

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



35. MEĐUNARODNI
STRUČNO-NAUČNI SKUP

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA'14

Kladovo 07 – 10. oktobar 2014.

120 ГОДИНА ПРОВЕРЕНО ДОБРЕ ВОДЕ

ЈКП „БЕОГРАДСКИ ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА“

ЈКП „Београдски водовод и канализација“ постоји од 1892. године и бави се сакупљањем, пречишћавањем и дистрибуцијом воде, као и одвођењем отпадних и атмосферских вода са подручја града.

ЈКП „Београдски водовод и канализација“ снабдева водом за пиће милион ипо грађана, целокупну привреду и комуналне системе града.

Водоводна мрежа дугачка је око 4.000 километара,
а канализациона око 1.500 километара.

Вода из београдског водоводног система је санитарно-хигијенски исправна и проверено доброг квалитета.

Грађани се могу обратити ЈКП „Београдски водовод и канализација“ на неки од следећих начина:

Кориснички центри – Кнеза Милоша 27, Данијелова 32 и Северни булевар 3

Контакт центар од 0-24 часа – тел: 3-606-606

Сајт: www.bvk.rs

Мејл: info@bvk.rs



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**35. Međunarodni
stručno - naučni skup**

VODOVOD I KANALIZACIJA '14

Zbornik radova

Kladovo, 07– 10. oktobar 2014.



Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

mr Branislav Vujinović, dipl. inž., generalni sekretar

Programski odbor:

Momčilo Bikicki, Dušan Prodanović, Zvonko Gulišija,
Časlav Lačnjevac, Bogdan Vlahović, Goran Sekulić,
Ivan Esih, Milan Sak-Bosnar, Fehim Korać,
Dragica Čamovska i Filip Kokalj

Organizacioni odbor:

Branislav Vujinović (predsednik), Jovan Despotović,
Ivica Nikić, Milan Savović, Zoran Petrović,
Željko Bolbotinović, Olivera Čosović i Marijana Mihajlović

Glavni i odgovorni urednik:

mr Branislav Vujinović, dipl. inž.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić i Olivera Čosović

Štampa:

Grafički atelje "Dunav", Zemun

Tiraž: 200 primeraka

Organizator:

Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:

Inženjerska akademija Srbije

JKP »Beogradski vodovod i kanalizacija«

Inženjerska komora Srbije

Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« Beograd

JP »Jedinstvo« Kladovo

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 (35 ; 2014 ; Кладово)

Zbornik radova / 35. Međunarodni
stručno-naučni skup Vodovod i kanalizacija
'14, Kladovo, 07-10. oktobar 2014. ;
[organizatori] Savez inženjera i tehničara
Srbije ... [et al.] ; [glavni i odgovorni
urednik Branislav Vujinović]. - Beograd :
Savez inženjera i tehničara Srbije, 2014
(Zemun : Grafički atelje Dunav). - 258 str. :
ilustr. ; 25 cm

Tekst lat. i ćir. - Tiraž 200. - Napomene uz
tekst. - Bibliografija uz većinu radova. -
Abstracts.

ISBN 978-86-80067-31-5

1. Савез инжењера и техничара Србије
(Београд)
а) Водовод - Зборници б) Канализација -
Зборници

COBISS.SR-ID 209968396



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, уређењу вароши, и др.

У то време (1834/35. године) из аустријског царства долазе и први државни службеници – “правителствени инцинири” (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 организације. Убрзо затим (1869.) оснива се и Удружење за пљску привреду, односно Српско пољопривредно 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 низ 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>Zdravko Pantelić, Ana Vranješ, Dejan Milenić</i> Hidrogeološke karakteristike i uslovi zaštite karstnog vrela Raške	13
<i>Vladimir Mitrović, Miroslav Krmpotić, Dejan Nešković, Andrijana Grujić, Dejan Tadić, Danijela Poljak</i> Vodosnabdevanje opštine Novi Kneževac podzemnim vodama – trenutno stanje i preporuke	20
<i>Dragan Marinović, Vladimir Savić, Marina Stojanović, Danilo Popović, Vesna Nikolić Vujačić, Svetlana Nikolić</i> Kvalitet reke Ibra od Biljanovca do Kraljeva	27
<i>Željka Ostojić, Dušan Prodanović, Sanja Marčeta</i> Uloga stanica za dohlorisanje u održavanju kvaliteta vode u distributivnoj mreži vodovoda	34
<i>Slobodan Zlatković, Mićun Stanić</i> Prikaz tehnološkog postupka pripreme vode za piće na postrojenju za prečišćavanje vode „Bukulja“	45
<i>Ivanka Kaut, Jelena Stojić, Stevan Živkov</i> Druga faza rekonstrukcije sistema aeracije kao uslov za bolje prečišćavanje vode na postrojenju Vodovoda Pančevo	57
<i>Moma Denić, Živorad Đelić, Novak Vasić</i> Procesi autopurifikacije (samoočišćenja) voda	62
<i>Vaso Novaković, Časlav Lačnjevac, Radiša Lukić, Miladin Gligorić, Ružica Petričević</i> Uslovi prihranjivanja i dreniranja akvifera mineralne vode izvora „Guber“ u Srebrenici	69
<i>Blagica Cekova, Suzana Temelkoska, Lence Cekova</i> Examination of the Contents of Heavy Metals in the Water of River Vardar	81
<i>Slobodan Pantić, Nemanja Branislavljević, Dušan Prodanović</i> Provera topologije modela vodovodnih sistema metodom zatvaranja zatvarača	86
<i>Ivana Ćipranić, Nemanja Branislavljević</i> Kriterijumi za formiranje OZB u vodovodnim sistemu i analiza troškova u funkciji od veličine OZB	93

<i>Devad Koldžo, Selma Čengić</i>	
Značaj definiranja učestalosti pojave minimalnih noćnih protoka u vodovodima u Jugoistočnoj Evropi	99
<i>Milan Petrović, Kosta Ranisavljević, Milica Bojić, Ninoslav Petrović</i>	
Kvalitet podataka o vodovodnim i kanalizacionim sistemima u Srbiji	105
<i>Zoran Dimitrijević</i>	
Aktivnosti JKP „Vodovod“ Kraljevo na smanjenju neoprihodovane vode.....	110
<i>Milan Đorđević</i>	
Utvrđivanje i obračun rastura vode u stambenim zgradama	121
<i>Predrag Pretrović, Marija Petrović</i>	
Upravljanje površinskim i otpadnim vodama Srbije	130
<i>Predrag Petrović, Marija Petrović</i>	
Monitoring integrisanog upravljanja vodama Srbije u cilju održivog razvoja	140
<i>Ivan Milojković, Jovan Despotović, Vladana Rajaković Ognjanović</i>	
Optimizacioni model planiranja održavanja kanalizacije zasnovan na pokazateljima stanja	149
<i>Dragan Radonjić, Darko Vuksanović, Jelena Šćepanović, Refik Zejnilović</i>	
Tehnološko rješenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) u opštini Žabljak	155
<i>Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović, Refik Zejnilović</i>	
Procjena uticaja na životnu sredinu postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih voda iz objekta Biznis centra u Podgorici	162
<i>Miroslava Đorđević, Uroš Topalović</i>	
Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda sa deponije čvrstog komunalnog otpada „Dolovo“ - Pančevo	169
<i>Miroslava Đorđević, Uroš Topalović, Svetlana Čupić, Dragan Marjanović</i>	
Prečišćavanje otpadnih voda iz farmaceutske industrije	175
<i>Veljko Đukić, Srđan Đukić, Ognjen Đukić</i>	
Kvantitativno-kvalitativne karakteristike otpadne vode iz procesa poliranja posuđa	182
<i>Filip Kokalj, Niko Samec</i>	
Thermal Treatment of Sewage Sludge – One of Possible Disposal Methods	188

<i>Bosiljka Stojanović, Jovan Đukić, Miladin Drobnjak</i> Zagađujuće materije na području Semberije	198
<i>Borislav Malinović, Slobodan Bunić, Novak Damjanović</i> Anodna oksidacija cijanida iz industrijskih otpadnih voda	207
<i>Radoje Obradović, Miroslav Maksimović, Časlav Lačnjevac, Miroljub Krstić, Dragan Petrović, Srbislav Nešić</i> Vrste i brzina korozije podzemnih metalnih objekata	217
<i>Miroslav Popović, Sava Savin, Srboljub Nešić, Dragan Petrović, Nikica Ivić, Nedeljko Krstajić, Časlav Lačnjevac</i> Zaštita čeličnih rezervoara aktivnom zaštitom sa obe strane	225
<i>Jelena Pješčić, Dragan Radonjić, Darko Vuksanović, Časlav Lačnjevac</i> Behavior Alloy Protectors for Protection of Steel Construction from Corrosion	232
<i>Zoran Pendić, Časlav Lačnjevac, Aleksandar Žjak, Rajko Pendić, Željko Marković, Vesna Mioljević, Zdenka Makuc, Ljiljana Jovanović, Vesna Reljić Ćurić, Svetlana Urošević</i> Obaveze i zadaci u postupku prijema Srbije u EU koji se odnose na kvalitet i bezbednost vode za piće i upravljanje otpadnim vodama	238
<i>Jelena Filipović, Svetlana Urošević, Aleksandar Žjak, Ljiljana Jovanović, Zoran Pendić, Časlav Lačnjevac, Sanja Polak, Zdenka Makuc, Vesna Reljić Ćurić</i> Teze za zadatke lokalne samouprave i OCD u zaštiti izvorišta vode za piće u okviru zaštite životne sredine	247
<i>Željko Marković</i> Rizici upravljanja u vodoprivrednim organizacijama	255

ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И УСЛОВИ ЗАШТИТЕ КАРСТНОГ ВРЕЛА РАШКЕ

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND CONDITIONS OF PROTECTION KARST SPRING RASKA

ЗДРАВКО ПАНТЕЛИЋ¹, АНА ВРАЊЕШ², ДЕЈАН МИЛЕНИЋ³

Резиме: Карстне издани представљају један од важнијих ресурса подземних вода који се користи за водоснабдевање становништва. У Србији доминантну улогу у водоснабдевању становништва здравом пијаћом водом из карстних издани имају становници југозападног дела земље. Карстно врело Рашке представља једно од најзначајнијих врела које се користи за водоснабдевање града Новог Пазара и његових приградских насеља. Зона прихрањивања, карстног врела Рашке, обухвата подручје Доње Пештери и карстног Коштан поља где је доминантан карстни процес.

Предмет овог рада је приказ хидрогеолошких карактеристика карстног врела Рашке и дефинисање зона санитарне заштите по научним и законским критеријумима. Правилником о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања, Сл. Гласник Републике Србије 92/08 дефинисани су законски критеријуми који као такви нису били довољни па се приступило увођењу додатних научних критеријума.

Кључне речи: карстни извор, водоснабдевање, хидрогеолошке карактеристике, зоне санитарне заштите

Abstract: Karst aquifer represents one of the importing resources of underground water witch use for water supplying of people. In Serbia dominant role in water supplying of healthy and clean water from karst aquifer has people in south-west part of the land. Karst spring Raska is one of the most important sources used for the water supply of the city of Novi Pazar and its suburbs.Recharge zone, the karst springs Raska, covers an area of Lower Pester and the karst Kostan fields where karst is the dominant process.

The subject of this paper is to present the hydrogeological characteristics of the karst springs of Raska and definition of sanitary protection zones according to scientific and law criteria.Regulations for defining and maintaining the sanitary protection of water supply sources, Gazette of the Republic of Serbia 92/08 defines the legal criteria, as such, were not sufficient to access and introduction of additional scientific criteria.

¹ MSc. Здравко Пантелић, асистент, Државни универзитет у Новом Пазару, Вука Караџића бб, Нови Пазар

² др Ана Врањеш, научни сарадник, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

³ проф. др Дејан Миленић, дипл. инж, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд

Key word: karst spring, water supplying, hydrogeological characteristics, sanitary protection zones

1. Увод

Водоснабдевање становништва здравом пијаћом водом представља приоритет сваке државе, који је гарантован људским правима. Оквирном директивом о водама, Европске уније број 60/2000/ЕС и Директивом о заштити подземних вода од загађивача број 118/2006/ЕС, постављају се јасни циљеви да све воде, укључујући и подземне морају постићи "добар статус" до 2015. године, како би се осигурало њихово одрживо коришћење [1].

Доминантну улогу водоснабдевања становништва у југозападним деловима земље чине карстне издани, формиране у кречњачким стенама унутрашњих Динарида западне Србије код којих је карстни процес јасно изражен.

Унутрашњи Динариди западне Србије захватају територију између републичке границе - на западу; на истоку је шумадијска и косовска област. Овако ограничена територија дуга је око 300 km и широка 60 – 75 km [2].

Описану област карактерише веома сложен структурни склоп терена, са хидрогеолошког становништва за сваку масу носиоца воде - кречњаке значајно је познавати однос према старијим стенама - кристалистим шкриљцима из подине, и млађим творевинама - дијабаз - рожначке формације из повлате. Из структурних, односно просторних односа ове три средине резултирају све важније хидрогеолошке одлике издани. Кречњаци средњег и горњег тријаса одликују се изразито карбонатним саставом и високим степеном тектонске оштећености. Велика издашност и неравномерност многобројних врела карста западне Србије индиректно нам илуструје степен порозности и димензије карстних канала и каверни.

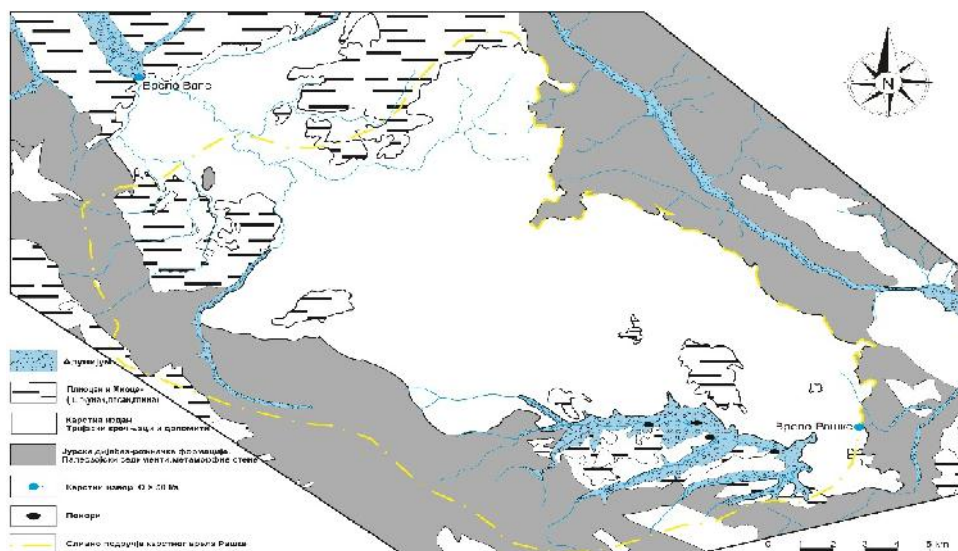
Подручје Доње Пештери и карстног Коштан поља налази се на простору југозападне Србије и припада карсту унутрашњих Динарида. Административно припада општинама Тутин и Сјеница са просечном висином од преко 1000 m.n.m. и климатским карактеристикама које одликују веома хладне зиме са обилним снежним падавинама и кратким летима. Ово подручје представља примарну зону прихрањивања врела Рашке.

2. Хидрогеолошке карактеристике карстног врела Рашке

Врело Рашке дренира југоисточни део карстне издани формиране у Тријаским карбонатима на подручју Доње Пештери, налази се на контакту између тријаских кречњака и палеозојских кристалистих шкриљаца. Карстно врело Рашке састоји се из главног врела које се налази на висини од 733,75 m.n.m. (вода истиче из пећине и формира 15 m висок водопад) и кластера извора који се налазе испод водопада на висини од 713,80 – 715.56 m.n.m. [3].

Сливно подручје врела Рашке чини већим делом карбонатни комплекс изграђен од кречњака и доломита средње тријаске старости у оквиру кога је

развијен карстни тип издани. У дијабаз – рожначким формацијама јурске старости развијен је пукотински тип издани. У неогеним седиментима који су представљени лапорцима, конгломератима, глином са прослојцима шљунка и песка развијен је сложени тип издани. Док је у стенама палеозојске старости (кристаласти шкриљци) формиран условно безводни тип издани (слика 1.).



Слика 1. Шематизована хидрогеолошка карта са сливним подручјем карстног врела Рашке

Карстна издан се прихрањује у деловима терена где су кречњаци откривени, путем инфилтрације вода атмосферских падавина и понирањем вода површинских токова. У оголићеним кречњачким депресијама, вртачама и увалама, дешава се највећа ефективна инфилтрација атмосферских вода која може да износи и до 60 % од укупне суме падавина. Прихрањивање карстне издани се врши и путем понирања вода у понорима дуж корита површинских токова.

Највеће врело по капацитету преко којег се уједно и празни цело подручје карстне издани Доње Пештери је врело Рашке. Врело Рашке се користи за водоснабдевање града Новог Пазара и његових приградских насеља. Конфигурација терена на подручју Доње Пештери као и њен геолошки састав проузрокују непоклапање површинске и подземне вододелнице слива врела Рашке, као и отежано утврђивање површинске вододелнице на појединим локалитетима тако да је дефинисање сливног подручја врела Рашке отежано. Хидрогеолошке карактеристике овог подручја додатно компликује и чињеница да овде долази и до подземне пиратерије између слива врела Рашке и слива врела Вапе.

На простору између села Расно-Раковица-Међугори и Цетанске реке у делу слива Вапе, опитима трасирања, доказана је подземна пиратерија и бифуркација Расанске, а затим и Цетанске реке. Бојењем понора у Цетанској реци

(1974. године), доказана је веза ове реке и врела Рашке. Трасер је упуштен 5. октобра, а на врелу Рашке појавио се 17 дана касније. Врело Рашке од места упуштања боје удаљено је 24 km, а Вапа 6 km. Кога понора је 1080 m; Вапе 1025 m а Рашке 730 и 726 m. То указује на то да је подземна пиратерија и бифуркација оријентисана од истока према западу [4].

3. Критеријуми за утврђивање зона санитарне заштите (ЗСЗ)

Карстна издан по својим филтрационим карактеристикама представља веома неповољну средину за дефинисање ЗСЗ.

Приликом одређивања зона санитарне заштите потребно је узети у обзир, односно користити следеће критеријуме [5]:

- Законски критеријум
- Хидролошки критеријум
- Геоморфолошки критеријум
- Геолошки критеријум
- Хидрогеолошки критеријум

Законски критеријум је дефинисан Правилником у оквиру кога се налазе смернице за оконтуривање ЗСЗ у различитим изданима; Хидролошким критеријумом је одређен статус површинских вода, дефинисан кретањем и мерењем количина воде у површинским водотоцима; Геолошки и хидрогеолошки критеријуми представљају основу за оконтуривање ЗСЗ, у оквиру којих су одређене карактеристике издани; Геоморфолошки критеријум је представљен геоморфолошким процесима и облицима који се јављају на терену (понори, вртаче, увале итд.).

Поред наведених критеријума за дефинисање ЗСЗ у карстним изданима треба увести још један критеријум - Критеријум рањивости подземних вода на загађење.

Критеријумом рањивости подземних вода на загађење формирају се подлоге за израду карти рањивости. Овим картама јасно се дефинишу зоне ниског и високог степена ризика од загађења подземних вода.

Карта рањивости може се користити како би се нашла равнотежа између људске активности и економских интереса са једне стране и заштите подземних вода са друге стране [6].

У свету се користи неколико метода за израду карти рањивости - ЕРИК, PI, DRASTIC, GLA, SINACS, GOD, COP, IZDAN и др. У зависности од хидрогеолошких услова на терену примењују се једна од метода према намени и нивоу улазних података.

Уважавајући специфичност карстног хидрогеолошког система, развијене су методе које узимају у обзир њихову специфичну структуру, а најширу примену нашле су ЕРИК [7], PI [8].

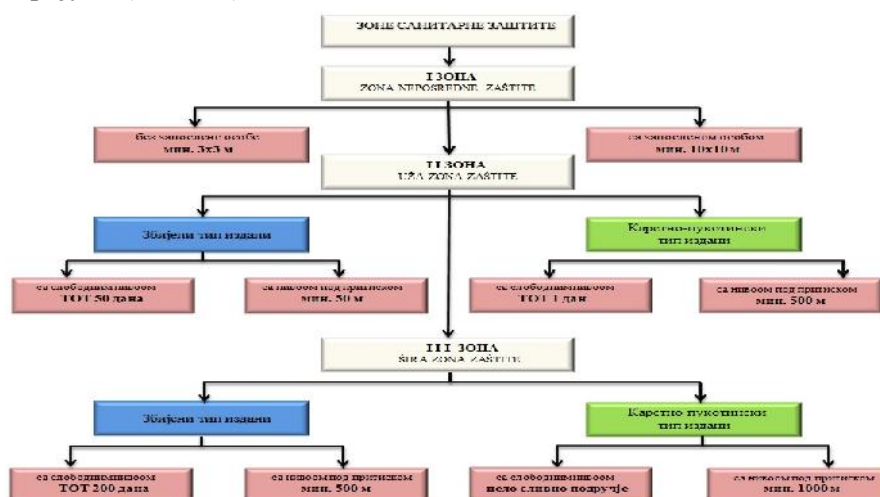
Полазећи од чињенице да је у оквиру Пештерске висоравни са хидро-геолошког аспекта доминатно распрострањење карстне издани примена ЕРИК уз имплементацију PI методе представљала би следећи корак у јасном дефинисању ЗСЗ карстног врела Рашке. ЕРИК метода подразумева четири фактора, односно неопходно је формирати четири главне подлоге:

- **Е** – распрострањење епикарста
- **Р** – распрострањење заштитног слоја
- **И** – услови инфилтрације
- **К** – степен развоја карста

Подлоге се добијају на основу података добијеним теренским истраживањима уз имплементацију сателитских снимака ради ажурирања појединих података. PI метода је GIS базиран приступ за израду карата рањивости подземних вода за све типове издани, са посебним освртом на карстну издан. Акроним PI означава да се узимају и детаљно обрађују 2 параметра: заштитни фактор **Р** (protective cover) и услови инфилтрације **И** (infiltration conditions) [9].

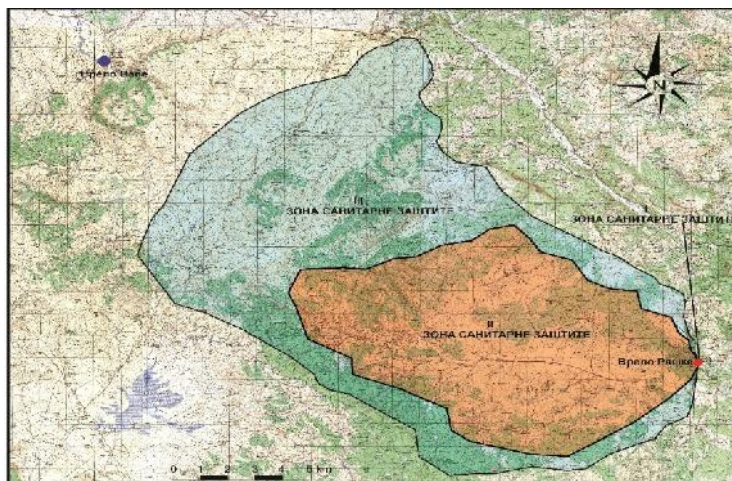
4. Дефинисање зона санитарне заштите сливног подручја карстног врела Рашке

Према члану 4. Правилника о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања, Сл. Гласник Републике Србије 92/08, [10] успостављају се три зоне санитарне заштите: I зона – зона непосредне заштите, II зона - ужа зона санитарне заштите, III зона - шира зона санитарне заштите. У складу са Правилником, за потребе дефинисања ЗСЗ карстног врела Рашке одређене су дате зоне поштујући Правилници наведених 5 критеријума (слика 2.).



Слика 2. Шематизовани приказ простирања зона санитарне заштите (TOT – време путовања воде, time of travel) [11]

На основу усвојених 5 критеријума и специфичности карстне издани дефинисане су ЗСЗ карстног врела Рашке (слика 3).



Слика 3. Зоне санитарне заштите карстног врела Рашке

I зона – зона непосредне заштите захвата подручје самог изворишта. Граница ове зоне мора бити удаљена најмање 50 m од изворишта у смеру дотока воде, ограђена и под сталном контролом. Строго су забрањени све активности које могу угрозити извориште, сви природни отвори (јаме, пећине, пукотине) морају бити заштићени. Подлогу за дефинисање граница ове зоне представља хидрогеолошка карта размере 1:1000.

II зона – ужа зона санитарне заштите представља део сливног подручја а и понорске зоне у залеђу изворишта чије су везе доказане трасерским испитивањима. Вода која понире у овим зонама доспева до изворишта за 1 дан. Зона мора бити под строгим надзором, забрањује се увођење отпадних и канализационих вода у поноре и пукотине као и употреба пестицида и других хемијских средстава на датом подручју. Границе II зоне одређују се на основу хидрогеолошке карте размере 1: 25.000.

III зона – шира зона санитарне заштите обухвата подручје целокупног сливног подручја карстног врела. У оквиру ове зоне налазе се и делови слива из којих није доказана директна веза са водозахватом, у случају карстног врела Рашке у ову зону се сврстава и део сливног подручја врела Вапе због појаве подземне пиратерије и бифуркације. У границама ове зоне забрањује се одлагање радиоактивног и хемијског отпада. Границе III зоне одређују се на основу хидрогеолошке карте размере 1: 100 000.

5. Закључак

Због своје специфичности и хидрогеолошке функције, карстну издан карактерише висок степен хетерогености, дисконтинуитета и просторне вари-

јације хидрогеолошких параметара. Са особеностима коју карактерише развијена зона епикарста, веома брза пропација атмосферских вода, карстна издан представља средину са веома неповољним условима за дефинисање зона санитарне заштите.

Увођењем критеријума који су дати у овом раду дефинисане су ЗСЗ код карстне издани према условима који сваки од критеријума третира.

У оквиру дефинисаних ЗСЗ карстног врела Рашке потребно је предузети мере којим би се дефинисала намена површина и исте увеле у планске документације Генералних урбанистичких планова општина Тутин и Сјеница.

Закључно у овом раду приказан је начин дефинисања ЗСЗ код карстних издани по критеријумима који задовољавају услове дате правилником (законски критеријум) и критеријумима који одговарају правом стању на терену (научни критеријум). Како би се омогућило коришћење вода карстног врела Рашке у будућности, потребно је даљим радовима и истаживањима извршити картирање рањивости подземних вода подручја Доње Пештери и Коштан поља, применом ЕПИК методе, уз имплементацију PI методе.

6. Литература

- [1] Оквирна директива о водама, Европске уније број 60/2000/ ЕС и Директива о заштити подземних вода од загађивања број 118/2006/ ЕС.
- [2] Геологија Србије VIII – 1, Хидрогеологија, Београд, 1976.
- [3] Ristić Vakanjac V. at all, Underground piracy of Raska spring (southwestern Serbia) and concept for the delineation of catchment area and estimation of karst groundwater budget element, International conferences DIKTAS, Trebinje – Dubrovnik, 2014.
- [4] Геологија Србије VIII – 1, Хидрогеологија, Београд, 1976.
- [5] Миленић Д. и др., Дефинисање зона санитарне заштите на акумулацији "Златибор" у Рибници, 11 Међународна конференција Јахорина, Пале, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство – Београд, 2011.
- [6] Awawdeh M. at all., A GIS - based EPIK model for assessing aquifer vulnerability in Irbid governorate, north Jordan, Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 2, No. 3, 2008.
- [7] Goldscheider N., Karst groundwater vulnerability mapping: application of a new method in the SwabianAlb, Germany, Hydrogeology Journal, volume 13, no 4, p. 555-565, 2005.
- [8] Doerfliger N, Zwahlen F., EPIK, A new method for outlining of protection areas in karstic environment, Karst Waters and EnvironmentalImpacts, Gunay and Johnoson (eds), Balkema, Rotterdam, 1995.
- [9] Живановић В., GIS у хидрогеологији – Оцена рањивости подземних вода, GIS Дан у Србији, РГФ, 2013.
- [10] Правилник о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања, Сл. Гласник Републике Србије 92/08.
- [11] Миленић Д., Пројектовање у хидрогеологији, РГФ – Београд, департман за хидрогеологију, 2010.

ВОДОСНАБДЕВАЊЕ ОПШТИНЕ НОВИ КНЕЖЕВАЦ ПОДЗЕМНИМ ВОДАМА – ТРЕНУТНО СТАЊЕ И ПРЕПОРУКЕ

WATER SUPPLY OF MUNICIPALITY OF NOVI KNEŽEVAC WITH GROUNDWATER – CURRENT STATE AND RECOMENDATIONS

ВЛАДИМИР МИТРОВИЋ¹, МИРОСЛАВ КРМПОТИЋ²,
ДЕЈАН НЕШКОВИЋ³, АНДРИЈАНА ГРУЈИЋ⁴, ДЕЈАН ТАДИЋ⁵,
ДАНИЈЕЛА ПОЉАК⁶

Резиме: Општина Нови Кнежевац се налази на североистоку Војводине. Састоји се од девет насеља са укупно 11.270 становника. Општина заузима површину од 305 km², од чега је највећи део обрадивих површина. Водоснабдевање становништва се врши са укупно осам изворишта и 17 водозахватних објеката и укупном захваћеном водом процењеном на око 600.000 m³/год. Сав захват подземне воде се врши из хидрогеолошког комплекса, у песковитим седиментима у интервалу од 80-200 m. На већем броју изворишта се не врше систематска мерења протицаја и нивоа подземних вода нити за то постоје технички услови. Такође, одређени број водозахватних објеката и хидромашинске опреме је у изузетно лошем стању. Стога, у овом раду ће бити приказана концепција радова којом би се водоснабдевање ове општине довело на неопходни ниво поштујући све релевантне стандарде квалитета.

Кључне речи: водоснабдевање, изворишта подземних вода, мониторинг

Abstract: The municipality of Novi Kneževac is located in the northeastern Vojvodina. It consists of nine settlements with a total of 11.270 inhabitants. The municipality covers an area of 305 km², of which most of the arable land. Water supply is carried out with a total of eight water supply systems and 17 wells and with total annual yield of about 600.000 m³. All groundwater is pumped from the hydrogeological complex in sandy sediments in the range of 80-200 m. On a large portion of water supply systems, no systematic measurements of flow and groundwater levels are carried out and there are no technical possibilities for doing

¹ Владимир Митровић, дипл. инж, ХидроГеоЕко инжењеринг доо, Ваљевска 8, Београд

² Мирослав Крмпотић, дипл. инж, ХидроГеоЕко инжењеринг доо, Ваљевска 8, Београд

³ Дејан Нешковић, мастер инж, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, Београд

⁴ Андријана Грујић, дипл. инж, ХидроГеоЕко инжењеринг доо, Ваљевска 8, Београд

⁵ Дејан Тадић, дипл. инж, ХидроГеоЕко инжењеринг доо, Ваљевска 8, Београд

⁶ Данијела Пољак, мастер инж, ХидроГеоЕко инжењеринг доо, Ваљевска 8, Београд

so. Also, a number of wells and hydro-mechanical equipment is in extremely poor condition. Therefore, this paper will present the concept of research that would result in necessary increase in quality of water supply of this municipality, with respect for all relevant quality standards.

Key words: water supply, supply systems, monitoring

1. Увод

Нови Кнежевац је главни административни и културни центар на терену северног Баната. Налази се на 46° географске ширине и 20° географске дужине. Северну границу општинске територије Нови Кнежевац чини део државне границе према Мађарској. Према југу се граничи са чоканском општином, а према истоку излази на државну границу према Румунији. Западна граница је природна и њу чини део тока реке Тисе. По подацима из 2004. општина Нови Кнежевац заузима површину од 305 km² и састоји се од 9 насеља. Број становника по попису из 2011. године био је 11 270.

Подручје истраживања у погледу климатских карактеристика одликује се умерено-континенталним режимом климе, са просечним вишегодишњим падавинама од око 600 mm воденог талога, и просечном годишњом температуром ваздуха од 11,5 °C.

Хидрографска мрежа поменутог подручја припада сливу реке Тисе, која кроз Војводину тече у дужини од 164 km и чини западну границу општине. Мањи токови су: река Златица (Аранка) која је каналисана и спојена на Кикиндски канал. Изграђена је мрежа канала а главни је Златица – ДТД.

Река Тиса са својим притокама је за време холоцена одлагала материјал и стварала морфолошке облике са различитим карактеристикама. Морфолошки најизраженији део терена са надморском висином од 137-118 m, израђен је од еолских творевина – „песка вејавца“. Према морфолошким карактеристикама, проучени део терена припада равничарском подручју, где се запажају благе заталасане равни. На целом простору коте терена крећу се у интервалу од 77 mm до 82 mm, с тим што терен благо пада од североистока ка југозападу, тако да и повремени токови гравитирају ка југозападу.

Опште хидрогеолошке карактеристике терена у плану и профилу су релативно добро проучене на основу података до којих се дошло израдом великог броја истражних бушотина и бунара за потребе водоснабдевања насеља и привредних субјеката у општини Нови Кнежевац. Издвојена су два типа хидрогеолошких структура: збијени тип издани и условно „безводни“ делови терена.

Збијени тип издани је формиран у кварталним наслагама у оквиру два хидрогеолошка комплекса који су у профилу јасно издвојени, међусобно раздвојени глиновитим седиментима, у оквиру којих се налазе један или више водоносних хоризоната. Први хидрогеолошки комплекс чине квартални се-

дименти до дубине од око 80 метара од површине терена, у чијим је песковитим хоризонтима формиран збијени тип издани са слободним до субартеским нивоом подземне воде. Други хидрогеолошки комплекс се налази у интервалу од 80 до 210 метара. У оквиру другог комплекса могу се издвојити један или више песковитих хоризоната (у зависности од посматране микролокације), а у којима је формиран збијени тип издани са нивоом подземне воде под притиском.

Осим литолошких чланова у којима су формиране издани подземних вода у профилу се налазе и литолошки чланови који представљају условно ”безводне” делове терена, пре свега слојеви глиновитих седимената различите дебљине.

2. Циљ и концепција истраживања

Захват подземних вода за потребе водоснабдевања становништва на подручју општине Нови Кнежевац се врши бушеним, вертикалним бунарима. На простору општине, седам насеља поседује сопствена изворишта (Нови Кнежевац, Банатско Аранђелово, Подлокањ, Мајдан, Филић, Српски Крстур и Ђала), док се Сигет и Рабе водом снабдевају са изворишта у Бан. Аранђелову, односно Мајдану. Предмет истраживања су водоносни комплекси који се налазе у више песковитих хоризоната који су каптирани поменутих бунарима, а све у циљу одређивања тренутних могућности и услова за захват подземних вода на простору општине.

Концепцијски, истраживања су вршена фазно, како би се утврдиле законитости промена режима издашности и нивоа подземних вода на подручју истраживања, као и њихов квалитет. Превасходно су евидентирани сви водни објекти како би се утврдило стање објеката и на основу тога израдио катастар. Такође су вршена режимска осматрања квалитета подземних вода, кроз израду хемијских анализа, осматрања промена нивоа воде у водним објектима, и осматрања величине захвата воде на извориштима.

3. Резултати и дискусија

О водоснабдевању свих насеља на простору општине Нови Кнежевац, односно газдовањем свим извориштима у насељима и водним објектима на њима, као и њиховим одржавањем и развојем бави се јавно комунално предузеће ЈКП „7. Октобар“ смештен у Новом Кнежевцу. Водоснабдевање корисника на простору општине се врши тренутно са укупно 8 изворишта формираних са укупно 17 водозахватних објеката.

НОВИ КНЕЖЕВАЦ. Водоснабдевање насеља Нови Кнежевац се врши преко 7 бунара која формирају два одвојена изворишта. Изворишта су формирана на крајњем североисточном излазу из насеља (североисточно извориште), са леве стране пута према Банатском Аранђелову (шест бунара) и на крајњем јужном излазу из насеља (јужно извориште), са десне стране пута

према Чоки (један бунар). Захваћена вода са шест бунара који формирају североисточно извориште се потисима транспортује до црпне станице на овом изворишту где се хлорише, а потом потискује даље према потрошачима у Новом Кнежевцу.

Захваћена вода са бунара Б-6 који формира јужно извориште се потисом транспортује до његове црпне станице где се такође хлорише а потом дистрибуира даље у мрежу.

Сви бунари каптирају исту издан, у интервалу од 170 до 201 метра дубине, и типски су рађени. Извориште је формирано изградом првог бунара 1975. године (Б-1) док је последњи бунар (Б-8) изведен 1998. године. У оквиру изворишта нема напуштених бунара, а бунар Б-7 више није у власништу ЈКП „7. октобар“.

СРПСКИ КРСТУР. Извориште подземних вода за потребе водоснабдевања насеља формирано је са два експлоатациона бунара. Вода са бунара се потискује ка црпној станици одакле се после хлорисања потискује даље према потрошачима насеља.

МАЈДАН. Извориште подземних вода је формирано на северном излазу из насеља Мајдан поред пута према насељу Рабе, а захваћена вода се потискује једним краком ка црпној станици удаљеној од изворишта око 400 метара за потрошаче насеља Мајдан, а другим краком према потрошачима насеља Рабе.

БАНАТСКО АРАНЂЕЛОВО. Извориште подземних вода је формирано у централном делу насеља Банатско Аранђелово, са леве стране пута Нови Кнежевац – Мајдан. Захваћена вода се потискује ка црпној станици удаљеној од изворишта око 250 м северозападно према насељу Сигет.

Вода захваћена са изворишта и потиснута ка црпној станици се после хлорисања даље дистрибуира једним краком за потрошаче насеља Банатско Аранђелово а другим за потрошаче насеља Сигет, удаљеним око 1.5 km од црпне станице.

ПОДЛОКАЊ. Насеље се налази на око 6 km западно од границе са Румунијом. Вода се на изворишту у самом насељу експлоатише са 2 бунара са којих се вода потискује ка црпној станици, где се врши њено хлорисање а потом у мрежу ка потрошачима.

ЂАЛА. Извориште насеља Ђала формирано је на северноисточном излазу из насеља према граничном прелазу са Мађарском, са два бунара на међусобном удаљењу од око 300 m.

ФИЛИЋ. Насеље се водом снабдева из сопственог изворишта са једним бунаром. На изворишту постоји и напуштени бунар. Захваћена вода се после хлорисања потискује даље у дистрибутивну мрежу.

На основу обиласка свих водних објеката, могуће је закључити да у највећем броју, водни објекти на подручју истраживања немају постављене мераче протока, те се капацитети не могу одредити.

Табела 1. Табеларни приказ водних објеката на подручју истраживања

Место	Бунар	Капирани интервал (m)	Година израде	Q (l/s)	Hst (m)	Hdin (m)
Нови Кнежевац	В-1	176.15 – 194.0	1975	10 (1996)	1.56 (2013)	-
	В-2	175.0 - 197.0	1980	20 (1980)	2.52 (2013)	12.25 (1980 за Q~20 l/s)
	В-3	170.0 – 192.0	1988	9.5	1.50 (2013)	12 (1996 за Q~9.5 l/s)
	В-4	170 – 197 (?)	1989 (?)	-	2.37 (2013)	-
	В-5	170-193 (?)	1990 (?)	-	-	-
	В-6	179 – 201 (?)	1991	6.3 (2013)	-	6.91(2013)
	В-8	171.5 – 194.0	1998	11.1 (2013)	6.3 (1998)	5.63 (2013)
Банатско Аранђелово	В-1/65	156.5 – 168.5	1965	1 самоизлив (1965)	-	+0.5 (1965 при самоизливу)
	В-2/65	139.0 – 150.0	1965	0.3 самоизлив (1965)	-	+0.4 (1965 при самоизливу)
	В-3/75	153 do 187	1975	0.3 самоизлив (2013)	+0.8 самоизлив (1975)	1.6 m (1975 за Q ~ 15 l/s)
Ђала	В-1/68	137.0 – 164.0	1968	-	-	-
	В-2/86	138.5 – 170.25	1986	20 (1986)	+1.66 самоизлив (1986)	6.46 (1986 за Q ~ 20 l/s)
Мајдан	В-1	163 – 186	1971	9.5 (1971)	самоизлив (1971)	9.6 (1971)
	В-2	162 – 189.9	1989	20 (1989)	0.4 (1989)	7.33 (Q ~ 20 l/s)
Подлокањ	В-1	132.5 –173.0	1973	4.3 (1973)	самоизлив (1973)	10 (1973 за Q ~ 4.3 l/s)
	В-2	153.0 – 189.0	1991	14.3 (1992)	3.29 (1992)	14.28 (1992)
Српски Крстур	В-1	177 -205	1978	4.2	самоизлив	4.4
	В-2	148.0 – 179.6	1986	20	0.94 (1986.g)	3.77 (1986)
Филић	NB-1	66.4 – 76.3	1973	-	Потопљен шахт	-
	В-2	109.0 – 127.9	1998	23.4 (1998)	6 (1998)	9.60 (1998)

Хидромашинска опрема је углавном у добром стању, као и бунарске кућице и шахтови, с тим да нису сви обезбеђени заштитном оградом. За део изведених објеката не постоји никаква техничка документација, те се не могу са сигурношћу утврдити конструктивне карактеристике као ни година бушења. На неколико објеката не постоји могућност за мерење нивоа подземних вода. Један објекат је потопљен, заједно са хидромашинском опремом, док су два објекта пуна смећа. Неки од напуштених бунара нису ликвидирани, док се неки не могу лоцирати.

Изворишта на подручју истраживања су развијана од 1965. године до 1998. године, са приближно истом динамиком извођења нових објеката током сваке деценије. Део старијих објеката је ревитализован у једном или два наврата. Такође, за одређени број објеката не постоје подаци о извршеним тестовима црпљења, самим тим, ни о хидрогеолошким параметрима средине.

4. Закључак и препоруке

На основу ранијих истраживања као и постојеће техничке документације, могуће је закључити да каптирана издан на подручју истраживања представља јединствену издан формирану у песковитим седиментима палудинске старости, али са различитим дубинама залегања у зависности од посматраног изворишта, односно микролокације. Тако најплиће залегање ова издан има у Филићу (109 - 201 m) док је најдубља на простору Новог Кнежевца и Српског Крстура (177 – 205 m).

Имајући у виду до сада изнета запажања, неопходно је на постојећим објектима извршити одређене радове, како би се исти могли перманентно пратити. Пре свега је неопходно очистити шахтове и бунарске кућице, те довести хидромашинску опрему у прихватљиво стање. Потребно је уградити мераче протока на објектима који их немају и направити отворе на бунарским главама за мерење нивоа подземних вода.

Након тога је неопходно успоставити мрежу мониторинга подземних вода на овим извориштима. Нужно је вршити перманентна осматрања нивоа подземних вода и капацитета бунара, како би се прецизно одредио режим подземних вода. Такође, обавезно је пратити квалитет подземних вода кроз периодичну израду хемијских анализа.

С обзиром да за одређени број објеката не постоји техничка документација, неопходно је спровести снимање бунарске конструкције подводном камером, након чега би требало извршити тестове црпљења на свим објектима, како би се детерминисали сви параметри хидрогеолошке средине.

На крају, како је део објеката стар између 50 и 35 година, неопходно је планирати извођење нових објеката на извориштима где тренутно постоји по један бунар у циљу замене постојећих и у циљу обезбеђивања додатних количина воде у периодима хидролошких минимума када је потрошња највећа.

5. Литература

- [1] Ивковић Б., Пројекат детаљних хидрогеолошких истраживања новог изворишта водовода насеља Крстур и насеља Ђала, НИС – Нафтагас, Нови Сад, 1986-1988.
- [2] Хусак М., Главни пројекат бунара Нови Кнежевац, Доо „Потиски водоводи“ Хоргош, 1991.
- [3] Јовановић В., Извештај о ревитализацији бунара Б-3 и експлоатационим могућностима бунара Б-1 на изворишту водовода у Новом Кнежевцу, НИС-Нафтагас, Нови Сад, 1996
- [4] Јовановић В., Извештај о хидрогеолошко-техничким карактеристикама бунара Б-8/98 лоцираног на изворишту водовода у Новом Кнежевцу, НИС – Нафтагас, Нови Сад, 1999.

KVALITET REKE IBRA OD BILJANOVCA DO KRALJEVA

QUALITY OF THE RIVER IBAR FROM BILJANOVCA TO KRALJEVA

DRAGAN MARINOVIĆ¹, VLADIMIR SAVIĆ², MARINA STOJANOVIĆ³,
DANILO POPOVIĆ⁴, VESNA NIKOLIĆ-VUJAČIĆ⁵, SVETLANA NIKOLIĆ⁶

Rezime: Voda reke Ibra se koristi za vodosnabdevanje kao i za potrebe stanovništva mnogih mesta, stoga je praćenje kvaliteta vode reke Ibra od primarnog značaja za utvrđivanje kontaminiranosti vodenog ekosistema i zaštite čovekovog zdravlja.

Rad je nastavak projekta monitoringa reke Ibra od Raške do Kraljeva. Prošle godine na 34. međunarodnom stručno-naučnom skupu na Tari je dat uticaj otpadnih voda opštine Raška i Baljevca na kvalitet reke Ibra.

A cilj ovog rada je da se prikaže uticaj svih naseljenih mesta od Biljanovca do Konareva na kvalitet vode reke Ibra. Ukupno 15 merenja na 3 merna mesta u dužini oko 50 km. Reka Ibar prolazi kroz naseljena mesta gde je razvijena industrija i kroz nenaseljena mesta.

Ključne reči: Reka Ibar, zagađenje vode, ekosistem i zdravlje

Abstract: The water of the river Ibar is used for water supply and other purposes, so monitoring the water quality of the river Ibar of primary importance for the contamination of water ecosystems and protecting human health.

This paper is a continuation of the monitoring of the river Ibar of Raska and Kraljevo. Last year, at the 34th international professional scientific meeting at Tara was given the impact of wastewater municipality of Raška and Baljevac the quality of the river Ibar.

A goal of this paper is to show the impact of settlements of Biljanovac to Konareva the water quality of the river Ibar.

Total of 15 measurements at three measuring sites separated 50 km are presented. The Ibar River is passing both through urban areas where the industry is developed and through uninhabited places.

Key words: River Ibar, water pollution, ecosystem and health.

¹ mr hem. nauk. Dragan Marinović, Zavod za javno zdravlje, Jug Bogdanova bb, Kraljevo

² Vladimir Savić, dipl. inž. zžs, Zavod za javno zdravlje, Jug Bogdanova bb, Kraljevo

³ prof. dr Marina Stojanović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Čarnojevića 10a, Niš

⁴ prof. dr Danilo Popović, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Čarnojevića 10a, Niš

⁵ mr Vesna Nikolić-Vujačić, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd

⁶ dr Svetlana Nikolić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd

1. Uvod

Zagađenje vode i utvrđivanje stepena njene zagađenosti mnogobrojnim fizičkim agensima i raznim hemijskim supstancama postaje sve veći zdravstveni i opšti društveni problem [1].

U ovom radu se daju rezultati dela projekta pod nazivom: Uzroci zagađenja i analize kvaliteta vode i sedimenta Ibra od Raške do Kraljeva, čiji je investitor bilo: Ministarstvo poljoprivrede, trgovine, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije i Republička direkcija za vode.

U cilju sa utvrđenom strategijom upravljanja vodama i vodenim resursima u Republici Srbiji, cilj ovog projekta je da se utvrde uzroci zagađenja vode i sedimenta reke Ibar u oblasti od Raške do Kraljeva. Značajan deo ispitivanja se odnosi na monitoring, ispitivanje i analizu kvaliteta vode i sedimenta Ibra u ovom području.

U svom toku reka Ibar prihvata veliku količinu otpadnih voda različitog porekla. Jedan deo otpadnih voda potiče od industrije, deo od poljoprivrede, deo od industrijskih i komunalnih deponija na ovom području, a deo od sanitarnih, fekalnih, voda koje se ispuštaju bez tretmana. To je i osnovni uzrok što mnogi parametri kvaliteta vode reke Ibar ne zadovoljavaju date granične vrednosti važećeg pravilnika [6]. Imajući tu činjenicu u vidu, realizacija ovog projekta ima za cilj da ustanovi sve izvore zagađenja voda donjeg toka reke Ibar i njenih pritoka na priobalju i njihov uticaj na kvalitet vode reke Ibar i pritoka i sedimenta i da se na osnovu takve analize daju predlozi za njihovo smanjenje ili eliminaciju u donjem toku reke.

Ovaj rad se nadovezuje na rad koji je prošle godine prezentovan na 34. Međunarodnom stručno-naučnom skupu na Tari u kojem je dat uticaj otpadnih voda opštine Raška i Baljevca na kvalitet reke Ibra [7].

U ovom radu se daju obrađeni rezultati kvaliteta reke Ibra uzorkovane kod mesta Biljanovca, Bogutovca i Konareva i analiziraće se uticaj otpadnih voda tih mesta na kvalitet reke Ibra.

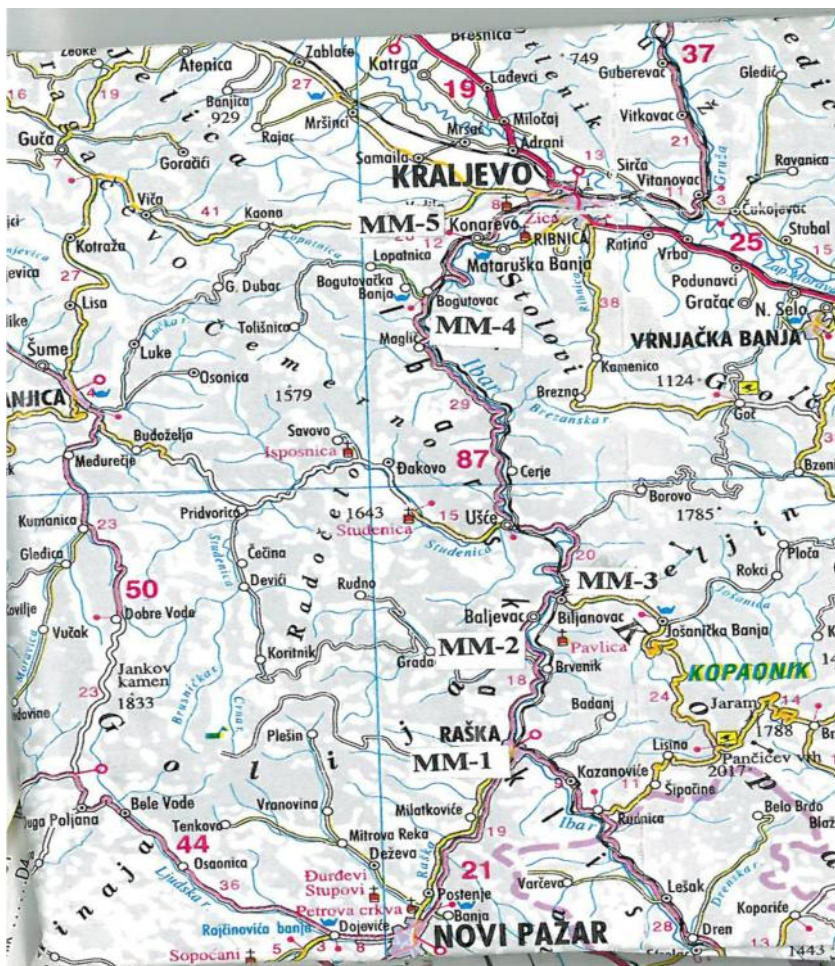
Sva ova naselja, pripadaju slivu Ibra, pa samim tim, na direktan ili indirektan način, svojom delatnošću, utiču na kvalitet njegove vode ili na kvalitet voda njegovih pritoka. Razvoj pojedinih grana privrede na teritoriji ovih mesta diktira geografski položaj, mineralna, rudna i šumska bogatstva ovog područja. Vodeće grane privrede su industrija (prehrambena), rudarstvo, poljoprivreda, stočarstvo, voćarstvo i turizam.

Veliki zagađivač vode reke Ibra su i veliki broj „divljih” deponija, pretežno građevinskog otpada (šut, cigla i dr.) ali i komunalnog otpada. Sa ovih deponija, površinske i procedne vode slivaju se direktno u Ibar.

2. Eksperimentalni deo

Urađena je analiza u uzorcima vode reke Ibra, uzetih na tri merna mesta i to: reka Ibar posle uliva Jošaničke reke kod Biljanovca (MM3), reka Ibar posle uliva reke Lopatnice kod Bogutovca (MM4) i reka Ibar pre Kraljeva kod Konareva (MM5)

i to pet puta u periodu juni-oktobar 2012. godine i to: 13. juna, 10. jula, 8. avgusta, 19. septembra i 4. oktobra 2012. godine ukupno 15 uzoraka (slika 1.).



Slika 1. Mesta uzorkovanja reke Ibra

Izbor fizičko-hemijskih parametara određen je po važećim pravilnicima i uredbama: 96/10; 67/11 i 50/12 [3, 4, 5, 6].

Uzorci vode reke Ibra, pripremani su po Standardnim metodama [2] i validovanim metodama Zavoda za javno zdravlje iz Kraljeva (VMK). Fizičko-hemijske analize uzoraka vode iz reke Ibar vršile su se: volumetrijskim metodama (utrošak KMnO_4 i hlorida), elektrohemijom (vrednost pH) i spektrofotometrijskim metodama (nitrati, nitriti, amonijak, sulfati, ukupni fosfati, BPK₅, HPK, zink-Zn, bakar-Cu, arsen-As, gvožđe-Fe i mangan-Mn).

Instrumenti koji su se koristili za pomenuta ispitivanja su: pH-metar (Hanna) i spektrofotometri: Lambda 2 i AAS (Perkin Elmer).

3. Rezultati i diskusija

Rezultati izmerenih fizičko-hemijskih parametara u uzorcima reke Ibra uzetih na tri merna mesta: MM3, MM4 i MM5 i to po pet puta prikazani su u tabelama 1, 2 i 3.

Analizirano je 17 fizičko-hemijskih parametara. Merene su vrednosti opštih parametara, kiseoničkog režima, koncentracije nutrijenata, neorganskih mikropolutanata (anjoni-hloridi i sulfati) i pet teških toksičnih metala.

Od opštih parametara određivana je pH vrednost i suspendovane materije. pH vrednost je bila izuzetno velika i uvek se nalazila na gornjoj granici MDK. To ukazuje na povećano prisustvo nekih supstanci koje imaju alkalni karakter, a voda reke Ibra bi se mogla svrstati u V klasu po novom pravilniku. Površinske vode koje pripadaju ovoj klasi ne mogu se koristiti ni u jednu svrhu. Koncentracije suspendovanih materija na sva tri merna mesta u svih pet merenja su bile u granicama I klase.

Kiseonični režim je određivan merenjem koncentracije kiseonika, BPK₅, HPK i utroška KMnO₄. Po količini rastvorenog kiseonika, BPK₅ i HPK reka Ibar spada u I i II klasu.

Na sva tri mesta uzorkovanja rađeni su nutrijenati to jest određivana je koncentracija amonijačnog, nitritnog i nitratnog azota kao i ukupnog fosfora.

Izmerene vrednosti svih navedenih parametara na svim mernim mestima u svih pet merenja pokazuju da je voda reke Ibra opterećena zagađujućim materijama, verovatno poreklom iz poljoprivredne aktivnosti.

Najveće koncentracije se beleže na mernom mestu MM3 i idući ka mernom mestu MM5 one opadaju, najverovatnije je to zbog uliva Jošaničke, Lopatničke i Studeničke reke u Ibar koje poboljšavaju njen kvalitet.

Dobijene vrednosti se povećavaju od prvog do petog uzorkovanja to jest od juna do oktobra jer su to letnji meseci tako da je nivo Ibra najniži pa dolazi do koncentrovanja ovih zagađujućih materija. Na osnovu dobijenih vrednosti za ove ispitivane parametre vidi se da Ibar spada u IV ili III klasu.

Površinske vode koje spadaju u ove klase se mogu koristiti u sledeće svrhe: snabdevanje vodom za piće uz predhodni tretman koagulacijom, flokulacijom i dezinfekcijom, kupanje i rekreaciju, navodnjavanje, industrijsku upotrebu (procesne i rashladne vode).

Dobra strana je da idući od mesta uzorkovanja MM3 ka MM5 klasa reke se poboljšava za po jednu klasu. Tako da reka Ibar od IV prelazi u II klasu a iz III u I klasu. Površinske vode ove klase se može koristiti za piće uz predhodni tretman kao i za navodnjavanje i industrijsku upotrebu.

Izmerene vrednosti neorganskih mikropolutanata (anjoni-hloridi i sulfati) pokazuju da su one daleko ispod MDK vrednosti i da reka Ibar po dobijenim vrednostima spada u I klasu voda.

Tabela 1. Merno mesto MM3-Reka Ibar posle uliva Jošaničke reke kod Biljanovca

R. b.	Parametri	Jed. me.	Broj i oznaka uzorka - dobijena vrednost					IB-3 REKA TIP2				
								Klasa ekološkog statusa				
			MM 3-1	MM 3-2	MM 3-3	MM 3-4	MM 3-5	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV	Klasa V
1	Rastvoreni kiseonik	mg/l O ₂	8.5	8.1	9.0	9.3	10.0	8.5	7.0	5	4	<4
2	pH vrednost	-	8.28	8.38	8.26	8.25	8.21	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 i >8.5
3	Amonijum jon (NH ₄ -N)	mg/l	0.40	0.29	0.37	0.73	0.56	0.05	0.10	0.6	1.5	>1.5
4	Nitriti (NO ₂ -N)	mg/l	0.049	0.052	0.036	0.076	0.083	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
5	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	2.62	1.82	2.60	3.29	3.03	1.5	3.0	6	15	>15
6	Utročak KMnO ₄	mg/l	15.48	6.32	13.59	11.37	7.58					
7	Hloridi (Cl)	mg/l	17	15	20	19	15	50	100	150	250	>250
8	Gvožđe (Fe)	µg/l	183	313	113	96	139	200	500	1000	2000	>2000
9	Ukupni fosfati (PO ₄)	mg/l	0.512	0.331	0.435	0.767	0.577	0.5	0.0	0.4	1	>1
10	Sulfati (SO ₄)	mg/l	16.47	33.66	35.18	37.60	14.50	50	100	200	300	>300
11	Susp. Materije	mg/l	14	6.8	8.0	11	9	25	25	-	-	-
12	BPK ₅	mg/l	2.1	1.2	0.5	<2.0	<0.5	1.8	4.5	7	25	>25
13	HPK	mg/l	3.7	2.9	1.3	0.5	<1.0	10	15	30	125	>125
14	Cink (Zn)	µg/l	98	101	96	132	26	30-500	300-2000	2000	5000	>5000
15	Bakar (Cu)	µg/l	23	24	19	25	<10	5-112	5-112	500	1000	1000
16	Arsen (As)	µg/l	4	6	10	12	9	<5	10	50	100	>100
17	Mangan (Mn)	µg/l	95	76	78	28	21	50	100	300	1000	>1000

Vrednosti dobijenih koncentracija za pet teških metala: Fe, Zn, Cu, As i Mn pokazuju da reka Ibar spada u I ili II klasu površinskih voda.

Tabela 2. Merno mesto MM4-Reka Ibar posle uliva reke Lopatnice kod Bogutovca

R. b.	Parametri	Jed. me.	Broj i oznaka uzorka - dobijena vrednost					IB-3 REKA TIP2				
								Klasa ekološkog statusa				
			MM 4-1	MM 4-2	MM 4-3	MM 4-4	MM 4-5	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV	Klasa V
1	Rastvoreni kiseonik	mg/l O ₂	9.1	8.7	9.2	9.9	10.2	8.5	7.0	5	4	<4
2	pH vrednost	-	8.55	8.46	8.44	8.68	8.34	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 i >8.5
3	Amonijum jon (NH ₄ -N)	mg/l	0.240	0.516	0.294	0.274	0.473	0.05	0.10	0.6	1.5	>1.5
4	Nitriti (NO ₂ -N)	mg/l	0.018	0.013	0.012	0.028	0.017	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
5	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	1.75	1.59	1.99	2.84	2.58	1.5	3.0	6	15	>15
6	Utročak KMnO ₄	mg/l	12.64	5.05	10.11	6.32	7.90					
7	Hloridi (Cl)	mg/l	13	16	16	17	13	50	100	150	250	>250
8	Gvožđe (Fe)	µg/l	87	183	61	52	244	200	500	1000	2000	>2000
9	Ukupni fosfati (PO ₄)	mg/l	0.337	0.303	0.288	0.534	0.432	0.05	0.20	0.4	1	>1
10	Sulfati (SO ₄)	mg/l	15.49	33.39	29.63	34.38	16.38	50	100	200	300	>300
11	Susp. materije	mg/l	9	5.8	5.8	10	<5	25	25	-	-	-
12	BPK ₅	mg/l	1.0	0.8	0.5	<2.0	0.5	1.8	4.5	7	25	>25
13	HPK	mg/l	2.2	1.9	1.3	<0.5	<1.0	10	15	30	125	>125
14	Cink (Zn)	µg/l	66	41	90	57	24	30-500	300-2000	2000	5000	>5000
15	Bakar (Cu)	µg/l	18	19	26	21	<10	5-112	5-112	500	1000	1000
16	Arsen (As)	µg/l	4	5	6	10	5	<5	10	50	100	>100
17	Mangan (Mn)	µg/l	58	83	52	18	14	50	100	300	1000	>1000

Tabela 3. Merno mesto MM5-Reka Ibar pre Kraljeva kod Konareva

R. b.	Parametri	Jed. me	Broj i oznaka uzorka - dobijena vrednost					IB-3 REKA TIP2				
			MM 5-1	MM 5-2	MM 5-3	MM 5-4	MM 5-5	Klasa ekološkog statusa				
								Klasa I	Klasa II	Klasa III	Klasa IV	Klasa V
1	Rastvoreni kiseonik	mg/l O ₂	9.2	8.6	11.9	9.7	12.6	8.5	7.0	5	4	<4
2	pH vrednost	-	8.60	8.48	8.76	8.92	8.30	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 i >8.5
3	Amonijum jon (NH ₄ -N)	mg/l	0.088	0.205	0.171	0.370	0.582	0.05	0.10	0.6	1.5	>1.5
4	Nitriti (NO ₂ -N)	mg/l	0.019	0.010	0.011	0.021	0.020	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
5	Nitratni (NO ₃ -N)	mg/l	1.88	1.06	2.06	2.75	2.29	1.5	3.0	6	15	>15
6	Utrosak KMnO ₄	mg/l	13.59	5.68	12.32	9.16	4.74					
7	Hloridi (Cl)	mg/l	14	16	17	17	14	50	100	150	250	>250
8	Gvožđe (Fe)	mg/l	87	226	70	26	112	200	500	1000	2000	>2000
9	Ukupni fosfati (PO ₄)	mg/l	0.334	0.285	0.257	0.546	0.448	0.05	0.20	0.4	1	>1
10	Sulfati (SO ₄)	mg/l	12.98	27.57	31.34	38.59	19.61	50	100	200	300	>300
11	Susp. materije	mg/l	8	5.8	5.4	9	5	25	25	-	-	-
12	BPK ₅	mg/l	1.1	1.1	0.2	<2.0	<0.5	1.8	4.5	7	25	>25
13	HPK	mg/l	2.5	2.6	<1.0	<0.5	<1.0	10	15	30	125	>125
14	Cink (Zn)	µg/l	67	36	45	48	13	30-500	300-2000	2000	5000	>5000
15	Bakar (Cu)	µg/l	30	116	21	24	<10	5-112	5-112	500	1000	1000
16	Arsen (As)	µg/l	6	8	9	6	8	<5	10	50	100	>100
17	Mangan (Mn)	µg/l	52	75	47	15	25	50	100	300	1000	>1000

4. Zaključci

Na osnovu analize fizičko-hemijskih parametara na tri mesta uzorkovanja vode reke Ibra i to po pet puta može se zaključiti:

- Reka Ibar menja svoju klasu u zavisnosti od ispitivanih parametara od I i II do IV i V klase površinskih voda,
- ako se pogledaju rezultati ispitivanja može se videti da reka Ibar spada u I ili II klasu po većini ispitivanih parametara i to: rastvorenog kiseonika, hlorida, sulfata, suspendovanih materija, BPK₅, HPK, Fe, Zn, Cu, As, i Mn,
- a po ispitivanim parametrima: pH, amonijačnog, nitratnog, nitritnog azota i ukupnih fosfata reka Ibar spada u IV ili V klasu površinskih voda,
- kvalitet vode reke Ibra poboljšava se od prve do treće tačke uzorkovanja,
- dobijene vrednosti se povećavaju od juna do oktobra,
- na osnovu celokupnog projekta monitoringa reka Ibra od Raške do Kraljeva može se zaključiti:
 - da se kvalitet vode reke Ibra poboljšava od od Raške do Kraljeva,
 - da se kvalitet vode reke Ibra poboljšava od prve do pete tačke uzorkovanja (od MM1 do MM5),
 - da se kvalitet reke Ibra poboljšava od V i IV klase u II i I klasu.

Posmatrano u celini, u naliziranom delu reke Ibra uliva se velika količina otpadnih voda od registrovanih zagađivača ali je ukupna količina otpadnih voda i veća

jer ima mnogo manjih neregistrovanih zagađivača koji diskontinualno ispuštaju svoje otpadne vode. Za preciznije definisanje količine otpadnih voda potrebno je uraditi znatno detaljnije, sveobuhvatnije i vremenski duže istraživanje.

Sa druge strane u reku Ibar, ulivaju se i reke koje su izuzetno čiste pa poboljšavaju kvalitet vode reke Ibra.

Promene i dopune važećih pravilnika i uredbi u skladu su sa razvojem društva i međunarodnim zahtevima, pa ih treba redovno pratiti i što je najvažnije u praksi ih primenjivati.

5. Literatura

- [1] M. Kristoforović Ilić, M. Radovanović, L. Vajagić, Z. Jeftić, R. Folić, S. Krnjetin, R. Obrknežev, Komunalna higijena, Prometej, Novi Sad, 1998.
- [2] B. Poček, Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu, Voda za piće, standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, NIR, Privredni pregled, Beograd, 1990.
- [3] Službeni glasnik RS 30/2010: Zakon o vodama, 2010.
- [4] Službeni glasnik RS 96/2010: Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda, 2010.
- [5] Službeni glasnik RS 74/2011: Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, 2011.
- [6] Službeni glasnik RS 50/2012: Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, 2012.
- [7] Marinović D., Stojanović M, Popović D, Savić V, Nikolić-Vujačić V, Nikolić S, Uticaj otpadnih voda opštine Raške i Baljevca na kvalitet reke Ibar, Zbornik radova 34. međunarodnog stručno-naučnog skupa Vodovod i kanalizacija, Tara, 2013

ULOGA STANICA ZA DOHLORISANJE U ODRŽAVANJU KVALITETA VODE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI VODOVODA

ROLE OF THE BOOSTER CHLORINATION STATIONS TO WATER QUALITY MAINTAINING IN SUPPLY NETWORKS

ŽELJKA OSTOJIĆ¹, DUŠAN PRODANOVIĆ², SANJA MARČETA³

Rezime: Pitanje održavanje kvaliteta vode u sistemu nije samo problem eksploatacije sistema. U fazi projektovanja treba analizirati varijante povećavanja početne doze hlora na mestu inicijalnog hlorisanja ili primene dohlorisanja po buster stanicama koje su raspoređene duž mreže. Prilikom analiziranja uticaja dohlorisanja osnovne promenljive su broj i lokacije stanica za dohlorisanje, kao i usvojene brzine dodavanja hlora u njima, a kriterijumi vezani za procenu optimalnosti usvojenog rešenja su minimizacija ukupnog utroška hlora i nepoželjnih nusprodukata dezinfekcije, uz maksimiziranje zapremine vode koja je isporučena sa rezidualom hlora u unapred predviđenim granicama. U radu su prikazane trenutne mogućnosti sprovođenja ovakve analize pomoću programskog paketa EpaNet. Kao primer distributivne mreže koristi se naselje Petrovac na Mlavi.

Ključne reči: hidraulički model, optimizacija, rezidualni hlor

Abstract: The issue of water quality in distribution networks is not only the meter of system maintenance and exploitation. It has to be analyzed in the design phase, whether the possible initial dose of chlorine should be increased at the point of initial chlorination or booster stations along the distribution network used. When analyzing the impact of the booster chlorination and modeling water networks, basic variables are the number and location of booster stations and the rate of chlorine addition in them, and the criteria related to the assessment of the optimal solution are the minimization of the total chlorine consumption and undesirable disinfection byproducts with maximizing the volume of water that came with the residual chlorine in predefined certain limits. This paper presents the possibilities of implementing such an analysis in the EpaNet software package. Case study is the distribution network of the settlement Petrovac at the river Mlava.

Key words: hydraulic model, optimization, residual chlorine

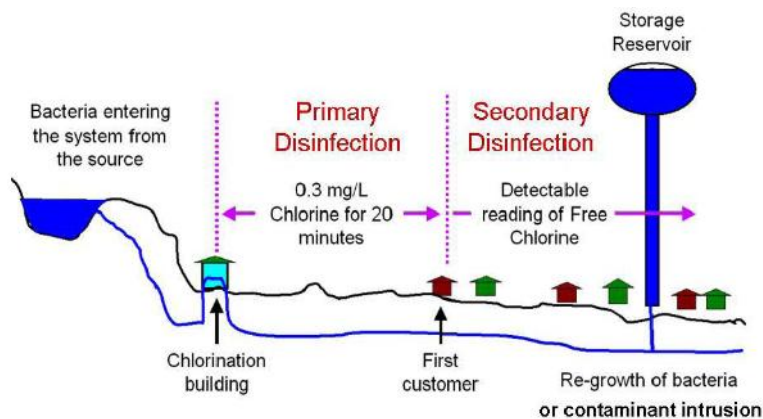
¹ dr Željka Ostojić, dipl. inž. građ. Hidroprojekat saobraćaj, Vele Nigrinove 16a, Beograd

² prof. dr Dušan Prodanović, dipl. inž. građ., Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

³ Sanja Marčeta, dipl. inž. građ., Hidroprojekat saobraćaj, Vele Nigrinove 16a, Beograd

1. Uvod

Najveći broj lokalnih vodovoda raspolaže sa jednom stanicom za hlorisanje koja se nalazi u sastavu ili blizini izvora napajanja sistema, i to sa ručnim doziranjem hlora koje je zasnovano na praćenju merenja reziduala hlora. Ovakvo rešenje ponekad bezrazložno povećava početne doze hlora i često ih ne usklađuje sa velikim fluktuacijama reziduala hlora koje su prisutne na nivou dana, nedelje, godine.



Slika 1. Tipična šema primarne i sekundarne dezinfekcije u vodovodnoj mreži

Svrha primarne dezinfekcije je eliminisanje 99.9% patogena iz vode pre nego što ona dospe do prvog potrošača, a sekundarna dezinfekcija treba da obezbedi koncentraciju rezidualnog hlora takvu da se spreči rast biofilma u distributivnoj mreži i očuva u dovoljnoj meri sposobnost hlora prisutnog u vodi da odreaguje kao dezinficijens u slučaju da se desi kontaminacija u sistemu. Prilikom određivanja doze hlora koja je neophodna za inaktivaciju određenog % patogenih bakterija i mikroorganizama, za svaki vodovodni sistem treba definisati minimalno potrebnu vrednost faktora CT (mg-min/lit), koji predstavlja proizvod koncentracije rezidualnog hlora na prvom priključku i vremena kontakta, za unapred određene vrednosti temperature i pH vrednosti vode. Sa druge strane, neophodan je oprez jer produžavanje vremena kontakta dovodi do povećavanja koncentracija nepoželjnih nusprodukata dezinfekcije, kao što su THM, HHAs, HAN, HKs za čije je formiranje neophodno prisustvo hlora. Cilj sekundarne dezinfekcije je da se u svim delovima distributivnog sistema održi merljiv rezidual slobodnog hlora (u koncentraciji od 0,2 mg/lit).

Produktivnost hlora nije konstantna već zavisi od pH i temperature vode. U praksi se najviše doze hlora koriste u proleće i jesen, kada se zbog padavina povećava mutnoća vode na izvoru. Rezidual hlora je po pravilu najniži u delovima distributivne mreže koji su najudaljeniji od lokacije na kojoj se dozira hlor, u rejonima sa više visinskih zona koji se snabdevaju iz serijski vezanih rezervoara, u rejonima koji se snabdevaju vodom iz više izvora i u delovima mreže koji se snabdevaju preko cevovoda sa visokom potražnjom za hlorom (mali prečnici, stariji liveno gvozdene cevovodi).

Problem varijabilnog reziduala hlora je moguće rešiti buster stanicama za dohlorisanje, a prednosti ovakvog rešenja u odnosu na povećavanje početne doze hlora su:

- prirodan proces raspadanja hlora tokom putovanja kroz distributivnu mrežu se može pratiti i kontrolisati,
- dobija se ravnomernija raspodela reziduala hlora kroz distributivnu mrežu,
- smanjuje se formiranje nusprodukata dezinfekcije, naročito u slučaju kada se uvođenjem bustera postiže značajno smanjenje početne koncentracije hlora u fazi primarne dezinfekcije.

U ovom radu se prikazuje mogućnost analiziranja uticaja i izbor parametara buster hlornih stanica, koristeći EpaNet program. Definisanjem odgovarajućih kriterijumskih funkcija, moguće je primenom optimizacionih algoritama odrediti najbolji položaj i režim rada buster hlornih stanica. Pri tome, najvažniji korak je upravo definisanje odgovarajućih kriterijumskih funkcija i ograničenja. Na primeru vodovoda Petrovac, pokazano je kako se mogu pripremiti kriterijumske funkcije.

2. Modeliranje buster stanice za doziranje hlora

Za modeliranje razgradnje slobodnog hlora u distributivnoj mreži se najčešće koristi model razgradnje prvog reda:

$$\Theta(C) = \frac{dC}{dt} = KC i C_t = C_o * e^{-kt} \quad (1)$$

gde su $C_t \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - koncentracija hlora u trenutku t , $C_o \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ - početna koncentracija

hlora $t=0$, $K \left[\frac{1}{h} \right]$ - koeficijent specifične brzine hemijske reakcije, i $T = -\frac{0.693}{K} [h]$ -

vreme poluraspada.

