merača protoka vode koju svako od izvorišta potiskuje ka fabrici vode. Na ovaj način je stečen uvid u stvarnu proizvodnju sirove vode i omogućeno je da se analize, koje su do tada vršene, vrše mnogo preciznije. Tokom realizacije jednog od projekata prikupljanja podataka radio vezom sa mernih mesta, ostvarena je i radio komunikacija dispečerskog centra sa lokalnim komandnim centrima izvorišta „Petrovaradinska ada“ i „Ratno ostrvo“, a sam tim i sa svakim od bunara. Ovim je omogućeno da dispečer iz dispečerske sale (koja je dislocirana od izvorišta), sa SCADA radne stanice, može daljinski da upravlja svakom pumpom ponaosob, kao i da ima tačan pregled šta se dešava na svakom od izvorišta i svakom od bunara.

Utvrđeno je da je, kako bi se bunarima moglo racionalno upravljati, neophodno da se na svaki od bunara postavi merač protoka sirove vode, te je izvršena ugradnja ovih uređaja i njihovi signali su povezani u sistem. Na ovaj način je dispečer ostvarivao tačan uvid u stanje svakog od bunara (nivo, protok, pritisak), ali je obezbeđeno i da se iz arhiviranih podataka mogu vršiti detaljne analize rada svakog od bunara i svakog od izvorišta.

Ove analize su pokazale da je poželjno da se regulacija protoka vode na bunarima vrši kontinualno, te da je potrebno nešto preduzeti. Zbog toga su izvedeni pilot projekti sa ugradnjom frekventnih regulatora za promenu broja obrtaja utopnih pumpi. Tom prilikom se pojavila dilema da li umesto više pumpi ugraditi samo jednu, ili zbog „vruće rezerve“, zadržati veći broj pumpi u horizontalnim drenažnim bunarima. Zbog sigurnosti, odlučeno je da se u ovim bunarima zadrži više od jedne pumpe. Rezultati testova prikupljeni tokom probnog rada ovih pilot projekata su pokazali da ima smisla vršiti kontinualnu regulaciju broja obrtaja motora pumpi (posredno proticaja), te se pojavila potreba da se na neki način ceo sistem zaokruži i rad izvorišta potpuno automatizuje. Želja je bila da dispečer može da zada željeni protok vode izvorišta, a da automatika stalno izračunava koje pumpe treba da rade i kojim brojem obrtaja i tako postiže zadati proticaj.

Budući da su iskustva pokazala da optički kablovi postavljeni na vodoplavnom terenu često imaju havarije (zbog toga što voda spira zemlju iznad njih) te da su stari gotovo dvadeset godina, kao i da je radio veza relativno spor način prenosa obilja podataka sa izvorišta (tim pre što su izvorišta samo deo sistema jedinstvene radio veze), odlučeno je da se, kao priprema za automatizaciju rada i siguran prenos podataka, izvrši ugradnja redundantnih sistema komunikacija i to:

- čki kablovi kao primarni i wireless LAN kao sekundarni put komunikacije između bunara i lokalnog komandnog centra izvorišta
- wireless LAN kao primarni i UHF radio veza kao sekundarni put komunikacije između dispečerskog centra i lokalnog komandnog centra izvorišta

Kada su ovi sistemi izgrađeni, testirani i pušteni u rad, stvorile su se mogućnosti da se izvrši potpuna automatizacija rada izvorišta.

ú z u

Nivo vode u podzemlju se menja tokom vremena. Zbog toga se ovaj nivo naziva kvazistatički nivo, ili, češće, statički nivo vode. Kada ne postoji crpljenje vode iz bunara, nivo vode u bunaru je jednak statičkom nivou (kvazistatičkom).

Kada se iz bunara crpi neka količina vode, posledica je da se nivo vode u bunaru snižava. Usled postojanja razlike nivoa vode u bunaru i nivoa vode u podzemlju, kao posledica nastanka razlike hidrostatičkih pritisaka, kroz filterski sloj bunara dolazi do protoka vode.

Ukoliko se vrši kontinualno crpljenje vode iz bunara, i to tako da je protok vode nepromenljiv (Q), posle nekog vremena se uspostavlja ravnoteža nivoa (pritisaka), tako da se nivo vode u bunaru stabilizuje na nekoj vrednosti. Ovaj nivo vode se naziva dinamički nivo vode.

Razlika nivoa vode u podzemlju (statičkog nivoa) i dinamičkog nivoa vode u bunaru naziva se depresija (S).

Što je protok vode koja se crpi iz bunara veći, to je dinamički nivo vode u bunaru manji, odnosno depresija je veća. Razlika nivoa vode u podzemlju i bunaru (depresija) je zapravo mera razlike hidrostatičkih pritisaka, čija je posledica pojava protoka vode koja iz podzemlja teče u bunar.

Odnos protoka i depresije je različit za svaki bunar, a uz to je njegova odlika i da se za jedan bunar menja u vremenu. Ovaj količnik $q = Q/S$ (l/s/m) naziva se specifična izdašnost bunara. Ona reprezentuje, uslovno rečeno, u kakvom stanju je jedan bunar u toku vremena.

Filterski sloj bunara se vremenom kolmatira, što otežava (usporava) protok vode, te povećava otpore koje voda treba da savlada pri proticanju iz podzemlja u bunar. Posledica je da se za istu depresiju ostvaruje manji protok vode, odnosno izdašnost bunara se smanjuje. Zbog toga je važno da se protok vode bunara ne povećava prekomerno. Ukoliko se protok vode poveća, povećava se i brzina strujanja vode u podzemlju i kroz filterski sloj, pa je i nanošenje čvrstih čestica brže. Na ovaj način se smanjuje izdašnost, odnosno smanjuje se količina vode koju bunar može da proizvede i dolazi do „starenja“ bunara.

Efikasno upravljanje radom bunara treba da obezbedi da se kontroliše količina vode koja se crpi iz bunara, ali ne tako da se samo kontroliše i ograniči protok vode koja se crpi, već da se kontroliše i ograniči i depresija. Na ovaj način brzina vode kroz bunar će biti najefikasnije ograničena i optimizovana.

z prethodno iznetog izlazi da je optimalno upravljanje radom bunara zapravo kombinacija sledećih načela:

- Obezbediti potreban protok vode (Q)
- Uz kontrolisanje depresije (S)
- Uz kontrolisanje protoka (kod regenerisanih ili krajnjih (obodnih) bunara često se dešava da je moguće dobiti mnogo veće količine vode pri istoj depresiji, ali to ubrzava starenje bunara, pa je neophodno postaviti ograničenje i po apsolutnoj vrednosti protoka)

Poželjno je i da se, kao zaštitna funkcija, postavi ograničenje pritiska na potisu (ukoliko neko zatvori ventil, ili dođe do havarije). U savremenim sistemima upravljanja, promena broja obrtaja motora pumpe vrši se primenom frekventnih regulatora. Promena broja obrtaja motora pumpe izaziva i promenu protoka vode koju pumpa potiskuje. Kada se u bunaru nalazi više od jedne pumpe, primenom kaskadnog algoritma upravljanja programabilni kontroler, na osnovu izmerenih parametara (depresija, nivo, protok, pritisak), vrši izbor broja pumpnih agregata koje je potrebno uključiti / isključiti.

Zbog svega prethodno navedenog, osnovni algoritam rada bunara izveden je tako da se frekventnim regulatorima upravlja tako da se poštuje najrestriktivniji od sledećih ograničenja:

- Ograničenje depresije
- Ograničenje protoka
- Ograničenje pritiska

Programabilni kontroler stalno prima informacije o izmerenim vrednostima nivoa, protoka, pritiska i statičkog nivoa i na osnovu ovih vrednosti, kao i zadatih vrednosti depresije, protoka i pritiska, proračunava koliko pumpi treba da bude u radu i kojom brzinom one treba da se obrću. Ove informacije PLC dostavlja frekventnim regulatorima koji pogone motore pumpi. Zadana vrednost depresije se dobija od master PLC-a izvorišta, i ona najčešće i „diriguje“ količinom vode koju bunar potiskuje ka fabrici vode.

Pored ovih, osnovnih funkcionalnosti, realizovane su i sledeće, zaštitne funkcije:

- Zaštita pumpe od rada na suvo (plovna kruška) i to kao hardverska zaštita, uz dodatnu softversku zaštitu po nivou izmerenom hidrostatičkim transponderom nivoa
- Cikličnost uključivanja / isključivanja pumpi
- Lagano pokretanje motora pumpi
- Lagano zaustavljanje motora pumpi
- Potpuna i pouzdana termička zaštita motora pumpi (elektronski termički rele frekventnog regulatora + senzor temperature namotaja motora pumpe, koji u slučaju pregrevanja isključuje napajanje motora pumpe)

- zaštita od asimetrije i pogrešnog rasporeda faza (integrirano u frekventni regulator).

Putem komunikacije, PLC bunara dostavlja sve informacije o izmerenim vrednostima i statusima master PLC-u izvorišta, a ovi podaci se prenose u dispečerski centar, tako da operater ima potpun uvid o stanju bunara, pumpi i ostale opreme.

t z z št

U situaciji kada bunari potiskuju vodu prema fabrici vode, osnovni zahtev koji dispečer postavlja prema izvorištu je da izvorište potiskuje neku, željenu količinu vode (protok). Kako se upravljanje radom bunara vrši pretežno po depresiji (ukoliko nije dostignut neki od limita), to je obezbeđeno da dispečer može zadatu vrednost protoka da saopšti master PLC-u izvorišta (unošenjem podatka o zadatom protoku u l/s preko SCADA sistema).

Master PLC izvorišta prima informaciju o trenutnoj vrednosti protoka vode na potisnom cevovodu izvorišta i na osnovu trenutne i zadate vrednosti protoka računa koliko je potrebno povećati ili smanjiti zadatu vrednost depresije svim bunarima. Povećanje zadate depresije bunarima ima za posledicu povećanje protoka vode svakog od bunara, a samim tim i izvorišta, i obrnuto. Pored toga, master PLC daje dozvolu bunaru da može da uključi sledeću pumpu, odnosno da treba da isključi jednu pumpu, pri tome se vodeći sledećim načelima:

- Na svakom bunaru treba da radi najmanje jedna pumpa
- Nalog za uključenje sledeće pumpe daje se bunaru u kojem je nivo vode najveći
- Nalog za isključenje pumpe daje se bunaru u kojem je nivo vode najniži
- Ukoliko operater promeni zadatu vrednost protoka, izračunavanja potrebnog prirasta protoka (povećanja depresije) se izvode sa vremenskom zadržkom, kako bi se eliminisali udari i oscilacije, a obezbedilo lagano izvođenje promena u sistemu.

Zadatak PLC uređaja svakog od bunara je da, uzimajući u obzir stvarnu i zadatu depresiju, protok, pritisak i nivo, broj raspoloživih pumpi, kao i dozvole dobijene od master PLC-a, upravlja radom pumpi kao što je opisano u prethodnom poglavlju.

Na ovaj način se dobija da svi bunari rade optimalno, jednako opterećeni. Samim tim i celo izvorište radi u optimalnom režimu rada, obezbeđujući potrebnu količinu vode uz optimalan raspored protoka po bunarima.

Dispečeru je i dalje omogućeno da jedan ili više bunara, ili celo izvorište prebaci u ručni režim rada, i preuzme ručne akcije uključjenja, isključenja i zadavanja broja obrtaja pumpi. Ove akcije se mogu ravnopravno izvesti bilo iz dispečerskog centra bilo iz lokalnog komandnog centra izvorišta.

Kako su podaci o merenjima, statusima i izračunatim vrednostima od značaja i za specijaliste koji ne provode radno vreme u dispečerskom centru, izvršena je instalacija Web SCADA sistema, koji obezbeđuje da neograničen broj korisnika može da pristupa podacima, trendovima i arhivama

z z št ů t ž u

završene i testirane ranije, izvorište Ratno ostrvo je pušteno u automatski režim rada dana 01.04.2015. godine. Na dijagramu trenda nivoa vode u bunarima na slici 1 se jasno vidi kako su se nivoi vode u pojedinim bunarima pre pokretanja automatskog režima razlikovali, a kako su gotovo jednaki posle toga.



Slika 1. Nivoi vode u bunarima pre i nakon automatizacije

Očigledno je da bunari rade gotovo jednako opterećeni prema svojim hidrauličkim karakteristikama. Samim tim se može očekivati da je radni vek bunara između dve regeneracije produžen do maksimalnih granica. Na ovaj način se obezbeđuje racionalno iskorišćenje prirodnog resursa (voda).

Slika 2 prikazuje tabelu osnovnih podataka o bunarima i izvorištu. Za svaki bunar prikazano je koliko pumpi je u radu, kao i kojom brzinom radi koja pumpa (izraženo u Hz). Zatim slede podaci o trenutnom protoku vode iz bunara (Q (l/s)), pritisku na potisu bunara (H (bar)), nivou (L (m)) i depresiji (S (m)). U svakom trenutku se vrši izračunavanje vrednosti izdašnosti (q (l/s/m)), trenutne snage motora i specifične potrošnje električne energije (P / Q u (kWh / m³)).

U sledeće tri kolone se nalaze podaci dobijeni iz poslednjih 15 minuta i to kumulativno proizvedena voda (m³), utrošena električna energija (kWh) i za taj period specifična potrošnja električne energije (kWh / m³).

Na ovoj slici se vidi da reni bunar BHD-10 troši električnu energiju, ali ne daje vodu, Razlog za to je taj što se u momentu kada je ova slika nastala, bunar nalazi u ispiranju (voda se ispušta u vodotok, ne odlazi u potisni cevovod na kome se vrši merenje protoka).

Izvorište Rtno ostrvo															
	Statua pump	P1 [m]	P2 [m]	P3 [m]	P4 [m]	Q [m]	h [m]	L [m]	S [m]	e+05 [m]	P [W]	n= P/Q [Wh/m ³]	Q (15 min) [m ³]	E (15 min) [kWh]	n (15 min) [Wh/m ³]
BHD-2	●●●	47	47	47	—	100.03	1.66	64.37	8.17	12.24	62.17	0.17	90.0	15.0	0.16
BHD-3	●●●	38	38	—	—	63.00	1.69	64.10	8.44	7.46	39.14	0.17	56.3	13.8	0.24
BHD-4	●●●	38	38	—	—	50.50	1.63	64.11	8.43	5.99	37.24	0.20	45.0	13.0	0.29
BHD-5	●●●	38	38	—	—	37.90	1.65	64.13	8.41	4.51	33.22	0.24	33.8	11.1	0.32
BHD-6	●●●	42	42	—	—	67.15	1.71	64.14	8.40	8.00	49.97	0.20	60.0	15.8	0.26
BHD-7	●●●	37	37	—	—	58.12	1.79	64.14	8.40	6.92	33.39	0.15	52.0	9.0	0.17
BHD-8	●●●	37	37	—	—	54.46	1.75	64.17	8.37	6.51	31.00	0.15	47.8	7.0	0.14
BHD-9	●●●	39	39	—	—	79.32	1.78	64.13	8.41	9.43	41.68	0.14	71.0	9.0	0.12
BHD-10	●●●	39	39	—	—	0.00	1.45	61.35	11.17	0.00	42.03	0.00	0.0	10.0	0.00
ZBR / SRVREDNOST:						510.48					369.84	0.20	455.0	103.8	0.22
ZBRNI MESEC PROTOK:						544.20							408.0		
Kvazistatički nivo: [m]															72.53

Slika 2. Tabelarni prikaz podataka na SCADA sistemu

z arhiviranih podataka izvršen je proračun za mesece mart i april 2015. godine, kao reprezent perioda u kojem je sistem radio u ručnom režimu rada (mart) i perioda u kojem je sistem radio u automatskom režimu rada (april), i podaci su prikazani u tabelama u nastavku.

U prvoj tabeli dati su relevantni podaci dobijeni / izračunati od bunara za mesec mart 2015. godine, kao i srednja vrednost kvazistatičkog nivoa vode (nivoa vode u podzemlju) za taj mesec.

U drugoj tabeli date su ove iste vrednosti za mesec april iste godine. Kako bi se podaci mogli lakše upoređivati, dati su i odnosi prikazanih podataka za izvorište kao celinu (TOTAL) i to kao količnik podatka za mart podeljen sa podatkom za april.

Ovde je važno imati u vidu napomenu da su neki od bunara u navedenom periodu bili u ispiranju, odnosno da su pumpe radile (trošile energiju), a voda nije potiskivana ka fabrici vode. Svi podaci, uključujući i nivoae, depresije izdašnosti i drugo, za ove bunare i ove periode su isključeni iz analize, kako se ne bi dobila pogrešna slika. Periodi ispiranja i bunari koji su ispirani su navedeni u napomeni datoj uz tabele. Pored toga, postoje periodi vremena u kojima su bunari mirovali, odnosno pumpe nisu radile i nisu postojali protoci. Ovo su, uglavnom bili kratki zastoji izazvani različitim uzrocima. Radi jednostavnosti, ovi podaci su uzeti u obzir pri analizi. Na taj način unete su manje greške u proračunatim srednjim vrednostima nivoa, depresija, protoka, pritisaka i ostalih veličina, pa i to treba imati u vidu prilikom interpretacije prikazanih podataka.

Iz podataka se vidi da je tokom marta izvorište potisnulo 1,472,029 m³ vode ka fabrici vode, uz ukupnu potrošnju električne energije (samo pumpe, bez drugih potrošača) od 262,946 kWh, odnosno uz specifičnu potrošnju električne energije od 1.179 kWh/m³. Tokom aprila izvorište je potisnulo 1,314,452 m³ vode, uz potrošnju

je od 224,287 kWh, odnosno uz specifičnu potrošnju energije od 0.171 kWh/m³.

Tabela 1 Statistički obrađeni podaci izmerenih i izračunatih veličina

Š

□ đ z z ču v č

t ũ u v									
								q	
	189,600	30,318	0.160	70.79	1.64	66.59	6.00	11.81	
	214,801	36,803	0.171	80.20	1.72	63.73	8.85	9.06	
	175,853	35,948	0.204	65.66	1.70	62.70	9.88	6.65	
	143,832	31,977	0.222	53.70	1.74	62.09	10.49	5.12	
6	182,734	38,985	0.213	68.23	1.78	63.73	8.85	7.71	
	199,327	32,398	0.163	74.42	1.88	62.75	9.82	7.58	
	159,350	24,701	0.155	59.49	1.83	63.37	9.25	6.43	
	38,432	5,703	0.148	67.22	1.82	64.28	8.40	8.01	
	168,099	26,113	0.155	66.22	1.88	63.59	8.98	7.37	
		6 6				6 6			
v t vz č v									

u u v									
								q	
	198,906	28,323	0.142	76.74	1.58	65.38	6.90	11.12	
	157,485	26,492	0.168	60.76	1.64	64.86	7.50	8.10	
	128,862	25,705	0.199	49.72	1.62	64.72	7.57	6.57	
	97,723	22,352	0.229	37.70	1.65	64.68	7.61	4.96	
6	166,124	34,557	0.208	64.09	1.70	64.82	7.47	8.58	
	148,051	23,682	0.160	57.12	1.78	64.72	7.57	7.55	
	122,812	19,134	0.156	47.38	1.74	64.72	7.49	6.32	
	184,227	27,156	0.147	71.08	1.77	64.75	7.46	9.53	
	110,260	16,887	0.153	54.35	1.83	64.76	7.38	7.36	
						6			
v t vz č v							6		

t	1.120	1.172	1.047	1.084	1.045	0.982	1.203	0.995
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

LEGENDA:

- QU - kupan proticaj vode bunara / izvorišta meren elektromagnetnim meračima protoka
- EU - trošena električna energija računata na osnovu snaga pročitanih iz frekventnih regulatora
- kWh/m³ - Specifična potrošnja energije za 1 m³ vode, računata kao E/Q
- Qsr - Srednja vrednost protoka vode bunara / izvorišta
- Hsr - Srednja vrednost pritiska na potisu bunara
- Lsr - Srednja vrednost nivoa vode u bunaru
- Ssr - Srednja vrednost depresije bunara
- Qsr - Srednja vrednost izdašnosti bunara

Odnosi ovih veličina su redom:

- za potisnute količine vode 1.120
- za utrošenu energiju 1.172
- za specifične potrošnje energije 1.047

Budući da mesec mart ima 31 dan, dok april ima 30 dana, to treba uzeti u obzir pri interpretaciji količina i utrošaka energije, pa su korigovani rezultati sledeći:

- odnosi potisnutih količina $1.120 * 30 / 31 = 1.084$
- odnosi utrošenih energija $1.172 * 30 / 31 = 1.134$

Na osnovu odnosa specifičnih potrošnja energije za ova dva meseca, zaključuje se da implementacija ovakvog algoritma rada sama po sebi ne donosi značajnu uštedu energije. Odnosno, dispečeri su tokom marta efikasno (energetski) vršili upravljanje radom pojedinih bunara i pumpi, ali su depresije bile različite.

Naravno, zamena pumpnih agregata i ugradnja frekventnih regulatora donela je značajne uštede električne energije, ali to nije predmet ovog rada. Srednja vrednost trenutnog protoka vode ka fabrici vode iznosila je u martu 549.59 l/s uz prosečnu vrednost pritiska na potisnim cevovodima bunara od 1.78 bar.

U aprilu je srednja vrednost protoka vode ka fabrici vode bila 507.12 l/s, uz prosečan pritisak od 1.70 bar. Srednje vrednosti nivoa vode u bunaru (63.65 m za mart i 64.82 m za april) i depresiju (8.94 m za mart i 7.44 m za april), pokazuju da je prosečna depresija bila čak za 1.50 m manja u aprilu nego u martu (odnosno cca $(1 - (1 / 1.203)) * 100 \% = 16.8 \%$).

Ovde je važno napomenuti i da je normalno da veće crpljenje vode (veći protok) izaziva i povećanje depresije, te to treba imati u vidu pri interpretaciji ovog rezultata. Međutim, zbog ovako velikog odnosa depresija, očigledno je da je rezultat upravljanja upravo taj da je prosečna depresija manja od one koja je bila pri ručnom upravljanju.

Iz tabele se vidi da su prosečne depresije tokom marta, za pojedine bunare, varirale u opsegu od 6.00 m (BHD-2) do 10.49 m (BHD-5), odnosno da je razlika između najmanje i najveće 4.49 m.

() je zbog velike izdašnosti odlazio tokom aprila u režim rada po ograničenom protoku, tako da nivo nije spuštano na vrednost koju je zadavao master PLC, pa je i prosečna depresija manja nego na ostalim bunarima), dok je najveća prosečna vrednost 7.61m (BHD-5). Razlika ove dve vrednosti je 0.71 m. Ukoliko se iz analize isključi podatak o depresiji sa BHD-2, budući da nije uvek radio kao svi ostali bunari, prva sledeća po veličini je srednja vrednost depresije bunara BHD-10 i iznosi 7.38 m. Razlika je u ovom slučaju 0.23 m.

Upravo ovaj podatak pokazuje da se uvođenjem automatizacije i ovakvog algoritma rada obezbeđuje veoma dobar raspored opterećenja pojedinih bunara, te se očekuje da će rezultat biti očuvanje bunara, izvorišta i vode kao prirodnog resursa

ŭ

Višegodišnje brižljivo planiranje, testovi i pažljiva implementacija potpune automatizacije rada izvorišta urodili su plodom. Sasvim je izvesno da će ovako implementirano upravljanje da produži radni vek bunara (odnosno perioda između dve regeneracije). Ovo za posledicu ima:

- poboljšanje kvaliteta vodosnabdevanja
- optimalno upravljanje rezervama vode
- siguran rad pri niskim nivoima vode u podzemlju
- dodatnu optimizaciju rada rubnih (krajnjih) bunara
- racionalnije iskorišćenje bunara i opreme
- produžen radni vek bunara
- produžen radni vek pumpi
- optimalno iskorišćenje resursa
- smanjenje troškova eksploatacije i održavanja

Prikazi podataka na SCADA sistemu i njihovo arhiviranje u baze podataka pružaju mogućnost da se njihovom pažljivom obradom i analizom dolazi do podataka koji su dragoceni u analizi rada, zastoja i predupređivanju zastoja u radu bunara i izvorišta. Verovatno će, posle nekog vremena, ovi podaci poslužiti za neka nova unapređenja u radu ovog izvorišta.

Budući da ovaj projekat nikada ne bi bio osmišljen, realizovan i implementiran, pa ni ovog rada ne bi bilo, autori se zahvaljuju svim kolegama koji su svojim radom, informacijama, predlozima i mišljenjima doprineli da se sve što je navedeno u tekstu rada i relizuje (ako smo nekoga izostavili, neka nam oprost): Nikica Ivić, Nebojša Dimitrijević, Đorđe Stanarević, Vasa Brzak, Miroslav Jelečanin, Dušan Vujošević, Adam Široki i ostale kolege iz JKP „Vodovod i kanalizacija“ Novi Sad, INDAS tim koji je radio na realizaciji projekta.

Z KO H M K K K P KOG
D BO C GO P O O P BL K
P K K F M ZOZOJ K K BO

PH L CH M L P OP OF C O BO D
F BO DH Z GO H OF
H P BL OF P K H OF M OZO
C BO OCK

ASO NOVAKOVIĆ¹, ALEKSANDAR TOMIĆ¹,
NIKOLA NIKOLIĆ¹

e Obzirom da je podzemna voda najznačajniji resurs vode za piće i da za razliku od površinskih voda, trpi vrlo usporeno samoprečišćavanje, dužni smo izvršiti mjere zaštite resursa podzemne vode. Prije svega, moramo spriječiti prodor zagađujućih materija u podzemne vode. Definisanje tzv "nultog" stanja kvaliteta izdani je od značaja za monitoring kvaliteta podzemne vode. U ovom radu su prezentovani rezultati ispitivanja kvaliteta podzemne vode u prekograničnim izdanima Bosne i Hercegovine u akviferima mezozojske starosti, na prostoru Republike Srpske.

K e e izdani, zaštita podzemne vode, kalitet, monitoring, prekogranična izdan

b ac Since groundwater is the most important resource for drinking water and since it suffers very slow self-cleaning unlike surface water, we are obliged to carry out of measures for the protection of groundwater resources. First of all, we must prevent the penetration of pollutants into the groundwater. Defining the so-called "zero" quality status of aquifers is important for monitoring the quality of groundwater. This paper presents the results of research of ground water quality in the cross-border aquifers of Bosnia and Herzegovina in Mesozoic aquifers in the area of the Republic of Srpska.

Ke d aquifer, groundwater protection, quality, monitoring, cross-border aquifer

¹ prof. dr Vaso Novaković, dipl. inž. geol, "IPIN" – Institut za primijenjenu geologiju i vodo-inženjering, Vidovdanska 48, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

¹ Aleksandar Tomić, dipl inž. teh, "IPIN" – Institut za primijenjenu geologiju i vodo-inženjering, Vidovdanska 48, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

¹ Nikola Nikolić, master inž. geol, "IPIN" – Institut za primijenjenu geologiju i vodo-inženjering, Vidovdanska 48, Bijeljina, Bosna i Hercegovina

Republika Srpska zauzima sjeverne i istočne dijelove Bosne i Hercegovine, a prostire se između 42°33'19" i 45°16'34" sjeverne geografske širine i između 16°11'06" i 19°37'44" istočne geografske dužine. Zauzima površinu od 25.053 km².

Vodno područje Republike Srpske nije jedinstven sliv, nego čini dijelove podslivova koji se nalaze na ovoj teritoriji i to sjeverni dio pripada Crnomorskom slivu (sliv rijeke Save, odn. podsliv rijeke Dunav) a južni dio jadranskom slivu. Pošto je ovdje riječ o podzemnim vodama u Republici Srpskoj, značajno je navesti da na teritoriji Republike Srpske postoji sedam podslivova od kojih je pet prekograničnih. Većina dubljih izdani formiranih u ovim slivovima, kao što su i izdani u akviferima karbonatnih stijena mezozojske starosti, ima prekogranični karakter jer se pružaju preko državne granice. Zbog svog specifičnog geografskog položaja južno i jugozapadno od planine Zelengore i Treskavice teritorija predstavlja prirodnu cjelinu Dinarskih planina. Na ovom području nalazi se i prirodna vododjelnica između Crnomorskog i Jadranskog sliva.

Dinarske planine se takođe pružaju duž sjeveroistočne obale Jadranskog mora koje predstavlja zonu dreniranja izdani formirane u karbonatnim akviferima sa izraženim karstno-pukotinskim tipom poroznosti u slivovima rijeka Neretve i Trebišnjice. U zavisnosti od određenih osobina hidrogeoloških kolektora u kojima su formirane prekogranične izdani, sve izdani smo podjelili na izdani formirane u akviferima sa izraženom pukotinskim i karstno-pukotinskim tipom poroznosti.



Slika 1. Geografska pozicija prekograničnih izdani u akviferima karbonatnih stijena mezozojske starosti na prostoru Republike Srpske: - - - - Entitetska granica, — - Državna granica, - Izdani u akviferima sa izraženom pukotinskim tipom poroznosti, - Izdani u akviferima sa izraženim karstno-pukotinskim tipom poroznosti

Na slici 1, posmatrano od sjevera prema jugu, prikazane su sledeće preko-granične izdani u akviferima sa izraženim pukotinskim i karstno-pukotinskim tipom poroznosti mezozojske starosti: Dubica-Komlenac, Una-Dubovik, Srnetica-Bobija, Ugljevik-Bijeljina, Kozluk, Sopotnik, Vlasenica-Sušica, Dobrun-Stari Vlah, Staro Rudo, Šćepan polje, Tvrdac-Šuplja stijena, Trtoševo-Ćeotina, Maglić-Vučevo, Volujak, Zelengora-Perućica, Jelovačka gora-Radovina, Bjelašnica-Gatačko polje, Dulići-Stepen, Crvanj-Gatačko polje, Gacko-G. Kazanci, Manita gora, Avtovac-Gareva, Berkovići-Nevesinje, Golobrdje-Hodžići, Nevesinje-Gacko, Fatničko polje-Bogdašići, Fatničko polje-Meka gruda, Dabarsko polje-Bileća, Bileća-Podosoje, Bileća-Radimlja, Viduša-Mosko, Popovo polje, Glumina-Grančarevo, Oko-Bijela greda, Bijela gora, Orjen, Podštirovnik-Orjen, Bregava-Bileća, Grab-Trebinje, Trebinje-Tvrdoš, Kremen Do, Viduša-Radimlja, Javor, Konjsko-Željeva, Somina-Bobija, Bilećko jezero, Orjen-V. Jastrebnica, Bijela gora-Konjsko, Gareva-Dobrelji, Trebinje-Rasovac, Ljubomir-Trebinje, Trebinje jug, Javor-Trebinje.

o d j

Radi utvrđivanja tzv. „nultog“ stanja kvaliteta odn. fizičko-hemijskih karakteristika podzemnih voda prekograničnih izdani u akviferima karbonatnih stijena mezozojske starosti, koji se prostiru na teritoriji Republike Srpske korištene su standardne metode uzorkovanja vode [1], njihov transport do laboratorije i mjerenje nestabilnih parametara na samom mjestu uzorkovanja. Izvedeni istražni radovi, mogu se podjeliti na terenske i kabinetske.

Terenski radovi na određivanju kvaliteta voda prekograničnih izdani su se sastojali u mjerenju sledećih parametara: temperature - standardnom metodom ASTM 2550, pH elektrometrijskom metodom - BAS ISO: 10523:1994, elektroprovodljivosti elektrometrijskom metodom - BAS ISO: 27888:1985, sadržaja rastvorenog kiseonika elektrohemijskom metodom - BAS ISO: 25814:1992 i sadržaja nitrata spektrometrijski - BAS ISO: 7890-3:1988. Ovi rezultati i kabinetska obrada prethodnih istraživanja bili su osnova za ocjenu stanja hemizma voda prekograničnih izdani.

Da bi se bolje razumjele fizičko-hemijske karakteristike prekograničnih izdani izvršena je i kabinetska obrada podataka o geološkoj građi terena [2] prostora, gdje se prostiru prekogranične izdani.

U narednom tekstu su prezentovani i rezultati interpretacije ovih rezultata i interpretacije rezultata prethodno izvedenih fizičko-hemijskih analiza podzemne vode ovih izdani.

e a a a

Današnja geološka građa teritorije Republike Srpske je rezultat mnogobrojnih faktora, prvenstveno tektonike, sedimentacije, magmatske aktivnosti, metamorfizma i mnogih drugih, a posebno vodenih masa koje su stvarale dio litosfere, razarale i oblikovale reljef tokom geološke prošlosti.

Akviferi u karbonatnim stijenama mezozojske starosti, rasprostranjeni su u unutrašnjim, središnjim i spoljašnjim Dinaridima. Mezozojske naslage u spoljašnjim Dinaridima su predstavljene klasičnim karbonatnim naslagama, dok središnji i unutrašnji Dinaridi imaju vulkansko-sedimentne i flišne naslage.

Stijene donje trijasko starosti na prostoru Republike Srpske imaju debljinu od 100-600 m. Izdajuju u vidu tankih zona oko planina Javora, Romanije, Treskavice, Jahorine, Zelengore i Lelije u istočnom dijelu Republike Srpske, te u području drinskog i sanskog paleozoika. Razvoj koji karakteriše naprijed pomenuta područja, uglavnom je predstavljen sa crvenim i bijelim kvarc-liskunovitim pješčarima, dok pored njih pojedine dijelove stijena donjetrijasko starosti izgrađuju pjeskoviti laporci, laporci, škriljave gline i cmi bituminozni krečnjaci u najvišim horizontima. Ovi sedimenti predstavljaju hidrogeološke izolatore.

Stijene srednetrijasko starosti se odlikuju velikom facijalnom raznovršnošću. U zoni spoljašnjih Dinarida uglavnom se javljaju u faciji masivnih i bankovitih sprudnih krečnjaka i dolomita. U unutrašnjim Dinaridima pored krečnjaka i dolomita se javljaju i vulkanogeno-sedimentne stijene (rubni dijelovi većih paleozojskih struktura). Debljina stijena srednetrijasko starosti u potpunom razviću je od 200-600 m. Krečnjaci na površini terena su prisutni u planinskim masivima. Krečnjaci, u dijelovima terena gdje su izrazito tektonski oštećeni i kraškim procesima oblikovani, po pravilu, spadaju u hidrogeološke kolektore, odn. akvifere dobre vodopropusnosti kavernožno-pukotinske poroznosti.

Pripovršinski dijelovi krečnjačkih masa su sa izraženim kraškim reljefom, bogati vrtačama, jamama, suvim dolinama, ponorima i pećinama. Kroz te kraške oblike infiltrira se znatan dio padavina, u dublje dijelove akvifera do vodonepropusne podine. Isticanje podzemnih voda se javlja u hipsometrijski nižim dijelovima reljefa na kontaktu krečnjaka sa nepropusnim stijenama. Zato na tim potezima egzistiraju kraška vrela, izdašna i po više hiljada litara u sekundi.

Stijene gornjetrijasko starosti predstavljene su facijom dolomita u nižim, a megalodonskim krečnjacima u višim horizontima (područja u istočnoj Hercegovini, tereni planina Crvanj, Lastva i duž čela navlake visokog krša). Predstavljaju akvifere sa izraženim pukotinskim tipom poroznosti, srednje vodopropusnosti. Stijene jurske starosti imaju široku rasprostranjenost u spoljašnjim i unutrašnjim Dinaridima. U spoljašnjim Dinaridima donje i srednje-jurske naslage izgrađuju krečnjaci i dolomiti, dok su gornjojurske naslage češće predstavljene sa krečnjačkim razvojem. U prostoru unutrašnjih Dinarida postoje dva osnovna razvoja jure. U zoni paleojskih škriljaca i mezozojskih krečnjaka jurske tvorevine su u klastičnom razvoju, a u ofiolitskoj zoni zastupljene su jurske vulkanogeno-sedimentne tvorevine i podređeno karbonati. Ove stijene svrstane su u hidrogeološke izolatore. Stijene gornjejurske starosti se javljaju uglavnom u dva razvoja: krečnjačkom i klastičnom. U spoljašnjim Dinaridima preovladavaju masivni krečnjaci i rjeđe dolomiti (gatačka Bjelašnica, Crvanj itd.). U unutrašnjim Dinaridima u karbonatnom razvoju gornjojurske naslage izgrađuju dijelove terena oko Banja Luke i dijelove Romanije. Ovi akviferi su pukotinske poroznosti, slabije vodopropusnosti. Kvalitet podzemnih voda po

hemijskom sastavu uglavnom odgovara zahtjevima u Pravilniku o upotrebljivosti vode za piće. Flišni tip sedimentacije karakterišu slojevitost, turbiditne sekvence i jasno izražena gradaciona slojevitost. U području ofiolitske zone od Drine, preko Ozrena do Kozare stvorene su vulkanogeno sedimentne stijene i karbonati i u gornjoj juri. Ovi tereni su uglavnom bez akvifera, odnosno imaju funkciju potpunih hidrogeoloških izolatora. Jursko-kredni (JK) flišni sedimenti predstavljeni su: laporcima, pješčarima, laporovitim krečnjacima i dr. u međusobnoj izmjeni. Rasprostranjeni su uglavnom u unutrašnjim Dinaridima. Najveće prostranstvo imaju u području Banja Luke, Prnjavora, Dervente i na Majeveci. Debljina ove serije iznosi cca 500 m. Prema ofiolitskoj zoni razvijene su jursko-kredne flišne naslage najčešće predstavljaju terene bez akvifera. Izdašnosti izvora u ovim masama su niske, a hidraulički karakter manjih izdani je složen. Stijene donjekredne starosti su zastupljene različitim krečnjacima i dolomitima sa rjeđim prosljocima laporaca i uklopcima rožnaca.

U spoljašnjim Dinaridima ove donjekredne naslage leže konkordantno preko gornjekrednih naslaga, a pružaju se od Drinića do Glamočkog polja, i izgrađuju dijelove Crvnja i hercegovačke Bjelašnice. Debljina naslaga u potpunom razviću se kreće od 400 - 500 m. Akviferi manjeg rasprostranjenja donjekredne starosti imaju izraženu kavernozno-pukotinsku i pukotinsku poroznost. Odlikuju se srednjom do visokom vodopropusnosti.

U zoni fliševa (unutrašnji Dinaridi) stijene donjekredne starosti se javljaju u klastičnom razvoju, a predstavljane su: pješčarima, laporcima, laporovitim krečnjacima i rjeđe krečnjacima. Protežu se uglavnom u jugoistočnom dijelu Republike Srpske (Čemerno-Ulog) a sa prekidima nastavljaju sve do Banja Luke. Debljina ovih naslaga kreće se od 300 - 400 m. Ove flišne naslage imaju različita hidrogeološka svojstva, prevashodno su to hidrogeološki izolatori, dok su negdje naizmjenično predstavljene karstifikovene mase, koje su izdvojene vodonepropusnim stijenama. Izdašnosti izvora u ovim masama su niske.

U unutrašnjim Dinaridima razvijeni su flišni gornjokredni sedimenti, a predstavljeni su: pješčarima, laporcima, laporovitim i pjeskovitim krečnjacima, konglomeratima i brečastim krečnjacima. Prisutni su različiti varijeteti pješčara, laporaca, konglomerata, konglo-breča, itd. Debljina ovog razvoja je cca 500 m. Tereni sa flišnim gornjokrednim sedimentima su uglavnom bez akvifera, odnosno imaju funkciju djelimičnih ili potpunih hidrogeoloških izolatora.

Spoljašni Dinaridi u okviru južnog i jugoistočnog dijela Republike Srpske, predstavljaju dio kraškog hidrogeološkog regiona, kojeg čine tvorevine mlađe paleozojske do kvartarne starosti a zastupljene su gotovo isključivo karbonatnim i klastičnim naslagama.

Klastične naslage prevladavaju na dnu i vrhu ovog paketa naslaga (mladi paleozoik - donji trijas, mladi paleogen - kvartar) a karbonatne naslage ovog područja, grade gotovo isključivo jurski i kredni krečnjaci. Krečnjaci kraškog regiona u načelu su propusni, a i dobre transmisivnosti zbog velike debljine. Ako su interkalirani ili uklješteni nepropusnim naslagama, kao cjelina mogu činiti i podzemne barijere [3].

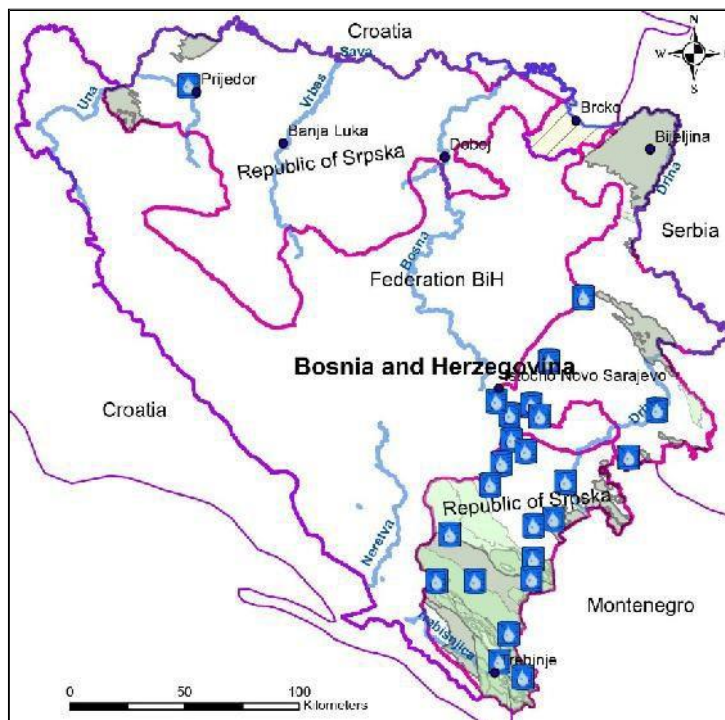
U tabeli 1 su dati rezultati terenskih mjerenja izvedenih za potrebu ocjene nultog stanja kvaliteta podzemnih voda prekograničnih izdani na području Republike Srpske [4].

Tabela 1. Rezultati terenskih mjerenja parametara za ocjenu stanja hemizma vode izdani

Lokalnost	x	y	T °C	pH	El.prov μS/cm	Rastv. kis. (mg/l)	Nitrati (mg/l)	Proc. Q (l/min)/NPV (m)
Prijedor (B-3)	6 395427	4 985538	14	7.03	524	7.16	8.34	
Vlasenica	6 567 379	4 893 310	10	7.1	367	10.17	26.137	
Sokolac	6 552 261	4 865 465	8	7.31	440	9.86	18.163	
Pale	6 544 608	4 846 523	7	7.16	395	9.42	22.238	
Pale	6 548 251	4 841 503	7	7.04	239	11.89	16.834	
I. Sarajevo	6 529 512	4 848 042	10	7.48	439	9.53	14.619	
Trnovo	6 535 108	4 842 174	9	7.64	293	10.40	14.619	
Trnovo	6 535 918	4 831 338	9	7.54	459	9.21	14.176	2.40
Kalinovik	6 542 071	4 826 253	12	7.39	360	8.26	21.264	0.90
Kalinovik	6 531 670	4 820 997	10	6.56	246	8.77	15.948	0.75
Kalinovik	6 526 759	4 811 744	10	7.52	413	8.16	16.834	
Nevesinje	6 509 133	4 790 216	9	7.46	373	9.52	13.29	24.00
Berkovići	6 503 484	4 769 769	14	7.28	434	7.73	20.821	
Trebinje	6 540 933	4 727 957	13	7.35	632	9.04	19.049	6.70
Trebinje	6 530 626	4 734 884	13	7.50	496	7.92	14.176	3.90
Bileća	6 534 686	4 746 885	10	7.22	295	9.24	15.505	
Dabar. polje	6 520 114	4 769 826	10	7.40	276	9.20	19.492	
Gacko	6 544 714	4 770 876	11	7.47	386	8.10	22.593	9.50
Gacko	6 545 361	4 765 453	12	7.36	249	9.18	15.948	1.00
Sutjeska	6 554 282	4 796 979	9	7.75	226	10.15	15.062	6.00
Lučka vrela	6 559 439	4 813 030	12	7.57	332	9.07	14.619	29.00
Čajniče	6 587 004	4 823 796	10	7.08	267	10.44	19.935	
Višegrad	6 599 258	4 844 230	12	7.24	335	9.15	16.391	16.00
Drinić	6 382 612	4 925 841	12	7.00	415	8.79	3.10	
Bijeljina - Tavna	6 588 197	4 941 673	20	7.03	612	8.93	10.18	
Vlasenica	6 585 152	4 906 672	12	7.34	390	12.80	1.90	
Han Pijesak	6 579 664	4 885 946	12	7.77	345	10.54	6.90	
Banja Luka - Dom penzionera	6 435 804	4 957 562	29	8.00	1245	9.46	18.61	

Na osnovu terenskih mjerenja nestabilnih parametara (slika 2) i kabinetske obrade postojećih podataka hemijskog sastava zahvaćenih voda iz izdani na području RS dobili smo pojedine parametre za definisanje tzv. nultog stanja kvaliteta podzemnih voda u prekograničnim izdanima pukotinskog i pukotinsko-kavernoznog tipa poroznosti mezozojske starosti.