Za modele razgradnje prvog reda specifična brzina hemijske reakcije se može izraziti i preko vremena poluraspada tj. vremena koje je potrebno da bi se prepolovila početna koncentracija supstancije. Za slobodni rezidual hlora, u zavisnosti od karakteristika vodovodne mreže, ovo vreme može da varira od nekoliko sati do nekoliko dana.

Modeliranje buster stanica za dodavanje hlora u EpaNet-u se svodi na to da se odabrani čvorovi mreže proglase mestima u kojima se menja kvalitet vode i da im se dodele vremenske serije "source quality". Ovako dodate vremenske serije kojima se simulira povećanje koncentracije slobodnog rezidualnog hlora se mogu dodati na jedan od sledećih načina (u zavisnosti od tipa i načina doziranja u buster stanicama):

- Koncentrisani izvor hemikalije (hlora) – concentration source. Izvor ovakvog tipa fiksira koncentraciju hlora na proizvoljnu vrednost za čvor ovog tipa.
- Dodavanje određene količine hemikalije (hlora) - mass booster source. Dodavanje hlora je u iznosu jednakom masenom protoku na koji je ručno podešeno

doziranje u okviru buster stanice. Koncentracija koja se postiže posle prolaska vode kroz ovakav čvor se može izračunati po sledećoj formuli:

$$C_0 = \frac{Q_i * C_i + M}{\sum Q_i} \quad (2)$$

gde je: C_0 - koncentracija hlora u vodi koja napušta ovaj čvor mreže (mg/lit), Q_i - doticaj vode iz i čvorova u čvor sa buster stanicom (l/s), C_i - koncentracija hlora u doticaju vode iz i - tog čvora u čvor sa buster stanicom (mg/lit), i M - maseni protok tj. intenzitet doziranja hemikalije (hlora) (kg/s).

- povećanje koncentracije hemikalije (hlora) do željene tačke – setpoint booster. Ovakav način doziranja ima za cilj održavanje konstantne, unapred određene koncentracije na izlazu iz čvora što je karakteristično za sistem doziranja hlora sa povratnom spregom:

$$C_m = \frac{\sum Q_i C_i}{\sum Q_i} \quad (3)$$

gde je C_m - koncentracija hlora koja bi se ostvarila u slučaju da nema doziranja (mg/lit). Ako je $C_m \leq C$, tada je $C_m = C_0$, a ako je $C_m \geq C$, nema dodavanja hlora.

- povećavanje izlazne koncentracije hemikalije (hlora) za unapred zadatu vrednost – flow paced booster. Ovakav način doziranja može da se koristi u slučaju da se injektiranje unapred predviđene koncentracije hlora radi posle pumpanja, tako da dovodi do unapred poznatog povećanja koncentracije u čvoru gde je predviđena ugradnja ove buster stanice.

$$C_m = \frac{\sum Q_i C_i}{\sum Q_i} + C_f \quad (4)$$

gde je C_f - koncentracija hlora koja se dodaje (mg/lit).

3. Lokacije hlorinatorskih buster stanica u mreži i doziranje hlora

Prema preporukama WHO koncentracija rezidualnog hlora u vodi za piće treba da bude između 0,2 – 0,5 mg/lit, a u Srbiji Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće "Službeni list SRJ br.42/98 i 44/99" definiše samo maksimalno dozvoljenu koncentraciju od 0,5 mg/lit. Podaci o maksimalno i minimalno preporučenim koncentracijama rezidualnog hlora su od velike važnosti pri definisanju lokacija buster hlorinatorskih stanica i načina doziranja hlora u njima. Naime, ako se zadatak određivanja buster hlorinatorskih stanica i doziranja hlora shvati kao problem optimizacije kvaliteta isporučene vode, maksimalno i minimalno preporučene koncentracije rezidualnog hlora predstavljaju ograničenja pri definisanju ciljne funkcije.

U literaturi [22] se može naći veliki broj različito definisanih ciljnih i kriterijskih funkcija, kao i algoritama za pretraživanje prostora mogućih rešenja u cilju pronalazjenja optimalnog. Najčešće korišćeni kriterijumi na osnovu kojih se ocenjuje optimalnost nekog prostornog rasporeda buster hlorinatorskih stanica i upotrebljenih doza hlora su minimiziranje ukupno dodatog hlora, troškova pumpanja ili maksimiziranje zapremine isporučene vode za koju se parametri kvaliteta nalaze u propisanim granicama.

Jedna od često korišćenih ciljnih funkcija [22] je data jednačinom (5) :

$$\min F = \sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} \left[\left(\frac{Q_{jt}}{\sum Q_{jt}} \right) (C_{jt} - C_{\min})^2 \right] + \frac{|Max(C_{jt}) - Min(C_{jt})|}{\left(\frac{\sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} C_{jt}}{NN} \right)} + \sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} [P_1 [\max(0, C_{\min} - C_{jt})]]^2 + \sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} [P_2 [\max(0, C_{jt} - C_{\max})]]^2 \quad (5)$$

$$C_{\min} \leq C_{jt} \leq C_{\max}, j = 1, 2, \dots, NN, t = 1, 2, \dots, NT_j$$

gde je:

- NN - broj čvorova u mreži
- NT_j - broj vremenskih intervala u rasporedu potrošnje primenjenom u čvoru j
- $C_{\max} \left(\frac{mg}{lit} \right), C_{\min} \left(\frac{mg}{lit} \right)$ - maksimalno i minimalno dozvoljena koncentracija hlora
- Q_{jk}, C_{jk} - proticaj vode i koncentracija hlora u čvoru j i u trenutku k .

Iz oblika ciljne funkcije može se zaključiti sledeće:

$\sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} [P_1 [\max(0, C_{\min} - C_{jt})]]^2, \sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} [P_2 [\max(0, C_{jt} - C_{\max})]]^2$ - kaznene funkcije u slučaju prekoračenja maksimalno i minimalno dozvoljena koncentracija hlora.

- $\frac{|Q_{jt}|}{\sum |Q_{jt}|}$ - važnost svakog čvora u mreži se obračunava odnosom između potrošnje u tom čvoru i ukupno utrošene količine vode u mreži

$$\frac{|Max(C_{jt}) - Min(C_{jt})|}{\left(\frac{\sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} C_{jt}}{NN} \right)}$$

- - najuniformnija raspodela rezidualnog hlora u mreži je najbolja.

Pronalaženje optimalnog rasporeda buster hlornih stanica i optimalnih doza za hlorisanje zahteva povezivanje simulacionog modela koji se koristi za sprovođenje hidrauličkog proračuna i proračun kvaliteta vode (EpaNet 2) sa softverom kojim se mogu rešavati zadaci optimizacije (na primer, MatLab). Izlazni rezultati EpaNet-a treba da budu korišćeni kao ulazni podaci prilikom sprovođenja pretraživanja prostora mogućih rešenja i izbora optimalnog.

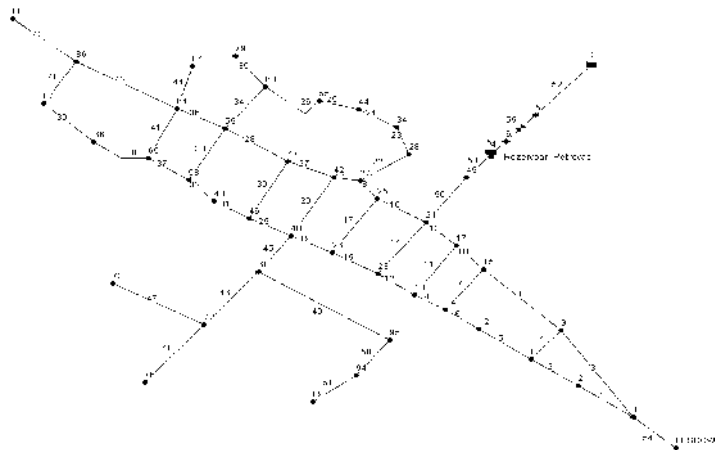
4. Matematički model vodovodnog sistema Petrovca na Mlavi

Gradski vodovod u Petrovcu na Mlavi je izgrađen 1973. godine, a rekonstruisan tokom 2007-2010. godine. Osnovno izvorište gradskog vodovoda predstavlja karstno vrelo "Šetonje" u blizini istoimenog naselja, a alternativno, dopunsko izvorište u malovodnom periodu je Malo Laole u aluvionu reke Mlave.

Kapitalni objekti u postojećem sistemu vodosnabdevanja su: PPV Šetonje instalisanog kapaciteta $Q=80$ L/s i magistralni gravitacioni cevovod ukupne dužine $L=9.471$ m od PPV Šetonje do rekonstruisane PS "Malo Laole" sa merno-regulacionim blokom kojim se reguliše kapacitet gravitacione deonice, rekonstruisana PS "Malo Laole", sa crpilištem zapremine 75 m³ i tri pumpna agregata tipa P8C/5/20/3C $Q=20$ L/s, $H=47$ m, $N=22$ kW, magistralni potisni cevovod PE 100, NP 10 Ø400 mm $L=9620$ m od rekonstruisane PS "Malo Laole" do rezervoara PETROVAC, dvokomorni poluukopani rezervoar PETROVAC zapremine $V=1.500$ m³ i gravitacioni dovodni cevovod PE 100, NP 10 Ø315 mm $L=640$ m od rezervoara PETROVAC do distributivne mreže u Petrovcu.

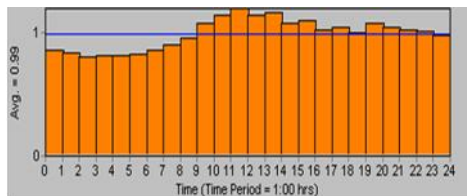
Za potrebe ovog rada izvršeno je uprošćenje realne vodovodne mreže (slika 4) tako što je kompletan magistralni dovod zamenjen gravitacionom deonicom (bez PS "Malo Laole"), a osnovno izvorište Šetonje i alternativno izvorište Malo Laole jednim čvorom koji ima smisao neiscrpnog izvora snabdevanja za celu distributivnu mrežu. Ispred rezervoara Petrovac je uveden FCV (Flow Control Valve) koji ograničava proticaj na unapred zadatu vrednost koja je u ovom slučaju jednaka srednjoj potrošnji u danu maksimalne.

Ovim se eliminiše uticaj različitih izvora snabdevanja i režima pumpanja na parametre kvaliteta vode (koji može biti veoma značajan) i omogućava se praćenje rezidualnog hlora čija koncentracija zavisi samo od izlazne koncentracije posle sistema za prečišćavanje i specifične brzine razgradnje.

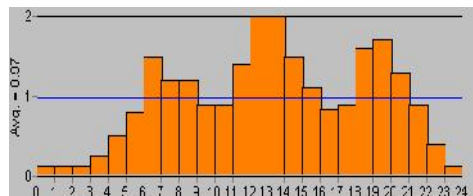


Slika 4. Uprošćena šema vodovodne mreže naselja Petrovac na Mlavi

Ukupna potrošnja u danu maksimalne potrošnje je raspoređena između potrošačkih čvorova. Prilikom izbora potrošačkih čvorova korišćeni su rezultati istraživanja do kojih se došlo tokom izrade Matematičkog modela vodovodnog sistema grada Petrovca na Mlavi – Idejni projekat, VODING – 92 - Beograd 1996. god, kao i dijagrami časovnih neravnomernosti za pojedine kategorije potrošača, preuzeti iz istog projekta. Prema ovoj dokumentaciji, postoje tri kategorije potrošača: gradsko stanovništvo, seosko stanovništvo i industrijski potrošači. Dijagrami časovnih neravnomernosti korišćeni u hidrauličkom proračunu za gradsko stanovništvo i seosko stanovništvo su prikazani na slikama 5 i 6.



Slika 5. Dijagram časovnih neravnomernosti za gradsko stanovništvo



Slika 6. Dijagram časovnih neravnomernosti za seosko stanovništvo

Za ulazne podatke kojima se definišu koncentracije i uslovi razgradnje rezidualnog hlora u svim čvorovima distributivne mreže usvojeno je sledeće:

- $C_0 = 0.5 \frac{mg}{lit}$ - početna koncentracija hlora u čvoru 3 (izlaz iz PPV Šetonje),
- $n = 1, C_L = 0$ - red hemijske reakcije bez limitirajućeg reaktanta u toku i usled reakcija sa zidovima cevovoda,
- $K_b = -0.08 \frac{1}{h}, K_w = -0.35 \frac{1}{h}, K = -0.43 \frac{1}{h}$ - usvojene vrednosti za koeficijent brzine hemijske reakcije razgradnje hlora u toku, na zidovima cevovoda i ukupnog koeficijenta brzine razgradnje,

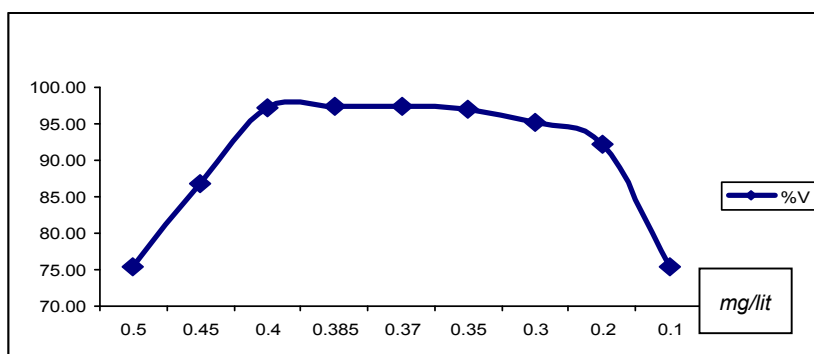
- $K_b = -0.08 \frac{1}{h}$ - usvojena vrednost brzine hemijske reakcije razgradnje slobodnog hlora u rezervoaru u kome je pretpostavljen model mešanja *LIFO* (*last in first out*).

Vrednost koncentracije hlora koja se dodaje u čvoru 6 (ispred rezervoara, na mestu gde je uobičajeno postavljanje hlorinatora) je varirana u opsegu

$C_f = 0.1 - 0.5 \frac{mg}{lit}$ i za svaku od usvojenih koncentracija je izračunat % zapremine

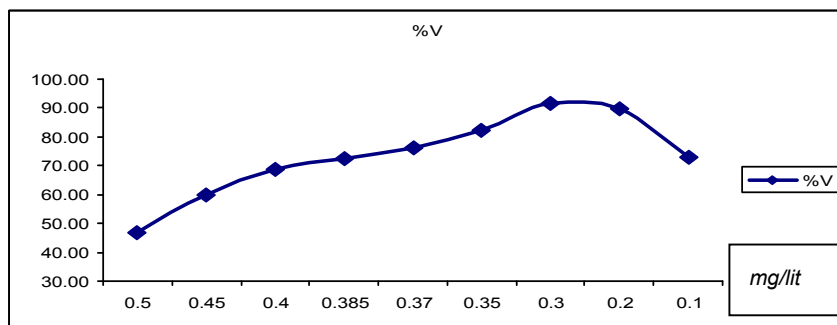
vode sa rezidualom hlora u dozvoljenim granicama od $0.2 \frac{mg}{lit} \leq C_{\mu} \leq 0.5 \frac{mg}{lit}$ ili

$0.2 \frac{mg}{lit} \leq C_{\mu} \leq 0.6 \frac{mg}{lit}$ u odnosu na ukupno isporučenu zapreminu vode. Rezultati su prikazani na slikama 7 i 8.



Slika 7. Zapremina isporučene vode (%) sa rezidualom hlora u granicama

$0.2 \frac{mg}{lit} \leq C_{\mu} \leq 0.6 \frac{mg}{lit}$ u zavisnosti od koncentracije dodatog hlora $\frac{mg}{lit}$



Slika 8. Zapremina isporučene vode (%) sa rezidualom hlora u granicama

$0.2 \frac{mg}{lit} \leq C_{\mu} \leq 0.5 \frac{mg}{lit}$ u zavisnosti od koncentracije dodatog hlora $\frac{mg}{lit}$

$$\max F = \sum_{j=1}^{NN} \sum_{t=1}^{NT_j} \left[(Q_{jt} | * \Delta t) \right]$$

$$0,2 \frac{mg}{lit} \leq C_{jt} \leq 0,6 \frac{mg}{lit} \quad ili \quad 0,2 \frac{mg}{lit} \leq C_{jt} \leq 0,5 \frac{mg}{lit} \quad (6)$$

dolazimo do sledećih zaključaka:

- optimalna koncentracija dodatog hlora veoma zavisi od zadatih granica
- pri povećavanju gornje granice, optimalna koncentracija se pomera nagore $C_1 = 0.385 \frac{mg}{lit}$ u slučaju $0,2 \frac{mg}{lit} \leq C_{jt} \leq 0,6 \frac{mg}{lit}$ u odnosu na $C_1 = 0.315 \frac{mg}{lit}$ u slučaju $0,2 \frac{mg}{lit} \leq C_{jt} \leq 0,5 \frac{mg}{lit}$
- u zavisnosti od konfiguracije vodovodne mreže, postoje čvorovi u kojima se ne mogu zadovoljiti minimalno propisane koncentracije rezidualnog hlora, bez velikog povećanja početne doze hlora. To su u slučaju primera vodovodne mreže grada Petrovca čvorovi na obodu gradskog područja čvor 88 i LESKOVAC. Niske koncentracije rezidualnog hlora po ovim čvorovima sprečavaju da % zapremine vode sa rezidualom hlora u dozvoljenim granicama dostigne 100%, a veoma je važno da se proširenje postojeće vodovodne mreže planira baš preko ovih čvorova.
- čvorovi u kojima se ne mogu zadovoljiti minimalno propisane koncentracije rezidualnog hlora, bez velikog povećanja početne doze hlora predstavljaju potencijalne lokacije buster hlorinatorskih stanica.
- određivanje potencijalnih lokacija na kojima je potrebna ugradnja buster hlorinatorskih stanica je moguće tek posle sprovođenja optimizacije primenjenih doza hlora na mestima gde se on dodaje u postojećem sistemu.

5. Zaključak

Pronalaženje metodologije za određivanje optimalnog rasporeda hlorinatorskih buster stanica i doza hlora je zahtevan posao, koji se može realizovati samo povezivanjem hidrauličkih simulacionih modela, modela kvaliteta vode i optimizacionih modela.

Optimalna rešenja postoje, veoma su zavisna od poštovanja propisanih minimalno i maksimalno dozvoljenih koncentracija i mogu dovesti do brojnih poboljšanja od kojih su mnoga povezana direktno sa zdravljem svih nas.

Algoritam čiji se razvoj predlaže posle prvih sprovedenih analiza u okviru ovog rada se sastoji od dva koraka. U prvom koraku bi se definisale optimalne doze hlora koji treba dodati po pojedinim čvorovima mreže, a u drugom sproveli proračuni sa određenim brojem buster hlorinatorskih stanica, za koje je neophodnost postojanja određena u prvom koraku.

6. Literatura

- [1] EPA priručnik Uticaj starosti vode na kvalitet vode u distributivnom sistemu <http://www.epa.gov/safewater/disinfection/lt2/compliance.html>
- [2] AWWA Research Foundation, 1999 Residential End Uses of Water, <http://www.waterwiser.org/awwarf>
- [3] Ričard Ejnsvort, Ispravna voda za piće / Kontrolisanje mikrobiološkog kvaliteta u distributivnim mrežama.
- [4] Ostojić Ž., Ljubisavljević D., Milanović B. Model generator potreba za vodom i hidraulički simulacioni model vodovodne mreže 14. Savetovanje SDHI Zbornik apstrakata, novembar 2006.
- [5] Ostojić Ž., Prodanović D., Marčeta S. Prognoza sadržaja trihalometana u distribucionoj vodovodnoj mreži, „Vodovod i kanalizacija 12“, Vršac, 2012
- [6] EPANET 2 User Manuel EPA 2002.
- [7] Ostojić Ž. Doktorska disertacija Stohastička analiza potreba za vodom u poljoprivredi i vodosnabdevanju, Građevinski fakultet Beograd 2007.
- [8] Glavni projekat PS "Malo Laole" IWA Consalt, Beograd 2009
- [9] Glavni projekat rezervoara "PETROVAC" IWA Consalt, Beograd 2009
- [10] dr Miloje Milojević Kvalitet vode u vodovodima, VODOPRIVREDA 0350-0519, 36 2004, 211-212 p. 339-360
- [11] Report of the City of Columbia DBP Analysis Project September 2008 through November 2008 University of Missouri (MU) Water Resources Research Center (WRRC)
- [12] Thomas M. Walski, Donald V. Chase, Dragan Savić etc. Advanced water distribution modelling and management © 2003 by Haestad Methods, Inc.
- [13] Molnar Jelena, Doktorska disertacija: Efekti odabranih unapređenih procesa oksidacije i koagulacije na sadržaj prirodnih organskih materija u vodi, Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad 2011.
- [14] Daniel Brown, John Bridgeman, John R. West Predicting chlorine decay and THM formation in water supply systems, Rev Environ Sci Biotechnol, 2011 10:79–99 DOI 10.1007/s11157-011-9229-8
- [15] Rossman LA, Clark RM, Grayman WM, Modelling chlorine residuals in drinking water distribution systems. J. Envir Eng Division of the ASCE, 1994, 120(4):803–820
- [16] AWWARF, Characterisation and modeling of chlorinedecay in distribution systems. AWWA, USA, 1996
- [17] Lienyao Lee, Chungsyng Lu, Shyang – Lai Kung Spatial diversity of Chlorine Residual in a Drinking Water Distribution system // Support from the National Science Council, Taiwan (Grant No.NSC89-2211-E-005-004)
- [18] Ostojić Ž., Prodanović D., Marčeta S. Prostorna promenljivost reziduala hlora u distributivnoj vodovodnoj mreži. “Vodovod i kanalizacija 13”, Tara, 2013
- [19] Christopher T. Olson and Delvin E. DeBoer The effects of tank operation and design characteristics on water quality in distribution system storage tanks / Impacts of tanks design and operation on water quality // Water and Environmental Engineering Research Center South Dakota State University, Brookings, SD 57007

[20] www.awa.org/opflow

[21] Greyman Tank Mixing –AWWA seminar July 2010.

[22] Tabesh M., Azadi B., Quality Management of Water Distribution Networks by Optimizing Dosage and Location of Chlorine Injection, *Int. J. Environ. Res.* 5(2):321-332, Spring 2011 ISSN:1735-6865.

**PRIKAZ TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PRIPREME VODE ZA
PIĆE NA POSTROJENJU ZA PREČIŠĆAVANJE VODE
“BUKULJA“**

**PRESENTATION OF TECHNOLOGICAL PROCEDURE OF
DRINKING WATER PREPARATION ON THE WATER
TREATMENT PLANT “BUKULJA”**

SLOBODAN ZLATKOVIĆ¹, MIĆUN STANIĆ²

Rezime: Postrojenje za prečišćavanje vode “Bukulja“ je projektovano za kapacitet od 300 L/s na osnovu analize potrebnih količina vode za periode 1980-1985. i 1985-2000. godine. Sada, u cilju postizanja neophodne efikasnosti, potrebno je rekonstruisati i dograditi postrojenje sledećim tehnološkim postupcima: kaskadna aeracija, koagulacija i flokulacija sa dodavanjem odgovarajućih hemikalija, ozonizacija (ili predhlorisanje pomoću hlordioksida), dvoslojni filteri (pesak i antracit), dezinfekcija hlorom ili rastvorom natrijum-hipohlorita i taložnica za otpadnu vodu. U radu se daje prikaz glavnih tehnoloških postupaka, kao i procena uticaja hemikalija i otpadnih voda sa postrojenja na vode prijemnika. U cilju kontrole efikasnosti prethodnog tretmana vode, kontrola kvaliteta vode na postrojenju će se obavljati na šest mernih tačaka.

Ključne reči: ozonizacija, aeracija, filtracija, taloženje, kontrola kvaliteta

Abstract: The water treatment plant "Bukulja" is designed for a capacity of 300 l/s based on the analysis of the required amount of water for the periods 1980-1985th and 1985-2000th. Now, in order to achieve the necessary efficiency, it is needed to reconstruct and upgrade the treatment plant with the following technological processes: cascade aeration, coagulation and flocculation with the addition of appropriate chemicals, ozonation (or pre-chlorination by chlorine-dioxide), double-layer filters (sand and anthracite), disinfection with chlorine or with solution of Na-hypochlorite and settling tank for waste water. This paper gives an overview of the main technological processes, as well as the impact assesment of chemicals and waste water from the plant on the water receiver. In order to control the efficiency of pre-treatment of water, water quality control on the treatment plant will be conducted on the six measuring points.

Key words: ozonation, aeration, filtration, settling, quality control

¹ Slobodan Zlatković, specijalista biologije mikroorganizama, Tehnička komisija za ocenu studija o proceni uticaja projekata na životnu sredinu Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine; Omladinskih brigada 1, Novi Beograd

² Mićun Stanić, dipl. inž. građ., Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Omladinskih brigada 1, Novi Beograd

1. Uvod

Postrojenje za preradu vode za opštinu Arandjelovac, na kome će biti urađena rekonstrukcija i dogradnja, nalazi se na obroncima planine Bukulje iznad grada, a voda se na postrojenje dovodi iz akumulacije "Garaši" na Bukulji. Kapacitet postrojenja za prečišćavanje vode utvrđen je na osnovu analize potrebnih količina vode za period 1980-85. godine, odnosno 1985-2000. godine. Na osnovu ovih analiza, određen je kapacitet postrojenja od 300 L/s i to: I faza $Q = 200$ L/s i II faza još 100 L/s.

Akumulacija "Bukulja" sa objektima koji se nalaze u njenom sklopu, predstavlja ključni deo sistema za snabdevanje vodom opštine Arandjelovac. Ova akumulacija je funkcionalno vezana sa akumulacijom "Garaši", ali može i samostalno da funkcioniše. Korisna zapremina akumulacije je 1,2 miliona m^3 , dok je slivna površina akumulacije oko 6 km^2 .

Danas, nakon 24 godine funkcionisanja, Postrojenje za prečišćavanje vode za piće "Bukulja" je ruinirano i postoji čitav niz problema u procesu prečišćavanja vode. 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 u potpunosti zadovoljavao zakonske propise, čak i za uslove najnepovoljnijeg kvaliteta ulazne sirove vode. Za potrebe Javnog preduzeća za planiranje i izgradnju opštine Arandjelovac, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" je uradio Studiju o proceni uticaja na životnu sredinu Projekta rekonstrukcije i dogradnje Postrojenja za prečišćavanje vode za piće "Bukulja".

2. Prikaz sadašnjeg tehnološkog postupka

Tehnološki postupak prerade vode na Postrojenju za prečišćavanje vode "Bukulja" sastoji se od četiri osnovna procesa: aerisanje, taloženje sa flokulacijom, filtriranje i dezinfekcija.

Navedeni procesi se sprovode na sledeći način:

- sirova voda, koja gravitaciono dolazi sa zahvata, uvodi se na aeracionu kaskadu, gde se vrši aeracija koja uslovljava odstranjivanje suvišnih gasova i mirisa i oksidaciju čestica minerala, a posebno gvožđa i mangana; na šahtu aeracione kaskade dozira se kreč koji pospešuje pomenute procese;
- iz aeracione kaskade voda se gravitaciono uvodi u ulazni šaht koagulatora gde se dozira sredstvo za stvaranje flokula (aluminijum sulfat);
- iz ulaznog šahta koagulatora gde se vrši mešanje sirove vode i aluminijum sulfata, voda se uvodi u centralni cilindar taložnika; za taloženje je predviđen dinamički taložnik po sistemu "Unioninvest – Passawant";
- voda istaložena u koagulatoru odvodi se gravitaciono na automatske samoispirajuće niskopritisne filtere odakle, nakon filtriranja, gravitaciono odlazi u bazen čiste vode;

- u bazenu čiste vode vrši se dezinfekcija vode, nakon čega voda gravitaciono odlazi za grad; na izlaznom cevovodu za grad meri se koncentracija hlora.

Aeraciona kaskada

Aeraciona kaskada je napravljena od armiranog betona dimenzija $4,3 \times 6,1$ m. Aeracija preko pragova aeracione kaskade omogućava odstranjivanje suvišnih gasova, mirisa i oksidaciju čestica minerala, a posebno gvožđa i mangana. Proces aeracije kao prvi korak u tehnološkom procesu prerade vode gde se vrši unos kiseonika u vodu, kao izuzetno važne komponente za oksidaciju organskih i drugih materija, nije dovoljan za razgradnju svih komponenti koje voda sa sobom nosi. Iz tog razloga, neophodno je izvršiti dodatnu oksidaciju vode jačim oksidativnim sredstvom. U tom cilju predlaže se uvođenje ozona kao izuzetno jakog oksidacionog sredstva, koji bi znatno pospešio sve procese oksidacije i omogućio bolji opšti tretman vode.

Koagulator

Koagulator je visoko delotvorna, dinamička taložna jedinica koja radi po principu taloženja mulja, a primenjuje se prevashodno za obradu površinskih voda. Za ovu svrhu potrebni tehnološko-tehnički radni procesi, kao što su mešanje, optok, koagulacija, flokulacija, sedimentacija i ugušćivanje, izvode se u jednom jedinom kompaktnom sistemu. Prvenstveno se koristi činjenica što se disperzni i koloidni neorganski i organski sadržaji vode mogu flokulisati iz stabilnih suspenzija dovođenjem pogodnih hemikalija. Talozenje i koagulacija se znatno pospešuju kada se reakcije odvijaju unutar jedne muljne suspenzije. Kontaktna obrada mulja stvara optimalne uslove za flokulaciju retenzionom cirkulacijom i mešanjem sirove vode, već postojećeg mulja i hemikalija koje se dodaju.

Automatski samoispirajući filteri

Nakon procesa bistrenja, izbistrena prelivna voda se preko cevovoda $\varnothing 500$ gravitaciono odvodi na filtraciju. Za filtriranje vode primenjena su tri automatska, samoispirajuća niskopritisna filtera proizvodnje "Unioninvest" iz Sarajeva. Ovi filteri su po konstrukciji u mnogo čemu slični klasičnim filterima pod pritiskom, sa specifičnostima koje se uglavnom odnose na proces pranja filtera i na filtersku ispunu.

Kada je filter u radu, zavisno od zamuljenja filterske ispune, rastu gubici pritiska u istoj, dolazi do porasta nivoa vode iznad filterske ispune i njenog penjanja u sifonskoj cevi. Postepeno voda dostiže određeni potrebni nivo u sifonu kada usled priključene male cevi na sifonu dolazi do stvaranja podpritiska i aktiviranja sifonskog rada, i voda iz silaznog ogranka sifona odlazi u kanalizaciju, a u sifonu nastaje pražnjenje, usled čega se sirova voda iznad ispune otkisava i odlazi napolje.

Tretman mulja (retenzioni bazen)

Za prikupljanje i tretman svih otpadnih voda i mulja sa postrojenja, predviđen je i izgrađen armiranobetonski retenzioni bazen. Dimenzije ovog retenzionog bazena su: $A \times B \times H = 15,00 \times 10,00 \times 2,65$ m, zapremine $V_k = 400,00$ m³. U prvoj fazi rada postrojenja predviđeno je da se pražnjenje bazena vrši putem regulacionog plivajućeg

preliva, preko koga nadmuljna voda otiče u kanalizaciju, a istaloženi se mulj evakuiraju mašinski na deponiju. U drugoj fazi predviđeno je da se aktivira pumpna stanica nadmuljne vode koja bi se vraćala u ulazni šaht koagulatora na ponovni tretman. Ovo nije izvedeno i postrojenje sada funkcioniše po principu kako je izvedeno u prvoj fazi.

3. Plan rekonstrukcije i dogradnje postrojenja

Prvobitni projektovani postupak prečišćavanja iz 1982. godine je bio predviđen za uklanjanje boje, mutnoće, gvožđa i mangana. S obzirom da pojedini delovi procesa nemaju zahtevanu efikasnost pa koncentracija kritičnih parametara u prečišćenoj vodi prevazilazi maksimalno dozvoljene vrednosti, neophodna je rekonstrukcija i dogradnja postojećeg postrojenja.

Osim toga, doziranjem odgovarajućih hemikalija planirano je da se obezbedi zahtevani kvalitet prečišćene vode. U tom cilju predviđeno je proširenje tehnološkog postupka prerade vode uvođenjem procesa ozonizacije vode nakon taložnika, a pre filtracije. Neophodna je izgradnja novog betonskog objekta pešćanih filtera koji su projektovani kao brzi gravitacioni dvoslojni filteri sa stalnim nivoom i brzinom filtracije. Na dovodu sirove vode iza vodomera planirano je dodavanje gasnog hlora - predhlorisanje. Funkciju predhlorisanja obavezno treba zameniti uvođenjem u proces hlordioksida.

U okviru Idejnog projekata izabran je optimalni tehnološki postupak prerade vode koji obezbeđuje poštovanje kriterijuma za postizanje vode shodno Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće. Usvojeni tretman obuhvata sledeći tehnološki postupak: kaskadna aeracija, koagulacija i flokulacija sa dodavanjem odgovarajućih hemikalija, ozonizacija (alternativno - predhlorisanje pomoću hlordioksida), dvoslojni filteri (pesak + antracit), dezinfekcija hlorom ili rastvorom natrijum hipohlorita i taložnica za otpadnu vodu. Objekat koji će biti rekonstruisan je taložnica za otpadnu vodu iz procesa.

Novoprojektovani objekti na postrojenju: objekat za ozonizaciju kapaciteta 300 L/s, objekat pešćanih filtera sa pumpnom stanicom za pranje filtera, rezervoar čiste nehlorisane vode, šahtovi za spajanje cevovoda, trafo stanica, gasifikaciona stanica tečnog kiseonika.

Koagulacija i flokulacija – aluminijum sulfat

Nakon predhlorisanja pomoću hlordioksida, na dovodu sirove vode iza vodomera, voda dolazi na aeracionu kaskadu gde se dozira rastvor kreča. Voda zatim odlazi u ulazni šaht koagulatora, gde se vrši dodavanje rastvora aluminijum sulfata i prema potrebi se dodaje rastvor bakar sulfata (za slučaj pojave algi). Iz šahta se voda odvodi u centralni cilindar koagulatora-taložnika, gde se vrši lagano mešanje. U taložniku, nakon zadržavanja oko 3 sata (pri protoku od 300 L/s), izbistrena voda dolazi na novoprojektovane dvoslojne, antracit-pesak betonske, brze filtere. Planirano je da se za 300 L/s sirove vode dozira po 40 mg/L $Al_2(SO_4)_3$ i 40 mg/L CaO, što znači

10,37 m³ dnevno 10% rastvora, što iznosi 1036,8 kg/dan Al₂(SO₄)₃ i 1036,8 kg/dan CaO.

Anjonski i ne-anjonski poliakrilamidi

Anjonski i ne-anjonski poliakrilamidi koriste se za tretman pijaćih voda da olakšaju uklanjanje koloidnih i finih delova na površini. Preparat se priprema u koncentraciji 0,1 do 0,5%, a dozira razblažen u koncentraciji 0,01 do 0,05 % (m/m). U praksi se dodavanje anjonskih ili ne-anjonskih poliakrilamida vrši tako da ono sledi za doziranjem koagulanta metalne soli.

Hlor dioksid - TwinOxide

TwinOxide predstavlja savremeni sistem proizvodnje hlordioksida sa 99,9% čistoće i ne stvara hlor, hlorat, hlorit ili hlorid. Aktivna biocidna supstanca je hlordioksid koji je mnogo moćniji od hlora i dezinfekcionih sredstava na bazi hlora, a deluje u širokom pH opsegu (4-10) i ne stvara neželjene produkte i posredne efekte pri upotrebi. Hlor i dezinfekciona sredstva na bazi hlora stvaraju neželjene produkte trihalometane i mutagen X koji su potvrđeni kancerogeni. TwinOxide ne stvara ove produkte.

Na osnovu podataka od proizvođača, potrošnja ClO₂ se kreće u opsegu 1 litar rastvora na 30-65 m³, što znači da će se na maksimalnu količinu od 300 L/s (25920 m³/dan) dnevno, prosečno trošiti oko 576 litara rastvora ClO₂ (0,3%).

Predviđeno je da se ovaj rastvor koristi povremeno, kada sistem za ozonizaciju ne radi, ili je isključen, a dozirao bi se na istom mestu kao i ozon. Neophodno je da se obezbedi priprema rastvora za neprekidno doziranje od najmanje 3 dana, što znači da je potrebno predvideti rezervoarski prostor od najmanje 2 m³. Oprema za doziranje ClO₂ treba da ima dozir pumpe (1+1) kapaciteta od 0-100 L/h i odgovarajuću opremu koja treba da omogući doziranje proporcionalno protoku.

Krajnja dezinfekcija vode – natrijum hipohlorit

Za završno hlorisanje predviđena je koncentracija od 1 g/m³ hlora. U skladu sa tim predviđa se dezinfekcija vode rastvorom 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. Maksimalni projektovani protok vode na postrojenju iznosi 300 L/s dok maksimalna doza hlora može ići i do 1,0 mg/L. U skladu sa tim, potrebno je 1,0 kg/h hlora za dezinfekciju prečišćene vode. S obzirom da će se ovakav način dezinfekcije postepeno uvoditi, predviđa se instalacija dve jedinice, svaka kapaciteta 0,5 kg/h.

Primena ozona

Na kraju procesa tretmana vode rezidualni sadržaj ozona ne sme da pređe vrednost od 0,05 mg/l, ako se ozon koristi kao dezinficijens i 0,01 mg/L, ako se ozon koristi kao oksidans. Da bi se zadovoljili zahtevani kriterijumi kvaliteta vode za piće, u postojeći tehnološki postupak prečišćavanja uvodi se proces ozoniranja, kao

posebna jedinica smeštena između procesa taloženja i procesa filtracije. Za ove potrebe prihvatljiva maksimalna doza je 3 mg/l za kapacitet od 300 L/s. To znači da je potrošnja ozona 0,9 gr/s. Usvojen je kapacitet ozonizatora od 4 kg/h (2+2). Vreme zadržavanja u komorama treba da bude do 10 minuta.

Ozon je jako oksidaciono sredstvo sposobno za dezinfekciju pri malom vremenu kontakta i niskim koncentracijama u odnosu na druge, slabije dezinfektante kao što su hlor, hlor-dioksid i monohloramin. Međutim, osnovni nedostatak njegove primene je što nema rezidualno delovanje kojim bi se obezbedila mikrobiološka stabilnost distribucionog sistema. Stoga se ozon, za kompletnu dezinfekciju sistema, može primenjivati samo udružen sa nekim drugim dezinfekcionim sredstvom, kao što su hlor, hlor-dioksid ili hloramin, kojim bi se obezbedilo rezidualno delovanje.

U okviru rekonstrukcije postrojenja, opredeljeno je da se proces ozoniranja uvede posle procesa koagulacije i flokulacije (taložnik) iz razloga što u sadašnjem konceptu prečišćavanja nije ostavljena mogućnost lociranja procesa predoziranja pre taložnika. Predviđen je proces aeracije koji će biti zadržan; nakon taloženja posle procesa koagulacije i flokulacije ne očekuju se problemi sa difuzorima, pošto je voda prošla fazu bistrenja, pa je uloga ozona u oksidaciji mangana i organskih materija znatno efikasnija i tehno-ekonomski opravdana.

Proces filtracije

Dvoslojni filteri se u tehnološkom postupku prerade vode nalaze iza ozonizacije. Filteri služe osim za mehaničko uklanjanje istaloženih oksida i za biohemijske i katalitičke efekte. Filteri su projektovani kao brzi gravitacioni dvoslojni filteri sa stalnim nivoom i brzinom filtracije i konstrukcije sasvim drugačije od postojećih rekonstruisanih filtera. U Generalnom projektu bilo je predviđeno da se uz postojeće filtere napravi još jedan filter i da se za sva četiri filtera sagradi montažni objekat kako bi se filteri zaštitili. Detaljnijim analizama u toku izrade Idejnog projekta došlo se do zaključka da je pogodnije sagraditi novi betonski objekat pešćanih filtera. Nova filterska polja su projektovana sa duplim dnom, V kanalom i prelivnim kanalom. Prelivni kanal služi za dovod vode na filtere, a naspram njega u filteru je predviđen V kanal.

UV dezinfekcija

Sadašnje doziranje hlora je u rezervoaru čiste vode koji se nalazi u sklopu upravne zgrade. Ukoliko se Investitor odluči za UV dezinfekciju, neophodno je da mesto doziranja hlora ili rastvora natrijum-hipohlorita bude u rezervoaru čiste vode za grad (zaseban objekat), a da UV dezinfekcija bude postavljena pre tog rezervoara. Ovakav raspored (prvo UV dezinfekcija pa tek onda hlorisanje), predstavlja jedino opravdano rešenje primene UV sistema. S obzirom da se posle filtracije voda upušta u rezervoar, najbolje mesto primene UV dezinfekcije na postojećem postrojenju jeste na cevovodu DN 500 nakon ovog rezervoara, a pre rezervoara za grad. Nakon UV dezinfekcije, tretirana voda je spremna za upotrebu i ne sadrži opasne materije.

Takva voda se hlorige samo malom koncentracijom hlora ili natrijum-hipohlorita zbog potrebnog reziduala u mreži.

Taložnica

Taložnica je građevinski objekat lociran pored postrojenja za preradu vode da bi se prihvatila velika količina vode od pranja filtera koja nastaje u kratkom vremenskom intervalu kao i sve druge vode (pri čišćenju retenzionih komora) u procesu prerade vode.

Predviđena je rekonstrukcija postojeće taložnice na postrojenju. Taložnica je armirano betonska konstrukcija dimenzija 18 x 10,5 m. Svaka komora ima korisnu zapreminu od $16 \times 4,9 \times 1,65 = 130 \text{ m}^3$ što je dovoljno da prihvati vode od pranja filtera i omogući zadržavanje vode od oko 5 sati do novog pranja filtera.

U skladu sa raspoloživom zapreminom postojeće taložnice, predviđeno je da pranje jednog filtera površine 33 m^2 bude u režimu 6 minuta brzinom oko 13 m/h i 6 minuta brzinom oko 26 m/h. Postoji mogućnost da ova vremena budu i duža gde bi se u tom slučaju koristila i druga komora u okviru taložnice. Potrebne količine vode za pranje filtera će se definisati tokom probnog rada postrojenja. U zavisnosti od brzine pranja vodom, količina vode od pranja jednog filtera iznosi oko 130 m^3 . 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. Nakon taložnice, predviđeno je da se voda ispušta u kanalizacioni sistem, a kvalitet otpadne vode će biti u saglasnosti sa Pravilnikom o ispuštanju otpadnih voda u kanalizaciju.

4. Monitoring tehnološkog procesa

Za dobijanje kvalitetne vode za piće, neophodno je uspostaviti neprekidnu kontrolu kvaliteta vode na nekoliko tačaka: ulaz u postrojenje, posle aeratora, posle taložnice, posle predhlorinacije, posle filtracije i posle finalne dezinfekcije (na kraju tretmana).

Monitoring neprečišćene jezerske vode

Sirova, neprečišćena voda dolazi na postrojenje iz akumulacije "Bukulja", a kada je to potrebno, nedostajuće količine vode se nadoknađuju vodom iz akumulacije "Garaši", koja se prepumpava u akumulaciju "Bukulja". U Tabeli 1 se daje prikaz kvaliteta sirove vode na ulazu u postrojenje, na osnovu raspoloživih podataka za poslednjih 40 godina. Sa aspekta kontrole efikasnosti tehnološkog procesa, u jezerskoj vodi je neophodno pratiti sledeće parametre: temperatura, mutnoća, boja, providnost, UV apsorbanca na 254 nm, pH vrednost, alkalitet, relevantni joni, gvožđe, mangan, sulfidi, amonijum jon, bromidi, koliformne bakterije, prisustvo algi, protok zahvaćene vode i retenziono vreme. Takođe, neophodno je pratiti lokalne meteorološke parametre, temperaturu vazduha, atmosferski pritisak, osunčanost, brzinu vetra i padavine.

Tabela 1. Karakteristike sirove vode na ulazu u postrojenje

Broj kolone	0	1	2	3	4	5	6
Datum		11.8 1970.	Prosek za 1978.	7.7.20 06.	21.9. 2007.	23.10. 2007.	28.7. 2010.
Vrsta vode		Sirova voda	Sirova voda	Sirova voda	Sirova voda	Sirova voda	Sirova voda
Parametar							
Temperatura, °C	/		9		15.9		
Mutnoća, NTU	1,0	Opales cira	/	1.5	1.8	3.4	13.0
Boja, jedinica Pt-Co skale	5		30	<5	<5	<5	46
Miris	Bez	bez	bez	bez	bez	bez	
pH vrednost	6,8-8,5	6.4	6.1	7.0	7.71	6.35	5.90
Elektroprovodljivost uS/cm	1000			142	150	154	80
Amonijak NH ₄ , mg/l	0,1	0.0	/	0.17	<0.05	0.08	0.19
Nitriti, N, mg/l	0,03	0.0	/	0.06	<0.005	<0.005	<0.005
Nitrati, N, mg/l	50	0.0	0.51	0.50	0.12	0.31	0.3
Hloridi, Cl, mg/l	200	6	8	2.8	4.7	3.2	3.8
Sulfati, SO ₄ , mg/l	250	16	14	17.6	18.8	16.8	16.1
Utrošak KMnO ₄ , mg/l	8,0	8.3	13.4	13.9	20.36	9.93	19.1
Alkalitet, mE/l		3	8	9.5			
Bikarbonati, HCO ₃ , mg/l		18.3	48.8	58			
Ukupna tvrdoća, °dH		1.3	2.3		4.0	3.95	
Suvi ostatak, mg/l		70	78				43
Kalcijum, Ca, mg/l	200	6	16.5	16.4	22.6	21.26	
Magnezijum, Mg, mg/l	50	2.2	5	5.1	3.9	4.2	
Gvožđe, Fe, mg/l	0,3		0.6 (0.08- 4)	0.19	0.04	0.10	0.34
Mangan, Mn, mg/l	0,05	0.8	0.19 (0- 0.4)	0.15	0.07	0.10	0.44
Ukupni organski ugljenik, mg/l				6.0			
Rastvoreni kiseonik, mg/l O ₂					9.2		
HPK, O ₂ , mg/l							<10
Organski azot, N, mg/l							<1
Ortofosfati, P, mg/l							<0.005
Ukupni fosfati, P, mg/l							<0.005
Olovo, Pb, mg/l							<0.2
Aluminijum, Al, mg/l							299
Bakar, Cu, mg/l							<0.2
Cink, Zn, mg/l							<0.2
Nikl, Ni, mg/l							1.4
Arsen, As, mg/l							2
Hrom, Cr, mg/l							<0.2
Kadmijum, Cd, mg/l							<0.2

Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, "Službeni list SRJ" br. 42/98, 44/99

1. Akumulacija "Bukulja", Zavod za javno zdravlje Kragujevac, br. 14090/81
2. Laboratorija postrojenja "Bukulja"(KRO "Bukulja", br. 01-2682/1, 12.9.1979.)
3. Institut za zaštitu zdravlja Srbije, 7.7.2006.
4. Institut "Jaroslav Černi", 21.09.2007.
5. Institut "Jaroslav Černi", 23.10.2007.
6. Institut "Jaroslav Černi", 28.07.2010.

Monitoring tretirane vode

Određivanje koncentracije ozona u vodi na izlazu iz komora se obavlja automatski i kontinualno. Na osnovu raspoloživih vrednosti, vršice se ručna korekcija doze ozona na kontrolnom panelu generatora. U prečišćenoj vodi, ozon se ne ispituje, budući da je nestabilan i ne ostavlja raziduum. Pored klasičnih parametara kvaliteta vode, u izlaznoj vodi neophodno je raditi analizu rezidualnog hlora, pH, mutnoću, boju, UV apsorbanca na 254 nm, mikrobiološke indikatore, protok i pritisak vode u potisnom cevovodu.

Kontrola i upravljanje agresivnošću vode podrazumeva i merenje alkaliteta (bikarbonata), karbonata, hlorida i sulfata.

Nagli gubitak rezidualnog hlora u distributivnom sistemu može da ukaže na prodor zagađenja, dok sa druge strane, problemi u održavanju potrebnog nivoa dezinficijensa u mreži mogu da ukažu na porast broja bakterija.

Monitoring otpadnih voda

Otpadne vode se kontrolišu u cilju zaštite okoline, a pre svega prijemnog vodonosnika. Otpadna voda se uzima na izlazu iz taložnice. U uzorku se dnevno kontrolišu sledeći parametri: temperatura, mutnoća, boja, pH vrednost, suspendovane materije, sedimentne materije, suvi ostatak, alkalitet, hloridi, sulfati, gvožđe, mangan, amonijum jon, koliformne bakterije i protok vode. Mesečno se kontrolišu parametri: hemijska potrošnja kiseonika, biohemijska potrošnja kiseonika, sulfidi, aluminijum, olovo, arsen, hrom, kadmijum, nikl, bakar, cink i živa.

Tabela 2. Karakteristike tehnoloških otpadnih voda sa postrojenja 2010. godine

Parametri		Otpadna voda iz taložnika	Otpadna voda od pranja filtera	Supernatant nakon 5 h
pH vrednost		6,43	6,45	7.20
specifična provodljivost na 20 °C	μS/cm	148	89	236
mutnoća	NTU	-	30,0	54
boja	°Pt-Co	48	4	26

utrošak KMnO ₄	mg/l	2690,0	22,3	12.67
hemijska potrošnja kiseonika	mg O ₂ /l	1918	<10	/
sedimentne materije	ml/l	>100	<1	oko 500-700
suspendovane materije	mg/l	4025,0	34,5	34
ukupne rastvorene materije na 105 °C	mg/l	-	88,5	/
amonijum jon	mg N/l	0,10	0,24	/
nitriti	mg N/l	<0,005	<0,005	/
nitрати	mg N/l	0,22	0,26	/
organski azot	mg N/l	47,3	1,9	/
hloridi	mg/l	9,5	4,3	/
sulfati	mg/l	46,9	30,0	/
organski fosfor.	mg P/l	<0,005	<0,005	/
ukupni fosfor	mg P/l	0,034	0,072	/
gvožđe	mg/l	56,675	0,034	4543
mangan	mg/l	9,704	0,148	7680
olovo	µg/l	517,7	<0,2	4.1
aluminijum	µg/l	509520	2074	765
bakar	µg/l	160,3	<0,2	<0,2
cink	µg/l	146,8	<0,2	<0,2
nikl	µg/l	101,5	<0,2	4.1
arsen	µg/l	341	<2	<2
živa	µg/l	<1	<1	<1
hrom	µg/l	33,2	<0,2	<0,2
kadmijum	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2

Monitoring otpadnog mulja

Talog iz sedimentacionog bazena, nakon odlivanja supernatanta, se zgušnjava i kada se nakupi dovoljno, mulj se odnosi na komunalnu deponiju. U mulju se dva puta godišnje rade sledeće analize: pH vrednost, sadržaj vode, suvi ostatak, žareni ostatak, gvožđe, mangan, hemijska potrošnja kiseonika, biohemijska potrošnja kiseonika, aluminijum, olovo, arsen, hrom, kadmijum, nikl, bakar, cink i živa.

Pored postrojenja prolazi potok, koji se u zoni grada uliva u Kubršnicu. Osim voda od kiše ili otopljenog snega, drugih površinskih voda nema u okolini. Potok prihvata tehnološke otpadne vode sa postrojenja i kao posledica takvog stanja, kvalitet potoka nizvodno od uliva otpadnih voda se drastično pogoršava. Otpadni mulj, prisutan u otpadnoj vodi, ne sadrži povišene koncentracije štetnih i opasnih materija,

ali je ipak opterećen organskim materijama, aluminijumom i oksidima gvožđa i mangana. Zbog malog proticaja, potok nije kategorisan, ali se uzvodno, na osnovu svih pokazatelja, može svrstati u I ili II klasu vodotoka. Nizvodno, nakon prijema otpadnih voda sa postrojenja, zbog prijema zamuljenih otpadnih voda, kvalitet vode se pomera u IV ili čak i u nekategorisani kanal otpadnih voda.

Tabela 3. Karakteristike vode potoka koji prima otpadne vode sa postrojenja

Parametri		potok pre uliva tehnoloških otpadnih voda	potok posle uliva tehnoloških otpadnih voda
pH vrednost		6,43	7,11
specifična provodljivost na 20 °C	µS/cm	224	246
mutnoća	NTU	1,6	-
boja	°Pt-Co	4	32
utrošak KMnO ₄	mg/l	7,3	188,0
hemijska potrošnja kiseonika	mg O ₂ /l	<10	410
sedimentne materije	ml/l	<1	27
suspendovane materije		<1	286,0
ukupne rastvorene na 105 °C	mg/l	123,2	140,0
amonijum jon	mg N/l	<0,05	2,42
nitriti	mg N/l	<0,005	<0,005
nitriti	mg N/l	0,18	0,14
organski azot	mg N/l	<1	9,2
hloridi	mg/l	5,2	12,8
sulfati	mg/l	38,8	31,8
organski fosfor	mg P/l	<0,005	<0,005
ukupni fosfor	mg P/l	0,027	0,136
gvožđe	mg/l	<0,0001	5,5
mangan	mg/l	<0,0001	1,662
olovo	µg/l	<0,2	<0,2
aluminijum	µg/l	50	53000
bakar	µg/l	<0,2	13
cink	µg/l	3,7	40,7
nikl	µg/l	<0,2	10,3
arsen	µg/l	<2	31
živa	µg/l	<1	<1
hrom	µg/l	<0,2	<0,2
kadmijum	µg/l	<0,2	<0,2

5. Mogući značajniji uticaji tokom eksploatacije

Uticaj ozona

Ozon rastvoren u vodi će proreagovati sa prisutnim organskim i neorganskim materijama, koje će najvećim delom biti uklonjene u sledećoj fazi tretmana vode – filtraciji. Zahvaljujući predviđenom tehnološkom postupku, kao i svojoj nestabilnosti, ozon neće biti prisutan u ispuštenim otpadnim vodama.

Uticaj natrijum hipohlorita

Završna dezinfekcija je predviđena natrijum hipohloritom, koji će obezbediti raziduum hlora u vodi za piće u propisanim okvirima ($\leq 0,5$ mg/L Cl). Pranje filtera se obavlja nehlorisanom vodom, tako da otpadna voda ne sadrži hlor koji bi potencijalno bio opasan za okolinu - recipijent.

Uticaj sanitarnih otpadnih voda

Sanitarne otpadne vode se preko sabirnog šahta ispuštaju u kolektor fekalnih otpadnih voda, koje se na izlazu iz grada prečišćavaju na postrojenju. Ne očekuje se negativan uticaj sanitarnih otpadnih voda sa postrojenja.

Uticaj tehnoloških otpadnih voda

Otpadna voda sa muljem iz procesa koagulacije i flokulacije i otpadna voda od pranja filtera će se sakupljati u rekonstruisanoj taložnici za prihvatanje tehnoloških otpadnih voda. Nakon retenzionog vremena od 5 h u taložnici, predviđeno je da se izbistrena voda, supernatant, ispušta u vodotok – potok.

Uticaj bakar sulfata

Koncentracije bakra su ograničene u vodi za piće, pri čemu se u narednim fazama prečišćavanja njegove koncentracije dodatno snižavaju na filterima, tako da u ispuštenoj otpadnoj vodi koncentracije bakra neće preći dopuštenu koncentraciju za II klasu vodotoka (0,1 mg/L).

Uticaj polielektrolita

Polielektrolit se dozira u koncentracijama 0,01 do 0,05% i najvećim delom se uklanja u procesima taloženja i filtracije, tako da se njegovo prisustvo u ispuštenim otpadnim vodama svodi na minimum.

6. Literatura

- [1] Generalni projekat rekonstrukcije i dogradnje Postrojenja za prečišćavanje vode "Bukulja"; Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 2007.
- [2] Idejni projekat rekonstrukcije i izgradnje Postrojenja za prečišćavanje vode "Bukulja" u Arandelovcu; Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 2008.
- [3] Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće; "Službeni list SRJ" br. 42/98, 44/99.
- [4] Studija o proceni uticaja na životnu sredinu Projekta rekonstrukcije i dogradnje Postrojenja za prečišćavanje pijaće vode "Bukulja"; Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 2010.

ДРУГА ФАЗА РЕКОНСТРУКЦИЈЕ СИСТЕМА АЕРАЦИЈЕ КАО УСЛОВ ЗА БОЉЕ ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ВОДЕ НА ПОСТРОЈЕЊУ ВОДОВОДА ПАНЧЕВО

RECONSTRUCTION OF AERATION AS A BETTER CONDITION FOR PURIFYING WATER OF THE PLANT WATER PANČEVO

ИВАНКА КАУТ¹, ЈЕЛЕНА СТОЈИЋ², СТЕВАН ЖИВКОВ³

Резиме: У циљу побољшања процеса прераде воде за пиће, који је базиран на преради подземне воде, извршена је реконструкција система аерације и то у две фазе, чији ће ефекти бити презентовани у овом раду.

Кључне речи: подземна вода, аерација, реконструкција

Abstract: In order to improve the water treatment process for drinking, which is based on processing of groundwater have been reconstructed aeration system in two phases, the effects of which will be presented in this paper.

Key words: ground water, aeration, reconstruction

1. Технологија прераде воде на постројењу водовода Панчево

Квалитет воде водотока који окружују изворишта са гледишта биолошких и хемијских анализа је друге класе. Основна карактеристика оба изворишта је повећан садржај гвожђа, мангана, амонијака и повећан утрешак KMnO_4 .

Сирова вода (подземна вода) са старог и новог изворишта допрема се сабирним цевоводом, као збирни узорак на постројења за пречишћавање. Раније наведени параметри квалитета сирове воде условљавају и поступак прераде воде у воду за пиће. Ново постројење у садашњој I фази пречишћава 400 L/s, од почетка рада, често и изнад пројектованог капацитета. Старо постројење је пројектовано на капацитет од 340 L/s. Технолошка схема прераде воде на постројењима водовода Панчево састоји се у следећем:

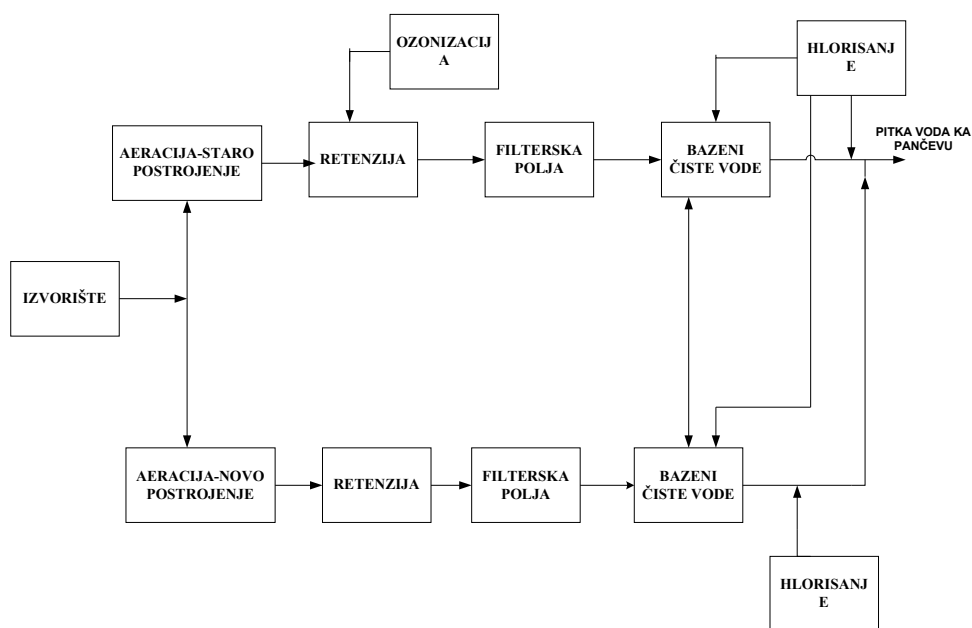
¹ Иванка Каут, дипл. инж. технологије, ЈКП „Водовод и канализација“ Панчево, Ослобођења 15

² Стојић Јелена, дипл. инж. технологије, ЈКП „Водовод и канализација“ Панчево, Ослобођења 15

³ Живков Стеван, дипл. инж. технологије, ЈКП „Водовод и канализација“ Панчево, Ослобођења 15

- аерација,
- озонизација (само на новом постројењу),
- коагулација и флокулација (само на новом постројењу),
- филтрација са биолошком оксидацијом амонијака,
- хлорисање воде у базене (после филтера),
- хлорисање воде за град (у потис).

Постројења се налазе на истој локацији, међусобно су повезана цевоводима на доводу сирове воде и цевоводом на потису за град чисте воде. Технологија пречишћавања воде је иста: аерација распршавањем, ретензија аерисане воде, филтрација на брзим гравитационим пешчаним филтрима и дезинфекција гасним хлором. У току изградње новог постројења 1986. године накнадно је убачена озонизација на новом постројењу у две средишне коморе ретензије, као и поступци коагулације и флокулације за повремени рад.



Слика1. Технолошка схема постројења у Панчеву

2. Аерација

Како је сирова вода богата гвожђем, а истовремено не садржи довољно кисеоника неопходног за процес оксидације гвожђа, аерација је неопходан део и почетна фаза у процесу пречишћавања. Распршивањем воде кроз дизне (систем фиксних млазница), повећава се контактна површина воде и ваздуха и тиме постиже њено обогаћивање кисеоником, које може достићи и границу растворљивости кисеоника на датој температури воде. За наше услове рада, са

температуром воде од 13 - 15° C, ова вредност је 10.0 - 10.5 mgO₂/L. Испитивања су показала да се садржај кисеоника у води са млаза креће у интервалу од 9.0 - 12.0 mgO₂/L. Теоријски потребна количина кисеоника за оксидацију 1mg Fe(II) је 0.143mgO₂, док је за оксидацију 1 mg Mn(II) потребно 0.291 mgO₂/L. Оксидација амонијачног азота до нитрата врши се биолошким путем зашта су потребне додатне количине кисеоника. У нормалном режиму рада, садржај гвожђа у води са млаза у односу на сирову воду, је смањен за око 15 - 50%, уз истовремено уклањање непожељних растворних гасова у води као што је H₂S и други угљоводонични гасови који се појављују у водама са ових дубина.

Постројење је капацитета 400 L/s и њега чине две целине по 200 L/s. Сирова вода са оба изворишта доводи се до расподелне коморе која је изнад аераторске сале, ова комора предвиђена је за расподелу воде на оба постројења. На главном доводу воде у комору DN 800 налази се затварач којим се комора може искључити из рада а вода преко крака DN 800 и вентила на краку директно упушта на аерацију. Аераторска сала је подељена на два дела као и ретензија испод аераторске сале, један део може да се пере док је други у раду. На главним дистрибутивним цевима у аераторској сали налазе се затварачи и поједине секције могу се искључити из рада. На латералама уграђене су млазнице за распршавање воде у танке млазеве, када су делимично запушене оне се скидају и перу.

3. Стање аерације пре реконструкције

Током времена дошло је до корозије на челичним цевима и до механичког слабљења пластичних латерала које су искривљене и лако пуцају. Систем за аерацију је дуго времена добро функционисао, обезбеђујући довољан пренос кисеоника из гасне у течну фазу и преводјење двовалентног у тровалентно гвожђе. Реконструкцији се приступило због дотрајалости челичних цеви и PVC латерала и запушености отвора.

Пројектом је предвиђено да се постојећи цевни развод и латерале замене новим и да се уместо досадашњих централних челичних цеви и PVC латерала израде нове централне цеви и латерале од полиетилена високе густине. За челичне цеви предвиђен је нерђајући челик у квалитету AISI 304. Уместо досадашњих плочица са девет отвора ø3.2, за израду млазница уграђене су плочице са 9 отвора ø 3.5 и ø 4.0 (за поље 3 и поље 4), од термопластичног материјала, посебног еластомера, који одликују еластичност и изузетно глатке површине. Тело распрскивача израђено је тако да омогућава једноставну и брзу демон-тажу и чишћење млазница, чиме се додатно повећава ефикасност и смањује време потребно за одржавање. Целокупни радови су одрађени за проток од 560 L/s.

4. Ефекти добијени реконструкцијом – прва фаза

Како је раније наведено, реконструкцији се није приступило због лошег преноса кисеоника и незадовољавајуће прераде воде, већ због дотрајалости

опреме. Како је реконструкција урађена само на половини аерације (поља 3 и 4), вршена је упоредна контрола ефеката аерације за различите протоке и за прљаност млазница. Резултати анализа су показали исти ефекат, у прерађеној води нема гвожђа и мангана, радни циклус филтерских поља је остао исти.

Уграђене млазнице нису еластичне, не долази до њихове деформације и самочишћења, већ до брзог таложења наслага и зачепљења млазница. Млазнице на нереконструисаној аерацији се перу једном у три месеца, док се нову уграђене перу на три недеље.

Претпоставка је да је до ове ситуације дошло због предимензионисаности система аерације. Наиме, максимални радни капацитет постројења је 450 l/s, а пројекат и радови су изведени за проток од 560 l/s, па је брзина струјања воде кроз цевоводе мања од пројектоване. Такође, пречник латерала је предимензионисан, па је брзина у њима јако мала и долази до таложења и задржавања наслага у њима.

Потврђено је да, ако би целокупан проток ишао само преко поља 3 и 4 (реконструисаних), брзина струјања је већа а тиме и бржи пролазак воде кроз дизне а самим тим и већа висина млаза. Међутим, због предозонирања воде у ретензији, у раду мора бити целокупна аерација, а висина млаза је ограничена и габаритима – висином објекта.

5. Реконструкција система аерације – друга фаза

Како је урађена реконструкција само једне половине аерације, направљено је пилот постројење као подлогу за даљу реконструкцију. Пилот постројење се састојало из неколико латерала мањег пречника са истим бројем распрскивача. На неколико латерала су биле уграђене равне плочице (као на старој аерацији), а на неколико латерала млазнице од посебног еластомера.

Праћењем резултата, дошло се до закључка да су ефекти у технологији прераде исти, вода је обогаћена кисеоником, али се период између два прања аерације знатно продужио. Радни циклус плочица израђених од еластомера, био је незнатно дужи.

У другој фази реконструкције, урађене су латерале мањег попречног пресека, уграђене су млазнице са истим бројем отвора (9), \varnothing 4.0 mm. Млазнице су обликоване тако да се на минимум сведу локални губици и задржи што већи проток а да висина млаза – брзина истицања остане оптимална. Плочице су израђене од полиетилена, квалитет обраде истих није висок, тако да се због храпавости на површинама отвора додатно таложи муљ.

И поред свега наведеног, резултати су изузетно добри у технологији прераде, дизне се спорије прљају, тако да им је радни циклус продужен на минимум три месеца (за разлику од уграђених дизни у првој фази реконструкције, где је радни циклус дизни три недеље).

Резултати анализа праћења процеса приказани су у табели 1.

Табела 1. Контрола технолошког процеса

Чиста аерација	СИРОВА	АЕРАЦИЈА, Прва фаза	АЕРАЦИЈА Друга фаза	РЕТЕНЗИЈА
Fe mg/l	3.15	4.72	4.50	4.02
Fe-fil mg/l	0.95	0.05	0.05	траг
O ₂ mg/l	4.97	13.1	12.7	12.32
ВИСИНА МЛАЗА		1.55	1.55	
ПРОТОК l/s	370			

6. Закључак

Квалитетнијом обрадом плочица, начином израде и израдом плочица од квалитетнијег материјала добили би још повољније резултате. Овако израђеним плочицама потребно је заменити плочице из реконструисаног дела аерације из прве фазе.

7. Литература

- [1] Каут И, Стојић Ј, Живков С, "Реконструкција система аерације као услов за боље пречишћавање воде на постројењу Водовода Панчево", Зборник радова стручно-научни скуп „Водовод и канализација 10“, Дивчибаре 2010.
- [2] "Хидропројекат"ООУР" Хидротехничке конструкције", Главни пројекат постројења за пречишћавање воде за град Панчево, књига I
- [3] "ЕКО-ВОДОПРОЈЕКТ" – Београд, Главни машински пројекат санације аератора на новом постројењу за пречишћавање воде за пиће у Панчеву, Београд, 2008.

PROCESI AUTOPURIFIKACIJE (SAMOOČIŠĆENJA) VODA

WATER AUTOPURIFICATION PROCESSES

MOMA DENIĆ¹, ŽIVORAD ĐELIĆ², NOVAK VASIĆ³

Rezime: Zagađenje vode toksičnim primesama ili bilo kakvo narušavanje celovitosti ekološkog sistema koji vrši prečišćivanje vode doprinosi usporavanju ili potpunom zaustavljanju procesa samoočišćenja. Aktivnost biološkog samoočišćenja zavisi od uticaja faktora spoljašnje sredine, ali sposobnost samoočišćenja nije bezgranična. Faktori koji opredeljuju proticanje procesa samoočišćenja su kiseonični režim vode, pH i oksido-redukcioni potencijal.

Procesi virusnog i bakterijskog samoočišćenja vodenih basena imaju vrlo važnu ulogu u sprečavanju pojave infekcijskih oboljenja. Vreme preživljavanja patogenih mikroorganizama varira od nekoliko časova do nekoliko dana. Pri razblaživanju otpadnih voda dejstvo nepovoljnih faktora se smanjuje. Vreme preživljavanja mikroorganizama povećava se pri niskoj temperaturi.

Moguće je izdvojiti sledeće grupe faktora koji uslovljavaju rokove preživljavanja patogenih mikroorganizama u vodi: 1. biološke osobine izazivača oboljenja; 2. količina mikroorganizama u vodenom basenu; 3. istovremeno dospevanje u vodeni basen bioloških supstrata iz prirodnog staništa; 4. osobenosti vodenog basena; 5. temperaturni faktor; 6. kompleks hidro-meteoroloških faktora; 7. usputna mikroflora i hidrobionti.

Gljučne reči: recipijent, fizički, fizičko-hemijsko, hemijski, biološki procesi, biocenoza dna, autopurifikacija, aerobni, anaerobni uslovi, *Bdellovibrio bacteriovorus*, patogeni mikroorganizmi.

Abstract: Water pollution with toxic adds or any disable of complex ecologic system that purify water will slow or completly stop autopufication proces. This biological autopurification activity depends on outer causes but cababilty is not endless. Major causes that will affect on autopurification process are oxid in water, pH, and oxid-reduction potential. Processes of viral and bacterial autopurification are very important in infection deseases preventing. Patogenic microorganisms time of life id several hours till several days. Soluting waste water will implicate smaller bad effects. On lower temperature patogenic microorganisms has longer lifetime. It is possible to separate these groups of factors that influence the terms of survival of pathogenic microorganisms in the water: 1. biological

¹ dr Moma Denić, dipl. inž. biofarminga, Visoka poljoprivredno – prehrambena škola, Ćirila i Metodija 1, Prokuplje

² Živorad Đelić, dipl. inž, građ. hidroteh., JKP “Vodovod” Leskovac, Pana Đukića 14, Leskovac

³ Novak Vasić, dipl. inž. teh, JKP “Vodovod” Leskovac, Pana Đukića 14, Leskovac

properties that cause disease, 2. amount of microorganisms in the water basin, 3. at the same time from entering water basin biological substrate of natural habitats, 4. characteristics of the water basin, 5. temperature factor, 6. complex meteorological factors, 7. microflora and hidrobionti.

Key words: Recipient, physical, physico-chemical, chemical, biological processes, bottom biocenosis, autpurification, aerobic, anaerobic conditions, *Bdellovibrio bacteriovorus*, pathogen microorganisms.

1. Uvod

Cilj ovog rada je opis procesa samoočišćenja (autopurifikacije) voda. Zagađenje vodenog toka je posledica otpuštanja otpadnih voda što se manifestuje remećenjem životne aktivnosti organizama i promenom kvaliteta vode. Pored bioloških na autopurifikaciju utiču fizički (razblaživanje, taloženje), fizičko-hemijski (koagulacija koloida), hemijski (hidroliza, oksidoredukциони procesi). Proces razlaganje organskih materija u aerobnim uslovima vrše mikroorganizmi oksidacijom složenih organskih jedinjenja ugljenika, azota, sumpora, fosfora, gvožđa i dr. do prostijih neorganskih oblika.

U anaerobnim uslovima nastaju proizvodi razgradnje koji su često toksičniji od polaznih materija – merkaptani, organske kiseline, H_2S , metilovani proizvodi žive i dr. Proces autopurifikacije vrši zajednica koja predstavlja ekološki sistem. Jak faktor predstavlja mikroorganizam *Bdellovibrio Bacteriovorus* sa visokom baktericidnom aktivnošću prema mnogim vrstama bakterija, pa i patogenim. Biohemijska oksidacija se prikazuje preko BPK (biološka potrošnja kiseonika). Sama sposobnost autopurifikacije je ograničena.

Pod uticajem fizičkih (razblaživanje, taloženje grubo-disperznih primesa), fizičko-hemijskih (koagulacija koloida), hemijskih (hidroliza, oksidoredukциони procesi) i bioloških procesa kvalitet vode u vodenim basenima se nakon određenog vremena poboljšava, tj. dolazi do samoočišćenja vode. U procesu samoočišćenja od organskih materija osnovna uloga pripada biološkim faktorima. U brzotekućim vodama samoočišćenje se odvija brže nego u vodama sa usporenim tokom. To je u vezi s boljom aeracijom vode, većom brzinom mešanja i oksidacije organskih materija.

Kao rezultat otpuštanja otpadnih voda dolazi do zagađenja vodenog toka, koje se manifestuje remećenjem životne aktivnosti organizama i izmenom kvaliteta vode. Dospevi u recipijent otpadne vode izazivaju povećanje zamućenosti vode, izmenu njenog hemijskog sastava, pH, smanjenje sadržaja rastvorljivog kiseonika, sniženje oksidoredukcionog potencijala, naglo povećanje brojnosti mikroorganizama, među kojima se mogu naći i patogeni.