Mjesta uzorkovanja vode su prikazana na slici 2.



Slika 2. Karta sa mjestima uzorkovanja podzemne vode: — - Entitetska granica, — - Državna granica, — - Izdani u akviferima sa izraženom pukotinskim tipom poroznosti, — - Izdani u akviferima sa izraženim karstno-pukotinskim tipom poroznosti, ■ - Mjesto uzorkovanja podzemne vode

Podzemne vode u prekograničnim izdanima akumuliranim u karbonatnim akviferima mezozojske starosti na prostoru Republike Srpske, se odlikuju nešto povišenom mineralizacijom, koja je reda veličine 600-800 mg/l. To su uglavnom vode hidrokarbonatne klase, kalcijumske grupe. Količina karbonata je između 350-520 mg/l, a jona kalcijuma oko 160 mg/l. Ukupna tvrdoća se kreće u granicama od 16 do 25 °dH, što ih po klasifikaciji Kluta svrstava u dosta tvrde i tvrde vode.

Fizičko-hemijske karakteristike Banjalučko-višegradskog rejonu se razlikuju zavisno od litološkog sastava stijena. Podzemne vode u području ofiolita i ultramafita vezane su za infiltracione vode u plitkom raspadnutom dijelu terena. Hemiizam ovih voda zbog brze vodozamjene odlikuje se niskom mineralizacijom (100-250 mg/l), to su vode hidrokarbonatne klase, kalcijumsko-magnezijumske grupe,

normalnog pH i niske tvrdoće (do 5 °dH). Hemizam izvorskih voda iz izdani u karbonatnim akviferima sa područja Doboja i Romanije karakteriše niska mineralizacija zbog brze vodozamjene (do 400 mg/l). Podzemne vode Romanije nemaju povišen sadržaj gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka. Preovlađuje hidrokarbonatno-kalcijumski tip vode sa ukupnom tvrdoćom od 10 do 15 °dH. Najveći dio ispitivanih uzoraka podzemne vode iz ovih akvifera pripada hidrokarbonatnoj klasi, a veoma mali dio klasi sulfatnih i hloridnih voda. Prema katjonskom sastavu vode su kalcijumske, rjeđe kalcijumsko-magnezijumske grupe, a veoma mali procenat uzoraka su natrijumsko-magnezijumske grupe voda. Ovaj hidrogeološki rejon karakteriše veliki broj pojava mineralnih, termalnih i termo-mineralnih voda. U području dacito-andezitskog masiva Srebrenice nalaze se mineralne vode sa veoma visokim sadržajem arsena i do 17 mg/l (izvor Očna voda), te gvožđa od 100-300 mg/l. Ove vode su izrazito sulfatnog tipa. Mineralne vode sa H₂S javljaju se iz trijaskih klastičnih naslaga u području Jelovca i Mlječanice. Sadržaj H₂S se kreće i do 250 mg/l pri ukupnoj mineralizaciji 1300 mg/l. To su vode sulfatne klase - kalcijumsko - magnezijumske ili natrijumsko - kalcijumske grupe. Termalne vode nalaze se u području Teslića (Banja Vrućica), gdje su vode hidrokarbonatne - sulfatne klase, kalcijumsko - magnezijumske grupe. Ukupna mineralizacija ove vode je 3,7 g/l, a temperatura 28 °C. Termomineralne vode na području Banja Luke javljaju se u Slatini i Gornjem Šeheru - Srpske Toplice u akviferima od krečnjaka trijasko starosti. Termomineralne vode Banje Slatina su sulfatno-hidrokarbonatne klase, kalcijumsko-magnezijumske grupe, ukupne mineralizacije 30 g/l, 1,2 mg/l CO₂ i temperature 41 °C. Termomineralne vode srpskih Toplica su hidrokarbonatno-sulfatne klase, kalcijumsko-magnezijumske grupe. Ukupna mineralizacija je oko 1,3 g/l i temperature 34 °C. Termalne vode ove hidrogeološke jedinice imaju sličan hemizam, kao i svježije (hladne) vode, što je i razumljivo, jer im je akvifer krečnjaci trijasko starosti. Slične su i termalne vode kod Rudog, Višegrada i Laktaša.

Podzemne vode iz magmatskih stijena, zbog njihove rezistentnosti, odnosno male rastvorljivosti stijena imaju nisku mineralizaciju (150 mg/l). To su vode hidrokarbonatne-hloridne klase i natrijumsko-kalcijumske grupe. Podzemne vode iz evaporita trijasko starosti imaju znatno veću mineralizaciju i preko 1 g/l, a hidrokarbonatne-sulfatne su ili sulfatno-karbonatne klase. Podzemne vode karbonatnog masiva Manjače i Podrašničkog polja izljevaju se na vrelima Krupe u slivu Vrbasa i izvoru rijeke Gomjenice u slivu rijeke Sane. Po hemijskom sastavu podzemne vode ovih vodonosnika su hidrokarbonatne klase, kalcijumske grupe sa ukupnom mineralizacijom do 300 mg/l.

Hemizam podzemnih voda reiona Hercegovine je relativno ujednačen. Relativna monolitnost litološkog sastava i uvećane brzine cirkulacije podzemnih voda imaju svoj odraz na hemizam karstnih voda. To su vode mineralizacije 200-700 mg/l, hidrokarbonatne klase - kalcijumske grupe. Ukupna tvrdoća se kreće od 6-16 °dH. Vode iz dolomita imaju povećan sadržaj Mg i SO₄ jona. Učešće jona magnezijuma se kreće od 15-50 mg/l, a sulfatnih jona 9-24 mg/l. Vode iz fliša i promina naslaga imaju mineralizaciju 600-800 mg/l. Podzemne vode Hercegovine i Romanije, te

sliva gornjeg toka Drine nemaju povišen sadržaj gvožđa, mangana, nitrita i amonijaka.

Z j

Radi utvrđivanja tzv. „nultog“ stanja kvaliteta podzemnih voda prekograničnih izdani u akviferima karbonatnih stijena mezozojske starosti, koji se prostiru na teritoriji Republike Srpske izvršeno je uzorkovanje vode i terensko mjerenje nestabilnih parametara.

Određeni su sledeći parametri kvaliteta na ukupno 28 lokacija: temperatura, pH, elektroprovodljivost, sadržaja rastvorenog kiseonika i sadržaja nitrata. Ovi rezultati i kabinetska obrada prethodnih istraživanja su prezentovani u ovom radu i tako dat doprinos poznavanju kvaliteta prekograničnih izdani Bosne i Hercegovine u akviferima mezozojske starosti, na prostoru Republike Srpske.

L e

- [1] Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu: Voda za piće - Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, Beograd, 1990.
- [2] Grupa autora: Tumač geološka karte SFR Jugoslavije 1:500 000, Beograd, 1971.
- [3] Milanović P.: Hidrogeologija karsta i metode istraživanja, Hidroelektrane na Trebišnjici, Trebinje, 1979.
- [4] Novaković V. sa saradnicima: Studija o stanju izdani Republike Srpske i procjeni rizika po kvalitet i rezerve podzemne vode, DOO IPIN, Bijeljina, 2015.

MARKO LJUBOJA, ZORANA RADIBRATOVIĆ¹, BILJANA ČAKIĆ¹,
LJILJANA DIMKIĆ¹, SVETLANA ARGAKIJEV¹

Stanje vodosnabdevanja u Novom Sadu ne zadovoljava buduće potrebe za vodom na Petrovaradinskoj strani, iz tog razloga pristupilo se izradi Idejnog projekta PPV „Petrovaradinska ada“. Na osnovu analiza kvaliteta vode na lokaciji novog izvorišta (novi bunari), zaključeno je da se sa izvorišta "Petrovaradinska ada" može, nakon odgovarajućeg tretmana vode, obezbediti vodosnabdevanje predviđenih potrošača sanitarno ispravnom vodom u skladu sa Pravilnikom. Postrojenje "Petrovaradinska ada" je predviđeno za preradu zahvaćenih podzemnih voda za vodosnabdevanje kojim će se u I fazi preraditi do 200 l/s sa mogućnošću proširenja u II fazi do 400 l/s.

voda za piće, postrojenje za prečišćavanje vode, kvalitet vode, podzemna voda

Existing water supply in Novi Sad is not sufficient for future water consumption. Institute prepares technical documentation regarding that fact i.e. Preliminary design for WTP "Petrovaradinska ada". Regarding analysis of water quality from the location "Petrovaradinska ada" with new water sources (new wells) it is concluded that water has good quality and with adequate technology it could be potable in accordance with Serbian regulation. WTP "Petrovaradinska ada" is planned for treatment of ground water with capacity of 210 l/s in I phase, and possibility of expansion in the II phase up to 420 l/s.

Potable water, water treatment plant, water quality, underground water

¹ Marko Ljuboja, dipl. inž. građ, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Zorana Radibratović, dipl. inž. teh, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ mr Biljana Cakić, dipl. inž. maš, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Ljiljana Dimkić, dipl. inž. arh, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

¹ Svetlana Argakijev, inž. građ. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi“ iz Beograda je dobio zadatak da izradi projektnu dokumentaciju za postrojenje za prečišćavanje vode za piće na izvorištu „Petrovaradinska ad“ u Novom Sadu maksimalnog kapaciteta 200 l/s uz ostavljenu mogućnost da se u budućnosti, ako se za tim ukaže potreba, može dograditi sa kapacitetom od još 200 l/s. Locirano je na nasutom terenu u inudaciji Dunava a teren je za ovu namenu nasut do kote krune odbrambenog nasipa pre petnaestak godina i u potpunosti je konsolidovan.

Na osnovu raspoloživih analiza i podataka, kao i dodatnih analiza koje su urađene, može se zaključiti da su parametri koji odstupaju od MDK u podzemnoj vodi izvorišta „Petrovaradinska ada“ mangan, amonijum jon, mutnoća, elektroprovodljivost, mineralna ulja.

Projektant je dodatno analizirao kvalitet reprezentativnih bunara i pijezometara a sve u dogovoru sa Investitorom i programom istražnih radova po svim relevantnim parametrima bitnim za određivanje koncepta prečišćavanja podzemne vode do kvaliteta za piće, u skladu sa Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće.

Na osnovu projektnog zadatka, raspoloživih podataka o kvalitetu podzemne vode i lokacije izvorišta „Petrovaradinska ada“, usvojena je tehnologija prečišćavanja koja obuhvata: aeraciju, filtraciju na peščanim filterima, ozonizaciju, filtraciju na GAU filterima i dezinfekciju natrijum-hipohloritom koji se dobija na licu mesta elektrolizom iz soli. Tehnološki proces treba da obezbedi stabilan kvalitet vode nakon svake faze prerade vode.



Slika 1. 3D model PPV „Petrovaradinska ada“

□ „ a “

Podzemne vode na području Petrovaradinska Ada Kvalitet vode ne zadovoljava kriterijume Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. List SRJ

po pitanju više parametara kvaliteta. Boja i mutnoća su povećane na svih sedam uzoraka koji su rađeni. Utrošak KMnO_4 je povišen na pijezometrima Pz-31, Pz-36 i Pz-37. Elektroprovodljivost je povećana kod uzoraka iz pijezometara Pz-32, Pz-35, Pz-36 i Pz-37. Amonijak se javlja u nedozvoljenim koncentracijama na svim pijezometrima, osim na Pz-33 gde je u dozvoljenim granicama. Nitriti se u povišenom sadržaju javljaju na pijezometrima Pz-31, Pz-32, Pz-33 i Pz-34. Koncentracija gvožđa je povišena na svim objektima osim na Pz-34 gde je u okviru dozvoljenih granica. Mangan se na svim objektima javlja u znatno povišenim koncentracijama, koje se kreću i do 0.7 mg/l na pijezometru Pz-32.

U mikrobiološkom pogledu u svim pijezometrima su utvrđeni mikroorganizmi (*Citobacter freundii*, *Pseudomonas aeruginosa*) i (*Enterobacter* spp) na uzorku Pz-35, zatim fekalne koliformne bakterije (na pijezometrima Pz-34 i Pz-36) i povećan ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija u 1 ml na svim uzorcima. Tokom izvođenja testova crpenja na opitno – eksploatacionim bunarima CB-15, CB -16 i CB-17 izvršeno je uzorkovanje podzemnih vodaza potrebe izrade hemijskih analiza „B“ obima.

Kvalitet podzemne vode bio je ujednačen na sva tri bunara, što je i logično imajući u vidu njihov položaj i međusobno udaljenje. U odnosu na Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. List SRJ 42/98 i 44/98) svi uzorci imaju povećan sadržaj arsena, amonijaka, gvožđa i mangana od MDK. Na nizvodnom delu Petrovaradinske ade, u periodu testiranja opitnog bunara OB-1/2011, uzeti su uzorci vode i urađene su analize „B“ obima iz ovog bunara. Tom prilikom su urađene i skraćene analize vode iz pet pijezometra, obima „A“ a rezultati su prikazani u narednim tabelama.

Prema rezultatima sprovedenih analiza, kvalitet vode ne zadovoljava kriterijume Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. List SRJ 42/98) po pitanju više parametara kvaliteta: boja, utrošak KMnO_4 , amonijum jon, gvožđe, mangan, arsen, vodonik sulfid. Sadržaj bromida meren je u opsegu od 0,027 do 0,057 mg/l. Vrednosti parametara koji odstupaju od kvaliteta vode za piće kretali su se u sledećim granicama:

- Utrošak KMnO_4 od 4,1 do 11,6 mg/l,
- Boja od 2 do 11°Pt-Co,
- Amonijum jon od 0,49 do 2,06 mg/l,
- Gvožđe od 2,03 do 3,77 sa izuzetkom merenja na pijezometru OB-1p gde se konstantno mere visoke koncentracije gvožđa, iznad 9 mg/l,
- Mangan od 0,24 do 0,66 mg/l,
- Arsen od ispod granice detekcije <20 µg/l do 51,6 µg/l
- Vodonik sulfid od <0,02 do 0,17 mg/l.

U uslovima eksploatacije, očekuje se da kvalitet vode na novoprojektovanim vodozahvatnim objektima bude sličan kao na BHD-8, kada se uspostavi stalno

kretanje vode od Dunava ka bunarima pri čemu će doći do promene kritičnih parametara i posle nekog vremena njihove stabilizacije.

čavanja na PPV „Petrovaradinska ada“

Na osnovu projektnog zadatka, raspoloživih podataka o kvalitetu podzemne vode i lokacije izvorišta „Petrovaradinska ada“, usvojena je tehnologija prečišćavanja koja obuhvata: aeraciju, filtraciju na peščanim filterima, ozonizaciju, filtraciju na GAU filterima i dezinfekciju natrijum-hipohloritom koji se dobija na licu mesta elektrolizom iz soli. Tehnološki proces treba da obezbedi stabilan kvalitet vode nakon svake faze prerade vode.

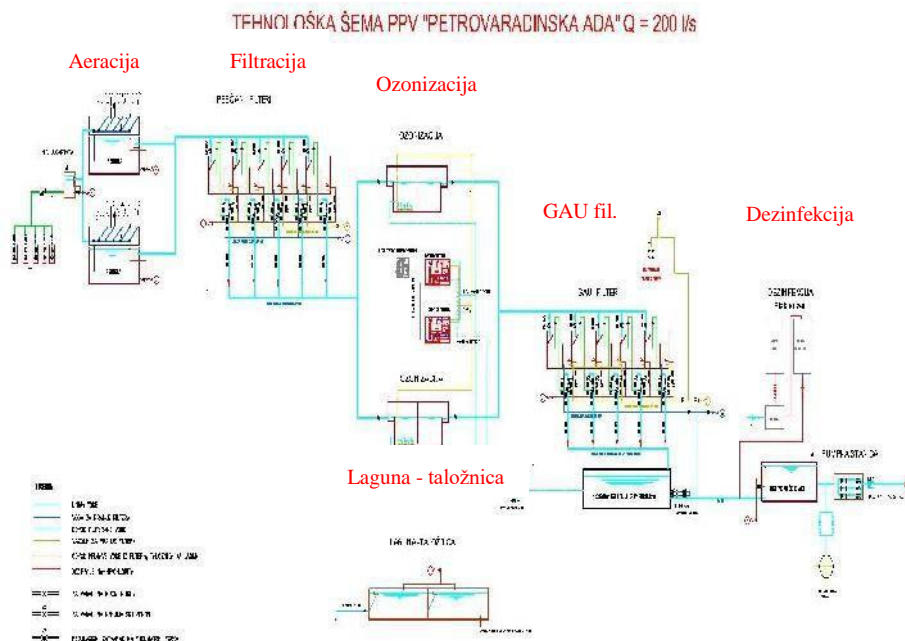
Postrojenje se projektuje tako da u potpunosti odgovara svojoj nameni odnosno da garantuje isporuku 200 l/s vode kvaliteta za u svim uslovima eksploatacije. Da bi se ovo obezbedilo projektovane su sledeće tehnološke celine:

- Upravno pogonska zgrada sa kontrolno komandnim centrom i laboratorijom
- Umirujuća komora
- Aeracija sa retenzijom
- Filtracija na brzim peščanim filterima – 5 filterskih polja
- Ozonizacija
- Filtracija na GAU filterima – 5 filterskih polja
- Pumpno kompresorska stanica za pranje filtera
- Rezervoar vode za pranje filtera (čista nedezinfikovana voda)
- Dezinfekcija natrijum-hipohloritom dobijenim na licu mesta elektrolizom iz soli
- Rezervoar čiste vode (čista dezinfikovana voda)
- CS za potis vode ka potrošačima
- Gasna stanica za O₂
- Taložnica
- Trafostanica
- Portirnica
- Kompletna automatika i upravljanje.

Celokupan proces prerade vode zasniva se na potrebnoj količini vode za preradu. Osnovni parametar za upravljanje procesom prerade vode je podatak o protoku sirove vode sa merača protoka na ulazu u postrojenje. Protok vode se menja i zavisi od godišnjeg doba a u toku 24 časa nema značajne promene protoka.

Postrojenje je koncipirano da se sastoji od dve linije kapaciteta po 100 l/s kako bi se obezbedila sigurnost rada sistema i predstavlja kompaktnu celinu sa cevnim vezama kojima je omogućeno isključivanje pojedinih tehnoloških celina.

Kratak opis procesnih jedinica dat je u narednom tekstu a detaljni proračun i dimenzionisanje u poglavljima koji slede.



Slika 2. Tehnološka šema - PPV „Petrovaradinska ada“

pravno pogonska zgrada sa kontrolno komandnim centrom i laboratorijom pravno pogonski deo sastoji se od suterena prizemlja i dva sprata okviru su terena nalazi se pumpna stanica za potis vode u grad magacin i kotlovnica Prizemni deo se sastoji od glavnog ulaza sa stepeništem, salom za sastanke, prostor za elektro ormare i unos opreme, sanitarni čvor. Na prvom spratu predviđen je kontrolno komandni centar sa pogledom na pešćane filtere, kancelarije, sanitarni čvor. Na drugom spratu predviđena je hemijska laboratorija sa odvojenim prostorijama za pripremu uzoraka, merenja, spektrofotometriju, magacin hemikalija, sanitarni čvor.

Umirujuća komora - Sa bunara sirova voda se dovodi u umirujuću komoru na postrojenju. Uloga umirujuće komore ili prihvatne građevine je da obezbedi umirenje sirove vode sa bunara i formira slobodnu površinu vode kao konstantan uslov za rad bunarskih pumpi kao i da obezbedi potreban nadpritisk za rad aeratora tj. konstantnu visinu mlaza vode na aeratoru.

Aeracija sa retenzijom - Funkcija aerator je da obezbedi oslobađanje vode od gasova i obogati vodu kiseonikom iz vazduha. U procesu aeracije vrši se oksidacija gvožđa i mangana. Predviđene su dve linije sprej aeracije sa retenzijom. Dve linije predstavljaju sigurnost u funkcionisanju sistema.

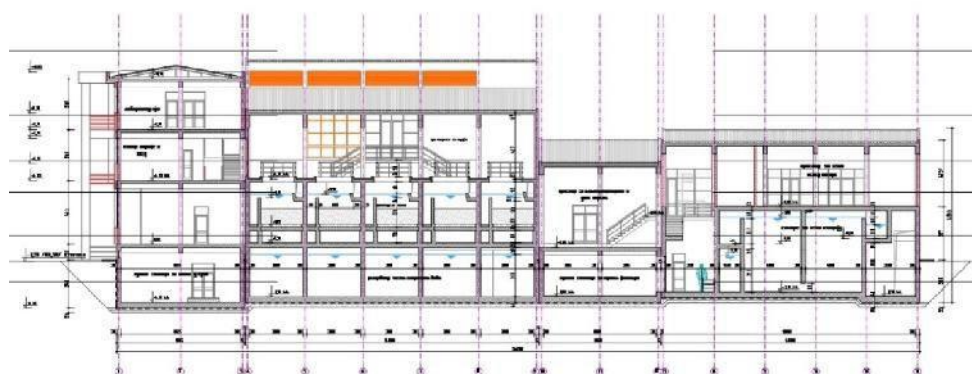
Filtracija na brzim pešćanim filterima - Filtracija je operacija pri kojoj se voda propušta kroz filtersku ispunu da bi se iz nje izdvojile prethodno oksidisane čestice u procesu aeracije. Da bi se dobio odgovarajući kvalitet filtrata potrebno je da materijal za filter bude pažljivo odabran kako granulometrijski tako i u pogledu debljine pojedinih slojeva.

Ozonizacija Doziranjem ozona nakon aeracije i filtracije na pešćanim filterima znatno se povećava količina biorazgradljivih materija i stepen uklanjanja ugljenika, kao i efekti procesa nitrifikacije unutar filterske ispune za uklanjanje amonijaka. Da bi efikasno delovao, ozon treba da se automatski injektira u dovoljnoj količini, da bi se dobio rezidualni ozon. Taj ostatak daje garanciju da je potreba vode za ozonom na adekvatan način zadovoljena.

Filtracija na GAU filterima - Nakon ozonizacije voda se odvodi na GAU filtere. Potrebno je da ugalj ima veliku internu strukturu pora, visok sadržaj mikropora, optimalnu gustinu, maksimalnu tvrdoću, malo prašine i mutnoće, odličan kapacitet adsorpcije, visoku zapreminsku aktivnost, brzu dehlorinaciju, malu mutnoću filtrirane vode.

Ugalj treba da bude takav da ga njegova mikroporoznost čini posebno pogodnim za uklanjanje male molekulske mase organskih jedinjenja i nusprodukata hlorisanja kao što su hloroform i drugi THM (trihalometani).

Završna dezinfekcija Na-hipohloritom dobijenim na licu mesta - U skladu sa zahtevima projektnog zadatka, za finalnu dezinfekciju, predviđeno je korišćenje rastvora natrijumhipohlorita koji se dobija iz postrojenja za elektrolitičku proizvodnju hlora u obliku rastvora natrijumhipohlorita na mestu potrošnje, na bezbedan način jer se tokom rada ne stvara gasoviti hlor.



Slika 3. Presek - PPV „Petrovaradinska ada“

Pumpno kompresorska stanica za pranje filtera i rezervoar čiste vode - Ispod pešćanih filtera i retezione komore predviđen je rezervoar čiste vode. Položaj i dimenzije rezervoara su proistekle iz potrebne hidraulike (gravitaciono tečenje u postrojenju) i potrebnih dimenzija pešćanih filtera i aeracije. Voda se iz rezervoara vode za pranje filtera dovodi u kome se vrši hlorisanje vode. Pranje filtera se vrši vazduhom i vodom.

Pumpna stanica za potis vode ka potrošačima - Predviđen je prostor za pumpnu stanicu za potis vode u mrežu ka Petrovaradinu. Predviđen je prostor za ugradnju tri višestepene centrifugalne pumpe i protivudarne posude.

Gasna stanica Za rad ozon generatora potreban je tečni kiseonik koji se skladišti u gasnoj stanici. Gasifikaciona stanica tečnog kiseonika locirana je na otvorenom prostoru uz internu saobraćajnicu pored postrojenja za preradu vode.

Taložnica -Taložnica je betonski objekat, koji se sastoji od dve retenzione komore, locirana pored postrojenja za preradu vode kako bi se prihvatila određena količina vode od pranja koja nastaje u kratkom vremenskom intervalu a koja se nakon taloženja ispušta u Dunav.

Laboratorija - U cilju kontrole procesa na postrojenju, predviđena je pogonska laboratorija. U okviru laboratorije predviđena je oprema za uzorkovanje, analizu određenih parametara kao i zaštitna i sanitarna oprema. Praćenjem rezultata analiza i procesnih veličina dobija se realna slika rada postrojenja i potrebnih intervencija za poboljšanje procesa. Laboratorija na postrojenju treba da bude opremljena tako da može da prati kvalitet sirove i čiste vode, kao i parametre po fazama proizvodnje i kvalitet pripremljenih hemikalija (fizičko-hemijske i mikrobiološke analize).

U skladu sa potrebama postrojenja predviđeno je zaposleno osoblje različitih kvalifikacija za normalno funkcionisanje postrojenja.

Tabela 1. Zaposleno osoblje na postrojenju

Radno mesto	Kvalifikacija / Stručna sprema	Ukupan broj izvršilaca	Broj smena
Rukovodilac PPV	diplomirani inženjer tehnologije / VSS	1	I
Operateri	mašinski (elektro) tehničar / SSS	3	I, II, III
Šef laboratorija	diplomirani inženjer tehnologije ili diplomirani hemičar / VSS	1	I
Laboranti	hemijski tehničar / SSS	3	I, II, III
Pomoćno osoblje	nekvalifikovani radnik	3	I, II, III

[1] Degremont, Water treatment handbook, seventh edition, 2007.

[2] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. Glasnik SRJ, 42/98).

[3] Vodoprivredna osnova Republike Srbije („Sl. Glasnik .RS“, br.11/02)

[4] Idejni projekat PPV „Petrovaradinska ada“, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“.

Š
Š

Š

PR R G P TROVIĆ¹, MIOMIR KOMATINA², MARIJA PETROVIĆ¹,
SNEŽANA KOMATINA²

Srbija spada u retke zemlje u Evropi sa raznovrsnim geološkim sastavom i vrlo povoljnim hidrogeološkim uslovima.

Mataruška Banja se nalazi u centralnom delu Srbije, na oko 8 km jugozapadno od Kraljeva, na nadmorskoj visini od oko 211m. Karakterišu je ravničarsko područje i brdsko-planinsko zaleđe. Geološki sastav i tektonika terena Mataruške Banje su dosta složeni, zbog specifičnosti građe u kojoj dominantno mesto zauzimaju serpentiniti i peridotiti. Geološki sastav zemljišta i sam tok reke Ibar čije se vode ne razlivaju kroz levu i desnu obalu, što je utvrđeno analizom vode iz neposredne blizine reke.

Kada je u pitanju sanitarna zaštita voda u okruženju Mataruške Banje, ona je dvostruka, zaštita vodosnabdevanja i zaštita termomineralne vode, kao resursa balneoklimatskog lečenja. U ovom radu je dat kratak osvrt hidrogeoloških karakteristika i zaštita voda Mataruške Banje.

: Mataruška Banja, vodosnabdevanje, hidrogeologija, zaštita, balneologija

Serbia is among the few countries in Europe with a variety of geological composition and very favorable hydrological conditions.

Mataruška Banja (Spa) is located in the central part of Serbia, about 8 km southwest of Kraljevo, at an altitude of about 211m. The area is characterized by lowland and mountainous hinterland. Geologic structure and tectonics of the field Mataruške Banje (Spa) are quite complex, due to the specific structure in which the dominant position occupied by serpentinite and peridotite. The geological composition of the soil and the flow of the Ibar river whose water does not run through the left and right bank, which is determined by analyzing the water from a close river.

¹ dr Predrag Petrović, dipl. inž. maš, Institut „Kirilo Savić“, Vojvode Stepe 51, Beograd

² dr Miomir Komatina, dipl. geo fizičar, Asocijacija geofizičara i ekologa Srbije, Dimitrija Avramovića 38, Beograd

¹ Marija Petrović, dipl inž. poljop, Institut „Kirilo Savić“, Vojvode Stepe 51, Beograd

² dr Snežana Komatina, dipl. geo fizičar, Asocijacija geofizičara i ekologa Srbije, Dimitrija Avramovića 38, Beograd

When it comes to sanitary protection of water environment Mataruska Banja (Spa), it is a double protection of water and protection of thermal mineral water as a resource balneoclimatic treatment. This paper provides a brief review hydrological characteristics and water protection Mataruške Banje (Spa).

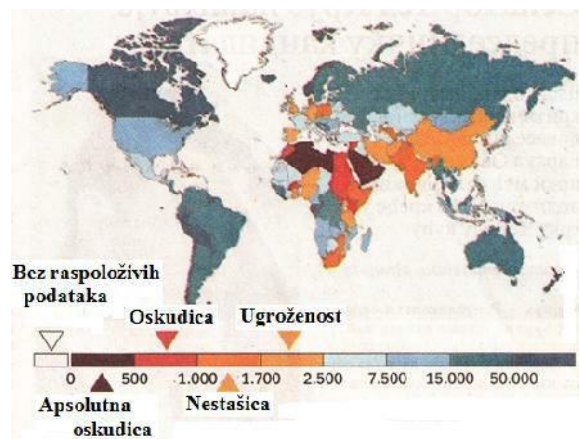
Mataruška Banja (Spa), Watersupply, Hydrogeology, Environmental, Balneology

Danas smo sve više svedoci upozoravajućih vesti od strane UN da je svet na korak od nedostatka pijaće vode, a u nekim delovima sveta, nedostatak je već dugi niz godina i permanentno prisutan. Zbog toga se smatra da je vodosnabdevanje u svetu toliko kritično da se i u predstojećoj deceniji mogu pojaviti drastični problemi zbog složenih raznorodnih faktora, demografske ekspanzije i neraspoređenosti, klimatskih promena, ekonomskog posustajanja, političke konfrontacije i dr.

Procene su da danas 1,8-3 milijarde ljudi nema pristup sanitarno proverenoj pijaćoj vodi, oko 780 miliona ljudi danas piju vodu sa izvora koji dele sa životinjama. Milijarda ljudi svakodnevno vrši nuždu u prirodi, dok 2,5 milijarde ljudi nema pristup toaletima sa ugrađenim sistemom za razgradnju otpada. Svakih 15 sekundi negde na svetu jedno dete umre od posledica izazvanih bakteriološkom zagađenošću vode, kao i još skoro četiri miliona odraslih ljudi godišnje, zbog mnogih drugih posledica.

Kakva je trenutna situacija sa stanjem obnovljivih zdravstveno ispravnih izvora vode po stanovniku u svetu vidi se na slici 1.

Na globalnom planu već postoji konsenzus da su voda i obezbeđivanje sanitarnih čvorova od suštinskog značaja za ostvarenje mnogih održivih razvojnih ciljeva. Oni su nerazdvojno povezani sa klimatskim promenama, poljo privredom, sigurnim obezbeđenjem hrane, zdravljem, energijom, ravnopravnosti među ljudima, obrazovanjem.



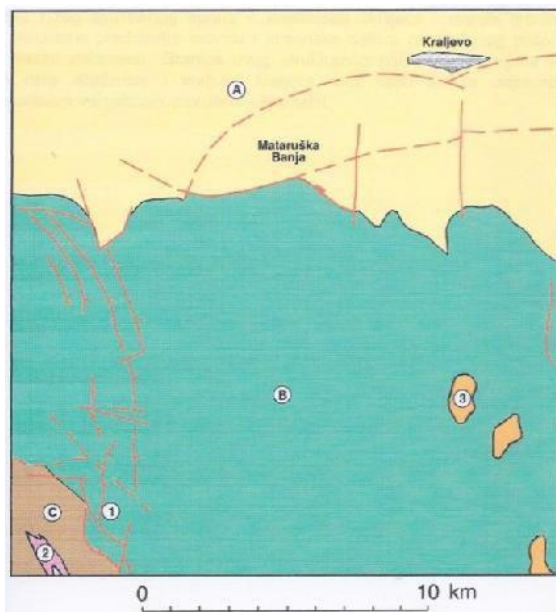
1 Ukupni obnovljivi izvori vode po stanovniku u svetu (2013.godine, izvor UN-FAO)

Miška Banja se nalazi u centralnom delu Srbije, na oko 8 km jugozapadno od Kraljeva. Prostire se na akumulacionoj terasi Ibra, ograničenoj rečnim tokom, s jedne strane, i obodnim pojasom Kraljevačko-čačanske kotline, s druge strane.

Ravničarsko područje je sastavni deo prostranog Kraljevačko-čačanskog neogenog basena, koji se prostire između planine Jelice, na jugozapadu, i vulkanske mase Kotlenika, na severoistoku. Karakteriše ga široka aluvijalna ravan reke Ibar, markirana sa tri nivoa rečnih terasa.

Brdsko-planinsko zaleđe, južno od Mataruške Banje, predstavljeno je Ibarskim serpentinitским masivom, koji izgrađuje planinu Stolovi. Unutar tog masiva formirana je duga Ibarska klisura, sa ulazom kod obližnjeg naselja Mataruga.

Geološki sastav i tektonika terena Mataruške Banje su dosta složeni. U građi terena dominantno mesto zauzimaju serpentiniti i peridotiti. U području same Banje taj masiv je, verovatno, duž raseda pravca pružanja zapad-severozapad-istok-jug-istok potonuo pri obrazovanju Kraljevačkog tercijarnog (neogenog) basena i preko njega su taloženi mlađi sedimenti jezerskog porekla. Tendencija tonjenja se nastavlja i sada, a u pliocenu i kvartaru je na širem području Banje, mlađim rasedima preformiran stari tektonski sklop terena. Intenzivna vulkanska i intruzivna magmatska aktivnost tokom tercijara, čiji se najveći produkti nalaze severnije u području Kotlenika, doprinela je formiranju geotermalne anomalije u terenu odnosno uslovima formiranja ležišta termomineralne vode.



Slika 2. Pregledna tektonska karta područja (2004. godine) A-Kraljevačka depresija; B-Ibarski serpentinitički masiv; C-monoklinala Radočela i Čemerna; 1-kraljušti; 2- granitoid; 3-dacito-andeziti

N , čko-čačanskog basena predstavljaju kompleks konglomerata, peščara, glinaca, laporaca i krečnjaka, prosečne debljine preko 800 m. Najmlađi paket sedimenata mio-pliocenske starosti (M, Pl) je sastavljen od glina, laporaca, peščara, različitih tipova peska i šljunka.

Najmlađe tvorevine na ovom području su predstavljene aluvijalnim, poluvijalnim, deluvijalnim i siparskim naslagama. Debljina aluvijalnog nanosa je od 5 do 8 m, u rejonu termalnih izvora, dok je po obodu aluvijalne ravni i uz korito Ibra ovaj nanos od 5 do 6 m. Izgrađen je od peskovito-šljunkovitih frakcija, u donjem, i humusnog (muljevitog) materijala i sitnozrnog peska, u gornjem horizontu.

□ §

Prema inženjersko geološkim uslovima terena, rejonizaciju terena se može klasifikovati prema sledećim terenima (idući od boljih ka lošijim):

- Niskoravničarski tereni koji obuhvataju aluvijalnu ravan izvan uticaja rečnog toka i potoka i delove terasnih zaravni udaljeni su od terasnih odseka podložnih eroziji i klizanju. To je uglavnom veći deo aluvijalne ravni Ibra, izgrađen od šljunkovito-peskovitih naslaga, sa nivoom podzemnih voda dubljim od 2,0 m od površine terena.
- Niskoravničarski tereni (aluvijalne i proaluvijalne ravni) neposredno uz rečno i potočna korita, stalno ili periodično su izloženi dejstvu matice reke ili bujičnoj aktivnosti potoka, ako korito nije regulisano. U najnižim delovima terena, pored površinskog plavljenja, očekuje se izdizanje nivoa podzemnih voda, kao i pojave stišljivih sredina u aluvijalnom nanosu.
- Delovi padina blažih nagiba južnim obodom ravnice, koji su izvan zona aktivnog i umerenog klizanja uglavnom su bolje pošumljeni tereni izgrađeni od izmenjenih serpentinita ili sedimenata neogena, sa tankom raspadinom.
- Zone aktivnih i umirenih klizišta duž južnog oboda terena, obuhvataju u prvom redu strmije nagnute terene izgrađene od sedimenata neogena i dealuvijalnih naslaga. Radi se o isprekidanom pojasu duž brdskog podnožja, širine 50 do 250 m, duž koga je registrovano pet zona aktivnog klizanja.
- Pojave egzogeodinamike su preciznije prikazane na Inženjersko-geološkoj karti područja Mataruške Banje.

Inače, ovo su inženjersko-geološki najlošiji tereni, na kojima su procesi savremene egzodinamike u stalnom razvoju i zahtevaju određene mere zaštite.

§

Desna obala Ibra prema Mataruškoj Banji sastavljena je od serpentina, uglavnom onakvim kakvim je i u ostalim delovima ibarskog serpentinog pojasa, kome pripada i ovaj deo terena. Njega u blizini Banje preseca južna rasedna zona Morave, pravca severozapad – jugoistok, duž koje je serpentinog pojas potonuo, i potom prekriven tercijarnim jezerskim sedimentima. U ovoj zoni je nastao i Ibarski zaliv u tercijarnom basenu Zapadne Morave. Ta linija predstavlja nekadašnju pukotinu kroz

što se terasa spustila niže, na današnji nivo. Kod Mataruške Banje ove se rasedne zone uspravno ukrštaju i na njima su poremećeni tercijarni sedimentijeri koje su bile aktivirane i u postjerskoj fazi.

Kod Mataruga očuvani su samo fragmenti viših terasa, usečeni u serpentinu i priobalnom konglomeratu. Najbolje se održala najniža terasa na kojoj je i Mataruška Banja. Terasa su zastrvene dosta krupnim šljunkom u kome ima oblutaka prečnika i od preko 20 cm. Debljina nanosa na terasi Mataruške Banje iznosi oko 10 m.

Pri istraživanju u rejonu termomineralne vode najpre se nailazi na sloj humusa, tj. zemlje pomešane sa sitnim peskom, debljine oko 3-3,5 m.

Ogledalo sumporovite vode u bunarima nalazi se oko 3 m ispod površine terena, ali se ovaj nivo mineralne vode spušta i izdiže u zavisnosti od nivoa podzemne, tzv. vadozne vode, čija količina, odnosno visina, zavisi od količine padavina i topljenja snega. Pošto se padavinske vode kod Mataruške Banje uglavnom ulivaju u Ibar, visina vode u Ibru u prvom redu će određivati visinu ogledala podzemne vode, a time i visinu ogledala sumporovite vode u bunarima. Interesantna je činjenica da Ibar teče kao u nekom bočno zatvorenom koritu ne razlivajući se u podzemne vode, levo i desno. Ovo se zaključuje na osnovu toga što je voda za piće iz pumpi, pobodenih pored same obale reke, krečna, dok voda iz Ibra ne sadrži nimalo kreča. Zbog toga je voda za piće u Mataruškoj Banji čista planinska voda, sa Stolova, i bez mešavine sa vodom iz Ibra. [9]

U pogledu hemijskog sastava ovog zemljišta, ističu se dva sastojka koja određuju hemijsku prirodu ove mineralne vode: sulfid-gvožđa (pirit) i bitumen. U strukturi tla postoje i drugi elementi i jedinjenja, kao što je prikazano u donjoj tabeli. As, Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Hg, Cr, Ba, Be, Se.

□
š

đ

Na osnovu strukture poroznosti i stepena propusnosti stenskih masa, izdvajaju se sledeća tri tipa vodonosnih sredina.

Zbijeni tip vodonosnih sredina, karakterističan je za kvartarne naslage uopšte. Najbolje je izražen u peskovito-šljunkovitom horizontu aluviona Ibra, koji se odlikuje uglavnom dobrom propusnošću i izdašnošću. Ova sredina kaptirana je bunarom na oko 500 m zapadno od centra Banje, dubine 8 m i prečnika 4 m.

Pukotinski tip vodonosnih sredina, formiran je u okviru ispucalih delova serpentinita ibarskog masiva. Pražnjenja te slabije propusne vodonosne sredine se odvija preko izvora izdašnosti ispod 0,5 l/s.

Složeni tip vodonosne sredine, vezan je za neogene sedimente kraljevačkog basena, pošto se radi o kompleksu sa stenama zbijene poroznosti (peskovi, šljunkovi), zatim pukotinske poroznosti (konglomerati, peščari i krečnjaci) i „bezvodnih“ sredina (glinci, gline).



Slika 3. Hidrogeološka karta područja istraživanja



Slika 4. Karta zone sanitarne zaštite (2004. godine)

I šte termomineralnih voda formirano je u okviru ispucalih serpentinita na većim dubinama, odakle duž raseda i pukotina termomineralna voda ističe u peskovito-šljunkoviti nanos Ibra.

Kako je zona prihranjivanja podzemnih voda veoma udaljena, a dubina cirkulacije znatna, uslovi prirodne zaštićenosti vode su veoma povoljni. Dati prirodni uslovi su uzeti u obzir pri formiranju zona zaštite, kao i mogućnost poremećaja kvaliteta vode njenom nekontrolisanom eksploatacijom.

Pravilnikom o načinu određivanja i održavanja zona i pojaseva sanitarne zaštite objekata za snabdevanje vodom za piće, predviđene su tri zone sanitarne zaštite – neposredna, uža i šira.

Kako se radi o podzemnoj vodi pod pijezometarskim pritiskom, „pojas neposredne sanitarne zaštite“, obuhvata kružnu površinu oko crpnog objekta, sa poluprečnikom od 10 m. Ovaj pojas predstavlja zonu strogog režima, u koji nije dozvoljen pristup, sem licima koja vrše distribuciju vode. Ovakva zona je organizovana oko istražno-eksploatacione bušotine MB-2/81. (R:1:1000)

„Zona uže sanitarne zaštite“ zahvata aluvijalnu ravan u predelu Mataruške Banje, markiranu pojavama pražnjenja termomineralne vode, kao i užu priobodni brdski pojas. Ona mora biti pod stalnim sanitarnim nadzorom i na njoj se mora

čke jame i druge eventualne izvore zagađenja. (R:1:25.000)

„Zona šire sanitarne zaštite“ obuhvata područje prihranjivanja termomineralnih voda. Povoljna je okolnost da je dati prostor uglavnom nenaseljen. U njemu nije dozvoljena izgradnja industrijskih i drugih objekata, čije otpadne vode i druge otpadne materije iz tehnološkog procesa mogu zagađiti izdan. (R:1:100.000)

Sa prvim pisanim izvorima o počecima eksploatacije termomineralne vode Mataruške Banje, početkom dvadesetog veka, sačuvani su u delovodnom protokolu i prvi zapisi od sanitarnog značaja, kojima su se akcionari obraćali: srezu Žičkom, Načelstvu Rudničkom i Čačanskom, Ministarstvima privrede i policije i drugim u to vreme aktuelnim institucijama.



Slika 5. Prvi pisani izvori o počecima rada Mataruške Banje sačuvanim u delovodnom protokolu sanitarnog odeljenja Ministarstva unutrašnjih dela Kraljevine Srbije

Ljudska aktivnost ima značajan uticaj na vodne resurse i njihov razvoj svakog regiona i područja shodno principima održivog razvoja. Geološki sastav zemljišta u oblasti Mataruške Banje u kojem preovlađuju serpentiniti i peridotiti daje dobru osnovu za uticaj i kontrolu strateških vodnih rezervi za vodosnabdevanje i termomineralnih voda koje su veoma značajne za stanovništvo i balneološka lečenja.

Sanitarna zaštita izvorišta u Mataruškoj Banji se primenjuje u nekoliko različitih pristupa i zona –neposredna, uža i šira zona zaštite. Iskustva istraživača iz Srbije iz hidrogeologije i drugih oblasti garantuju organizovaniji pristup održavanju i racionalnoj potrošnji i održivosti razvoja tih resursa. U Srbiji su mnogim Zakonima definisano određivanje i održavanje zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja, kao i izvorišta termomineralnih i drugih voda.

[1] Petrović P.:“Mataruška Banja-sećanje i zaborav“, Monografija, IKS, SITS, 2015. godine.

- 2 K M, K S, G S, IV M đ. , S, G S., .103-113, 2014.
- 3 K M, K S, čaj hidrogeoloških istraživanja sa posebnim osvrtom na panononski basen“, IV Međ. kongres „Biomedicina i geonauke, Beograd, AGES, 2014.
- [4] Geozavod, „Sinteza rezultata inženjersko-geoloških i mikro seizmičkih istraživanja za potrebe daljeg razvoja urbanističkog područja Mataruške Banje“ – Studija, 1986.
- [5] Milenić D, Aneks Projekta detaljnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda Mataruške Banje za potrebe grejanja i klimatizacije Specijalne bolnice za rehabilitaciju "Agens", 2010.
- [6] Geozavod, „Hidrogeološka istraživanja termomineralnih voda na području Mataruške Banje – I- faza“, 1978.
- [7] Petrović P, Petrović M, „Upravljanje površinskim i otpadnim vodama Srbije“, 35. Međ. stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija 14“, SITS, Kladovo, p.130-139, 2014.
- [8] Đokić I, „Elaborat o rezervama termomineralnih voda iz istražno-eksploatacione bušotine MB-2/81 u Mataruškoj Banji“, 2004.