Remećenje normalnog režima vodenog basena ogleda se, pre svega, u značajnoj potrošnji rastvorenog kiseonika. Otpadne vode ponekad nose sa sobom na hiljade mg/l suspendovanih materija. Proizvodne (industrijske) otpadne vode često sadrže materije koje su pogubne za vodene organizme. Sa komunalnim otpadnim vodama u vodene basene se pored lako razgradivih organskih jedinjenja unose i patogeni mikroorganizmi i helminti.

2. Procesi samoočišćenja

Pod uticajem fizičkih (razblaživanje, taloženje grubo-disperznih primesa), fizičko-hemijskih (koagulacija koloida), hemijskih (hidroliza, oksidoredukциони procesi) i bioloških procesa kvalitet vode u vodenim basenima se nakon određenog vremena poboljšava, tj., dolazi do samoočišćenja vode. U procesu samoočišćenja od organskih materija osnovna uloga pripada biološkim faktorima. U brzotekućim vodama samoočišćenje se odvija brže nego u vodama sa usporenim tokom. To je u vezi s boljom aeracijom vode, većom brzinom mešanja i oksidacije organskih materija.

Sedimenti površinskih voda takođe se podvrgavaju biohemijskoj razgradnji, ali se priroda toka tih procesa razlikuje od onih u vodenoj masi. Mulj je dobar sorbent organskih materija i na njegovoj površini se odvijaju intenzivni biohemijski procesi. Poznate su tri grupe biocenoza dna:

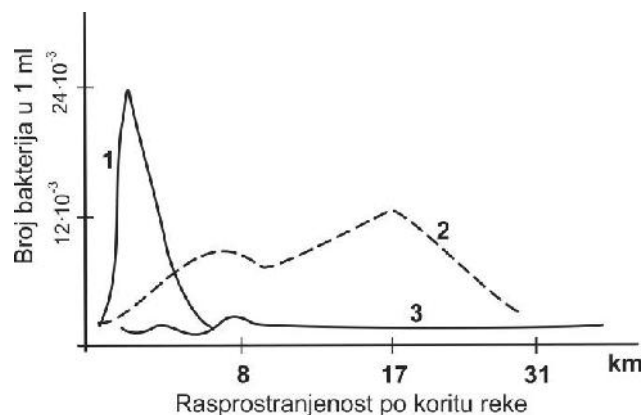
- deponenti organske materije;
- mineralizatori;
- fosilizirajući oblici.

U slabozagađenim vodama dno je u osnovi naseljeno mineralizatorima (do 90%). U veštačkim kanalima, obloženim kamenom i betonom, stvaraju se uslovi za razvoj hidrobionata - deponenata. Mineralizacija organskih materija kod njih je otežana. Uslovi za skladištenje organskih materija stvaraju se i u akumulacijama. S povećanjem sadržaja organskih materija u vodama intenzivira se razvoj mineralizacione grupe mikroorganizama.

3. Brzina i intenzitet samoočišćenja u zavisnosti of temperature i tok energije u jednom ekološkom sistemu

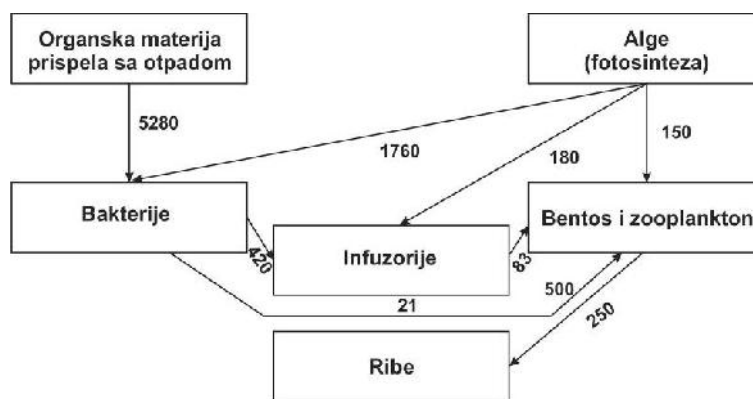
Brzina i intenzitet procesa samoočišćenja zavise od temperature. Pri temperaturi vode od 10°C najveća brojnost bakterija obično se zapaža posle 50 časova, a pri temperaturi 20°C nakon 24 časa. U zavisnosti od hemijske prirode materija koje se razlažu, prisustva toksičnih materija i drugih faktora, maksimalan razvoj bakterijske mikroflore može se donekle menjati tokom vremena. Na slici 1 je prikazana promena broja bakterija u procesu samoočišćenja koji se odvija u reci u zavisnosti od godišnjeg doba (odnosno, temperature vode).

Proces samoočišćenja vode pri značajnijem zagađenju prolazi kroz sve zone saprobnosti uz odgovarajuću smenu biocenoza. Razlaganje organskih materija u aerobnim uslovima vrše mikroorganizmi oksidacijom složenih organskih jedinjenja ugljenika, azota, sumpora, fosfora, gvožđa i drugih elemenata do prostijih neorganskih oblika. U anaerobnim uslovima nastaju proizvodi razgradnje koji mogu biti toksičniji od polaznih materija kao što su, na primer, merkaptani, organske kiseline, H₂S, metilovani proizvodi žive i dr. Osnovnu ulogu u samoočišćenju vodenih basena od organskih biološko razgradivih materija imaju bakterije. Osim njih u tom procesu učestvuju alge, gljive i protozoe.



Slika 1. Promena brojnosti bakterijskog naselja u procesu samoočišćenja: 1-let; 2-jesen; 3-zima

Šema toka energije (kJ) u ekološkom sistemu jedne vodene sredine pokazuje karakter uzajamnih veza između različitih grupa hidrobionata:



Slika 2. Šema toka energije (kJ) u ekološkom sistemu jedne vodene sredine

Proces biološkog samoočišćenja voda vrši zajednica koja čini jedinstven ekološki sistem. Zagađenje vode toksičnim primesama ili bilo kakvo narušavanje celovitosti tog sistema doprinosi usporavanju ili potpunom zaustavljanju procesa samoočišćenja. Aktivnost biološkog samoočišćenja zavisi od uticaja faktora spoljašnje sredine, ali sposobnost samoočišćenja nije bezgranična. Faktori koji opredeljuju proticanje procesa samoočišćenja su kiseonični režim vode, pH i oksidoredukcioni potencijal. Pri koncentraciji kiseonika manjoj od 0,1-0,5 mg/l menja se pravac biohemijskih procesa.

Za normalnu životnu aktivnost vodenih organizama, koji učestvuju u procesima samoočišćenja, neophodno je prisustvo biogenih elemenata kao što su azot i fosfor. Praktično potpuni nedostatak azota u vodi zapaža se ponekad u periodu masovnog razvoja algi, što stvara nepovoljne uslove za bakterijsku oksidaciju bezazotnih organskih materija koje dospevaju u vodeni basen.

Uloga zooplanktona u procesima samoočišćenja sastoji se u smanjenju biomase i produkcije fitoplanktona. Istovremeno, proizvodi životne aktivnosti zooplanktona deluju stimulatивно na proces fotosinteze i prirast biomase fitoplanktona. Na taj način zooplankton u određenom smislu reguliše količinu fitoplanktona u vodenim basenima. Što se brže regenerišu biogene materije, iz organskih materija unetih efluentom ili nastalih kao rezultat aktivnosti životinjskih organizama (što se događa aktivnošću mikroorganizama-mineralizatora), to se intenzivnije odvija proces samoočišćenja.

U procesu samoočišćenja važnu ulogu imaju i više biljke. Vodene biljke poboljšavaju sanitarni režim vodenog basena i energično troše neorganske oblike biogenih elemenata. Međutim, pri njihovom masovnom razvoju dolazi do zarastanja vodenog okna (kanal, akumulacija) i u periodu odumiranja zapaža se samozagađenje vodenog basena biljnim ostacima (eutrofizacija).

Veliki udeo u razlaganju organskih materija imaju obraštajni mikroorganizmi. Uloga algi ogleda se u produkciji kiseonika i stvaranju povoljnih uslova za mikroorganizme koji vrše oksidaciju organskih materija. Osim toga, neke alge su sposobne da koriste organska jedinjenja kao hranljive materije. Protozoe imaju sposobnost uklanjanja fine suspenzije i koloidnih primesa, kao i uništavanja bakterija. Broj bakterija koje protozoe mogu preraditi iznosi 300.000 ćelija po jedinki. Rotorije i niži račići potpomažu koagulaciju i taloženje suspendovanih materija.

Jak biološki faktor samoočišćenja vodenih basena i zemljišta je mikroorganizam – *Bdellovibrio bacteriovorus* (“bakterija pijavica”) izolovana iz zemljišta. Ovaj mikroorganizam poseduje visoku baktericidnu aktivnost u odnosu na mnoge vrste bakterija, pa i patogenih. Za razliku od bakteriofaga, koji takođe imaju značajnu ulogu u procesima bakterijskog samoočišćenja voda od bakterija, *Bdellovibrio* nema specifično dejstvo i hrani se ne samo živim već i mrtvim bakterijama. Izdvojeno je nekoliko sojeva *Bdellovibrio* među kojima su svi posedovali sposobnost liziranja bakterija. Ovi mikroorganizmi mogu opstati u rečnoj vodi do 200 dana.

Mikroorganizmi imaju sposobnost akumulacije radioaktivnih izotopa. Pesticidi, površinski aktivne materije i soli teških metala, koji dospevaju u vodene basene, doprinose inhibiranju procesa biološkog samoočišćenja, a pri dosta visokim koncentracijama izazivaju odumiranje organizama biocenoza.

U procesu samoočišćenja voda neke lakooksidirajuće organske materije mogu se podvrgavati hemijskoj oksidaciji. Međutim, osnovni deo organskih zagađenja završava se nitrifikacijom. Hemijska oksidacija traje nekoliko časova i zavisi od prirode organskih neorganskih reduktanata, ako su prisutni u vodi. Biohemijska oksidacija organskih materija traje nekoliko dana. Njena brzina je ograničena koncentracijom organskih materija i zavisi od intenziteta dejstva faktora koji utiču na životnu aktivnost organizma. Ako se koncentracija organskih primesa želi izraziti preko BPK (biološka potrošnja kiseonika), onda brzinu njihovog razlaganja možemo

izraziti konstantom k . To je u vezi s tim što se biohemijska razlaganja osnovne količine organskih jedinjenja (~99%) opisuju jednačinom reakcije prvog reda ($C = C_0 \cdot e^{-kt}$), dobijamo

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{BPK_{2t}}{BPK_{2t} - BPK_t}$$

gde su:

- t - vreme (dan);
- $BPK_{2t} - BPK_t$ (za razliku vremena inkubacije uzoraka).

Na osnovu kinetičke jednačine prvog reda može se, takođe, izračunati stepen razlaganja organske materije, polazeći od toga da se jedan isti udeo polazne materije razlaže u jednakim vremenskim intervalima.

Sa otpadnim vodama u vodeni basen dospevaju i patogeni mikroorganizmi. Zbog toga procesi virusnog i bakterijskog samoočišćenja vodenih basena imaju vrlo važnu ulogu u sprečavanju pojave infekcijskih oboljenja.

U jako zagađenim otpadnim vodama, naročito u prisustvu toksičnih jedinjenja, patogeni mikroorganizmi odumiru dosta brzo. Vreme njihovog preživljavanja varira od nekoliko časova do nekoliko dana. Pri razblaživanju otpadnih voda dejstvo nepovoljnih faktora se smanjuje.

U odsustvu dobro razvijene mikroflore i mikrofaune u vodenom basenu patogeni mikroorganizmi mogu opstati u toku nekoliko meseci. Vreme preživljavanja mikroorganizama povećava se pri niskoj temperaturi. Tako, na primer, enteropatogene ešerihije u rečnoj vodi pri temperaturi od 4-6°C preživljavaju u toku 192 dana, pri 20°C – do 96 dana a pri 37°C – do 68 dana.

4. Zaključak

Na osnovu svih analiza moguće je izdvojiti sledeće grupe faktora koji uslovljavaju rokove preživljavanja patogenih mikroorganizama u vodi: 1. biološke osobine izazivača oboljenja; 2. količina mikroorganizama u vodenom basenu; 3. istovremeno dospevanje u vodeni basen bioloških supstrata iz prirodnog staništa; 4. osobenosti vodenog basena; 5. temperaturni faktor; 6. kompleks hidrometeoroloških faktora; 7. usputna mikroflora i hidrobionti (*Grigoreva, 1975*).

Pri velikom bakterijskom zagađenju vode patogenim mikroorganizmima vreme njihovog preživljavanja se povećava. To je moguće zahvaljujući prispelim česticama biološkog supstrata na kome se razvijaju patogeni mikroorganizmi. Patogeni mikroorganizmi, kao što su izazivači dizenterije i vibriion kolere, podnose zamrzavanje pa se mogu aktivirati u toplom periodu sledeće godine i izazvati infekciju.

U procesu samoočišćenja vodenih basena i biološkog očišćenja otpadnih voda značajnu ulogu imaju i bakteriofagi. Posle dejstva bakteriofaga ili drugih hidrobionata na patogene mikroorganizme zapaža se pojava atipičnih oblika. To je

neophodno konstatovati pri razmatranju uticaja bioloških faktora na preživljavanje patogenih mikroorganizama. Jakim baktericidnim dejstvom odlikuju se i proizvodi životne aktivnosti nekih algi i gljiva.

Bakterijama, pa i patogenim, hrane se protozoe, bičari, amebe, rotatorije, račići i crvi.

5. Literatura

- [1] Milojević M., Prečišćavanje industrijskih otpadnih voda (III deo), Građevinski fakultet, SGITJ, Beograd, 1989.
- [2] Nemerow, N.L. Industrial water pollution, Addison-Wesley publishing company inc. 1978.
- [3] Popel H.J. Aeration and Gas Transfer, Delft University of Technology, Delft, 1976.
- [4] Tedeschi S. Zaštita vodnih sustava i pročišćivanje otpadnih voda, Građevinski institut Zagreb, 1983.
- [5] Wilhelm v.d. Emde, Savremena primjena procesa sa aktivnim muljem u kondicioniranju otpadnih voda naselja i industrije, Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1973.

УСЛОВИ ПРИХРАЊИВАЊА И ДРЕНИРАЊА АКВИФЕРА МИНЕРАЛНЕ ВОДЕ ИЗВОРА „ГУБЕР“ У СРЕБРЕНИЦИ

THE CONDITIONS OF AQUIFER RECHARGE AND DRAINAGE OF THE MINERAL WATER SPRING "GUBER" IN THE TOWN OF SREBRENICA

ВАСО НОВАКОВИЋ¹, ЧАСЛАВ ЛАЧЊЕВАЦ², РАДИША ЛУКИЋ³,
МИЛАДИН ГЛИГОРИЋ⁴, РУЖИЦА ПЕТРИЧЕВИЋ⁵

Резиме: Заштита животне средине и посебно ресурса подземне воде је задатак, који се поставља пред државе и народе. При испуњењу ових задатака, свакако кључну улогу имају хидрогеолошка истраживања. Тумачење резултата хидрогеолошких истраживања и њихово публикување је начин да се режим и биланс подземних вода објасни и представи ширем кругу чинилаца, који својим дјелатностима могу да угрозе режим и биланс подземних вода.

Овим радом се, на основу геолошке грађе и евидентираних хидрогеолошких појава на терену, допунских теренских мјерења и резултата геофизичких истраживања методом рефрактивне сеизмике, те методом просторне анализе коришћењем софтвера ArcView, објашњавају хидрогеолошке карактеристике подручја извора, као и услови прихрањивања и дренирања аквифера минералне воде извора Губер код Сребренице. Посебно је анализирана позиција подземних просторија рудника у односу на значајне изворе минералне воде у ширем подручју.

Аутори су просторном анализом утврдили да постоји могућност утицаја експлоатације оловно-цинкане руде рудника Сасе на биланс и режим издани минералне воде изворишта Губер. У закључку овог рада се указује на неопходност санације изведених рударских просторија у зони заштите изворишта Губер.

Кључне речи: Сребреница, подземна вода, бања, заштита

¹ др Васо Новаковић, дипл.инж.геол, "ИПИН" Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Видовданска 48, Бијељина, Република Српска

² проф.др Часлав Лачњевац, дипл.инж.техн, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Немањина 6, Земун

³ Радиша Лукић, дипл.инж.геол. "ИПИН" Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Видовданска 48, Бијељина, Република Српска

⁴ др Миладин Глигорић, дипл.инж.техн. "ИПИН" Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Видовданска 48, Бијељина, Република Српска

⁵ Ружица Петричевић, дипл.прост.планер, сарадник "ИПИН" Институт за примијењену геологију и водоинжењеринг, Видовданска 48, Бијељина, Република Српска

Abstract: The protection of the environment and the resources of groundwater is a task set for the countries and nations. In fulfillment of these tasks, hydrogeological research certainly have a key role. Interpreting the results of hydrogeological research and their publishing is a way to explain and present a regime and balance of groundwater to the wider range of factors which can jeopardise the regime and balance of groundwater by their activities.

This work explains the hydrogeological characteristics of the spring area, as well as the conditions of aquifer recharge and drainage of the mineral water spring "Guber" near Srebrenica. This is done on the basis of geological structure and recorded hydrogeological occurrences on the field, additional field measurements and the results of research by the refraction seismic method and the method of spatial analysis using the ArcView software. The position of underground premises of the mine in respect to significant sources of mineral water in the wider area is especially analysed.

The authors have determined by the spatial analysis that there is a possibility of influence of exploitation of lead and zinc ore in the Sase mine to the balance and regime of the aquifer of mineral water spring "Guber". The conclusion of this work shows the necessity of sanation of performed mining premises in the protection area of the "Guber" spring.

Key words: Srebrenica, groundwater, spa, protection

1. Увод

Захваљујући свом физичко-хемијском саставу и љековитим својствима минералну воду Губера, званог и Велики (Црни) Губер, користили су још становници некадашњег римског рударског центра Домавија, који су код извора имали и купатило [7]. Ову бању су до рата 1992. год. посјећивали бројни пацијенти и гости из Босне и Херцеговине и са простора Балкана. На око 1300 m од извора Губер су подземне просторије рудника оловно-цинкане руде Сасе.

Управљање ресурсима подземне воде подразумејева добро познавање услова прихрањивања и дренажања аквифера [2]. Аутори овог рада, на основу хидрогеолошких карактеристика присутних стијенских маса, објашњавају услове прихрањивања и дренажања издани минералне воде и посебно могућност утицаја рударења на биланс и режим издани.

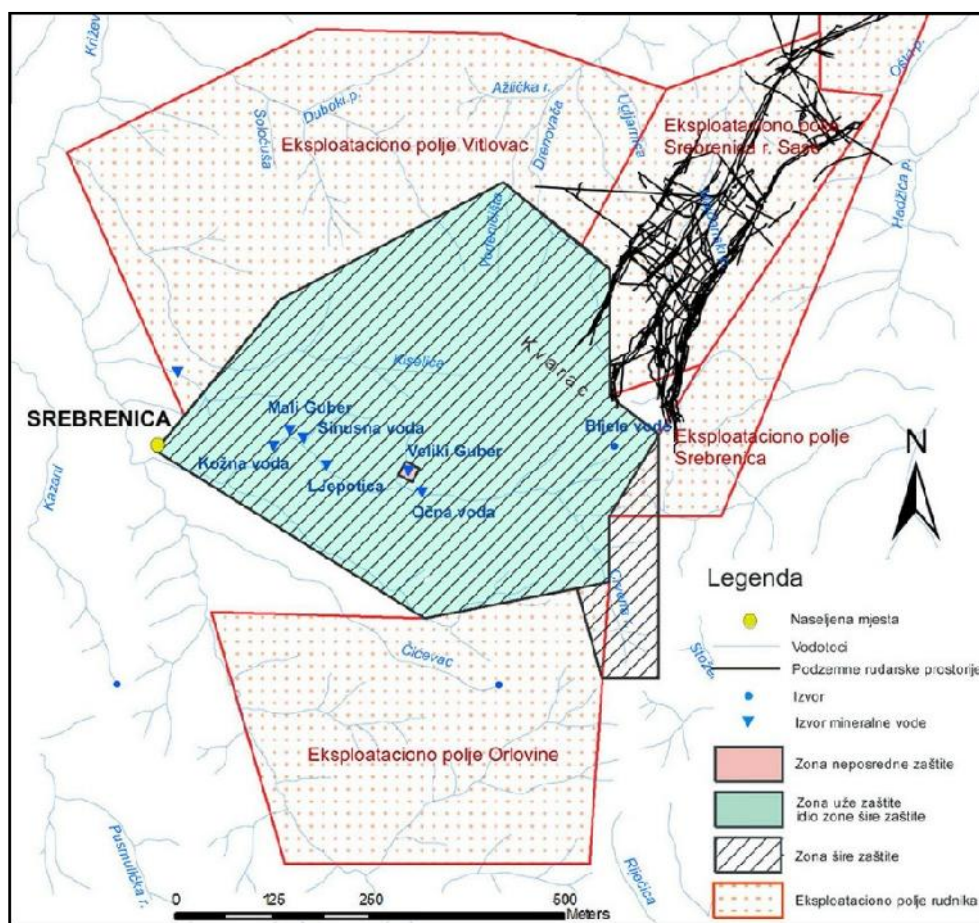
2. Географски положај извора Губер

Извор минералне воде Губер се налази на десној обали Црвене ријеке, на југозападној косини брда Кварац (1013 m), око 2,3 km узводно од Сребренице, у источном дијелу Републике Српске (сл. 1). Приближна кота извора је 596 m. На сјеверозападној косини брда Кварац је рудник Сасе, чије су подземне просторије већ ушле у зону заштите извора Губер у дужини око 465 m (слика 1). Сливна површина извора Губер је обрасла деградираном шумом.

На територији општине Сребреница је добро развијено рударство, слабије пољопривреда, а значајно је богато подземним водама. На подручју Динарида и Балкана уопште, постоје значајне појаве минералних и термалних вода, који представљају значајан потенцијал за развој здравственог туризма [3], [12]. Поред побољшања здравља, развој бање Губер би несумњиво довео и до раз-

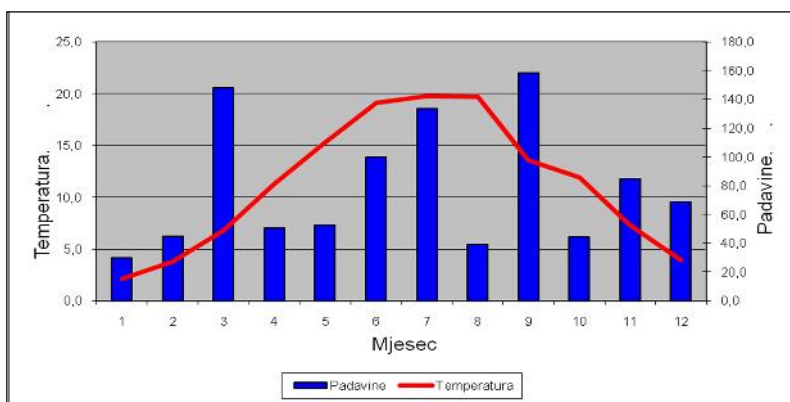
воја других привредних дјелатности као што су трговина, туризам, угости-тељство и др. Такође, бањска мјеста представљају и велике еколошке потен-цијале и природне ресурсе од националног значаја. Као таква, она захтијевају посебне мјере заштите што подразумјева ангажовање како јавног тако и приватног сектора [4], [9].

У Бањи Сребреница је 1990.г. регистровано укупно 16.800 туриста са остварених 320.000 ноћења. Међутим тај број је данас изузетно мали.



Слика 1. Позиција зона заштите извора минералне воде Велики Губер

Прва каптажа извора Губер је изведена 1889. године. Поред ријечног корита Црвене ријеке, од њеног извора до Сребренице, налази се још неколико извора минералне воде. То су Очна вода (узводно од Губера) и низводно од Губера - Љепотица, Синусна вода, Мали Губер и Кожна вода. Положај извора минералне воде у долини Црвене ријеке, његовог заштитног поља и експлоатационих поља рудника оловно-цинкане руде "Сасе" код Сребренице је приказан на слици 1.



Слика 2. Средње мјесечне температуре и падавине у Сребреници 2008. године

Сливно подручје Црвене ријеке, која пролази кроз Сребреницу, од њеног извора до ријеке Ћићавац, износи око $4,18 \text{ km}^2$ и пад корита од $10,99\%$. Дужина тока Црвене ријеке је око $4,32 \text{ km}$, обале ријеке су веома стрме, а рељеф је избраздан великим бројем повремених и мањим бројем сталних токова. Максимални протицај Црвене ријеке при десетгодишњој вјероватноћи износи:

$$Q_{1/10} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Просјечна вриједност падавина, на подручју Сребренице, је око $1.130 \text{ L/m}^2/\text{god}$. Средња годишња температура ваздуха у самој Сребреници, је износила у 2009.год. $10,8^\circ\text{C}$ (слика 2).

3. Методологија истраживања

Током утврђивања хидрогеолошких карактеристика присутних стијенских маса, дошло се до објашњења услова прихрањивања и дренажа издани минералне воде Губер и посебно могућност утицаја рударења на биланс и режим издани. Том приликом је, прије свега, извршено прикупљање и систематизација постојећих података о геолошкој грађи ширег подручја Сребренице [5]. Затим прикупљање, систематизација и анализа осталих постојећих података и подлога у вези са хидролошким и хидрогеолошким карактеристикама ширег подручја изворишта Губер [1], [6]. Извршено је дефинисање хидрогеолошке функције присутних стијенских маса, као и површинских и подземних вододјелница и смијера кретања подземне воде у складу са уобичајеном методологијом [10], [11].

Директним мјерењима на терену добијени су подаци о капацитету изворишта Губер при чему је извршена хидродинамичка анализа са израдом хидрограма у рецесионом периоду. Такође су обављена теренска мјерења температуре воде извора Губер и ваздуха током времена. За спровођење геофизичког испитивања подручја Губер је кориштена сеизмичка метода рефракције.

Приликом утврђивања могућности утицаја рударења на биланс и режим издани урађена је просторна анализа објеката. Ови објекти су веома значајни за сагледавање експлоатације оловно-цинкане руде рудника Сасе и услова заштите изворишта Губер. Посебно је анализирана позиција подземних просторија рудника и значајних извора минералне воде у ширем подручју.

Методологија истраживања је подразумевала и израду ГИС базе података, заједно са њиховим атрибутним параметрима. Извршен је унос тих података у ГИС, извршена њихова провјера и похрањивање у стандардним форматима релационих база података. Подаци су формирану у виду тачака, линија и полигона који су у ГИС бази просторно дефинисани коришћењем софтвера Arc-Gis.

4. Геолошка грађа

Највећи дио терена изграђен је од палеозојских, и у непосредном окружењу изворишта Бање Губер, од терцијарних творевина. Лежиште „Сребреница“ је жичног типа. Још од раније су познати рудници „Сребреница“ са већим бројем жица и рудних тијела. Жиле се налазе највећим дијелом у пропицитским дацитима, много рјеђе у андезитима, туфовима, турмалинизованим стијенама и палеозојским шкриљцима.

Тектонским покретима у терцијару (миоцену) створене су пукотине у које је касније одложена рудна супстанца. Лежиште је субвулканско-хидротермално, са највише елемената мезотермалног стварања. Од Губера и брда Оловине жиле су лезасто распоређене правцем СИ и СЗ. До сада су издвојене следеће парагенезе: кварц-турмалинско-каситеритске; кварцно-пиротинско-сфалеритно-галенитне; сидеритно-маркаситно-кварцне са сфалеритом и галенитом; кварцно-антимонитске и пиритно-галенитно-сфалеритне.

Досадашња истраживања су показала да је укупна минерализација и њена структура у великој мјери детерминисана утицајем два фактора: инфилтрације и специфичног утицаја, те петролошко-литолошког комплекса [8]. Испред минералних извора око Сребренице (В. Губер, В. и М. Кисјелица, М. Губер) талози се хидроксид гвожђа заједно са другим материјалом. Ови материјали се и сада стварају и развијају у правцу истицања воде ("лимонитне терасе") [1].

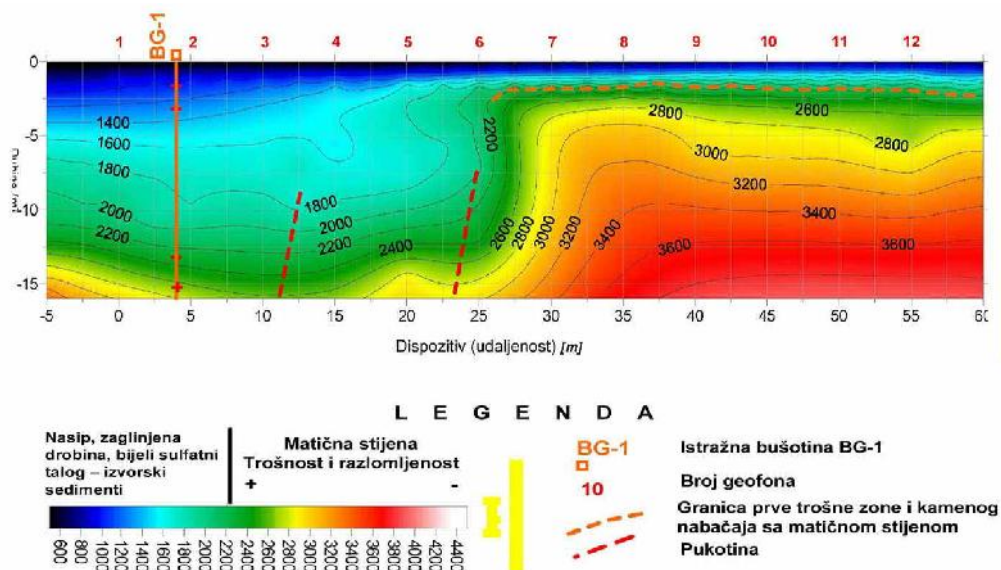
Најстарије присутне стијене у окружењу извора Губер су тзв. средње серије карбонске старости ($^2C_{1,2}$), које се веома поступно развијају из тзв. доње серије, са све већим учешћем пјешчара [5]. У средњој серији су заступљени: метапјешчари као доминантан литолошки члан.

Мање су заступљени филити, серицитски и глиновити шкриљци, док су веома ријетки серицитски кварцити и актинолитско-епидотски шкриљци. Јужни дијелови гребена брда Кварац и велике површине у ширем окружењу Сребренице су изграђене од стијена средње серије.

Дацити (αq) су представљени најчешће биотитским варијететима, затим амфиболитско-биотитским и биотитско-пироксенским. Имају холокрсталасто-порфирску, рјеђе хипокрсталасто-порфирску структуру. Ламеларно су грађени и показују зонарну грађу.

Дацити су присутни на површини терена, у подручју брда на обалама Црвене ријеке (код минералних извора Бање Губер). На лијевој обали западно од Којне воде и Малог Губера, дацити су слабо калцитисани и каолинисани.

Извори минералне воде су линијски распоређени, што индицира присуство расједних и испуцалих зона у дубљим дијеловима терена. Један такав је геофизички утврђен 2010. год. на простору између извора Губер и Црвене ријеке (слика 3).

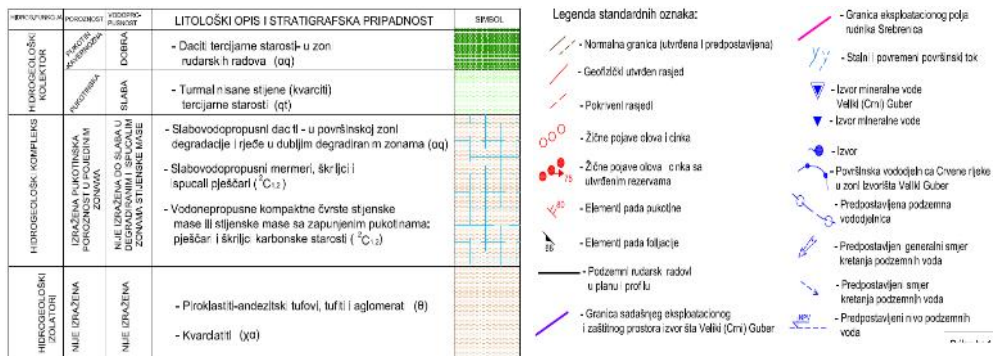
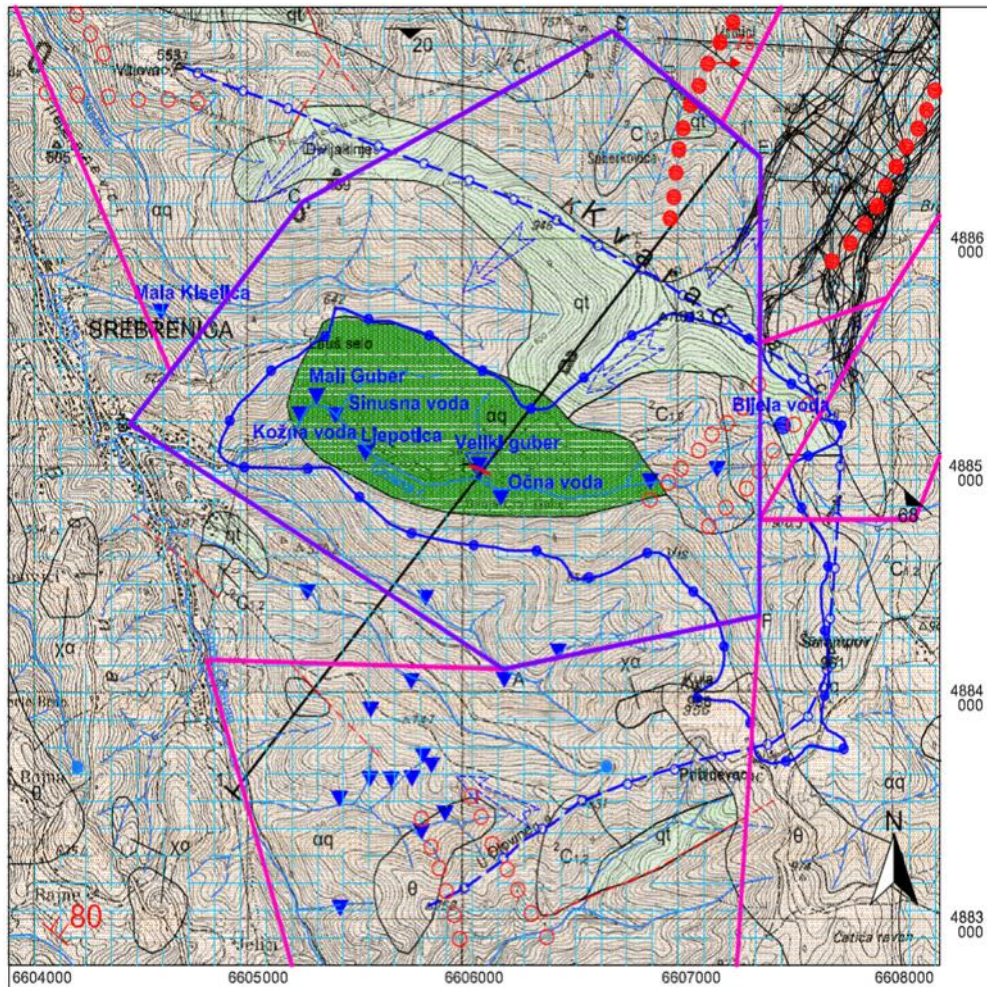


Слика 3. Рефракциони профил на косини између извора Губер и Црвене ријеке (Ж. Арсеновић, 2010)

Туфови (θ) се карактеришу највише бијелом бојом, међутим има их и црвенкастих, зеленкастих и сивих. Лаки су и упијају влагу. Структура им је алевропелитска. Изграђени су од фрагмената стакла и криптокрсталастих силицијских минерала као доминатних састојака.

Турмалинисани кварцити (qt) су откривени сјеверно од Сребренице, на потезу: Високи Кварц-Витловац. Пружају се у контактном појасу пропицитисаних и хидротермално измјењених дацита са палеозојским шкриљцима и пјешчарима.

У овом контактном појасу пнеуматолиза, а касније и хидротермални процеси, је захватила како даците, тако и шкриљце и пјешчаре тако да су то сада потпуно силификоване и турмалинисане стијене.



Слика 4. Хидрогеолошка карта ширег простора извора минералне воде Губер код Сребренице

5. Хидрогеолошке карактеристике присутних стијенских маса

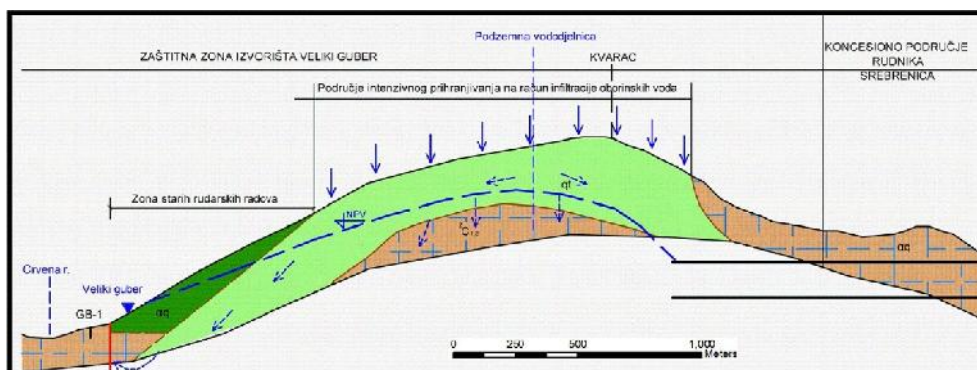
Према филтрационим карактеристикама разликујемо хидрогеолошке колекторе, а према типу порозности стијена на испитиваном терену су издвојени (слика 4):

- издани у оквиру водопрпусних стијена - аквифера од испуцалих дацита у зони рударских радова (qt) пукотинско-карстног типа порозности; у андезитима, туфовима, турмалинизираним стијенама и палеозојским шкриљцима.
- издани у аквиферу од слабоиспуцалих турмалинисаних стијена - кварцита, терцијарне старости са израженим пукотинским типом порозности, који су у ширем подручју саставни дио хидрогеолошког комплекса описаног у наставку текста,
- издани у оквиру хидрогеолошких комплекса (специфичног комплекса гдје се смјењују водопрпусне и водонепрпусне стијенске масе одн. хидрогеолошки изолатори и аквифери) који су изграђени од слабоводопрпусних испуцалих дацита, у површинској зони деградације и рјеђе у дубљим деградираним зонама (αq) и слабоводопрпусних мермера, испуцалих шкриљаца и испуцалих пјешчара карбонске старости (²C_{1,2}) и
- условно безводни дијелови терена, без изражене ефективне порозности, представљени водонепрпусним компактним чврстим стијенским масама или стијенским масама са запуњеним пукотинама: пирокластитима-андезитским туфовима, туфитима и агломератима (θ), кварцлатитима (χα), пјешчарима и шкриљцима карбонске старости (²C_{1,2}).

У цјелини посматрано комплекс хидрогеолошких колектора добре водопрпусности у зони старих рударских радова између Црвене ријеке и гребена брда Кварац и слабе водопрпусности у кварцитима и испуцалим стијенским масама карбонске старости, се може посматрати као јединствена издан.

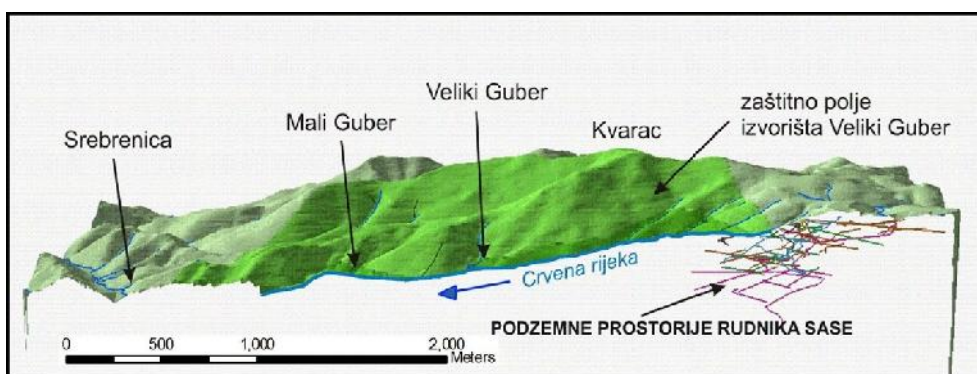
Ова издан се прихрањује инфилтрацијом воде од оборина у зонама високих брда, на којима су палеозојске стијене (дјелимично метаморфисане у терцијару) на самој површини терена. Имајући у виду да се ради претежно о кварцитима, који су хемијски врло отпорни на растварајуће дејство воде, вода је изузетно мале минерализације (Бијела вода) и по физичко-хемијском саставу одговара води за пиће.

Значајно је истаћи да смјер кретања подземне воде у свим дијеловима издани минералне воде није ка извору Губер, него само у зони између Црвене ријеке и брда Кварац, што има значај са аспекта одређивања подручја могућег директног загађења са површине терена, али индиректно познавање простирања издани има значаја за очување укупног биланса подземних вода ове издани.



Слика 5. Хидрогеолошки профил 1 - 1' на дијелу терена између извора Губер и рудника Сасе

У том смислу је значајно сагледати услове природног, али и вјештачког дренаирања издани преко старих и нових рударских радова (слике 5 и 6).



Слика 6. 3Д приказ морфологије терена са позицијом извора и подземних просторија рудника Сасе у зони експлоатационих поља Сребреница и Сребреница-рудник Сасе

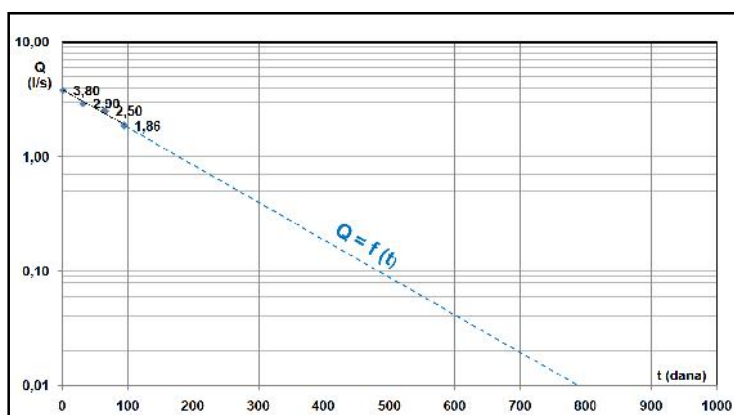
Извор Губер има капацитет од 1,86 до 3,8 L/s (2010. год.), а може се очекивати да се у изразито сушним годинама смањи испод 1 Ls (сл. 7). Минимални забиљежен капацитет овог извора је од 1,0 L/s из 1909. год. до 1931. год, затим 0,84 L/s из периода 2001. - 2004. год. и 0,91 L/s из 2007. год.

Анализом хидрограма извора у периоду мјерења капацитета извора од 02.08.2010. год. до 03.11.2010. год, једначина протичаја за извор Губер гласи:

$$Q_t = 0,0038 \times e^{-0,0076 t}$$

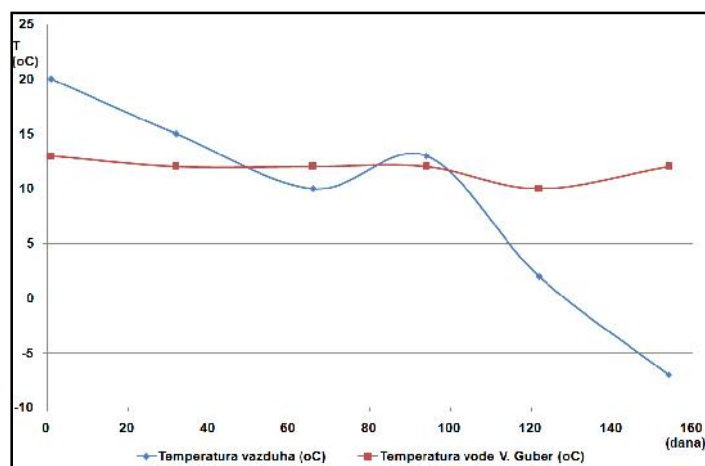
Прорачуном на основу дијаграма рецесије, добијамо вриједност резидуалних резерви подземне воде дијела издани минералне воде у зони изворишта Губер:

$$V_0 = 128.000 \text{ m}^3$$



Слика 7. Дијаграм криве рецесије извора Губер код Сребренице у периоду од 02.08.2010.г. до 03.11.2010.г.

Вода са извора Губер припада изразито сулфатном типу вода са повишеним садржајем гвожђа [1]. Вршена су и контролна мјерења капацитета, рН и Т на самом изворишту Губер у режији "IPIN" Института за примијењену геологију и водоинжењеринг у периоду од 02.08.2010. год. до 02.02.2011. год.



Слика 8. Дијаграм осцилација температуре минералне воде извора Губер и ваздуха у периоду од 02.08.2010.г. до 02.02.2011.г.

Вриједност рН фактора у истом периоду се кретала око 3,25 (3,18 до 3,3 l)

Вода има мирис на гвожђе, без боје је у тренутку узорковања, али врло брзо (из сата у сат) поприма жућкасту боју и долази до издвајања талога и лебдећих честица у води.

Температура воде у осматраном периоду 2010/11. год. се кретала (слика 8) од најниже забиљежене 10°C (01.12.2010. год.) до највише 13°C (02.08.2010. год.).

6. Хидрогеолошке карактеристике присутних стијенских маса

Дио подземних рударских просторија рудника Сасе се налази у подручју заштитног простора Губера (испод брда Кварац).

Кота извора Губер је на око 596 mпв. а кота рударских просторија у том дијелу је на 625 m и 708 m, што је далеко ниже од подземне вододјелнице односно нивоа подземне воде, ове јединствене издани. Ово значи да се издан минералне воде дренира у два супротна привилегована смјера кретања подземне воде: ка извору Губер (и др. изворима у његовој близини) и ка подземним рударским просторијама које су у заштитној зони Великог Губера, што доводи до снижавања нивоа подземне воде. Иако немамо податке мјерења дотицаја подземних вода у рударске просторије, ова појава се може претпоставити.

Иако су рударске просторије изван граница површинског слива зоне извора Губер, треба истаћи да, дуготрајно дренирање ове јединствене издани преко подземних просторија рудника Сасе, у њеном западном дијелу може довести до помјерања позиције подземне вододјелнице у плану и спори али стални пад нивоа подземне воде у профилу, што промјеном хидрауличког градијента у зони издани минералне воде извора Губер, индиректно утиче на његов и капацитет других извора који дренирају воду из овог дијела издани. Ово је приказано на хидрогеолошком профилу (слика 5). У наставку оваквог неконтролисаног ширења подземних просторија рудника Сасе, изван одобреног концесионог поља може доћи до дренирања подземних вода у смјеру Саса, кроз рударске просторије у заштитној зони, успореног али сталног тренда, снижавања природног нивоа подземне воде, пресушивања извора Бијеле Воде, помјерања подземне вододјелнице, смањења "сливног" подручја, смањења вриједности хидрауличког градијента, смањења брзине подземног тока ка извору Губер и у коначном смањења његовог капацитета и капацитета других извора на обалама Црвене ријеке, услед антропогених активности у заштитној зони извора.

7. Закључна разматрања

Дренирање јединствене издани извора Губер код Сребренице и издани пите воде у аквиферу на локацији брда Кварац, преко подземних просторија рудника Сасе, у њеном западном дијелу може довести до помјерања позиције подземне вододјелнице у плану и спори али стални пад нивоа подземне воде у профилу, што промјеном хидрауличког градијента у зони издани минералне воде извора Губер, индиректно утиче на његов и капацитет других извора који дренирају воду из овог дијела издани.

Из наведеног разматрања услова прихрањивања и дренирања аквифера извора минералне воде Губер, намеће се потреба заштите биланса минералних вода, односно капацитета изворишта Губер санацијом већ изведених подземних рударских просторија у зони заштите изворишта Губер.

8. Литература

- [1] Дангић, А, Arsenic in surface and groundwater in central parts of the Balkan Peninsula (SE Europe). In: Arsenic in soil and groundwater environment-biogeochemical interactions, health effects and remediation, 2007.
- [2] Дукић, Д. и Гавриловић, Љ, Хидрологија, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2006
- [3] Гајић, М. и Вујадиновић, С, Размештај и могућности кориштења термалних и термоминералних вода у Мачви, Гласник Српског географског друштва, 89(3), 121-124, 2009
- [4] Јовичић, Д, Стање и перспективе развоја бањског туризма у Србији. Гласник Српског географског друштва, 88(4), 3-16, 2008
- [5] Кубат, И, Тумач ОГК СФРЈ, лист Љубовија 1:100 000. Савезни геолошки завод, Београд, 1977
- [6] Kaluarachi, J. J., Parker, J. C. и Lenhard, R. J, A numerical model for areal migration of water and light hydrocarbon in unconfined aquifers, Advanced Water Resources, 13, 29-40, 1990
- [7] Лeko, М., Шчербаков, А. и Јоксимовић, Х, Лековите воде и климатска места у Краљевини СХС. Министарство здравља, Београд, 1922
- [8] Манојловић, П, Природни фон минерализације текућих вода Србије, Зборник радова Географског факултета, 68, 27-40, 1998
- [9] McGhee, T. J, Water resources and environmental engineering. New York, McGraw-Hill, 1991
- [10] Петровић, Д. и Манојловић, П, Геоморфологија, Географски факултет, Београд, 1977
- [11] Schwartz, F. A., и Domenico, P. A, Physical and chemical hydrogeology, New York, NY, John Wiley and Sons, 1997
- [12] Станковић, М. С, Вода као оквир и основа савременог туризма. Гласник Српског географског друштва, 71(2), 69-80, 1991

EXAMINATION OF THE CONTENTS OF HEAVY METALS IN THE WATERS OF RIVER VARDAR

SADRŽAJ TEŠKIH METALA U VODAMA REKE VARDAR

BLAGICA CEKOVA¹, SUZANA TEMELKOSKA², LENCE CEKOVA³

Abstract: As an environmental medium, earth's water has an essential role in the creation and sustainability of life on Earth. The water is practically a source of Life. It is known that the hydrosphere was essential in the creation of biosphere. For millions of years, the water circulates through all aggregate states and provides for other life sustaining cycles. On the other hand, the water can be unpredictable and cause significant damage to all that has previously been created. This behavior can be caused by natural processes, but also can be result of uncontrolled human activities. Humans tend to consider themselves as the center of nature and fail to recognize that uncontrolled development can put in question the very existence of the civilization. Water pollutants are released from settlements (communal wastewater), industry (heavy metals, organic pollutants), mining (heavy metals, various minerals), oil industry, agriculture (nitrates, heavy metals) etc.

Increased water pollution with heavy metals corresponds to the emergence of the industrial revolution. It is the development of heavy metals industry that continually increases the emission of heavy metals, which remains as one of the biggest pollutants of receiving waters. In the frames of this work, the qualitative results of the heavy metals presence will be examined (Cu, Cd, Fe, Mn, Pb and Zn).

Key words: pollution, heavy metals, wastewater

Резиме: Као медиј животне средине, Земљина вода има битну улогу у стварању и одрживости живота на Земљи. Вода је практично извор живота. Познато је да хидросфера била од суштинског значаја у процесу стварање биосфере. За милионе година, вода циркулише кроз свих агрегатних стања и обезбеђује неопходне услове за одржавање осталих животних циклуса. С друге стране, вода може бити непредвидива и изазвати значајну штету на све што је претходно створила. Ово понашање може бити изазвано природним процесима, али такође може бити резултат неконтролисаних људских активности. Људи имају тенденцију да себе сматрају центром природе и не успевају да препознају да неконтролисан развој може довести у питање само постојање цивилизације. Загађивачи вода су пореклом из насеља (комунални отпадне воде), индустрије (тешки метали, органски загађивачи), рударства (тешки метали, разни минеа-

¹ Blagica Cekova, MIT University, Faculty of environmental resources management, Treta Makedonska brigada bb, Skopje Macedonia

² Suzana Temelkoska, Euromak-kontrol, Vasil Gjorgjov 29, Skopje, Macedonia

³ Lence Cekova¹ MIT University, Faculty of environmental resources management, Treta Makedonska brigada bb, Skopje Macedonia

рали), нафтне индустрије, пољопривреде (нитрати, тешки метали) итд. Повећана загађеност воде тешким металима одговара појавом индустријске револуције. Развој тешке индустрије метала стално повећава емисију тешких метала, који претставља један од највећих загађивача воде. У оквиру овог рада, дати су квалитативни резултати присуства тешких метала (Cu, Cd, Fe, Mn, Pb и Zn).

Кључне речи: загађење, тешки метали, отпадне воде

1. Introduction

Metals like chemical elements are widespread in the nature. They are contained in the rocks, minerals, soil, water and in the air. Around 80 elements of total know are metals. Heavy metals have multiple significance. They are an important raw material for many industrial branches, some of them are necessary for living organisms, have favorable influence on productivity in agriculture but most of them often are environmental pollutants. Heavy metals in form of fine dust particles can reach to atmosphere and from there affected by other factors can fall in the water and on the ground. In the water like hardly soluble carbonates, sulfides and sulfates are depositing on water living organism's bodies [1, 2].

By toxicity, heavy metals are divided in several groups according to the impact they have on living organisms – ecotoxicity. The toxicity of heavy metals depends of their physical – chemical and biochemical properties, alike: solubility, stability, the chemical form in which they appear, capacity to react with biologic ligands and building complex compounds and of their electrochemical properties. The toxic action of the heavy metals, especially mercury, lead and cadmium, is result of their affinity for proteins. Intake of heavy metals presented in the water by living organisms depends by several factors: the form of the metal, the presence of other toxicants, environmental factors, living organism's condition and their behavior. In this scientific paper will be presented the results of the researches on heavy metals copper, cadmium, iron, manganese, lead and zinc, their quantitative representation, temperature and pH of the taken samples (T-1 to T-10) from middle course of river Vardar [2].

2. Experimental part

The river Vardar is the longest and the most significant river in Republic of Macedonia. Vardar has 388 kilometers length but only 301,6 km are on our territory. Interesting for Vardar's middle course is that his water is already formed by the source and his tributaries in the upper course, so Vardar gets burdened by all omissions from settlements and the industry near him. Measuring the parameters is the responsibility of UHMR. The results of the researches for temperature and pH are given in table 1, and for elements Cu, Cd, Fe, Mn, Pb and Zn are given in table 2 and 3.

Table 1. Parameters for t and pH

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
T (O°C)	12,25	11,12	13,16	14,33	13,51	14,81	15,87	17,94	16,36	16,23
pH	7,61	7,60	7,70	7,78	7,65	7,57	7,51	6,13	7,51	7,80

Table 2. (Medium, minimal and maximal values on the content of heavy metals in epilithonot, 10 places for taking samples during the researches)

	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Cd (meg/L)	0.35 (0.15-3.5)	0.24 (0.05-0.55)	0.17 (0.1-0.25)	10.05 (3.60-17.85)	5.00 (0.60-7.85)	3.14 (1.35-8.05)	62.93 (41.32-83.9)	21.05 (5.25-29.0)	2.98 (1.60-4.30)	1.96 (1.80-2.15)
Co (meg/L)	5.81 (4.88-6.65)	8.46 (7.60-9.75)	9.33 (8.55-10.30)	11.18 (8.85-12.95)	11.11 (9.05-15.80)	11.90 (10.7-17.6)	13.35 (10.7-17.6)	11.98 (9.80-13.95)	11.76 (10.95-13.8)	12.28 (11.7-12.95)
Cu (meg/L)	42.74 (26.20-73.3)	31.22 (25.65-41.8)	34.43 (30.5-40.1)	49.11 (32.20-61.3)	20.95 (17.30-25.6)	24.89 (21.2-32.15)	102.01 (94.8-119.5)	68.55 (44.5-115.7)	32.34 (11.8-21.40)	25.76 (24.05-27.5)
Fe (meg/L)	6.73 (5.37-8.95)	12.42 (11.9-13.96)	16.28 (11.8-21.40)	20.82 (17.99-25.4)	14.45 (11.55-19.3)	18.03 (10.9-25.41)	21.06 (19.85-25.5)	20.57 (19.25-21.7)	23.24 (20.5-26.27)	20.34 (19.26-21.1)
Mn (meg/L)	438.1 (338.8-66.3)	771.5 (659-914)	1667.9 (1145-2399)	1343.7 (943.8-2114)	1095.3 (981-1202)	1046.3 (965-1150)	1255.9 (1093-1337)	971.7 (601-1325)	1381.7 (1273-1496)	923.4 (636-1113)
Pb (meg/L)	7.26 (4.50-12.0)	15.29 (9.15-20.00)	13.13 (9.50-16.50)	20.94 (17.75-25.5)	19.94 (18.50-23.0)	24.30 (20.50-31.5)	247.63 (107.5-595)	50.50 (46.0-56.60)	28.31 (26.25-29)	22.74 (19.75-28.0)
Zn (meg/L)	113.10 (67.5-17.9)	65.74 (54.2-72.5)	64.33 (53.7-75.63)	160.48 (126.9-200)	107.19 (88.5-148.8)	128.94 (82.5-165.0)	1619.53 (320.5-2743)	299.18 (255-316.3)	204.64 (166.3-261)	129.13 (90.0-230.0)

Table 3. (Medium, minimal and maximal values on the content of heavy metals in Cladophora, 9 places for taking samples during the researches)

	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Cd (mcg/L)	0.50 (0.01-1.30)	0.75 (0.01-3.12)	1.38 (0.1-3.97)	1.55 (0.1-7.39)	1.1 (0.1-10.15)	166.36 (12.99-237.9)	31.31 (0.560-67.37)	8.78 (0.1-31.95)	5.11 (0.1-15.83)
Co (mcg/L)	1.54 (0.30-2.48)	3.91 (0.1-4.55)	4.27 (0.1-8.75)	5.31 (0.1-11.17)	4.45 (0.1-10.15)	6.19 (0.25-18.32)	8.33 (2.50-22.6)	3.83 (1.9-12.1)	2.78 (0.2-7.3)
Cu (mcg/L)	18.50 (9.52-28.5)	20.83 (14.43-33.05)	46.58 (12.9-153.3)	29.48 (18.98-45.4)	29.74 (14.95-37.19)	68.42 (16.55-206.5)	52.22 (15.5-143.8)	26.08 (11.90-52.6)	31.69 (11.37-52.6)
Fe (mcg/L)	7.78 (3.58-12.8)	7.67 (2.56-11.78)	7.46 (4.06-12.91)	6.96 (3.58-11.57)	6.31 (4.20-9.13)	10.65 (4.20-17.7)	12.77 (4.91-20.42)	9.27 (3.72-12.06)	9.76 (3.84-16.85)
Mn (mcg/L)	699.2 (272-1258.8)	1035.5 (230.3-3244)	887.9 (226.4-1773)	866.4 (206.6-1939)	1141.0 (336.3-2112)	2094.2 (411.3-6214)	1332.2 (273-2241)	1079.5 (285-2773)	625.4 (191.25-1668)
Pb (mcg/L)	31.70 (9.50)	33.81 (6.0-76.5)	53.53 (18.0-213.5)	60.49 (11.1-151.1)	41.67 (27.49-92.0)	259.97 (71.5-891.8)	195.28 (55.5-591.7)	57.16 (31.0-102.0)	46.60 (7.0-86.0)
Zn (mcg/L)	36.47 (20.3-72.1)	62.60 (28.27-140.4)	138.18 (33.07-239.6)	194.36 (51.3-322.2)	115.43 (28.10-197.5)	1385.41 (265.3-5049)	372.23 (92.0-382.9)	163.75 (92.0-382.9)	145.18 (35.86-264)

3. Conclusion

Heavy metals are presented in water as a result of natural and anthropogenic sources. The attendance of heavy metals in the water has harmful impact for all living organisms in the aquatic eco – system. The biggest pollution in middle course has origin in the omissions of industrial and waste water.

Measurements show high concentrations of presented heavy metals in the water and in the living organisms. By this reason it is necessary entirely implementation of the integrated approach in the management with water resorurces in Republic of Macedonia.

4. Literature

- [1] Mulev M, Zastita na zivotnata sredina, Borldbuk, Skopje, 1997
- [2] Levkov Z., Krstic S, Use of algae for monitoring of heavy metals in the River Vardar, Macedonia, Mediterranean Marine Science, 2002

PROVERA TOPOLOGIJE MODELA VODOVODNIH SISTEMA METODOM ZATVARANJA ZATVARAČA

WATER DISTRIBUTION NETWORK MODELS TOPOLOGY VALIDATION BY CLOSING VALVES METHOD

SLOBODAN PANTIĆ¹, NEMANJA BRANISAVLJEVIĆ²,
DUŠAN PRODANOVIĆ³

Rezime: Procedura razvoja matematičkog modela vodovodnog sistema podrazumeva brojna pojednostavljenja, čime se narušava direktno preslikavanje stanja u sistemu na model, pa se često, u ranim fazama formiranja modela, karakteristike modela ne poklapaju potpuno sa stanjem na terenu. Čak i kada se u procesu kalibracije modela dobijaju prihvatljive reprodukcije merenih vrednosti, za pojedine napredne analize, neophodna je veća pouzdanost predikcija. Primer takvih analiza predstavljaju i analize izmenjenog stanja sistema. Zbog toga je neophodno matematički model potvrditi prema stanju na terenu. Razlike između stanja u stvarnom sistemu i predikcijama modela uglavnom potiču od dva izvora: 1. neadekvatnih čvornih potrošnji i 2. topologije sistema, tj. rasporeda cevi, zatvarača i ostalih elemenata mreže. U ovom radu je prikazana procedura potvrđivanja topologije modela vodovodnih sistema zatvaranjem zatvarača i merenjem pritiska u pojedinim delovima mreže. Pod topologijom se podrazumevaju raspored cevi i stanja zatvarača, dok su ostali elementi smatrani adekvatno prikazanim. Raspored i veličina čvornih potrošnji se smatraju dovoljno precizno određenim i nisu uzimani u obzir. Metodologija je potvrđena na problem analize odvajanja osnovnih zona bilansiranja u vodovodnom sistemu grada Novi Sad.

Ključne reči: modeli vodovodnih sistema, testiranje modela

Abstract: In the early stages, the development of water distribution networks mathematical models comprises number of conceptualizations, distorting the equivalence between the model and the true state of the system. Even when, after model calibration, the acceptable model predictions are obtained, for certain advanced and complex analysis, like the analysis of the model of topologically changed system, the model reliability should be improved. Therefore, to improve the model reliability, it is recommended to validate the model according to the state of the real system. Discrepancies between the mathematical model and the system net

¹ Slobodan Pantić, master inž. građ, Energoprojekt Visokogradnja ad, Bulevar Mihajla Pupina 12, Novi Beograd

² dr Nemanja Branislavljević, dipl. inž. građ, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

³ prof. dr Dušan Prodanović, dipl. inž. građ, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

work mainly originate from two sources: 1. user demands and 2. the network topology (e.g. structure of the pipes, valves and the rest of the system elements). In this paper is presented the methodology of model network topology validation by closing valves method and observing pressures in specific nodes of the network. As the network topology only the pipes disposition and the valves settings are considered. The methodology is tested on the case study of determining the district metering areas in the water distribution network of town Novi Sad.

Key words: water distribution network models, model validation

1. Uvod

Model vodovodnog sistema predstavlja uprošćen i konceptualizovan prikaz stvarne vodovodne mreže, pa se prema tome i predikcije u vidu pritiska i protoka mogu uzimati u obzir samo uslovno, tj. samo onda kada struktura modela odgovara očekivanoj detaljnosti zahtevane analize. U jednom od koraka u proceduri modeliranja se, procesom skeletonizacije, struktura vodovodne mreže pojednostavljuje do određenog nivoa, dok se verna reprodukcija sistema modelom postiže podešavanjem kalibracionih parametara. Nivo skeletonizacije zavisi kako od zahtevane analize u kojoj se kroz model dolazi do određenih informacija, tako i od nivoa detaljnosti raspoloživih podloga.

Raspored cevi sa pratećim atributima (prečnici, materijal, dužina, itd.), kao i ostali elementi mreže (zatvarači, rezervoari, pumpna postrojenja, itd.) čine topologiju mreže vodovodnog sistema. Neretko se u procesu skeletonizacije mreže topologija mreže sa terena na model ne prenese verno, čime se unese greška u deo predikcije modela. U tom slučaju, neophodno je sprovesti detaljna, lokalna ispitivanja i provere na terenu uz pomoć postojećeg, približnog, modela u cilju otklanjanja nepravilnosti.

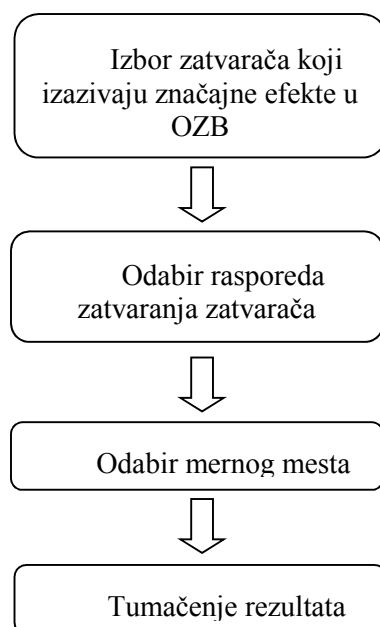
U ovom radu se predstavlja metodologija unapređenja matematičkog modela vodovodne distributivne mreže proverom topologije i formiranjem testova koji bi, sprovedeni na terenu, doneli najviše informacija o stanju topologije modela. Testovi koji se u ovom radu razmatraju su testovi zatvaranja zatvarača u mreži i provere pada pritiska u pojedinim delovima mreže. Oni podrazumevaju izbor zatvarača, raspored zatvaranja zatvarača, raspored mernih mesta u mreži i očekivanih visina pritiska. Na osnovu modela testova i njihove primene na terenu moguće je dalje formirati scenarije mogućeg stanja u mreži i uporediti predikcije modela i stanje stvarnih pritisaka na terenu.

Metodologija je ilustrovana primerom korišćenja modela za potrebe simulacije odvajanja jedne Osnovne zone bilansiranja (OZB) od ostatka mreže [1, 2]. Poseban akcenat je stavljen na potvrđivanje topologije modela, obzirom da analiza kako odvajanja tako i dalje upotrebe i izračunavanja bilansa na novonastaloj OZB u velikoj meri zavisi od veze OZB sa ostatkom mreže i stanja zatvarača i merača na tim vezama [4]. Metodologija potvrđivanja topologije je sprovedena na jednoj OZB vodovodne mreže grada Novi Sad, pri čemu je korišćen model čija topologija

približno odgovara katastru cevi registrovanog u geografskom informacionom sistemu vodovoda.

2. Metodologija

Predložena metodologija provere topologije modela vodovodnog sistema podrazumeva postojanje "približnog" matematičkog modela, tj. modela koji pruža približne predikcije uz sumnju da one ne odgovaraju u potpunosti stanju na terenu. Razlike između predikcija modela i stanja na terenu uglavnom potiču od dva izvora: 1. čvornih potrošnji i 2. topologije sistema. Pod topologijom se podrazumevaju kako raspored cevi i stanja zatvarača, tako i raspored i povezanost ostalih elemenata mreže. Raspored i veličina čvornih potrošnji se smatraju dovoljno precizno određenim i nisu uzimani u obzir. Procedura provere topologije mreže modela vodovodnih sistema prikazana je na slici 1.



Slika 1. Metodologija provere topologije modela vodovodnog sistema

Nekada postoje i mogu se definisati potencijalna neslaganja između topologije modela i stanja na terenu i ta neslaganja obično potiču od nedoumica koje postoje u procesu formiranja modela. Zbog toga je neophodno istražiti i definisati potencijalna neslaganja modela i stanja na terenu. Ukoliko ona postoje, metodologiju je potrebno prilagoditi rešavanju tih potencijalnih problema. Ukoliko ona ne postoje, metodologiju je potrebno sprovesti u pravcu opšte provere topologije OZB i njene veze sa ostatkom mreže.

Prvi korak metodologije podrazumeva odabir zatvarača čijim zatvaranjem se unosi značajan poremećaj pritiska i protoka u mreži. Na taj način se sužava izbor zatvarača koji učestvuju u analizi na samo one koji izazivaju promene pritiska i protoka u mreži. Obzirom da promene pritiska i protoka u mreži zavise i od dinamike (rasporeda) zatvaranja zatvarača, u drugom koraku je neophodno definisati raspored zatvaranja zatvarača.

Cilj metodologije je da se odredi dinamika zatvaranja zatvarača koja može da pruži najviše informacija o potencijalnim neslaganjima u topologiji modela i mreže na terenu. Glavni kriterijum ove metodologije je broj promena vrednosti pritiska u pojedinim čvorovima mreže.

Odabir čvora mreže u kome je neophodno postaviti uređaj za merenje pritiska, prema predloženoj metodologiji, moguće je sprovesti metodom probanja na postojećem modelu. Ipak, ukoliko ne postoje ciljane potencijalna neslaganja modela i stanja na terenu, nekoliko smernica se može izdvojiti:

- Izbegavati čvorove za koje je zatvarač vezan.
- Odabrati čvor na cevi većeg prečnika (smanjen uticaj varijacije potrošnje).
- Odabrati čvor na cevi dalje od velikog potrošača (na taj način se izbegavaju velike promene u pritisku usled promene potrošnje).

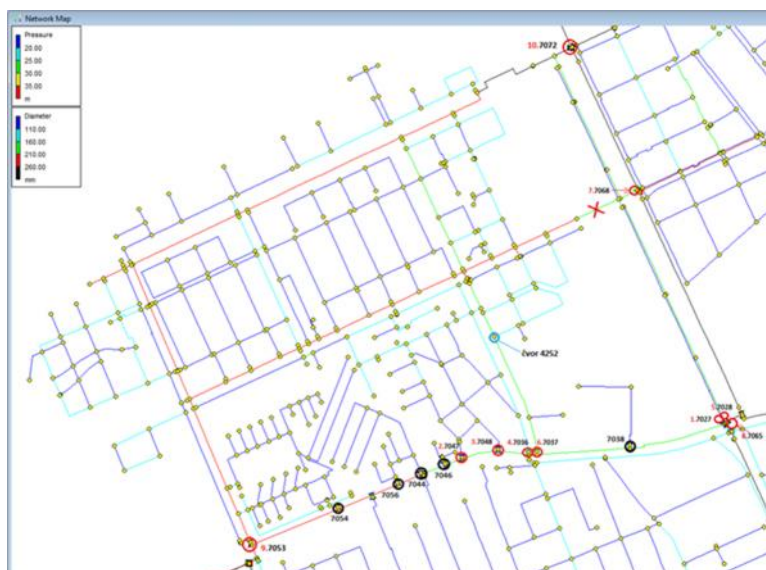
Ukoliko postoje potencijalna neslaganja modela i mreže na terenu, odabir me-
rnih mesta je neophodno sprovesti tako da se za različite varijante mogućih to-
pologija dobiju različite vrednosti pritiska.

Poslednji korak metodologije podrazumeva postojanje pretpostavke o pote-
ncijalnim neslaganjima topologije u modelu i na terenu. Promenama topologije u
modelu moguće je proveriti kakav se šablon pritiska očekuje za različite alternative
topologije mreže. Ukoliko pretpostavke o potencijalnim neslaganjima ne postoje,
neophodno je prema merenjima na terenu naći adekvatne razlike.

3. Primer

Metodologija provere topologije modela vodovodne mreže je ilustrovana pri-
merom jedne osnovne zone bilansiranja (OZB) vodovodne mreže u Novom Sadu
(slika 2). Celokupni model vodovodne mreže grada Novi Sad se sastoji od 6.543 cevi
i 5.791 čvorova. Konkretno posmatrana OZB (prikazana na slici 2) ima 472 cevi,
401 čvor i 15 ulaza koji će u budućnosti biti opremljeni zatvaračima pomoću kojih
će se OZB odvojiti od ostatka mreže. Preciznije gledano, neki od zatvarača su ključni
za delove posmatrane zone i njihovim zatvaranjem bi se potpuno obustavilo snabde-
vanje delova razmatrane zone.

Zbog toga se može smatrati da se zona snabdeva kroz 10 ulaza, jer preostalih 5
ulaza mora biti otvoreno. Pomenuti zatvarači, koji su prikazani u tabeli 1, moraju da
budu stalno otvoreni, jer snabdevaju male delove koji nisu povezani sa ostatkom
zone i koji se ne uzimaju u obzir prilikom analize, premda fizički posmatrano
pripadaju zoni.



Slika 2. Izabrana OZB sa zatvaračima i mernim mestom

Svaki od preostalih 10 ulaza opremljen je zatvarčem, za koje smo testiranjem na modelu potvrdili da izoluju zonu, i za koje je analizom postepenog zatvaranja zatvarača, određeno koji zatvarači izazivaju značajne efekte u OZB, kao i minimalni broj zatvarača sa kojima je moguće neometano snabdevati zonu.

Tabela 1. Zatvarači čije zatvaranje prekida dovod vode u pojedine delove mreže

ID zatvarača	Prečnik	Status
7038	100	Open
7044	100	Open
7046	100	Open
7056	100	Open
7054	250	Open

Nakon određivanja zatvarača koji učestvuju u procesu odvajanja OZB od ostatka mreže sprovedena je analiza zatvaranja zatvarača. Sledeći korak u metodologiji provere topologije modela vodovodnog sistema, izbor mernog mesta, tj. odabir čvora mreže u kome je neophodno postaviti uređaj za merenje pritiska sproveden je iskustvenim isprobavanjem više različitih čvorova i vizuelnom inspekcijom pritisaka pri različitim kombinacijama i rasporedom zatvaranja zatvarača.

Kao matematički model vodovodnog sistema grada Novi Sad korišćen je softverski paket EpaNet [3], dok je za analizu rezultata korišćen paket MsExcel.

4. Rezultati i diskusija

Rezultati provere topologije modela vodovodnog sistema u izabranoj OZB prikazani su u tabeli 2 i na slici 3. U tabeli 2 je prikazan raspored zatvaranja zatvarača

dok su na slici tri prikazane vrednosti pritiska za simulacije različitih scenarija. Prateći smernice date u radu i uzimajući u obzir usvojeni raspored zatvaranja zatvarača, kao i povezanost mreže unutar zone izabran je čvor 4252.