TR DOV PR R D S OV VOD
M KO GUL T UFU KC POBOLJ J
PROC S B TR J

R W W T R PROC SS G TR DS
CO GUL T CH G OV R ORD R TO PROV TH
CL R C T PROC SS

Ć¹, DRAGANA CUCUĆ¹,
JELENA ERCEG¹

R Rad se bavi testiranjem, implementacijom i dosadašnjim rezultatima u cilju zamene koagulanta aluminijum-sulfata sa polialuminijum-hloridom na konvencionalnom sistemu za preradu vode. Kvalitet sirove vode i operativni podaci korišćeni su za utvrđivanje efektivnosti PAC-a tokom različitih godišnjih doba. Biće prikazani ovi podaci, kao i stečena iskustva i razmišljanja na polju zamene koagulanata.

K : kvalitet sirove vode, zamena koagulanata

This paper deals with the results of the testing, implementation and interim results of coagulant changeover from Aluminum Sulfate (Alum) to Poly Aluminum Chloride (PAC) at a conventional water treatment plant. Raw water quality and operational data was used to determine the effectiveness of the PAC over the different seasons. This data and the design lessons and considerations of the changeover will be reported.

K : Raw water quality, coagulation changeover

U

Većina domaćih sistema za preradu površinske vode čini to konvencionalnim postupkom: koagulacija/flokulacija, sedimentacija, filtracija i završna dezinfekcija. Ovo predstavlja osnovu postupka prerade na kojoj je moguće, a u većini slučajeva i neophodno, dograditi faze korekcije pH vrednosti, oksido-redukcije, adsorpcije, UV sterilizacije ili sl, a sve u zavisnosti od kvaliteta sirove vode i postojeće procesno-

¹ Aleksandar Tanasković, dipl. inž. maš, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Vodovodska 158, Beograd

¹ Dragana Cucuć, dipl. hemičar, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Vodovodska 158, Beograd

¹ Jelena Erceg, dipl. inž. teh, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Vodovodska 158, Beograd

čina poboljšanja procesa prerade je pravilan izbor i korišćenje odgovarajućih tehničkih hemikalija neophodnih za date procese. Primarna uloga, svakako pripada koagulantima. Ovim putem je dat kratak prikaz upotrebe koagulanata aluminijum-sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) i polialuminijum hlorid (PAC) u praksi na konvencionalnom procesu prerade u funkciji kvaliteta sirove vode, kao i postupak njihove zamene u cilju optimizacije procesa.

K

Parametari kvaliteta vode koji utiču na kvalitet koagulacije mogu biti: količina suspendovanih materija, količina i priroda organskih materija (POM) i hemija sirove vode.

Kod većine površinskih voda, doza koagulantata se kontroliše putem koncentracije prirodnih organskih materija (POM) više nego sa mutnoćom. Negativno naelektrisanje koje je povezano sa POM može biti mnogo veće od onoga koje je vezano za čestice. Negativno naelektrisanje POM-a povećava se sa porastom pH, usled jonizacije karboksilnih i fenolnih funkcionalnih grupa.

Pored količine prisutnog POM-a, priroda POM-a ima značajan uticaj na kontrolu doze koagulantata i na količinu uklonjenog POM-a putem koagulacije.

Koncept specifične UV absorbance (SUVA) razvijen je kao operativni indikator prirode POM-a i efikasnosti koagulacije u uklanjanju POM-a, ukupnog ugljenika (TOC) i nusprodukata dezinfekcije (DBP). Izražava se u jedinicama cm^{-1} absorbance po mg/l DOC:

$$SUVA = [UV_{254}(cm^{-1}) \times 100] / [DOC(mg/l)] \quad (1)$$

Kod snabdevanje sa niskim SUVA (2 i manje), POM će imati mali efekat na dozu koagulantata. Za vrednosti SUVA više od 2.5 količina POM-a obično ispoljava veću potražnju za koagulantom u odnosu na prisutnu količinu suspendovanih čestica. Kod ovih voda zahtev za povećanjem doze ide sa povećanjem POM koncentracije.

Osobine sirove vode, naročito pH, alkalitet i temperatura takođe su važni u koagulaciji jer utiču na:

- Površinsko naelektrisanje čestica
- Naelektrisanja POM funkcionalnih grupa
- Naelektrisanje rastvorene faze koagulacionih vrsta
- Rastvorljivost koagulantata
- Površinsko naelektrisanje flokulisanih čestica.

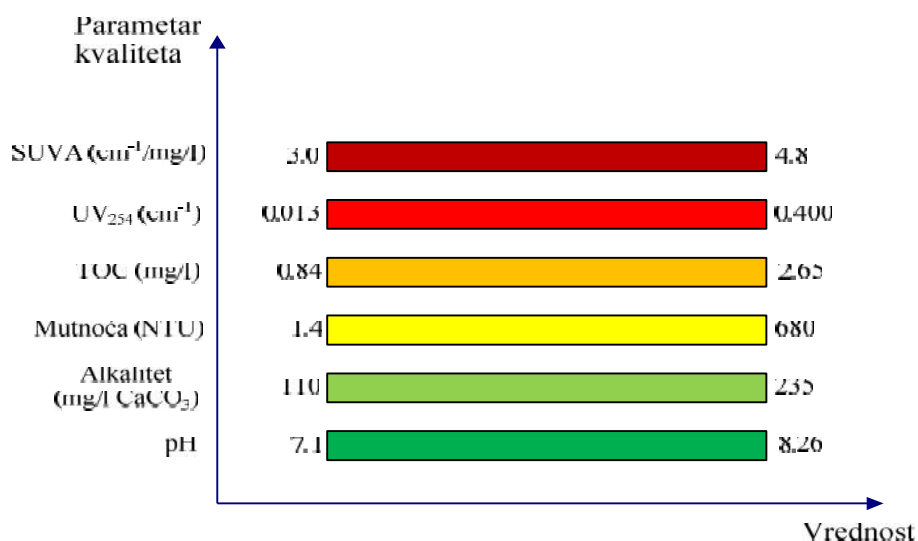
Kvalitet sirove vode reke Save ukazuje na izvesne trendove u promeni vrednosti i dinamici promena propisanih parametara kvaliteta koji imaju značajan uticaj na sam proces koagulacije, flokulacije i konačno proces bistrenja sirove vode u celini.

čene promene bitno otežavaju funkcionalnost konvencionalnih sistema i utiču na povećanje troškova prerade putem porasta potrošnje koagulanata.

Kako je prosečna pH vrednost oko pH 7.8, što je mnogo više od optimalnog pH potrebnog za proces koagulacije, do 35% $Al_2(SO_4)_3$ koristi se za korekciju pH na optimalnu vrednost, a drugi deo na sam proces koagulacije. Ovako visok pH diktira znatno veće doze nego što su realno potrebne.

Utrošak $KMnO_4$ i sadržaj amonijačnog azota pokazuje blagi trend opadanja i vrlo retko njihove vrednosti prelaze 15 mg/l $KMnO_4$ i 0.5 mg/l za amonijak. Vrednost utroška $KMnO_4$ je konstantna tokom posmatranog perioda što se ne može reći i za vrednosti UV-ekstinkcije i boja. U uslovima povećane vrednosti UV-ekstinkcije i boja, da bi se izvršio proces koagulacije i optimalno uklanjanje organskih materija bile su potrebne visoke doze koagulanata kao što je i očekivano.

Brojnost individua (algi) kao biološki indikator je jako bitan parametar sa stanovišta efikasnosti procesa koagulacije. Primetno je da ne postoji pravilo u pojavi veće brojnosti algi tokom godina kao i u toku same kalendarske godine. Vrednost se kreće do 1×10^6 . Ono što je limitirajući faktor za njihovu pojavu je prisustvo svetlosti i hrane u vidu azota, kiseonika, fosfora i ugljenika. Kako temperatura nije limitirajući faktor, pojava većeg broja individua tokom zimskih meseci je česta. U tim uslovima je inače koagulacija otežana zbog niskih temperatura i potrebna je znatno veća doza koagulacionog sredstva da bi se izvršio proces koagulacije i obezbedila što veća efikasnost uklanjanja algi.



Dijagram 1. Parametri kvaliteta sirove vode

Identifikacija i definisanje stvarnih razloga za promenu koagulanata, doprinosi efikasnosti i efektivnosti u budućem procesu odlučivanja. Ciljevi mogu biti različiti.

čiti na koagulante koji koriste manje doze za optimalni tretman. Isto tako, kada je cilj smanjenje nusprodukata dezinfekcije potrebna je procena moguće redukcije TOC-a od strane potencijalnog koagulanta i sl.

Uticaj koagulanta na proces prerade može biti direktan ili indirektan. Direktni uticaji se odnose na njegovu efektivnost, kvalitet funkcionisanja pri varijacijama temperature, pH, mutnoće i sl. Indirektni uticaj bi bio na kvalitet ostalih faza prerade, kvalitet filtracije, kvalitet ostatka od prerade ili kvalitet obrađene vode i sl.

Tabela 1. Najčešći problemi koji se mogu javiti pri upotrebi koagulanata

Koagulant	Najčešći problemi
Al ₂ (SO ₄) ₃	Ograničena efektivnost u hladnoj vodi Potrebno dovoljno alkalnosti za pravilan rad Ostatak aluminijuma u efluentu Stvara relativno veliku količinu ostatka od obrade Metalni kontaminanti u ostatku od obrade Nemogućnost obrazovanja flokula na pH sirove vode Potrebno poboljšanje performansi kod vode sa niskom NTU
PAC	Rezidual aluminijuma u efluentu Produkcija ostatka od obrade koji se teško obrađuje Velika varijabilnost među različitim proizvodima Smanjena efektivnost tokom sazrevanja – stajanja Ne može se skladištiti na duži period Povećana pažnja pri doziranju zbog optimizacije procesa prerade

Sa povećanjem popularnosti PAC-a, selekcija potencijalnog koagulanta može biti kompleksna i mukotrpa. Obaveza vlasnika procesa, u cilju odabira najboljeg puta ka indentifikaciji koagulanta je sledeća:

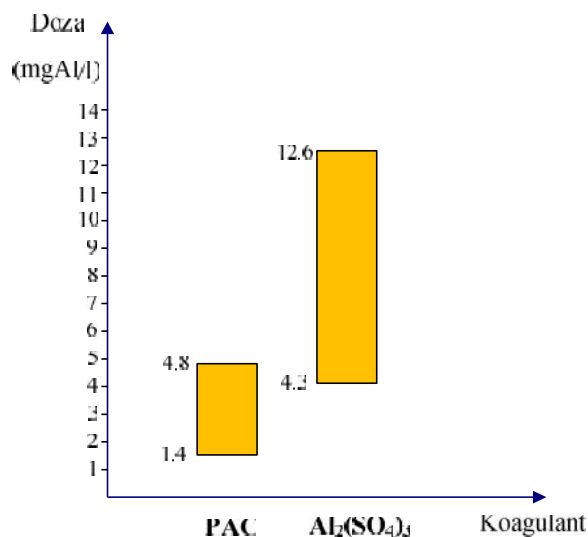
- Komunikacija sa proizvođačima
- Komunikacija sa komunalnim sistemima koji imaju slična postrojenja i kvalitet vode
- Upoznavanje sa proizvođačkom dokumentacijom
- Upoznavanje sa objavljenim radovima.

Polialuminium hloridi se ističu svojom baznošću i snagom, a mogu sadržati i druge elemente poput sulfata, silicijuma i kalcijuma. Iako se ovi koagulanti uspešno koriste u oblasti prerade vode i otpadnih voda, njihova hemija nije tako dobro poznata kao Al₂(SO₄)₃, koagulacioni mehanizam nije proučavan tako intezivno i sveobuhvatne smernice za njihov izbor i korišćenje trenutno ne postoje.

Upotreba srednje baznog 18%PAC-a, rezultira znatno manjim mutnoćama izbistrene vode kao i manjim sadržajem rezidualnog Al na kraju procesa bistrenja, što dalje olakšava proces filtracije, produžava radni veka filtera i smanjuje vreme i količinu vode za pranje.

često i na dnevnom nivou, te su potrebne brze reakcije u promeni doze koagulanta da bi se održao optimalni rad. Reakcija sa upotrebom PAC-a je efikasnija nego što bi to bilo sa upotrebom $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ i flokulanta.

Pri uslovima velike potrebe sirove vode za koagulantom, oba koagulanta pokazuju istu tendenciju, pri čemu doze korišćenog PAC-a izlaze iz opsega preporučenih doza od strane proizvođača (5-50 mg PAC/l), a primarni razlog je stepen biološkog opterećenja. Čak i pri ekstremno visokim dozama PAC-a formira se znatno manja količina istaloženog mulja nego pri upotrebi malih doza $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Kod inertnih sistema, nastajanje manjih količina istaloženog mulja pri upotrebi PAC-a, dozvoljava promenu režima rada, a da se pri tom ne ugroze optimalni uslovi. Kod $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ promene režima izazivaju posledice koje se teže i duže prevazilaze.



Dijagram 2. Opseg doza koagulanta (mg Al/l)

Važno je biti svestan da je jedan od višestrukih ciljeva optimizacije koagulacije smanjenje operativnih troškova, a koji uključuju: cenu hemikalija, troškove obrade i odlaganja mulja i uštede sa poboljšanjem karakteristika procesa prerade. U praksi, PAC se obično dozira u obliku u kom je proizveden.

Obzirom da su dostupni u različitim jačinama, često jači nego $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, njegova cena mora biti procenjena i upoređena sa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ i drugim PAC na bazi Al. Generalno, polialuminijum koagulanti su dosta skuplji od $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, posmatrajući Al bazu. Sa druge strane, PAC su prehidralizovani i manje kiseli nego $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Za nisko alkalne vode, manja količina baze je potrebna za kontrolu pH koagulacije, smanjujući troškove. Ovo je takođe istaknuto za vode srednje alkalnosti koje zahtevaju srednje do visoke doze koagulanta.

Naša iskustva potvrđuju trend pada cene PAC-a po jedinici mere (tona), što posmatrajući domaće tržište govori da je cena $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \approx 75\%$ cene PAC-a. Kada

že kroz operativne troškove, uštede pri korišćenju PAC-a kreću se u opsegu 35-45% za optimalne uslove rada.

Za dati proces prerade mutnoća, koncentracija i priroda POM-a sirove vode utiču na zahtevanu dozu koagulanata, ali generalno ne utiču na to koji će od koagulanata biti najefikasniji. Alkalitet i temperatura sirove vode su najvažnije kvalitativne promenljive sirove vode u slučajevima selekcije pojedinačnog koagulanata. Kod testiranja koagulanata, određene osobine koagulanata su u prednosti za različite procese prerade. Proces separacije korišćen u preradi može biti jedan od najvažnijih faktora koji utiču na izbor koagulanata.

Razvoj i dostupnost novih tehnologija u oblasti prerade voda je u velikom porastu. Glavna odluka o pravcu razvoja je na vlasniku procesa.

L

- [1] Pernitsky, D. J, Drinking water coagulation with polyaluminum coagulants –mechanisms and selection guidelines. PhD dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Massachusetts Amherst, MA, 329, 2001.
- [2] Pernitsky, D. J. & Edzwald, J. K., Solubility of polyaluminum coagulants. *J. Wat. SRT – AQUA* 52(6), 395–406, 2003.
- [3] Randtke, S. J, Organic contaminant removal by coagulation and related process combinations. *J. AWWA* 80(5), 40–56, 1988.
- [4] Stumm, W. & Morgan, J. J, *Aquatic Chemistry*. John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [5] Brian Dempsey, Malcolm Taylor, Jodie W. Potter, *Guidance Manual for Coagulant Changeover*. AWWA Research Foundation, 2003.

KVALITET VODA ZA PIĆE IZ SEOSKIH VODOVODA POSLE MAJSKIH POPLAVA 2014. GODINE U OKOLINI GRADA KRALJEVA

QUALITY OF DRINKING WATER FROM RURAL WATER SUPPLY AFTER THE MAZ FLOOD 2014. IN THE AREA OF KRALJEVO

DRAGAN MARINOVIĆ¹, VLADIMIR SAVIĆ¹,
NEBOJŠA DIMITRIJEVIĆ¹, MARINA STOJANOVIĆ², DANILO POPOVIĆ²

Rezime: Majske poplave 2014. zahvatile su veliki broj seoskih domaćinstava u okolini grada Kraljeva. Poplavama je zahvaćen veliki broj sela koja su locirana uz reku Zapadnu Moravu kao i sela uz reku Godačicu. Bilo je potrebno analizirati mikrobiološki i fizičko hemijski kvalitet voda za piće, da bi se video uticaj majske poplave na kvalitet voda za piće seoskih vodovoda poplavljenih mesta, radi zaštite zdravlja ljudi, sistema vodosnabdevanja i ekosistema uopšte.

Ovim radom su prikazani rezultati projekta koji je realizovao grad Kraljevo, a finansirala humanitarna organizacija ADRA (Adventistička razvojna i humanitarna organizacija). Prikazani su rezultati mikrobiološkog i fizičko hemijskog ispitivanja voda za piće, čije su maksimalno dozvoljene vrednosti date Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće Sl. List SRJ, br. 42/98 i 44/99 [1].

Po odobrenju sredstava uzorci voda za piće, koji su ispitivani u laboratorijama Zavoda za javno zdravlje Kraljevo, uzorkovani su u septembru i oktobru 2014. godine u osam poplavljenih sela u okolini grada Kraljeva. Ispitivanja su bazirana na sagledavanju opterećenosti vodenog sistema mikrobiološkim i fizičko hemijskim parametrima i očuvanja kvaliteta voda.

Ključne reči: voda za piće, mikrobiološki i fizičko hemijski parametri, seoski vodovod

Abstract: The May floods in 2014 affected a large number of rural households in the vicinity

¹ dr Dragan Marinović, dr sci. zaštite životne sredine, Zavod za javno zdravlje, Jug Bogdanova bb, Kraljevo

¹ Vladimir Savić, master. inž. zaštite životne sredine, Zavod za javno zdravlje, Jug Bogdanova bb, Kraljevo

¹ dr Nebojša Dimitrijević, spec. higijene, Zavod za javno zdravlje, Jug Bogdanova bb, Kraljevo

² prof. dr Marina Stojanović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Čarnojevića 10a, Niš

² prof. dr Danilo Popović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Čarnojevića 10a, Niš

of the town of Kraljevo. The flood affected a large number of villages that are located along the river West Morava and villages along the river Godačica. It was necessary to analyze the microbiological and physical chemical quality of drinking water, in order to see the impact of the May floods on the quality of drinking water rural water flooded the city, for the protection of human health, water supply and the ecosystem in general.

This paper presents the results of a project which was implemented by the city of Kraljevo and funded humanitarian organization ADRA (Adventist Development and humanitarian organizations). The results of microbiological and physical chemical analysis of drinking water are shown, whose maximum allowable values are given in Regulation on hygienic quality of drinking water Fig. FRY, No.42 / 98 and 44/99 [1].

Upon the approval of funds for drinking water samples, which were tested in the laboratories of the Institute of Public Health of Kraljevo, were sampled in September and October 2014 in eight flooded villages around the town of Kraljevo. The tests were based on the analysis of microbial load of the water system and the physical and chemical parameters and the preservation of water quality.

Key words: drinking water, microbiological and physico chemical parameters, rural water supply.

1. Uvod

Najbitniji faktor za život i zdravlje pojedinca i komunalnih aglomeracija je voda. Sunčeva energija i rastvorene neorganske materije u vodi stvaraju živu materiju [2, 3].

Voda za čoveka ima višestruki značaj: higijenski, biološki, epidemiološki i ekološki. Higijenski i biološki značaj je u tome što je voda jedan od osnovnih uslova života. 70% organizma odraslog čoveka čini voda. Dnevne potrebe u vodi za piće u našim klimatskim uslovima su 1.5 l zimi, a 3 l leti.

Voda koja se koristi za ljudsku upotrebu u prirodnom stanju ili prečišćena, koju ljudi piju i koriste za održavanje lične higijene, pripremu, proizvodnju i stavljanje u promet životnih namirnica i predmeta opšte upotrebe je voda za piće.

Od ukupne količine eksploatisane vode, 70% se koristi za proizvodnju hrane. Pošto se broj stanovnika na zemlji stalno povećava, a potrošnja vode raste i sa porastom standarda, postavlja se pitanje: „Kako obezbediti dovoljnu količinu vode za proizvodnju hrane i potrebe stanovništva” [2, 3]. To se može postići jedino unapređenjem poljoprivredne proizvodnje, efikasnijim i racionalnijim korišćenjem vode i sprečavanjem zagađivanja vode i životne sredine [4].

Voda za piće mora biti higijenski ispravna, određenog kvaliteta koji je regulisan Pravilnikom o higijenskoj ispravnosti vode za piće („Sl. ist SRJ”, br.42/98 i 44/99) koji prihvata preporuke i norme Svetske zdravstvene organizacije (SZO), Evropske unije (EU), a laboratorijska dijagnostika počiva na primeni ISO standarda [6, 7].

Podaci pokazuju da se u svetu danas troši oko 50% ukupno raspoloživih zaliha voda za piće, a smatra se da bi već za dve decenije njena potrošnja mogla da bude oko 80%. Sve se više apeluje i kroz razne kampanje ukazuje na sve veću potrebu racionalne potrošnje zaliha pijaće vode na globalnom nivou, uz opšti zaključak da se

na njene svetske rezerve ne može gledati isto kao na zalihe nafte jer je za naftu već pronađeno nekoliko alternativnih rešenja, dok za pijaću vodu nema zamene. UN ukazuju da voda za piće postaje sve više strateška sirovina 21. veka. Evropska unija je, stvorila zajednički osnov upravljanja vodama kroz dokument „Okvirna direktiva o vodama EU”, koju mnogi smatraju „evropskim ustavom o vodama”. Najznačajniji zaključak tog dokumenta je „voda nije komercijalni proizvod kao neki drugi, nego nasleđe koje treba čuvati, zaštititi i shodno tome postupati” [8].

Ujedinjene nacije su 2003. godinu zbog nestašice i intenzivnog zagađivanja zaliha voda za piće proglasile međunarodnom godinom voda za piće s ciljem skretanja pažnje čovečanstvu na potrebu što hitnije zaštite njenih svetskih zaliha. Naglašena je realna mogućnost da se u budućnosti, na koju se možda i neće tako dugo čekati, ratovi više neće voditi zbog nafte ili nekih drugih političkih problema nego zbog vode [8]!

Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EPA) zaključuje da se dnevno troši prevelika količina vode i da se 20-40% od zahvaćene količine vode nepotrebno rasipa. Stoga je potrebno uvesti novi pristup u upravljanju evropskim vodnim resursima: smanjenje potrošnje „disciplinovanjem” potrošača kroz radikalno povećanje cena. Razlozi su u tome što se smatra da će već 2070. godine na evropskom kontinentu suša biti više pravilo nego izuzetak [9]

Može se izvesti zaključak da su snabdevanje pijaćom vodom i zaštita životne sredine glavni problemi današnje civilizacije. I veoma uskoro, za deceniju-dve, strategiju svetskih događaja određivaće kartel koji će u međuvremenu uspeti da pod svoje vlasništvo stavi najveće zalihe voda za piće na zemlji.

Zbog svega ovoga potrebno je napraviti strategiju korišćenja vodnih resursa kojom bi se definisali način korišćenja, razvoj i upravljanje kvalitetom i kvantitetom površinskih i podzemnih voda, uz zadovoljenje ekonomskih i socijalnih potreba stanovništva i zaštite životne sredine. Vodni resurs spada u obnovljive resurse, a karakterišu ga kvalitet, kvantitet i položaj.

Čovek svojom aktivnošću značajno zagađuje životnu sredinu, ova zagađenja mogu imati velike posledice po celu planetu, a najbitnija je dezertifikacija, pretvaranje planete u pustinju i povlačenje vode u dubine [9].

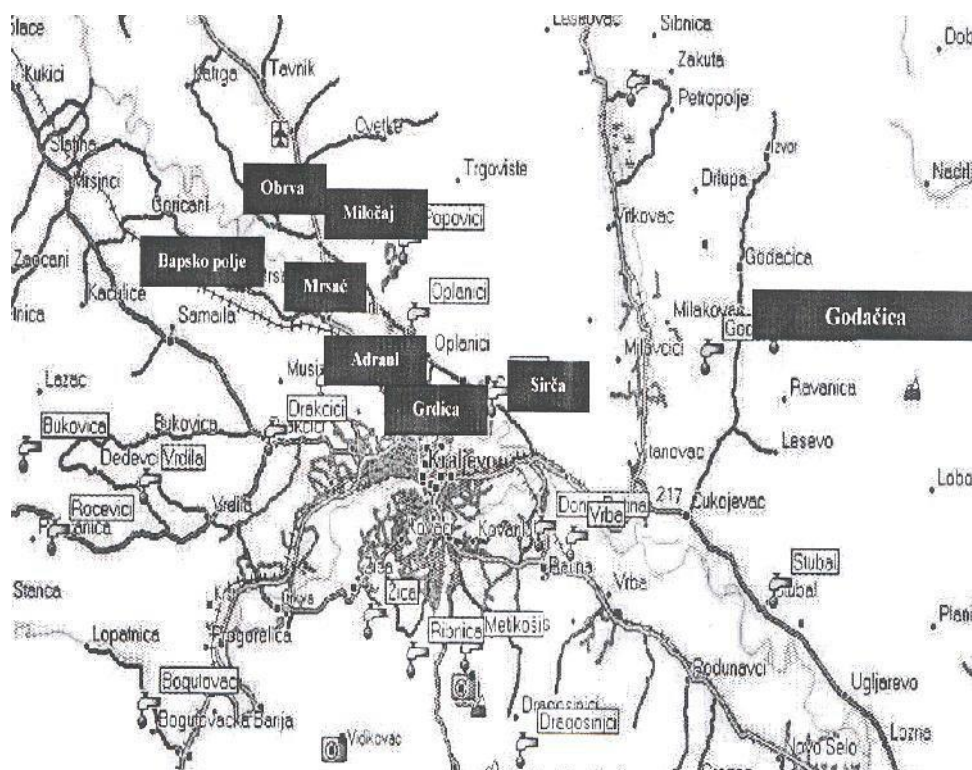
2. Eksperimentalni deo

U ovom radu su prikazani rezultati projekta koji je realizovao grad Kraljevo u saradnji sa Adventističko razvojnom i humanitarnom organizacijom (ADRA). Cilj projekta je da se utvrdi kvalitet seoskih voda u okolini grada Kraljeva posle majskih poplava 2014. godine.

Analize mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara voda za piće urađene su u laboratorijama Zavoda za javno zdravlje Kraljevo. Urađeno je 100 uzoraka voda za piće, uzetih iz seoskih vodovoda i lokalnih vodnih objekata iz osam sela u okolini grada Kraljeva koja su bila poplavljena u majskim poplavama 2014. godine (slika

1). Sela su locirana uz sliv reke zapadne Morave i reke Godačice i u odnosu na grad Kraljevo locirana su:

- severozapadno: Bapsko polje, Obrva, Miločaj, Mrsać, Adrani, Grdica i Sirča,
- severoistočno: Godačica.



Lokacije okolnih sela u okolini grada Kraljeva koja su poplavljena u majskom poplavama 2014. godine

Meštani ovih sela (oko 10000 stanovnika) snabdevaju se vodom za piće iz rezervoara ili individualnih bunara koji se uglavnom povremeno čiste i održavaju. Najčešće ne postoji osoba zadužena za održavanje rezervoara već to meštani rade sami bez stručne pomoći.

Analiza mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara u vodi za piće rađena je po Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće SI. List SRJ, br.42/98 i 44/99.

Uzorci vode za piće, pripremani su po „Standardnim metodama za ispitivanje higijenske ispravnosti vode za piće“ ili Validovanim metodama Zavoda za javno zdravlje iz Kraljeva (VMK) [10].

Fizičko hemijske analize uzoraka vode za piće vršila se:

- volumetrijskim metodama (kvantitativno određivanje organske materije utrošak KMnO_4 , sadržaj kalcijuma-Ca, magnezijuma-Mg i hlorida),
- elektrohemijomskom metodom (vrednost pH),

- spektrofotometrijskim metodama (sadržaj: nitrata, nitrita, amonijaka, sulfata, gvožđa-Fe i mangana-Mn).

Instrumenti koji su se koristili za pomenuta ispitivanja su: pH-metar (Hanna), spektrofotometar: Lambda 2 (Perkin Elmer), konduktometar (WTW) i turbidimetar (Hanna).

Mikrobiološka analiza voda za piće ispitivanih seoskih vodovoda oduhvatila je sledeće mikrobiološke parametre:

- ukupan broj aerobnih mezofilnih bakterija,
- koliformne bakterije fekalnog porekla,
- ukupne koliformne bakterije,
- sulfitredukujuće klostridije,
- pseudomonas aeruginosa,
- streptokoke fekalnog porekla i
- proteus vrste.

3. Rezultati i diskusija

Rezultati mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara u uzorcima voda za piće uzetih iz seoskih vodovoda i lokalnih vodnih objekata iz osam seoskih područja u okolini grada Kraljeva koja su bila poplavljena u majskim poplavama, prikazani su u tabeli 1.

Rezultati ispitivanih mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara voda za piće voda seoskih vodovoda u okolini grada Kraljeva koja su poplavljena u majskim poplavama 2014. godine, daju presek trenutnog stanja kvaliteta voda za piće. Oni pokazuju da zahtevima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. List SRJ br. 42/98 i 44/99) ne odgovara 83 uzoraka od ukupno 100 uzorkovanih voda, odnosno 83% uzoraka je neispravno po bilo kom kriterijumu.

Od ukupno 100 uzorkovanih voda za piće mikrobiološki je neispravno 74 (74%), a hemijski je neispravno 36 (36%). Broj neispravnih uzoraka po oba kriterijuma (mikrobiološkom i fizičko hemijskom) je 27%.

Zbog velikog procenta bakteriološke neispravnosti obavljeno je hlorisanje vode u tim izvorima. Ovo je nedovoljno za trajno rešavanje ispravnosti vode, i zato je neophodno uspostaviti kontinuiranu dezinfekciju i redovnu kontrolu higijenske ispravnosti voda za piće.

Dobijeni mikrobiološki i fizičko hemijski rezultati ispitivanih pijaćih voda su doveli do uspostavljanja komunikacija sa mesnim zajednicama i povećanu zainteresovanost meštana za kontrolu ispravnosti voda za piće, čišćenje i uređenje i održavanje svojih vodnih objekata. Lokalna samouprava je pokrenula inicijativu za osnivanje Vodnih zadruga i dala je predlog o donošenju odluke o opštim uslovima za održavanje i korišćenje lokalnih vodovoda.

Tabela 1. Rezultati mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara voda za piće voda seoskih vodovoda i lokalnih vodnih objekata

Mesto	Miločaj	Grdica	Bapsko polje	Sirča	Godačića	Adran i	Obrva	Mrsać	Ukupno
Ukupan broj uzetih uzoraka	12	5	22	15	16	2	17	11	100
Broj ispravnih	0	2	0	2	2	0	8	3	17
% ispravnih	0	40	0	13,3	12,5	0	47,1	27,3	17
Broj neispravnih po bilo kom kriterijumu	12	3	22	13	14	2	9	8	83
% neispravnih	100	60	100	86,7	87,5	100	52,9	72,7	83
Broj mikrob neispravnih	9	2	22	11	14	2	7	7	74
% mikro. neispravnih	75	40	100	73,3	87,5	100	41,2	63,6	74
Uzrok mikrobiološke neispravnosti	Uk. Kol, E coli, Strept fekalnog porekal, Citrobacter	Uk. Kol, E coli, Proteus	Uk. Kol., E. Coli, Strept fek porekla, aerobne mezofil, Citrobac.	Uk. Kol E. Coli, Aerobne mezofilne, Citrob, Streptoko fekalnog porekla	Uk.koliformne, E.coli, Citrobacter, Klebsiela	Uk. Koliformne, E coli, Citrobacter	Uk. Koliformne, E. Coli, Citrobacter	Uk. Koliformne E Coli, Citrobacter	
Broj fizičko hemijski neispravnih	3	2	18	4	0	0	3	6	36
% fizičko hemijski neispravnih	25	40	81,8	26,7	0	0	17,7	54,5	36
Uzrok fizičko hemijske neispravnosti	NO ₃ , Fe, Mn	NO ₃	NO ₂ , NO ₃ , sniž pH, mutnoća, Fe	NO ₃ , Mn, Fe, mut.	0	0	NO ₃ , NH ₃ , Fe, mut., elektroprovod.	NO ₃ , Mn NO ₂ , elektroprovod.	
Broj neispravnih po oba kriterijuma	4	1	18	2	0	0	1	1	27
% neispravnih po oba kriterijuma	33,3	20	81,8	13,3	0	0	5,9	9,1	27

4. Zaključci

Na osnovu analize mikrobioloških i fizičko hemijskih parametara voda za piće iz seoskih vodovoda i lokalnih vodnih objekata iz osam sela u okolini grada Kraljeva koja su bila poplavljena u majskim poplavama može se zaključiti:

- Najveću opasnost za potrošače vode za piće predstavljaju patogeni mikroorganizmi.
- Svaka iznenadna ili ekstremna promena kvaliteta vode i proticaja, ili hidroloških i meteoroloških uslova (npr. ekstremne padavine ili poplave), treba da izazove sumnju da je voda za piće verovatno zagađena za primenu i za vodosnabdevanje.
- Odgovorni u vodovodnom sistemu i korisnici moraju biti sposobni da brzo i efikasno reaguju na upozoravajuće kontrolne signale.
- Odgovorni u vodovodnim sistemima moraju da imaju lični osećaj odgovornosti i da su posvećeni obezbeđivanju higijenski ispravnih voda za piće, i nikada ne smeju da ignorišu žalbe potrošača na kvalitet vode
- Osiguranje kvaliteta voda za piće zahteva primenu pristupa upravljanja racionalnim rizicima

5. Literatura

- [1] Sl. List SRJ 42/98, 44/99: Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće, 1999.
- [2] M. Kristoforović Ilić, M. Radovanović, L. Vajagić, Z. Jeftić, R. Folić, S. Krnjetin, R. Obrknežev, Komunalna higijena, Prometej, Novi Sad, (1998) 13.
- [3] A. V. Tomašević, Z. D. Milićević, IV-Jugoslovenski simpozijum, Hemija i zaštita životne sredine, Zrenjanin, (2001) 121.
- [4] Službeni glasnik SRS 31/82: Pravilnik o opasnim materijama u vodi, 1982.
- [5] Jovančićević B., Dugotrajne organske zagađujuće supstance, Hemijski fakultet, Beograd, 2006.
- [6] S. M. Milosavljević, Strukturne instrumentalne metode, Hemijski fakultet, Beograd, 135, 2004.
- [7] B. Poček, Savezni Zavod za Zdravstvenu Zaštitu, Voda za piće, standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, NIR, Privredni pregled, Beograd, 1990.
- [8] Dalmacija B, Agbaba J, Klašnja M, urednici. Savremene metode u pripremi vode za piće. I izdanje. Novi Sad: Futura; 2009.
- [9] Zlatanović S. Raspoloživost vodnih resursa u svetu i kod nas. Pravni fakultet: Beograd; 2009.
- [10] Pravilnik o načinu uzimanja uzoraka i metodama za laboratorijsku analizu vode za piće. Službeni list SFRJ 33/87; 1987.

ТИЦАЈ ПРОЦЈЕДНЕ ДЕПОНИЈСКЕ ВОДЕ НА КВАЛИТЕТ ВОДЕ РЕЦИПИЈЕНТА

INFLUENCE OF LANDFILL LEACHATE WATER ON THE QUALITY OF THE RECIPIENT

ВЕЉКО ЂУКИЋ¹

Резиме: У тијелу депоније одвијају се сложени биохемијски процеси разградње органских компоненти отпада који могу имати штетан утицај на животну средину. Процјеђивањем оборинских вода кроз тијело депоније настају процједне воде – отпадне воде депонија. То је загађена текућина која се процједила кроз слојеве отпада и при томе примила у себе велике количине загађених супстанци.

Процједне депонијске воде не смију се испуштати у природне водотоке, земљишта или подземне воде без претходног пречишћавања јер могу да утичу на загађење воде и земљишта и самим тим да представљају опасност по здравље људи. Задатак пречишћавања је да се уклоне загађене материје из воде до те мјере да обрађена воде може да се испушта без штетних посљедица или да може поново да се употреби.

У раду је обрађен утицај отпадне депонијске воде са депоније комуналног отпада „Рамићи“ код Бања Луке на квалитет воде потока Глоговац који представља реципијент за депонијске отпадне воде.

Кључне ријечи: одлагалиште отпада, отпадна депонијска вода, реципијент

Abstract: In the body of the landfill are performed complex bio-chemical processes in the decomposition of organic substances that can have a damaging impact on the environment. Seepage of rainwater through the landfill leachate arise - waste water dumps. It is a polluted liquid that percolate through layers of waste and at the same time received in themselves large amounts of polluted substances.

The leachate from the landfill shall not be discharged into natural water course, soil or ground water without treatment because they can affect the pollution of water and soil, and therefore pose a danger to human health. The task of treatment is to remove the contaminated material from the water to the point that treated water can be emits without harmful consequences or that can be re-used.

The paper describes the impact of the waste water dumps from the landfill municipal waste "Ramići" near Banja Luka on water quality in the stream Glogovac which is the recipient of landfill wastewater.

Key words: landfill, landfill wastewater, recipient

¹ проф. др Вељко Ђукић, Паневропски универзитет „АПЕРИОН“, Војводе Пере Крече 13, Бања Лука, Босна и Херцеговина

од

епонија је специфичан грађевински објекат путем којег се на контролисан начин врши одлагање чврстог комуналног отпада, у коме има већи број различитих ферментабилних и инертних компоненти[1].

Биолошка разградња органске супстанце на депонији одвија се у аеробним или анаеробним условима. У површинском дијелу депоније (на дубини до 3 m) ови се процеси завршавају кроз 15-20 година после престанка депоновања. У дубљим слојевима ти процеси трају 50-100 година.

Падавине и вода из влажних дијелова отпада додатно подстичу биолошку разградњу, али и испирање тешких метала и органских материја из отпада. Све те емисије различитих загађења и штетних материја тешко је предвидјети, а још теже контролисати.

Из тих разлога може се рећи да комунална депонија дјелује као један Биореактор којим се мора управљати у циљу не угрожавања човјека и животне средине.

У току декомпозиције отпада стално су присутне могућности инфилтрације површинских и подземних вода у тијело депоније, а тиме и њихово загађење које настаје због дејства воде на fino суспендиране дјелиће чврстих материја, које носе микробе. Овако загађене воде формирају филтрат који процурује до базиса који је непропусан и спречава филтрацију до подземних вода [2].

Интерес је да филтрата (процједне депонијске воде) буде што мање, што се постиже, прије свега, технологијом депоновања, те другим мјерама којима се све спољне воде евакуишу и спријечи њихов контакт са отпадом, изузев оборина које директно падају на саму депонију.

2. Количина и концентрација отпадних депонијских вода

Отпадне депонијске воде (процједне воде) су воде које се процеђују кроз тијело депоније. Састав отпадних депонијских вода зависи од више фактора, као што су: састав отпада, температура, садржај влаге, миграционог тока течности, дебљине тијела депоније, фазе разлагања отпада, могућих процеса самопречишћавања и других фактора [3].

Квалитет отпадних вода одређен је саставом отпада и растворљивошћу његових конституената. Ако се под утицајем временских прилика мијења састав отпада тада се мијења и квалитет процједних депонијских вода.

Интензитет продукције отпадних депонијских вода а тиме и њихова количина зависи од више фактора, и то:

- старост депоније,
- врсте отпада,
- климатских чиниоца и сл.

епонијске отпадне воде се не смију испуштати директно у окружење без претходног сакупљања и пречишћавања.

Састав и количина отпадних вода депонија зависи од карактеристика саме депоније. Дио те воде отиче као оборинска вода са депонија, дио се враћа у атмосферу испаравањем са горње површине депоније, а остатак се одржава у горњем слоју депоније, при чему долази до повећавања воде у отпаду – када та влага пређе степен засићења отпада влагом, настаје процјеђивање вишка воде кроз слојеве отпада.

Количина отпадних депонијских вода зависи од:

- климатских утицаја,
- локације депоније,
- врсте и количине одложеног отпада и
- изградње депоније.

Брзина стварања процједних вода зависи од количине течности која се налази у отпаду и количине падавина које доспијевају на депонији, затим од климе јер је количина процједних вода већа у зони високих падавина. Количина отпадне депонијске воде може се предвидјети на основу биланса количине воде која се процједи кроз депонију. Укупна количина отпадних депонијских вода састоји се од вањских вода, које могу ући у тијело депоније, оборинских вода, површинских и подземних вода, и унутрашњих вода, које улазе у тијело депоније путем влажности отпада који се одлаже [3].

спитивање квалитета воде потока Глоговац

Регионална депонија „Рамићи“ налази се на 10 km удаљености од Бања Луке, на путу Бања Лука–Приједор и једна је од најуређенијих депонија у БиХ за одлагање комуналног отпада. Испод тијела депоније налази се мањи извор Јазавац од којег се даље формира поток Глоговац у који отиче процједна вода са депоније. Неадекватно управљање депонијским водама може да има негативан утицај на површинске воде као и земљиште у околини. Депонија „Рамићи“ је депонија на коју се одлаже чврсти комунални и неопасни индустријски отпад [4].

Процједна вода која пролази кроз одложени отпад се сакупља на дну депоније са дренажним слојем – шљунак и дренажним цијевима, а затим се одводи до резервоара за складиштење процједа. Основни задатак сваког система за сакупљање процједних депонијских вода је да се сакупљене воде одведу најближим и најкраћим путем до уређаја за обраду депонијских вода. Законом о водама („Службени гласник РС“, бр. 50/06), те Правилником о условима испуштања отпадних вода у површинске воде („Службени гласник РС“, бр. 44/01) утврђена је обавеза мониторинга индустријских отпадних вода. Под мониторингом отпадних вода подразумијева се програмирани процес узимања узорка, анализирања, записивања и преношења података о карактеристикама

оде најчешће са циљем оцјене сагласности са дозвољеним вриједностима ефлуента.

У мјесецу марту и јуну 2015. године, вршено је узорковање и испитивање квалитета процједних депонијских вода и воде потока Глоговац.

3.1. Резултати анализе воде реципијента - поток Глоговац

Испитивање квалитета воде потока Глоговац посматрана је кроз анализу следећих параметара: температура воде, рН вриједност, алкалитет, електропроводљивост, укупне чврсте материје (испарни остатак), губитак жарењем, пепео, остатак филтрабилни, укупно суспендоване материје, НРК бихроматни, ВРК₅, амонијачни азот, нитритни азот, нитратни азот, азот по Кјелдалу, укупни фосфор, садржај сулфата, садржај хлорида, манган, цинк, олово, хром, жељезо. На основу анализе површинске воде потока Глоговац установљено је да испитани узорци имају карактеристике приказане у табелама 1 и 2.