Tabela 2. Zatvarači i raspored zatvaranja

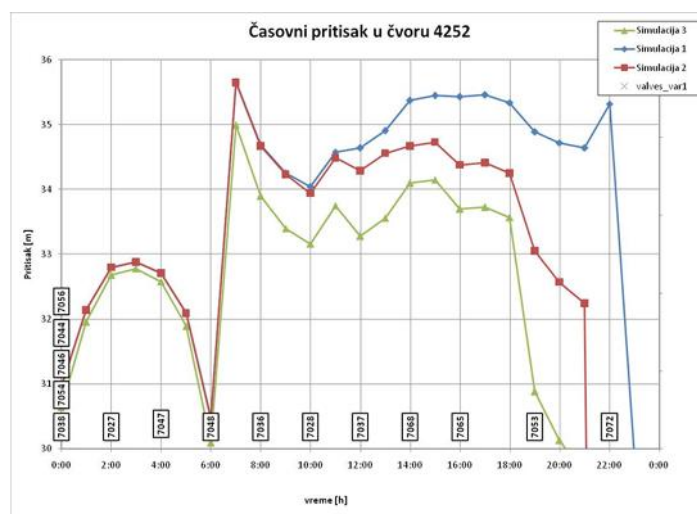
ID zatvarača	Prečnik	Raspored zatvaranja	Zatvara se u:
7027	96	1	2:00
7047	100	2	4:00
7048	100	3	6:00
7036	150	4	8:00
7028	198	5	10:00
7037	198	6	12:00
7068	200	7	14:00
7065	277	8	16:00
7053	250	9	19:00
7072	285	10	22:00

Simulacije 1 – prikazuje pritisak u čvoru za slučaj neporemećenog stanja modela, kada se izabrana OZB snabdeva neometano, tj. kada su otvoreni svi zatvarači koji izoluju zonu.

Test 1: Simulacija 2 – prikazuje pritisak za slučaj izabrane varijante postepenog zatvaranja zatvarača, na osnovu koga vidimo da tek zatvaranjem zatvarača 7037 počinje neosetno da pada pritisak u čvoru. Postepenim zatvaranjem preostalih zatvarača vidimo da se zona neometano snabdeva sa padom pritiska od oko 1m, sve do zatvaranja zatvarača 7053 gde pritisak drastično opada, i zatvarača 7072 čijim zatvaranjem izolujemo zonu.

Upoređivanjem dijagrama pritiska simulacija 1 i 2, i na osnovu podataka o topologiji na osnovu kojih je formiran model, a za koje se u ovom slučaju smatra da su dovoljno precizne, može da se zaključi da najveći uticaj na OZB imaju ulazi sa zatvaračima 7053 i 7072 i da samo njihovim otvaranjem može da se snabdeva zona.

Test 2: U sledećem koraku, u simulaciji 3, ulazi se sa pretpostavkom o potencijalnom neslaganju topologije u modelu i na terenu. Zatvara se veza 6260 sumnjajući da tu postoji zatvarač (označen crvenim krstom na slici 2) i analizira se dobijeni dijagram pritiska koji se upoređuje sa prethodna dva. Promenom topologije u modelu proveravamo kakav se dijagram pritiska očekuje za dati slučaj. U ovom primeru očekivano je da nakon zatvaranja zatvarača 7037 dođe do pada pritiska, jer se zatvara dominantni cevovod koji snabdeva čvor a prethodno je ukinuta veza 6260 koja je takođe dominantni dovod za čvor 4252 gde je merno mesto, što se i da videti na dijagramu na slici 3. Pad pritiska nije drastičan, zbog dobre povezanosti svih delova zone, ali je svakako primetan i očekivan.



Slika 3. Dijagram pritiska u čvoru 4252

6. Zaključak

Razvoj matematičkih modela vodovodnih sistema je često neophodno sprovesti u nekoliko faza. Nakon formiranja prve verzije modela, koja je zasnovana na raspoloživim podlogama i njegove kalibracije na osnovu merenih vrednosti, poželjno je proveriti topologiju modela i na taj način unaprediti njegovu tačnost. U ovom radu je prikazana metodologija provere topologije modela metodom zatvaranja zatvarača i merenjem pritiska u mreži. Pažljivim planiranjem predloženih testova moguće je maksimizirati količinu informacija sa terena i značajno unaprediti tačnost modela. Metodologija je ilustrovana na primeru vodovodne mreže grada Novi Sad gde se planira podela mreže na osnovne zone bilansiranja.

7. Zahvalnost

Rezultati istraživanja prezentovani u ovom radu su finansirani u okviru naučnog projekta Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije broj TR 37010: "Sistemi za odvođenje kišnih voda kao deo urbane i saobraćajne infrastrukture".

8. Literatura

- [1] Branislavljević N., Čipranić I., Prodanović D., Ivetić D, "Softverska podrška određivanju osnovnih zona bilansiranja vodovodnih mreža", Zbornik radova Savetovanja „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“ Jahorina, Pale, 2014
- [2] Ivetić D., Stanić M., Vasilić Ž., Prodanović D, "Podela vodovodne mreže na osnovne zone bilansiranja korišćenjem topoloških matrica povezanosti“, zbornik radova Savetovanja „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“ Jahorina, Pale, 2014
- [3] Rossman, L. A., "EPANET 2 Users Manual", 2000
- [4] Morrison J., Tooms S., Rogers D, "District Metered Areas – Guidance Notes", IWA, 2007.

KRITERIJUMI ZA FORMIRANJE OZB U VODOVODNOM SISTEMU I ANALIZA TROŠKOVA U FUNKCIJI OD VELIČINE OZB

CRITERIA FOR DESIGN OF DMA IN WATER DISTRIBUTION SYSTEM AND THE ANALYSIS OF COSTS CONCERNING DMA SIZES

IVANA ČIPRANIĆ¹, NEMANJA BRANISAVLJEVIĆ²

Rezime: Za sada nema univerzalno prihvaćene metodologije koja se može jednostavno koristiti u procesu formiranja osnovnih zona bilansiranja (OZB) u vodovodnim sistemima. Razloga za to ima više, a vezani su za kompleksnu prirodu procesa. Faktori koji utiču na process formiranja OZB su različite prirode. U ovom radu se želi predložiti metod koji će se što više približiti realnim situacijama u vodovodnim sistemima i kojim se definiše ograničen broj parametara, koji utiču na izbor veličine OZB. Predstavljen je koncept za izbor optimalne veličine OZB, na osnovu analize troškova i dobiti, za razne scenarije podjele sistema.

Ključne riječi: osnovna zona bilansiranja, vodovodni sistem, gubici

Abstract: A universal methodology which can be used in the formation of district metered areas (DMA) in water distribution systems hasn't been accepted so far. There are plenty of reasons for this and they are connected with the complex nature of the process. The factors that influence the creation of DMA are various. This paper proposes a method related to real situations in water distribution systems, which defines a limited number of parameters that affect the size choice of DMA. Additionally, it presents a concept regarding the selection of optimal size of DMA, on the basis of analysis of expenses and profit, for different ways of division of the systems.

Key words: District Metered Areas, water supply systems, leakage

1. Uvod

Svođenjem vodovodnih sistema na jasno definisane osnovne zone bilansiranja (OZB), sa poznatim ulazom i izlazom, stvaraju se uslovi za mogućnost boljeg upravljanja gubicima.

¹ Ivana Čipranić, dipl. inž. građ. saradnik u nastavi, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Cetinski put bb

² dr Nemanja Branislavljević, dipl. inž. građ. saradnik u nastavi, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd

Definisanje veličine OZB nije ni malo jednostavan zadatak. Taj zadatak obuhvata analizu mnogo faktora, koji utiču na konačnu formu sistema izdjeljenog na OZB. Faktori koji utiču na veličinu OZB su tehničke, ekonomske i sociološke prirode.

Analiza i kontrola pritiska su važni faktori u procesu smanjenja gubitaka. Upravljanje pritiskom je danas priznato kao jedna od najefikasnijih često i ekonomski najisplativijih metoda za smanjenje gubitaka u vodovodnim sistemima. Ekonomski faktori su najčešće presudni i odlučujući u procesu formiranja OZB. Pravilna analiza troškova i dobiti, koji nastaju formiranjem OZB, je presudni činitelj, na osnovu kojeg se preduzeća koja upravljaju vodovodnim sistemima odlučuju na korak zoniranja sistema. Pored ekonomskih, izuzetno su značajni i sociološki faktori. Pod sociološkim faktorima se podrazumjeva uticaj društvene zajednice na rad na smanjenju gubitaka u vodovodnim sistemima. Zbog toga je neophodna i podrška lokalne zajednice za povećanje efektivnosti tehničkih i ekonomskih intervencija na sistemu.

U radu je predstavljen koncept izbora i analize kriterijuma za formiranje OZB koji podrazumjeva:

- Formiranje osnovnih zona bilansiranja i odabir odgovarajućih mjesta u sistemu gdje će se postavljati reducirati pritisaka, radi regulisanja pritiska na ulazu u zonu. Rad reducira pritisaka mora biti baziran na najnižem mogućem pritisku u sistemu, uz obezbjeđenje reserve radi sigurnosti rada.
- Analizu troškova i dobiti, za razne scenarije podjele na OZB, u koju ulaze troškovi i dobiti od redukcije pritiska, troškovi od formiranja OZB i troškovi od održavanja OZB.

Konačan izbor optimalne veličine OZB, za koju su ukupni troškovi minimalni. Kriterijumi za formiranje OZB u vodovodnom sistemu. Vodovodni sistem potrebno je izdijeliti na osnovne zone bilansiranja (OZB), imajući u vidu postizanje minimalnih godišnjih troškova. Predloženi koraci u postupku formiranja OZB su: formiranje zona i odabir odgovarajućih mjesta u sistemu gdje će se postaviti reducirati pritisaka, koji će kontrolisati pritisak na ulazu u zonu.

Analiza troškova za razne scenarije formiranja OZB. Troškovi se sastoje od troškova formiranja OZB i troškova njihovog održavanja. Za dati sistem, sračunati su minimalni godišnji troškovi održavanja (za slučaj da se sistem pretražuje nakon optimalnog perioda pretrage), koji se sastoje od cijene vode koja je izgubljena usljed procurivanja i cijene akustičkih pretraga sistema [1]:

$$C_{\min}^{\text{god}} = L_{\text{OZB}} \sqrt{\frac{2cRF_o N r \cdot P \cdot Ft}{v_{\text{pretraga}}}}$$

Kriterijum za pravilan odabir veličine OZB je ekonomske prirode. Ideja je da se uporede ukupni godišnji troškovi (formiranja i održavanja OZB) i ukupna godišnja dobit (usljed redukcije pritiska) i kao optimalno izabere rješenje sa minimalnim troškovima.

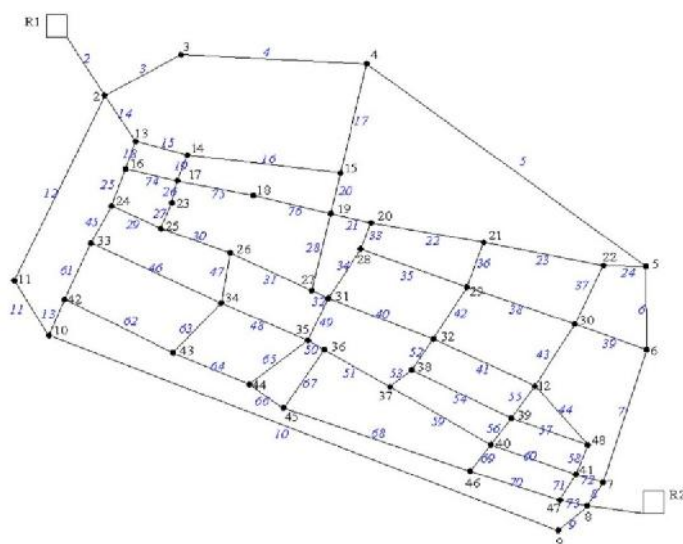
3. Formiranje OZB

Preporučena veličina OZB, koja se koristi u praksi, obuhvata od 500 do 3.000 priključaka (IWA Guidance Notes) [2].

Prilikom podjele vodovodnog sistema na zone, neophodno je voditi računa da veličina OZB bude u granicama preporučenih vrijednosti. Predlaže se formiranje OZB oko čvorova u vodovodnoj mreži koji su tzv. “ponori” u sistemu. To su obično čvorovi sa velikom potrošnjom, koji imaju dotok vode iz svih okolnih cijevi. Prilikom formiranja zona neophodno je voditi računa o “skeletizaciji sistema”. Za potrebe formiranja OZB izbjegavati prekidanje i zatvaranje dionica koja imaju veće prečnike. Te cijevi predstavljaju glavne (primarne) distributivne vodove. Prekidanje i zatvaranje cijevi je neophodno planirati na dionicama koje pripadaju mreži sekundarnih distributivnih vodova. Proces “skeletizacija sistema” se zasniva na procjeni hidrauličke važnosti svakog od njenih dijelova. Osim toga potrebno je voditi računa i da pritisci u sistemu budu zadovoljavajući: $P_i > P_{\text{zaht.}} = 2 \text{ bar}$.

4. Primjer primjene opisane metodologije

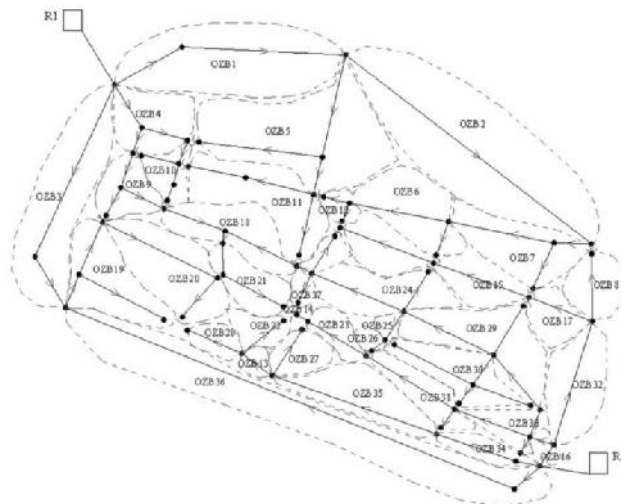
Kao primjer, na kome je primjenjena opisana metodologija izbora optimalnih veličina OZB, izabran je prstenasti vodovodni sistem koji se snabdijeva iz dva rezervoara, slika 1. Na slici je prikazana teorijska šema vodovodnog sistema, koja odgovara mreži glavnog distributivnog sistema grada Ferrara, Italija^[3]. Sistem se snabdijeva iz dva rezervoara, koji se nalaze na koti 41m. Glavna distributivna mreža se sastoji se od 49 čvorova, 76 cijevi, prečnika od 150 do 500 mm. U datom sistemu su gubici vode 25%. Vodovodni sistem je modeliran programskim paketom “Epanet”. Modeliranje sistema, koji ima nivo gubitaka 25%, je sprovedeno uvođenjem “Emitter” koeficijenta, preko kojih se gubici prikazuju u čvoru potrošnje.



Slika 1. Šema vodovodne mreže

4.1. Simulacija stanja u sistemu nastalom formiranjem OZB sa manjim brojem priključaka

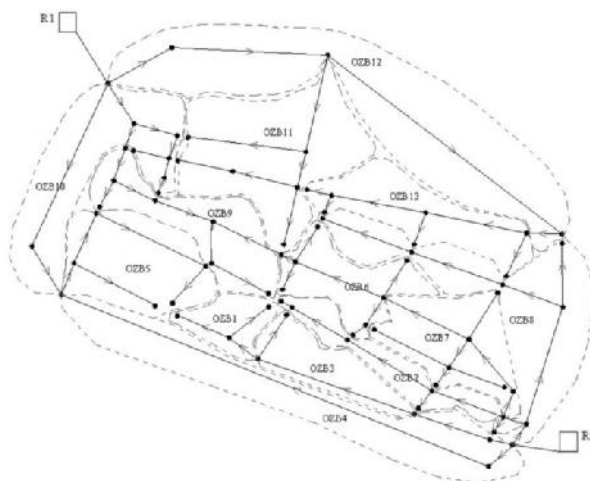
U procesu formiranja OZB se krenulo oko čvorova u vodovodnoj mreži, tkz. “ponori” u sistemu. Usvajane su zone čiji je broj priključaka bliži donjoj preporučenoj granici (500 priključaka). Na taj način formirano je 37 osnovnih zona bilansiranja. Na slici 2. je prikazan sistem sa formiranim zonama.



Slika 2. Šema vodovodne mreže sa 37 OZB

4.2. Simulacija stanja u sistemu nastalom formiranjem OZB sa većim brojem priključaka

U ovom slučaju, vodovodni sistem je podijeljen na OZB, čiji broj priključaka je bliži gornjoj preporučenoj granici-3000 priključaka. Formirano je 13 osnovnih zona bilansiranja. Na slici 3. je prikazan sistem sa formiranim zonama.



Slika 3. Šema vodovodne mreže sa 13 OZB

4.3. Analiza sistema nakon podjele na OZB

Definisanje položaja reducira pritiska

U modelima sistema prikazanim na slikama 3. i 4., analizirana je potreba za postavljanjem reducira pritiska. Konfiguracija sistema je takva da nije bilo mjesta za redukciju pritiska, jer bi bilo onemogućeno obezbjeđenje neophodnog pritiska svim potrošačima. Odnosno, dobit od redukcije pritiska ne ulazi u konačnu analizu troškova i dobiti.

Troškovi formiranja i održavanja

Analizirani su troškovi formiranja OZB i troškovi održavanja tako formiranih zona. U troškove formiranja OZB ulaze troškovi formiranja svih novih čvorova u mreži, prekida cjevovoda, ugradnje mjerača protoka. Minimalni godišnji troškovi održavanja OZB, koje su formirane u ovom slučaju, iznose^[1]:

$$C_{\min}^{\text{god}} = cRLF_o T_l / 2 + C_{\text{pretraga}}^{\text{OZB}} / T_l = \frac{cRLF_o T_l^2 + 2C_{\text{pretraga}}^{\text{OZB}}}{2 \cdot T_l}$$

Prvi sabirak predstavlja cijenu vode koja je izgubljena usljed procurivanja, drugi sabirak je cijena akustičkih pretraga sistema. Oba sabirka su vezana za period nakon koga se kreće u pretragu sistema T_l ^[1].

5. Analiza troškova u f-ji od veličine OZB za dati primjer

U tabeli 1, dati su uporedo troškovi održavanja i formiranja OZB u oba slučaja, na godišnjem nivou.

Tabela 1. Analiza godišnjih troškova u f-ji od broja OZB

	Troškovi formiranja €	Troškovi održavanja €	Ukupni troškovi €
37 OZB	129.888	1.055.872	1.185.760
13 OZB	14.297	1.055.872	1.070.169

Sprovedenjem mjera smanjenja gubitaka, podjelom mreže na OZB, uz stalnu pretragu sistema, otkrivanje i saniranje pukotina, u znatnoj mjeri bi se smanjili gubici u sistemu koji iznose 10.717 m³/dan, odnosno 3.911.778 m³/god.

6. Zaključak

Podjelom vodovodne mreže na osnovne zone bilansiranja mijenja se i stanje pritiska u mreži, što je pokazano na konkretnom primjeru u ovom radu. Sa njime se mijenja i dobit koju je moguće ostvariti smanjenjem gubitaka, kao direktnom posljedicom redukcije pritiska. Nakon podjele sistema na OZB, predloženom metodologijom, tehnička analiza sistema je pokazala da nema mjesta za mjeru smanjenja gubitaka redukcijom pritiska u mreži, jer je novonastala konfiguracija sistema takva da bi redukcija pritiska onemogućila uredno snabdijevanje vodom svih potrošača. Zbog toga, obzirom da su OZB formirane radi praćenja bilansa vode

unutar njih, pomoću mjerača protoka, u ukupnu ekonomsku analizu troškova nije ušla dobit od redukcije pritiska, već troškovi i dobiti nastali formiranjem i održavanjem OZB. Poređenje dva rješenja podjele mreže na OZB došlo se do zaključka da je ekonomičnije rješenje podjela sistema na 13 OZB. Iz prethodno navedenog da se zaključiti da je određivanje najekonomičnijeg rješenja izbora veličine OZB (u cilju kvalitetnog upravljanja gubicima u vodovodnim sistemima) u funkciji godišnjih troškova i dobiti, složen zadatak koji zavisi on niza parametara. Naravno, drugačija konfiguracija vodovodnog sistema bi primjenom ove metodologije dala sasvim drugo rješenje. Ipak, metodologija se može smatrati univerzalnom i primjenljivom na sve konfiguracije sistema, s tim sto bi analiza troškova dala različite rezultate, od slučaja do slučaja.

7. Literatura

- [1] Hunaidi, O. Brothers, K. "Optimum size of district metered areas", Water Loss 2007, Bucharest, Romania, Sept. 23-26, 2007.
- [2] District Metered Areas, Guidance Notes, IWA, 2007.
- [3] Creaco C., Franchini M., Alvisi S., "Optimal Placement of Isolation Valves in Water Distribution Systems Based on Valve Cost and Weighted Average Demand Shortfall", Water Resour Manage, 2010.
- [4] Gomes R., Marques A., Sousa J., District Metered Areas Design Under Different DecisionMakers' Options: Cost Analysis, Water Resour Manage, 2013.

ZNAČAJ DEFINIRANJA UČESTALOSTI POJAVE MINIMALNIH NOĆNIH PROTOKA U VODOVODIMA U JUGOISTOČNOJ EVROPI

THE IMPORTANCE OF DETERMINING THE FREQUENCY OF OCCURRENCE OF MINIMUM NIGHT FLOWS IN SOUTHEAST EUROPE'S WATER SUPPLY SYSTEMS.

ĐEVAD KOLDŽO¹, SELMA ČENGIĆ²

Rezime: Mjerenja gubitaka vode koja se provode u mjernim zonama se baziraju na vrijednostima izmjerenih minimalnih noćnih protoka. Idealno bi bilo kada bi se hidraulička mjerenja mogla vršiti kontinuirano u trajanju od godinu dana. S obzirom na činjenicu da većina vodovodnih preduzeća u jugoistočnoj Evropi nije u mogućnosti vršiti mjerenja kontinuirano, već samo povremeno, od posebne je važnosti da se definiše reprezentativan dan kada će to mjerenje biti izvedeno, kako bi izmjerene vrijednosti protoka sadržavale najveći udio stvarnih gubitaka vode. Ovaj rad obrađuje navedenu problematiku na osnovu rezultata hidrauličkih mjerenja u velikom broju vodovoda u regionu.

Ključne riječi: mjerenje, gubici, minimalni protok, zoniranje

Abstract: Water Loss measurements, which are carried out in DMA (District Metering Areas) are based on the Minimum Night Flow measured values. It would be ideally if these measurements could be performed continuously for a period of one year. However, most of water utilities in SEE (South-eastern Europe) are not able to perform measurements continuously, but only occasionally due to that reason, it is of particular importance to define the exact day when this measurement will be done, in order flow contained the largest part of real water losses. This paper deals with this issue on the basis of the results of hydraulic measurements in a number of water supply systems in the region.

Key words: measurement, loss, minimum night flow, zoning

1. Uvod

Prema preporukama Međunarodne asocijacije za vode (IWA), mjerenje gubitaka vode u vodovodnim sistemima i njihovo strukturiranje, vrši se provedbom vod-

¹ Đevad Koldžo, dipl. inž, Institut za hidrotehniku – HEIS, Stjepana Tomića 1, Sarajevo

² mr Selma Čengić, dipl. inž, Institut za hidrotehniku – HEIS, Stjepana Tomića 1, Sarajevo

1. Uvod

Prema preporukama Međunarodne asocijacije za vode (IWA), mjerenje gubitaka vode u vodovodnim sistemima i njihovo strukturiranje, vrši se provedbom vodnog bilansa³. Godišnji vodni bilans se uobičajeno koristi za procjenu neoprihodovane vode (NPV) i njenih komponenti. Vodni bilans može pomoći vodovodnom preduzeću da smanji gubitke vode, a time i gubitke u prihodima, te da postigne efikasnije korištenje vodnih resursa. Kako bi se omogućila usporedba učinaka u pogledu upravljanja NPV-om između lokalnih/regionalnih i međunarodnih sistema vodosnabdijevanja, radne grupe IWA-e su izradile međunarodni standard za „najbolje prakse“ obračuna vodnog bilansa. Vodni bilans omogućava da se identificiraju i strukturiraju gubici vode, može se koristiti kao indikacija za povezane troškove koji se generiraju, te da se provjeri tačnost dokumentacije i opreme za kontrolu sistema, pri čemu, glavni cilj vodnog bilansa priprema, a kasnije i provedba, programa smanjenja gubitaka vode,

2. Pristupi za proračun vodnog bilansa

Vodni bilans se prema IWA metodologiji može računati korištenjem dva pristupa: 1) „odozgo prema dole“ („top-down“), te 2) „odozdo prema gore“ („bottom-up“). Pristup „top-down“ za proračun vodnog bilansa i indikatora uspješnosti, poznat kao „inicijalni bilans“, brži je, jeftiniji ali i manje pouzdan nego pristup „bottom-up“.

Najveći nedostatak pristupa „top-down“ je što se u proračunu vodnog bilansa koristi veliki broj podataka dobivenih na osnovu procjene, a ne mjerenja, te je stoga on podložan pogrešnim i nepouzdanim rezultatima. Zbog toga ovaj pristup nije preporučljivo primjenjivati u zemljama u razvoju, gdje vodovodna preduzeća najčešće nisu u stanju obezbijediti kvalitetne podatke ili napraviti prihvatljive procjene. Mnogi proračuni koji primjenjuju pristup „top-down“ su pokazali da je teško postići grešku manju od $\pm 15\%$ za stvarne gubitke, pa čak i kod najbolje održavanih vodovodnih sistema (npr. u zapadnoj Evropi). Rezultati koji se dobiju korištenjem ovog pristupa obično imaju grešku koja je veća od $\pm 30\%$ ⁴.

Za razliku od pristupa „top-down“ za proračun vodnog bilansa, koji se uglavnom bazira na kontroli dokumentacije i prikupljanju podataka o prividnim (komercijalnim) gubitcima, a bazirani su na procjenama, pristup „bottom-up“ se bazira na rezultatima mjerenja minimalnih noćnih protoka u mjernim zonama, što ga čini pouzdanijim i sigurnijim, te odnosno, rezultati proračuna stvarnih gubitaka u vodovodnom sistemu imaju mnogo manje greške.

3. Minimalni protok

Vrijednosti stvarnih gubitaka se računaju na osnovu izmjerenih vrijednosti mini

³Prema terminologiji koja se koristi u SAD-u, naziva se još i vodna revizija (Water Audit).

⁴S. Gramel (2011.)

malnog noćnog protoka, na način da se od izmjerene vrijednosti minimalnog noćnog protoka oduzimaju vrijednosti korisne noćne potrošnje (ili rasipanja u potrošačkim instalacijama) i množenjem sa faktorom Noć/Dan (NDF).

Minimalni noćni protok se sastoji od noćne potrošnje i stvarnih gubitaka u mreži. Tabela 1 prikazuje strukturu minimalnog noćnog protoka.

Tabela 1. Struktura minimalnog noćnog protoka

MINIMALNI NOĆNI PROTOK (MNP)	NOĆNA POTROŠNJA (NP)	NOĆNA KORISNA POTROŠNJA	POSEBNA NOĆNA POROŠNJA	
			REZIDENTALNA POTROŠNJA	
			NE REZIDENTALNA POTROŠNJA	
		RASIPANJE U POTROŠAČKIM INSTALACIJAMA	CURENJA UNUTAR OBJEKATA	
			CURENJA IZVAN OBJEKATA	
	STVARNI GUBICI (SG)	CURENJA KOJA JE MOGUĆE DETEKTOVATI I OTKLONITI	NEPRIJAVLJENA CURENJA	LINIJA ISPORUKE
			PRIJAVLJENA CURENJA (KOJA NISU POPRAVLJENA)	
		PRIKRIVENI KVAROVI	CURENJA NA PRIKLIUČCIMA	
CURENJA NA CIJEVIMA				

Korisna noćna potrošnja u jednoj zoni, mjeri se kontrolnim mjerenjem na određenom broju slučajnih uzoraka, kod 4 definisane kategorije potrošača u zoni:

- privatne kuće,
- stambene zgrade,
- mala privreda,
- specijalni potrošači.

Oduzimanjem vrijednosti korisne noćne potrošnje u zoni od vrijednosti minimalnog noćnog protoka u zoni izračunava se vrijednost stvarnih gubitaka. Dobivena vrijednost predstavlja veličinu curenja u noćnim satima, kada su pritisci u zoni najveći.

Da bi se ova vrijednost mogla iskazati kao srednja dnevna vrijednost neophodno ju je pomnožiti sa NDF faktorom, koji je manji od jedan.

NDF faktor se računa prema formuli:

$$NDF = (P_{av} - P_{max})^{\alpha}$$

gdje je:

P_{av} – srednja dnevna vrijednost pritiska u zoni,

P_{max} – maksimalna izmjerena vrijednost pritiska u zoni

α – Koeficijent gubitaka koji ovisi o materijalu cjevovoda i kreće se od 0,5 do 1,5.

4. Vjerovatnoća pojave minimalnih noćnih protoka u vodovima u BiH i Crnoj Gori

Rezultati koji se dobiju pristupom „bootom-up“ direktno ovise od kvaliteti provedenih mjerenja. Idealno bi bilo da se mjerenja provode kontinuirano tokom godine, te da se i proračun vodnog bilansa vrši na osnovu rezultata jednogodišnjih mjerenja. Međutim, najčešći slučaj je da vodovodna preduzeća nisu dovoljno sposobna i opremljena za samostalan rad na provedbi vodnog bilansa, već za takvo što angažuju konsultante.

U takvim slučajevima se često nastoje izvršiti mjerenja u što kraćem roku, radi smanjenja troškova, te je najčešći slučaj da mjerenja traju samo jedan dan po mjernome mjestu. S obzirom na postojanje dnevnih neravnomjernosti potrošnje u toku sedmice, tačnost rezultata izvršene analize varira ovisno o tome koji je dan vršeno mjerenje u određenom mjestu.

Zbog gore navedenog su, na osnovu rezultata permanentnih (24 sata na dan, 365 dana u godini) mjerenja u 25 vodovodnih sistema u Bosni i Hercegovini i u Crnoj Gori, definisani dani i vrijeme pojave minimalnih protoka, te očekivani odnos minimalnih protoka izmjerenih u ostalim danima u sedmici u odnosu na najmanju izmjerenu vrijednost protoka u sedmici dana.

S obzirom na različite navike u potrošnji vode koje su ovisne o klimi i geografskom položaju vodovoda, podaci su sortirani u četiri grupe: kontinentalno područje, priobalni pojas, obalni pojas u periodu juni - septembar (ljetnji period) i obalni pojas u periodu septembar – juni.

Na osnovu izvršene analize svih prikupljenih podataka statistička obrada podataka je pokazala da se u grupi: „kontinentalno područje“ minimalni noćni protok pojavljuje u više od 85% slučajeva nedjeljom između 04:00 i 05:00 sati.

U grupi „priobalno područje“ minimalni protok se također pojavljuje nedjeljom, s tim što se u terminu od 04:00 do 05:00 pojavljuje u 37% slučajeva, a u terminu od 03:00 do 04:00 u 22% slučajeva.

U grupi „obalno područje – ljetni period“, varijacije minimalnog protoka su najmanje, a minimum se javlja petkom od 03:00 do 04:00 u 14 % slučajeva. Ipak, s obzirom na činjenicu da u toku ljetnih mjeseci u priobalnom području dolazi do velikog priliva turista, odnosno značajnog porasta korisne potrošnje vode, u ovim područjima bi u ovom periodu trebalo izbjegavati provedbu mjerenja za potrebe proračuna vodnog bilansa.

U grupi „obalno područje – period septembar – juni“, minimalni noćni protok se pojavljuje nedjeljom od 04:00 do 05:00 u 39% slučajeva.



Slika 1. Vodovodni sistemi u BiH i u Crnoj Gori u kojima je provedena analiza

5. Zaključak

Bez obzira što je analiza izvršena u vodovodima koji se nalaze u Bosni i Hercegovini i Crnoj Gori, s obzirom na sličnost klima i navika u potrošnji vode, rezultati su primjenjivi i u drugim državama jugo-istočne Evrope. Ipak, preporučuje se kao vrlo korisno da se u narednom skorom vremenu, navedene analize upotpune i sa rezultatima analiza iz vodovoda u drugim državama kroz jedan ili više regionalnih projekata u okviru IPA programa ili preko asocijacije NALAS (Mreža asocijacija lokalnih samouprava u jogo-istočnoj Evropi), u okviru koje već postoji radna grupa koja se bavi problematikom vodosnabdijevanja.

Tablice koje će sadržati koeficijente sa kojima je potrebno množiti izmjerenu vrijednost minimalnog protoka kako bi se dobile mnogo pouzdanije vrijednosti gubitaka u određenom području, izražene kroz 95%-tnu sigurnost tačnosti⁵ biće objavljene od strane prvog autora, u drugoj polovini 2015. na web stranici www.watertloss.com.ba.

6. Literatura

- [1] Fantozzi M., Lambert A.: Residential Night Consumption – Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability, 2012.

⁵95% -na granica sigurnosti dolazi izvorno iz nesigurnosti izračuna, a temelji se na normalnim distribucijama, koje imaju svojstvo da 95% mjerenja spada u raspon od $\pm 1,96$ standardnih devijacija (σ) oko srednje vrijednosti.

- [2] Vučijak B., Čerić A., Koldžo Đ., Key Operational Performance Indicators for Water Losses in Water Utilities in Bosnia and Herzegovina, International Science Conference Reporting For Sustainability (Budva, Montenegro), 2013.
- [3] Hermel U., Koldžo Đ.: Durchführung eines „Water Audit“ nach IWA / AWWA-Methodik in Herceg Novi, Montenegro, Wasser und Abfall, Sindelfingen (Germany), 2013.
- [4] Koldžo Đ., Priručnik za efikasno mjerenje i otkrivanje gubitaka u vodovodnim sistemima, Institut za hidrotehniku Sarajevo, 2004
- [5] IWA Task Force Group: „The Blue Pages – Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures“, IWA, 2000,
- [6] S. Gramel et al.: Guidelines for waterloss reduction, Federal Ministry for Cooperation and Development Republic of Germany, 2011

KVALITET PODATAKA O VODOVODNIM I KANALIZACIONIM SISTEMIMA U SRBIJI

WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS IN SERBIA – DATA QUALITY

MILAN PETROVIĆ¹, KOSTA RANISAVLJEVIĆ², MILICA BOJIĆ³,
NINOSLAV PETROVIĆ⁴

Rezime: Vođenje komunalnih sistema - sistema vodovoda i kanalizacije, kao i praćenje njihovog rada, zahteva prikupljanje određenih podataka o radu tih sistema i praćenje njihovih promena. Poseban slučaj je prikupljanje podataka namenjenih globalnom praćenju ponašanja čitavog sektora snabdevanja vodom i kanalisanja naselja na nivou republike. Rad obrađuje samo neke od problema u prikupljanju podataka na nivou republike i osvrće se na izvore i nivo njihove tačnosti.

Ključne reči: vodovodni i kanalizacioni sistemi u Srbiji, prikup, kvalitet podataka

Abstract: Running utility companies – water supply and sewerage systems, and monitoring theirs work, requires collection of the related performance data and monitoring of their change. Especial case is the data collection needed for global monitoring of performances of the whole sector of water supply and sewerage on the republican level. Paper describes only a few problems of data collection on the republic level and discuss data sources and level of the data exactness.

Key words: water supply and sewerage systems in Serbia, data quality

1. Uvod

U Srbiji postoji više državnih tela (ministarstava, direkcija, zavoda, javnih preduzeća) ustanova i drugih preduzeća, zaduženih ili zainteresovanih za podatke o sektoru snabdevanje vodom i kanalisanje naselja. Neki od njih su zakonom obavezani da ih prikupljaju, a neki to čine od slučaja do slučaja.

Bez obzira na važnost ove privredne grane, nimalo nije lako pribaviti tehnološke podatke o preduzećima ovog sektora.

¹ Milan Petrović, master inž. građ, “Beoinženjering 2000” doo, Palmotićeve 25a, Beograd

² Kosta Ranislavljević, dipl. inž. građ, “Beoinženjering 2000” doo, Palmotićeve 25a, Beograd

³ Milica Bojić, dipl. inž. građ, “Beoinženjering 2000” doo, Palmotićeve 25a, Beograd

⁴ Ninoslav Petrović, dipl. inž. građ, “Beoinženjering 2000” doo, Palmotićeve 25a, Beograd

Krajem prošle 2013. godine, u okviru „Dunavskog programa“ IAWD-a, Svetska banka (WB) je finansirala kratko istraživanje o stanju sektora u svim podunavskim zemljama, odakle, kao autori istraživanja [1], a uz dozvolu WB prenosimo jedan mali deo podataka, koji se tiču ove teme.

2. Izveštaj o stanju sektora

Izveštaj o stanju sektora se sastojao iz dva dela: odgovori na pitanja iz dobijenog upitnika i kratka ocena stanja. Tema ovog rada nije stanje sektora snabdevanja vodom i kanalisanja, već vrsta podataka koji su se tražili i problemi na koje su autori nailazili u prikupljanju i obradi podataka.

Najpre, o konceptu upitnika: upitnik je pravljen tako da zainteresovani, a neupućeni, mogu brzo da sagledaju stanje sektora, kroz njegove osnovne karakteristike. U tom cilju on je imao sledeće delove:

1. Opšte o analiziranoj državi:
 - Društveno-ekonomske prilike
 - Administrativna podela
 - Vodni resursi i klimatske promene
2. Svojstva sektora
 - Pokrivenost
 - Kvalitet usluga
 - Efikasnost
 - Finansijska situacija
3. Uslovi poslovanja
 - Zakonska, institucionalna i upravna struktura
 - Pravni okvir
 - Mehanizmi finansiranja
 - Politička ekonomija sektora
 - Ostalo
4. Glavni problemi sektora
5. Najbolja praksa

Trebalo je, na osnovu odgovora na pitanja iz upitnika, uraditi kratku ocenu stanja, na tri do pet strana.

Autori su imali iskustva sa prikupljanjem podataka iz više prethodnih studija i projekata, rađenih za različite strane i domaće investitore (korisnik Republička direkcija za vode u ime države Srbije), navedenim u spisku literature [2], [3], [4], [5], [6], ali je odmah bilo jasno da se ovaj upitnik, a samim tim i izveštaj razlikuje od prethodnih.

Kao što se iz grubog sadržaja vidi, vrlo malo pažnje je posvećeno tehničkim detaljima, a mnogo više uslovima i rezultatima poslovanja. Ima naravno i pitanja tehničke prirode, ali samo u meri koja služi kao dokaz ili objašnjenje za navedene parametre. Na prvi pogled to nije čudno, investitor je ipak banka, ali kad se bolje razmisli dolazi se do zaključka da se iz postavljenih pitanja zaista može sagledati situacija u sektoru, uslovi pod kojima nadležna preduzeća rade, kao i efekti njihovog rada.

3. Korišćeni podaci

U odgovaranju na postavljena pitanja autori su koristili sopstvene podatke, prikupljene tokom rada na već navedenim studijama i tokom sopstvene dugogodišnje prakse, ali i podatke državnih institucija, kao što su: Republički zavod za statistiku, APR, Republička direkcija za vode, Pokrajinski sekretarijat za vode, zatim zvanično objavljene podatke RHMZS, Vlade republike Srbije, njenih ministarstava i agencija, Privredne komore Srbije...

Pored toga, korišćeni su podaci Instituta "Jaroslav Černi", novinskih agencija, IBNET, IPM, UTV, Udruženja vodovoda i kanalizacije Srbije, Saveza inženjera i tehničara itd...

Mora se naglasiti dobra volja, ljubaznost i korektnost navedenih učesnika, da pomognu u okvirima svojih mogućnosti i svojih izvora podataka, ali i skoro potpuno odsustvo želje (čast zaista malom broju izuzetaka) za saradnjom preduzeća vodovoda i kanalizacije, kojima su upućena samo osnovna pitanja poslovanja. Izgleda da su preduzeća vodovoda i kanalizacije sita davanja podataka, ili da nisu zadovoljna onim što za uzvrat dobijaju.

Popunjen upitnik ima 62 stranice i poziva se na 39 referenci. Izveštaj o stanju sektora je, umesto predviđenih 3 do 5 stranica, sadržao 5 stranica teksta i 16 stranica priloga. Jedan od zanimljivih priloga (izvor APR) pokazuje da oko 50% ViK preduzeća u periodu između 2009 i 2012 godine ima negativan godišnji bilans, a da sektor u celini sve vreme posluje negativno.

4. Kvalitet podataka

Ono što se je, očekivano, vrlo brzo potvrdilo je da se podaci od izvora do izvora veoma mnogo razlikuju iz više razloga:

- Ne postoji „nadležno mesto“, jedna institucija u koju bi se slivali svi podaci, koji bi bili potrebni da se ovaj sektor/privredna grana kvalifikovano vodi i/ili prati.
- Česte su promene propisa koji regulišu finansiranje vodoprivrede u celosti, pa i ovog sektora. To otežava ili onemogućava praćenje načina finansiranja po vremenu.
- Republički statistički zavod ažurno prikuplja podatke na način definisan zakonom, ali stepen provere podataka nije poznat. Utisak je da bi obrasce po kojima se RZS dostavljaju podaci trebalo unaprediti, tj. osavremeniti. Definicija

nekih podataka se tokom vremena menjala, pa nije uvek lako uraditi istoriju promena nekog parametra.

- APR ima podatke samo o onim preduzećima koja su predala završene račune za posmatranu godinu. Za autore je bilo veliko iznenađenje da sva preduzeća vodovoda i kanalizacije ne predaju završene račune svake godine. Osnovni podaci se objavljuju na sajtu APR, a detaljni se plaćaju po ceni koja nije visoka, osim kada je potrebno mnogo podataka, tj. kada su potrebni podaci o svim preduzećima sektora tokom niza godina.
- Podaci nisu jedinstveno definisani, postupci prikupljanja takođe, a provera pouzdanosti nije na potrebnom nivou. Kao primer može poslužiti tabela NRW – vode koja ne donosi prihod, dobijena iz tri različita izvora:

Tabela 1. NRW vode koja ne donosi prihod dobijena iz tri različita izvora

Godina	Vrednost (%)	Vrednost (m ³ /km/dan)	Vrednost (m ³ /priključak/dan)
2004	28,4*	19,5 *	0,41 *
	36,33**	31,44 **	0,58 **
2005	25,9*	17,2 *	0,36 *
2006	28,3*	17,8 *	0,40 *
2007	26,7*	15,5 *	0,37 *
	38***	25,7 ***	
2008	29,4*	16,3 *	0,39 *
	36***	23,7 ***	
2009	29,4*	16,4 *	0,38 *
	36***	22,8 ***	
2010	29,5*	15,5 *	0,36 *
	37***	22,7 ***	
2011	32,1*	15,7 *	0,39 *
	38***	22,3 ***	

ili tabela koja prikazuje specifičnu potrošnju vode, dobijenu iz šest različitih izvora:

Tabela 2. Specifična potrošnja vode dobijena iz šest različitih izvora

Godina	Vrednost (l/stanovnik dan) (neto)	Vrednost (l/stanovnik dan) (bruto)
2000-2004	175 *	368 *
2004	259 **	361 **
	228 #	387 #
2005	256 **	346 **
2006	246 **	343 **
2007	244 **	333 **
	182 ***	

2008	225 ** 178 ***	319 **
2009	222 ** 176 *** 193 ###	314 **
2010	213 ** 163 ***	302 **
2011	203 ** 158 ***	298 ** 307 &

- Knjigovodstvo se vodi tako da nije jednostavno dobiti objedinjene podatke za izabrani period vremena.
- Neverovatno je, ali istinito da se nigde ne može (ili nije jasno gde se može) dobiti podatak o tome koliko je, u ovom sektoru, novca od stranih donacija ili kredita ušlo u zemlju i na koji način i za koje je svrhe potrošen.

5. Zaključak

Kao što je pokazano, raspoloživi podaci, uopšteno govoreći, nisu uvek dovoljno pouzdani, a ponekad se njihove međusobne razlike ne mogu nikako objasniti. Zbog toga nije uputno koristiti podatke iz bilo kog izvora, bez prethodno uloženog truda u proveru njihove pouzdanosti. Ovo se naročito odnosi na podatke iz različitih stranih izvora, za koje iskustvo pokazuje da su vrlo često rutinski i nekritički preuzeti ili prikupljeni bez razumevanja naših specifičnosti.

Kvalitet stručne dokumentacije – studija, projekata ili radova veoma zavisi od kvaliteta korišćenih podataka, pa je zbog toga neophodno precizno navođenje izvora tih podataka.

Nedefinisane nadležnosti u oblasti voda, onemogućavaju uspostavljanje potrebnog sistema praćenja rada ovako važnog segmenta društvene aktivnosti kao što je snabdevanje vodom i kanalisanje naselja. Pored ostalog, ni korišćeni termini nisu jednoznačno definisani.

6. Literatura

- [1] Water and Sanitation Sector Survey, WB 2013-14, nepublikovano
- [2] Globalna studija otpadnih voda u Srbiji, Pecher und partner, IWA Consalt, Beoinženjering 2000
- [3] Studija racionalizacije zahvatanja vode na izvorštima u funkciji smanjenja gubitaka u regionalnim sistemima za snabdevanje naselja vodom, Institut „Jaroslav Černi“, Beoinženjering 2000
- [4] Studija zahvatanja sirove vode za snabdevanje naselja u Srbiji, Institut „Jaroslav Černi“, Beoinženjering 2000
- [5] Studija normi potrošnje vode sa Građevinski fakultet iz Beograda, Institut „Jaroslav Černi“, Beoinženjering 2000
- [6] Studija otpadnih voda u slivu Zapadne Morave, Safege, Eptisa, Seureca Beoinženjering 2000

АКТИВНОСТИ ЈКП „ВОДОВОД“ КРАЉЕВО НА СМАЊЕЊУ НЕОПРИХОДОВАНЕ ВОДЕ

PUC „WATER WORKS“ KRALJEVO ACTIVITIES ON NON REVENUE WATER REDUCTION

ЗОРАН ДИМИТРИЈЕВИЋ¹

Резиме: ЈКП „Водовод“ Краљево формирањем Службе за мерења и детекцију цурења средином 2009.године, активније наставља рад на смањењу неоприходоване воде. У претходних пар година колико Служба постоји утврђена је методологија рада на терену, методологија обраде и анализе података, као и давање налога за отклањање проблема у овој области. Као производ тог рада и рада на математичком моделу приступило се активностима на планирању сталних основних зона билансирања, те редукцији притисака у зонама високих притисака. Реализација ових активности почиње ових дана. Предмет рада, поред практичних искустава и методологије рада службе за мерење и детекцију цурења, је и формирање основних зона билансирања као будућу основу за перманентно праћење система водоснабдевања.

Кључне речи: неоприходована вода, редукција притиска, откривање цурења

Abstract: PUC „Waterworks“ Kraljevo has established the measurement and leak detection group in 2009. This group continuously works on non revenue water (NRW) reduction. They have established the methodology for the fieldwork, data processing and analysis methodology, as well as work orders issuing for detected problems in this area. As a result of that work, and supported by network mathematical model, permanent District Metering Areas were delineated and prepared, together with planned reduction of pressure in the zone of high pressure. Implementation of these activities is currently on its way. This paper presents, in addition to practical experience and methodology of the service measurement and leak detection, some details about DMA delineation, since this is a basis for future permanent monitoring of the water supply system.

Key words: non revenue water, reduction of pressure, leak detection

1. Увод

1.1 Досадашња пракса приказа губитака воде

ЈКП „Водовод“ Краљево последњих десетак година се активно бави проблематиком мерења и детекције цурења у водоводном систему. Пуни обим ових активности почиње формирањем службе 2009. године од када почиње ко-

¹ Зоран Димитријевић, дипл. инж. грађ, ЈКП „Водовод“ Краљево, 27. марта 2, Краљево

нтинуалан рад на овим пословима. Служба је систематизирана у такозвани технички сектор, а одговорна је преко руководиоца Службе техничком директору. На почетку пракса приказа губитака воде подразумевала је приказ губитака у % у односу на укупни улаз воде у систем, тј. разлика између захваћене/купљене количине и продане/фактурисане количине воде (код нас у пракси се користи појам нефактурисане количине воде или још једноставније губици воде).

Међутим овај начин приказа губитака не даје праву слику успешности решавања проблема губитака тј. ефикасност управљања водоводним системом с гледишта губитака воде. Због тога се прешло на развијена методологија од стране IWA (International Water Association - Међународно удружење за воде) ткзв. „Water balance (Биланс воде)”.

Основна новост коју доноси Биланс воде је израчунавање свих компоненти неприходоване воде и стандардизовање појединих компоненти и терминологије. Посебна новина је израчунавање стварних и привидних губитака. Делокруг овог рада ће се поред проналажења и анализе стварних губитака воде, односити и на део радова на анализи појединих привидних губитака.

1.2. Акциони план праћења неоприходоване воде

Дефиниција стварних губитака по IWA методологији каже да су то годишње количине воде изгубљене у преносним и дистрибутивним системима путем различитих врста цурења, пуцања, преливања у резервоарима и услед лошег стања прикључака до мерног места где је смештен мерни уређај.

Стварни губици, тј. вода која је физички изгубљена из водоводног система је оно на што се мисли када се говори о решавању губитака и стога је неопходно знати тачну количину (која ће евидентно бити мања од количине која се добивала уколико се примењивао стандардни облик обрачуна са приказом у %).

Поред стварних губитака (цурења, преливања и сл...) по овој методологији се процењују и привидни губици. Под привидним губицима се сматрају: непрецизна мерења протокомера, непрецизна читавања, грешке при обрачуна, неисправан мерач и сл.

Акциони план се састоји од радњи које дефинишу послове на мерењима, обради и анализи стварних и привидних губитака воде. Годишњи акциони план садржи следеће позиције:

- Мерење протока и притисака у зонама билансирања (ОЗБ)
- Системска детекција цурења
- Провера стања вентила
- Провера стања хидраната

На основу усаглашених активности утврђен је квантитативни обим мерења на годишњем нивоу и дат у оквиру табеле 1.

Табела 1. Квантитативни обим мерења на годишњем нивоу

ОПИС	ПРОГРАМ РАДА- 2013.година (реализовано у 2013)				
	Јед.	Недељно	Месечно	Квартално	годишње
Мин.ноћни проток по зонама	ком.	2(2+1)	7(8)	21(24)	84(96)
Обилазак окана уличних и водомера и детекција цурења	км.	5	20(22)	60(66)	240(252)
Провера вентила	ком.	11	47(31)	141(94)	564(378)
Провера хидраната	ком.	3	12	35	140

Свако комунално предузеће које се бави водоснабдевањем приликом рада на смањењу NRW и детекцији цурења као % највећем уделу у неоприходованој води треба да уради годишње планове за рад у овој области и да предвиди обим радова на основу којих би се могло пратити стање у систему водоснабдевања као и рад службе. Такође је неопходно донети кварталне и месечне планове радова ради правовременог увида у стање система водоснабдевања.

Праћење и реализација рада се врши на основу дефинисаних извештаја и планова који садрже следеће радње:

- дневник мерења протока и притисака,
- дневник обилазака цевовода (пасивна детекција),
- дневник откривања цурења (активна детекција),
- дневник радних налога/окна,
- дневник провере вентила,
- план обилазака са графичким приказом трасе.

Сваки од ових дневника (извештаја) садржи прецизне податке неопходне за дефинисање одређене активности са описом извршиоца који је задужен за прикупљање података са терена.

2. Реализација Акционог плана

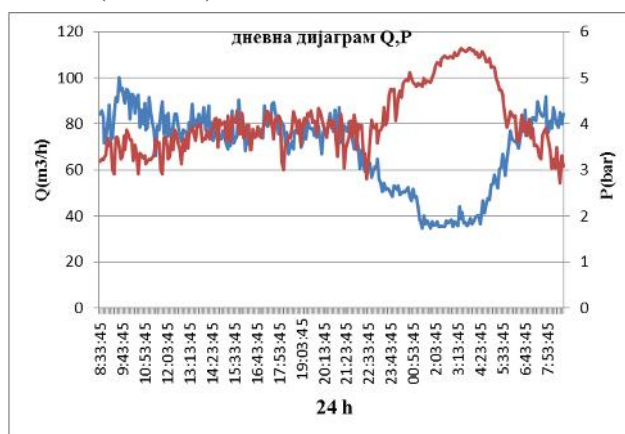
2.1. Мерење протока и притисака

Мерења која се спроводе приликом рада на ОЗБ вршена су применом преносних ултразвучних мерача протока ткзв. UDM Флексим. Сматра се да грешка може ићи до $\pm 5\%$ у односу на стварно стање. Јединица која је коришћена приликом рада за проток јесте $\text{m}^3/\text{час}$ са периодом аквизиције вредности на $t=1$ минут. Поред веома важних информација везаних уз проток неопходно је имати тачна мерења притиска у систему. Ова читања предочавају нам постојеће осцилације притисака у одабраним деловима система а такође и количину губитака зависно о величини прснућа/пропуштања (промеру) на цевима. Анализа читавања притисака пре и након извршеног поправка пукотина на цевима може нам помоћи приликом извођења хидрауличке анализе. Такође мерења

притисака су важна за одређивање оптерећења односно преоптерећења услед високог притиска.

У сврху детаљнијег утврђивања стварног стања у систему методом минималних ноћних протока извршена су мерења у доступним формираним зонама у водосистему. Извршеним мерењима протока и притиска циљ је био утврђивање: минималних протока (ноћни протоци) и утврђивања осилација и максималних односно минималних оптерећења у појединим специфичним локацијама (притисци).

Укупно је извршено више од 290 мерења протока и 800 мерења притисака у 2013. години. При мерењима претходно је извршен обилазак зоне и припрема мерног места, као и провера тзв. „нултог притиска“ тј. провера контура ОЗБ. Резултати мерења на једној од зона су приказани на дијаграму 24 часовног протока и притисака (слика 1.)

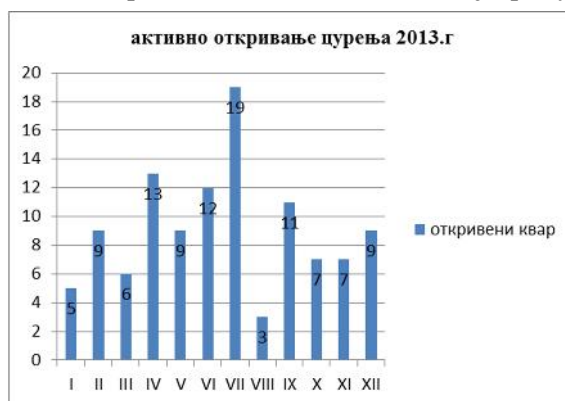


Слика 1. 24. часовни дијаграм протока и притисака

2.2 Системска детекција цурења

У претходном периоду службе комуналног предузећа су учествовале у радњама откривања цурења и то пасивна регистравањем цурења на основу пријава и визуелним прегледом, као и активна изласком на терен и коришћењем мерне опреме за откривање и детекцију цурења. Службе за мерење и детекцију током целе године врше континуални обилазак зона ради увида у стање прикључака визуелним прегледом и анализом шума на њима. Обилазак се врши што је могуће више по успостављеним зонама узимавши у обзир структуру физичких губитака воде. На основу добијених резултата се врши груписање места са тзв. „повишеним шумом” и прави се програм рада на активној детекцији цурења. Микро лоцирање цурења са врши опремом за детекцију на тим локацијама. У оквиру рада врши се и тзв. извођење тзв. „Степ теста”. По извршеној детекцији, а после отклањања квара врши се поновна провера протока и притисака на санираној деоници ради утврђивања постојања мањих

цурења. На основу ових радова Служба сваког месеца врши активну детекцију на терену и резултати тог рада се виде на следећем дијаграму на слици 2.



Слика 2. Активно откривање цурења 2013. година

2.3. Провера стања вентила

Служба детекције врши проверу стања вентила у водоводној мрежи и то по принципу „један вентил минимално једном годишње”. Провера се врши тако што се вентил затвара и опремом за појачавање шума се региструје шум протока и стајања воде. У случају да то није могуће урадити врши се уградња сонди притисака пре и иза вентила и на основу очитаних мерења се види стање вентила и да ли се могу затворити у потпуности или не. Провера се врши континуално у интервалима када се не ради интензивно на мерењима и резултати тог рада се виде на следећем дијаграму на слика 3.



Слика 3. Провера вентила 2013. година

На основу рада на терену Служба мерења и детекције цурења формира своје извештаје о откривеним цурењима пасивном, визуелном методом опажања и активном методом. Такав извештај се прослеђује Служби одржавања на санацији и потом се добија повратна информација о санирању квара (слика 4). Просечно време санације квара у 2013. години је износило 5 дана од дана предаје извештаја.



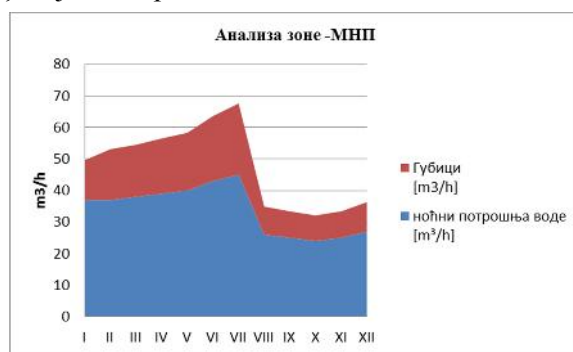
Слика 4. Шема рада служби - ток документације

3. Анализа губитака методом минимални ноћни проток

Комунално предузеће у оквиру својих активности на акционом плану континуално спроводи и мерења ноћног протока са посебним акцентом на проверу података везаних за минимална ноћни проток (МНП) као параметар за проверу стања система се практично најчешће користи за примену у оквиру дефинисаних ОЗБ. У урбаним градским подручјима оваква потрошња се обично јавља током раних јутарњих периода и то између 02:00 и 04:00 сати и представља минималну количину воде која се испоручује у хидраулички изолованом зону снабдевања тј. у ОЗБ. Током ноћи искоришћена вода је на најнижем нивоу и притисци у мрежи су релативно високи и значајна количина протока мерене током часа МНП ће највероватније бити цурења. Стварни губици у систему добијају тако што се од МНП одбије израчуната ноћну потрошњу(НП) као и неизбежна цурења(НЦ) у систему:

$$CG = MNP - (NP + NC)$$

Према представљеним компонентама минималног ноћног протока, а потребно је разјаснити да процењена ноћна потрошња није зависна од притиску у систему. Континуалан рад на зонама приказан је на дијаграму стварних губитака у одређеној зони приложен на слици 5.



Слика 5. Дијаграм стварних губитака

4. Остале активности на смањењу неоприходоване воде

4.1. Регулационо-мерна места

Приликом одржавања система, као и приликом потврђених резултата мерењима притисака дефинисане су зоне са високим притисцима. У следећој фази су дефинисана регулациона места где ће доћи до регулације притисака

као континуалног мерења протока и притисака у одређеним зонама. Искуства у овој области кажу да је однос између просечног притисака и цурења линеаран (практично значи да нпр. 10% повећања притиска за последицу ће имати промену цурења у истом проценту) и узима се у почетној фази рада на зони када се има мање података.

Комунално предузеће је предвидело и у току августа месеца 2014. године почело са израдом (слика 6) дефинисаних мерно регулационих места. Предвиђено је израда 12. мерно регулационих места, од којих 4 места имају изразито регулациону функцију преко клипно прстенастих вентила за регулацију притисака.

На осталим местима се континуално осматра проток и притисак. По извршеном пуштању система у рад и прикупљања и анализе података у оквиру надзорно управљачког система видеће се стварне уштеде неоприходоване воде у систему.



Слика 6. Израда дефинисаних мерно-регулационих места

4.2. Анализа стања мерача протока у систему

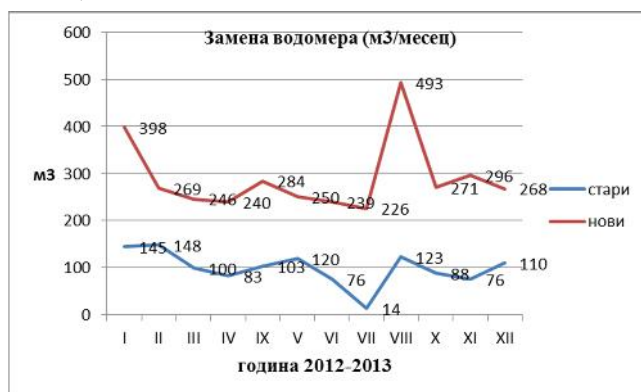
У 2013. години је извршен преглед читавања мерача протока профила већих од 50 mm са посебним акцентом на водомере у стамбеним зградама. Провера се вршила увидом у просечну годишњу потрошњу расподељену по глави потрошача.

Све потрошње по потрошачу $q < 3,0 \text{ m}^3/\text{месец}$ се додатно проверавају на терену. У првој фази предложено за замену 23 водомера $\text{Ø}50 \text{ mm}$ и 15 водомера $\text{Ø}80 \text{ mm}$. Резултати провере потрошње по зградама се виде виде у табели број 2.

Табела 2. Резултати провере потрошње по зградама

Систематизација водомера 80mm							
No	назив	адреса	марка	Шифра	број станара	просек	m ³ /станар
1	Стамбена зграда	Доситејева 134	Инса	80135-К-1/1	46	113	2.456
2	Стамбена зграда	Доситејева 148-150	Иком	80077-К-1/1	125	224.5	1.796
3	Стамбена зграда	Доситејева 156-158	Инса	80080-К-1/1	82	190.5	2.323
4	Стамбена зграда	Доситејева 166-168	Инса	80076-К-1/1	117	212.5	1.816
5	Стамбена зграда	Доситејева 176	Инса	80074-К-1/1	82	195	2.378
6	Стамбена зграда	Јелене.ћ 1/3	Инса	80256-К-2	86	66.5	0.77
7	Стамбена зграда	Југ богданова 65/1	Инса	80439 К-3/2	65	160	2.461
8	Стамбена зграда	Југ богданова 65/II	Инса	80438 К-3/2	60	130.5	2.175
9	Стамбена зграда	4.Краљ. батаљон 15	Инса	80636 К-4	60	79	1.316
10	Стамбена зграда	Зелена гора 36	Инса	80975 К-5	56	106.5	1.901
11	Стамбена зграда	Зелена гора 84	Инса	80978 К-5	91	174.5	1.917
12	Стамбена зграда	Зелена гора 20	Инса	80973 К-5	53	103	1.943
13	Стамбена зграда	В.Степе 12	Инса	80955 К-6	34	78	2.294
14	Стамбена зграда	В.Степе 6/1	Инса	80957 К-6	75	137.5	1.833
15	Стамбена зграда	В.Степе 4	Инса	80956 К-6	71	135	1.901

По извршеној анализи приступило се замени водомера уз претходну анализу изведеног стања инсталација са посебним освртом на потребе у протоцима и притисцима за противпожарну мрежу (минимални притисак од 2,5 бара на најудаљенијем хидранту). Када се утврдило да овај услов неће бити угрожен извршена је замена водомера. Анализом потрошње утврђено је да се на преко 20 замењених водомера укупна потрошња није читавала у великом проценту у периоду када није постојао адекватан мерач протока. Тада се није регистровао велики део реализоване потрошње. Резултати замене су приказани на дијаграму (слика 7.)



Слика 7. Резултати замене водомера

Стари водомер је анализиран прегледом потрошње у 2012. години на основу читачке књиге и обрачуна потрошње за тај период. Потом се приступило обради података за период 2013. године.

Просечно повећање потрошње у 2013. години је износило просечно 3 пута у односу на претходну у 2012. У будућим анализама се мора поклонити посебна пажња врсти и одабиру класе тачности мерача протока који служи као замена. Процењује се да се остварује од 8-10% повећања регистроване потрошње на укупном нивоу, уградњом адекватних водомера.

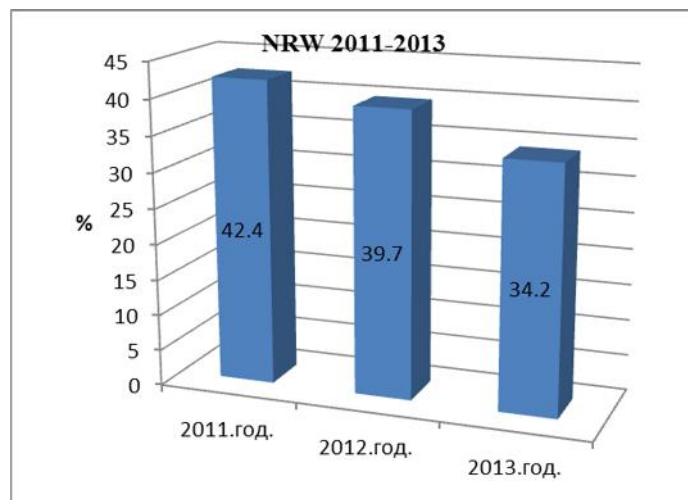
Служба у оквиру својих могућности планира постављање водомера у серијском раду различите класе тачности (упоређивање старог и новог водомера веће тачности) као и анализу исплативости трошкова замене водомера тј. период отплате уложених средстава на замени водомера.

5. Биланс стања са прегледом NRW

5.1. NRW у периоду 2011-2013.

У протеклом периоду комунално предузеће је спровело опсежне радње на мерењима и пасивној и активној детекцији цурења, као и анализи стања водомера.

Анализирајући стање неоприходоване воде дошло се до резултата који показују да спроведене активности дају резултате из године у годину, тако да долази до смањења учешћа неоприходоване воде у билансу стања што се види за период 2011 до 2013. године на слици 8.



Слика 8. Неоприходована вода

Добијени резултати се поклапају са предузетим радњама на откривању и ефикасној поправци кварова, као и са радњама на замени целокупних цевовода које је служба проценила на основу мерења да су неопходна за потпуну реконструкцију. Реализацијом ових закључака добрим делом се дошло до смањења неоприходоване воде током периода 2011-2013. година.

5.2. Билас стања 2013. година – IWA методологија

Табела 3. Билас стања 2013. година – Водовод Краљево

Годишња производња воде... 7.206.768 m ³ /god	Легална потрошња 4.996.558 m ³ /god	Фактурисана легална потрошња 4.744.270 m ³ /god	Измерена фактурисана потрошња 4.700.000 m ³ /god	Фактурисана вода 4.744.270m ³ /god	
			Неизмерена фактурисана потрошња 44.270 m ³ /god		
	Губици воде 2.210.210 m ³ /god	Нефактурисана легална потрошња 402860 m ³ /god.		Измерена нефактурисана потрошња 277.680 m ³ /god	Нефактурисана вода 2.462.498m ³ /god
				Неизмерена нефактурисана потрош. 125180 m ³ /god	
		Комерцијални губици 350.822 m ³ /god		Илегална потрошња 104.573 m ³ /god	
				Нетачности водомера и грешка руковања подацима - 246.249 m ³ /god	
		Физички губици 1.708.816 m ³ /god			

Посебну пажњу је поклоњена на анализу стања мерача протока и то са аспекта димензионисаног профила мерача, класе тачности, начина уградње, као и краћа анализа унешених података са мерача протока. Први прелиминарни закључци говоре да је стање водомера такво да се процењује да око 10% неоприходване воде се односи на проблеме са мерачима протока и то ради

- неадекватних профила цевовода који су најчешће задржани из претходног периода када се мерила потрошња заједно за санитарне и хидрантске потребе;
- класа тачности није адекватна;
- водомери уграђени у услови где нема ламинарног течења;
- погрешно унети подаци о читавању са водомера.

Неопходно је у будућем периоду обратити пажњу на сваки сегмент у оквиру биланса стања и посебно га анализирати.

6. Закључак

Рад на смањењу неоприходване воде јесте непрекидан процес. Комунално предузеће кроз редовну контролу протока и регулацију притисака утиче на

смањење базних губитака, смањење протока на појединим пукотина, као и степен учесталости појаве пукотина.

Такође је потребно, у зависности од специфичности услова у коме функционише систем водоснабдевања, извршити додатне анализе и провере компоненти ноћне потрошње које обавезно треба узимати у прорачуну када се одређују величине стварних губитака. Прецизнији улазни подаци и мерења ће условити квалитетније податке о губицима у систему. Метода минималних ноћних протока јесте добра и брза варијанта за процену стања у једној зони, чак и ако се у првој фази има реалтивно мало података. Али уколико желите да ваш систем буде функционалан и оперативан у току целе године, као и да радите на смањењу трошкова пословања, рад на смањењу неоприходоване воде је неодвојив део тих активности. При том је потребно анализи стања у систему водоснабдевања приступити методама биланса стања према IWA методологији на годишњем нивоу, узевши у обзир специфичне услове у систему.

7. Литература

- [1] Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and performance Measures. Lambert A & Hirner W.H. IWSA Blue Pages in preparation, 1999
- [2] Alegre et al, Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Performance Measures, IWA Manual of Best Practice, 2000
- [3] Lambert A & Hirner W.H. IWSA Blue Pages, Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Performance Measures, 2000
- [4] Lambert A. and McKenzie R: Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index, Proceedings of IWA Conference, 2002
- [5] Lambert, A and McKenzie, R., "Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index." Paper to IWA Conference 'Leakage Management – A Practical Approach', Cyprus, November 2002
- [6] др. Секулић Г, „Губитци у системима за снабдевање водом и рационална потрошња воде”, Грађевински календар 2008
- [7] Продановић Д, Основне зоне билансирања, Грађевински факултет Београд, 2002
- [8] Радивојевић Д., Милићевић Д, Благојевић Б, Трајковић С, „Развој стратегије за управљање губицима воде у водоводним системима”, Зборник радова Грађевинско-архитектонског факултета из Ниша бр. 23, 2008
- [9] Liemberger, R. and Farley, M., "Developing a non-revenue water reduction strategy", powerpoint presentation from the IWA Congress, Marratech, 2004
- [10] Thornton, J. Water Loss Control Manual, McGraw-Hill, 2002
- [11] Димитријевић, З, Анализа мерних зона водоводне мреже града Краљево методом минималних ноћних протока 34. Међународни стручно-научни скуп „Водовод и кана-лизација“, Тара, 2003

UTVRĐIVANJE I OBRAČUN RASTURA VODE U STAMBENIM ZGRADAMA

CALCULATION AND BILLING WATER LOSS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

MILAN ĐORĐEVIĆ¹

Rezime: Pomoćni vodomeri na kućnoj instalaciji namenjeni su za merenje sekundarne legalne potrošnje, a mogu biti postavljeni iza glavnih vodomera instaliranih na priključcima na vodovodnu mrežu. Mogu biti instalirani od strane vodovoda ili potrošača, a namenjeni su za merenje individualne potrošnje vode u objektima ili njihovim delovima, za potrebe praćenja utroška vode ili fakturisanja. Obzirom na lokaciju ovih vodomera, pristup može biti otežan, što bitno utiče na mogućnosti očitavanja, tačnost obračuna, inspekcije i održavanja mernog mesta i vodomera. U principu, vodovodi ne bi trebali da priznaju pomoćne vodomere, ali u kontekstu promovisanja štednje vode i smanjivanja nenamenske potrošnje i gubitaka na štetu potrošača, često su na to primorani. Ovaj rad se bavi problemom utvrđivanja i obračuna rastura vode - razlike potrošnje između potrošnje registrovane glavnim vodomerima za zgradu i pomoćnim vodomerima na kućnoj instalaciji u varijantama koje se mogu javiti u praksi, uključujući i zgrade koje nisu kompletno opremljene pomoćnim vodomerima.

Ključne reči: administrativni gubici vode, očitavanje vodomera, obračun potrošnje vode, stambene zgrade

Abstract: Submeters are intended to measure secondary legal consumption in location of the end user and they may be installed behind the main water meters on residential buildings water network. Those submeters can be installed by waterworks or consumers, and they are intended to measure individual water consumption in buildings, or the part of buildings, for the purpose of monitoring water consumption and billing. Due to the location of the gauge, the approach can be difficult, which greatly affects the possibilities of reading, accuracy of calculation, inspection and maintenance of measuring and gauge. In general, the waterwork should not recognize submeters, but in the context of promoting water saving and reduction of unrestricted consumption and losses at the expense of consumers, often are forced. This paper addresses the problem of defining and calculating the water loss - the difference between consumption expenditure registered main water meters for the building and submeters on residential installation of variations that can occur in practice, including buildings that are fully equipped with submeters.

Key words: Administrative water losses, Meter Reading, Billing of Water Consumption, Residential Buildings

¹ Milan Đorđević, dipl. inž, OmniData, Stojana Novakovića 27, Šabac

1. Merenje legalne potrošnje

Sistem za registrovanje legalne potrošnje treba da pravovremeno odgovori gde, ko, kada i koliko vode je potrošio, odnosno, obezbedi tačne podatke o potrošnji, čija je rezolucija dovoljna za potrebe fakturisanja i upravljanja vodovodnim sistemom.

Savremeni vodovodi imaju potrebu za velikom količinom kvalitetnih podataka namenjenih za obračun potrošnje vode, bilansiranje količina vode i detekciju gubitaka, koji se dobijaju na osnovu merenja na mernim mestima na ulazima i izlazima distributivne mreže, a takođe i na velikom broju stalnih ili privremenih mernih mesta na različitim lokacijama u vodovodnom sistemu, kako na samoj distributivnoj mreži, tako i na vodovodnim instalacijama kod potrošača. [3]

Tabela 1. Podela mernih mesta na osnovu namene i lokacije u sistemu za merenje legalne potrošnje

Merenja	Namena / Lokacija	Perioda
Izlazna	Merenje legalne potrošnje. Merenje količine vode isporučene potrošaču, preko priključka na vodovodnu mrežu.	1-6 meseci
Pomoćna	Merenje sekundarne legalne potrošnje. Postavljaju se iza izlaznih merila. Mogu biti instalirana od strane vodovoda ili korisnika, a namenjena su za merenje individualne potrošnje vode u objektima ili njihovom delovima, za potrebe praćenja utroška vode ili fakturisanja. Vlasnici zemljišta ili objekta, vlasnici stambenih jedinica u zgradama, unutar svojih parcela ili objekata, koriste interna merila u cilju raspodele registrovane potrošnje.	1-6 meseci
Kontrolna	Trajna ili privremena ugradnja merila ili postavljanje prenosivih merila u cilju određivanja protoka, potvrđivanja tačnosti merenja, lociranja gubitaka, testiranja, određivanja karakteristika korisnika-potrošača.	po potrebi

Poremećaji u periodi merenja, dugi vremenski intervali između merenja, vremenska neodređenost i nedovoljna količina podataka nepovoljno utiču na kvalitet podataka o potrošnji. Kada se radi o kratkotrajnom ispadu, jednostavnom naknadnom obradom podataka problem se može eliminisati skoro u potpunosti, bez uočljivog gubitka rezolucije, odnosno na taj način i popraviti kvalitet podataka.

Međutim, u sistemima kod kojih slični poremećaji duže traju ili se češće javljaju, naknadnom obradom nije moguće značajno popraviti kvalitet podataka.

Uticao godišnjih doba odnosno vremenskih prilika i neprilika na uspešnost merenja - očitavanja izlazne potrošnje, značajno utiče na kvalitet manualnog očitavanja potrošnje, pogotovo u zimskom periodu, usled čega se pojavljuju "veštački" lokalni minimumi i maksimumi.

Pomenuti problem se u određenoj meri može kompenzovati ukoliko se očitavanje i evidentiranje potrošnje vrši sa promenljivom periodom od 1 do 6 meseci, zavisno od karakteristika potrošača, istorijata potrošnje na mernom mestu, načina utvrđivanja potrošnje u prethodnim periodima, prosečne potrošnje u prethodnoj godini, broja reklamacija, vremenskih prilika, rokova i raspoložive radne snage.

Obzirom na lokaciju izlaznih, pomoćnih i kontrolnih mernih mesta, pristup može biti otežan, što bitno utiče na mogućnosti očitavanja, inspekcije i održavanja. U

principu, vodovodi ne bi trebali da priznaju pomoćna merila, ali često su na to primorani, ako ne odlukom lokalne samouprave, onda u kontekstu promovisanja štednje vode i smanjivanja nenamenske potrošnje i gubitaka na štetu potrošača.

Takođe, vodovodi mogu biti zainteresovani za ova pomoćna merenja u situacijama kada postoji potreba da se na osnovu izmerene količine vode ne može fakturisati i otpadna voda na uobičajeni način, odnosno na osnovu količine isporučene vode. Pomoćnim merenjem može se utvrditi količina vode koja se vraća kao otpadna.

Kako za potrebe obračuna potrošnje vode, tako i za potrebe obrade podataka o potrošnji, analize i bilansiranja količina vode, izračunavanja infrastrukturnog indeksa gubitaka², kontrolu, praćenje i menadžment gubicima, kao i strateško upravljanje sistemom vodosnabdevanja, neophodno je da sistemi ulaznih i izlaznih merenja u kontinuitetu obezbeđuju podatke, koji sem u pogledu tačnosti, ispunjavaju zahteve u pogledu vremenske određenosti i rezolucije. [5]

Bez obzira, na tehničko-tehnološke kapacitete, u cilju provere mernih mesta, otkrivanja defekata, smetnji i anomalija, neophodno je obezbediti neposrednu fizičku kontrolu svih mernih mesta bar dva puta godišnje³.

2. Performanse vodomera za merenje legalne potrošnje

Tačnost merenja ukupne potrošnje u osnovi zavisi od tehničke ispravnosti vodomera kod krajnjih potrošača. Očekivani životni vek vodomera, koji navodi proizvođač, najčešće podrazumeva vremenski period u kome vodomer može da funkcionise⁴.

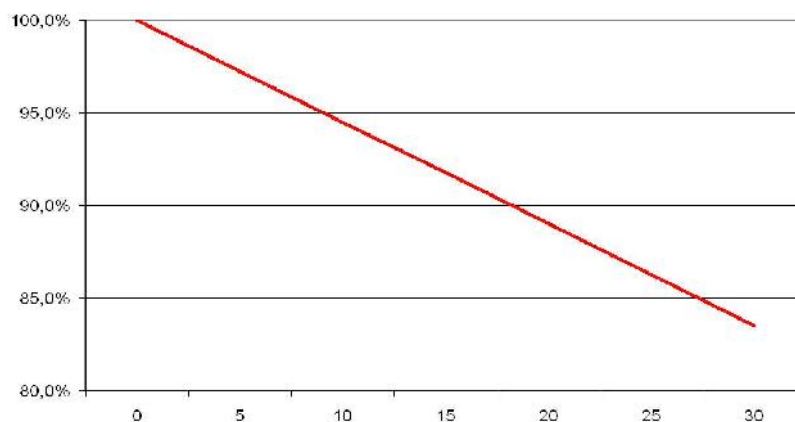
Međutim, tu nema dovoljno podataka u vezi sa faktorima koji utiču na životni vek, karakteristike mehanizma i tačnost vodomera, kao što su uslovi i način ugradnje, zatim uticaj ambijentalne temperature, fizičko-hemijskog sastava vode, prisustva čvrstih predmeta i čestica, varijacije temperature vode i sl.

Analize performansi vodomera koje se najčešće navode u literaturi odnose se na određene vodovodne sisteme ili zone sa sličnim uslovima, koje su autori radili za konkretne potrebe. Na primer, dijagram na slici 2. napravljen je na osnovu podataka o karakteristikama kućnih vodomera starih 30 godina, u režimu malih, srednjih i velikih protoka.[4]

² ILI - Infrastructure Leakage Index (relativni odnos realnog prosečnog i "teorijski" neizbežnog tehničkog gubitka po konekciji)

³ U principu na svakih 6 meseci. Na području sa kontinentalnom klimom uputno je da se to radi pre i nakon zimskog perioda. Na ovaj način se stvaraju uslovi za preventivno delovanje i blagovremeno otklanjanje problema u vezi sa tehničkom ispravnošću priključaka, kvarovima, nenamenskom i nelegalnom potrošnjom.

⁴ uglavnom za potrebe garancije



Slika 1. Procena performansi kućnih vodomera u zavisnosti od starosti u godinama

U praksi, lokacija, stanje vodomernog skloništa i način ugradnje, pored uticaja na životni vek vodomera, imaju ogroman uticaj na mogućnost tačnog i efikasnog očitavanja⁵.

3. Izbor metoda očitavanja i evidencije legalne potrošnje

U zavisnosti od postojećeg stanja sistema merenja legalne potrošnje, odnosno ljudskih i tehničko-tehnoloških kapaciteta, raspoložive informatičke podrške, u praksi je neophodno izabrati i kombinovati različite metode očitavanja i prenosa podataka: [2]

- manuelno očitavanje, evidentiranje na "papirnim" čitačkim listama,
- manuelno očitavanje, evidentiranje pomoću mobilnih računara,
- manuelno očitavanje sopstvene potrošnje od strane potrošača⁶,
- daljinsko očitavanje, evidentiranje pomoću mobilnih računara⁷,
- daljinsko očitavanje, automatsko preuzimanje podataka⁸.

Svi pobrojani metodi imaju različite prednosti i mane. Za njihovu primenu potrebna su različita finansijska sredstva i dinamika finansiranja, a obzirom da ih mogu pratiti i različiti operativni troškovi i troškovi održavanja.

Osnovna prepreka za širu primenu sistema daljinskog očitavanja je još uvek vrlo visoka cena nabavke, a dodatni problemi su cena obezbeđivanja finansijskih sredstava, troškovi održavanja i operativni troškovi, što može vrlo nepovoljno uticati na cenu obračuna vode⁹.

⁵ U praksi se veoma često sreće veliki broj neuslovnih i nepristupačnih vodomernih skloništa.

⁶ Samočitači

⁷ Walk by, Mobile Reading

⁸ Internet, GSM, Radio Network, Cable Network

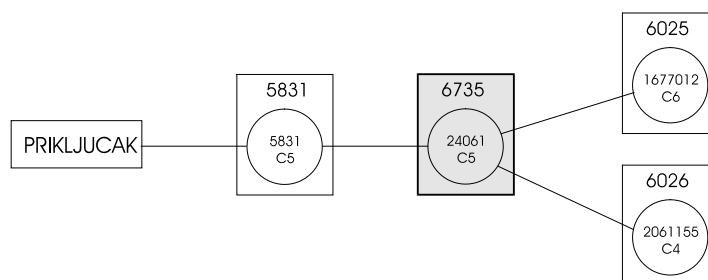
⁹ uzevši u obzir da je sadašnja cena anagažovanja radne snage relativno niska, a cena sistema daljinskog očitavanja još uvek relativno visoka

Aktivnim upravljanjem periodom manuelnog očitavanja¹⁰, u praksi lako postiže smanjivanje troškova za bar 25%, i to bez ikakvih materijalnih ulaganja. [1]

Neselektivna primena pomenutog daljinskog sistema na svim mernim mestima, teško da u ovom trenutku u finansijsko-komercijalnom smislu postoji razumno i prihvatljivo opravdanje¹¹. Sistem daljinskog očitavanja treba primeniti selektivno, prvenstveno na mernim mestima na kojim se otežano ili vrlo teško vrši očitavanje, ili se radi o nedostupnim, ograničeno dostupnim ili udaljenim lokacijama, ili na kojim se ne može primeniti postupak optimalizacije periode očitavanja, a postoji potreba da se vrši redovno mesečno očitavanje¹².

4. Problem obračuna potrošnje u složenim mernim sistemima

U praksi, na istom priključku vodovodne mreže mogu se naći složeni merni sistemi - razne kombinacije serijskog povezivanja vodomera, pri čemu na pojedinim vodomerima može biti i više od jednog potrošača.



Slika 2. Šematski prikaz jednog složenog sistema mernih mesta¹³

Dalje usložnjavanje ovog problema odlikuje u tome što vodomeri mogu pripadati različitim kategorijama potrošača, tako da se perioda očitavanja ovih vodo-

¹⁰ Primenom postupka planiranja i optimalizacije periode manuelnog očitavanja, na osnovu karakteristika potrošnje, tipa potrošača, raspoložive količine podataka o potrošnji i broja reklamacija, sem što se povećava pouzdanosti podataka, omogućava se i redukcija angažovanja i troškova, čak i do 45%. [1]

¹¹ Očitavanje potrošnje vode "na dugme" je napredna, zanimljiva i moderna ideja, koja ima perspektivu. Međutim, ako stvarno želimo da ideju i realizujemo ispod "dugmeta" moramo imati ozbiljnu "mašineriju", koja prirodno ima i ozbiljnu cenu, a u operativnoj primeni može da postane i generator ozbiljnih dodatnih troškova, koji ukoliko se ne fakturišu potrošačima, mogu ugroziti likvidnost vodovoda

¹² Takođe bi trebalo analizirati potrebe u vezi očitavanja potrošnje na lokacijama na kojima je skoncentrisan veliki broj merila, ili se preko njih registruje potrošnja za specifične, nekarakteristične ili velike potrošače.

¹³ Na primer: Na mernom mestu 5831 utvrđuje se potrošnja za dva potrošača koji pripadaju različitim pravnim licima, na mernom mestu 6735 utvrđuje se potrošnja za više potrošača u jednoj stambenoj zgradi, a na mernim mestima 6025 i 6026 utvrđuje se potrošnja za po potrošača koji pripadaju različitim pravnim licima. Oznake C4, C5 i C6 označavaju respektivno 4,5 i 6 broj celih cifara, na vodomerima ugrađenim na mernim mestima.

mera može razlikovati, što je uglavnom posledica loše organizacije poslova evidencije potrošnje. Neto potrošnja na mernom mestu služi kao osnovica za obračun potrošnje potrošača, a određuje se na osnovu obrasca:

$$\text{Neto potrošnja} = \text{Bruto potrošnja} - \text{Sekundarna bruto potrošnja}$$

U slučaju da merno mesto ima iza sebe sekundarna merna mesta dovoljno je izračunati njihovu bruto potrošnju i oduzeti je od bruto potrošnje mernog mesta. Očigledno, iz više razloga tačnost obračuna potrošnje na složenom mernom sistemu može biti dovedena u pitanje, a isto tako i da će postojati razlika u potrošnji registrovanoj na primarnim i sekundarnim mernim mestima čak i u slučaju proste serijske veze bez usputnih potrošača, koja se može posmatrati kao rastur potrošnje odnosno administrativni gubitak vode.

5. Nefakturisana izmerena potrošnja u stambenim zgradama

U cilju analize administrativnih gubitaka koji se odnose na nefakturisanu izmerenu potrošnju u stambenim zgradama, izabran je uzorak od 18 stambenih zgrada¹⁴, koje imaju ugrađene vodomere na kućnoj instalaciji, a u kojima svi potrošači imaju individualne sekundarne vodomere na mernim mestima koja su povezana neposredno na primarno merno mesto. Izvršena je obrada raspoloživih podataka o potrošnji za pomenute stambene zgrade, a zatim kao rastur potrošnje posmatrana razlika potrošnje na primarnom mernom mestu i zbira potrošnje na pripadajućim sekundarnim mernim mestima, u periodu od dve godine. Na osnovu raspoloživih podataka za navedenih 18 stambenih zgrada, koje su uzete kao uzorak, pod uslovom da su podaci o potrošnji dovoljno tačni i reprezentativni, moglo bi se reći da se "rastur" potrošnje kretao oko 31,5 m³ mesečno prosečno po zgradi. Dalje, to bi moglo da znači da bi vodovodi mogli da nađu interes da tih 17% potrošnje registrovane na primarnim mernim mestima rastur potrošnje i fakturišu svojim potrošačima. U složenim mernim sistemima sastavljenim od većeg broja vodomera, obračun rastura potrošnje svodi se na korekciju potrošnje registrovane pomoćnim¹⁵

¹⁴ Iz baze podataka sistema NAPLATA za evidenciju potrošnje, obračun i naplatu vode i ostalih komunalnih usluga JPKP LAZAREVAC, Srbija.

¹⁵ Individualni, sekundarni vodomeri instalirani na merna mesta na kućnoj instalaciji u zgradi, ovi se vodomeri u nekim vodovodima nazivaju i kontrolnim.

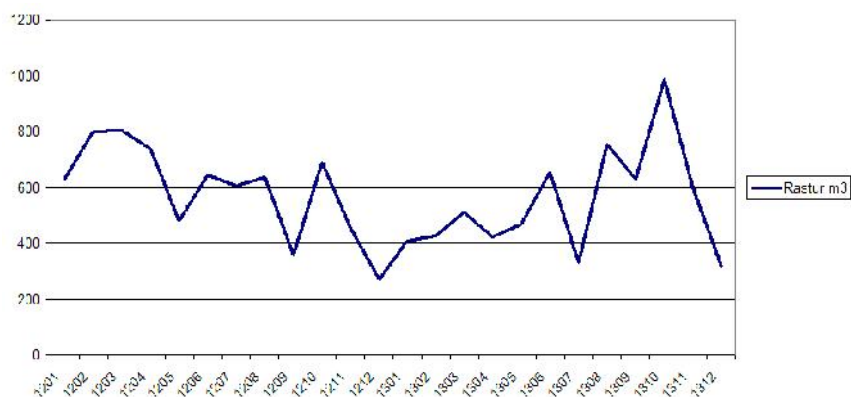
Na primer: Službeni list Grada Kragujevca, broj 18, Odluka o uslovima i načinu organizovanja poslova u obavljanju komunalne delatnosti prečišćavanja i distribucije vode i prečišćavanja i odvođenja otpadnih voda (prečišćen tekst): "Centralni vodomer meri potrošnju za više korisnika (stambene zgrade, stambeno poslovne zgrade...) Kontrolni vodomer se postavlja iza glavnog vodomera i meri potrošnju samo jednog korisnika (vodomeri u stanovima stambenih zgrada), a kome je za obračun potrošnje merodavan centralni vodomer individualni vodomer meri potrošnju za samo jednog korisnika i koji je merodavan za obračun potrošnje (porodične zgrade, kuće, poslovni objekti i sl.)... Kontrolni vodomer služi za merenje potrošnje vode jednog korisnika, s tim što je korisnik dužan da plaća i deo potrošene vode sa centralnog vodomera, odnosno razliku između pročitano stanja sa centralnog vodomera i zbira potrošene količine vode preko svih kontrolnih vodomera."

vodomerima za udeo u razlici između potrošnje registrovane na primarnom¹⁶ vodomeru i zbira sekundarne potrošnje registrovane na pomoćnim vodomerima u zgradi, odnosno potrošnja koja će biti obračunata potrošačima zavisi od potrošnje koja je evidentirana na njihovim "individualnim" vodomerima, ali i od potrošnje registrovanoj na svim ostalim vodomerima u zgradi.

Tabela 2. Rastur potrošnje po mesecima za uzorak od 18 zgrada, 2012. i 2013. godine

Godina mesec	Potrošnja na primarnom mernom mestu [m ³]	Zbir potrošnje na sekundarnim mernim mestima [m ³]	Razlika [m ³]
1201	3313	2683	630
1202	3501	2702	799
1203	3432	2628	804
1204	3491	2751	740
1205	3186	2705	481
1206	3389	2746	643
1207	3220	2615	605
1208	3265	2630	635
1209	3215	2858	357
1210	3288	2599	689
1211	3140	2685	455
1212	3107	2838	269
1301	3332	2923	409
1302	3187	2761	426
1303	3021	2511	510
1304	3175	2751	424
1305	3145	2677	468
1306	3325	2668	657
1307	2956	2625	331
1308	3378	2624	754
1309	3217	2588	629
1310	3570	2584	986
1311	3316	2718	598
1312	2952	2635	317
UKUPNO	78121	64505	13616
PROSEK	3255	2688	567

¹⁶ glavni, centralni vodomer u zgradi, takođe se i ovi vodomeri u nekim vodovodima nazivaju kontrolnim



Slika 3. Rastur potrošnje po mesecima za uzorak od 18 zgrada, 2012. i 2013. godine

Ukoliko iz bilo kog razloga dođe do greške pri administriranju ključa za raspodelu potrošnje ili što je verovatnije do anomalije u evidenciji potrošnje, poremećaj se propagira na sve potrošače unutar zgrade usled čega može lako doći do masovne greške ili većeg odstupanja od očekivane mesečne potrošnje, što prirodno za posledicu ima povećavanje broja reklamacija na obračun potrošnje vode, tako da se sem povećavanja troškova zbog angažovanja na aktivnostima unutar reklamacionog postupka, a može očekivati i smanjivanje uspešnost naplate u stambenim zgradama, što je mnogo ozbiljniji problem.

Pre otpočinjanja prakse obračuna rastura potrošnje, neophodno je obezbediti pravni okvir - odluke lokalne samouprave i pravilnike koji moraju definisati jasnu i konzistentnu metodologiju obračuna rastura potrošnje, a koja se može lako primeniti i održati u praksi.

Podrazumeva se da potrošači moraju biti blagovremeno i adekvatno informisani o promeni načina obračuna rastura potrošnje.

U tehničkom smislu neophodno je obezbediti da u stambenim zgradama na kućnoj instalaciji unutar složenog mernog sistema budu ugrađeni pomoćni sekundarni vodomeri identičnih karakteristika i da budu održavani u potpuno ispravnom stanju.

Sem toga neophodno je obezbediti tačnost, jednovremenost i stabilnu periodu očitavanja, konzistentnu evidenciju potrošnje i ispravnu registraciju mernih mesta u bazi podataka, kao i softverske procedure za obračun rastura potrošnje unutar sistema za obračun i fakturisanje potrošnje.

6. Zaključak

Administrativni gubici vode koji se odnose na rastur potrošnje u stambenim zgradama u kojim se individualna potrošnja utvrđuje pomoćnim sekundarnim vo-

domerima instaliranim na kućnoj instalaciji iza glavnog primarnog vodomera, evidentno nisu zanemarljivi i da je relativno lako izvesti obračun i fakturisanje rastura potrošnje krajnjim potrošačima.

Međutim, u praksi, iz više razloga, može se očekivati povećavanje broja reklamacija na obračun potrošnje.

Povećavanje broja reklamacija sa jedne strane direktno utiče na povećavanje troškova koji se odnose na servisiranje reklamacija, a sa druge strane negativno indirektno utiče na uspešnost naplate, tako da čak i u situaciji kada za to postoji adekvatan pravni osnov, organizacioni i tehnički uslovi, pre otpočinjanja prakse fakturisanja administrativnih gubitaka krajnjim potrošačima, mora se ozbiljno razmotriti da li se to uopšte i u kojoj situaciji isplati raditi.

7. Literatura

- [1] Đorđević M. Optimalna strategija očitavanja vodomera i efekti primene na realnom sistemu, „Vodovod i kanalizacija '03“, savetovanje, Arandelovac, 2003.
- [2] Đorđević M., Organizacione i tehničke promene u cilju povećavanja efikasnosti procesa obračuna i naplate, Vodovodni i kanalizacioni sistemi, konferencija, UTVSI, Jahorina, 2010.
- [3] Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems, EPA - US Environmental Protection Agency, November 2010
- [4] Determining the Economical Optimum Life of Residential Water Meters, Dr. Hans D. Allender, P. E., Water Engineering & Management, Scranton Gillette Communications, September 1996
- [5] Đorđević M., Kombinovanje metoda očitavanja u cilju redukcije troškova i povećavanja tačnosti evidencije potrošnje, „Vodovod i kanalizacija '11“, savetovanje, Kladovo, 2011.

УПРАВЉАЊЕ ПОВРШИНСКИМ И ОТПАДНИМ ВОДАМА СРБИЈЕ

SERBIAN SURFACE AND WASTEWATER MANAGEMENT

ПРЕДРАГ ПЕТРОВИЋ¹, МАРИЈА ПЕТРОВИЋ²

Резиме: Србија у начелу, поседује значајне ресурсе површинских вода, али који нису у задовољавајућој мери искоришћени. Пре свега се мисли на могућности искоришћења површинских вода у пољопривреди, за наводњавање ораница, али и у другим сегментима привреде. Становништво које живи у урбаним областима као и привредни субјекти великих или средњих система, стварају значајне количине отпадних вода, које се не прерађују у довољној мери, а као такве, одводе у речне токове, што проузрокује значајно загађење површинских вода. Становници који живе у руралним областима, својим углавном септичким јамама, такође значајно загађују земљу, подземне воде и ваздух.

У овом раду је дат кратак преглед управљања површинским и отпадним водама, кроз анализу стања и могућности њихове примене и прераде.

Кључне речи: воде, ресурси, управљање, загађење, Србија

Abstract: Serbia, in principle, has significant resources of surface water, but not utilized in a satisfactory manner. This primarily refers to the utilization of surface water in agriculture, for irrigation of arable land, but also in other segments of the economy. Population living in urban areas as well as large commercial entities or medium systems, produce the significant amounts of wastewater, which is not processed sufficiently, and as such, drains into rivers, causing significant pollution of surface waters. Residents who live in rural areas, their septic tanks, also significantly pollute the soil, groundwater and air. This paper provides a brief overview of surface and wastewater management practice, by analyzing the situation and the possibilities of their application and processing.

Key words: water, resources, management, pollution, Serbia

1. Увод

Србија поседује значајну количину површинских вода у виду река, као и процењене велике потенцијале подземних вода. Површинске воде, су у великом проценту, међународне воде, реке које извиру у другим земљама, а прола-

¹ др Предраг Петровић, дипл. инж. маш, Институт „Кирило Савић“, Војводе Степе 51, Београд

² Марија Петровић, дипл. инж. тех, Институт „Кирило Савић“, Војводе Степе 51, Београд

зе кроз Србију, или извиру у Србији, а уливају се у реке које даље пролазе кроз друге земље.

Становништво, многобројни сектори привреде, водопривреде, пољопривреде и многи други фактори су кроз своје делатности и главни загађивачи река и животне средине уопште. На територији Србије налазе се бројни извори минералних и термалних вода, само регистрованих има више од 1000. [1] [2]

2. Стање површинских вода Србије

Годишњи ниво падавина у Србији варира од 550-650 mm у равницама, а до 800-1200 mm у планинским подручјима. Међутим, тај ниво може бити и екстремно већи, као што је био 2006., а нарочито у мају 2014., када је износио 1.600-1.800 mm, са незапамћеним поплавама које су донеле велике недаће становништву поплавлених подручја и уопште држави Србији.

Реке Дунав, Сава, Тиса, Дрина, Ибар и Велика Морава, чине главне водне ресурсе у земљи. Све реке у Србији припадају следећим морским сливовима: Црноморском, Јадранском и Егејском. Црноморски слив просечно садржи око $176 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ воде, Јадрански око $2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, док слив Егејског мора износи око $0,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ воде. Око 92% расположивих водних ресурса извиру ван Србије, са годишњим транзитним дотоком воде око $162 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Река Дунав протиче кроз Србију у дужини од 588 km, од чега, 138 km представља дужину граница са Хрватском, а око 213 km, са Румунијом. Највеће притоке Дунаву су реке Сава, Дрина и Тиса и уливају се на територији Србије, повећавајући његов проток око 2,5 пута. Друге веће притоке које се уливају у Дунав у Србији, су Велика Морава, Тамиш, који извиру у Румунији и Тимок, који чини мањи део српско-бугарске границе.

Могућност површинских вода знатно је побољшана изградњом речних резервоара којих у Србији тренутно има 30 великих, (складишног капацитета $>10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), 31 средње величине (складишни капацитет $>10^6 \text{ m}^3$) и око 100 мањих. Укупна запремина ових резервоара је $6,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. [9]

Значајан систем, када се говори о површинским водама представља систем Дунав-Тиса-Дунав, који покрива око 20.000 m^2 и представља мрежу канала чија укупна дужина износи око 700 km. [1], [3]

2.2. Класификација површинских вода

Уредбом о класификацији вода из 1968 године (СГ РС бр.5/1968) извршена је подела површинских вода у четири класе квалитета:

I- веома чиста вода којој је дезинфекција потребна само ако се користи за водоснабдевање и за рекреативне активности.

II-благо загађена вода којој је потребан одговарајући третман да би могла да се користи за водоснабдевање

III- подразумева загађену воду којој је потребан одговарајући третман да би могла да се користи као индустријска вода (осим у прехранбеној и текстилној индустрији)

IV-веома загађена вода

Вода класе I и II/I је веома ретка у Србији, а може се пронаћи у планинским пределима, напр. Ђетиња, Рзав, Студеница, Моравица, Млава. Најзагађеније реке у Србији су: Стари пловни Бегеј, Топлица, Велики Луг, Лугомир, Црни Тимок, Бор, канал Врбас-Бечеј.

Генерално, квалитет воде у Србији из године у годину је све лошији и није реткост да поједине воде у погледу квалитета опадају из више у нижу класу. Квалитет зависи од еутрофикације изазване нутријентима и органским загађујућим материјама и тешким металима. У великим рекама је утврђено појачано бактериолошко, физичко и хемијско загађење низводно у великим градовима и испод 1/3 припада квалитету II класе. [1]

3. Могућност коришћења површинских вода

3.1. Коришћење воде у пољопривреди

Реке представљају највеће изворе воде за наводњавање, а удео подземних вода у те сврхе, је релативно мали. Од укупно око $4,7 \cdot 10^6$ ha обрадиве површине, $3,6 \cdot 10^6$ ha је погодно за наводњавање. Системи покривају < 5% ове површине (195.000 ha), док већи део система ради испод оптимума или уопште не ради, тако да се у потпуности наводњава само око 1% (30.000 ha). [7], [8]

Око 2,67 милиона ha пољопривредног земљишта у Србији, или око 52% укупне површине земље има лоше дренажне системе. У равници је око $1,61 \cdot 10^6$ ha, што износи око 90% пољопривредног земљишта, које је уложено лошом дренажом.

У циљу решавања овог проблема и опасности од презасићености тла влагом, око $2,08 \cdot 10^6$ ha у око 400 дренажних области опремљено је инсталацијама, укључујући и 210 пумпних станица и 22.600 km дренажних канала. Више од 58.000 ha је опремљено попложено под-дренажним системима. Многи дренажни канали су угрожени наносима и коровом, па пратеће структуре и пумпне станице скоро да нису у функцији, што резултира генерално неадекватним функционисањем дренажне мреже.

3.1.1. Стање наводњавања у Србији

Без наводњавања нема стабилне и високо продуктивне производње пољопривредних добара. Ту чињеницу свет је одавно схватио и довео до тога да се данас наводњава око једне шестине обрадивих површина.

У свим изразито „аридним“ зонама у виду пустиња и полупустиња, (лат. aridus=сух или климатско подручје, где је количина падавина мања од могућег испаравања у истом подручју у трајању 10-12 месеци годишње, и са врло

ниском влажношћу ваздуха), где владају сталне суше, наводњавање је основни предуслов за обављање пољопривредне производње. У климатским „семиаридним“ зонама, (испаривање траје током целе године са променљивим интензитетом), где спада и Србија, односно у зонама са периодичном сушом, наводњавање је крајње неопходно.

У централној Србији под системима за наводњавање налази се око 20.000 ha, у Војводини око 120.000 ha, на Косову 55.000 ha. Перспектива интензивнијег наводњавања у Србији постоји, па према неким проценама Министарства пољопривреде, чак и до $2,7 \cdot 10^6$ ha би могло да се наводњава. Исто Министарство сматра да би могло релативно брзо да се приступити изградњи система уз минимална улагања за уређење земљишта за наводњавање на 1.055.000 ha и то: у Војводини на 760.000 ha, централној Србији на 186.000 ha, и на Косову 105.000 ha.

Коментар аутора овог рада на ове прогнозе је доста песимистичан и није реално за очекивати, поготову у неком крећем временском периоду, како се предвиђа. Бивша СФРЈ је сагледала потребе за наводњавањем и одводњавањем и имала је три кредитне линије од Светске банке и то: за изградњу система Дунав-Тиса-Дунав, систем за наводњавање и одводњавање Морава 1 и 2 и инфраструктурни систем Ибар-Лепенац. Тада је замислио била, да то буде примарна мрежа инфраструктурног система, а на њу да се надовезује секундарна мрежа наводњавања, што на жалост није реализовано.

У свету је ситуација сасвим другачија, тако да од укупне површине копна на земљиној кугли, 24% површина изложено суши, односно високим температурама. У свету се користи око 1,5 милијарде хектара обрадивих површина, а под системима за наводњавање налази се око $250 \cdot 10^6$ ha или 17%, на чијим површинама се произведе око 40% укупне светске производње хране. У глобалним размерама, пољопривреда у свету троши 70% од укупно захваћених количина воде, док је у Европи то 30%, углавном у јужнијим земљама, а у северним земљама Европе око 1-4%.

Од земаља ЕУ под системима за наводњавање, највише обрадивих површина је у Грчкој 37%, Холандији 29%, Италији 22%, Португалији 21%, Шпанији 17%, Данској 17%, Хрватској 0,86%. итд. Укупно у 15 земаља ЕУ, 13%, обрадивих површина покривено је системима за наводњавање (11.256.000 ha). [7]

Низак степен искоришћења система код нас, је условљен бројним разлозима: веома ниска привредна и пољопривредна продуктивност, недостатак стратегије развоја, нерешеност основних услова за успешну примену наводњавања (комасација и укрупњавање поседа, чишћење постојећих канала и сл.), слаба материјална основа, недостатак система за дренажу и наводњавање, неадекватно одржавање постојећих система, велика заступљеност тзв. Међународних вода и др.[1]

3.1.2. Перспективе и значај наводњавања у Србији

И поред горе наведених тешкоћа, предходна Влада Србије је покренула иницијативу израде пројекта за наводњавање до $1,1 \cdot 10^6$ ha обрадивог земљишта у наредних 5 година. Међутим, веома тешко је реално очекивати реализацију таквих пројеката, поготову што је половина од предвиђеног времена већ прошла, а врло мало или ништа није урађено. Крајем 2011., наручена је документација за наводњавање 270.000 ha новим хидросистемима, са роком завршетка чак и у првој половини 2012., као и израда ревитализације постојеће каналске мреже на преко 130.000 ha.

Остварени приноси у условима наводњавања могу бити већи и до 50-100%, у односу на приносе без наводњавања. Да би се такви приноси остварили, потребно је дефинисати следеће приоритетне кораке: обезбедити континуирано финансирање, извршити реконструкцију и ревитализацију постојећих система и замену старих решења новим, увести рационализацију рада у смислу мање потрошње енергије, изградити нове савремене системе са тежиштем наводњавања мањих поседа у власништву индивидуалних произвођача, веће коришћење течних стајњака, у циљу смањења употребе минералних ђубрива и заштите човекове околине, регулисати комасационо уређење земљишног поседа и др. Такви услови обезбеђују стабилност производње и цена, сигурност становништва у исхрани, повећање извоза, тиме и девизних резерви и бруто националног дохотка и др. [1]

3.1.3. Просечне годишње падавине и погодност наводњавања у Србији

Према званичним подацима Републичког хидрометеоролошког завода Србије, најмање падавине су тамо где су најпотребније, у Војводини (земљиште I и II класе), где на око две трећине укупне површине падне испод 600 mm воде годишње, а на преосталој површини између 600-700 mm. Скоро индентична ситуација је и у равничарском делу централне Србије, односно у сливу река Велике Мораве и Тимока, као и у равничарском делу покрајине Косова и Метохије. Ван тих зона које гравитирају брдско планинским пределима ниво падавина је знатно већи и износи од 800mm до 1000 mm, па чак и до 1500 mm. У деловима Војводине, са квалитетним земљиштем, су и најповољнији услови за наводњавање, с обзиром на веома развијену каналску мрежу, која се не користи довољно или се уопште не користи. У сливу река Велике Мораве и Тимока погодност квалитета земљишта је нешто лошија у односу на северни део Србије и углавном се ради о класи IIa, IIIa, IIIб и нешто мање површине квалитета IIIц. Тај квалитет земљишта је карактеристичан и за подручје Мачванског округа. [8]

3.2. Производња електричне енергије у хидроелектранама Србије

Скоро сва електрична енергија произведена у хидроелектранама потиче из електрана са инсталираним капацитетом >10 MW. Велике хидроелектране производе око 10,3 TWh електричне енергије годишње, односно 32% од укупне

годишње производње. Мањи део хидропотенцијала се искоришћава преко малих хидроелектрана капацитета до 10 MW. У Србији ради 41 мала хидроцентрала, укупног капацитета око 50 MW, што указује да потенцијал водних токова није довољно искоришћен, а истовремено и број није довољан, јер водени ресурси дозвољавају већи. [3]

3.3. Контрола поплава

Земљишне површине у долинама великих река у Србији, подложне су потенцијалним поплавама. Процењује се да је таквих површина и до $1,6 \cdot 10^6$ ha, од чега је $1,45 \cdot 10^6$ ha у Војводини и у равницама југозападно од Београда (подручје овогодишњих мајских поплава - Обреновац, Лазаревац, Уб, Шабац и др.), док се остала површина односи на централну и источну Србију (пре свега око сливова три Мораве). Ако би се такве процене посматрале у целини, значило би да се 500 великих заједница, 515 индустријских постројења, 680km железнице, 4.000 km путева и око 30% пољопривредног земљишта, налази у опасности великог оштећења. Постојећи систем за одбрану од поплава обухвата 3.434 km речних насипа, 930 km канала и 39 резервоара и подручја за задржавање.

Мере и активности за одбрану од поплава дефинишу се Општинским оперативним планом, на период од 5 година, за подручја која су структурно заштићена објектима изграђеним у циљу одбране од поплава. Неадекватно одржавање постојећих и недовољне изградње нових одбрамбених структура довеле су до смањења оперативног учинка и повећања ризика од поплава. То се најалост показало највише, 2002, 2005, 2006. и нарочито 2014, када су поплаве донеле катастрофалне последице у Србији, са процењеном материјалном штетом од око 1,5 милијарди евра. На жалост и у овој сфери великих материјалних трошкова и тешких људских судбина, сведоци смо претензиционог потенцирања људске солидарности, која је неоспорно скоро увек присутна, али се не може занемарити људски фактор и вишедеценијска неактивност у изградњи нових одбрамбених структура, односно само делимичног решавања последица, а не и узрока. [1] [3]

4. Антропогени утицај на квалитет водних ресурса

Нетретиране индустријске и комуналне воде, отпадне воде из пољопривреде, депонија, загађења изазвана саобраћајем, из термоелектрана и др. представљају главне изворе загађења вода у Србији. Пад квалитета вода може се делимично приписати прекограничном загађењу водотокова који долазе у Србију из других земаља, а који су загађени нутријентима, нафтом, тешким металима и органским компонентама.

4.1. Сакупљање, третман и испуштање комуналних отпадних вода

Канализациони систем покрива око 3,1 милион (48%) становништва. 75% укупног броја становника у урбаним срединама прикључено је на јавне канализационе системе, док је то у руралним срединама свега 9% становништва.

Укупна дужина изграђене канализационе мреже износи 7.226 km, од чега је 35% у системима раздвојене кишне и фекалне канализације, 25% у општим системима, а 40% је у делимично раздвојеним системима. Више од половине становништва који живе у руралним срединама (52%), нема средства за прикључење на јавне канализационе системе и приморано је да користи септичке јаме и дренажна поља за испуштање отпадних вода. Укупна дневна производња отпадних комуналних вода је око милион m³ са укупним органским оптерећењем од 11,6 милиона еквивалента популације. Постројења за третман отпадних вода постоји у 20 општина (до 2007.), што је око 16% становништва који су прикључени у системе за третман отпадних вода, од укупног капацитета од милион еквивалента у популацији. Од 20 постројења, 15 врши биолошки третман, а 5 искључиво механички и то са доста променљивим радом. Нека постројења су стара и 40 година, па је њихова ефикасност доста слаба. Највеће општине у Србији (Београд, Нови Сад и Ниш) нетретиране отпадне воде испуштају у пријемне водене целине. [1] [6] [3]

4.2. Отпадне воде из индустријске и пољопривредне производње

Количина отпадних вода произведена у индустрији на дневном нивоу, је по процени веома променљива, тако се процењује да је са 6,5 милиона m³ из 2000., порасла на 19·10⁶ m³, 2004., уз укупно органско оптерећење од 7,5 милиона еквивалентног становништва. У 10 од 250 постојећих индустријских постројења у Србији (2006.) произведе се 75% неорганске отпадне воде. Ту спадају: термоелектране „Никола Тесла“ и „Костолац“, Железара „Смедерево“, Топионица „Бор“, Колубара, „Зорка“ Шабац и др. Сва та наведена предузећа, као и многа друга, раде са знатно смањеним капацитетом у односу на раније периоде који су били знатно повољнији за пословање, у односу на данашње.

Индустријска постројења лоцирана у урбаним подручјима, отпадне воде испуштају у постојећи комунални систем, а она која су лоцирана ван насеља а поред водотокова, отпадне воде испуштају у реке и то без посебног третмана. Индустријски сектор има 130 постројења за третман отпадних вода из рудника. То су углавном системи који имају минималне могућности третмана, али са могућношћу и таквог третмана испуштања у канализационе системе. Од 2000., изграђено је 6 нових постројења за третман отпадних индустријских вода и још толико је у изградњи, а за 10-ак је пројектна документација завршена и чека се реализација. [1], [2]

4.3. Загађење воде услед пољопривредних активности

Најзначајнији извор органског загађења у Србији представља око 130 фарми свиња, што одговара око 1,2 милиона грла. Фарме до 20.000 грла користе комбиновани суво-влажни метод одлагања животињског отпада, док фарме изнад 20.000 грла користе влажни метод. Око 43 фарме имају капацитет од преко 10.000 грла, од чега се 23 налазе у Војводини. Процењује се да фарме у басену реке Дунав на територији Србије имају органско оптерећење од 9 милиона еквивалентних становника. Отпадне воде се углавном испуштају у увале

или природне котлине, одакле се након 6 месеци, те отпадне воде користе као ђубриво за пољопривредно земљиште. Изузетно мали број фарми има постројења са опремом за третман типа аератора и сепаратора, или опремом за производњу биогаса, а чак и ако их има, ретко су у функцији.

Светска банка је покренула пројекте, за смањење загађења реке Дунав, пре свега, изазваног еутрофикацијом и смањењем загађења нутријентима из индустрије, као што су постројења за производњу и прераду ђубрива и пиваре, са трендом да се исти прошири на кланице и фарме. [1] [8]

4.4. Утицај одлагања чврстог отпада

У Србији има 164 (2006.) контролисаних одлагалишта отпада, али и вше од 1000 незваничних депонија. Таква одлагалишта немају системе за заштиту земљишта и површинских вода елуата који се на њима ствара. Скоро 15 одлагалишта у Србији (8,8%) налази се на око 50 m од водотокова, од чега се 5 налази на самој обали, 5 се налази на 100 m или мање, 6,7% регистрованих одлагалишта на 500m или мање, 12,2% се налази на 1000 m или мање од изворишта подземне воде који су у експлоатацији.

Чврсти отпад углавном представља мешавину комуналног, биолошки опасног, индустријског и инертног отпада. Данас се сваке године одложи 6-7 милиона тона пепела из термоелектрана, на неадекватна одлагалишта. Процењује се да одлагалишта у Србији годишње произведу око 900.000 m³ елуата, што одговара око 42.000 тона кисеоника неопходног за процес хемијске оксидације и процењује се да садржи 390 тона азота и 430 тона фосфора, као и тешке метале, укључујући арсеник, бакар, никл и хром. [1]

Агенција за заштиту животне средине је успоставила регистар депонија, нарочито оних које се налазе у близини водотокова и других водних целина.

4.5. Утицај речног саобраћаја на слатководне токове

Србија има 959 km пловних река: Дунав (588 km), Сава (207 km) и Тиса (164 km). Додатно је саобраћај могућ и пловним каналом Дунав-Тиса-Дунав. Највеће континенталне луке су: Апатин, Бачка Паланка, Београд, Богојево, Нови Сад, Панчево, Прахово, Сента и Смедерево.

Најугицајнији извори на квалитет воде услед саобраћаја су: неадекватно одлагање, низак стандард домаће флоте, неодговарајућа инфраструктура за заштиту животне средине, недостатак постројења за сакупљање и третман атмосферских падавина и др.

Најопаснији удеси на рекама се дешавају у случајевима случајног или намерног испуштања нафте. Познат је случај изливања нафте Баја-Маре, који је узроковао да готово сав живи свет реке Тисе угине. И поред постојања више међународних конвенција, ова опасност је и даље присутна. [6], [5]

5. Закључак

Од времена израде првог Прегледа стања животне средине, Србија је направила значајне кораке у интегралном корпоративном управљању водама и отпадним водама, али постоји ризик пасивизације, ако се остане на овом нивоу, а још већи ризик је евентуално смањење износа финансирања, па многе предвиђене активности неће моћи да се реализују.

Загађење реке Дунав у Србији је под великом присмотром чланица и потписника уговора о заштити вода Дунава, поготову у погледу смањења нутриената, који би у најскорије време требали да се прошире на индустрију и сточарство. Сама иницијатива од стране потписника заштите Дунава, да у Србији сва предузећа која се баве санитацијом отпадних вода, морају да се приватизују.

С обзиром да Србија гравитира чланству ЕУ, она мора да имплементира многе директиве ЕУ о управљању површинским и отпадним водама. Те активности морају водити компетентна министарства, која морају тачно да дефинишу одговарајуће програме како не би долазило до преклапања или изостанка задужења и обавеза.

6. Литература

- [1] ЕЦЕ „Република Србија“, „Преглед стања животне средине“, 2 део, Економска комисија Уједињених Нација за Европу, Њујорк и Женева, 2007.
- [2] Петровић П, "Животна средина Србије: преглед стања, демографија, израда програмске политике, планирање, едукација, финансије и имплементација", Симпозијум ПРП, Машински факултет, Београд, 2007., стр. 45-51
- [3] Петровић П, "Међународна конференција животна средина и одрживи развој", (Научно-стручни часопис- ПРП, Машински факултет, Београд, број 17-2007., стр. 57
- [4] Петровић П, Изводи из Београдске декларације са шесте министарске конференције "Животна средина за Европу" Научно-стручни часопис "ECOLOGICA", бр. 51, Београд, 2008, год. XV, стр.65-70
- [5] Петровић П, "Животна средина Србије: преглед стања, демографија, израда програмске политике, планирање, едукација, финансије и имплементација", Међународни научни скуп "Животна средина данас", 2008. Београд.
- [6] Čudić V., Petrović P, „Classification and characterization of waste oil in the function of safe transport“, Second International Scientific Conference Transport of Dangerous Goods and Risk Management, „TOMUR 2010“, International Thematic, Publisher: "Kirilo Savić" Institute, 2010, pp. 41-47
- [7] Обрадовић Д, Теофановић Ж, Петровић П, Петровић М., Ружичић Л, „Значај и утицај наводњавања на природни и економски ефекат пољопривредних приноса“, (Часопис ЈУМТО-а „Трактори и погонске машине“, 2012, Вол.17, Но.5, Пољ. фак. Нови Сад, стр.46-53,
- [8] Петровић М, Петровић П, Обрадовић Д, “Стање, перспективе и значај наводњавања обрадивог пољопривредног земљишта у Србији“, 16. Научно стручни

скуп „Актуелни проблеми механизације пољопривреде“, Пољ. фак. Београд, 2012.,
стр. 138-146

- [9] Петровић М, Петровић П, „Климатске промене и предикција водоснабдевања на
планети Земљи“, 43 конференција „ВОДА 2014“, Тара 2014., стр. 13-20.

МОНИТОРИНГ ИНТЕГРИСАНОГ УПРАВЉАЊА ВОДАМА СРБИЈЕ У ЦИЉУ ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА

MONITORING OF THE INTEGRATED MANAGEMENT OF SERBIAN WATER FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ПРЕДРАГ ПЕТРОВИЋ¹, МАРИЈА ПЕТРОВИЋ²

Резиме: Србија у начелу, поседује значајне ресурсе површинских и подземних вода које задовољавају потребе привредних активности и становништва. Међутим то не значи да се ти ресурси рационално користе, напротив, потрошња воде за пиће се троши више по глави становника него у Европи, а површинске воде се не користе довољно у пољопривреди за наводњавање ораница. Становништво које живи у урбаним областима, снабдева се водом из великих или средњих система, а они који живе у руралним областима, или из јавних система за водоснабдевање, чију оперативност одржавају локална јавна комунална предузећа или из сопствених бунара. Квалитет воде у Србији из руралних система за водоснабдевање је веома дискутабилан, контроле су ретке, а процењује се да је број извора, од којих многи нису регистровани, пар хиљада.

У таквим условима, а сведоци смо свакодневних проблема, многобројне спроведене анализе, потврђују да официјелни водосистеми испоручују воду, која не испуњава бактериолошке, физичке, хемијске и друге стандарде, уз велике дистрибутивне губитке. Због тога је мониторинг интегрисаног управљања водама у циљу одрживог развоја веома значајан и законски обавезан за све системе водоснабдевања.

У овом раду је дат кратак преглед интегрисаног управљања и мониторинг постојећих система водоснабдевања у Србији.

Кључне речи: водоснабдевање, ресурси, управљање, мониторинг, одрживи развој

Abstract: Serbia, in principle, has significant resources of surface and groundwater satisfying the needs of economic activities and population. However, these resources are not used rationally. The consumption of drinking water is consumed more per capita than in Europe, and the surface water is not used enough in agriculture for irrigation of arable land. Population living in urban areas gets water supply from large or medium-sized systems, and those living in rural areas, from the public water supply

¹ др Предраг Петровић, дипл. инж. маш, Институт „Кирило Савић“, Војводе Степе 51, Београд

² Марија Петровић, дипл. инж. тех, Институт „Кирило Савић“, Војводе Степе 51, Београд

system, whose operation held local public utility companies or from their own wells. Water quality in Serbia from rural water supply systems is very questionable, the controls are rare, and it is estimated that the number of sources, many of which have not been registered, a couple of thousand. In such conditions, we are the witness of numerous everyday problems. Most conducted water analysis, confirms that the official water systems deliver water that does not meet bacteriological, physical, chemical, and other standards, with high distribution losses.

Therefore, the monitoring of integrated water management for sustainable development is very important and legally required for all water supply systems. This paper provides a brief overview of integrated management and monitoring of the existing water supply system in Serbia.

Key words: Water supply, Resource, Management, Monitoring, Sustainable Development

1. Увод

На територији Србије, налазе се значајни ресурси подземних вода, које су релативно довољне за потребе становништва и текућих привредних активности. Потенцијал подземних вода се процењује на 60.000 L/s до 90.000 L/s, од чега се око 21.000 L/s, користи за снабдевање водом за пиће. На територији Србије налазе се бројни извори термо-минералних вода. Регистровано је више од 1000 извора, са укупним извориштем више од 1.000 L/s. [1]

2. Снабдевање и квалитет воде за пиће

Према подацима добијени истраживањима, непрерађена вода намењена за пиће, око 59% потиче из подземних извора, око 24% из површинских извора и изворишта око 17%. Према неким ранијим истраживањима и анкетама које је спроводила комисија УНЕЦЕ, под покровитељством УН-а, показало се, да се укупно, око 85% становништва Србије снабдева водом за пиће из система за водоснабдевање, при томе су урбане области знатно комплетније покривене у односу на руралне: 98%, наспрам 78%. Око 93% становника Београда снабдева се водом из система за водоснабдевање.

Приближно пола становништва земље живи у урбаним областима и снабдева се из великих или средњих система за водоснабдевање (Београд, Нови Сад, Ниш). Друга половина, која живи у руралним областима, воду за пиће добија из јавних система за водоснабдевање, којима управљају општине и чију оперативност одржавају локална јавна комунална предузећа или их изграђују, а њихову оперативност одржавају саме заједнице или из сопствених извора.

Врло су ретки подаци о руралним системима за водоснабдевање, али се процењује да их има око 5.000, а сопствених бунара далеко више, од којих многи нису ни регистровани, нити се врши било каква контрола квалитета воде из тих система. У прилог томе иде и чињеница да само

око 10% извора воде који су у експлоатацији је заштићено санитарним зонама око водозахвата.

Потрошња воде у Србији је већа, него у другим европским градовима. Само у Београду, просечна количина воде у системе износи 370 литара по глави становника. Потрошња у руралним областима и у општинама са мање од 50.000 становника је знатно испод националног просека.

Институт за јавно здравље РС је спровео истраживање у периоду 2001-2005., у 150 јавних система за снабдевање водом за пиће, што је око 70% српског становништва, у којем је откривено, колико система за водоснабдевање испоручује воду која не испуњава бактериолошке, физичке и хемијске стандарде. Лабораториска испитивања воде за пиће у Београду су показала да око 1,5% узорак не испуњава физичке и хемијске захтеве, док око 6,5% не испуњава бактериолошке стандарде. У приградском подручју, 29% узорак није испунило физичке и хемијске, док око 8% не испуњава бактериолошке стандарде. Мониторинг квалитета воде у школама које се налазе у приградским насељима, а имају сопствене системе за водоснабдевање, показао је да око 58% узорак не испуњава физичке и хемијске, док око 63% не испуњава бактериолошке стандарде. [1]

2.1. Коришћење воде у индустрији

Србија је до распада СФРЈ била индустријски развијена земља, са значајним бројем великих, средњих и малих индустријских предузећа. Међутим после 90-их година индустријски сектор је знатно ослабио, као последица структурних проблема социјалистичког привредног система у комбинацији са распадом Југославије и међународним санкцијама које су се спроводиле према Србији.

До 2000-их година потрошња воде у индустрији је била око 216 милијарди m^3 , да би око 2004. била 192 милијарде m^3 (11%). У том периоду индустријски сектор је добијао око 2% воде из подземних водених целина, а остатак из површинских извора. Данашња потрошња воде у индустрији је непозната, али по процени вероватно је и 45-55%, мања у односу на 2004. [1], [7]

3. Квалитет воде

3.1. Мониторинг воде

Праћење квалитета површинских и подземних вода, водоносних слојева и резервоара врши у Хидрометеоролошки завод Србије, на основу годишњег програма који усваја Влада. Примера ради, систем мониторинга на територији Србије, 2005. обухватао је 187 хидролошких станица за површинске воде. Квалитет површинских вода се редовно прати, уз учесталост узроковања од 12-24 пута годишње и анализе параметара ква-

литета воде од 36-63 пута. Квалитет подземних вода прати се у 68 станица, док се седимент тестира кроз 33 профила. Завод за Јавно здравље Београда врше контролу река уз узимање 170 узорака годишње. У последње време постављено је неколико аутоматских станица за мониторинг квалитета воде на већим рекама.

Предузеће Србијаводе (са Водама Војводине) и својих 34 инспектора (2007.), изврши око 4000 инспекцијских контрола годишње, од тога се само око 30% тих контрола планира унапред, а остало по пријави грађана. Резултати у истрагама су доста лоши и изискују доста времена за њихово решавање, а пуно пута се прекидају због великих трошкова.

3.2. Квалитет подземних вода

Није реткост да квалитет подземних вода варира, од високог до неповољног, где је потребан третман да би се добио потребан квалитет воде за пиће. Резултати мониторинга упућују на присуство амонијака, нитрата, сулфида, гвожђа, минералних уља, испарљивих фенола и мангана.

4. Програмска политика и институционални и правни оквир

4.1. Политички оквир

Национална програмска политика усмерена на заштиту вода и управљање водним ресурсима подразумева следеће:

- Хармонизацију националног законодавства у области управљања водама са Оквирном директивом за воде ЕУ, као и увођење граничних вредности емисије за испуштање ефлуената. (Директива 91/271/ЕЕЦ ЕУ о третману отпадних вода у урбаним срединама).
- Гаранција одрживог коришћења подземних водоносних слојева, као и успостављање заштитних зона за све постојеће и планиране изворе водоснабдевања.
- Гаранција испуњења стандарда квалитета воде за пиће у урбаним срединама (Директива ЕУ 98/83/ЕЦ).
- Хармонизација националних институционалних надлежности у интегрисаном управљању водама.
- Проширење канализационог система с циљем да се покрије 65% становништва закључно са 2014.

Најважнији елементи националне политике и стратегије у сектору вода дефинисани су кроз неколико стратешких докумената:

- Национална еколошка стратегија из 2006.
- Национална стратегија за очување националних ресурса
- Студија о одрживом развоју у сектору вода у Србији
- Мастер план за воде у Србији, усвојен од стране Владе, још 1991.

Документи дефинишу стратегију одрживог коришћења и заштите водних ресурса у периоду 2012-2020. Фундаментални циљеви и задаци који представљају чиниоце реформе у сектору вода обухватају следеће:

- Усвајање платформе за законску и институционалну реформу у сектору вода.
- Израда закона о водама и новог закона о финансирању сектора вода.
- Институционалну и територијалну реорганизацију сектора вода у Србији.
- Дефиницију правног статуса власништва над службама водоснабдевања.

4.2. Правни оквир

Најзначајнији пропис за управљање водама је Закон о водама, који регулише заштиту вода, заштиту од елементарних непогода које су у вези са водом, коришћење и управљање водама као ресурсом од ширег друштвеног значаја, критеријуме и методе приликом спровођења управљања водама, организацију и финансирање, као и надзор и праћење спровођења одредаба закона. Законом су обухваћене површинске и подземне воде, укључујући и воду за пиће, термалне и минералне воде, прекограничне и воде унутар граница земље, као и међу републичке водене целине у Србији.

4.3. Институционални оквир

Сектор вода у Србији углавном спада у надлежност Министарства (у зависности којем припада водопривреда) и дирекције за воде-Србијаводе и Војводинаводе.

Поред ресорног Министарства, у управљању су укључена и друга Министарства: просвете, науке и технолошког развоја, државну управу, здравља, пољопривреду и заштиту животне средине, инфраструктуру, енергетику и финансија.

У сплету вишеструких надлежности, многе активности нису јасно дефинисане, или се преклапају или ни једно не обухвата одређене задатке.

Осим државних органа и институција, важне стране у области вода представљају следеће владине и невладине институције:

- Јавна предузећа Србијашуме и Војводинашуме,
- Електропривреда Србије
- Научне и стручне организације, универзитети, хидрометеоролошки завод, Привредне коморе и др.
- Научна институција за воде Институт „Јарослав Черни“, установе за развој водних ресурса, разне компаније за дизајн, невладине организације за заштиту животне средине и др.

Хидрометеоролошки завод је надлежан за систематско праћење и анализу квалитета површинских и подземних вода, затим за издавање упозорења у случају екстремних контаминација воде и понашање у таквом ванредном мониторингу. Надлежност за праћење и контролу воде за пиће, припада Заводу за јавно здравље. [1]

4.4. Норме и стандарди

Стандарди домаћих вода за пиће усклађени су са упутствима Светске здравствене организације и директиве ЕУ о води за пиће. Надлежност за контролу хигијенске исправности воде за пиће у Србији припада локалним заводима за јавно здравље. На основу граничних вредности параметара квалитета утврђених Уредбом о класификацији вода, сви водотокови у Србији могу се поделити у четири групе.

Дизајн инфраструктуре за водоснабдевање и отпадне воде заснован је на домаћим стандардима којима се прописује капацитет од 250 литара по глави становника дневно. То је висока бројка у поређењу са стандардима ЕУ, где је 180-200 литара по глави становника дневно.

5. Инструменти за управљање водама

5.1. Регулаторни инструменти

Процене утицаја на животну средину представља најефикаснији инструмент којим је могуће предвидети и спречити било какву врсту загађења, које би евентуално потицало из будућих постројења или од неких других активности. У Србији се спроводи и Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађења, који је од виталног значаја за контролу великих постројења која представљају највећу потенцијалну опасност за животну средину, уопште, а нарочито за воде.

5.2. Инспекцијски надзор

Инспекцијски надзор над водама врше инспектори Дирекције за воде. Координација инспекцијских активности обухвата мониторинг имплементације Закона о водама, других прописа и општих инструмената за вођење пројеката изградње или реконструкције и других активности које могу резултирати изменом воденог режима.

Обавезе инспектора су у складу са Законом о водама и годишњим планом који развија орган којем инспекција припада. Инспектори могу предузимати специфичне мере и радње, као што су конфискација објеката који су изазвали случај загађења воде за који постоји сумња да је криминалне природе.

5.3. Економски инструменти

Економски инструменти који се примењују у сектору вода обухватају накнаде за захватање воде, дренажу и наводњавање, затим накнаде

за коришћење воде, за заштиту вода (накнада за ефлуенте), као и накнаде за узимање материјала из водотокова.

5.4. Одређивање цена за воду

Управљање водним ресурсима финансира се из разних накнада за коришћење, накнада за заштиту, дренажу и наводњавање из државног буџета и др. У последњих 2-3 деценије сектор комуналног снабдевања, водоснабдевања и санитације претрпео је знатне материјалне редукације, са веома малим и неопходним улагањем ради испуњавања минимума функционисања, па се многи објекти налазе у критичном стању. Према ставу надлежних многе тарифе су и сувише ниске и не омогућавају ни редовно одржавање, а камо ли знатија улагања или развој нових постројења. [1] [2]

6. Будућност водоснабдевања у Србији

Чим су почеле тропске врућине, у Србији се појавио проблем са несташицом воде. Прво је тај недостатак осетило Прокупље, а апели за штедњу воде стижу и из праваца, од надлежних из Ниша, Пожаревца, Ужица, Инђије, Нове Вароши, па и из Београда. Влада мишљење да је Србија богата водом, међутим ситуација је сасвим другачија, јер Србији прети озбиљан недостатак воде, ако се не изгради око 20 хидроакумулација, што би коштало око две милијарде евра. Примера ради, Италија, Грчка и Шпанија, имају укупно више од 1.100 брана и акумулација, у Србији, свега 36, које су неопходне, јер кад нема брана, нема ни акумулације, па воде нема у месецима када је она најпотребнија. Као и у другим, тако и у овој области, рађено је неколико пројеката за изградњу брана, али на основу пројекта из осамдесетих година прошлог века за изградњу 34 веће акумулације, укључујући и Косово, урађено је свега 5-6, што значи да у Србији, без Косова и Метохије, недостаје око 20-ак акумулација. Тај вид акумулација би обезбедио наводњавање око милион хектара, међутим то не само да није реализовано, већ сам вид финансирања у водопривреди не омогућава ни редовно одржавање постојећих система. Србија је једна од ретких земаља, где се у истој години дешавају и поплаве и суше и у оба случаја углавном решавају последице, а не и узроци, без обзира на веома тешку материјалну ситуацију.

Проблеми око јесењих и пролећних поплава, неуређених река и речица, такође су у истом статусу, са сличним изношењем података о штети и обећањима да ће ти локални проблеми бити решени и да се овакви случајеви више неће понављати. [8], [9]

Просечна брана кошта између 70-80 мил. евра, а зна се да је финансирање у водопривреду занемарљиво мало и тим средствима не може се обезбедити ни редовно одржавање постојећих система. Тај проблем, није

само у области наводњавања, већ се знатно проширује и на системе градског водоснабдевања становништва пијаћом водом, што је око 80%, а остатак је индивидуално снабдевање. [4]

У Србији постоји 16 регионалних водосистема са акумулацијама и постројењима за припрему питке воде и регионалним цевоводима. То није довољно, па се јављају проблеми у градовима у приобаљу Мораве, у Војводини, и источној Србији. Да би се ти проблеми смањили, тренутно се завршава чишћење будућег језера бране Стуби-Равни код Ваљева, чиме ће се обезбедити побољшање снабдевања питком водом у Ваљеву, Лазаревцу, Лајковцу, Мионици, Убу, као и снабдевање водом Термоелектране „Никола Тесла“, која троши 1 m³/s. На акумулацији Селово, код Куршумлије, објект бране је завршен, остало је да се заврши чишћење језера и изгради нови пут до Луковске бање. Ова брана би могла да се користи за водоснабдевање Куршумлије, Прокупља, Блага, Житорађе и Ниша, односно за 300.000 становника. Једна тзв. фабрика воде за пиће кошта око 25-30 милиона евра.

Посматрајући разне аспекте значаја воде у било којем виду, и било којем поднебљу (шуме, њиве, насеља и др.), у Србији су, када је у питању пољопривреда, где су падавине најпожељније, оне су најмање (Војводина, долина река Морава, Тимока, Косово и Метохија и др.). Међутим значај падавина не треба занемарити ни у планинским источним и западним пределима Србије, са другог аспекта, а пре свега водоснабдевања. [2], [3]

7. Закључак

Од времена израде првог Прегледа стања животне средине, Србија је направила значајне кораке у интегралном управљању водама, али постоји ризик ако се остане на овом нивоу, а још већи смањењем износа финансирања, да многе предвиђене активности неће моћи да се реализују.

С обзиром да се Србија обавезала за имплементацију многих директива ЕУ о управљању водама, а да би примена била рационалнија морају се расчланити задужења по министарствима како не би долазило до преклапања или изостанка задужења и обавеза. Надлежно министарство коме припада водопривреда треба да убрза све предлоге и израде свих прописа који су у складу са ЕУ, као и других међународних мултилатералних споразума у области заштите животне средине.

Држава мора, када је у питању управљање водама, да посвети више пажње следећим активностима: да регулише ниво тарифа и бољу наплату, побољша одржавање и сервисирање постројења и инфраструктуре, задужењу и праву локалних управа, власништву и преносу власништва над инфраструктуром, смањењу губитака у мрежној потрошњи воде, развоју нових пројеката постројења и др.

8. Литература

- [1] ЕЦЕ „Република Србија“, Преглед стања животне средине, 2 део, Економска комисија Уједињених нација за Европу, Њујорк и Женева, 2007.
- [2] Петровић П, "Међународна конференција животна средина и одрживи развој", Научно-стручни часопис- ПРР, Машински фак, Београд, бр. 17-2007., стр. 57
- [3] Петровић П, "Животна средина Србије: преглед стања, демографија, израда програмске политике, планирање, едукација, финансије и имплементација", Међународни научни скуп "Животна средина данас", Београд, 2008.
- [4] Петровић М, Петровић П, „Климатске промене и предикција водоснабдевања на планети земљи“, 43. конференција „ВОДА 2014“, Тара 2014., стр. 13-20.
- [5] Петровић П, Изводи из београдске декларације са шесте министарске конференције "Животна средина за Европу" Научно-стручни часопис "ECOLOGICA", Број 51, Београд, XV, 2008, стр. 65-70,
- [6] Ćudić V, Petrović P, „Classification and characterization of waste oil in the function of safe transport“, Second International Scientific Conference Transport of Dangerous Goods and Risk Management, „TOMUR 2010“, International Thematic, Publisher: "Kirilo Savić" Institute, 2010, pp. 41-47.
- [7] Обрадовић Д, Теофановић Ж, Петровић П, Петровић М, Ружичић Л, „Значај и утицај наводњавања на природни и економски ефекат пољопривредних приноса“, Часопис ЈУМТО-а „Трактори и погонске машине“, Пољ. фак. Нови Сад, 2012, Вол.17, Но. 5, стр. 46-53,
- [8] Петровић М, Петровић П, Обрадовић Д, “Стање, перспективе и значај наводњавања обрадивог пољопривредног земљишта у Србији“, 16. Научно стручни скуп „Актуелни проблеми механизације пољопривреде“, Пољ. фак. Београд, 2012., стр. 138-146
- [9] Петровић П, "Животна средина Србије: преглед стања, демографија, израда програмске политике, планирање, едукација, финансије и имплементација", Симпозијум ПРР, Машински факултет, Београд, 2007, стр.45-51
- [10] Петровић М, Петровић П, „Климатске промене и предикција водоснабдевања на планети земљи“, 43 Конференција „ВОДА 2014“, Тара 2014., стр. 13-20.

OPTIMIZACIONI MODEL PLANIRANJA ODRŽAVANJA KANALIZACIJE ZASNOVAN NA POKAZATELJIMA STANJA

OPTIMIZATION MODEL PLANNING MAINTENANCE SEWAGE BASED ON THE PERFORMANCE INDICATORS

IVAN MILOJKOVIĆ¹, JOVAN DESPOTOVIĆ²,
VLADANA RAJAKOVIĆ OGNJANOVIĆ³

Rezime: Razmatrani model baziran je na metodi VIKOR (VIšekriterijumsko KOMPromisno Rešenje ili VIšekriterijumsko KOMPromisno Rangiranje) – razvijena je za određivanje višekriterijumskog optimalnog rešenja i ulaznim podacima predloženim od strane Svetske asocijacije voda. Razvijen je model na primeru dva sliva Kanalizacionih sistema u Pivari Trebjesa - Nikšić sa ulaznim podacima: ukupna dužina kanalizacije $wC1=199,62$ m, planirana inspekcija kanalizacionih cevi $wD1=111,12$ m. CCTV inspekcija kanalizacionih cevi je jedan od ključnih podataka za razvijeni model održavanja kanalizacionih cevi. Izabrani indikatori performansi sa jednačinama kojima se sračunavaju su kriterijumi na osnovu kojih se u modelu biraju deonice sa stanovišta redovnog, vanrednog i investicionog održavanja.

Ključne reči: model, otpadne vode, održavanje kanalizacije

Abstract: The model under consideration is based on VIKOR method (multiple criteria compromise solution or multiple criteria compromise Ranking) - was developed to determine the optimal solution for decision and inputs proposed by the International Water Association. A model on the example of two basin sewerage systems in the Brewers Trebjesa - Niksic with input data: total length of sewer $WC1 = 199.62$ m, planned inspections of sewer pipes $wD1=111.12$ m CCTV inspections of sewer pipes is one of the key data for the model developed maintenance of sewerage pipes. Selected performance indicators with equations that compute the criteria used in the model are selected sections from the standpoint of the ordinary, extraordinary and investment holding.

Key words: model, wastewater, maintenance of sewer pipes

¹ mr Ivan Milojković, dipl. inž, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, Beograd

² prof. dr Jovan Despotović, dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd

³ doc. dr Vladana Rajković Ognjanović, dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd

1. Uvod

U ovom radu prikazan je višefunkcionalni optimizacioni model održavanja kanalizacionih cevovoda. Primer koji je poslužio za razvoj modela opisan je kao sistem u okviru Projektna dokumentacije: Glavni projekat rekonstrukcije postojećeg kanalizacionog sistema Pivare Trebjesa (Popović i sar, 2013).

2. Metoda

Višefunkcionalni optimizacioni model održavanja kanalizacionih cevi sastoji se od tri funkcije cilja:

1. redovno održavanje,
2. vanredno održavanje,
3. investiciono održavanje.

Redovno održavanje podrazumeva svakodnevni rad na planskom održavanju funkcionalnosti objekata u smislu preventivnog delovanja na sve moguće poremećaje u radu kanalizacionog sistema.

Vanredno održavanje podrazumeva aktivnosti na omogućavanju funkcionisanja kanalizacije za vreme iznenadnog poremećaja rada nekog od objekata kanalizacione mreže.

Investiciono održavanje se bavi zamenom, obnovom, renoviranjem ili popravkom kanalizacionih cevi.

Tabela 1. Upotrebene promenljive za sračunavanje indikatora performansi

Redni broj	Kod	Promenljiva	Jedinica	Stepen pouzdanosti
1	wC1	Ukupna dužina kanalizacionih cevi	km	A1
2	wD1	Inspekcija kanalizacionih cevi	km	A1
3	wD2	Čišćenje kanalizacionih cevi	km	A1
4	wD27	Zamena kanalizacionih cevi	km	A1
5	wD38	Zagušenje kanalizacionih cevi	Br.	A1
6	wH1	Period procene	d	A1

Funkcije cilja su opisane podacima i indikatorima performansi koji su razvijeni u Svetskoj asocijaciji voda (Matos i sar., 2003). Razmatrano je 182 indikatora performansi razvrstanih u šest grupa sa 242 ulaznih podataka. Jasno razvijen prikaz funkcija cilja najpre je realizovan kroz značajnu optimizaciju upotrebljenih podataka i indikatora performansi.

Sa stanovišta održavanja kanalizacije, upotrebljeni indikatori performansi su povezani sa aktuelnim održavanjem kanalizacionih sistema onako kako je to prikazano u tabeli ispod.

Tabela 2. Veza između upotrebljenih indikatora performansi i održavanja kanalizacije

Održavanje	IP	Opis	Jedinice
Redovno održavanje kanalizacije	wOp1	Inspekcija kanalizacionih cevi	(%/year) (%/godišnje)
	wOp2	Čišćenje kanalizacionih cevi	(%/year) (%/godišnje)
Vanredno održavanje kanalizacije	wOp34	Zagušenje kanalizacionih cevi	(%/year) (%/godišnje)
Investiciono održavanje kanalizacije	wOp23	Zamena kanalizacionih cevi	(%/year) (%/godišnje)

Metoda **VIKOR**, koja se ovde prikazuje, razvijena je za određivanje više-kriterijumski optimalnog rešenja. Konačnu odluku donosi donosilac odluke koji ima složenu strukturu i nedovoljno izraženu preferenciju u postupku optimizacije. Metoda VIKOR je razvijena na takvim metodološkim osnovama da se donosiocu odluke predlaže alternativa (ili rešenje) koja:

- a) predstavlja kompromis između želja i mogućnosti
- b) predstavlja kompromis između različitih interesa učesnika u odlučivanju

U ovom slučaju postoji sledeće:

$$wOpPIV = vko_{a \in A_i} (f_1(a), f_2(a), \dots, f_n(a))$$

gde je:

$wOpPIV$ – operator višekriterijumskog odlučivanja baziran na indikatorima performansi otpadnih voda za pivare

A – skup dopustivih (potencijalnih) alternativa

$a = (x_1, x_2, \dots)$ je alternativa koja je dobijena za određene vrednosti varijabli (x) sistema

$f_i - i$ - ta kriterijumska funkcija

vko – operator za višekriterijumsko optimalno rešenje

U ovom slučaju alternativna rešenja su različite deonice kanalizacije podeljene na ukupno deset slivova kanalizacije u Pivari Trebjesa u Nikšiću. Model je najpre razvijan za dva sliva. Traže se najproblematičnije deonice kanalizacije u smislu intervencija na redovnom, vanrednom i investicionom održavanju. Napred navedene različite deonice kanalizacije vrednuju se na osnovu kriterijumskih funkcija - pokazatelja osobina razvijenih od strane International Water Association, fizičkih i

drugih osobina kanalizacije. Kao reprezentativni za održavanje kanalizacionog sistema uzeti su različiti pogonski IWA indikatori za kanalizacione sisteme.

Vrednovanje alternativa vrši se prema napred navedenim kriterijumima. Vrednosti kriterijumskih funkcija mogu biti izražene u vidu kvantitativnih ekonomskih pokazatelja, kvantitativnih tehničkih pokazatelja i kvalitativnih pokazatelja (ocene ili bodovi).

Vrednosti pokazatelja ekstremizacije su sledeće:

1 – podrazumeva maksimalne vrednosti funkcije kao najpogodnije

0 – podrazumeva minimalne vrednosti funkcije kao najpovoljnije

Tabela 3. Vrednosti pokazatelja ekstremizacije za rangiranje alternativa

Kriterijumske funkcije				
	Indikatori performansi			
	wOp1	wOp2	wOp34	wOp23
Pokazatelji ekstremizacije	1	1	1	1

Na osnovu precizno utvrđenih vrednosti kriterijumskih funkcija i na osnovu težina kriterijuma date su varijante višekriterijumskog odlučivanja. Težine kriterijuma su date u velikom broju kombinacija koje su proizašle iz različitih predloga i sugestija. Prva osnovna kombinacija data je u tabeli ispod.

Rangiranje I predstavlja slučaj gde su svi kriterijumi posmatrani sa istim značajem i istom težinom.

Tabela 4. Vrednosti težina kriterijuma za rangiranje alternativa

Kriterijumske funkcije				
Rangiranje	Indikatori performansi			
	wOp1	wOp2	wOp34	wOp23
I	1	1	1	1

3. Diskusija

U ovom slučaju u rešenju pri prvom planiranju su najkritičnije deonice sa stanovišta plana održavanja kanalizacione mreže u narednih (godinu) dana i daje se predlog vlasniku, korisniku i investitoru održavanja projektovanja i izgradnje kanalizacione mreže, kanalizacionih crpnih stanica i postrojenja za prečišćavanje otpadne vode kako da se odnosi u budućem periodu prema kanalizacionom sistemu. Taj period u ovom slučaju iznosi godinu dana. Indikator performansi wOp34 je predstavljen, za razliku od originalnog predstavljanja u skupu indikatora (Matos i sar., 2003) procentom odgušenja deonice u narednih godinu dana od trenutka snimanja kanalizacije u prvoj polovini septembra 2013. godine. Ovde se izdvaja jedna deonica sa 50 % prednosti od naredne alternative u grupi kompromisnih rešenja od 72 posmatrane deonice kanalizacije u deset slivova tehnološkofekalne kanalizacije.