Табела 1. Карактеристике површинских вода – поток Глоговац

Ред. број	Параметар	Јединица мјере	Измјерена вриједност	Гранична вриједност
	Датум		20.03.2015.	
1.	Температура воде	°C	11,1	
2.	рН		8,07	6.8-8,8
3.	Алкалитет	gCaCO ₃ /m ³	2405	175-150
4.	Електропроводљивост	μS/cm		400-600
5.	Укупне чврсте материје (испарни остатак)	g/m ³		300-500
6.	Губитак жарењем	g/m ³	1764	
7.	Пепео	g/m ³	268	
8.	Остатак филтрабилни	g/m ³	2008	
9.	Суспендоване материје по Имхофф-у	ml taloga/l	0,03	
10.	Укупно суспендоване материје	g/m ³		2-5
11.	НРК бихроматни	g/m ³	87	12-22
12.	ВРК ₅	g/m ³	7,7	2-4
13.	Амонијачни азот	g/m ³	0,05	0,1-0,2
14.	Нитритни азот	g/m ³	0,014	0,01-0,03
15.	Нитратни азот	g/m ³ N	2,8	1-5
16.	Азот по Кјелдалу	g/m ³ N	5,6	
17.	Укупни фосфор	g/m ³ P	0,13	0,01-0,03
18.	Садржај сулфата	g/m ³	48,2	50-75
19.	Сацај хлорида	g/m ³	99,26	20-40
20.	Манган	mg/m ³	354	50-100
21.	Цинк	mg/m ³	3,3	
22.	Олово	mg/m ³	7,4	0,1-0,5
23.	Хром	mg/m ³	2,1	5-15
24.	Жељезо	mg/m ³	3428	100-200

Табела 2. Карактеристике површинских вода – поток Глоговац

Ред. број	Параметар	Јединица мјере	Измјерена вриједност	Гранична вриједност
	Датум		05.06.2015.	
1.	Температура воде	°C	18	
2.	pH		8,74	6.8-8.8
3.	Алкалитет	gCaCO ₃ /m ³		175-150
4.	Електропроводљивост	μS/cm	80	400-600
5.	Укупне чврсте материје (испарни остатак)	g/m ³	1277,6	300-350
6.	Губитак жарењем	g/m ³	300,2	
7.	Пепео	g/m ³	977,4	
8.	Остатак филтрабилни	g/m ³	1262	
9.	Суспендоване материје по Имхофф-у	ml taloga/l	0,03	
10.	Укупно суспендоване материје	g/m ³	60	2-5
11.	НРК бихроматни	g/m ³	98	12-22
12.	ВРК ₅	g/m ³	8,65	2-4
13.	Амонијачни азот	g/m ³	2,6	0,1-0,2
14.	Нитратни азот	g/m ³	0,094	0,01-0,03
15.	Нитратни азот	g/m ³ N	1,21	1-5
16.	Азот по Кјелдалу	g/m ³ N	9,1	
17.	Укупни фосфор	g/m ³ P	0,68	0,01-0,03
18.	Садржај сулфата	g/m ³	162,52	50-75
19.	Сацај хлорида	g/m ³	496,3	20-40
20.	Манган	mg/m ³	409,9	50-100
21.	Цинк	mg/m ³	6,7	
22.	Олово	mg/m ³	5,49	0,1-0,5
23.	Хром	mg/m ³	2,25	5-15
24.	Жељезо	mg/m ³	1686	100-200

Посматрајући резултате анализе из табела 1 и 2, можемо констатовати повећане или врло високе вриједности појединих параметара. У саставу воде потока Глоговац видљиве су врло високе вриједности појединих параметара (електропроводљивост, укупне чврсте материје, укупно суспендоване материје, НРК бихроматин, ВРК₅, амонијачни азот, нитратни азот, укупни фосфор, садржај хлора, манган, олово, жељезо), који излазе из домена дозвољених вриједности прописаних Правилником о условима испуштања отпадних вода у површинске воде („Службени гласник РС“, бр. 44/01). Високе вриједности су резултат састава отпада, биолошких и хемијских процеса у самом тијелу депоније. Нпр. испитивана вода потока Глоговац има електропроводљивост 10 пута већу од дозвољене што је последица повећаног присуства јона у њој тј. повећане јонске концентрације; концентрација жељеза је врло висока што је последица разних метала присутних у отпаду; укупно суспендоване материје су

ад максимално дозвољених концентрација што показује да су ове воде јако загађене; хемијска потрошња кисеоника као и биолошка је већа од дозвољене што показује да је вода оптерећена разним органским материјама.

Добијени резултати указују на проблем испуштања деградиране процједне воде депоније „Рамићи“ и самим тим траже ангажовање и рјешавање проблема у циљу заштите реципијента-потока Глоговац.

акључак

Воде које се спирају кроз тијело депоније су отпадне процједне воде које су штетне по свом саставу. Према резултатима лабораторијске анализе у мјесецу марту и јуну 2015. године на основу узорка узетог из дренажне цијеви и потока Глоговац јасно се види да вода има повишене вриједности више параметара и као таква се не смије испуштати у поток Глоговац.

Квалитет процједних вода са депоније „Рамићи“ утиче директно на квалитет воде потока Глоговац у који се испуштају.

Сходно проблему, приступило се рјешавању проблема који укључује пре-чишћавање отпадне депонијске воде поступком реверзне осмозом као технологијом која се у великој мјери данас примјењује у земљама Европе. Увођењем овог поступка заштити ће се водоток-реципијент, биљке и животиње, али и здравље човјека.

5. Литература

- [1] Ђукић В, Основи заштита животне средине, Паневропски Универзитет Апеирион, Бања Лука, 2008.
- [2] Ђукић В, Управљање и заштита вода, Паневропски Универзитет Апеирион, Бања Лука, 2010.
- [3] Јахић М, Санитарне депоније, Технички факултет Бихаћ, Бихаћ, 2006.
- [4] GWCC – Хидротехника–Двокут: Претходна процјена утицаја на животну средину, санација и проширење депоније „Рамићи“ Регија Бања Лука, Бања Лука, 2006.
- [5] GWCC – Хидротехника – Двокут: Управљање процједним депонијским водама на регионалној депонији „Рамићи“ код Бања Луке, 2008.
- [6] Закон о водама РС („Службени гласник РС“,бр. 50/06,121/12)
- [7] Правилник о условима испуштања отпадних вода у површинске воде („Службени гласник РС“, бр.44/01)

ВАЛИТЕТ ВОДЕ ЗАЈЕДНИЧКОГ ВОДОНОСНОГ СЛОЈА РЕГИОНА БАЈА-СОМБОР

WATER QUALITY OF THE SHARED AQUIFER IN THE REGION BAJA-SOMBOR

РАГОСЛАВА ЧУБРИЛО¹, ЈЕЛЕНА ЗЕЛИЋ¹

Резиме: Пројекат DriWas је имао за циљ анализу квалитета воде заједничког водоносног слоја у региону Северне (Мађарска) и Западне Бачке (Србија). У оквиру прекограничног ИПА пројекта, анализиран је квалитет воде из водоводних система (постојећи подаци) 50-50, квалитет воде из индивидуалних бунара (углавном салашарска насеља, викенд насеља, пољопривредне економије и фарме, те јавних бунара по насељеним местима) 120-120. Резултати испитивања евидентирани су у заједничкој бази података, приказани на ГИС-мапама и графичким дијаграмима. У преко 60 % бунара са обе стране потребно је вршити пречишћавање воде за пиће да би се садржај арсена смањио испод 10 микрограма/л.

Кључне речи: вода, пројекат, арсен, бунар, заједнички водоносни слој

Abstract: Project Dri Was aim was to analyze water quality of the shared aquifer in the region of Northern (Hungary) and Western (Serbia) Backa region. In the frame of overboard IPA project, water quality was analyzed from water supply system (existing data) 50-50, water quality from individual wells (mainly small settlements, weekend settlements, farms and public wells in towns 120-120. Results of investigations were shown in fused data base, and on GIS maps and graphic diagrams. In over 60% of wells on both sides it is necessary to perform water purification for drinking water so content of arsenic is lowered under 10 micrograms per liter.

Key words: water, project, arsenic, wells, shared aquifer

1. Увод

Пројекат DriWas има за циљ анализу квалитета воде заједничког водоносног слоја у региону Северне и Западне Бачке. Задатке међународног програма у Србији је извршио Град Сомбор као носилац пројекта, Завод за јавно здравље

¹ прим. мр сци. мед. Драгослава Чубрило, Завод за јавно здравље, Војвођанска 47, Сомбор

¹ др Јелена Зелић, Завод за јавно здравље, Војвођанска 47, Сомбор

Сомбор (ЗЗЈЗ Сомбор) и Развојна агенција града Сомбора (РАГС) док је у Мађарској то урадио Национални институт заштите животне средине из Баје (НеКИ), Дирекција за воду и заштиту природе Доње Тисе из Сегедина (АТИ-КТВФ).

За време прикупљања података анализиран је квалитет воде из водовода (постојећи подаци) као и квалитет воде из бунара и бунарских система. Резултати испитивања евидентирани су у базу података, и приказани су на мапама и графичким дијаграмима. Из добијених резултата су формулисане препоруке, које су неопходне за постизање и одржавање водних ресурса поземних вода, а исход пројекта је припрема заједничког акционог плана са мађарским партнерима.

Стручњаци Завода за јавно здравље Сомбор су започели рад на терену на подручју Западне Бачке априла 2013. године (мапирање бунара и прибављање сагласности од власника бунара). Прикупљање узорка из одабраних бунара извршено је током септембра 2013. године. Анализу пестицида је урадио Градски завод за јавно здравље Београд, а анализу трицијума лабораторија из Мађарске.

Мађарски стручњаци су започели рад на терену на подручју Горње Бачке 8. јула 2013. године. Прикупљање података и узорка из одабраних бунара (100 појединачних и 20 водоводних) трајала је до 19. септембра 2013. године.

Сви извештаји су достављени и на располагању су власницима бунара.

Циљ рада је да кроз приказ прекограничног ИПА пројекта - DriWas, Мађарска - Србија, се презентује пројекат као и резултати анализа и квалитет заједничког водоносног слоја Баја - Сомбор.

атеријал и метод рада

У раду су коришћени резултати анализа Центара за хигијену и хуману екологију ЗЗЈЗ Сомбор, Градског завода за јавно здравље Београд, Дирекција за воду и заштиту природе доња Тиса из Сегедина.

Квалитет испитиваних вода на територији Горње Бачке из укупно 120 система, дефинисани су на основу Уредбе Владе (Мађарске) 201/2001. (X.25.), граничних вредности хемијских параметара квалитета воде, док је квалитет испитиваних вода на територији Западно-бачког округа, из укупно 120 бунара анализирано према „Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће” Сл. гласник Републике Србије 42/98. у односу на граничне (МДК) вредности хемијских параметара квалитета воде.

Сваки узорак воде испитиван је на супстанце, јоне или индикаторе који се могу у води јавити природно или бити резултат људских активности: рН, нитрити, нитрати, амонијак, гвожђе, манган, укупна тврдоћа, натријум, калијум,

калцијум, магнезијум, хлориде, сулфате, електричну проводљивост, токсичне метале (арсен, кадмијум, олово, жива, цинк, хром, никл) и велику групу пестицида и трицијум.

езултати и дискусија

Загађења воде за пиће узрокована људским активностима. Присуство нитрата у води за пиће указује на могућу контаминацију сирове воде отпадним водама или као последица примене агротехничких средстава у пољопривреди – азотна ђубрива или је њихово присуство последица геолошког састава самог тла. Веома неповољно утичу на мирис и укус воде. С обзиром да је присуство повећаног садржаја нитрата забележено на подручју Западно-бачког округа (СРБ) у свега 3 бунара или 2,5 %, од тога два бунара се налазе на фарми свиња и живине те предпостављамо да је загађење узроковано од стране човека и да потиче из отпадних вода. Важно је напоменути да нитрити и пестициди нису забележили прекорачење граничних вредности на територији ЗБО, што сматрамо да је веома добро са аспекта постизања и одржавања водних ресурса подземних вода. Низак је проценат, свега 5% воде из испитиваних бунара у Мађарској, у којој се може приказати загађење узроковано од стране човека. Прекорачење граничних вредности нитрита, нитрата и пестицида потичу од канализације, коришћења вештачког ђубрива, пољопривреде. Један од најважнијих резултата испитивања јесте, да је присуство употребљеног пестицида на подручју Горње Бачке (НУ) у бунарима испод граничних вредности (изузев у једном бунару, детекција 2,4-D), односно воде нису загађене пестицидима. Пестицид 2,4 - D се широм света широко користи као хербицид, има могући канцерогени ефекат, али повезана је са појавом Паркинсонове болести и дијабетеса типа II. Нитрити и нитрати изнад граничних вредности представљају ризик за труднице и бебе млађе од шест месеци, њихово присуство може да узрокује "синдром плаве деце" (метхемоглобинемиа) који може да доведе до тешких случајева гушења па и смрти. Важно је напоменути да садржај нитрита и нитрата не може бити уклоњен кувањем. Уклањање нитрата и пестицида захтева веома скупу технологију за пречишћавање воде, па уместо пречишћавања је боље да се спречи загађење подручја као на пример означавањем, заштитом водних ресурса.

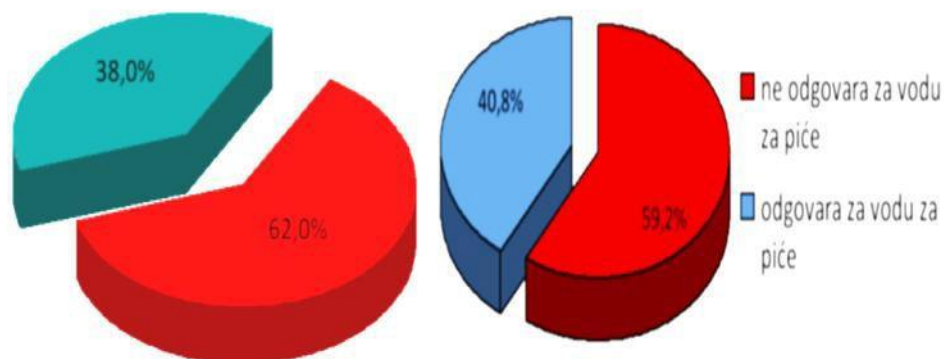
Загађења воде за пиће компонентама природног порекла. На територији Горње Бачке (НУ) мање повољан поглед у снабдевању водом за пиће показују компоненте природног порекла, од 120 бунара, вода из 80 бунара без пречишћавања није одговарајућа за воду за пиће због прекорачења граничних вредности. Постоји међутим 40 бунара, где упркос прекорачењу једног или више параметара квалитета воде, иако није беспрекорна, може бити погодна за воду за пиће. Жалосно је што ни једна бунарска вода није беспрекорна. На територији Србије, компоненте природног порекла такође могу бити присутне у води за пиће. Од укупног броја бунара само четири бунара су у потпуности одговарала захтевима Правилника о хигијенској исправности воде за пиће као

и препорукама Директиве ЕУ, и то два бунара лоцирана на пољопривредним фармама, а два бунара се налазе у склопу централних водоводских система. Како у испитиваним бунарима Горња Бачка (Мађарска) тако и у испитиваним бунарима Западне Бачке (Србија), у већини бунара садржај арсена (As), гвожђа (Fe), мангана (Mn), и амонијака (NH₄⁺) прелазе граничне вредности квалитета. Пречишћавањем ови састојаци могу да се смање испод граничних вредности, тако да вода буде погодна за пиће.

Подземне воде могу да садрже високу концентрацију арсена пореклом из геолошког материјала, или из индустријских загађених вода или пестицида који садрже арсен. На основу добијених резултата закључује се да испитивани водоносни слој не познаје границе те да је истих карактеристика са обе стране и прекорачење граничних вредности арсена иде од 62 % (74 бунара) са мађарске стране, до 59,2 % (71 бунар) са српске стране. Због распрострањености арсена у окружењу, у веома малим количинама арсен је присутан у сваком организму. Употреба воде са прекомерним садржајем количине неорганског арсена узрокује тумор коже, бешике, бубрега и плућа. Поред тога, у случају дугорочног узимања ниских концентрација изазива различите хроничне болести, на пример промене на кожи, пигментација, кардиоваскуларне болести, поремећај периферног и централног нервног система, поремећај рада јетре и бубрега као и дијабетес. Познат је по својој токсичности за људе, најотровнија су његова тровалентна једињења. При сталном уношењу ниских концентрација арсена у организам долази до његовог кумулативног дејства. Симптоми код људи се испољавају тек након 10 и више година. Арсен се веома тешко уклања и захтева скупу технологију за пречишћавање воде за пиће.

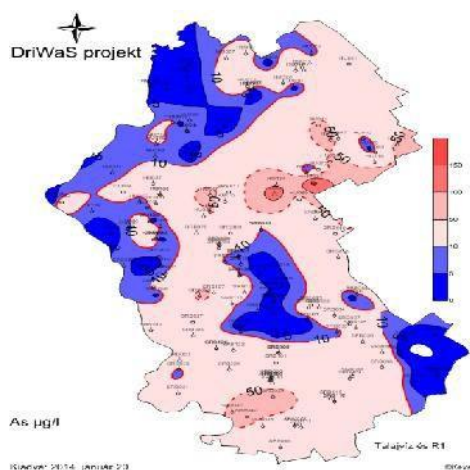
Графикон 1. Прекорачење граничне вредности арсена:

- 71 бунар (59,2%) не одговара (SRB)
- 74 бунара 62% не одговара (HU)
- 49 бунара (40,8%) одговара
- 26 бунара 38% одговара



Графикон 1. Прекорачење граничне вредности арсена

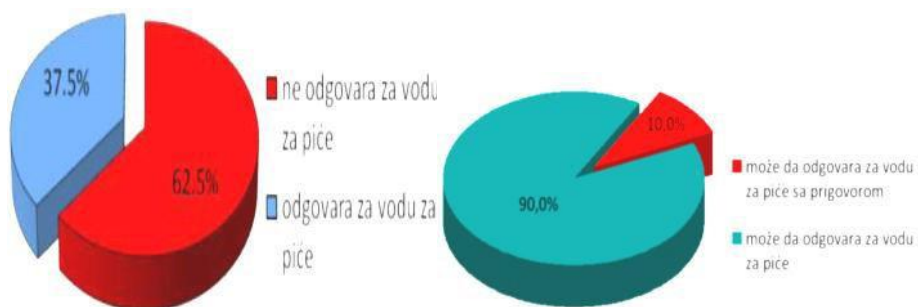
Гвожђе и манган у великим количинама мењају боју и укус воде, што проузрокује естетске проблеме. Гвожђе и манган су суштинске компоненте људског тела, у већини случајева жућкасто - браон боја воде (због гвожђа) или црни премаз (због мангана) нису штетни по здравље. Таложeње једињења гвожђа и мангана у водоводној мрежи играју улогу у таложeњу микроорганизама, па се препоручује уклањање ових компоненти прерадом воде. Према важећем Правилнику (СРБ) у 62,5% бунара, забележена је повећана вредност гвожђа, а према препорукама Директива ЕУ тај проценат нешто већи и износи 66,7 % због оштријег критеријума ових препорука на територији Западне Бачке (СРБ). Док је то прекорачење у Горњој Бачкој (НУ) забележено у 108 бунара (90%).



Графикон 2. Гис мапа заједничког водоносног слоја.

Графикон 3. Прекорачење граничне вредности гвожђа:

- 75 бунара (62,5%) не одговара (SRB)
- 12 бунар (10 %) не одговара (НУ)
- 45 бунара (37,5%) одговара
- 108 бунара (%) одговара



Графикон 3. Прекорачење граничне вредности гвожђа

У око 60 % бунара концентрације арсена (As) и гвожђа (Fe) прелазе граничне вредности квалитета, док су манган и амонијак присутни у знатно мањем броју бунара (од 18 до 40%). Пречишћавањем се могу уклонити ови састојци, тако да вода буде погодна за пиће. Присуство амонијака у дубоким подземним водама у великим количинама углавном потиче од хуминских материја или је редукциони производ и тада није индикатор фекалног загађења воде за пиће. Амонијак је у Мађарској обично пореклом из природних слојева, такође и на територији Војводине (СРБ), међутим пореклом из градске канализације или загађење амонијаком као последица коришћења ђубрива, такође могу повећати количину амонијака.

Графикон 4. Прекорачење граничне вредности амонијака:

- 53 бунара (44,2%) не одговара (SRB)
- 91 бунар (76 %) не одговара (HU) 67 бунара (55,8%) одговара
- 29 бунара (24%) одговара



Графикон 4. Прекорачење граничне вредности амонијака

акључак

На основу свега изложеног може се закључити да је у преко 60 % испитиваних бунара са обе стране, неопходно вршити пречишћавање воде за пиће са циљем да се смањи садржај арсена испод 10 микрограма. Постоји међутим 40 бунара у Мађарској и 49 у Србији (око 40% испитиваних бунара), где упркос прекорачењу једног или више параметара квалитета воде, иако није беспрекорна, може бити погодна за воду за пиће. У циљу очувања квалитета заједничког водносног слоја региона Баја-Сомбор, потребно је посебну пажњу посветити очувању водних ресурса и заштити животне средине.

6. Литература

- [1] Правилник о хигијенској исправности воде за пиће Сл. Лист СРЈ 42/98.
- [2] C i d i e e C e a f a i d e d f h a c
- [] алмација Б, Агбаба, Ј, Контрола квалитета воде за пиће, Универзитет у Новом Саду, Природно математички факултет Департман за хемију, Нови Сад 2006.

РАВЉАЊЕ АКУМУЛАЦИЈАМА - ХИДРОТЕХНИЧКЕ МЕТОДЕ У ЦИЉУ ОЧУВАЊА КВАЛИТЕТА ВОДА

MANAGEMENT OF ACCUMULATIONS-HYDROTECHNOLOGICAL METHODS IN ORDER TO PRESERVATION OF WATER QUALITY

БОРАД БЕЛИЋ¹

Резиме: Акумулације као поуздана изворишта за водоснабдевање становништва здравом пијаћом водом, благовремено и планско испуштање воде кроз темељни испуст.

Кључне речи: акумулација, намена, вода, геологија, хидрологија, нанос

Abstract: Reservoirs as a reliable source for public water supply, timely and planned water discharge through the main outfall.

Key words: accumulation, purpose, water, hydrology, alluvium

1. Увод

Бране и акумулације које се формирају у долињским кањонима река, акумулирају значајне количине воде, чији квалитет искључиво зависи од геолошког склопа терена сливног подручја.

Брана "Барје" на реци Ветерници изграђена је 1990. године, на 25 km од града Лесковца, а 33 km од ушћа Ветернице у Јужну Мораву.

Све бране у садашњој Србији су пројектоване као вишенаменски објекти и углавном служе за:

- ублажавање разорних поплавних таласа,
- водоснабдевање становништва и привреде,
- обезбеђење гарантованог протицаја током целе године, тј. оплемењивање вода низводно,
- задржавање наноса,
- енергетско коришћење, па чак и неке могу служити за наводњавање.

Све ове намене се могу обављати са врло великом поузданошћу из акумулације "Барје", само треба применити интегрално управљање њоме.

¹ Живорад Белић, дипл. инж. грађ, ЈКП „Водовод“, Пана Ђукића 14, Лесковац

еолошки склоп терена

ако овог пута намера аутора није била да говори о геолошком склопу терена, односно сливног подручја, јер је то кроз раније радове чинио, ипак када је у питању квалитет воде, рећи ћу оно што сматрам најбитнијим.

У сливном подручју формиране акумулације које од бране износи 232 km², а до ушћа 515 km² у геолошком склопу преовлађују:

- кристаласти шкриљци,
- амфиболитски шкриљци,
- пешчари са садржајем глине и песка,
- кречњаци са рождастим квргама.