Razlika u prvoj iteraciji rada modela u dužini predviđenoj za investiciono održavanje za deset slivova iznosi 278,92 m. U investicionom održavanju kanalizacionih cevi ukupno je izvedeno 558,34 m. Praktično su se poklopile samo dve cevi u planiranom i izvedenom stanju. Na osnovu dobijenih rezultata u praksi izvršeni su kalibracija i verifikacija modela. Pri kalibrisanju i verifikaciji modela iskorišćeni su koeficijenti težina kriterijumskih funkcija μ . U ovom slučaju radi se ujedno i kalibrisanje i verifikacija modela s obzirom na stanje u 2014. godini.

4. Zaključak

Za posmatranih deset slivova usvaja se model višekriterijumske optimizacije koji daje kompromisno rešenje, skup svih predloženih deonica za održavanje na razmatranoj kanalizaciji u pivari. Novi model održavanja industrijskih kanalizacionih mreža wOpPIV u ovom slučaju dobijen je kao kompromisno rešenje VKO metode VIKOR gde se model dobija kao kombinacija četiri postojeća IWA indikatora kanalizacije: wOp1 , wOp2 , wOp34 , wOp23 i njihovih ulaznih podataka. Ovim modelom višestruko se umanjuju finansijska sredstva vlasnika, korisnika i investitora održavanja kanalizacije koja se koriste na taj način što se intervencije na kanalizacionoj mreži ograničavaju na određen broj deonica.

5. Zahvalnica

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije koje je projektom TR 37 014 omogućilo realizaciju ovog istraživanja.

6. Literatura

- [1] Abass A. Olajire: The brewing industry and environmental challenges, *Journal of Cleaner Production* xxx, 2012, 1-21
- [2] Alegre, H.; Baptista, J.M. Implementation of a Performance Indicators System in a Water Undertaking, 2003
- [3] Annelies J. Balkema, Heinz A. Preisig, Ralf Otterpohl, Fred J. D. Lambert: Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems, *Urban Water* 4, 2002, 153–161
- [4] Popović M, Milojković I, Isaković P, Kolundžić P, Koprivica M, Koprivica U, Todorović M, Rakas G, Spasić N, Nedeljković G. 2013. Glavni projekat rekonstrukcije postojećeg kanalizacionog sistema Pivare Trebjesa, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi” Zavod za vodosnabdevanje, kanalizaciju i zaštitu voda, Beograd, 2013.
- [5] Jevtic M. B, Milojkovic I, Stojnic N, Research of the performance of pulse electrohydrodynamics in blockage removal, *Water Sci. Technol.* 64.1, 102-108, 2011
- [6] Matos R, Cardoso A, Ashley R, Duarte P, Molinari A., Schulz A.: Performance Indicators for Wastewater Services, International Water Association, London, UK, 2003
- [7] Milojkovic I, Marjanovic Z, Ivetic M, Ljubisavljevic D, Jaksic D, Preliminary Assessment of Performance Indicators for the Sewerage System in Belgrade, Proceedings of the 4th IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Urban Water Supply, 21-23, May, 2007 Jeju Island, Korea 2007

- [8] Opricovic Serafim, Gwo-Hshiung Tzeng: Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research* 178(2): 514-529, 2007
- [9] Opricovic Serafim, Gwo-Hshiung Tzeng: Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* 156(2): 445-455, 2004
- [10] Opricovic S, Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu, Građevinski fakultet, Beograd, 1998.
- [11] Savić A. Dragan, The use of data-driven methodologies for prediction of water and wastewater asset failures, Centre for Water Systems, University of Exeter, North Park Road, Exeter, EX4 4QF, United Kingdom, Chapter published in the Springer book: *Risk Management of Water Supply and Sanitation Systems*. ISBN 978-90-481-2363-6, 2009
- [12] Ward Ben, Savić A. Dragan, A multi-objective optimization model for sewer rehabilitation considering critical risk of failure. *Water science & Technology* 66.11: 2410-2417, 2012
- [13] Ward Ben, Kawalec Maciej, Savić Dragan: An optimised total expenditure approach to sewerage management, *ice proceedings*, Proceedings of the institution of Civil Engineers, 2014

TEHNOLOŠKO RJEŠENJE POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA (PPOV) U OPŠTINI ŽABLJAK

TECHNOLOGICAL SOLUTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT (WWTP) IN MUNICIPALITY OF ŽABLJAK

DRAGAN RADONJIĆ¹, DARKO VUKSANOVIĆ²,
JELENA ŠĆEPANOVIĆ³, REFIK ZEJNILOVIĆ⁴

Rezime: Od ukupnog broja stanovnika koji žive na gradskom području Opštine Žabljak samo 51% stanovnika je priključeno na kanalizacioni sistem, a otpadne vode se ispuštaju u ponor. Realizacija projekta unapređenja stanja u oblasti upravljanja otpadnim vodama u Opštini Žabljak obuhvata rekonstrukciju postojeće i izgradnju nove kanalizacione mreže, kao i izgradnju postrojenja za tretman prikupljenih otpadnih voda.

Lokacija na kojoj je planirana izgradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Opštini Žabljak je povoljna lokacija, sa pogodnim terenom i omogućava potpuno usaglašavanje objekta sa okolinom.

Ključne reči: preciscavanje otpadnih voda, postrojenje, gradsko području

Abstract: Of the total population who live in urban area of the Municipality of Zabljak only 51% of the population is connected to the sewage system and wastewaters are discharged into the abyss.

Implementation of the project to improve the situation in the field of waste management in the municipality of Žabljak includes reconstruction of existing and construction of new sewage network as well as the construction of wastewater treatment plant.

Location of the planned construction of a wastewater treatment plant in the municipality of Žabljak is favorable location, with suitable terrain, and to fully harmonize the building with its surroundings.

Key words: wasterwater treatment, plant, metropolitan area

¹ prof. dr Dragan Radonjić, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinjski put bb, Podgorica

² prof. dr Darko Vuksanović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinjski put bb, Podgorica

³ prof. dr Jelena Šćepanović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinjski put bb, Podgorica

⁴ prof. dr Refik Zejnilović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Farmaceutski fakultet, Kruševac bb, Podgorica

1. Lokacija za izgradnju postrojenja

Lokacija na kojoj je planirana izgradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Opštini Žabljak nalazi se na dijelu katastarske parcele broj 1815, KO Žabljak 1. Izgradnjom postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Opštini Žabljak doći će do poboljšanja sadašnjeg stanja, kada je tretman otpadnih voda u pitanju, koji sada nije na zadovoljavajućem nivou.

Zbog etapnog priključivanja stanovništva na sistem javne kanalizacije, optimalna je izgradnja PPOV u dvije faze. U I. fazi se gradi PPOV kapaciteta cca 2.000 ES, a u II. fazi se PPOV može prema potrebi proširiti na konačni kapacitet (broj stanovnika opštinskog centra Žabljak prognoziran Prostorno – urbanističkim planom za 2021. godinu je 3.190). Postojeći sistem kanalizacije na užem području grada Žabljaka (I. faza izgradnje postrojenja) je praktično u potpunosti izgrađen. Sistem funkcionise kao separatan sistem.

Prema procjeni se na užem području grada Žabljaka odvajaju otpadne vode cca 1.200 do 1.300 stanovnika, a prema procjeni je ukupni broj kreveta u hotelu „Planinka“, Žabljak i u ostalim manjim hotelima na užem, području grada Žabljaka cca 700, prema tome je potreban kapacitet postrojenja za prečišćavanje u 1. fazi cca 2.000 ES.

2. Projektni kriterijumi

U tabeli 1. dat je sumarni prikaz ukupnog broja ekvivalentnih stanovnika i njegova promjena do 2035. godine za projektovano područje.

Tabela 1. Broj ekvivalentnih stanovnika – promjena broja ES do 2035. god.

Ekvivalentno stanovništvo	2021.	2035.
Stalno stanovništvo	1594	2559
Turisti – van sezone	223	320
Turisti – u sezoni	2219	3420
Industrija	340	565
UKUPNO-van sezone	2157	3444
UKUPNO-u sezoni	4153	6544

Stanovništvo Žabljaka koje nije povezano na kanalizacioni sistem otpadne vode iz domaćinstva odlaže u septičke jame. Predviđeno je da se mulj iz septičkih jama tretira na postrojenju. Mjesto pražnjena mulja iz septičkih jama je rezervoar za prihvatanje mulja.

U tabeli 2. date su procijenjene količine mulja iz septičkih jama.

Tabela 2. Prikaz procijenjene količine mulja iz septičkih jama

Br.stanovnika koji nije priključen na kanalizaciju (2021.)	447
Br.stanovnika koji nije priključen na kanalizaciju (2035.)	357
Procijenjena količina mulja iz septičkih jama, m ³ /dan (2021.)	0,76
Procijenjena količina mulja iz septičkih jama, m ³ /dan (2035.)	0,61

U blizini lokacije postrojenja nema površinskog recipijenta, pa se predlaže is-pust prečišćene vode u ponor.

3. Opis postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda

U prvoj fazi izgradnje predviđeno je da se izgradi Zapadni kolektor i dvije lamele postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. U okviru prve faze uradiće se i trafostanica, radni prilazni put i pumpna stanica (PS1). PS1 će u prvoj fazi imati dvije radne pumpe i jednu rezervnu, ali će se ugraditi i postolje za četvrtu pumpu. Zapadni kolektor se povezuje na postojeći glavni kolektor.

Za proračun opterećenja postrojenja u I fazi izgradnje korišćeni su podaci dati u tabeli 3.

Tabela 3. Opterećenje postrojenja - I faza

broj ekvivalent stanovnika u I. fazi	PE	2.000 ES
biohemijsko opterećenje	Bp	120 kg BPH ₅ /d
dnevni protok	Qsr	2000 x 0,25 = 500 m ³ /d
max. satni protok	Qm	50 m ³ /h
visina platoa postrojenja		1.405 m.n.m.
stepen prečišćavanja		samo prečišćavanje C

U sklopu građevinskog objekta se nalaze prostorije za mehanički i biološki tretman, rešetka sa pjeskolovom, oprema koja služi za prihvatanje i tretman mulja, rezervoari za supernatant, polielektrolit, prostorija predviđena za trafo, električne instalacije, komandna prostorija, sanitarno garderobni čvor, kao i prostorija za kontejnere za prihvatanje dehidratisanog mulja.

Opterećenje otpadne vode koja dolazi na PPOV je izračunato na osnovu Njemačkog standarda ATV-DVWK i Pravilnika o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izveštaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda („Službeni list CG“, br. 45/08, 09/10 i 26/12).

Ukupno opterećenje otpadnih voda sastoji se iz:

- opterećenja otpadnih voda od stanovništva i turista,
- opterećenja otpadnih voda od industrije,
- opterećenja otpadnih voda od infiltracije.

Opterećenja otpadnih voda su definisana za tipične vrijednosti parametara koji se nalaze u otpadnoj vodi kao što su:

- biološka potrošnja kiseonika BPK₅
- hemijska potrošnja kiseonika HPK
- azot N

- fosfor P
- suspendovane materije SM.

Srednji protok otpadne vode je korišćen za proračun opterećenja na PPOV. Maksimalna dozvoljena koncentracija otpadnih voda koja se ispušta iz industrije je 300 mg/l BPK₅, odnosno predviđeno je da industrije imaju industrijske predtretmane.

Tretirana otpadna voda treba da zadovolji set sljedećih standarda:

- standarde EU Direktive 91/271/EEC koja se odnosi na sakupljanje, tretman i ispuštanje gradskih otpadnih voda i definiše standarde za ispuštanje otpadnih voda;
- zakonsku regulativu Crne Gore koja se odnosi na kategorizaciju i ispuštanje voda u recipijent (Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda, Službeni list CG, br. 02/07 i Pravilnik o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda, Službeni list CG 45/08, 09/10 i 26/12).

Predviđeno je da se tretirane otpadne vode ispuštaju u jarugu u sklopu okolnog karstnog područja.

Prikaz vrijednosti zahtijevanih parametara za kvalitet efluenta iz PPOV-a dat je u tabeli 4.

Tabela 4. Vrijednosti zahtijevanih parametara za kvalitet efluenta iz PPOV

Parametar	Vrijednost
BPK ₅	25 mg/l
HPK	125 mg/l
SM	35 mg/l
Ukupni N	15 mg/l
Ukupni P	2 mg/l

Predviđena je izgradnja mehaničkog i biološkog postrojenja. Mehanički stepen je koncipiran kao klasičan emšer, a biološki stepen kao prokapnik sa dodatnom ventilacijom. Postrojenje će se izgraditi u dvije faze.

U prvoj fazi će postrojenje obuhvatati sledeće objekte:

- emšer,
- razdjelni šaht,
- tipski prokapnik Bioclere (tri prokapnika),
- izlazni šaht sa mjernim mjestom,

Otpadna voda gravitacionim putem dolazi u kinetu elektromotornih rešetaka, Predviđena je ugradnja rotacionih elektromotornih rešetaka sa kompaktorom za kompaktiranje čvrstih materija. Na rešetkama prikupljene čvrste materije ispadaju u

standardni kontejner zapremine cca 900 litara. Kontejner se prazni u komunalno vozilo za odvoz smeća na deponiju.

Iz kinete elektromotornih rešetki otpadna voda izlazi u pjeskolov i hvatač plivajućih materija. Predviđen je jednostavan klasičan pjeskolov vertikalne izrade. U pjeskolovu sedimentovani pijesak se povremeno prepumpava sa vakumskom pumpom komunalnog vozila u čistiju komunalnog vozila i transportuje na mjesto njegovog deponovanja.

Na izlazu vode iz pjeskolova je ugrađen uronjen zid koji prikuplja plivajuće materije. Plivajuće materije se povremeno prepumpavaju u komunalno vozilo za odvoz plivajućih materija.

Iz pjeskolova i hvatača masti se voda preliva u primarnu taložnicu emšera. Ovuda se pretežni dio nerastopljenih materija separira i istaloži u trulište emšera. Plivajuće materije (ulja i masnoće) se u I fazi eliminišu u prihvatnoj komori primarne taložnice, a u II. fazi izgradnje u aerisanom pjeskolovu i hvataču masnoća. Pražnjenje trulišta emšera će biti povremeno sa komunalnim vozilom. Predviđeno smanjenje biohemijskog opterećenja u primarnoj taložnici će biti između 30 i 35%.

Emšer je izveden kao kompaktna armirano-betonska pokrivena konstrukcija, koja obuhvata duplu primarnu taložnicu i ispod taložnice namješteno trulište. Za ulaznim dijelom otpadne vode u obje dvije linije primarne taložnice dodatno je ugrađen montažni uronjeni zid za separaciju plivajućih materija.

Mehanički prečišćena voda se iz primarne taložnice gravitacionim putem preliva u razdjelni šaht. Razdjelni šaht izrađen je iz tipskih betonskih cijevi. U šahtu su ugrađeni prelivni za ravnomjernu distribuciju vode u sve prokapsnike. Prema potrebi moguće je zatvoriti protok vode u pojedine prokapsnike.

Iz razdjelnog šahta voda se gravitacionim putem preliva u sabirne bazene tipskih predfabrikovanih prokapsnika sa dodatnom ventilacijom i zagrijavanjem svježeg vazduha (u zimskom periodu) na ulazu u sistem recirkulacije vazduha. Tipski prokapsnici su u potpunosti zatvoreni i izrađeni su od armiranog poliestera sa toplotnom izolacijom i ugrađeni su u teren.

Iz sabirnih bazena prokapsnika otpadna voda se centrifugalnim pumpama crpi na vrh prokapsnika gdje se kroz specijalne razdjelne elemente ravnomjerno distribuira kroz punjač prokapsnika i preliva se ponovo u sabirni bazen, a višak vode (zavisi od protoka na PPOV) preliva se u sekundarnu taložnicu, a odatle u izlazni šaht i po odvodnom kanalu u recipijent.

Zbog veće efikasnosti rada prokapsnika punjač se dodatno ventiliše sa ventilatorom. U zimskom periodu se usisivani svjež vazduh zagrijava sa izlaznim istrošenim vazduhom. Punjač prokapsnika je izrađen od plastike. Pumpa prokapsnika radi praktično neprekidno (cca 21 sat dnevno) i nezavisno od protoka na PPOV, pa je hidrauličko opterećenje prokapsnika dosta ravnomjerno.

Suvišni mulj se iz sekundarne taložnice povremeno prepumpava u trulište emšera. Odatle se povremeno zajedno sa primarnim muljem u I. fazi transportuje sa

lokacije u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom. U II. fazi biće ugrađena trakasta presa.

Zbog stalne recirkulacije otpadne vode iz sabirnog bazena kroz prokapnik je neosjetljiv na neravnomjerno biohemijsko opterećenje PPOV. To je jedna od veoma bitnih pozitivnih karakteristika ovakog tipa PPOV-a.

Biološki prečišćena voda se preliva preko mjernog šahta u ispusni kanal.

Predviđena je ugradnja tipskog Biolcere prokapnika, koji je izrađen kao tipska dupla vertikalna konstrukcija cilindričnog oblika na armirano-betonskom temelju. Nadzemni dio prokapnika potpuno je zatvoren i toplotno zaštićen sa izolacijom.

Prokapnik radi potpuno automatski. Svi djelovi prokapnika osim pumpe i ventilator izrađeni su od plastike. Kako za upravljanje i održavanje PPOV-a nije potrebna stalna prisutnost osoblja, obzirom da prostor za osoblje nije predviđen.

Izlazni šaht sa mjernim mjestom izrađuje se od tipske betonske cijevi. U šahtu će biti ugrađen ultrasoničan mjerač protoka prečišćene vode. Šaht će se upotrebljavati i za uzimanje uzorka prečišćene otpadne vode.

U trulištu emšera akumuliran suvišni mulj će se povremeno transportovati na agrarne površine – u početku sa cca 4-5% suve materije, a kasnije će se na PP ugraditi i postrojenje za mašinsko ugušćavanje mulja na cca 20% suve materije.

Predviđena je izgradnja postrojenja za primarno prečišćavanje (mehaničko prečišćavanje u emšeru-Imhoff tank) i sekundarno prečišćavanje (biološko prečišćavanje – prečišćavanje na bazi aktivnog ugljenika). Terciarno prečišćavanje (azot i fosfor) nije predviđeno, jer je ispušt prečišćene vode u ponor, pa prema procjeni eutrofikacija nije moguća. Mehanički stepen je koncipiran kao klasičan emšer, a biološki stepen kao prokapnik sa dodatnom ventilacijom. Postrojenje će se graditi u dvije faze.

Nakon prolaska otpadne vode kroz postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda predviđeni kvalitet prečišćene vode dat je u sledećoj tabeli.

Efluent iz PPOV-a bi postizao sledeće MDK vrijednosti:

Tabela 5. MDK vrijednosti

parametar	izražen kao	jedinica	veličina
nerastopljene materija		mg/l	1)
amonijev azot	N	mg/l	1)
nitratni azot	N	mg/l	1)
HPK	O ₂	mg/l	150
BPK ₅	O ₂	mg/l	30
cjelokupni azot	N	mg/l	1)
cjelokupni fosfor	P	mg/l	1)
1) za ovu veličinu postrojenja nema ograničenja			

4. Zaključak

Izgradnjom Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) i prateće infrastrukture dugoročno će se riješiti problem otpadnih voda u Opštini Žabljak.

Predloženo tehnološke rješenje je primarno (mehaničko) i sekundarno (biološko) prečišćavanje. Tercijarno prečišćavanje (azot i fosfor) nije predviđeno zbog prirode recipijenta (eutrofizacija nije moguća). Kako se radi o separatom sistemu kanalizacije, turističkom karakteru grada i niskim zimskim temperaturama vazduha i otpadne vode, mehaničko prečišćavanje je u emšeru (Imhoff tank), a biološko prečišćavanje sa fiksiranom biomasom (prokapnik sa dodatnom ventilacijom).

Pri normalnom korišćenju, postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda ni na koji način neće uticati na eventualno zagađenje voda, vazduha ili zemljišta što sprovođenjem mjera za sprečavanje eventualnog uticaja u toku gradnje, eksploatacije objekta ili u slučaju akcidenta.

5. Literatura

- [1] Zakon o uređenju prostora i izgradnji objekata („Sl. list CG“, br. 51/08).
- [2] Zakon o životnoj sredini („Sl. list CG“, br. 48/08, 40/10 i 40/11).
- [3] Zakon o zaštiti prirode („Sl. list RCG“, br. 51/08, 21/09 i 40/11).
- [4] Zakon o vodama („Sl. list RCG“, br. 27/07, 32/11 i 47/11).
- [5] Zakon o upravljanju otpadom („Sl. list CG“, br. 64/11).
- [6] Pravilnik o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda („Sl. list CG“, 45/08, 9/10 i 26/12).
- [7] Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda („Sl. list CG“, br. 2/07).

PROCJENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE SANITARNO-FEKALNIH VODA IZ OBJEKTA BIZNIS CENTAR U PODGORICI

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF SANITARY WASTEWATER TREATMENT PLANT FROM THE BUSINES CENTER IN PODGORICA

DARKO VUKSANOVIĆ¹, DRAGAN RADONJIĆ², JELENA ŠĆEPANOVIĆ³,
REFIK ZEJNILOVIĆ⁴

Rezime: Lokacija na kojoj je planirana izgradnja postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda za potrebe hotela u centru Podgorice, kapaciteta 40 ES, se nalazi se lijevoj obali rijeke Ribnice.

Otpadne vode su sanitarno-fekalne koje nastaju na sanitarnim uređajima unutar hotela i otpadne vode iz restorana koje prije dolaska na biološki uređaj prolaze kroz mastolov. Otpadne vode zbog toga imaju karakter komunalnih otpadnih voda.

Ključne reči: životna sredina; sanitarno-fekalne otpadne vode; proces preciscavanja voda

Abstract: Location for the planned construction of a sanitary wastewater treatment for the hotel in the center of Podgorica, with 40 EI, which is located on the left bank of the river Ribnica.

Sanitary wastewater are generated in the sanitary facilities within the hotel and wastewater from the restaurant that before the arrival of the biological condition undergoing grease trap. Wastewater therefore have a character of municipal wastewater.

Key words: environment; sanitary wasterwater; process water treatment

1. Planirana lokacija za izgradnju postrojenja

Za postavljanje postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda

¹ prof. dr. Darko Vuksanović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinski pub bb, Podgorica

² prof. dr. Dragan Radonjić, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinski pub bb, Podgorica

³ prof. dr. Jelena Šćepanović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Metalurško-tehnološki fakultet, Cetinski pub bb, Podgorica

⁴ prof. dr Refik Zejnilović, dipl. inž, Univerzitet Crne Gore, Farmaceutski fakultet, Kruševac bb, Podgorica

predviđen je dio urbanističke parcele pored objekta. Dimenzije postrojenja su 3,40 m x 2,40 m, tako da je okvirno potrebna površina zemljišta za istaliranje ovog postrojenja oko 20 m². Prečišćene otpadne vode koje se upuštaju u prirodni recipijent II kategorije (rijeku Ribnicu) zadovoljiće tehničke i sanitarne uslove iz Pravilnika o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izveštaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda („Službeni list CG“, br. 45/08, 09/10 i 26/12). Lokacija na kojoj je planirana izgradnja postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda je povoljna lokacija, sa pogodnim terenom i omogućava potpuno usaglašavanje objekta sa okolinom. U blizini lokacije postrojenja nalazi se površinski recipijent – rijeka Ribnica, u koju će se ispuštati prečišćena voda.

2. Opis postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda

Planirana je izgradnja postrojenja BIOTIP pp 2-20 sa jednim bioeracijskim bazenom, konusnim sekundarnim taložnikom i prostorom za smještaj kompresora i automatike.

Postrojenje će činiti sledeći objekti i oprema:

- Pogonski prostor zaštićen od kiše u kome se nalazi elektro-komandni ormar i kompresorska grupa.
- Kompaktan uređaj izrađen iz polipropilena koji se postavlja u građevinski iskop na ravnu betonsku podlogu, a u kojem se nalazi sva oprema za prečišćavanje otpadnih voda.
- Izlazno-kontrolno mjerno okno.

Ulazni podaci

- Priključeni broj ekvivalentnih stanovnika, ES 40
- Specifično biološko opterećenje, g BPK₅/ ES,d 60
- Specifična količina otpadne vode, l/ES, d 150
- Dnevno biološko opterećenje, kg BPK₅/d 2,4
- Dnevno hidrauličko opterećenje, m³/d 6,0

U tabeli 1 je dat proračun prema ATV normi A-122, koji propisuje opterećenje aeracijskog bazena od 0,15 – 0,25 kg BPK₅/m³,d i unošenje kiseonika od 0,3 kg/kg (BPK₅).

Tabela 1. Proračunate vrijednosti opterećenja aeracijskog bazena prema ATV normi A-122

Dozv.spec.max. optereć. aeracijskog bazena kg (BPK ₅)/m ³ ,d	0,2
Potreban aeracijski volumen min, m ³	12
Minimalno zadržavanje vode u sekundarnom taložniku, (sati)	4
Minimalni volumen sekundarnog taložnika, m ³	2,7
Dopušteno optereć.površ. sekundarnog taložnika, (dijagram), m/h	1,0

Tabela 2. Potrebna količina vazduha

Specifična potreba kiseonika, kg O ₂ /kg (BPK ₅)	3,0
Potrebna količina vazduha na sat, Nm ³ /h	19

Karakteristike postrojenja BIOTIP pp 2-20 date su u sledećoj tabeli:

Tabela 3. Karakteristike postrojenja BIOTIP pp 2-20

Volumen aeracijskog bazena	12,78 m ³
Volumen sekundarnog taložnika	2,70 m ³
Dužina postrojenja	3,40 m
Širina postrojenja	2,40 m
Dubina vode	2,40 m
Membranski niskoprotlačni kompresor, snage 3 x 0,25 Kw	3 x 9 Nm ³ /h
Membranski aeratori UD 1000 x 70, kapaciteta 3-12 Nm ³ /h	4 komada

Biotip pp 2-20 je postrojenje koji prihvata sve sanitarno-fekalne otpadne vode te ih obrađuje do najmanje 95 % prečišćenosti. Biotop pp služi za prečišćavanje otpadnih voda iz domaćinstava, vikendica, apartmana, graničnih prelaza, manjih kampova, škola i sl. Ugradnjom ovakvog postrojenja više nije potrebno njihovo praznjenje kao što je to slučaj sa septičkim jamama. Ova postrojenja su plastična, sa aeracijskim sistemom, a način rada je sa biomasom malog opterećena, prenitrifikacijom (uklanjanje azota), nitrifikacijom i aerobnom stabilizacijom viška vode.

3. Opis rada postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda

Svježa voda slobodnim padom dolazi na postrojenje. Na ulaznoj cijevi se montira vazдушna košara. Sav čvrsti otpad pomoću vazduha se razbija na košari, a nerazgradiv otpad se ručno odvaja u komunalni kontejner.

Nakon mehaničkog predtretmana otpadna voda slobodnim padom odlazi u bioaeracijski bazen. U otpadnu vodu se intenzivno uduvava komprimovani vazduh kroz membranske aeratore koji stvaraju fine mjehuriće. Svježa otpadna voda se miješa sa finim mjehurićima vazduha, a kiseonik iz vazduha se otapa u vodi. Tako izmiješana voda putem predviđenih spoljnih cijevi prelazi u sekundarni taložnik. Iz sekundarnog taložnika se mamut pumpom povremeno u aeracijski bazen prebacuje i „aktivni mulj“ koga čine flokule mikroorganizama. Mješavina otpadne vode, mjehurića vazduha i mikroorganizama prelazi u sekundarni taložnik gdje se aktivni mulj odvaja od prečišćene vode koja odlazi u preliv. Aktivni mulj se ponovo vraća u bazen za aeraciju i time se proces kontinuirano obnavlja.

Biološki prečišćena voda ispušta se gravitacionim cjevovodom u recipijent.

Sistem aeracije bioaeracijskog bazena je najznačajniji dio postrojenja. Zajedno sa kompresornicom to je najvitalniji dio postrojenja koji osigurava aerobni biološki postupak prečišćavanja. Svako zaustavljanje dovoda vazduha, a time i nedostatak kiseonika, može nakon nekoliko dana dovesti do uginuća biocenoze aktivnog mulja, a to znači i do prestanka funkcionisanja postrojenja. Imajući u vidu značaj aeracije

za funkcionalnost postrojenja, održavanje mora biti usmjereno na kontrolu kompresora, razvoda vazduha i same aeracije.

Vizuelna kontrola aeracije u bioaeracijskom bazenu svakog časa daje uvid u ispravnost sistema. Ako se npr. iznad nekog od aeratora ne pojavljuju znaci (mjehurići) aeracije, znači da je došlo do začepjenja. Ako se međutim pojavljuje prejak aeracija u vidu snažnog tačkastog podizanja vode, to znači da je došlo do oštećenja aeratora ili nekog drugog razloga probijanja vazduha pod pritiskom. U svakom od ova dva slučaja utvrđuje se kvar izvlačenjem aeratora iz vode, kao i njegovom popravkom ili zamjenom.

Sekundarni taložnik ne zahtijeva posebno održavanje. On se samo kontroliše u smislu protočnosti. Jednom od dva puta mjesečno kanali unutar taložnika se ispiraju mlazom vode. U prostor za taloženje uronjene su mamut pumpe uz pomoć kojih se izvlači istaloženi mulj i kao povratni mulj vraća se u dio za aeraciju. Eventualne plivajuće nečistoće sa površine taložnika pomoću ugrađene vazdušne pumpe se vraćaju u dio za aeraciju.

Sekundarni taložnik ima zadatak bistrenja prečišćene vode. Posljedica toga je taloženje aktivnog mulja i suspendovanih materija na dno taložnika. Iz iskustva se zna da je taloženje mulja efikasno, ali sloj mulja sporo napreduje što je u vezi sa procesima aerobne mineralizacije mulja.

Izvlačenje viška mulja vrši se tako da se isključi elektromagnetni ventil kako bi se istaložio višak mulja u sekundarnom taložniku i nakon 2-3 sata se mamut pumpom višak mulja prebacuje u skladište mulja odakle se komunalnim vozilom višak mulja odvozi na centralni uređaj za prečišćavanje.

4. Opis mogućih značajnih uticaja

Mogući uticaji projekta na životnu sredinu i njihove karakteristike mogu se svesti na dvije kategorije uticaja i to: mogući uticaj otpadnih voda koje nakon prečišćavanja idu u rijeku Ribnicu i mogući uticaj neadekvatnog odlaganja viška mulja.

Takođe, treba naglasiti da su uticaji mogući u toku izvođenja projekta i u toku njegove eksploatacije.

Uticaj na kvalitet voda

Kvalitet voda može biti ugrožen funkcionisanjem projekta, zbog njegovog sadržaja funkcija, odnosno djelatnosti. Prevashodan uticaj može biti izražen usled neadekvatnog tretiranja sanitarno-fekalnih otpadnih voda, obzirom da iste prolaze kroz postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) prije njihovog upuštanja u recipijent (rijeka Ribnica). Očekuju se samo pozitivni efekti po pitanju kvaliteta vode usled tretmana sanitarno-fekalnih otpadnih voda sve do nivoa dozvoljenog za ispuštanje u recipijent, odnosno rijeku Ribnicu.

Uticaj na zemljište

Što se fizičkih uticaja na zemljište tiče (promjena lokalne topografije, erozija tla, klizanje zemljišta i slično) izgradnjom predmetnog projekta neće doći do njihove

promjene. Naime, lokacija projekta je na ravnom terenu, tako da izgradnjom postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda neće doći do topografskih promjena, erozije tla i klizanja zemljišta.

Neadekvatno odlaganje otpada (građevinski šut i materijal iz otkopa) može dovesti do devastacije prostora prilikom izvođenja projekta. U cilju sprječavanja kontaminacije zemljišta, najbolje rješenje za otpadni materijal je njegova klasifikacija i odlaganje u skladu sa njegovim porijeklom i karakteristikama.

Zbog namjene projekta nijesu mogući uticaji njegovog funkcionisanja na zemljište. Uticaj na zemljište u toku neadekvatnog rada postrojenja nije moguć, obzirom da se otpadne vode poslije prolaska kroz postrojenje ispuštaju u rijeku Ribnicu.

Odlaganje otpada može imati uticaja na kvalitet životne sredine na lokaciji projekta ukoliko se ne bude vršilo njegovo adekvatno odlaganje. Tako je nakon izvođenja projekta sav građevinski otpad i višak građevinskog šuta potrebno ukloniti sa lokacije. Kanalizacioni mulj koji se stvara u toku rada postrojenja takođe može imati negativan uticaj, ukoliko se ne bi izvršilo njegovo adekvatno tretiranje i odlaganje.

Uticaj na lokalno stanovništvo

U toku funkcionisanja projekta neće doći do promjene u broju i strukturi stanovništva u ovoj zoni. Funkcionisanjem projekta neće doći do povećanja naseljenosti, pa samim tim ni do povećanja koncentracije stanovništva. Usljed rada mehanizacije prilikom izvođenja projekta može se zaključiti da će u ovoj fazi doći do povećanog nivoa buke koja nastaje usled rada mehanizacije i ručnih alata. Najveći nivo buke se može očekivati u fazi iskopa temelja i tokom pripreme terena za polaganje podzemnih instalacija. U toku izvođenja projekta na lokaciji će biti prisutna pojava vibracija usljed rada građevinskih mašina i kretanja kamiona. Međutim, vibracije su periodičnog karaktera, jer traju dok se obavlja izvođenje projekta, odnosno dok radi građevinska operativa, bez značajnijeg uticaja na okolinu.

Uticaji u slučaju akcidenta

U slučaju kada PPOV jedinice ne rade ispravno, može doći do kvara sistema i pojave akcidentnih situacija, tako da ovo može rezultirati kvalitetom tretirane otpadne vode koji nije u okviru dozvoljenih nivoa.

Na osnovu iskustva prilikom rada sličnih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, sljedeće vanredne okolnosti se mogu javiti u toku redovnog rada PPOV-a:

- Karakteristike otpadne vode različite od projektovanih vrijednosti
- Nestanak struje
- Mehanički kvar opreme
- Procedure primijenjene za rad postrojenja nijesu primjenljive za kvalitet otpadne vode
- Remont postrojenja

5. Mjere za sprječavanje, smanjenje ili otklanjanje štetnih uticaja

U toku faze eksploatacije potrebno je predvidjeti mjere koje se odnose na rješavanje odlaganja i dozvoljene namjene mulja nastalog prilikom rada postrojenja i rješavanje daljeg postupka sa otpadnim vodama poslije procesa prečišćavanja.

Neke od mjera ublažavanja planirane za fazu eksploatacije su:

- Najvažnija mjera sprečavanja zagađenja u toku rada postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda jeste pridržavanje uputstva za rad postrojenja i normalno njegovo funkcionisanje.
- Otpadna voda nakon prolaska kroz postrojenje za prečišćavanje mora ispuniti crnogorske i EU standarde, tako da otpadna voda ne smije imati negativan uticaj na recipijent (rijeku Ribnicu). Ukoliko kvalitet izlazne vode ne bude odgovarao kvalitetu vode recipijenta ista se mora vratiti na početak procesa prečišćavanja.
- Takođe, treba napomenuti da u periodu kada rijeka Ribnica presuši, tada ista nije recipijent za otpadne vode iz dijela postojećeg objekta. U tom periodu se prema postojećem Pravilniku, član 5 u zemljište ispuštaju komunalne otpadne vode, čije bi dovođenje do odgovarajuće površinske vode bilo ekonomski neopravdano, pod uslovom da kvalitet tih voda zadovoljava granične vrijednosti iz stava 1 ovog člana Pravilnika, ali da je prethodnim ispitivanjem utvrđeno da te vode neće štetno uticati na zdravlje ljudi u smislu posebnih propisa kojima je uređen kvalitet voda namijenjenih za ljudsku upotrebu. Prema tome, nosilac projekta mora obezbijediti uslove ispuštanja ovih voda u zemljište izgradnjom upojnog bunara.
- Otpadni mulj će biti skladišten na lokaciji postrojenja i transportovan na mjesto konačnog odlaganja (centralno postrojenje za prečišćavanje) u skladu sa zakonskim propisima.
- Zdravlje stanovnika zavisi od kvaliteta vode, vazduha i zemljišta. Prethodno objašnjenje metoda mjera ublažavanja u toku eksploatacije postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda obezbjeđuje da neće biti negativnih uticaja po zdravlje stanovnika.

Usljed akcidentne situacije prilikom rada postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda moraju se predvidjeti sljedeće mjere:

- Usljed nestanka struje za rad postrojenja za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda treba predvidjeti dizel agregat.
- Ukoliko procedure primijenjene u toku rada postrojenja nijesu primjenljive za kvalitet otpadne vode, tada rukovodilac postrojenja mora podesiti procesne parametre i preko Uputstva za rad postrojenja provjeriti koje korake je neophodno preduzeti nakon poremećaja procesa. Prema tome, bitan aspekt za projektovanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda je definisanje stepena kontrole potrebnog za pouzdan rad i dobre performanse postrojenja.

6. Zaključak

U prethodnom dijelu identifikovani su mogući uticaji, koji usljed nepridržavanja radnih normi mogu uticati na kvalitet životne sredine na lokaciji i njenom okruženju.

Prema tome, opisani tehnološki postupak rada postrojena za prečišćavanje sanitarno-fekalnih otpadnih voda pokazuje da su kroz sam postupak preduzete sve odgovarajuće mjere zaštite životne sredine na osnovu navedenih mogućih uticaja.

7. Literatura

- [1] Zakon o uređenju prostora i izgradnji objekata („Sl. list CG“, br. 51/08).
- [2] Zakon o životnoj sredini („Sl. list CG“, br. 48/08, 40/10 i 40/11).
- [3] Zakon o zaštiti prirode („Sl. list RCG“, br. 51/08, 21/09 i 40/11).
- [4] Zakon o vodama („Sl. list RCG“, br. 27/07, 32/11 i 47/11).
- [5] Zakon o upravljanju otpadom („Sl. list CG“, br. 64/11).
- [6] Pravilnik o kvalitetu i sanitarno-tehničkim uslovima za ispuštanje otpadnih voda u recipijent i javnu kanalizaciju, načinu i postupku ispitivanja kvaliteta otpadnih voda, minimalnom broju ispitivanja i sadržaju izvještaja o utvrđenom kvalitetu otpadnih voda („Sl. list CG“, 45/08, 9/10 i 26/12).
- [7] Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda („Sl. list CG“, br. 2/07).

POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SA DEPONIJE ČVRSTOG KOMUNALNOG OTPADA „DOLOVO“ – PANČEVO

WASTE WATER TREATMENT PLANT FROM MUNICIPAL SOLID WASTE DUMPSITES „DOLOVO“ – PANCEVO

MIROSLAVA ĐORĐEVIĆ¹, UROŠ TOPALOVIĆ²

Rezime: Preduzeće „Ekolog“ je projektovalo i izvelo PPOV deponije „Dolovo“. Tip postrojenja je Aeraciona laguna, a u procesu prečišćavanja se koristi tzv. WOX sistem što je skraćenica za WAVE OXYDATION, tj. oksidacija u talasima. Stvara se oxic i anoxic zona. Prednosti postrojenja: Velika fleksibilnost na promene dotoka i kvaliteta vode; Minimalni investicioni i eksploatacioni troškovi; Laka i brza izgradnja postrojenja

Ključne reči: Prečišćavane procednih voda sa tela deponije

Abstract: „Ekolog“ company designed and build WWTP of dumpsites „Dolovo“. Tipe of the plant is Aerated lagoon, and water treatment process technology in use is WOX system, this is shor acronym for WAVE OXIDATION. It creates oxic and anoxic zones.

Benefits of plants: Great flexibility in variations of inflow quantity and water quality: Minimum costs for investment and operating costs; Easy and fast constructions of the plants

Key words: waste water treatment plant from dumpsites

1. Uvod

Pri odlaganju otpada na sanitarnu deponiju stvara se heterogena smeša otpada i to: komunalnog, industrijskog neopasnog i inertnog otpada. Voda koja se stvara i prodire u telo deponije potiče od atmosferskih voda, tečnih supstanci prisutnih u samom materijalu i perkolacija vode kroz završni, pokrivni sloj deponije.

Na novoj regionalnoj deponiji „Dolovo“ otpadne vode potiču od:

- Pranja vozila za dovod smeća
- Dotoka vode sa betonskog platoa
- Procednih voda sa tela deponije

¹ Miroslava Đorđević, dipl.inž. teh, „Ekolog“ doo, Mickijevićeva 4, Beograd

² Uroš Topalović, dipl.inž. teh, „Ekolog“ doo, Mickijevićeva 4, Beograd

Glavni emiser zagađenja je procedna voda sa tela deponije. Očekuje se da kvalitet vode jako varira u zavisnosti od starosti deponije, vrste otpada, količine atmosferskih padavina, godišnjeg doba, temperature i drugih faktora. Karakteristike voda sa deponije su:

- visoke koncentracije organskih materija (BPK₅),
- neorgansko opterećenje,
- moguće prisustvo visoko patogenih bakterija i virusa.

Očekivane ulazne veličine procednih otpadnih voda sa tela deponije „Dolovo“ su:

- Q_{sr} = 273 m³/dan
- Q_{max} = 838 m³/dan
- BPK₅ = 2000 – 30 000 mg/l
- HPK = 3000 – 60 000 mg/l
- pH = 5,5 – 7,5
- Suspendovane materije = 200 - 2000 mg/l

2. Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda

Preduzeće „Ekolog“ je projektovalo i izvelo PPOV deponije „Dolovo“. Prva faza je izvedena i postrojenje je pušteno u probni, funkcionalni rad, što ilustruju prikazane fotografije. Sama deponija još nije u funkciji, tako da otpadne vode nemaju puno, očekivano opterećenje. Pratio se funkcionalni rad postrojenja i količina rastvorenog kiseonika u vodi, što je osnovni uslov za biološku razgradnju prisutnih polutanata. Količina rastvorenog kiseonika u vodi je iznosila 7,5 mg/l pri temperaturi od 25°C, što je blisko maksimalnoj rastvorljivosti kiseonika na datoj temperaturi.

Postrojenje ima male eksploatacione troškove i energetski je efikasno. Potrošnja električne energije je 1,16 kWh po 1 m³ obrađene vode.

Montaža postrojenja je brza i laka i elektro-mašinska oprema i radovi, bez građevinskih radova, izvedeni su za 15 dana.

Tip postrojenja je Aeraciona laguna, a u procesu prečišćavanja se koristi tzv. WOX sistem što je skraćenica za WAVE OX~~Y~~DATION tj. oksidacija u talasima. To je dubinska aeracija izvedena pomoću fleksibilnih difuzora, što omogućava stvaranje oxic i anoxic zone.

Predviđena je izgradnja postrojenja u dve faze.

I (izvedena) faza sadrži:

- separator ulja i masti,
- mehanička rešetka,
- kompenzacioni bazen,
- aeraciona laguna, taložnik i bazen naknadne aeracije,
- pumpne stanice.

II faza predviđeno je da sadrži:

- biološka filtracija,
- UV dezinfekcija,
- kompletna automatizacija postrojenja.



Slika 1. Montaža aeracionog sistema na novoj deponiji "Dolovo"

3. Primenjeni tehnološki postupci sa opisom rada aeracione lagune po sistemu WAve OXYdation

Aeraciona laguna po principu pokretne dubinske aeracije sadrže sledeće tehnološke celine:

- aeracioni bazen,
- taložnik,
- bazen naknadne aeracije.

U kompresorskoj stanici montirana su tri niskopritisna kompresora od kojih su dva radna i jedan rezervni. Sistemom cevovoda koji je jednim delom oko kompresorske stanice nadzemni, a potom ukopan u nasip, a preko "S" komada vazduh se dovodi do laterala. Postoji sedam laterala. One plivaju po površini vode i na svakoj se nalazi sistem difuzora za ubacivanje vazduha u vodu. Difuzori su od gume sa jako sitnim perforacijama da bi mehurići vazduha bili što sitniji.

Na oba kraja laterala nalaze se ventili da bi neka od laterala mogla da se isključi i tako se obezbeđuje zona nitrifikacije i denitrifikacije.

Plivajući sistem aeracije se sastoji od plivajućeg, pokretnog sistema cevovoda koji je povezan fleksibilnim crevima sa difuzorima. Difuzori se nalaze na oko 50cm od dna lagune zahvaljujući opterećenju na njima koje im ne dozvoljava da isplivaju. Tačno izračunato opterećenje i elastični sistem nošenja, omogućava sporo kretanje celog sistema napred-nazad. Na taj način difuzori pri ubacivanju vazduha istovremeno ostvaruju transfer kiseonika i mešanje vode, koristeći istu energiju. Zahvaljujući kretanju difuzora u vodi, vodeni stub iznad difuzora koji se aeriše je 2-4 puta veće zapremine nego kod stacionarne aeracije. Samim tim je i efikasnost rastvaranja kiseonika u odnosu na zapreminu ubačenog vazduha znatno uvećana. Stacionarni sistem aeracije zahteva 30-50% više energije od pokretnog sistema za aeraciju iste zapremine vode. Pokretni sistem aeracije u korelaciji sa kosim stranama lagune u potpunosti isključuje taloženje aktivnog mulja u aeracionom bazenu.

Na kraju aeracione lagune nalazi se taložna zavesa koja na dnu ima proreze za prolaz muljne faze. U ovom, taložnom delu lagune dolazi do taloženja mulja, a izbistrena voda prelivom prelazi u bazen za naknadnu aeraciju. U taložnom delu aeracione lagune, iza taložne zavesa taloži se najveća količina mulja. Ovo je aktivni mulj. On se povremeno u toku dana muljnim pumpama vraća na početak procesa, da bi se poboljšao proces razgradnje organskih materija. Višak mulja koji se ne vraća na početak procesa drugom pumpom se odlaže na telo deponije.

Izbistrena voda iz aeracione lagune prelivom odlazi u bazen naknadne aeracije. Tamo se vrši naknadna aeracija sa dva mehanička aeratora.

Iz bazena naknadne aeracije prečišćena voda pumpama se izbacuje u recipijent – kanal (pripada II kategoriji vodotoka) ili se vraća na telo deponije.



Slika 2. Rad aeracione lagune po sistemu WAVE OXYDATION na deponiji «Dolovo»

4. Hemizam procesa

U procesu prečišćavanja se koristi takozvani WOX sistem što je skraćenica za WAVE OXYDATION, tj. oksidacija u talasima. Slobodni i pokretni aeratori stvaraju oxic i anoxic zone.

Dubinskom aeracijom vode pomoću niskopritisnih kompresora u bezenu aeracije stvara se aktivni mulj.

Aktivni mulj je složen kompleks mikroorganizama raznih grupa (bakterija, gljiva, protozoa) i nekih metazoa, koje vrše biohemijsku oksidaciju organskih materija trošeći rastvoreni kiseonik.

Ovi mikroorganizmi se dele na razlagače i potrošače.

Razlagači su odgovorni za biohemijsku razgradnju zagađujućih supstanci u otpadnoj vodi. Tu spadaju: bakterije, gljive i cijanobakterije. Oko 95% aktivnog mulja je formirano od razlagača.

Potrošači su organizmi koji koriste bakterije i druge mikrobne ćelije kao hranu, a takođe se hrane i koloidnim rastvorenim materijama kao i čvrstim materijama. Ovu grupu čine protozoe i metazoe.

Potrošači su veoma bitni za smanjenje ukupne količine mulja nastalog usled prekomernog povećanja kolonije razlagača.

Sušтина WOX sistema je naizmenično stvaranje zona nitrifikacije i denitrifikacije.

U nitrifikaciji učestvuju AUTOTROFNE bakterije: Nitrosomonas i Nitrobakter.

Nitrifikacijom (u aerobnoj fazi) azot se ne uklanja, već samo prevodi, oksiduje, u pogodan oblik nitrata koji se iz otpadne vode uklanjaju biološkim procesom denitrifikacije.

Nitrosomonas bakterija oksidacijom prevodi amonijačni azot (NH_4^+) u nitritni azot (NO_2^-).

Bakterija Nitrobakter nastavlja oksidaciju nitrita do zadnje faze tj. nitrata (NO_3^-).

Proces denitrifikacije ne zahteva posebnu vrstu bakterija. Tu učestvuju razne bakterije kao što su: Bacillus, Aerobacter, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas, Spirillum i druge.

Proces denitrifikacije se odigrava kada se u vodi nalazi veoma malo ili nimalo rastvorenog kiseonika. U aerobnoj sredini kiseonik je najveći akceptor elektrona, tako da je on odličan oksidant i brzo se troši. Ukoliko obezbedimo zonu u kojoj nema dovoljno rastvorenog kiseonika, kao što je to anaerobna sredina, sledeći najveći akceptori elektrona su upravo nitrati, pre fosfatnih ili sulfatnih jona. Organsko zagađenje je tu zadnji primalac elektrona. Zato nitrati gube kiseonik, ponašaju se kao oksidanti, kiseonik se troši iz jedinjenja, koji koristi mulj ili se troši na oksidaciju organskog zagađenja sve dok ne dodju u oblik molekuskog azota N_2 kao prirodnog gasa.

5. Zaključak

Izvedeno je i pušteno u probni, funkcionalan rad postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda na novoj regionalnoj deponiji «Dolovo» u Pančevu. Sama deponija još uvek nije u funkciji, još uvek se ne odlaže smeće u nju, tako da procedne vode ne sadrže puno opterećenje.

Dobre karakteristike postrojenja i same opreme su došle do izražaja pri ekstremnim temperaturnim uslovima rada postrojenja kada su vršene funkcionalne probe (izuzetno niske i izuzetno visoke temperature). Osnovne karakteristike postrojenja su:

- Laka i brza izgradnja postrojenja (montaža elektro-mašinske opreme izvršena je za 15 dana).
- Minimalni investicioni troškovi samom činjenicom da nema betonskih bazena i maksimalno smanjenje ugrađene mašinske opreme.
- Minimalni troškovi održavanja (potrošnja električne energije 1,16 kW po m³ obrađene vode).
- Jednostavno upravljanje i održavanje postrojenja.
- Velika fleksibilnost na promene dotoka i kvaliteta vode. Velika zapremina postrojenja mu omogućava da lako apsorbuje velike varijacije u dotoku vode.
- Mogućnost nesmetanog rada pri ekstremnim vremenskim uslovima (temperature od -30⁰ C do + 40⁰ C).
- Očekuje se izuzetno visok stepen redukcije prisutnih polutanata u procednoj vodi deponije sobzirom na dobar unos kiseonika (količina rastvorenog kiseonika u vodi je iznosila 7,5 mg/l pri temperaturi od 25⁰C) i dugo vreme zadržavanja vode u lagunama. U narednim radovima će se dati komparativni rezultati kvaliteta prečišćene vode kada deponija počne sa radom.

6. Literatura

- [1] Ron Crites, George Tchbanoglous, Small and Decentralized Wastewater Management Systems, 1998
- [2] Shun Dar Lin, Water and wastewater calculation manual, 2007

PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA IZ FARMACEUTSKE INDUSTRIJE

INDUSTRIAL WASTE WATER TREATMENT FROM FARMACEUTICAL INDUSTRY

MIROSLAVA ĐORĐEVIĆ¹, UROŠ TOPALOVIĆ²,
SVETLANA ČUPIĆ³, DRAGAN MARJANOVIĆ⁴

Rezime: U cilju određivanja tehnologije prečišćavanja tehnoloških otpadnih voda iz fabrike Hemofarm d.o.o u Šapcu vršena su laboratorijska istraživanja i izrada projekta postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Recipijent je otvoreni vodotok, reka Sava. Na osnovu dobijenih eksperimentalnih rezultata predviđeno je postrojenje koje sadrži sledeće tehnološke postupke: Unapređena UV oksidacija sa vodonik peroksidom (AOP).

Primenom ovih postupaka opasne, toksične supstance su degradirane i snižen je HPK na ispod 150 mg/l.

Ključne reči: AOX, unapređena UV oksidacija

Abstract: In order to determine the treatment technology of wastewater from the factory Hemofarm d.o.o. Šabac were performed laboratory research and developed project facilities for wastewater treatment. Recipient is open watercourse, river Sava. Based on the obtained experimental results it is planned facility that includes the following technological processes: Advanced UV oxidation with hydrogen-peroxide (AOP).

Using these methods hazardous, toxic substances are degraded and COD is reduced under 150 mg/l.

Key words: AOX, Advanced oxidation system

1. Uvod

U fabrici "HEMOFARM" doo u Šapcu. nastaju otpadne vode pri pranju tehnološke opreme i podova u pogonima za proizvodnju farmaceutskih proizvoda, koje se sakupljaju i odvođe separatnom kanalizacijom do crpne stanice, odakle se prepumpavaju u reku Savu. Dakle recipijent je otvoreni vodotok, reka Sava.

¹Miroslava Đorđević dipl. inž. teh, "EKOLOG" Preduzeće za projektovanje, inženjering i proizvodnju opreme za tretman voda, Vele Nigrinove 16, Beograd

²Uroš Topalović, dipl. inž. teh, "EKOLOG" Preduzeće za projektovanje, inženjering i proizvodnju opreme za tretman voda, Vele Nigrinove 16, Beograd

³Svetlana Čupić dipl. inž. teh, Institut za nuklearne nauke "Vinča, Laboratorija za hemijsku dinamiku, Beograd

⁴Dragan Marjanović, dipl. inž. el, Institut za nuklearne nauke "Vinča, Laboratorija za hemijsku dinamiku, Beograd

U otpadnoj vodi se nalaze mnoge aktivne supstance (antibiotici, sedativi, analgetici i drugi lekovi) koji imaju štetno dejstvo na životnu sredinu ekosisteme, resurse vode za piće, ljudsko zdravlje. Sadržaj ovih jedinjenja nije zakonski regulisan, već se ona prate kroz opšte parametre kao što su HPK, BPK₅ i dr. Ipak imajući u vidu njihovo štetno dejstvo, pri određivanju tehnologije prečišćavanja otpadnih voda vodili smo se osnovnom idejom da sve opasne materije treba degradirati, razoriti i prevesti u manje molekule koji nisu toksični i koji se nesmetano mogu ispustiti u životnu sredinu.

2. Zadatak i cilj projekta

Kao posledica proizvodnje velikog i raznolikog asortimana farmaceutskih proizvoda koji se proizvode u fabrici lekova, tehnološke otpadne vode su praktično svakog dana različitog kvalitativnog sastava i u njima su prisutne različite aktivne supstance. Neke od njih su: Ranitidin, Propafenon, Pipemidinska kiselina, Klindamicin, Izosorbid 5-mononitrat, Povidon-Jod, Heparin natrijum, Izosorbid 5-mononitrat, Ranitidin, Klotrimazol, cink-histidin, Azitromicin, Ciprofloksacin, Indapamid, Cimetidin, Duloksetin, Kaptopril, Heparin natrijum i druge.

Ove supstance ukazuju na neophodnost njihove degradacije pre ispuštanja u otvoreni vodotok, imajući u vidu njihovu toksičnost, izuzetno negativan uticaj na ekosisteme kao i na resurse vode za piće.

Zbog toga je bilo potrebno naći postupak koji će obezbediti degradaciju širokog spektra različitih toksičnih supstanci. Postupak je morao biti agresivan, neselektivan, postupak koji će praktično razoriti i u potpunosti degradirati različite opasne supstance. Po zahtevu Investitora, radi smanjenja eksploatacionih troškova i evidentnih teškoća pri odlaganju opasnog otpada, postrojenje nije trebalo da stvara talog, niti da se u tehnologiji prečišćavanja koriste apsorpcioni medijumi, koji bi posle primene bili deklarirani kao opasan otpad.

Jednostavno zahtev je bio da se pronađe tehnologija iza koje ne ostaje opasan otpad, a kvalitet prečišćene vode treba da bude u skladu sa pozitivnom zakonskom regulativom vezanu za ovu oblast (dakle u skladu sa strategijom utvrđenom odredbama Vodoprivredne osnove Srbije i u skladu sa odredbama Uredbe o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vodi i rokovima za njihovo dostizanje «Sl. Glasnik RS», br. 67/2011 i 48/2012, Uredbe o kategorizaciji vodotoka, Sl. glasnik SRS br. 5/68, Pravilnika o materijama koje se ne smeju unositi u vode Sl. Glasnik SRS, br. 31/82 i drugim).

Zato se pristupilo laboratorijskim istraživanjima. Urađen je laboratorijski pilot uređaj za prečišćavanje tehnoloških otpadnih voda. Za potrebe istraživanja Institut "VINČA" i preduzeće "EKOLOG" iz Beograda izvršili su seriju uzorkovanja i laboratorijskog ispitivanja uzoraka. Tom prilikom primenjivani su različiti tehnološki postupci radi pronalaženja metoda koji će omogućiti sigurnu degradaciju toksičnih supstanci.

Na osnovu izvršenih laboratorijskih istraživanja, kojom prilikom su dobijeni pozitivni rezultati i verifikovana tehnologija prečišćavanja, preduzeće “EKOLOG” je izradilo Idejne projekte postrojenja za prečišćavanje tehnoloških otpadnih voda, koje nastaju u fabrici lekova “HEMOFARM” doo u Šabcu.

3. Laboratorijska istraživanja i dobijeni rezultati

Radi obavljanja laboratorijskih analiza i daljih istraživanja, uzimani su kompozitni uzorci na svakih sat vremena u toku 24 časa, danima kada je bila proizvodnja različitih farmaceutskih proizvoda. Ovde se ilustrativno prikazuju osnovni parametri kvaliteta ulazne vode.

Tabela 1. Rezultati analize ulazne otpadne vode

Parametri	Kompozitni Sirova voda uzorkovana 18.01.2013. Uzorak 1.	Kompozitni Sirova voda uzorkovana 11.03.2013. Uzorak 2.
Suvi ostatak nefiltrirane vode na 105°C, mg/l	1384,0	995
Suvi ostatak filtrirane vode na 105°C, mg/l	1347,0	954
Suspendovane materije, mg/l	37,0	41,0
pH vrednost	7,6	8,02
HPK, mg/l	1254	1032
BPK ₅ , mg/l	954	885
Potrošnja KMnO ₄ , mg/l	727,0	1316
Ukupni neorganski azot, mg/l	<0,1	<0,1
Ukupni fosfor, mg/l	2,95	1,96
Amonijum jon NH ₄ , mg/l	<0,1	<0,1
Nitrati, NO ₃ , mg/l	<0,1	<0,1
Nitriti, NO ₂ , mg/l	<0,01	<0,01
Hloridi, Cl ⁻ , mg/l	389,4	380,1
Fluoridi, F ⁻ , mg/l	-	20,35
TOC, mg/l	-	425

U cilju određivanja tehnologije prečišćavanja tehnoloških otpadnih voda, laboratorijska istraživanja su vršena uz primenu različitih postupaka i tretmana. Došlo se do sledećih rezultata i zaključaka:

- Klasičan postupak koagulacije i flokulacije snizio je HPK za oko 30% i aktivne supstance su ostale rastvorene u vodi, tako da je ovaj način prečišćavanja odmah odbačen kao neprihvatljiv.

- Adsorpcija na aktivnom uglju pri propuštanju kroz tri kolone sa malom brzinom filtracije je snizila HPK za 60%. Aktivni uglj se brzo zasatio, aktivne supstance su ostale u aktivnom uglju, koji je tako postao opasan otpad. Ova metoda u eksploataciji iziskuje velike troškove, pa je neprihvatljiva.
- Membranska filtracija u koncentratu ostavlja sve toksične supstance, samo se zapremina otpadne vode smanjuje, a koncentracija aktivnih supstanci se povećava. Ovaj tehnološki postupak bi morao da ima nakon membranske filtracije tehnološki tretman koji bi izvršio detoksikaciju i sniženje HPK u koncentratu.
- Biološki, konvecionalni postupak sa aktivnim muljem. S obzirom na svakodnevno različit hemijski sastav otpadnih voda, biološki tretman bez predtretmana nije pokazao smanjenje organskog sadržaja. Tek posle kratkotrajnog tretmana unapređenom UV oksidacijom, posle prvog stupnja razgradnje velikih organskih molekula, biološka degradacija organskih materija dubinskom aeracijom i uz stalno dodavanje aplikovanih aerobnih heterotrofa dala je rezultate. Ipak ovaj postupak je teško u operativnom smislu održati konstantno u funkcionalnom stanju.
- Unapređena UV oksidacija sa H_2O_2 je dala odlične rezultate. Izvršeni su laboratorijski opiti koji su pokazali da se HPK vrednost snizila za preko 90% i da je izvršena potpuna detoksikacija otpadne vode. Toksične supstance su degradirane, tako što su razoreni benzolovi prstenovi i pocepani veliki organski molekuli. Primenom ovog tretmana nema taloga, a samim tim ni opasnog otpada. Ukoliko je potrebno produžetkom vremena reakcije vrednosti HPK i TOC se mogu dalje sniziti uz odgovarajući opseg talasne dužine UV zračenja.

4. Unapređena UV oksidacija sa vodonik peroksidom

Laboratorijski opiti vršeni su na laboratorijskom pilot uređaju koji se sastoji od tri reaktora sa UV lampama. Cirkulaciona pumpa redno snabdeva otpadnom vodom jedan po jedan reaktor. Ispred UV lampi vrši se doziranje vodonik peroksida i po potrebi kiseline, baze ili katalizatora.

Kada je definisana tehnologija koja ispunjava zadate kriterijume, dalja istraživanja vršena su u cilju određivanja bližeg definisanja reakcionih parametara unapređene UV oksidacije, doze vodonik peroksida i reakcionog vremena u funkciji temperature i pH vrednosti.

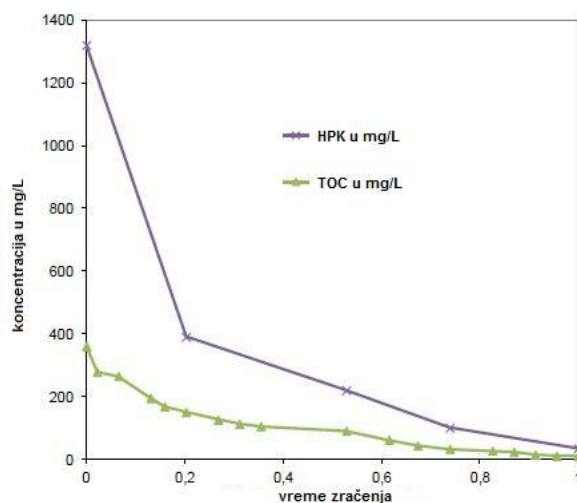
Pri rastu temperature otpadne vode reakciono vreme je eksponentijalno opadalo. U kiseloj sredini ima neznatnih skraćivanja vremena reakcije, pri čemu su dobijene iste vrednosti parametara tretirane vode.

Prikazani rezultati odnose se na reakciono vreme od 24 sata, dozu konc. H_2O_2 od 7 mg/L, i temperaturu vode od 36°C. Dobijen je uzorak čija je vrednost HPK iznosila 123 mg/L. Svi ostali parametri bili su u granicama dozvoljenih MDK. Produženjem

vremena reakcije vrednost HPK je pala na 35 mg/l. Laboratorijski testovi su pokazali da je za nisku koncentraciju HPK opseg talasne dužine UV zračenja veoma bitan.

Tabela 2. Rezultati analize vode posle tretmana

Parametri	Posle tretmana	MDK prema Uredbi sl. Glasnika RS br: 67/2011
Suvi ostatak nefiltrirane vode na 105°C, mg/l	-	-
Suvi ostatak filtrirane vode na 105°C, mg/l	-	-
Suspendovane materije, mg/l	-	-
pH vrednost	9,44	-
HPK, mg O ₂ /l	123	150 mgO ₂ /l
BPK ₅ , mg/l	-	-
Potrošnja KMnO ₄ , mg/l	72,7	-
Ukupni neorganički azot, mg/l	<0,1	50 mg/l
Ukupni fosfor, mg/l	1,49	2 mg/l
Amonijum jon NH ₄ , mg/l	<0,1	-
Nitrati, NO ₃ , mg/l	0,38	-
Nitriti, NO ₂ , mg/l	<0,01	-
Hloridi, Cl ⁻ , mg/l	288,7	-
Fluoridi, F ⁻ , mg/l	13,6	-
TOC, mg/l	18,6	-



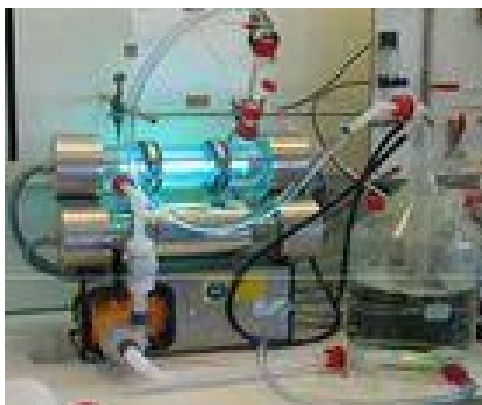
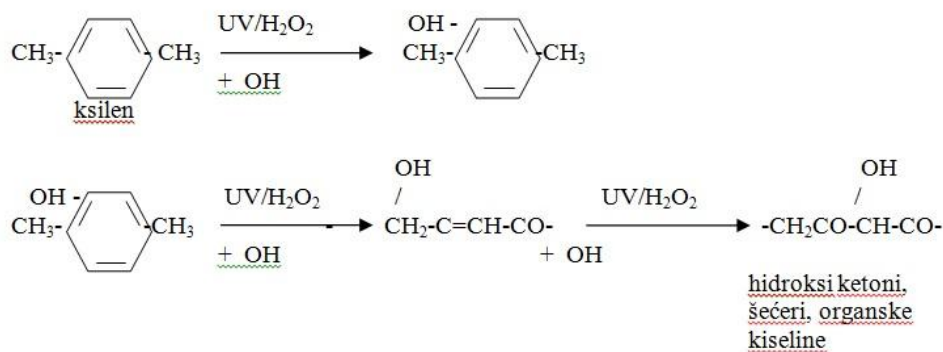
Dijagram 1. Snizenje vrednosti HPK i TOC kao rezultat tretmana otpadnih voda postupkom unapredene oksidacije sa H₂O₂

Oksidacija početnih struktura velikih organskih molekula vrši se na nekoliko načina. Pošto se organske materije degradiraju, TOC se smanjuje i organski ugljenik se oksidiše do CO₂. Promena odnosa HPK: TOC od karakterističnog 3:1, na blisku vrednost ukazuje na tok reakcije u toku tretmana. Sa produžetkom reakcije potrebno je manje kiseonika, pošto je ugljenik većim delom oksidisan.

Tabela 3. Relevantni analitički parametri tretmana

	Pre tretmana (t=0)	t=0,53	Posle tretmana (t=1)
TOC in mg/L	360	90	10
HPK in mg/L	1320	220	35

Primer razbijanja prstenaste strukture organskih molekula:



Slika 1. Laboratorijski pilot uređaj

5. Zaključak

Osnovna karakteristika tehnoloških otpadnih voda farmaceutske industrije “Hemofarm” u Šabcu je velika raznolikost aktivnih toksičnih supstanci u funkciji dnevne proizvodnje farmaceutskih proizvoda. Praktično svakodnevno u otpadnoj vodi su prisutne različite aktivne supstance koje imaju štetno dejstvo na životnu sredinu, ekosisteme, resurse vode za piće i ljudsko zdravlje. Sadržaj ovih jedinjenja u

otpadnim vodama nije zakonski regulisan, već se ona prate kroz opšte parametre kao što su HPK, BPK₅ i dr. Ipak imajući u vidu da su to opasne materije pri određivanju tehnologije prečišćavanja otpadnih voda, vodili smo se osnovnom idejom da pre svega treba izvršiti detoksikaciju otpadnih voda i da sve opasne materije treba degradirati i prevesti u manje molekule koji nisu toksični i koji se nesmetano mogu ispustiti u životnu sredinu. To je morala biti agresivna, neselektivna metoda koja će delovati na čitav spektar različitih štetnih organskih polutanata.

Laboratorijska istraživanja su pokazala da je primenom unapredene UV oksidacije sa H₂O₂ došlo do potpune detoksikacije otpadne vode i da su svi parametri u granicama MDK. Pravilnim odabirom reakcionih uslova kao što su: temperatura, reakciono vreme, doza H₂O₂, pH sredine, primena katalizatora i opseg talasne dužine UV zračenja, dobijene su vrednosti za TOC i HPK niže od zakonom zahtevanih maksimalno dozvoljenih koncentracija. Primenom ovog tretmana nema taloga, a samim tim ni opasnog otpada. Prečišćena voda se nesmetano može ispustiti u otvoreni vodotok.

Radi zaštite svih elemenata životne sredine i zdravlja ljudi potrebno je sve industrijske otpadne vode koje sadrže opasne materije tretirati tehnološkim postupcima koji obezbeđuju njihovu potpunu detoksikaciju. Ovo se odnosi i na slučajeve kada se one spuštaju u gradski kanalizacioni sistem i po opštim parametrima zadovoljavaju zakonsku regulativu.

6. Literatura

- [1] I. Michel, I. Rizzo, C. S. Mc Ardell, C. M. Manaia, C. Merlin, T. Schwartz, C. Dagot, D. Fatta Kassinos, *Wat. Res.*, 47, 2013
- [2] J. Rađenović, M. Petrović, D. Barcelo, *Wat. Res.*, 43, 2009
- [3] H. F. Shroder, W. Gebhardt, M. Thevis, *Anal. Bio. Chem.*, 2010
- [4] Council Directive 2000/60/EC, OJL327
- [5] Council Directive 2006/11/EC, OJL64
- [6] Council Directive 2008/105/EC, OJL348
- [7] Council Directive 2010/75/EU, OJL20

КВАНТИТАТИВНО-КВАЛИТАТИВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ ИЗ ПРОЦЕСА ПОЛИРАЊА ПОСУЂА

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE WASTEWATER FROM THE POLISHING PROCESS OF DISHES

ВЕЉКО ЂУКИЋ¹, СРЉАН ЂУКИЋ², ОГЊЕН ЂУКИЋ³

Резиме: У циљу смањења ризика технолошког процеса полирања посуђа на животну средину, врши се анализа и одређивање критичних мјеста с обзиром на минимизацију отпадних материја и ослобођене енергије, односно спријечавање деградације и угрожавања животне средине. Анализа се врши у односу на улазне елементе технолошког процеса и излазне елементе (карактеристичне облике отпадне материје), на основу чега се врши процјена утицаја на животну средину. На основу тога доноси се закључак да ли је потребно извршити реализацију технолошког процеса или примјенити неке друге мјере, као нпр. третман отпадних вода или других загађујућих материја.

Имајући у виду квалитет отпадних вода које се продукују у процесу прања и одмашћивања посуђа израђеног од високо квалитетног Cr и Ni челика може се закључити да је ове отпадне воде неопходно пречистити физичко-хемијском методама које обезбјеђују добијање такве воде која се може испустити у градски колектор, без посљедица по канализациони систем.

Кључне ријечи: карактеристике отпадне воде, полирање посуђа

Abstract: To reduce the risk of technological process of polishing dishes on the environment, performed the analysis and determination of critical points with respect to the minimization of waste and energy released, or prevent degradation and environmental threats. The analysis is carried out in relation to the inputs of the technological process and output elements (characteristic forms of waste materials), based on which the estimate of the impact on the environment. On the basis of this decision is the conclusion that it is necessary to the realization of the technological process and apply other measures, such as. wastewater or other pollutants.

¹ проф. др сц. Вељко Ђукић, Паневропски универзитет АПЕИРОН, Пере Креце 13, Бања Лука.

² Срђан Ђукић, дипл.инж, Паневропски универзитет АПЕИРОН, Пере Креце 13, Бања Лука.

³ Огњен Ђукић, студент, Универзитет у Бања Луци, Електротехнички факултет, Патре 5, Бања Лука.

Bearing in mind the quality of the waste water that is produced by the process of washing and degreasing dishes made of high quality Cr and Ni steels can be concluded that these wastewaters necessary to purify the physical-chemical methods which ensure obtaining such water can be discharged into the municipal collector, without any consequences on sewerage system.

Key words: characteristics of the wastewater, polishing dishes

1. Увод

Отпадне воде из индустрије, градске, воде које настају у пољопривреди, при коришћењу земљишта, енергетици, саобраћају, телекомуникацијама, туризму, инфраструктурним системима, управљању отпадом, управљању водама и др. садрже штетне супстанце које мијењају квалитет воде. Наведене радне активности код нас и у свијету, представљају или могу да представљају потенцијалну опасност за људе и животну средину. Да би се потенцијална опасност умањила или ограничила, ЕУ је донијела законе-правила у оквиру низа „обавезујућих смјерница”. Све директиве у области заштите вода имају исти циљ: прописивање минималних услова за достизање и очување доброг статуса воде и спровођење мјера контроле емисије, чиме се побољшава статус еко-система зависних од воде и осигурава одрживо коришћење воде засновано на дугорочној заштити расположивих водних ресурса [1].

Пречишћавање отпадних вода из процеса полирања посуђа представља једну од најрационалнијих мјера у домену заштите вода од загађења. Зато је један од најважнијих задатака при процесу полирања посуђа утврдити квантитативно-квалитативне карактеристике отпадне воде на основу којих предложити функционално постројење за пречишћавање истих [2].

2. Карактеристике процеса полирања посуђа

У посматраном производном погону врши се полирање посуђа урађеног од нерђајућег челика Cr–Ni 1810. Полирање се обавља одговарајућим дисковима за полирање који су израђени на бази памучних или вунених влакана односно влакана сисала и челичних влакана. У поступку полирања као додатно средство користе се одговарајуће абразионе пасте.

Послије полирања посуђе се пере у проточном тунелу за прање у следећим фазама:

1. Прво прање раствором топле воде температуре 60–70°C и детергента Мерипул цеп (произвођача Мерима Крушевац) концентрације 1-2%. Раствор воде и детергента се узима из каде запремине 2.300 литара, упућује се на млазнице а послије прања се враћа у исту каду.

Ради испаравања воде врши се повремено допуна каде и додавање детергента. Испуштање и замјена воде се врши у просјеку сваких 20 дана и тада се испусти око:

$$2,5 \text{ m}^3 + 1 \text{ m}^3 \text{ (за прање каде)} = 3,5 \text{ m}^3$$

2. Fino прање раствором топле воде температуре 60–70°C и детерџента Мерипул цеп. Раствор воде и детерџента се узима из каде запремине 1.150 литара, упућује се на млазнице а после прања се враћа у исту каду.

Ради испаравања воде врши се повремено допуна каде и додавање детерџента. Испуштање и замјена воде се врши у просјеку сваких 20 дана.

3. Прво испирање пречишћеном хладном водом.

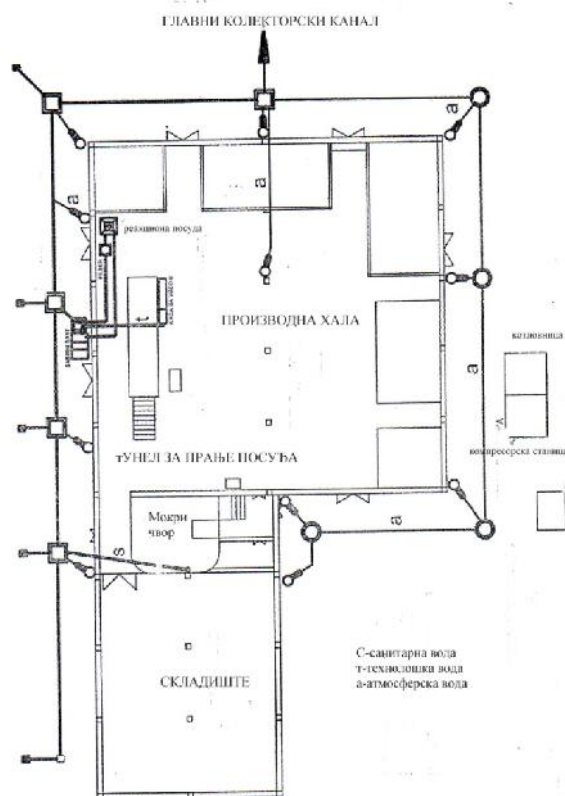
4. Друго испирање пречишћеном хладном водом.

5. Испирање пречишћеном деминерализованом водом. Пречишћавање улазне воде из градске мреже врши се на постројењу реверзне осмозе.

6. Сушење на температури 120°C.

Резиме: Измјена воде је дисконтинуирана. Просјечно после сваких 20 радних дана се испусти око 4-5 m³, тј. запремина посуде за прихватање испуштене отпадне воде треба прихватити ову количину воде.

На слици 1 је дат систем цјевовода за одвод отпадних вода.



Слика 1. Схематски приказ цјевовода за одвод отпадних технолошких вода

3. Квантитативно квалитативне карактеристике отпадних вода

У погледу квалитета отпадне воде из процеса полирања посуђа представљају концентроване отпадне воде и с обзиром да шаржно и периодично настају тако их треба и третирати. Имајући у виду да се користе двадесет дана у процесу прања и да се рециркулирају у затвореном систему оне се користе до потпуног засићења, када више не дају ефекте прања и одмашћивања. Потребно је нагласити да се у току описаног процеса прања врши дјелимична допуна система чистом водом за настале губитке у процесу испаравања и дјелимичног одношења воде на посуђу.

Основно загађење које у себи носе ове отпадне воде су од средства за прање, као и од пасте којом се врши процес полирања.

У првом моменту када се воде испуштају из када у канализацију имају температуру од 60-70°C, рН вриједност ових отпадних вода се креће у граници од 10-11, што потиче од присутног детерџента.

Исто тако имају веома повећани садржај укупних суспендованих материја, (740-1200 mg/L), које се налазе у лебдећем стању као и садржај масти, (200-380 mg/L) које потичу управо од полир пасте.

Повећана концентрација фосфора, (90-138 mg/L), потиче из присутног детерџента који се налази у вишку и креће се максимално до цца 7800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ што се односи на концентрацију у двије прве каде не рачунајући на фактор разблажења од испирања након прањења истих.

Према расположивим физичко-хемијским анализама није примјећена повећана концентрација тешких метала изузев јона никла, (190 226 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), што је разумљиво с обзиром да се обрађује посуђе израђено од Cr и Ni челика.

3.1. Анализа отпадних вода прије уградње система за прочишћавање

Опис и начин мјерења

Радни капацитет у фабрици полирања посуђа за вријеме испитивања износио је 800 комада металног посуђа. Потрошња свјеже воде установљена је читавањем са бројила и износила је 14,00 m^3 .

Ради одређивања ЕБС-а узимани су тренутни узорци сваких 15 минута на слиједећим мјестима:

- Из каде отпадне воде првог прања означеним са М-М1.
- Из каде отпадне воде финог прања означеним са М-М2.
- У шахту збирног колектора послје мјешања санитарних, технолошких и оборинских вода а прије одвода у градску канализацију означеним са М-М3.

Количина отпадне воде у кади првог прања износила је 2,3 m^3 количина отпадне воде у кади финог прања износила је 1,15 m^3 Количина осталих отпадних вода добијена је из разлике количине потрошње свјеже воде и количина отпадне воде из када за прање. Иста је износила 10,55 m^3 .

ЕБС је израчунат и приказан посебно за свако од три мјеста, а укупни ЕБС добијен је збрајањем појединачних ЕБС-ова.

3.2. Узорак отпадних вода првог прања М-М1

Измјерене вриједности потребних параметара:

- проток: 2,3 m³/дан,
- температура: 720С,
- суспендоване материје: 1203 g/m³,
- ХПК: 9328 g/m³,
- БПК5: 505 g/m³
- укупни Н: 7,4 g/m³,
- укупни П: 138,5 g/m³,
- 48hEC50: 0,66 %.

ЕБС утврђен на дан мјерења: **ЕБС= 732,61**

3.3. Узорак отпадних вода финог прања М-М 2

Измјерене вриједности потребних параметара:

- проток: 1,15 m³/дан,
- температура: 690С,
- суспендоване материје: 740 g/m³,
- ХПК: 1992 g/m³,
- БПК5: 192 g/m³,
- укупни Н: 7 g/m³,
- укупни П: 90 g/m³,
- 48hEC50: 3,07%.

ЕБС утврђен на дан мјерења: **ЕБС= 113,75**

3.3. Узорак отпадних вода збирног колектора М-М3

измјерене вриједности потребних параметара:

- проток: 10,55 m³/дан,
- температура: 4°С,
- суспендоване материје: 146 g/m³,
- ХПК: 76 g/m³,
- БПК5: 37 g/m³,
- укупни Н: 6,3 g/m³,
- укупни П: 18,2 g/m³,
- 48hEC50: није токсично.

ЕБС утврђен на дан мјерења: **ЕБС= 129,54**

3.4. Укупан ЕБС у процесу полирања посуђа

$$\Sigma \text{ЕБС} = \text{ЕБС}_{\text{М-М}_1} + \text{ЕБС}_{\text{М-М}_2} + \text{ЕБС}_{\text{М-М}_3} = 732.61 + 113.75 + 129.54$$

$$\Sigma \text{ЕБС} = 975,9$$

Планирани дневни капацитет производње у 2014 години: 800 комада металног посуђа. Прерачун ЕБС-а на планирану производњу у 2014 години:

$$\text{ЕБС}_{\text{(годишње)}} = (1000/800) \times 975,9 = 1220$$

4. Закључак

На првом и фином прању регистрована су енормна одступања од дозвољених параметара квалитета воде: температура, укупно суспендоване материје, укупни фосфор, масти и уља, детергент и токсичност.

На збирном колектору од дозвољених параметара квалитета одступају укупни фосфор и детергенти.

Обзиром да је проток отпадне воде 17,45 m³/дан и да је иста јако токсична, фабрика за полирање посуђа је обавезна да према Правилнику о условима испуштања отпадних вода у јавну канализацију врши испитивање отпадних вода 4 (четири) пута годишње[5].

Имајући у виду квалитет отпадних вода које се продукују у процесу прања и одмашћивања посуђа израђеног од високо квалитетног Сг и Ni челика може се закључити да је наведене отпадне воде неопходно пречистити физичко-хемијском методама које обезбјеђују добијање воде која се може испустити у градски колектор, без последица по канализациони систем, како у погледу физичког тако и у погледу хемијског дјеловања [3].

5. Литература

- [1] Ђукић В, Основни заштите животне средине, Паневропски Универзитет Апеирон Бања Лука, 2008.
- [2] Ђукић В, Управљање отпадним водама, Паневропски Универзитет Апеирон Бања Лука, 2008.
- [3] Хајрудин С, Процеси обраде отпадних вода, ЈУ Јавна Библиотека Лукавац, 2002.
- [4] Љубисављевић Д., Ђукић А., Бранислав Б, Пречишћавање отпадних вода, Грађевински факултет Београд, 2004.
- [5] Правилник о условима испуштања отпадних вода у јавну канализацију („Службени гласник Републике Српске”, број:44/01)

THERMAL TREATMENT OF SEWAGE SLUDGE – ONE OF POSSIBLE DISPOSAL METHODS

TERMIČKI TRETMAN KANALIZACIONOG MULJA - JEDAN OD MOGUĆIH METODA ODLAGANJA

FILIP KOKALJ¹, NIKO SAMEC²

Abstract: Waste water treatment is a standard process in developed countries. It is intended to minimize the influence of waste water on environment.

The treatment process produces various remains that are generally called sewage sludge. In general the remaining material is physically treated to dewater the sludge to reduce the volume and mass before disposal. The sludge has around 25% of dry solids.

The chemical and physical properties of the sludge have to be monitored to determine correct method of disposal. If sludge contains higher concentrations of heavy metals the only method for the disposal is thermal treatment.

This article will present possible technologies for sludge thermal treatment and the experience of Slovene waste thermal treatment plant that incinerates sewage sludge (SS).

Key words: waste water treatment, sewage sludge, heavy metals, waste incineration, greenhouse gases, disposal

Rezime: Prečišćavanje otpadnih voda je standardni proces u razvijenim zemljama. Namjera je da se minimizira uticaj otpadnih voda na životnu sredinu. Ovaj proces proizvodi razne ostatke koji se uglavnom nazivaju muljem. Generalno, preostali materijal fizički tretira mulja da bi se smanjila zapremina ili masa pre odlaganja. Mulj ima oko 25% suve materije. Hemijske i fizičke osobine mulja se moraju pratiti da se utvrdio tačan metod odlaganja. Ako mulj sadrži veće koncentracije teških metala jedini metod za odlaganje je termički tretman ovaj članak će predstaviti moguće tehnologije za termički tretman mulja i iskustva slovenačkog termičkog tretmana otpada (SS).

Ključne reči: prečišćavanje otpadnih voda, kanalizacioni mulj, teški metali, spaljivanje otpada, efekat staklene bašte, odlaganje

¹ dr Filip Kokalj, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Smetanova 17, Maribor

² prof. dr Niko Samec, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Smetanova 17, Maribor

1. Introduction

The sewage sludge differs in composition based on its treatment stage:

- primary (physical) treatment process sewage sludge,
- secondary (biological) treatment process sewage sludge,
- tertiary treatment process sewage sludge.

Different sludge types have different pollution levels especially in terms on heavy metals. If the waste water originates from industry these pollution levels are generally higher. There are also other biological, physical and chemical parameters that need to be monitored before taking final decision on methods for disposal.

In the past easiest disposal process was the sludge deposition on fields and lawns. This waste material has long time been regarded as a fertilizer. Due to high organic, nitrogen, phosphorous and other micro elements content, desired for plants growth, it was very desired by farmers.

The legislation has limited the input concentration values of dangerous substances in soil [1] to avoid accumulation of heavy metals in the soil and transition into the plants thus into food circle.

The well-known method for treatment of sludge is digestion, either aerobic or anaerobic. The later produces biogas thus gas with appropriate calorific value for power and/or heat production. The remaining material, coming from digestion, changes only properties of organic part of the material, but not the inorganic part. This in turn means the concentration of heavy metals rises and it is less likely to be able to deposit the remaining material on fields and lawn.

One of the most expensive but safest methods for disposal of sludge is incineration or co-incineration. With this process the material is sanitized, volume and mass are reduced and the calorific value of the waste is utilized.

The energy utilization of waste is justified in energy and environmental sense. In doing so there must be met all legal requirements that define the process of waste incineration or rather called waste to energy process. [2] Heat generated can be used to produce power (electricity), hot water for heating and cool media for cooling residential areas or for the industrial process.

Incineration of waste in a centralized system of larger capacity is environmentally, technically and economically feasible, thus a solution for waste to energy at the regional or national (multi regional) level.

The average composition of Slovene dried SS is presented in tables 1 and 2. The values are in ranges as the compositions are different and strongly depend on the origin.

Table 1. Average chemical composition of organic part of dried SS

Element	Carbon	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Sulfur	Chlorine
Concentration [%]	25 - 50	2 - 7	10 - 25	2 - 6	0.2 - 2	0,1 - 1

Table 2. Heavy metals and organic pollutants in dried SS

Metal	Concentration [ppm]
Cadmium	2 – 1500
Copper	200 – 8000
Nickel	20 – 5000
Zinc	600 – 20000
Lead	50 – 3600
Mercury	0,2 – 18
Chromium	40 – 14000
Molybdenum	1 – 40
Arsenic	3 – 30
Selenium	1 – 10
Fluorine	60 – 40000
Organic pollutant	
PAH	0.01 – 50
PCB	0.2 – 10
Pesticides	0.1 – 10
PCDD/F	0 – 0.1

2. Technologies for thermal treatment of sewage sludge

Not only SS but also other wastes from the waste water treatment process (swim scum, screenings, and extracted fats) are often incinerated.

Depending on the technology the incineration plants are receiving partially dried sludge. The more dried SS requires less additional fuel than raw SS. The lower heating value (LHV) of the SS for auto thermal incineration lies above 6 MJ/kg. The LHV between 2.2 MJ/kg and 4.8 MJ/kg for SS are seen where raw material is treated.

The need for additional fuel can be reduced by the use of efficient internal energy recovery systems e.g. recovery of heat from flue-gases to heat incineration air and/or use of heat to provide for sludge drying. Used oil is the mainly used additional fuel in mono-sewage sludge incinerators. Heating oils, natural gas, coal, solvents, liquid and solid waste and contaminated air are also used.

Incinerators solely built for SS are generally designed and operated at temperatures between 850 and 950 °C. Temperatures below 850 °C are in conflict with legislation [2], while temperatures above 950 °C may result in ash fusion. Gas residence times of in excess of 2 seconds are commonly employed. The temperature level achieved during incineration depends mainly on the energy content and the amount of sewage sludge to be incinerated and on the atmospheric oxygen level.

Below will be described furnace systems function according to different process technologies. The furnace structure, design, and operational technology of the

incineration plant, the cleaning equipment, as well as the transport of different material flows, all have a significant influence on the resulting emissions.

2.1 Multiple hearth incinerators

Multiple hearth incinerators are mainly applied for the incineration of SS. The multiple hearth furnace (Figure 1) consists of a cylindrical lined steel jacket, horizontal layers, and a rotating sleeve shaft with attached agitating arms. The furnace is lined with refractory bricks. The number of trays for drying, incineration, and cooling is determined based on the SS characteristics. The multiple hearth furnace is also equipped with a start-up burner, sludge dosing mechanism, circulation-, sleeve shaft- and fresh air - blowers. Sewage sludge is fed at the top of the furnace and moves downwards through the different hearths countercurrent to the combustion air, which is fed at the bottom of the furnace and resulting hot flue gases. The upper hearths of the furnace provide a drying zone, where the sludge gives up moisture while the hot flue-gases are cooled. The incineration mainly takes place on the central hearths. The incineration temperature is limited to 980 °C, as above this temperature the sludge ash fusion temperature will be reached and clinker will be formed.

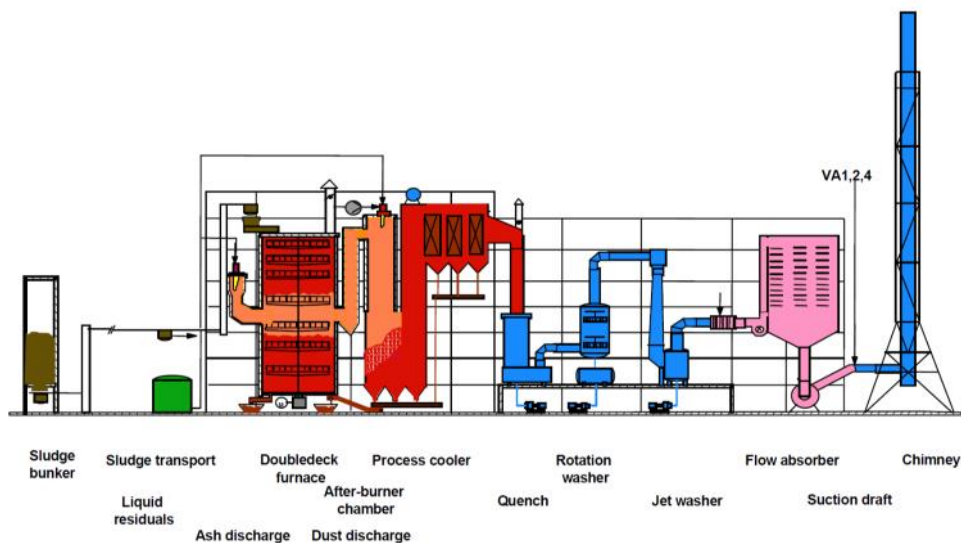


Figure 1. Example of a sewage sludge incineration plant with a multiple hearth furnace [5]

The conversion of organic sludge particles into CO₂ and H₂O occurs at temperatures between 850 and 950 °C. If the desired incineration temperature cannot be reached independently, a start-up burner is used for support incineration. As an alternative, solid auxiliary fuel can be added to the sludge. The ash is cooled to approximately 150 °C at the lower layers of the furnace with counter-flowing cool air and the ash is removed via the ash system. The flue-gas that is produced is fed through a post-reaction chamber with a guaranteed residence time of two seconds.

2.2. Rotary kiln incinerators

Rotary kilns are very robust and almost any waste, regardless of type and composition, can be incinerated. Operating temperatures of rotary kilns used for wastes range from around 500 °C (as a gasifier) to 1450 °C (as a high temperature ash melting kiln).

When used for conventional oxidative combustion, the temperature is above 850 °C. Generally the higher the operating temperature, the greater the risk of fouling and thermal stress damage to the refractory kiln lining.

The rotary kiln (Figure 2) consists of a cylindrical vessel slightly inclined on its horizontal axis. The vessel is usually located on rollers, allowing the kiln to rotate or oscillate around its axis. The waste is conveyed through the kiln by gravity as it rotates. The residence time of the solid material in the kiln is determined by the horizontal angle of the vessel and the rotation speed: a residence time of between 30 to 90 minutes is normally sufficient to achieve good SS burnout. Additional firing using liquid waste or additional fuel may be carried out to maintain the temperatures required to ensure the destruction of the waste being incinerated.

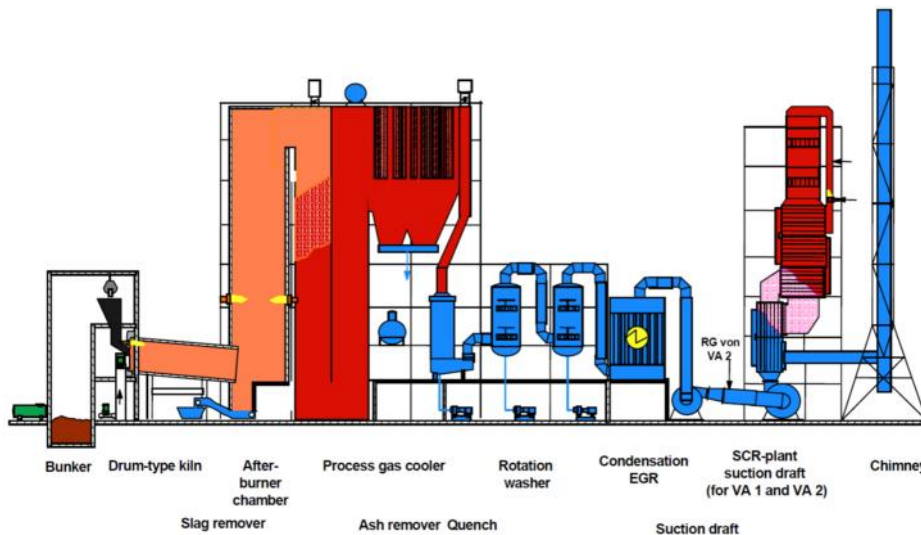


Figure 2. Rotary kiln (drum-type) incineration system [5]

2.3. Fluidized beds

Fluidized bed incinerators are widely applied for the incineration of finely divided wastes like refuse derived fuel (RDF) and SS. It has been used for decades, mainly for the combustion of homogeneous fuels. Among these are coal, raw lignite, sewage sludge, and biomass (e.g. wood). The fluidized bed incinerator (Figure 3) is a lined combustion chamber in the form of a vertical cylinder. In the lower section, a bed of inert material, (sand or ash) on a distribution plate is fluidized with air. The SS for incineration is continuously fed into the fluidized sand bed from the top or side. Preheated air is introduced into the combustion chamber via openings in the

bed-plate, forming a fluidized bed with the sand contained in the combustion chamber. The SS is fed to the reactor via a pump or a screw-tube conveyor. In the fluidized bed, drying, volatilization, ignition, and combustion take place. The temperature in the free space above the bed is between 850 and 950 °C. Above the fluidized bed material, the free board is designed to allow retention of the gases in a combustion zone. In the bed itself the temperature is lower, and may be around 650 °C or higher. Because of the well-mixed nature of the reactor, fluidized bed incineration systems generally have a uniform distribution of temperatures and oxygen, which results in stable operation.

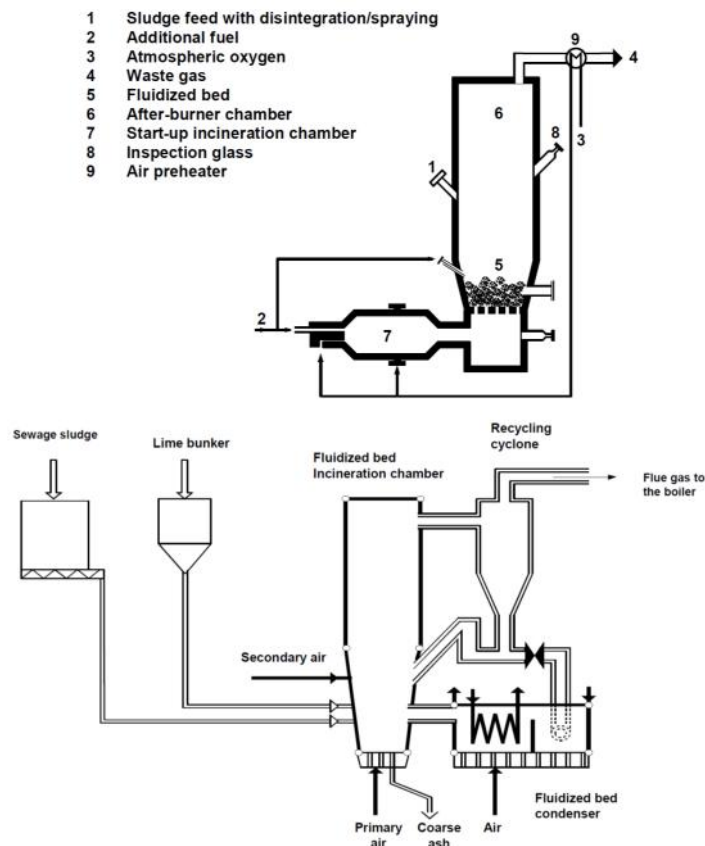


Figure 3. Schematic presentation of stationary/bubbling (left) and circulating (right) fluidized bed [5]

2.4. Grate furnaces

Grate furnace incinerators can be applied to treat all sorts of solid and pasty waste materials. The grate furnace (Figure 4) consists of a combustion chamber that has on the bottom gate system where incineration material lies and combusts. The furnace is lined with refractory bricks. The length and wide of the grate and the inclination must correspond to the desired power output and characteristics of the

incinerated material. The waste material and flue gases flow in furnace can be designed co-current or contra-current, depending on the humidity of the incinerated material. The upper furnace part ensures necessary residence time of at least 2 seconds at minimum of 850 °C.

Further down the flow of flue gases are positioned boiler and flue gas treatment systems. The boiler cools down the gases and transfers the heat to steam or hot oil, utilized in power and/or heat production. The cooled down gases enter generally multi stage flue gas treatment system that cleans the gases to the quality, set by legislation. [2]

For the startup procedure and if the desired incineration temperature cannot be reached independently, a start-up burner is used. In case of low LHV of incinerated material solid fuel can be added so that so that the mixture reaches necessary heating value for auto combustion with temperatures high enough and good solid fuel burn out.

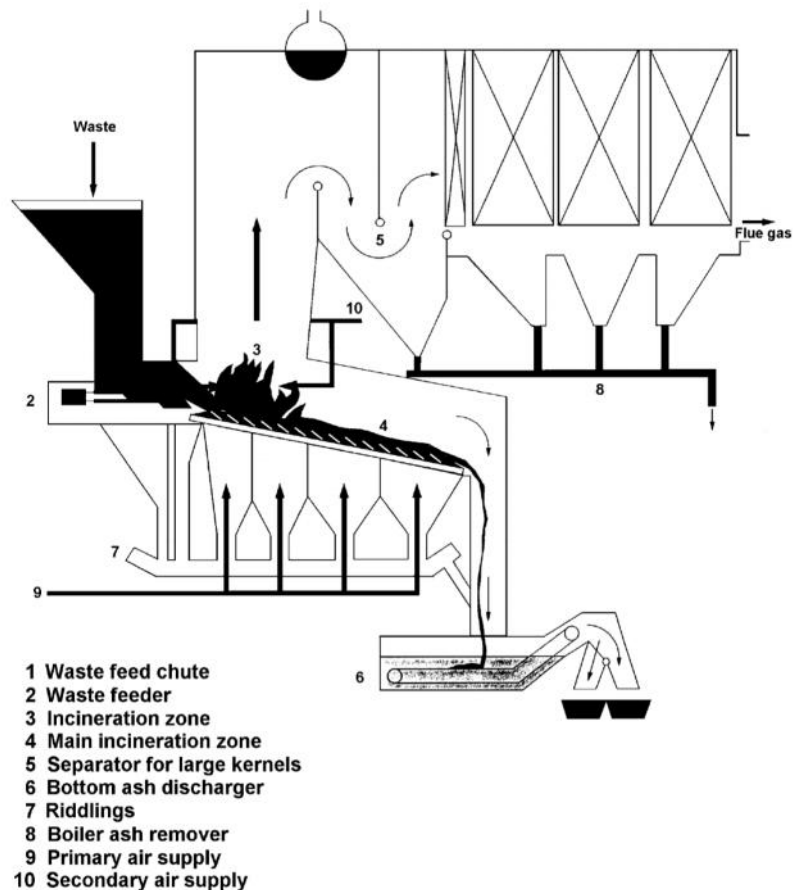


Figure 4. Grate furnace and boiler of waste incineration plant [5]

3. Case study – sewage sludge incineration at Celje Waste – to – Energy plant

The waste thermal treatment at the Celje Waste – to –energy (WtE) plant called Celje district heating plant serves for RDF and SS thermal treatment.

The technology applied enables energy utilization (the combined heat and power production - CHP) from a light fraction of municipal solid wastes following separate collection (RDF) and dried SS. RDF has according to European waste code system [4] the designation 19 12 10 and the SS has 19 08 05.

This light fraction, made up of paper, cardboard, plastic, foils, textile and wood was initially processed in the mechanical and biological treatment system.

The SS from the Celje waste water treatment plant is only mechanically dried. Both these material streams represent the energy source for the Celje WtE plant.

The main reasons for the decision on the construction of the Celje WtE plant were:

- energy utilization of waste to cover part of the energy needs in the city of Celje,
- meet the strict requirements regarding the biodegradable carbon content in waste disposed of in the landfill for non-hazardous waste after the year 2008 and
- sewage sludge disposal generated in the Celje waste water treatment plant.

The WtE process annually covers approximately 20,000 tons of previously treated and 5,000 tons of sludge from the municipal waste treatment plant waste with 30% of solids and heating value between 0 and 3 MJ/kg.

The thermal power of the plant is 15 MW with 2 MW of power produced. The power is supplied to the distribution network, while the heat energy is used in the district heating system for the city of Celje.

The plant is designed to operate 24 hours a day, 7 day a week and 8000 hours per year.

The waste thermal treatment process is conducted in the following stages:

- transport and dosage of waste and SS to the combustion chamber in a ratio of 1:4 (to RDF),
- the multi-step complete combustion of RDF and SS producing flue gases and ash,
- utilization (cooling) the flue gasses and production of super-heated steam for the combined production of heat and power,
- flue gas treatment.

On Figure 5 is the presentation of operation confirmed values and recalculated on full load operation of Celje WtE plant.

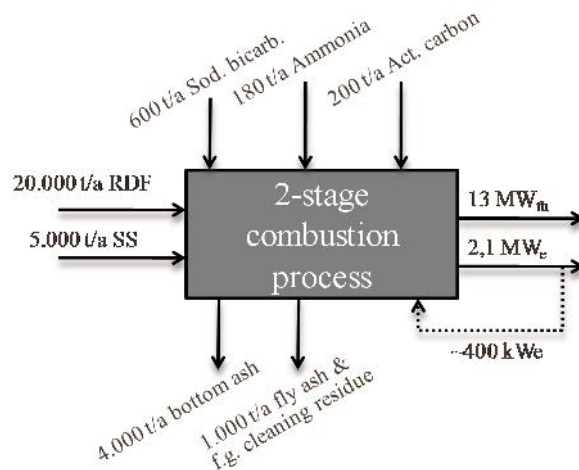


Figure 5. Schematic presentation of mass and energy flow in Celje WtE plant

Average sewage sludge composition analysis treated in Celje WtE plant is presented in the Table 3.

Table 3. The analysis results of sewage sludge from central waste water treatment plant.

Parameter	Result	Unit
water content	70 – 85	%
bearing residue (ash)	35 – 50	% *
heating value	9 – 16	MJ/kg*
nitrogen	1 – 6	% *
organic carbon	20 – 25	% *
hydrogen	3 – 4	% *
oxygen	25 – 45	% *
sulphur	0.5 - 1.0	% *
chlorine	0.1 - 0.3	% *
fluoride	90 – 120	mg/kg*

* The results refer to contain of components in dry matter at 105°C.

By using state-of-the-art technology all environmental, technical and economic requirements and stipulations of the Environment Protection Act and the implementing regulations, along with the directive on the incineration of waste [2] are met. The plant is regarded as IPPC plant and has this permit. [3]

Ash and slag from primary combustion chamber are not considered dangerous waste material, therefore are landfilled on local landfill site. Flue gas treatment residue contains increased quantities of metals and salts. It is therefore classified as dangerous waste. Its disposal is carried out by third parties authorized for export as there are no hazardous waste landfill sites in Slovenia.

4. Conclusion

SS is a waste and due to its organic part it can present a source of energy. The energy utilization is possible with the appropriate incineration techniques. Such techniques with additional systems can create power and heat or cold, which is distributed to the industry and/or citizens.

Utilization of SS in WtE plants means reducing greenhouse gas emissions, more rational management of energy and no ground and soil contamination with heavy metals.

Operational data in case of Celje WtE in last three years show the following positive effects:

- the total quantity of up to 5,000 tons per year can be effectively incinerated with no additional fossil fuel,
- the mixture of SS towards RDF is unproblematic with this system to the ratio 1 to 4 in mass units,
- the heat obtained from the incineration is used in the CHP production.

The produced heat is all year long used for the needs of the district heating in Celje. In winter season complete heat is consumed by district heating. The power is partially used for the facility's own consumption and the surplus is placed in the power distribution network.

5. Literature

- [1] Decree on the limit input concentration values of dangerous substances and fertilisers in soil (original: Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla), Official Gazette, Republic of Slovenia, no. 84/2005 in changes in Official Gazette no. 62/2008, 62/2008, 113/2009;
- [2] Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste; Official Journal L 332 , 28/12/2000 P. 0091 – 0111;
- [3] Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control, Official Journal L 24, 29/1/2008, P. 8–29;
- [4] Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives; Official Journal L 312, 22/11/2008 P. 0003 – 0030;
- [5] Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, Integrated Pollution Prevention and Control, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, August 2006.

ZAGAĐUJUĆE MATERIJE NA PODRUČJU SEMBERIJE

DEPOSITION (DRY) OF POLLUTANTS IN THE AREA SEMBERIJA

BOSILJKA STOJANOVIĆ¹, JOVAN ĐUKOVIĆ², MILADIN DROBNJAK³

Rezime: Zagađujuće materije emitovane u atmosferi se ponovo deponuju na zemljinu površinu kao suva ili mokra depozicija. Suve depozicije se procjenjuju modeliranjem. U ovom radu je procijenjena suva depozicija gasova SO₂, NO_x i jona NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄⁻², Na⁺, Mg⁺² i Ca⁺² u januaru i julu 2013. godine u Bijeljini i izračunat potencijal zakiseljavanja preko suve depozicije kiselih gasova i jona (PAI_(suva)).

Ključne riječi: suva depozicija, zagađujuće materije, imisije, zakiseljavanje

Abstract: Pollutants emitted into the atmosphere is again deposited on the ground as wet or dry deposition. Dry depositions are estimated by modeling. In this paper is estimated dry depositions of gases NO_x and ions NH₄⁺, NO₃⁻, SO₄⁻², Na⁺, Mg⁺² i Ca⁺² in January and i July 2013th in Bijeljina, and then is calculated potential of acidification by dry deposition of acid gases and ions (PAI_(dry)).

Key words: dry deposition, pollutants, imission, acidification

1. Uvod

Već nekoliko decenija je jasna spoznaja da je čovječanstvo, pored izvanrednih uspjeha u mnogim oblastima nauke i tehnologije, suočeno sa ugroženošću životne sredine. Posebno zabrinjavaju antropogene emisije polutanata u atmosferu u kojoj se odvijaju složene hemijske reakcije i dinamički procesi. Materije emitovane u atmosferu vremenom podliježu pojedinim transformacionim procesima, uz nastanak novih jedinjenja koja se zajedno sa originalno emitovanim materijama deponuju na zemljinu površinu. Ta depozicija se odvija bez učešća molekula vode (suva depozicija) ili sa učešćem molekula vode (mokra depozicija). To dovodi, pored fenomena čišćenja atmosphere, do pojedinih problema u životnoj sredini kao što je zakiseljavanje zemljišta, vodenih sistema, oštećenja bioloških materijala i ugrožavanja zdravlja ljudi.

¹ Bosiljka Stojanović, dipl. inž, RiTE "Ugljevik", Ugljevik, Republika Srpska

² prof. dr Jovan Đuković, Univerzitet Istočno Sarajevo, Tehnološki fakultet, Karakaj bb, Zvornik, Republika Srpska

³ Miladin Drobnjak, dipl. inž, "Pateting" doo, Generala Mihajla Nedeljkovića 105, Beograd

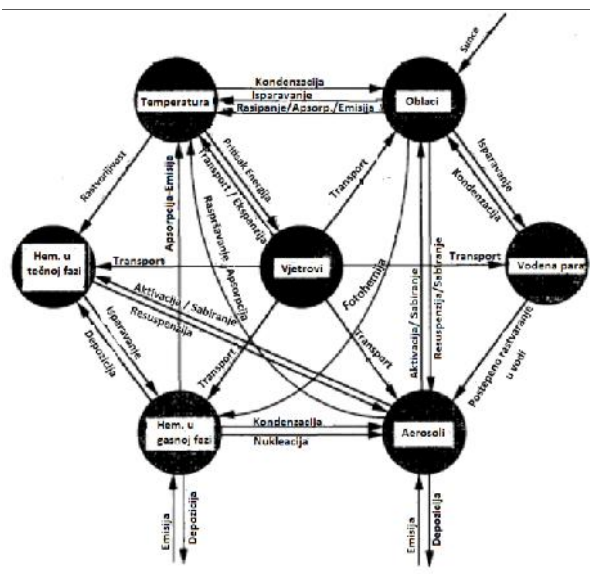
2. Suva depozicija

Suva depozicija se odnosi na gasove i čestice, nezavisna je od atmosferskih padavina, a regulisana je koncentracijom zagađujuće materije u vazduhu i transportom kroz granični sloj, hemijskom i fizičkom prirodom depozicionih vrsta i efikasnošću površine koja prihvata ili apsorbuje deponovani materijal [1].

Ona predstavlja dio ukupne razmjene materija između atmosfere i površine Zemlje tim prije jer se deponovani gasovi ponekad reverzibilno apsorbuju tako da se, u određenim uslovima, mogu ponovo reemitovati u atmosferu.

Direktno mjerenje suve depozicije je složeno i vrlo se rijetko u svijetu izvodi te se procjenjuje matematičkim modeliranjem. Iako je modeliranje suve depozicije već dugo dio hemijskih transportnih modela još uvijek ima dosta nepoznanica u ovom polju i razlike u modelovanim depozicijama su 2-3 puta u zavisnosti od korištenog modela [2].

Mada je razvijeno više modela, „multi layer“ modeli uključuju interakciju između hemijskih procesa u atmosferi, meteoroloških uslova i bioloških pojava (kao fotosinteza). Složenost ovih interakcija je šematski pokazana na slici 1 [3].



Slika 1. Moguće interakcije pri suvoj depoziciji

Uobičajen i najprihvatljiviji metod procjene suve depozicije je tzv “zaključak metod”, kombinacija mjerenja i modeliranja koji uključuje indirektnu procjenu suve depozicije na osnovu rutinski mjerene ambijentalne koncentracije zagađujućih materija i meteoroloških parametara. Suva depozicija (fluks) se procjenjuje kao umnožak ambijentalne koncentracije i brzine depozicije za svaku zagađujuću materiju posebno:

$$F = V d x C \tag{1}$$

gdje je V_d (m/s) brzina depozicije, a C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) koncentracija zagađujućih materija u vazduhu.

Brzina depozicije je funkcija otpora i definiše se kao inverzija zbira aerodinamičkog otpora (R_a), kvazi- laminarnog otpora (R_b) i otpora površine (R_c):

$$V_d = (R_a + R_b + R_c)^{-1} \quad (2)$$

R_a je zajednički za sve polutante i predstavlja otpor atmosfere između najnižeg PGS-a (planetarni granični sloj) na kome se modeluje koncentracija u modelu i hrapavosti površine na koju se polutant deponuje. R_b je otpor difuzije supstance kroz kvazi laminarni sloj, a R_c predstavlja otpor pri taloženju polutanta na krošnjama vegetacije uključujući otpor stoma, mezofilnih i kutikularnih procesa, otpor prema vrsti zemljišta, vodi ili urbanoj sredini [4, 5].

Prema izračunatoj suvoj depoziciji pojedinih polutana na određenoj površini određuje se procjena potencijala zakiseljavanja suvom depozicijom (PAI_{suv}) te površine. PAI predstavlja zbir ekvivalentnih masa suvih depozicija svih zakiseljavajućih zagađujućih materija umanjene za zbir ekvivalentnih masa suvih depozicija svih zagađujućih materija koje neutrališu kiselosti u atmosferi. Potencijal zakiseljavanja (PAI) za suhu depoziciju se računa po jednačini [6]:

$$PAI_{\text{suv}} = \frac{[SO_2]}{64} + \frac{[NO_2]}{46} + \frac{[HNO_2]}{47} + \frac{[HNO_3]}{63} + 2 \frac{[SO_4^{-2}]}{96} + \frac{[NO_3^-]}{62} + \frac{[NH_4^+]}{18} - \left\{ \frac{[K^+]}{39} + \frac{[Na^+]}{23} + 2 \frac{[Ca^{+2}]}{40} + 2 \frac{[Mg^{+2}]}{24} \right\} \quad (3)$$

3. Metodologija i metode istraživanja

U užem gradskom jezgru Bijeljine na kontinualnoj imisijskoj stanici praćene su jednosatne vrijednosti meteoroloških parametara (temperatura, sunčevo zračenje, relativna vlažnost, smjer i brzina vjetera) i jednosatne koncentracije SO_2 i NO_x . Imisijska stanica je opremljena Horiba opremom, a parametri su praćeni sljedećim mjernim metodama: SO_2 UV apsorpcijom, NO , NO_2 i NO_x hemiluminiscencionom apsorpcijom (CLD), PM_{10} beta apsorpcijom, smjer i brzina vjetera ultra zvučnom metodom, vlažnost vazduha Hygro klipom, temperatura Pt- senzorom, atmosferski pritisak elektronskim barometrom i globalno zračenje po principu mjerenja razlike u temperaturi između bijelog i crnog sektora indikatora. Mjerne metode imisije su po standardima ISO 7006:1985 za azotne okside i ISO 10498 za SO_2 . Koncentracije jednosatnih imisija su izražene u $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [7]. Koncentracije jona NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{+2} i Ca^{+2} su određene ekstrakciom mrlje na filter traci PM_{10} , jonsko-hromatografskom analizom ekstrata, a zatim je prema prečniku mrlje, protoka vazduha i dužini ekspozicije preračunata koncentracija jona i izražena u $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kako su ekstrakcije urađene nekoliko puta s pravom se govori o procjeni koncentracija jona.

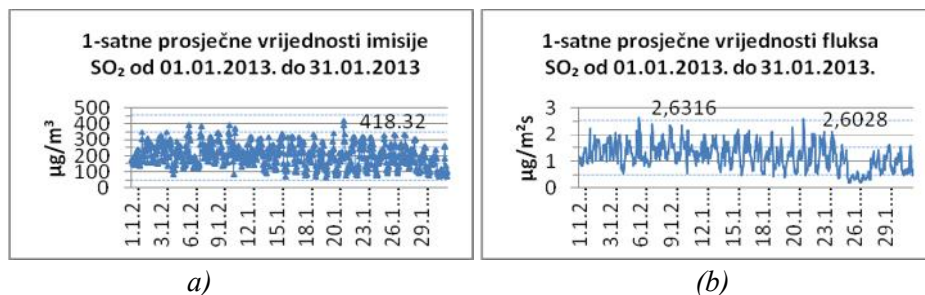
Meteorološki podaci sa imisijske stanice su korišteni za izračunavanje aerodinamičkog otpora, a elementi za određivanje R_c su pripremljeni: prema Lokalnom

akcionom planu Bijeljine [8] procjenjena je struktura površine u opštini Bijeljina (tip zemljišta, pokrivenost šumama, vegetacijom, urbano područje), prema topografskim kartama 1:25.000 određena je veličina vodenog ogledala, a indeks lisne površine za vegetaciju u području opštine Bijeljine je 5 literarno [9]. Period istraživanja je januar 2013. i juli 2013.

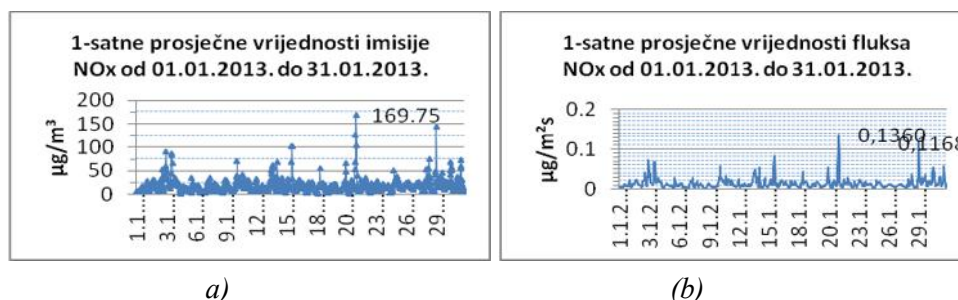
Koristeći modele AENV (Alberta Environment) i EDACS (European Deposition maps of Acidifying Components on a Small scale) [6,10,11] su izračunate, u MATLAB R2009b, brzine suve depozicije gasova SO_2 i NO_x i jona NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{+2} i Ca^{+2} . Na osnovu rezultata brzina depozicija, mjernih imisijskih koncentracija SO_2 i NO_x i procjenjenih koncentracija metalnih jona izračunat je jednosatni fluks za svaki parametar po jednačini 1. Saglasno jednačini 3 je izračunat PAI_{suva} za površinu koju pokriva opština Bijeljina.

4. Rezultati istraživanja

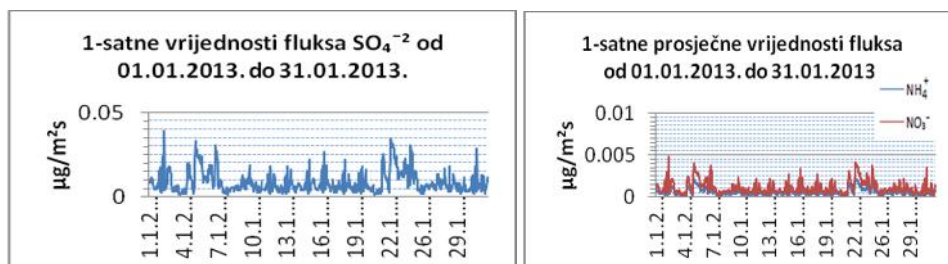
Imisione koncentracije polutanata, prvenstveno SO_2 , u Bijeljini najviše potiču od emisija iz velikih ložišta u regionu kao što su termoelektrane najbliža u Ug-ljeviku, zatim Tuzli, Obrenovcu i Kaknju, ali i od emisija iz malih ložišta na području Bijeljine u period grejne sezone. Na slikama 2, 3, 4 i 5 su dati grafički prikazi 1-satnih imisijskih vrijednosti i 1-satnih vrijednosti fluksa za SO_2 i NO_x i jona NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{+2} i Ca^{+2} tokom mjeseca januara 2013., a na slikama 6,7,8 i 9 su dati grafički prikazi 1-satnih imisijskih vrijednosti i 1-satnih vrijednosti za iste parametre tokom jula 2013.



Slika 2. Imisije i suve depozicije SO_2 tokom januara 2013. godine



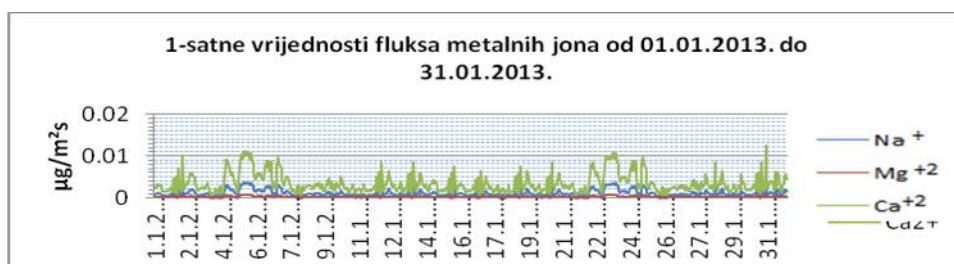
Slika 3. Imisije i suve depozicije NO_x tokom januara 2013. godine



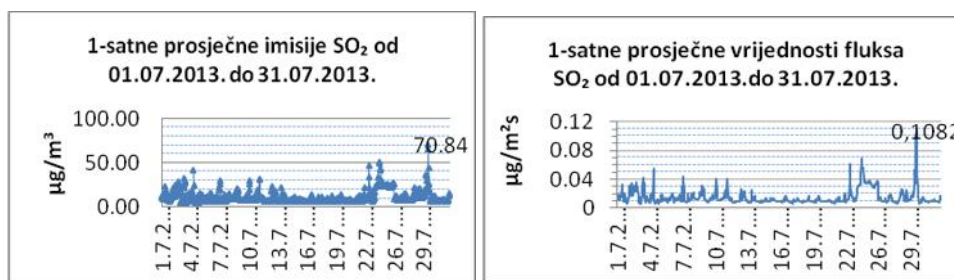
(a)

(b)

Slika 4. Suve depozicije SO_4^{2-} , NH_4^+ i NO_3^- tokom januara 2013. godine



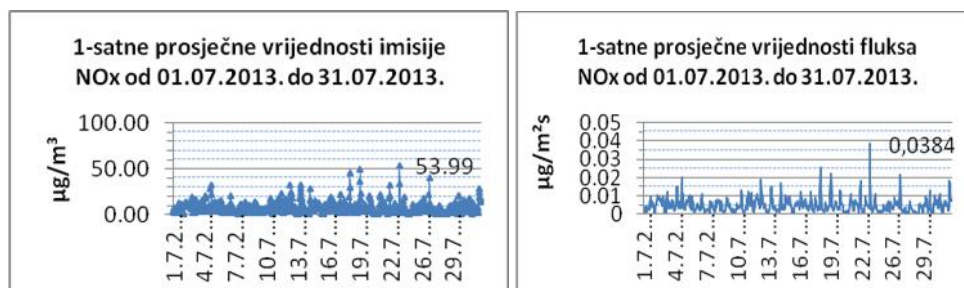
Slika 5. Suve depozicije metalnih jona tokom januara 2013. godine



a)

(b)

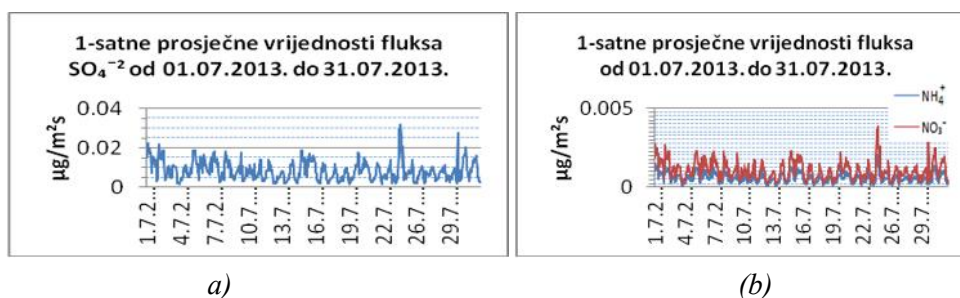
Slika 6. Imisije i suve depozicije SO_2 tokom jula 2013. godine



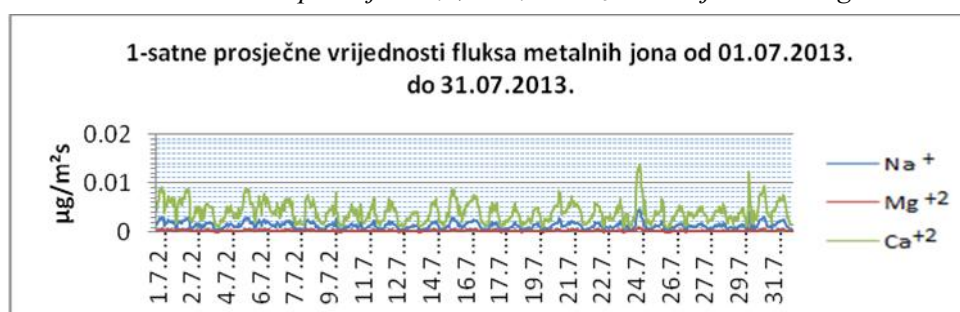
(a)

(b)

Slika 7. Imisije i suve depozicije NO_x tokom jula 2013. godine



Slika 8. Suve depozicije SO_4^{2-} , NH_4^+ i NO_3^- tokom jula 2013. godine



Slika 9. Suve depozicije metalnih jona tokom jula 2013. godine

5. Diskusija dobijenih rezultata

U januaru 2013. je samo 4,29% imisija $SO_2 < 90 \mu g/m^3$ gdje pripada i minimalna imisija je $61,87 \mu g/m^3$, dok 95,71% imisija je $> 90 \mu g/m^3$ sa maksimumom od $418,32 \mu g/m^3$. Većina jednosatnih suvih depozicija SO_2 je $> 1 \mu g/m^2s$ sa maksimalnom vrijednošću od $2,6316 \mu g/m^2s$, a prosječna depozicija SO_2 u ovom mjesecu je $2,0355 \mu g/m^2s$.

U julu 2013. su samo dvije imisije SO_2 veće od $60 \mu g/m^3$, a suva depozicija SO_2 prati tok imisije. Maksimalna jednosatna suva depozicija je $0,1081 \mu g/m^2s$, a prosječna tokom ovog mjeseca je $0,0150 \mu g/m^2s$. Poređenjem jednosatnih suvih depozicija se saznaje da je prosječna suva depozicija SO_2 u januaru 135,7 puta veća nego u julu. Visoke suve depozicije SO_2 u januaru su posljedica emisija SO_2 nastalih sagorijevanjem ugljevičkog uglja, sa sadržajem sumpora 4,5%, u domaćinstvima, brojnim individualnim kotlovnica i gradskoj toplani čiji su dimnjaci niski zbog čega sve emitovane materije se zadržavaju najvećim dijelom na lokalitetu emisija.

Minimalna imisija NO_x u januaru 2013. je $1,81 \mu g/m^3$, a maksimalna $169,75 \mu g/m^3$. Maksimalna jednosatna suva depozicija NO_x u januaru 2013. je $0,1360 \mu g/m^2s$, a prosječna je $0,0145 \mu g/m^2s$.

U julu mjesecu su samo četiri imisije NO_x veće od $40 \mu g/m^3$. Najveća jednosatna suva depozicija NO_x u julu je $0,0384 \mu g/m^2s$, a prosječna $0,0049 \mu g/m^2s$.

Poređenjem jednosatnih suvih depozicija NO_x u posmatranom periodu se za paža da je prosječna depozicija NO_x u januaru veća za 66,21% od depozicije u julu.

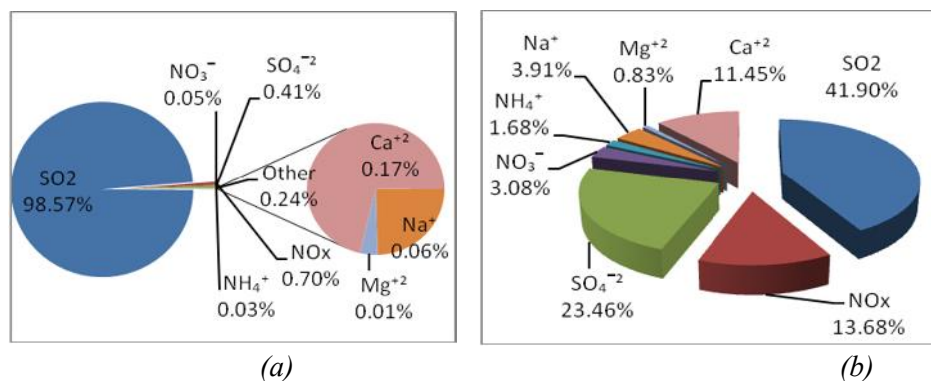
Povoljan proces sagorijevanja zahtjeva višak vazduha sa kojim u ložište se unosi azot koji se u procesu sagorijevanja goriva oksiduje do oksida, a upravo se ovim objašnjava povećana koncentracija NOx u januaru odnosno povećana depozicija NOx u ovom mjesecu.

Prosječne jednosatne suve depozicije jona u januaru su: SO_4^{-2} 0,0085 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, NH_4^+ 0,0006 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, NO_3^- 0,0011 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, Na^+ 0,0012 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, Mg^{+2} 0,0002 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ i Ca^{+2} 0,0035 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, a u julu su: SO_4^{-2} 0,0084 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, NH_4^+ 0,0006 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, NO_3^- 0,0011 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, Na^+ 0,0014 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$, Mg^{+2} 0,0003 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ i Ca^{+2} je 0,0041 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$. Depozicije jona u oba mjeseca su ujednačene.

Izračunate su suve depozicije svih polutanata tokom mjeseca po površini jednog hektaru, što je prikazano u tabeli 1., a na slici 10. su prikazani kvantitativni sastavi suvih depozicija u januaru i julu.

Tabela 1. Suve depozicije polutanata u posmatranom period

Mjesec	kg/ha mjesec							
	SO ₂	NO _x	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²
I	54,5183	0,3884	0,2277	0,0295	0,0161	0,0321	0,0054	0,0937
VII	0,4018	0,1312	0,2250	0,0295	0,0161	0,0375	0,0080	0,1098



Slika 10. Procenatni sastav suve depozicije u januaru (a) i julu (b)

Na području Bijeljine su visoke suve depozicije SO₂ 0,4018-54,5183 kg/ha mjesec, depozicije NO_x su od 0,1312-0,3884kg/ha mjesec, depozicije SO₄⁻² skoro jednake 0,2250-0,2277 kg/ha mjesec, a depozicije ostalih polutanata su manje. U januaru mjesecu u najvećem procentu 98,57% su depozicije SO₂, 0,70% pripada depoziciji NO_x, a 0,73% se odnosi na preostalih šest polutanata. Ovakav kvantitativni sastav suvih depozicija je u saglasnosti sa gore navedenom kvalitetu goriva (visok sadržaj sumpora) i procesu sagorijevanja u malim ložištima. U julu mjesecu kvantitativni sastav suve depozicije je: 41,90% SO₂ i 23,46% SO₄⁻² što se objašnjava povoljnijim meteorološkim uslovima za oksidaciju SO₂ u SO₄⁻². Udio NO_x je 13,68%. Udio jona Ca⁺² 11,45% i jona Na⁺ 3,91% je povećan, a objašnjava se povećanom prisusutvom prašine u ljetnjem periodu.

Analizom depozicija određen je odnos depozicije SO₂ prema depoziciji ukupnog sumpora i depozicije NO_x prema depoziciji ukupnog azota, a rezultati prikazani u tabeli 2. U januaru mjesecu 99% depozicija sumpora potiču od depozicija SO₂, a u julu 64% , dok 90% depozicija azota u januaru potiču od NO_x, a u julu 75%.

Tabela 2. Odnos depozicije SO₂/NO_x prema ukupnoj depoziciji sumpora/azota

Mjesec	kg/ha mjesec						
	SO ₂	SO ₄ ⁻²	SO ₂ /S _u	NO _x	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	NO _x /N _u
I	54,5183	0,2277	0,99	0,3884	0,0295	0,0161	0,91
VII	0,4018	0,2250	0,64	0,1312	0,0295	0,0161	0,74

$$\frac{SO^2}{S} = \frac{SO^2}{SO^2 + SO_4^{-2}} \quad i \quad \frac{NO_x}{N} = \frac{NO_x}{NO_x + NO_3^{-} + NH_4^{+}}$$

Izračunati PAI_(suva) je :

- u januaru 0,8597 kgH⁺/ha mjesec
- u julu -0,0878 kgH⁺/ha mjesec

Za procjenu oštećenja ekosistema depozicijama obično se depozicije porede sa kritičnim opterećenjem, koje se definiše kao količina zagađujuće materije koju može jedan ekosistem da toleriše bez da izaziva štete u njemu. Najčešće se kritično opterećenje određuje po regionima, a kako za naš region nisu poznate referentni podaci kritičnog opterećenja za poređenje je uzeta referentna vrijednost za Evropu 3kgS/ha/godini i 5kg N /ha/godini [12]. U januaru mjesecu je depozicija sumpora vrlo visoka i iznosi 27,3349 kgS/ha mjesec što govori da je ovo područje u ovom periodu izloženo enormnom štetnom uticaju što može imati dalekosežne nepovoljne posljedice.

6. Zaključci

Zagađujuće materije emitovane u atmosferu nakon složenih međusobnih interakcija, u odsustvu atmosferskih padavina, se talože na zemljinu površinu kao suva depozicija.

U svijetu se suva depozicija uglavnom procjenjuje modeliranjem.

Suve depozicije SO₂ za opšitnu Bijeljina, procjenjene primjenom poznatih modela, su 0,4018 kg/ha/ mjesecu u julu i visoke u januaru 54,5183kg/ha/ mjesecu.

Suve depozicije NO_x za opštinu Bijeljina iznose u januaru 0,3884 kg/ha/ mjesecu i 0,1312 kg/ha/ mjesecu u julu.

Visoke depozicije su posljedica visokih emisija tačkastih izvora emisija prvenstveno termoelektrana u bliskom okruženju i regionu, a velike razlike u depozicijama oba gasa u zimskom i ljetnom periodu su posljedice sagorijevanja uglja sa visokim sadržajem sumpora (4,5%) u gradskoj toplani, brojnim malim kotlovnica i ostalim individualnim malim ložištima.

U januaru mjesecu 99% depozicija sumpora potiču od depozicija SO₂, a u julu 64% , dok 91% depozicija azota u januaru potiču od NO_x, a u julu 74%.

Procjenjeni potencijal zakiseljavanja (PAI_(suva)) je 0,8597 kgH⁺/ha/ mjesecu u januaru, dok u julu ima negativnu vrijednost -0,0878 kgH⁺/ha mjesec .

Poređenje referentnih vrijednosti za kritična opterećenja koja važe u Evropi (3kgS/ha godina i 5kg N/ha godinu) govori da je područje opštine Bijeljina izloženo enormnom uticaju zagađujućih sumpornih materija u januaru što može imati dalekosežne nepovoljne posljedice.

7. Literatura

- [1] Khan, I. F., Abbasi A. S, Cushioning the impact of toxic release from runway industrial accidents with greenbelts, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13, 2000.
- [2] Flechard C. R., Nemitz E., Smith R. I., Fowler D., Vermeulen A.T., Bleeker A., Erisman J. W., Simpson D., Zhang L., Tang Y. S. and Sutton, M. A., Dry deposition of reactive nitrogen to European ecosystems: a comparison of inferential models across the NitroEurope network, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 2011, 2703-2728
- [3] Smith, R. I., Fowler, D., Sutton, M. A., Flechard, C. and Coyle, M., "Regional estimation of pollutant gas dry deposition in the UK: model description, sensitivity analyses and outputs" *Atmos. Environ.*, 34(22), 2000, 3757-3777.
- [4] Wang, Y., Jacob, D. J. and Logan, J. A., Global simulation of tropospheric O₃-NO_x-hydrocarbon chemistry 1. Model formulation, *J. Geophys. Res.*, 103 (D9), 10713-10725, doi: 1998, 10.1029/98JD00158.
- [5] Wesely, M. Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical-models, *Atmos. Environ.*, 23 (6), 1989, 1293-1304.
- [6] Alberta Environment Edmonton, Review and Assessment of Methods for Monitoring and Estimating Dry Deposition in Alberta, October, 2005, 3-19, 47-53
- [7] Ilić P., Kontrola kvaliteta i istraživanje uticaja zagađenja vazduha u funkciji zaštite i unapređivanja životne sredine u Banja Luci, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu 2010, 27-33
- [8] Lokalni akcioni Plan, Bijeljina, 2008.
- [9] Smith, S. J., Pitcher, H., and Wigley, T. M. L, Global and regional anthropogenic sulfur dioxide emissions, *Global Planet. Change*, 29, 2001.
- [10] Alberta Environment Edmonton, A. B, Refinement Study of Dry Deposition Inference, Methods Used in Alberta, June 2007, 5-16, 86-98.
- [11] Pul, W. A. J, Potma, C. J. M. et al, Report nr. 722401005, EDACS: European Deposition maps of Acidifying Components on a Small scale , National Institute of Public Health and Environmental Protection Bilthoven, the Netherlands, 1995. 38-42
- [12] Cerón, R. M., Cerón, J. G., Carballo, C. G., Aguilar, C. A., Montalvo, C., Benítez, J. A., Villareal, Y. J., Gómez, M. M., Chemical Composition, Fluxes and Seasonal Variation of Acid Deposition in Carmen Island, Campeche, Mexico, *Journal of Environmental Protection*, 2013, pp. 4, 50-56

АНОДНА ОКСИДАЦИЈА ЦИЈАНИДА ИЗ ИНДУСТРИЈСКИХ ОТПАДНИХ ВОДА

ANODIC OXIDATION OF CYANIDE FROM INDUSTRIAL WASTEWATER

БОРИСЛАВ МАЛИНОВИЋ¹, СЛОБОДАН БУНИЋ²
НОВАК ДАМЈАНОВИЋ³

Резиме: Анодна оксидација је електродна реакција заснована на електролизи, гдје протичу два паралелна процеса, катодна и анодна реакција. Код оксидације на аноди могу се директно електрохемијски узимати електрони или се индиректно хемијски издваја кисеоник. Овим поступком се успјешно врши оксидација цијанида. Анодна оксидација цијанида зависи од густине струје, састава раствора, радне температуре и кориштеног анодног материјала. Цијанид је веома реактивно једињење које у облику цијановодоника (HCN) представља изузетно смртоносан гас у влажним и киселим условима. Поред тога, велика количина цијанида се користи у рударству, метало-прерађивачкој и електронској индустрији. Будући да је цијанид врло реактиван, лако се веже за метал као лиганд у облику комплекса различите стабилности и токсичности. Будући да та једињења могу изазвати велику штету за људе и организме ако дођу у земљиште и подземне воде, отпад који садржи цијанид треба третирати врло пажљиво за то погодним методама.

Кључне речи: anodna oksidacija, cijanidi, otpadne vode

Summary: Anodic oxidation is electrode reaction is based on electrolysis, which unfold in two parallel processes, cathodic and anodic reaction. For oxidation at the anode can be directly electrochemically take electrons or indirectly, chemical extracts oxygen. This procedure has been successfully carried out oxidation of cyanide. Anodic oxidation of cyanide depends on the current density, solution composition, temperature and anode materials used. Cyanide is a very reactive toxic compound which forms lethal hydrogen cyanide gas (HCN) in humid and acidic conditions. Even so, a large amount of cyanide is used in metal plating, electronics and mining industries. Since cyanide is very reactive, it readily binds metals as a strong ligand to form complexes of variable stability and toxicity. Because these compounds incur large damage to humans and organisms if they get into soil and groundwater, wastes containing cyanide must be treated very carefully with suitable methods.

Key words: anodic oxidation, cyanides, wastewater

¹ доц. др Борислав Малиновић, Универзитет у Бања Луци, Технолошки факултет, Степе Степановића 73, Бања Лука

² доц. др Слободан Бунић, ТЕМ Инжењеринг, Први крајишки корпус 17, Бања Лука

³ доц. др Новак Дамјановић, Паневропски универзитет „Апеирон“ Пере Креце 15, Бања Лука

1. Увод

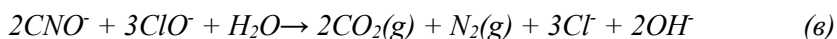
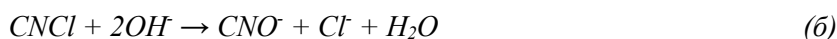
Цијанид је веома реактивно отровно једињење које у влажним и киселим условима гради смртоносни цијановодонични гас (HCN). HCN гас утиче на дисајне органе и изазива "гушење" ћелија. Поред тога, велика количина цијанида се користи у металопрерађивачкој, електронској индустрији и рударству [1]. Пошто је цијанид веома реактиван, он лако везује метале као јак лиганд и формира комплексе различите стабилности и токсичности [2]. Ова једињења наносе велику штету људима и организмима уколико доспију у земљиште и подземне воде.

Постоји много могућих начина за третирање отпада који садржи цијанид. Неки од њих су више, а неке мање еколошки прихватљиве од осталих. Највише примјењиван третман је алкална хлоринација. У задње вријеме су уобичајени постали и водоник пероксид, SO₂/ваздух (INCO процес) и методе електрохемијске (анодне) оксидације. Најновија метода разарања цијанида је цијанидна биодегреадација, која је биолошки и прилично јефтин третман [3, 4]. Приликом избора одговарајуће методе за детоксикацију цијанида многи фактори утичу на трошкове и вријеме трајања третмана. Ти фактори су најчешће потребни реагенси, опрема и инжењеринг, оперативни трошкови, трошкови лиценцирања и почетна концентрација цијанида [3].

2. Алтернативне методе за збрињавање цијанидних отпадних вода

2.1. Алкална хлоринација

Алкална хлоринација је најстарији хемијски процес за третман цијанидних отпадних вода. Углавном се користи у погонима галванизација док се данас све више избјегава због еколошких импликација овог процеса [3]. Реагенси који се користе у овом процесу су веома токсични и зато се процесни услови морају строго контролисати [4]. У алкалној хлоринацији хипохлоритни јони оксидишу цијанид и формирају CO₂ и N₂ гас према сљедећим реакцијама [1]:



Све ове реакције зависе од рН-вриједности, која мора бити преко 10 у реакцијама (а) и (б). Оптимална рН-вриједност за реакцију (в) је 8,5 [1]. Оксидација разара слободни цијанид и цијанокомплексе, осим цијанидних комплекса гвожђа. Ова технологија је добро позната и показала се успјешном. Један од највећих недостатака овог поступка је могућност формирања хлор-органичних једињења. Неке од ових супстанци (нпр. цијаноген (CN)₂) су још штетнији и токсичнији од самих цијанида. Дакле, рН-вриједност у процесу мора бити строго контролисана [5].

2.2. SO₂/ваздух оксидација (INCO)

SO₂/ваздух оксидација је сасвим нова технологија. Овај процес оксидира слободне цијаниде и слабо киселе дисоцирабилне комплексе цијанида (на примјер, Ag, Ni, Cu и Zn комплекси). Жељезо цијанидни комплекси (хекса-цијаноферати) не могу се оксидирати, али се уклањају таложењем у завршној фази третмана. Табела 1 приказује основне и споредне реакције и њихове продукте [6].

Табела 1. Реакције и продукти оксидације [6]

$\text{CN}^-_{\text{slob.}} + \text{O}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OCN}^- + \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{Me}(\text{CN})_4^{2-} + 4\text{SO}_2 + 4\text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OCN}^- + 4\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Me}^{2+}$ $\text{Me}^{2+} = \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Ni}^{2+}$
<p>Неутрализација</p> $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
<p>Таложење</p> $\text{Me}^{2+} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \leftrightarrow \text{Me}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Ca}^{2+}$ $2\text{Me}^{2+} + \text{Fe}(\text{CN})_6^{2-} \leftrightarrow \text{MeFe}(\text{CN})_6 \downarrow$
<p>Реакција катализирана багром у раствору</p> $\text{SO}_2/\text{CN}_{\text{WAD}} = 2,46 \text{ g/g}$
<p>CN_{WAD} – Слабо кисели дисоцирабилни цијанид, који садржи слободни цијанид и слабе комплексе цијанида.</p>

У првој реакцији, CN_{WAD} се оксидује и настају цијанати CNO⁻ и сумпорна киселина. Ова реакција захтјева бакар као катализатор. Сумпорна киселина произведена у реакцији оксидације се неутрализује калцијум хидроксидом. Метали који су дисоцирани током оксидације реакције таложе гвожђе цијанид као нерастворљиву со.

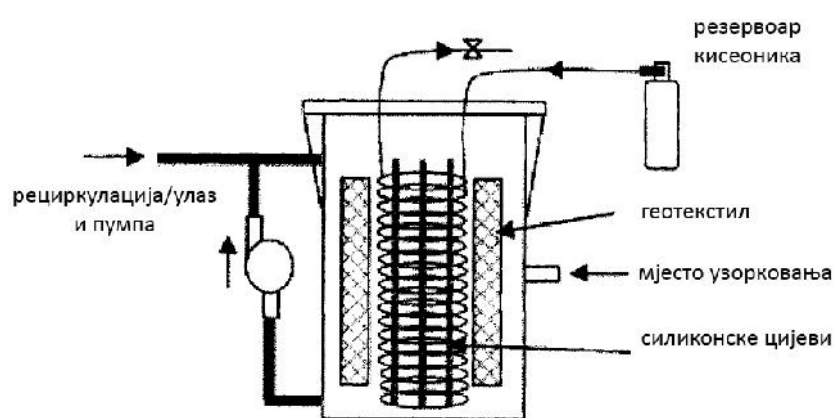
INCO процес ради са муљем и растворима и погодан је за шаржне и континуалне процесе. Температура нема значајан утицај на степен оксидације цијанида. Овај метод је веома ефикасан, јер уклања све облике стабилних комплекса гвожђа који садрже цијанид. Недостаци су прилично висока потрошња реагенаса и високе накнаде јер процес захтјева плаћање лиценце [4, 6, 7].

2.3. Биодеградација цијанида

Упркос токсичном дејству цијанида на флору и фауну, биолошки третмани су изводљиве алтернативе хемијским методама, због постојања неколико микроорганизама за које се зна могућност њихове дегредације [8]. Цијанид се производи у окружењу биљака, гљива и бактерија. Дакле, многи микроорганизми и њихови ензими имају могућност да разоре цијаниде и металне цијанокомплексе (укључујући стабилне комплексе гвожђе цијанида) у мање токсична једињења као што су амонијак, мравља киселина и формамиде. Микроби могу да користе ова једињења као извор азота и угљеника за свој раст. Ен-

зимске реакције могу се сврстати у четири типа: супституција/адиција, хидролиза, оксидација и редукција. Најчешћи је хидролитички пут. У хидролитичком путу ензими разарају цијанид у формамаиде који се затим хидролизују у NH_4 и мрављу киселину за шта је задужен ензим амидаза [9].

Аеробни и анаеробни услови, температура, рН и хранљиве материје попут шећера (извор угљеника), азотних једињења и квасца имају велики утицај на смјер реакције и кинетику. Цијанидна једињења се могу разорити у аеробним и анаеробним условима. У аеробним условима садржај кисеоника је водећи фактор. Ако је садржај кисеоника сувише низак, снабдјевање кисеоником мора бити обезбеђено аерацијом [9, 10, 11, 12, 20].



Слика 1. Секвенционални шаржни биофилм реактор (SBBR) [15].

Цијанид се може третирати биолошки у реакторима који се лако контролишу. Обично, организми формирају биофилм на материјал реактора и биофилм деградира цијанид у мање токсична једињења. Процес биодеградације је генерално једноставан за пројектовање и захтјева минималан надзор. Трошкови реагенаса су веома ниски, али капитални трошкови могу бити веома велики. Температура има већи ефекат на процес биодеградације него код других метода [3, 4, 12]. У сјевернијим (хладнијим) срединама, овај третман отпадних вода мора да се налази у затвореном простору, јер на хладним температурама систем ради веома споро. Слика 1 приказује распоред операција затвореног система који се може смјестити унутар гријане зграде. Овај систем представља секвенционални шаржни биофилм реактор (SBBR). SBBR се показао као одржив и ефикасан систем за третман отпадних вода које садрже цианиде [15, 16].