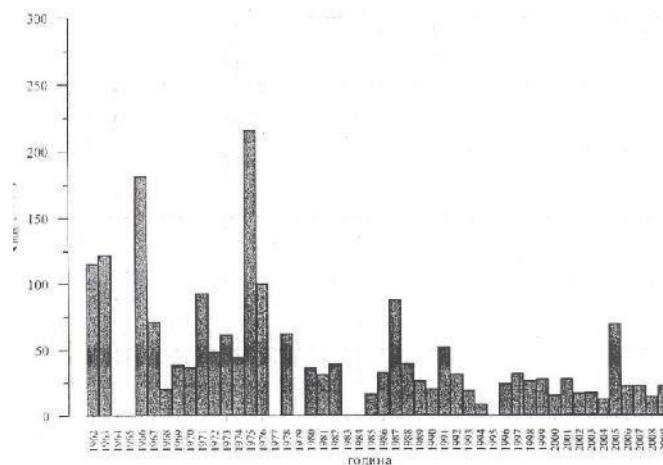
3. Управљање акумулацијом од њеног формирања до данас

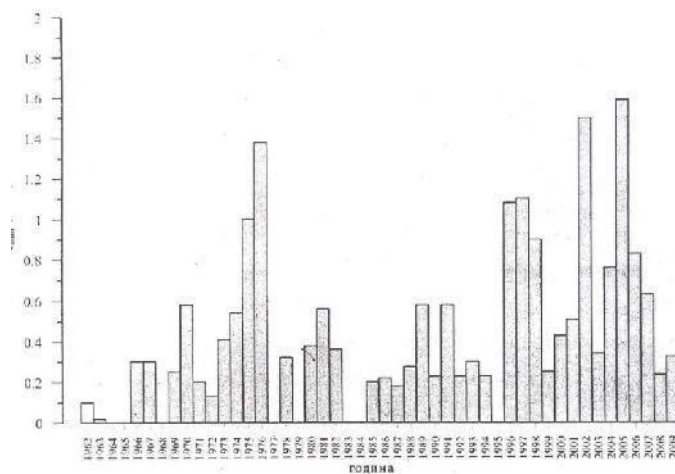
Акумулација је формирана током петогодишњег периода и то: Период пробног и коначног пуњења 1991-1995. године. Пробно пуњење и испитивање бране је спроведено по програму пробног пуњења, урађеног у Институту "Јарослав Черни" - Београд.

После сваког пуњења акумулационог простора, висине 10 метара обављена су геодетска и геотехничка мерења, а онда се наставило пуњење следећих 10 метара, све до коте прелива која је за брану "Барје" 379 м.н.в, а кота темељног испуста - евакуатора је на 334 м.н.в.

Марта месеца 1995. године, ниво воде је достигао коту прелива (379), обављено је отварање сегментног затварача под пуним оптерећењем и пошто није било нежељених појава на уграђеној опреми, завршено је пробно пуњење и испитивање хидромеханичке опреме бране "Барје".

За управљање браном "Барје", после пробног пуњења и испитивања, карактеристична су два временска периода и то: Временски период 1995-2010. године и временски период 2002-2010. године.





Слика 1. Максимални и минимални годишњи протицаји Ветернице у периоду 1962-2009. година

Режим рада акумулације "Барје" се може анализирати на основу регистрованих нивограма језера који је израдио у свом Институту "Јарослав Черни". Дошло се је до констатације да је ниво само 3. марта 1995. године достигао коту круне прелива (379 м.н.в).

У већем делу посматраног периода, максимални годишњи нивои су се кретали између кота 372 и 378, али најчешће од 374 - 376 м.н.в.

Минимални годишњи нивои су варирали у опсегу од 358 - 370.

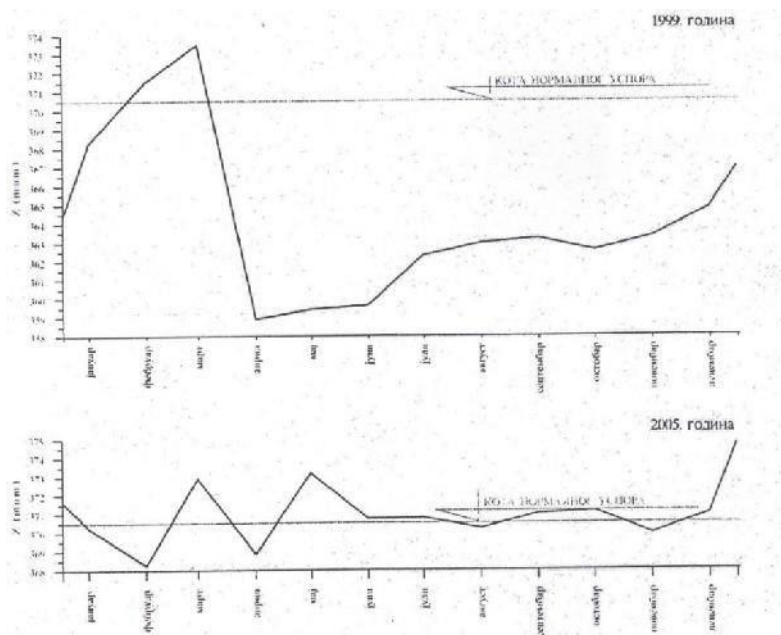
Прилог - дијаграм максималних и минималних протицаја реке Ветернице у периоду 1962-2009. (слика 1).

Међутим, постоји битна разлика између периода 1992-2002. година и 2002-2010. година. У периоду 1992-2002. године осцилације нивоа воде у акумулацији су биле знатно веће и кретале су се од 12 до 16 m, а 4 до 8 m у периоду 2002-2010. године. Ове разлике се приказују сликом 2 (нивограми, осцилације нивоа воде у 1999 и 2005. години).

Напомињем, да је 1999. године била ратна, бомбардовање Србије од НАТО алијансе, па са становишта безбедности по низводно становништво и материјалних добара обављено је нагло обарање нивоа воде из акумулације.

Елаборатом из 1992. године, дефинисани су критеријуми за управљање режимом рада акумулационом простором интегрално са свим наменама, током експлоатације и њеног постојања.

Важна препорука за коришћење неприкоснованог простора у оквиру интегралног управљања акумулационог простора су коте 370,50 (кота нормалног успора и кота прелива 379 м.н.в. У случају наилаaska поплавног таласа из акумулације, испуштати протицај који низводно од бране неће изазвати поплаве на низводном делу локалног слива до ушћа у Јужну Мораву.



Слика 2 Нивограми акумулације у 1999. и 2005. години

Величина овог протицаја за овај период износио је око $65 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Са аспекта таложења наноса у акумулацији, посебну пажњу, којој се у будућности мора (посветити) дати значајно место у управљању режимом вода, да ли је неприкоснован простор припремљен за пријем поплавног таласа. Хидраулички режим дуж акумулације у великој мери то дозвољава.

У случају да талас већих вода наилази на испражњену акумулацију, дуж акумулације се успоставља већи пад. У тим условима се повећава транспортна способност тока за нанос, тако да се већи део улаза наноса може пропустити кроз евакуационе органе, што је то чињено у протеклих 25 година.

акључак

4.1. Обарање нивоа воде у акумулацији "Барје" од њеног формирања, па до 2002. године, било је знатно веће (годишња амплитуда од 12-16 ом.). Период ратних година, пробно пуњење и испитивање уграђене хидромеханичке електро опреме, затим обављање техничких прегледа пријема, добијање дозволе за употребу и добијање водне дозволе.

4.2. Период управљања (2002-2010). Ниво обарања воде у акумулацији је варирао у опсегу од 4-8.ом.

4.3. Почетак коришћења акумулације у најважнију сврху водоснабдевања. Осцилације нивоа воде се крећу у просеку око 8 m, морају бити знатно мање, како би се очувао значајно квалитет воде у језеру.

Очување квалитета воде акумулације је у директној вези са дубином воде, а самим тим и њеном запремоном о чему се посебно мора водити рачуна, јер се од априла месеца 2011. године у њену најважнију функцију водоснабдевања.

ература:

- [1] Главни пројекат хидрологије 1989. год.
- [2] Главни пројекат геологије и геотехничких истраживања.
- [3] Књига 1. Управљање режимом рада за време експлоатације акумулације Енергопројект Хидроинжењеринг - Београд.
- [4] Контролно геодетско снимање и нализа засипања акумулације "Барје" Институт за водопривреду "Јарослав Черни" Београд, децембар 2010. год.

СИСТЕМ КВАЛИТЕТА КРОЗ КОНСУЛТАНТСКЕ УСЛУГЕ НА ПРОЈЕКТИМА ВОДОВОДНИХ ОБЈЕКТА

QUALITY CONTROL BY CONSULTING SERVICES ON WATER UTILITY PLANT PROJECTS

ОЈАН МИЛИНКОВИЋ¹, РАДОЈИЦА ГРАОВАЦ¹

Резиме: За успешну реализацију пројеката водоводних објеката неопходно је у свим фазама пројекта предузети мере које ће обезбедити квалитет извршених активности. У раду су прво размотрени аспекти квалитета на инфраструктурним пројектима, а затим су они презентирани на примеру пројекта мега резервоара у држави Катар. Циљ овог пројекта је обезбеђивање седмодневних залиха воде за државу Катар. Потребно је саградити пет мега резервоара и око 200 километара ценовода. Описане активности засноване су како на домаћој и међународној регулативи тако и на конкретним искуствима у реализованим системима.

Кључне речи: магистрални ценоводи, водопривреда, систем квалитета, мега резервоари

Abstract: For the successful implementation of water supply facilities projects, it is essential in all phases of the project to take measures to ensure the quality of completed activities. The paper first discussed aspects of the infrastructure projects quality, and then those aspects have been presented at the example of Mega Reservoirs Project in the State of Qatar. The aim of this project is providing seven-day country water reserve supplies. To achieve this, it is necessary to build five mega reservoirs and about 200 km of pipelines. The described methods are based on domestic and international regulations as well as on actual experiences in the implemented systems.

Key words: Main Water Pipeline, Water Utility, System Quality, Mega Reservoirs

1. Увод

Водопривредни системи припадају тзв. инфра-структурним системима који остварују значајан утицај на функционисање свог окружења. Из тог разлога, планирање и реализација пројеката који се односе на водопривредне си-

¹ Бојан Милинковић, дипл. инж. ел, Енергопројект Ентел а.д. Бул. Михајла Пупина 12, Нови Београд

¹ Радојица Граовац, дипл. инж. ел, Енергопројект Ентел а.д. Бул. Михајла Пупина 12, Нови Београд

стеме имају сва обележја инвестиционих пројеката, па захтевају систематичан приступ како би се обезбедило да пројекат буде успешно реализован. У том процесу значајну улогу игра менаџмент квалитетом на пројекту и то у свим његовим фазама, од оснивања пројекта, његовог планирања и реализације, до његовог закључења.

Основне карактеристике инвестиционих пројеката су [1]:

- Дуготрајни су.
- Ангажују велики број учесника.
- Захтевају значајна финансијска средства.
- Сложени су.
- Реализацијом руководи пројектни тим.
- Захтевају специјализоване софтвере за управљање пројектима.

У овом раду, акценат је на праћењу реализације инвестиционог водоприредног пројекта у светлу мера које је потребно предузети како би се обезбедио квалитет извршених активности и успешно функционисање система као целине.

2. Квалитет и обезбеђење квалитета на пројекту

Један од основних циљева пројекта је, поред завршетка у планираном року и у оквирима планираних ресурса и трошкова, да се испоручи производ у оквирима захтеваног квалитета. Дакле, модел управљања пројектом садржи четири основне функције – обухват, време, трошкове и квалитет. Све је то потпуно логично – без обзира на рокове, трошкове и ресурсе, оно што наручиоцу ипак трајно остаје јесте оно што му је испоручено, без обзира да ли су то неки производи материјалне природе или услуге, кроз извршене радове. На крају крајева, то је био основни разлог због чега је и покренуо пројекат.

Мера у којој се успело да се задовоље његови захтеви, потребе и очекивања у ономе за шта је консултант ангажован јесте мера квалитета. Да би се постигло да наручилац буде задовољан потребно је од самог почетка, од првих контаката са њим да се о томе води рачуна. Дакле, као што је неопходно да се управља временом, ресурсима и трошковима, тако мора да се управља квалитетом на пројекту, и да се предузме све што је неопходно како би се постигло задовољство корисника [2].

Управљање квалитетом је део процеса управљања пројектом, којим се обезбеђује да се реализација пројекта извршава без одступања од прописаних стандарда квалитета. То подразумева да се у свим фазама реализације пројекта морају предузимати мере које обезбеђују испуњавање стандарда квалитета, како за производе тако и за процесе. Као и други циљеви пројекта, квалитет са мора планирати, организовати, пратити и контролисати. Управљању квалитетом на пројектима посвећен је стандард [3] који даје смернице за обављање тих активности.

Системи управљања квалитетом заснивају се на следећих осам принципа [4]:

- Усредсређеност на корисника;
- Лидерство;
- Укључивање запослених;
- Процесни приступ;
- Системски приступ;
- Стално побољшавање;
- Одлучивање на основу чињеница;
- Обострано корисни односи са испоручиоцима;

Оно што је суштина система јесте да се пословни процеси препознају, уреде и да се о свим елементима воде одговарајући записи тј. остављају писани трагови који не само да омогућују пуне информације свим учесницима на пројекту, већ стварају основу за анализе из којих треба да проистекну одговарајуће корективне и/или превентивне мере како би се пословни процеси стално побољшавали и унапређивали.

3. Пројекат мега резервоара за воду у држави Катар

Пројекат мега резервоара представља највећи и најобимнији пројекат у области водопривреде на свету у овом тренутку. Овим пројектом се предвиђа постављање око 200 km цевовода за везе са постојећим водоводним системом, пречника између 900 mm и 1600 mm, као и постављање око 280 km цевовода на главном коридору (слика 1) за међусобно повезивање нових резервоара, пречника између 1200 и 1600 mm.

Поред поменутих цевовода, планира се и изградња пет нових мега резервоара са пумпним станицама у две фазе. Сваки мега резервоар ће на крају садржати 8 бетонских резервоара димензија 300x150x12 m (ШxДxB) капацитета 86 – 97 МИГ (Million Imperial Gallons) (390.000 – 440.000 m³). На крају прве фазе (2026. год.) укупан капацитет резервоара треба да буде 2300 МИГ (~10,5 милиона m³), а на крају друге фазе (2036. год.) 3800 МИГ (~17 милиона m³).

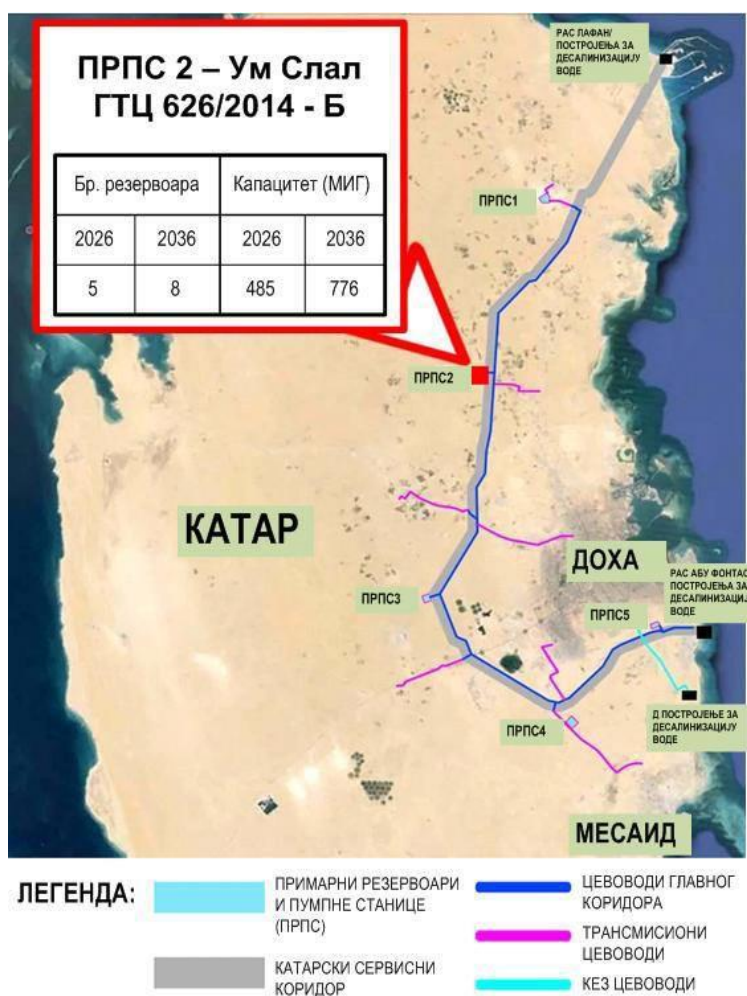
Мега резервоари се повезују и на независне произвођаче воде у држави, као и на дистрибутивну мрежу катарске електропривредне и водопривредне корпорације (Кахраме). Сваки мега резервоар поседује и своју пумпну станицу [5].

Кахрама се због обима пројекта одлучила да ангажује консултанта за вођење поменутог пројекта (ПМЦ – Project Management Consultant). Улога ПМЦ-а на овом послу је да буде представник наручиоца у различитим фазама пројекта, да прати временске, трошковне и квалитативне параметре, као и да координише и контролише залагање свих учесника на пројекту. Као ПМЦ за вођење овог пројекта ангажован је Енергопројект Ентел.



Слика 1. Полагање цеви на главном коридору

На слици 2 је приказана мапа комплетног пројекта са истакнутим детаљима будућег резервоара и пумпне станице у Ум Слалу.



Слика 2. Мапа пројекта са детаљима резервоара 2 у Ум Слалу [5]

4. Улога ПМЦ-а на пројекту мега резервоара

атак ПМЦ-а садржи три главне етапе:

а) Етапа пре почетка изградње (од одређивања ПМЦ-а до одређивања извођача).

б) Етапа изградње и

в) Етапа након изградње.

У наставку су представљене активности ПМЦ-а по појединим етапама.

а) Етапа пре почетка изградње

Ова етапа траје од тренутка ангажовања ПМЦ-а до ангажовања првог извођача. У овој етапи улога ПМЦ-а је:

- Верификација дизајна припремљеног од стране консултанта на пројекту и подношење извештаја о усаглашености са пројектним задатком.
- Припрема мастер плана пројекта, укључујући све пакете.
- Развијање процедуралног приручника за пројекат.
- Преглед тендерске документације припремљене од стране консултанта за извођачке пакете.
- Успостављање и одржавање рачунарског веб оријентисаног система за контролу пројекта (ПЦС – Project Control System).
- Обављање техничке процене извођачких пакета.
- Преглед пројектне документације, припремљене од стране консултанта на пројекту.
- Преглед свих осталих докумената генерисаних од стране консултанта (фактура, распореда, итд.).

б) Етапа изградње

Ова етапа траје од тренутка ангажовања првог извођача до завршетка свих извођачких радова, као и целог пројекта. У овој етапи улога ПМЦ-а је:

- Администрација и вођење уговора.
- Управљање потраживањима (управљање променама и евалуација захтева).
- Успостављање сигурносног програма.
- Успостављање програма обезбеђења квалитета.
- Руковођење састанцима о напредовању.
- Надзор на терену.
- Преглед извођачких цртежа и докумената.
- Пуштање у рад и преусмеравање тока радова.

Заједнички захтеви за претходне две етапе су:

- Деловање у име Кахраме по свим питањима.
- Координација између свих учесника и вођење редовних састанака.

- Процена инжењеринга.
- Разматрање и потврда фактура.
- Успостављање и одржавање целокупног ПЦС-а. Ово укључује и регистар ризика на пројекту и стратегије ублажавања кључних ризика.
- Припрема и подношење редовних извештаја Кахрами (месечних, кварталних, итд.).
 - в) Етапа након изградње обухвата:
 - Експлоатацију и одржавање.
 - Завршни рачун.
 - Целокупан надзор инспекције могућих дефеката.

5. Закључак

Из свега наведеног може се видети да су етапе пре, током и након изградње испуњене значајним активностима чији је циљ да се у сваком тренутку обезбеди и контролише квалитет производа, а све са циљем да се у наредни корак уђе са што јаснијом представом о ономе што је достигнуто до тада. Успостављање и спровођење поступака за обезбеђење квалитета у значајној мери повећавају вероватноћу успешног завршетка пројекта. Основно мерило успеха је испорука наручиоцу у планираном времену, у оквирима уговорених средстава и са договореним квалитетом производа.

6. Литература

- [1] Раковић Р, Квалитет у управљању пројектима, Грађевинска књига, 2007.
- [2] Раковић Р, Граовац Р, Обезбеђење квалитета у реализацији пројеката телекомуникационих система за потребе Електропривреде, ЦИГРЕ 14. Симпозијум, 2008.
- [3] ISO 10006:2003, Quality management systems – Guidelines for quality management in projects.
- [4] ISO 9001:2008, Quality management principles – Requirements.
- [5] http://www.watmegareservoirs.qa/project_details

C E A M A I N O K A B A N D E¹, Đ O R G I E²,
G O J A N B L A Ž E V S K I³

: This paper presents a study for modernization of the water supply system in Kriva Palanka, Macedonia. As main water sources the system uses the springs of Kalin Kamen and the alternative sources are Stanečka reka and four wells in the basin of Kriva reka. The population growth due to the migration from rural areas into high zones of the city caused water supply problems. The proposed solution for modernization of the system contributes to regular and continuous supply of quality drinking water. Furthermore we propose implementation of SCADA system for monitoring and control of the parameters in water distribution system.

SCADA, water supply system, data acquisition, monitoring, PLC

U radu je predstavljena studija za modernizaciju vodovodnog sistema u Krivoj Palanci, u Makedoniji. Kao glavne izvore vode sistem koristi izvore u mestu Kalin Kamen, a alternativni izvori su Stanečka reka i četiri bunara iz basena Krive reke. Rast populacije usled migracije iz ruralnih područja ka visokim zonama grada prouzrokovao je probleme u vodosnabdevanju. Predloženo rešenje za modernizaciju sistema doprinosi regularnom i kontinualnom obezbeđenju kvalitetne pitke vode. Pored toga, predlažemo implementaciju SCADA sistema za nadzor i upravljanje parametrima u sistemu za distribuciju vode.

SCADA, sistem vodosnabdevanja, akvizicija podataka, nadzor, PLC

1.

Modern Water Supply System (WSS) requires control, analysis and prompt response to events that reduce the effectiveness of the water supply or disrupt the functionality of the system. The technological advances in the field impose automated approach to solving these problems [1].

In literature a distinction is made between different Industrial Control Systems (ICS): Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), Distributed Control Systems (DCS) and Programmable Logic Controllers (PLC) [5]. SCADA systems are used for real-time acquisition of sensor data, monitoring equipment and controlling

¹ prof. dr Cveta Martinovska Bande, dipl. el. Univerzitet „Goce Delčev“, Krste Misirkov 10a, Štip, Makedonija

² Đorgi Bande, dipl. inž. građ. ROING, CES Saltzmitter, TUV Rheinland, Dubai

³ Gorjan Blaževski, dipl. el. CES, Saltzmitter