3. Анодна оксидација цијанида

Електрохемијска (анодна) оксидација је алтернативни процес разарања цијанидних јона на аноди уз истовремену депозицију тешких метала на катоди. Слободни цијаниди, цијанокомплекси и концентровани раствори цијанида се

могу успјешно збринути овом електрохемијском методом [17]. Анодна оксидација је електродна реакција заснована на електролизи. Иако се електролиза, а такође и анодна оксидација, као физичко-хемијски поступак, користи за издвајање материја и рециклирање, већ дуже вријеме се примјењује и за обраду отпадних вода. При електролизи се одигравају два паралелна процеса, катодна и анодна реакција. Процес електрохемијске оксидације зависи од рН-вриједности, напона и раствора електролита. Материјал аноде и катоде и садржај метала у раствору такође имају утицај на кинетику реакције [18, 19].

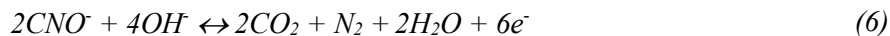
У површинској заштити (галванотехници) сусрећемо отпадне воде са различитом концентрацијом цијанида. Увођење таквих отпадних вода у комунална постројења, односно канализацију, подлијеже примјени низа закона и прописа. У пракси се за обраду индустријских отпадних вода које садрже цијаниде користе разни хемијски и електрохемијски процеси. Код хемијске обраде за разарање цијанида додају се јака оксидациона средства као натријум хипохлорит, хлор (гас), водоник пероксид, активни и активирани кисеоник, хромати и перманганати [20, 21, 22].

Оксидација цијанида са натријум хипохлоритом је до сада најчешће кориштена хемијска метода обраде. Увођењем новог параметра тзв. АОХ (адсорбирајућа органска једињења хлора) и за то неопходне нове аналитике до данас овај проблем је слабо познат. Код обраде отпадних вода које садрже мале количине органских једињења хлорирање се врши са оксидационим средствима која садрже хлор. Ова једињења су означена као АОХ [23].

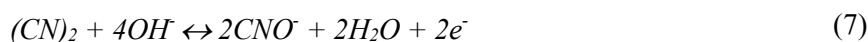
Истовремено са АОХ појављују се и халогени угљоводоници (НКВ) у облику хлорираних угљоводоника. Минимални захтјеви за АОХ су 1 mg/L док је збирно за угљоводонике само 0,1 mg/L. Главни саставни дио код хлорованих угљеноводоника (АОХ) који настају оксидацијом са хипохлоритом је хлороформ. Ово се нарочито односи на погоне који обрађују концентрате. Код разарања цијанида са натријум хипохлоритом, код вода које имају повећан садржај АОХ (адсорбирајућих органских једињења халогена), концентрација хлороформа може да буде и до 100 mg/L.

Код анодне оксидације одвија се оксидација цијанида директно кроз одузимање електрона или помоћу кисеоника, без настајања међупродукта (АОХ-а). Због тога и из економских разлога, препоручује се поступак анодне оксидације за разарање цијанида, нарочито за концентроване растворе. Код анодне оксидације, анода се обавије кисеоником кад се успостави одређена густина струје и напон, и уз присуство цијанида и хидроксилних јона, степенасто се одвијају следеће реакције:

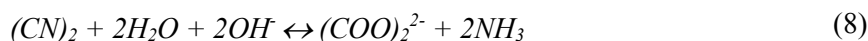




Реакције (1) и (2) представљају предстепене за реакцију (3) тј. за образовање дицијана. Одузимањем електрона образује се радикал дицијан који је врло нестабилан и хидролизира у алкалном раствору према једначини (7) до цијаната [24].



Образовање дицијана је јако зависно од употребљеног анодног материјала. Повећава се од V2A – челика преко платине до графитне аноде. Аноде од никла, са густинама струје од 1,5 A/dm², показују веће образовање дицијана него горе споменуте аноде. Даље претварање дицијана у алкалним растворима се види из једначине (8) хидролизом до оксалне киселине и амонијака [24].



Одузимањем електрона од хидроксилних јона настаје јако оксидативан OH[·] радикал, који одваја атомски кисеоник, а он индиректно може оксидовати цијанид до цијаната. Ове реакције су представљене једначинама (9), (10) и (11).



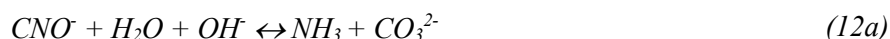
или



Сумарна формула једначина 9-11 даје једначина (5) која представља оксидацију цијанида у алкалном медију помоћу анодне оксидације. Образовање цијаната хидролизом представљено је једначином (12), а анодна оксидација цијаната даје једначина (6).



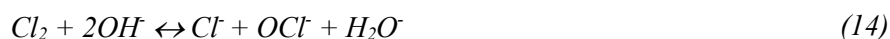
или у алкалном медију



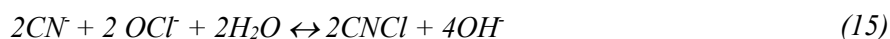
До сада смо посматрали анодну оксидацију цијанида без присуства хлоридних јона. Сада ћемо кратко описати анодну оксидацију уз присуство хлоридних јона. На аноди се образује хлор (гас) према једначини (14).



који у алкалној средини реагује на следећи начин



Настаје хлоридни еквивалент и хипохлорит. У кружном процесу електролитички опет настаје хипохлорит, тако да је за разарање цијанида потребно мање енергије и без додавања хемикалија. како показују једначине (15) и (16), цијанид се прво оксидише до хлорцијана помоћу хипохлорита, а даље се хидролизује до цијаната.



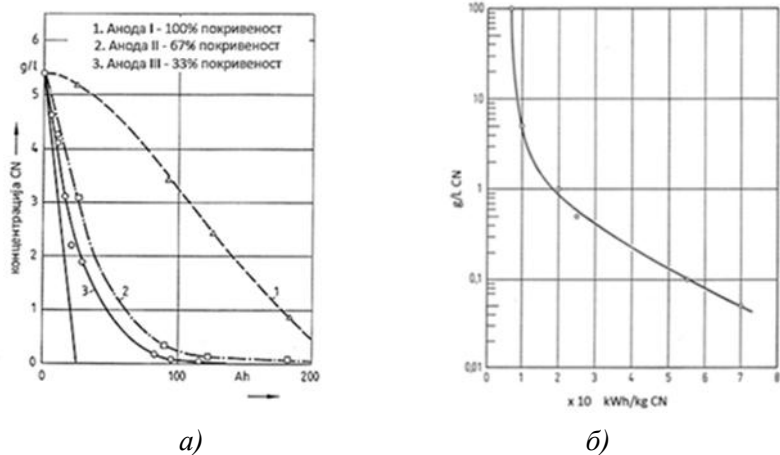
Јако разблажени цијанидни раствори се према данашњем сазнању могу електролитички разорити са добрим искориштењем струје. Већ мало присуство хлорида у раствору омогућава индиректну реакцију оксидације цијанида, чији кинетички ток је повољнији [24].

Код анодне оксидације цијанида у присуству хлорида треба очекивати АОХ проблематику и присуство соли у отпадној води. Хлориди могу да постоје већ у раствору и код анодне оксидације образује се АОХ. Ако се електролиза изводи нешто дуже него што је потребно за анодну оксидацију цијанида настали АОХ се раствара. Анодна оксидација зависи од густине струје, састава раствора, радне температуре и коришћеног анодног материјала [20].

У зависности од састава раствора као аноде у индустрији се користе челик, нерђајући челик, графит и платинирани титан. Код различитих истраживања најбоље резултате су показале литијум платиниране и пиролизички платиниране решеткасте титан електроде.

Гулбас, М. [25] је испитивао утицај анодног материјала и дебљине платинираног слоја на анодну оксидацију цијанида и утврдио да електроде са тањим слојем имају боље искориштење струје и могу више пута да се користе за оксидацију. Утицај на аноду нанесеног слоја показује слика 2а, тј.:

- температура раствора јако утиче на анодну оксидацију цијанида. Утврђено је да повећање температуре са 25 на 50°C има дупли ефекат оксидације [25];
- густина струје од 1 до 8 A/dm² нема значајног утицаја на анодну оксидацију цијанида [25].



Слика 2

Утицај дебљине нанесеног слоја (на аноду) на анодну оксидацију цијанида код константне струје и температуре при електролизи [25]

Утрошак енергије за електролитичко разарање 1 kg цијанида у зависности од почетне концентрације. Крајња концентрација око 20 mg/L цијанида [26]

У површинској заштити (галванотехници) цијанидни раствори у принципу садрже метале. Код анодне оксидације цијанида на катоди се издвајају метали. Код концентрованих раствора ови слојеви су дуктилни и имамо добро искориштење струје. Кад је концентрација метала мала испод 1 g/L код густина струје већих од 1 A/dm² добијају се спужvasti и прашкасти слојеви који слабо пријањају.

Мада је реакциони механизам код анодне оксидације вишеструк и компликован може се рећи да 1 мол цијанида прелази у цијанат одузимањем 2 електрон еквивалента. Теоријски, да би се оксидисао 1 kg цијанида неопходно је 2,06 kWh. То је за средњи напон ћелије од 5 V 10,3 kWh енергије. Код искориштења струје од око 50% за оксидацију је потребна дупла енергија. Слика 2б показује утрошак енергије за анодну оксидацију 1 kg цијанида у зависности од почетне концентрације цијанида [26]. Анодна оксидација цијанида из концентрованих раствора до преостале концентрације од 150 – 200 mg/L цијанида је економична метода. Преостала концентрација цијанида се може хемијски разорити са водоник пероксидом.

4. Закључак

Електрохемијска метода је врло економична и еколошки прихватљива метода третмана цијанидних отпадних вода. Сви присутни метали у раствору се могу депоновати на катоди што ову методу чини веома економичном у случају племенитих метала, а цијаниде претвара у нетоксичне CO₂ и N₂.

5. Литература

- [1] Myrkkyjen hävittäminen, osa I. Myrkkyasiain neuvottelukunta 1976
- [2] Juan Silva-Avalos, Michael G. Richmond, Olagappan Nagappan, Daniel A. Kunz, Degradation of the Metal-Cyano Complex Tetracyanonickelate(II) by Cyanide-Utilizing Bacterial Isolates, *Applied and Environmental Microbiology*, Dec. 1990, p.3664-3670.
- [3] Mosher, J. B., Figueroa, L., Biological oxidation of cyanide, A viable treatment option for the minerals processing industry, *Mineral Engineering*, 9 (5), 1996, p.573-581.
- [4] Kuokkanen T, Salainen raportti 2002, 28 pages.
- [5] Kuokkanen Toivo, Handout 78227S, Kemiallisia sovellutuksia ongelmajätealalla ja ympäristöteknologiassa, Oulun yliopisto, kemian laitos, 2002
- [6] Robbins, G. H., Historical development of the INCO SO₂/AIR cyanide destruction process, *CIM Bulletin*, 89 (1003), September 1996, p.63-69.
- [7] Devust, E.A., Robbins, G., Vergunst, R., Tandi, B., Iamarino, P. F, Inco's cyanide removal technology working well, *Mining Engineering*, February 1991, p.205-207
- [8] Michelle Barclay, Vanessa A. Tett, Christopher J. Knowles: Metabolism and enzymology of cyanide/metallo-cyanide biodegradation by *Fusarium solani* under neutral and acidic conditions, *Enzyme and Microbial Technology*, 23 (5), October 1998, s.321-330.
- [9] Dumestre, A., Chone, T., Portal, J., Gerard, M., Berthelin, J, Cyanide Degradation under Alkaline Conditions by a Strain of *Fusarium solani* Isolated from Contaminated Soils, *Applied and Environmental Microbiology*, July 1997, p.2729-2734.
- [10] www.jyu.fi/bio/ymp/alisivut/ymp321/monistes102.doc
- [11] Harris, R., Knowles, C. J.: Isolation and Growth of a *Pseudomonas* Species that Utilizes Cyanide as a Source of Nitrogen, *Journal of General Microbiology*, 1983, 129, p. 1005-1011.
- [12] Adjei, M. D., Ohta, Y, Factors Affecting the Biodegradation of Cyanide by *Burkholderia cepacia* Strain C-3, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 89 (3), 2000, p. 274-277.
- [13] Yanase, H., Sakamoto, A. Okamoto, K. Kita, K., Sato, Y.: Degradation of the metal-cyano complex tetracyanonickelate (II) by *Fusarium oxysporum* N-10, *Applied Microbial Biotechnology*, 53, 2000, p.328-334.
- [14] Barclay, M., Hart, A., Knowles, C. J., Meeussen, J. C. L., Tett, V. A, Biodegradation of metal cyanides by mixed and pure cultures of fungi, *Enzyme and Microbial Technology*, 22, 1998, p.223-231.
- [15] White, D. M., Schnabel, W, Treatment of Cyanide Waste in a Sequencing Batch Biofilm Reactor, *Water Research*, 32 (1), 1998, p.254-257.
- [16] White, D. M., Pilon, T. A., Woolard, C, Biological treatment of cyanide containing wastewater, *Water Research*, 34 (7), May 2000, p.2105-2109.
- [17] Öfütveren, Ü. Bakir, Törü, E., Koparal, S, Removal of cyanide by anodic oxidation for wastewater treatment, *Water Research*, 33 (8), 1999, p. 1851-1856.
- [18] Kurvi, M., Kuokkanen, T., Piltonen, P, New Electrolysis Technology for Total Treatment of Waste Water Containing Gold or Silver Cyanide, *Kemian päivät 1999*, *Kemia-Kemi*, 1P3.9, p. 14 ja siihen liittyvä poster, 1999.

- [19] Szpyrkowicz, L., Kaul, S.N., Molga, E., DeFaveri, M, Comparison of the performance of a reactor equipped with a Ti/Pt and SS anode for simultaneous cyanide removal and copper recovery, *Electrochimica Acta* 46 (2000), p. 381-387.
- [20] Krusenstjern, A.V., Mussinger, W., *Metalloberfläche*, 1962, 263-266.
- [21] Lee, Tae-Yoon, Kwon, Young-Shik, Kim, Dong-Su., *Journal of Environmental Science & Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*; Vol. 39 Issue 3, 2004, 787-801.
- [22] Gavriș, Georgeta; Cărbăban, Alina; Tomulescu, Ioana; Merca, Vasilica; Mihaela, Edith Radoviciu, *Studia Universitatis Vasile Goldis Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)*, Vol. 18, 2008, 345-347.
- [23] M. Sarla, M. Pandit, D. K. Tyagiand, J. C. Kapoor, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 116, Issues 1-2, 10, 2004, 49-56.
- [24] L. Hartinger, "Abwasser- und Recyclingtechnik", Hanser-Verlag, 1991.
- [25] Gülbas M, *Metalloberfläche* 42, 1988, 191-195.
- [26] Gross W, Heger, K., Nowack, N., *Galvanotechnik* 72, 1981, 1307-1309.

VRSTE I BRZINA KOROZIJE PODZEMNIH METALNIH OBJEKATA

TYPES AND SPEED UNDERGROUND CORROSION OF METAL OBJECTS

RADOJE OBRADOVIĆ¹, MIROSLAV MAKSIMOVIĆ²,
ČASLAV LAČNJEVAC³, MIROLJUB KRSTIĆ⁴, DRAGAN PETROVIĆ⁵,
SRBISLAV NEŠIĆ⁶

Rezime: Podzemni metalni objekti podležu koroziji koja potiče od različitih uzoraka. Korozija podzemnih metalnih konstrukcija je složen proces koji ima elektrohemijsku prirodu. U kontaktu sa zemljištem, koje sadrži određenu količinu vlage, mineralnih materija i kiseonika i zato se ponaša kao jonski električni provodnik, navedeni objekti na pojedinim mestima počinju da se rastvaraju, tj. korodiraju. Brzina korozije zavisi od velikog broja faktora: postupka izrade podzemnih konstrukcija, primenjenog materijala, načina ukopavanja, hemijskih osobina zemljišta, spoljne temperature, prisustva drugih objekata i metalnih konstrukcija u neposrednoj blizini itd. Složenost korozionog procesa se povećava ako u proces stupe i određeni mikroorganizmi.

U ovom radu dat je poseban osvrt na lutajuće struje kao uzročnika korozije podzemnih metalnih objekata (vodovoda, gasovoda, benzinskih pumpi, energetske kablova, tk. postrojenja) kao i odgovarajući postupci zaštite podzemnih metalnih objekata od lutajućih struja.

Ključne reči: korozija, metalni objekti, brzina korozije, lutajuće struje, zaštita od korozije

Abstract: Underground metal structures subject to corrosion, which originates from the different samples. The corrosion of underground and underwater metal constructions is a complex process being electrochemical in nature. In contact with ground, which contains a particular quantity of damp, mineral substances and oxygen therefore behaving as the ionic

¹ Radoje Obradović, dipl. inž, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Kneza Miloša 27, Beograd

² Miroslav Maksimović, dipl. inž, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Kneza Miloša 27, Beograd

³ prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun

⁴ Miroljub Krstić, dipl. inž, JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija", Kneza Miloša 27, Beograd

⁵ Dragan Petrović, dipl. inž, Elektrosrbija, Suvoborska 9, Valjevo

⁶ Srbislav Nešić, dipl. inž, Inženjersko društvo za koroziju, Kneza Miloša 9, Beograd

electrical conductor, the above-mentioned objects start to decompose i.e. corrode at certain spots. The corrosion rate depends on a large number of factors such as: the production procedure of the underground constructions, the employed material, the manner of burial, the chemical properties of the ground, the temperature of the environment, the presence of other objects and metal constructions in close vicinity etc. The complexity of the corrosion process increases if certain micro-organisms enter the process.

In this paper, a special reference to stray currents as the cause of corrosion of underground metallic structures (water, gas, petrol stations, power cables, tk. Plants) as well as the appropriate procedures for the protection of underground metal objects from stray currents.

Key words: corrosion, metal objects, the rate of corrosion, stray current, protection against corrosion

1. Uvod

Pod korozijom metala podrazumeva se proces razlaganja i odnošenja materijala sa njegove površine, usled hemijskog ili elektrohemijskog dejstva okolne sredine koja se ponaša kao korozivni elektrolit. Metalne konstrukcije kao što su mostovi, dalekovodi itd. podležu koroziji u atmosferskim uslovima, brodovi korodiraju u morskoj ili slatkoj vodi a korozija podzemnih metalnih objekata nastaje dejstvom galvanskih elemenata, delovanjem lutajućih struja i mikroorganizmima (biokorozija). Korozija je dakle prisutna svuda i na svakom mestu. Korozija metala počinje na površini odakle se brže ili sporije širi u dubinu metala, pri čemu dolazi do promene sastava metala i njegovih svojstava. U procesu korozije metal se potpuno ili nepotpuno rastvara ili se na površini metala obrazuje opna od produkta korozije. Prema načinu zbivanja korozija metala se deli na dve velike grupe: hemijsku i elektrohemijsku koroziju.

Hemijska korozija nastaje kada je metal u odsustvu vlage, na povišenoj temperaturi, u kontaktu sa agresivnim gasovima (gasna korozija) i kada je u kontaktu sa agresivnim tečnostima koje ne provode električnu struju (korozija u neelektrolitima).

Elektrohemijska korozija je razaranje materijala u kontaktu sa rastvorom elektrolita (kiselina, baze i soli) tj. sa rastvorom koji provodi struju (npr. zemlja). U daljem tekstu pod korozijom podrazumevaćemo elektrohemijsku koroziju. Brzina i intenzitet korozije zavise od niza faktora kao što su: sastav materijala metalnog objekta, struktura i sastav zemljišta (geološki sastav), vlažnost zemljišta, električna otpornost tla, PH faktor, prisustvo lutajućih struja itd.

2. Pokazatelji brzine korozije metala

Brzina korozije metala se izražava promenom mase, debljine, mehaničkih i fizičkih osobina metala. Postoje nekoliko jednačina za izračunavanje brzine korozije u zavisnosti da li se radi o promeni mase metala ili promeni mehaničkih i fizičkih osobina metala, kao i pod kojim uslovima mogu se primeniti (za primenu pojedinih jednačina potrebno je poznavanje hemijskog sastava produkta korozije metala).

Kod cevovoda brzina korozije se procenjuje po dubini koju je načinila u materijalu i izražava se u mm/god. Može se uzeti da se brzina korozije cevovoda odvija

izeđu 0,2-0,4 mm/god. Ukoliko se radi o agresivnim zemljištima, korozija može da iznese i do 1 mm/god.

Brzina korozije izazvana delovanjem lutajućih struja znatno prelazi navedene vrednosti i u zavisnosti od intenziteta lutajućih struja može dostići i do 5 mm/god.

Da bi se sagledao efekat intenzivne korozije usled delovanja lutajućih struja i da bi se sagledao njihov značaj mora se poći od Faradejovih zakona, tačnije od II Faradejovog zakona, kojim se može izračunati količina gvožđa koju za godinu dana odnese struja jačine jednog ampera. Laboratorijskim analizama dolazi se da jedan amper sruje odnese oko 6 kg materijala za godinu dana, pod pretpostavkom da se gvožđe otapa u obliku trovalentnih jona. Ukoliko se gvožđe rastvara u obliku dvovalentnih jona, onda je ta količina veća. Primena II Faradejovog zakona za izračunavanje količine odnetog materijala, podleže izvesnim korekcijama, samim tim što lutajuće struje nisu istog intenziteta i što su promenljivog smera, što onemogućava elektrolizu u laboratorijskim uslovima.

3. Korozija podzemnih metalnih objekata usled delovanja lutajućih struja – elektrokorozija

Lutajuće struje predstavljaju "parazitne" jednosmerne struje i jedan su od najopasnijih uzročnika korozije ukopanih, izolovanih ili neizolovanih metalnih objekata (cevovoda, gasovoda, naftovoda, svih vrsta rezervoara kao energetskih i telekomunikacionih kablova).

4. Potencijalni izvori lutajućih struja

Potencijalni izvori jednosmernih struja su koloseci električnih šinskih vozila (tramvaja, metroa, el. železnice), zatim pogoni jednosmerne struje u pristaništima i brodogradilištima, uređaji za električno zavarivanje kao i postrojenja za elektrohemijske procese. Delovanje lutajućih struja naročito je izraženo u gradskim i industrijskim područjima, odnosno u područjima tramvajskog i železničkog saobraćaja.

Mesta gde će se lutajuće struje pojaviti, odnosno nestati, njihov intenzitet kao i vreme nastajanja ne podležu pravilu, te su iz tih razloga i dobile ime lutajuće sruje.

JKP GS "Beograd", Beograd raspolaže i upravlja sa 110,5 km jednokolosečne tramvajske pruge sa dvanaest ispravljačkih stanica za napajanje mreže, pa samim tim može se lako zaključiti koliko su vitalni objekti za funkcionisanje grada ugroženi (vodovod, toplovod, benzinske pumpe, gasovodi, energetski kablovi, itd.). Gornji sloj pruge se sastoji iz koloseka, skretnica i ukrštanja i služi kao neposredna podloga za kretanje i usmeravanje tramvaja. Osnovni elementi savremenog tramvajskog gornjeg sloja su šine sa spojnim priborom oslonjene preko pragova na donju podlogu. Šine po svojoj funkciji treba da vode šinska vozila i pri tome od njih primaju kako vertikalne tako i horizontalne sile, kao i podužne horizontalne sile kao posledice temperaturnih promena. Te sile se prenose na pragove ili na gornji noseći sloj, a zatim preko donjeg nosećeg sloja na podtlo, odnosno zemljani trup. Šine,

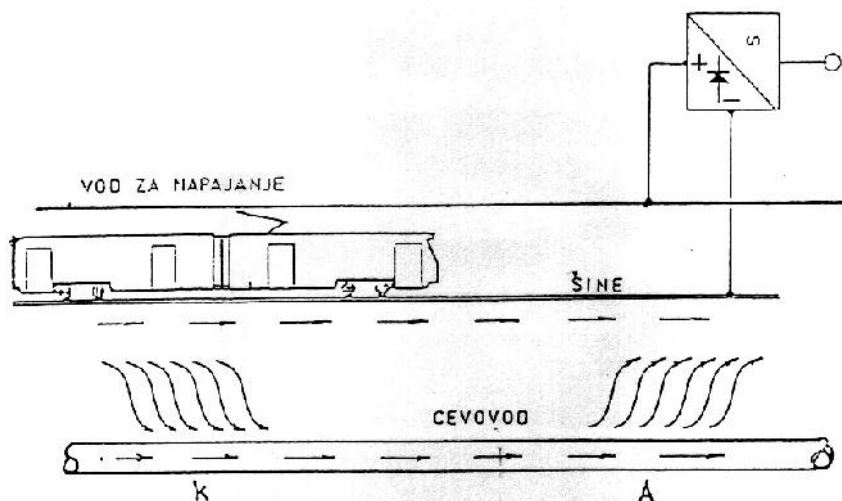
pored toga što su jedan od osnovnih konstruktivnih elemenata koloseka, imaju i ulogu povratnog voda za jednosmernu struju koja se koristi za pogon tramvaja.

Savremeno gledište na konstrukciju tramvajskog koloseka podrazumeva multi-disciplinarni pristup, koji treba da obuhvati konstruktivne elemente, ekološke elemente (naročito zaštitu od buke i vibracija) kao i zaštitu od lutajućih struja.

Na slici br 1. data je shema kretanja lutajućih struja u tlu.

Ispravljačke stanice koje napajaju tramvajsku mrežu jednosmernom strujom, locirane su tako da obezbeđuju potrebno napajanje cele tramvajske trase.

Pozitivan pol ispravljačke stanice vezuje se za vod za napajanje (vazdušni vod), dok tramvajske šine služe kao povratni vod. tok jednosmerne struje je: ispravljačka stanica za napajanje - vod za napajanje (pozitivan vod) - motori tramvaja - šine - povratni vod do napojne stanice.



Slika 1. Shema kretanja lutajućih struja u tlu

Međutim, tok jednosmerne struje u stvarnosti nije takav da se sva struja tramvajskim šinama vraća na negativan pol izvora za napajanje. Jedan deo te struje na pogodnom mestu napušta šine (načešća su to mesta male električne otpornosti šine-tlo) i prelazi u zemlju gde prelazi na neki podzemni metalni objekat (pr. cevovod) koristeći ga kao provodnik. Na pogodnom mestu ove lutajuće struje napuštaju PMO (pr. cevovod, gasovod) i ponovo se vraćaju na šine, da bi se povratnim vodom vratile u stanicu za napajanje.

Razlog pojave napuštanja šina i prelazak u zemlju na neki drugi PMO, odnosno stvaranje lutajućih struja, svakako treba tražiti u nekoliko uzročnika:

- mala prelazna otpornost između šina i tla (slaba izolovanost podloge šina prema tlu),
- velika otpornost zavarenih spojeva,

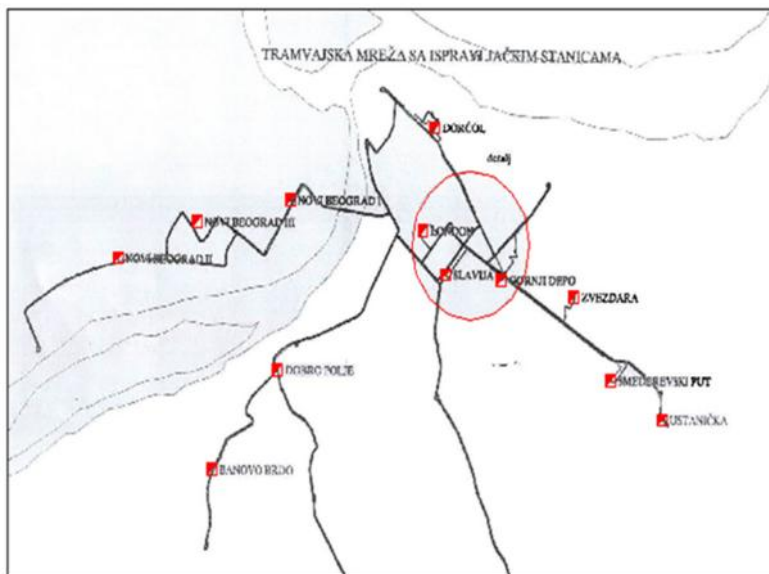
- nedovoljan presek šina pri maksimalnom opterećenju,
- nedovoljna efikasnost ili odsustvo premošćenja među šinama itd.

U nepovoljnim okolnostima lutajuće struje mogu da iznesu 70% do 80% pogonske struje, a intezitet lutajućih struja može biti i do nekoliko stotina ampera. Merenjem na pojedinim lokacijama u Beogradu, konstatovane su lutajuće struje reda veličine nekoliko desetina ampera.

Na lici br 1. uočavaju se dva karakteristična mesta: mesto gde struje ulaze na cevovod i mesto gde struje napuštaju cevovod.

U zoni ulaska struje na cevovod, potencijal cevovoda pomera se na vrednosti negativnijim od sopstvenog potencijala ($E_s = -0,56$ V) cevovoda i ovo područje naziva se katodno područje. Ova dodatna negativna polarizacija cevovoda koja je nastala dolaskom lutajućih struja na cevovod, sprečava pojavu korozije u katodnoj oblasti. Međutim ukoliko je intenzitet lutajućih struja toliko veliki da na mestima ulaska struje na cevovod dolazi do velikih negativnih napona (znatno negativnijih od sopstvenog), dolazi do pojave oštećenja na pasivnoj zaštiti (koja je najčešće na bazi bitumena) i koja se ogledaju u odlepljivanju pasivne zaštite od cevovoda. Na ovaj način dolazi do stvaranja novih mesta ulazaka lutajućih struja.

Na mestima gde lutajuće struje napuštaju podzemni metalni objekat (to su najčešće mesta male prelazne otpornosti) i prelaze u elektrolit (zemlju) da bi se vratile na šine a zatim u stanicu za napajanje, dolazi do "odnošenja materijala" sa površine čelične konstrukcije to jest do intenzivne korozije. Količina odnetog materijala srazmerna je anodnoj struji. Područje gde lutajuće struje napuštaju PMO zove se anodno područje.



Slika 2. Raspored ispravljačkih stanica duž tramvajskih pruga u Beogradu

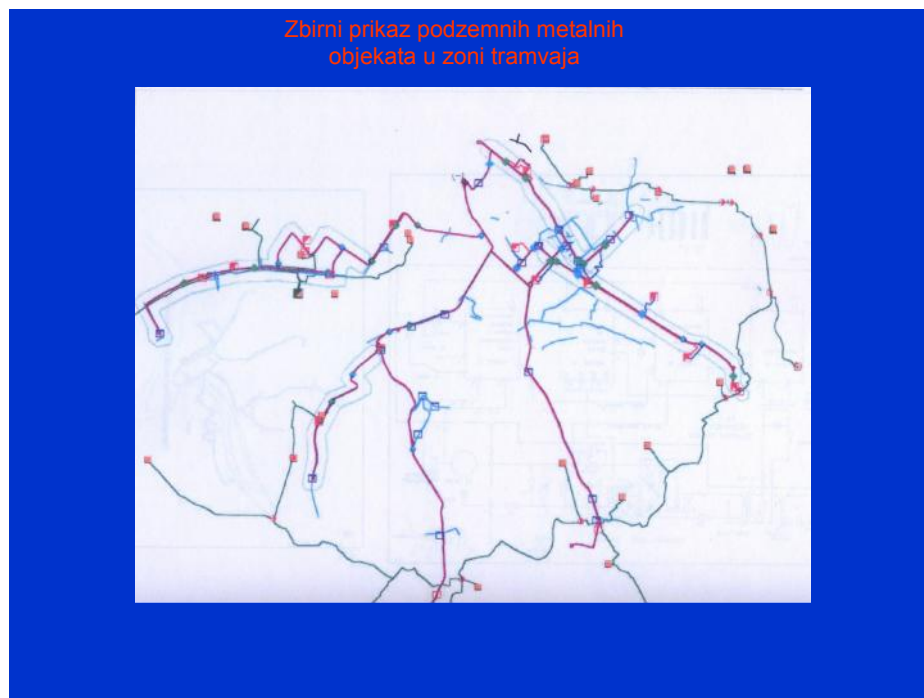
Na slici 2 je prikazan raspored ispravljačkih stanica u Beogradu iz kojih se napajaju tramvajske šine. Ove stanice predstavljaju glavni izvor lutajućih struja i pojačanje korozije podzemnih metalnih objekata u Beogradu.

Koroziju na cevovodu nastalu dejstvom lutajućih struja može se lako prepoznati. Na ovim mestima cevovod je razoren, odnosno ponestaju čitavi komadi cevovoda.

Rekonstrukcijom liveno-gvozdeneog cevovoda Ø 125mm u dužini od 120m, 2005. godine u Pariskoj ulici u Beogradu, moglo se neposredno videti uticaj lutajućih struja na liveno-gvozdene cevovode. Pomenuti cevovod je celom svojom dužinom bio perforiran. Perforacije su bile u nizu, jedna pored druge, sa gornje strane površine cevovoda, nepravilnog oblika površine od nekoliko cm² pa do nekoliko desetina cm². Ovako velike perforacije su svakako uticaj lutajućih struja.

Konstatacija prisustva lutajućih struja kao i njihovo merenje na nekom ukopanom metalnom objektu vrši se na nekoliko načina od kojih je najpouzdaniji korišćenje višekanalnog osciloskopa, kojim se u dužem vremenskom intervalu meri intenzitet lutajućih struja kao i drugi relevantni parametri. Jedna od jednostavnih i veoma često korišćenih metoda kojom se samo konstatuje prisustvo, a ne i intenzitet lutajućih struja na metalno-ukopanom objektu, je merenje potencijala PMO.

U Beogradu u zemlji ima zakopan veliki broj različitih metalnih objekata: vodovodi, gasovodi, toplovodi, metalni kablovi, rezervoari, itd. Svi ovi objekti su u velikoj opasnosti od dejstva ovih lutajućih struja. Na slici 3 je dat zbirni prikaz podzemnih objekata u odnosu na ispravljačke stanice.



Slika 3. Zbirni prikaz podzemnih metalnih objekata u Beogradu

5. Postupci zaštite podzemnih metalnih objekata od korozije usled delovanja lutajućih struja

Polazeći od prirode elektrokorozije razradene su dve grupe postupaka zaštite.

Prva grupa obuhvata kompleks mere za smanjenje lutajućih struja u tlu. Ove mere se mogu sprovesti kod elektrificiranog transporta, ali nemaju smisla kod sistema katodne zaštite.

Osnovne mere za smanjenje lutajućih struja u tlu su:

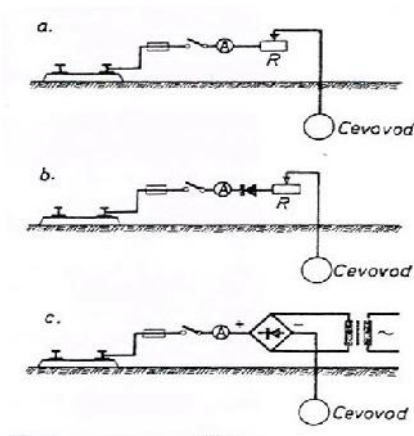
- povećanje prelazne otpornosti šina-tlo;
- povećanje provodljivosti šina povećanjem njihovog preseka,
- premošćivanjem pojedinačnih deonica ili njihovim zavarivanjem;
- povećanjem broja napojnih podstanica;
- povećanjem broja i provodljivosti odvodnih linija;
- izolacija šina od čeličnih konstrukcija mostova.

Druga grupa zaštitnih mera obuhvata intervencije na ukopanim metalnim objektima. Svrha ovih intervencija je da se što više spreči ulazak lutajućih struja u objekte i smanji štetno dejstvo lutajućih struja koje uđu u objekte.

Pri sprovođenju ovih mera treba voditi računa o sledećem:

- da se na ukopanim objektima eliminišu anodne zone i zone promenljivog znaka;
- da potencijal objekta u odnosu na tlo bude u svim tačkama negativan;
- da se ovaj potencijal nalazi u granicama između minimalnog zaštitnog i maksimalnog dozvoljenog.

Najrasprostranjenije metode smanjenja štetnog dejstva lutajućih struja koje uđu u ukopane objekte su elektrodrenažna zaštita i zaštita polarizovanim protektorima. Na slici 4. dat je prikaz primene elektrodrenaže za zaštitu podzemnih metalnih objekata od korozije.



Slika 4. Prikaz zaštite pomoću elektrodrenaža: a) direktna b) polarizovana c) pojačana

Ako se ukopani objekat poveže drenažnim premošćenjem sa šinama u blizini električne podstanice, potencijal objekta u odnosu na trlo postaće negativan i približiće se potencijalu šina u tačku premošćenja, a anodna zona postaće katodna.

Lutajuće struje će se iz objekta vratiti u šine kroz premošćenje. Jačina ovih struja zavisiće od otpornosti premošćenja i razlike potencijala između objekta i šina. Ovakvo odvođenje lutajućih struja iz ukopanih objekata, koje nije praćeno stvaranjem anodnih zona i korozijom, naziva se elektrodrenažna zaštita. Da bi elektrodrenažna zaštita bila efikasna otpornost drenažnog premošćenja mora da bude znatno manja od prelazne otpornosti između šina i ukopanog objekta.

6. Zaključak

Razvitek tehnike i industrijski progres u svetu i kod nas praćen je sve većim gubicima usled procesa korozije konstrukcionog materijala. Korozija je, praktično, prisutna svuda i na svakom mestu.

Metalne konstrukcije (mostovi, stubovi, toplovodi, naftovodi, dalekovodi, rezervoari itd.), brodovi, cevi i kablovi propadaju pod dejstvom agenasa korozije i delovanja lutajućih struja.

Većina konstrukcija, pre ukopavanja u tlo ili spuštanja u vodu, podvrgavaju se određenoj vrsti pasivne zaštite. Ali, za duži eksploatacioni vek ovako zaštićenih objekata elektrohemijska - katodna zaštita je veoma potrebna i pogodna, pa se veoma često upotrebljava.

Danas je katodna zaštita našla veliku primenu pri zaštiti: cevovoda, gasovoda, naftovoda, naftnih i gasnih bušotina, reni bunara, rezervoara, toplovoda, brodova itd.

7. Literatura

- [1] N. D. Tomashov, Teorija korozii i zashchiti metalov, Izd. AN. SSSR, 1960.
- [2] N. P. Zuk: Kurs teorii i zashchiti metalov, Metalurgija, 1976.
- [3] H. Kaesche, Die korrosion der metale, Springer Verlag, Berlin, 1979.
- [4] S. Kut, Pipes and Pipelines Manual and Directory, 1970.
- [5] W. Baeckma, Taschenbuch fur den kathodischen Korrosionschutz, Vulkan, Verlag-Essen, 1975.
- [6] M. Dcampbell, I. H. Lehr: Water well technology, Mc Graw-Hill, New York, 1974.
- [7] J. D. Miller, A. Tiller: Medical and technical publishing, Aylesburg, 1971.
- [8] W. R. Iverson, Nature, 217, 1265, 1968
- [9] Prof. dr Sreten Mladenović, "Korozija materijala", Univerzitet u Beogradu TMF, Beograd 1970.
- [10] Projekat - Istražni radovi u oblasti lutajućih struja i propisi za zaštitu podzemnih metalnih objekata od lutajućih struja na teritoriji grada Beograda.
- [11] Dr Dušan Stamenković, "Katodna zaštita", Beograd, 1985.

ZAŠTITA ČELIČNIH REZERVOARA AKTIVNOM ZAŠTITOM SA OBE STRANE

PROTECTION OF STEEL TANK ACTIVE PROTECTION ON BOTH SIDES

MIROSLAV POPOVIĆ¹, SAVA SAVIN², SRBOLJUB NEŠIĆ³,
DRAGAN PETROVIĆ⁴, NIKICA IVIĆ⁵, NEDELJKO KRSTAJIĆ⁶,
ČASLAV LAČNJEVAC⁷

Rezime: Katodna zaštita čeličnih konstrukcija i drugih objekata u zemlji (vodovodi, naftovodi, gasovodi, rezervoari itd.), je veoma značajna jer se njome postiže dodatna zaštićenost čeličnih objekata u zemlji od dejstva raznih agenasa korozije. Na taj način povećava se eksploatacioni vek objekata i njegova sigurnost u radu je veća. Iz ovih razloga je potrebno katodno zaštititi sve značajne čelične vododovne sisteme, a instaliranu opremu za katodnu zaštitu uredno održavati. Time će se postići dugovečnost u eksploataciji vodovodnih sistema.

Ključne reči: katodna zaštita, eksploatacija, vodovodni sistemi, rezervoari

Abstract: Cathodic protection of steel structures and other underground buildings (waterworks, oil pipelines, gas pipelines, tanks etc.) is very significant because it ensures the additional protection of underground steel structures against the effects of different corrosion agents. This, the exploitation life of the structure is increased and also its operation safety is greater. For these reasons it is necessary to apply the cathodic protection to all significant steel water supply systems as well as to maintain the installed equipment for cathodic protection regulery. In this way the long duration in exploitation of water supply systems will be obtained.

Key words: cathodic protection, exploitation, water supply systems, reservoir

¹ Miroslav Popović, dipl. inž, JKP VIK Novi Sad, Masarikova 17, Novi Sad

² Sava Savin, dipl. inž, JKP VIK Novi Sad, Masarikova 17, Novi Sad

³ Srboljub Nešić, dipl. inž, IDK, Kneza Miloša 7, Beograd

⁴ Dragan Petrović, dipl. inž, EPS Valjevo, Suvoborska 9, Valjevo

⁵ Nikica Ivić, dipl. inž, JKP VIK Novi Sad, Masarikova 17, Novi Sad

⁶ prof. dr Nedeljko Krstajić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd

⁷ prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Njegoševa 6, Zemun

1. Uvod

Korozija podzemnih metalnih konstrukcija je složen proces koji ima elektro-hemijsku prirodu, što se može ilustrovati na primeru korozije podzemnih čeličnih objekata. U kontaktu sa zemljištem, koje sadrži određenu količinu vlage, mineralnih materija i kiseonika, tako da se ponaša kao jonski električni provodnik čelična konstrukcija na pojedinim mestima počinje da se rastvara elektrohemijom putem. Brzinu i karakter korozije metala u tlu određuju: struktura i granulometrijski sastav tla, vlažnost zemljišta, mineralizacija i veličina pH tla, oksido-redukcioni potencijal elektrolita u tlu, propustljivost zemlje prema kiseoniku, električna provodljivost zemljišta, mikroorganizmi u zemlji i temperatura zemljišta. Sve vrste podzemnih metalnih objekata, vodovodi, toplovodi, naftovodi, gasovodi, rezervoari, električni kablovi, podležu koroziji. Ovi objekti obično imaju zaštitu koja ih štiti do nekog stepena od korozije. Međutim, potrebno je izvršiti i dodatnu zaštitu takvih podzemnih objekata kako bi njihova radni vek bio duži.

Za ukopane čelične rezervoare problem zaštite od korozije je dvostruk. Naime, ovi objekti su napadnuti od korozije i sa spoljašnje i sa unutrašnje strane. Iz tih razloga, prilikom predviđanja zaštite potrebno je uzeti u obzir mogućnost zaštite rezervoara sa obe strane.

2. Čelični rezervoari za vodu

Za potrebe snabdevanja čistom vodom delova Novog Sada napravljen je čelični rezervoar pitke vode „Čardak“, Sremska Kamenica, zapremine 1.000 m³. Spoljašnji prečnik rezervoara je 17.200 mm a debljina lima 7 mm. Visina rezervoara je 4.574 mm. Rezervoar je ukopan u zemlju.

Šema rezervoara data je na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz položaja čeličnog rezervoara

Sa spoljne strane, rezervoar je antikorozivno zaštićen toplo nanesenim bitumenskim trakama i betonskom košuljicom, a zatim zatrpan zemljom.

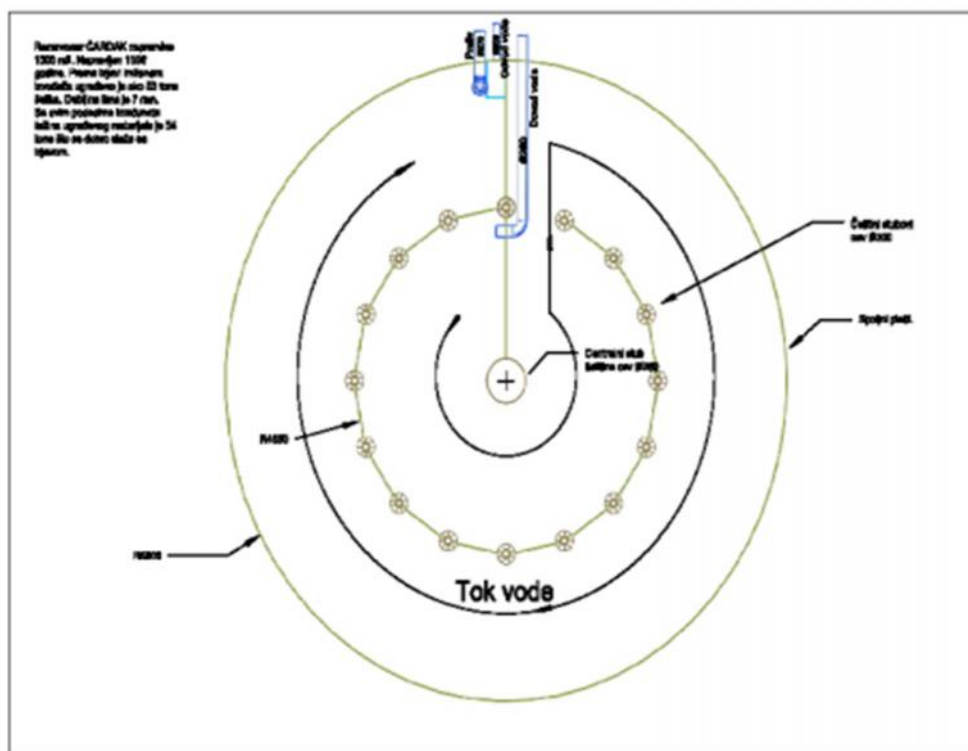
Unutrašnja površina rezervoara je antikorozivno zaštićena dvokomponentnim epoksidnim premazom Epoven u debljini 300 mikrona. Antikorozivna prevlaka unutrašnje površine rezervoara nije obnavljana od vremena izgradnje rezervoara i na pojedinim mestima je propala.

Na slikama 2-4 dat je prikaz pozicije i izgleda rezervoara sa unutrašnje strane.

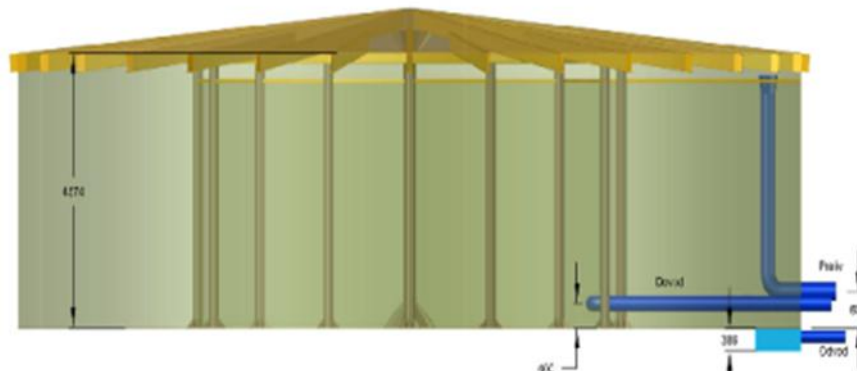
Rezervoar je pušten u rad 1987. godine i od tog doba nije izvršena ni jedna popravka urađenih zaštita spoljnih i unutrašnjih površina rezervoara.

Stanje spoljašnje površine rezervoara nije moguće utvrditi zbog položaja rezervoara. Unutrašnje površine su načete korozijom. Sa slika se vidi da je na pojedinim mestima propao zaštitni premaz.

Zadatak je bio da se razmotri mogućnost primene dopunske zaštite od korozije spoljašnjih i unutrašnjih površina čeličnog rezervoara. Pri tome trebalo je voditi računa da li je moguće primeniti aktivnu katodnu zaštitu sa spoljašnjim ili unutrašnjim izvorom struje odnosno, sa anodama ili protektorima. U oba ova slučaja primenjeni postupci i materijali ne smeju da ugroze kvalitet pijaće vode.



Slika 2. Poprečni presek čeličnog rezervoara



Slika 3. Izgled konstrukcije čeličnog rezervoara



Slika 4. Unutrašnji izgled rezervoara

Posmatrajući dati zadatak uočavaju se dva problema:

- zaštita spoljašnjih i unutrašnjih površina protektorima ili aktivnom zaštitom, i
- primena odgovarajućih anoda za zaštitu unutrašnjih površina rezervoara aktivnom zaštitom.

Prvi problem je jednostavan i rešava se razmatranjem veličinom i cenom opreme koja je potrebna za zaštitu svih površina rezervoara. Posmatrajući dva navedena slučaja za zaštitu spoljašnjih i unutrašnjih površina rezervoara i izvodeći proračun za oba slučaja zaštite ustanovljeno je da je postupak zaštite sa aktivnom zaštitom jednostavniji i jeftiniji od postupka sa protektorima. Ovo je svakako očiglednije za zaštitu unutrašnjih površina rezervoara jer je ovde potrebno koristiti anode koje pri svom radu neće davati nikakve štetne prinose pijaćoj vodi.

Sam postupak zaštite čeličnih površina ukopanih u zemlju ili koje se nalaze okružene vodom je dobro poznat i za njihovo izvođenje je potrebna sledeća oprema: stanica katodne zaštite, anode, merni stubovi i referentne elektrode.

Na osnovu proračuna i spoljašnje i unutrašnje geometrije rezervoara došlo se do sledeće opreme kojom se može štititi sve površine rezervoara.

Spoljašnja površina rezervoara će se štititi sa jednom stanicom katodne zaštite i sa četiri anoda od ferosilicijuma, koje će biti raspoređene oko rezervoara. Kontrola zaštitnog potencijala će se obavljati sa dve referentne elektrode koje će biti raspoređene na karakterističnim mestima oko rezervoara.

Unutrašnje površine će se štititi, takođe, sa aktivnom zaštitom uz korišćenje odgovarajućih anoda. Ovde je potrebno zapaziti da anode, koje će se koristiti za zaštitu unutrašnjih površina čeličnog rezervoara, moraju da budu od materijala koji se neće rastvarati u vodi i koji će omogućiti da se postignu uslovi zaštite od korozije. Materijali, koji se mogu koristiti u ovim slučajevima su: plemeniti metali iz grupe platina, titan legiran određenim elementima i legure cinka i magnezijuma. Uzimajući u obzir cenu i kvalitet navedenih materijala, najkorišćenije anode su anode od legiranog titana. Za zaštitu unutrašnjih površina rezervoara će se koristiti četiri anode od legiranog titana, koje će biti raspoređene na karakterističnim mestima tako da sve tačke budu pod zaštitnim potencijalom.

Shema rasporeda opreme i anoda za zaštitu spoljašnjih i unutrašnjih površina dati su na slici 5. Stanica katodne zaštite je projektovana tako da ima podešivače za dobijanje zaštitnih veličina posebno za spoljašnje površine a posebno za unutrašnje površine rezervoara.

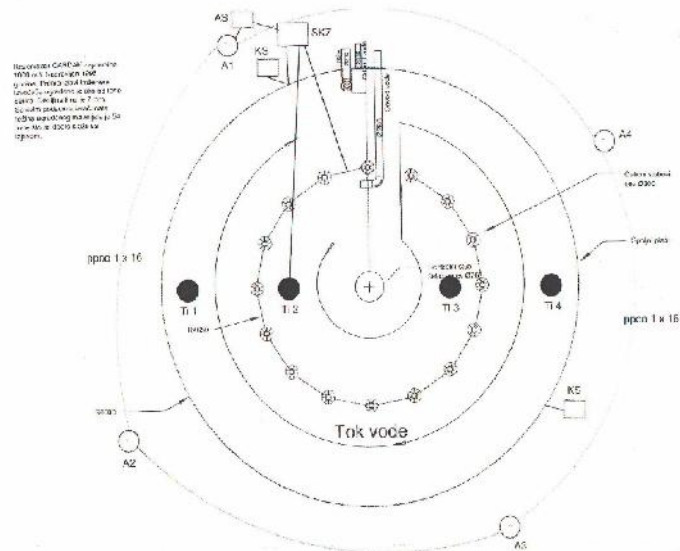
Montaža ovako projektovane i izrađene opreme je pokazala da se dobijaju veličine koje omogućavaju zaštitu unutrašnjih i spoljašnjih površina rezervoara od korozije. Takođe, produkti koji se javljaju u toku postupka zaštite ne utiču na kvalitet vode.

3. Zaključak

Zaštita spoljašnjih i unutrašnjih površina čeličnog rezervoara, koji su ukopani u zemlju, iziskuje od projektanta napor da obezbedi postupke i materijale za opremu kojim će se obezbediti zaštitne veličine za dodatnu zaštitu od korozije. Ovde treba posebno posvetiti pažnju prilikom odabira materijala za anode, koje se koriste za zaštitu unutrašnjih površina rezervoara. Ovi materijali bi moralo da budu inertni i istovremeno jeftini.

Na primeru zaštite jednog čeličnog rezervoara od korozije pokazan je postupak odabira opreme i njen raspored u spoljnoj i unutrašnjoj zapremini rezervoara.

Ovakav raspored projektovane opreme za zaštitu spoljašnjih i unutrašnjih površina čeličnog rezervoara je pokazao potrebne rezultate: svaka tačka spoljašnje i unutrašnje površine rezervoara je bila pod zaštitom. To daje garanciju da će vek trajanja ovog rezervoara biti duži nego da nije zaštićen dodatno od korozije.



Slika 5. Shema rasporeda spoljašnjih i unutrašnjih anoda i ostale opreme

4. Literatura

- [1] Antonijević M, Pavlović M, Lačnjevac Č, Mladenović S, Korozija i zaštita čelika, SITZAMS, Beograd, 1998.
- [2] Zuk N, P. Korozia i zashchita metallov, "Mashgiz", Moskva, 1975.
- [3] Pritula V. L, Zashchita zavodskih podzemnyu turboprovodov ot korrozii, "Metallurgiya", Moskva, 1961.
- [4] Mladenović S, Petrović M, Rikovski G, Korozija i zaštita materijala, "Rad", Beograd, 1985
- [5] Mladenović S, Korozija materijala, TMF, Beograd, 1990.
- [6] Milenković M, Mladenović S, Vučković I, Korozija i zaštita, Tehnička knjiga, Beograd, 1980.
- [7] Sebenji F, Hakl L, Korozija metala, Tehnička knjiga, Beograd, 1980.
- [8] Bregman Dz, Ingibitori korrozii, Izd. "Himiia", Moskva, 1966
- [9] Alcibeeva A, Levin S. Z, Ingibitori korrozii metallov, Izd. "Himija", Leningradsko otdelenie, 1968
- [10] Rozenfeld I, Persianceva V, Ingibitori atmosfernoj korrozii, Izd. "Nauka", Moskva, 1985.
- [11] Sluger M. A, Azogin F, Efimov E, Korrozia i zashchita metallov, Izd. "Metallurgija", Moskva, 1981
- [12] Mattsson E, Elektrohimičeskaja korrozia, Izd. "Metallurgija", Moskva, 1991.
- [13] Cistjakov V, Zamedliteli korrozii metallov, Izd. "Nauka i tehnika", Minsk, 1965

- [14] Mladenović S, Zaštita metala vodovodne instalacije primenom inhibitora, Zaštita materijala 35, 1995 142-155.
- [15] Mladenović S, Konzervacija i mehanizam zaštite, Zaštita materijala, 38, 1998, 3-11.
- [16] Mladenović S, Obrada recirkulacione vode inhibitorima korozije metala, Zaštita materijala, 39, 1999, 14-33.
- [17] Bekman P, Shven V, Katodnaya zashchita metallov, "Metallurgiya", Moskva, 1984.
- [18] Dubrovskii V. G, Volotkovskii S. A, Zabludovskii V. Ya, Zashchita ot korrozii podzemnoikh sooruzenii promyushlenn'ikh predpriyatii, "Tekhnika", Kiev, 1979.
- [19] Vorobeeva G. Ya, Korroziionaya stoikost materialov v agresioniih sedakh himicheskikh proizvodstv, Izd. »Khimia«, Moskva, 1975.
- [20] John D. G, Cathodic protection for reinforced structures, CAPCIS, 001.96, 1996.
- [21] Kenedell K, Lewis, D. A, Bridge deckss: cathodic protection, Contractor Report 4, Transport and Road Rescarsh Laboratory, Crowthorne, 1984.

BEHAVIOR ALLOY PROTECTORS FOR PROTECTION OF STEEL CONSTRUCTION FROM CORROSION

PONAŠANJE ZATITNIH LEGURA ZA ZAŠTITU ČELIČNIH KONSTRUKCIJA OD KOROZIJE

JELENA PJEŠČIĆ¹, DRAGAN RADONJIĆ², DARKO VUKSANOVIĆ³,
ČASLAV LAČNJEVAC⁴

Abstract: This work was carried out of behavior of Al-Zn alloy systems in chloride solutions of different concentrations, with additional alloying indium, gallium and bismuth as micro alloying elements. In addition to these elements is done by the alloying with tin.

Thus obtained aluminum alloy with additional corrosion and electrochemical tests give a chance to produce their own sacrificial electrodes.

In preparing the concept on which this paper is based, started from the fact that there are a number of influential factors, starting from the chemical composition, methods of melting, alloying and casting methods that would allow obtaining high-quality alloy that can be effectively used as a protector.

Key words: corrosion, protectors, alloys

Rezime: Ovaj rad objašnjava ponašanje Al-Zn legura u sistemu hloridnih rastvora različitih koncentracija, uz dodatno legiranje indijumom, galijumom i bizmutom kao mikro legirajućim elementima. Pored ovih elemenata vrši i legiranje sa kalajom.

Ovako dobijene legure aluminijuma na dodatnim testovima na koroziju pokazuju da su osobine ovih "žrtvenih" elektrode izuzetnih karakteristika.

Ispitivanja sprovedena u ovom radu pokazuju da postoji veliki broj uticajnih faktora, počev od hemijskog sastava, načina topljenja, legiranja i livenje koje bi omogućile dobijanje legura visokog kvaliteta koje se mogu efikasno koristiti kao zaštitne legure u procesu primene protektorne zaštite.

Ključne reči: korozija, protektori, legure

¹ prof. dr Jelena Pješčić, University of Montenegro, Metallurgy and Technology Faculty, Cetinjski put bb, Podgorica, Montenegro

² prof. dr Dragan Radonjić, University of Montenegro, Metallurgy and Technology Faculty, Cetinjski put, Podgorica, Montenegro

³ prof. dr Darko Vuksanović, University of Montenegro, Metallurgy and Technology Faculty, Cetinjski put, Podgorica, Montenegro

⁴ prof. dr Časlav Lačnjevac, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun, Belgrade

1. Introduction

Protector electrode is applied in industry, infrastructure facilities, warehouses, shipyards, machinery operating in hostile environments, especially if they contain chlorides. The procedure protectorate care is based on the application of metal alloys electro negative as a protector (galvanic anodes or sacrificed anode).

Examination given in this paper has shown that it is very important to know how to obtain aluminum alloy, and its genetics, and its further treatment (thermal, mechanical).

On getting sacrificed alloy affects a number of factors, ranging from the choice of chemical composition, method of melting, alloying and casting methods that allow obtaining high-quality alloys. Types of alloys obtained in our laboratory with additional corrosion and electrochemical tests give a chance to produce own sacrificial electrode with the addition of certain micro-alloying elements such as indium, gallium and bismuth.

Obtained by monitoring the behavior of alloys in aggressive solutions of different concentrations of NaCl will come to the conclusion of the above micro-alloying elements has a dominating influence on the corrosion characteristics of the investigated alloys.

2. Experimental

Experimental investigations include three phases:

- preparing materials and casting of Al-alloy,
- testing the chemical composition and microstructure,
- examination of corrosion and electrochemical characteristics of Al-alloys in 0.51 M NaCl and 0.051 M at room temperature.

Chemical composition of the obtained alloys was investigated by the X-RAY quantometer, nondestructive method. The microstructure of the investigated alloys was carried out on samples prepared for corrosion tests, in which micrographs were made before and after corrosion tests.

Corrosion testing of aluminum alloys of high activity (sacrificial electrodes) was performed on a computerized PAR device, a system with a saturated calomel electrode.

Corrosion tests include the following methods:

- corrosion potential versus time,
- polarization resistance method
- potentiodynamic method.

3. Results and Discussion

Results of chemical composition of Al-alloys obtained by the nondestructive method on X-RAY quantometer are given in Table 1.

Table 1. Chemical composition of Al-alloys

Element	Alloy 1	Alloy 2	Alloy 3	Alloy 4
Zn	4.30	1.10	3.90	4.62
Sn	0.95	0.002	0.64	1.00
Bi	-	-	0.20	-
In	0.005	0.005	-	0.50
Ga	0.01	0.009	0.50	1.04
Fe	0.03	0.28	0.36	0.18
Si	0.10	0.11	0.11	0.10

Table 1 shows that in all obtained alloys zinc content varied from 1.10 to 4.62%, tin from 0.002 to 1.0%, bismuth was present only in alloy 3 (0.20%). The content of indium in alloys 1 and 2 was 0.005%, while in alloy 4 was 0.50%. As micro-alloying element gallium was added in all alloys, and the content ranged from 0.009% in the alloy 2 to 1.04% in the alloy 4. As a constant admixture obtained in all alloys present as iron and silicon.

Results of corrosion tests in solutions of 0.51 M NaCl and 0.051M for all three test methods are given in Tables 2, 3 and 4.

Table 2. Change in corrosion potential as a function of time (initial and final potential)

Alloy	0.51 M NaCl		0.051 M NaCl	
	E_{in} [mV]	E_{fin} [mV]	E_{in} [mV]	E_{fin} [mV]
1	-1159	-980	-1254	-918
2	-938	-903	-833	-734
3	-1380	-1324	-1340	-1263
4	-1439	-1512	-1419	-1440

Table 3. Polarization resistance method

Alloy	0.51 M NaCl			0.051 M NaCl		
	$e(j=0)$ [mV]	R_p [k Ω]	j_{corr} [μ A/cm ²]	$e(j=0)$ [mV]	R_p [k Ω]	j_{corr} [μ A/cm ²]
1	-1021	1.1743	19.49	-1066	4.9318	4.4
2	-913	0.2782	78.03	-807.5	1.4984	14.49
3	-1362	0.1936	112.12	-1299	0.088	246.63
4	-1462	0.08622	251.6	-1429	0.1255	173.1

Table 4. Potentiodynamic method

Alloy	0.51 M NaCl	0.051 M NaCl
	$e(j=0)$ [mV]	$e(j=0)$ [mV]
1	-1010	-903
2	-919	-780
3	-1332	-1230
4	-1507	-1420

Figures 1-6 show the histogram results of the corrosion potential, polarization resistance and corrosion current density in 0.51 M and 0.051 M NaCl.

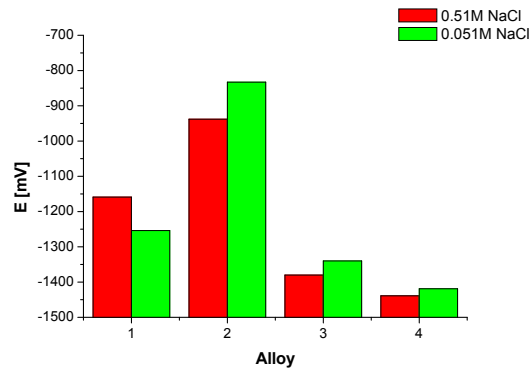


Figure 1. Histogram of the initial corrosion potential

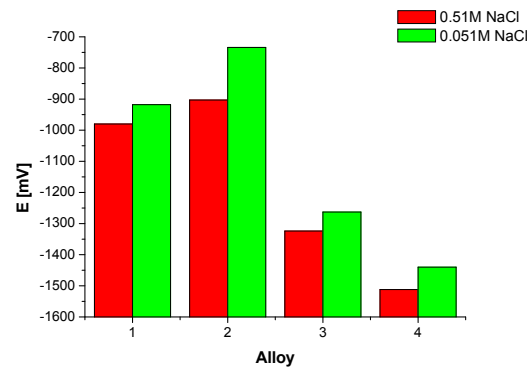


Figure 2. Histogram of the final corrosion potential

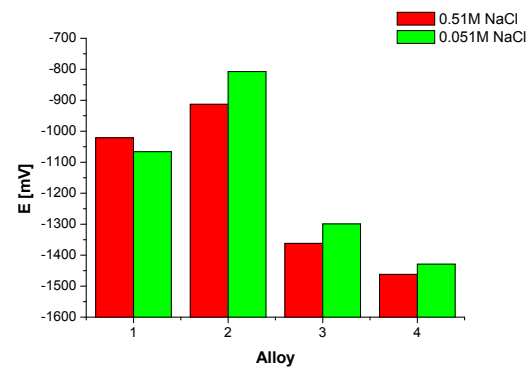


Figure 3. Histogram of the $e(j=0)$ for polarization resistance method

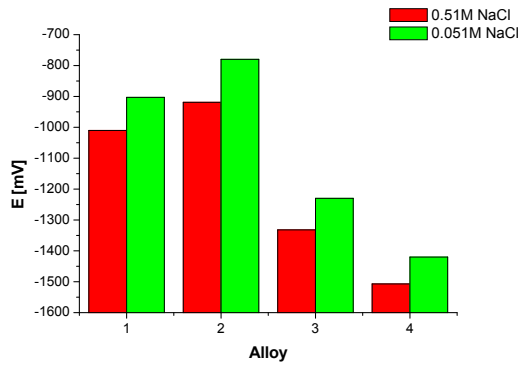


Figure 4. Histogram of the $e(j=0)$ for potentiodynamic method

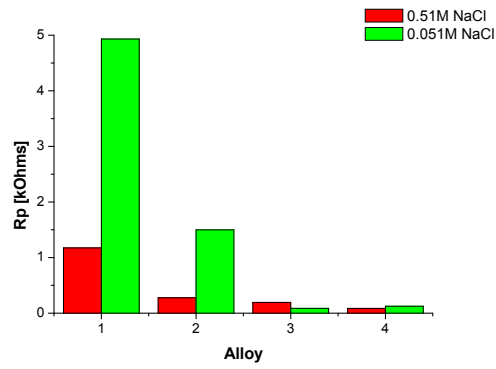


Figure 5. Histogram of the polarization resistance

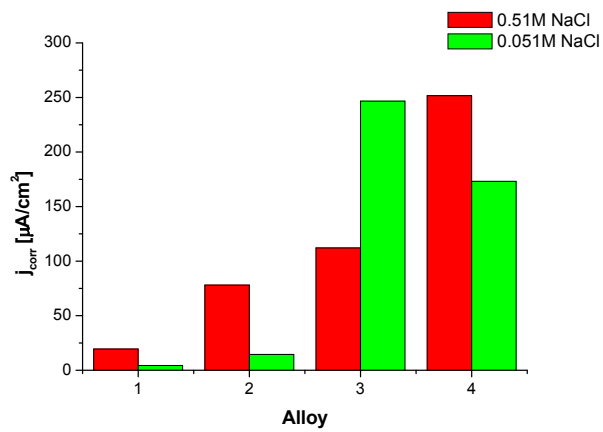


Figure 6. Histogram of the corrosion current density

The obtained results of the corrosion behavior of sacrificed electrodes show their different behavior depending on the concentration of alloying elements. The most negative final corrosion potential in 0.51 M and 0.051M NaCl had alloy 4 as a result of higher content of Zn, Sn, In and Ga in comparison to other investigated alloys. As for the value of polarization resistance and current density in 0.51M NaCl solution alloy 4 had the lowest value of R_p , and most of j_{corr} , while in 0.051M NaCl solution alloy 3 had the lowest value of R_p , and most of j_{corr} .

4. Conclusion

The choice of alloying elements due to the specificity of their effect on the corrosion activity is a very important condition for obtaining high-quality alloys for the production of protectors.

Based on the experimental results of monitoring corrosion behavior of Al alloys and corrosion potential versus time, it was found that the alloys 3 and 4 showed excellent corrosion activity in chloride solutions, with observed more negative values of corrosion potential for alloy 4, which is result of higher content of zinc, tin, indium and gallium in comparison to other alloys.

The values of corrosion current densities are extremely high (and low polarization resistance), for alloys 3 and 4, but alloy 4 still gave extremely high values of corrosion current density in 0.051M and 0.51M NaCl. This behavior can be attributed to the effect of chemical composition.

Analyzing all the results obtained, it can be concluded that the alloys 3 and 4 completely fulfill a given goal of research and as such can be used effectively as protectors to protect valuable structures and equipment that requires this type of protection.

5. References

- [1] M. Pourbaix "Atlas of Electrochemical Equilibrium in aqueous solutions", Oxford, 1966
- [2] L. F. Mondolfo, Aluminum alloys-structure and properties, Butterworths, 1976
- [3] S.A. Gincberg, Formation and dissolution behavior of anodic oxide films on aluminum, Japan, 438-456, 1979
- [4] J. G. Ivašina, L.E Šprengelj, Zaštita truboprovodov ot korozii, 5-7, 1980
- [5] D. R. Salinas, S. G. Garcia, J. B. Bessone Influence of alloying elements and microstructure on aluminium sacrificial anode performance: case of Al-Zn, Journal of Applied Electrochemistry, 29 (9), 1063-1071, 1999
- [6] S. Valdez, M. A. Talavera, J. Genesca and J. A. Juarez-Islas, Activation of an Al-Zn-Mg-Li alloy by the presence of precipitates to be used as sacrificial anode, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 654, Materials Research Society, 351-356, 2001
- [7] J. Pješčić, D. Radonjić, D. Vuksanović, Lj. Samardžić, Ispitivanje ponašanja protoktorskih legura na bazi sistema Al-Zn u rastvorima hlorida različitih koncentracija, Zaštita materijala 51(2), 94-98, 2010

OBAVEZE I ZADACI U POSTUPKU PRIJEMA SRBIJE U EU KOJI SE ODOSE NA KVALITET I BEZBEDNOST VODE ZA PIĆE I UPRAVLJANJE OTPADNIM VODAMA

DUTIES AND TASKS IN THE PROCESS OF THE ACCESSION OF SERBIA TO THE EU RELATING TO THE QUALITY AND SAFETY OF DRINKING WATER AND WASTEWATER MANAGEMENT

ZORAN PENDIĆ¹, ČASLAV LAČNJEVAC², ALEKSANDAR ŽJAK³,
RAJKO PENDIĆ⁴, ŽELJKO MARKOVIĆ⁵, VESNA MIOLJEVIĆ⁶,
ZDENKA MAKUC⁷, LJILJANA JOVANOVIĆ⁸, VESNA RELJIĆ ĆURIĆ⁹,
SVETLANA UROŠEVIĆ¹⁰

Rezime: Srbija je u procesu pristupanja EU. Pristupni pregovori se u osnovi odnose na usklađivanje našeg zakonodavstva sa pravnim tekovinama EU. Pregovori se vode u okviru 35 pregovaračkih poglavlja. U radu će pažnja biti posvećena pregovaračkim poglavljima od posebnog interesa za upravljanje vodama – posebno za povišenje kvaliteta i bezbednosti vode za piće, i upravljanje otpadom, posebno za upravljanje otpadnim vodama.

Ključne reči: Republika Srbija, Evropska unija, proces pridruživanja, upravljanje vodama, upravljanje otpadom

Abstract: Republic of Serbia is in the process of accession to the European Union. Accession negotiations are basically related to the harmonization of our legislation with the EU acquis. Negotiations are conducted within the 35 negotiating chapters. In this paper, attention will be paid to the negotiating chapters of particular interest for water management – especially for increasing the quality and safety of drinking water, and waste management – especially for wastewater management.

Key words: Republic of Serbia, European Union, process of accession, water management, waste management

¹ mr Zoran Pendić, dipl. inž., RC SITS, Kneza Miloša 7, Beograd

² prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Njegoševa 6, Zemun

³ mr Aleksandar Žjak, dipl. inž., savetnik RC SITS, Kneza Miloša 7, Beograd

⁴ Rajko Pendić, dipl. ek., EUROSOLUTIONS, Ustanička 189, Beograd

⁵ mr Željko Marković, dipl. inž., Dimničar, Deligradska 26, Beograd

⁶ dr sci. med. Vesna Micoljević, Klinički centar Srbije, Pasterova 2, Beograd

⁷ prof. dr Zdenka Makuc, Visoka zdravstveno sanitarna škola Visan, Tošin Bunar 7a, Beograd

⁸ dr med. Ljiljana Jovanović, spec. epid., Ministarstvo zdravlja RS, Nemanjina 22-26, Beograd

⁹ mr sci. med. Vesna Reljić-Ćurić, ZZZZ radnika Železnice Srbije, Savska 23, Beograd

¹⁰ Svetlana Urošević, teh. savetnica, RC SITS, Kneza Miloša 7, Beograd

1. Uvod

Pregovori o pristupanju Srbije Evropskoj uniji (EU) formalno su počeli 21.01.2014. godine, kada je održana prva međuvladina konferencija EU i Srbije u Briselu. Osnovni princip pregovora je da „ništa nije dogovoreno dok sve nije dogovoreno“. Drugim rečima, sva poglavlja se zatvaraju privremeno, a kada se uskladi i zatvori poslednje poglavlje – potpisuje se Ugovor o pristupanju Srbije EU. Do potpisivanja Ugovora sva privremeno zatvorena poglavlja mogu ponovo da se otvore, a nakon potpisivanja Ugovora to više nije moguće [1].

U toku pregovora ne pregovara se o zakonodavstvu EU, već se od Srbije traži da dokaže da može da sa uskladi i da u praksi primenjuje zakonodavstvo EU. Dakle, primena zakonodavstva EU je uslov za članstvo Srbije u EU. Međutim, ovde postoji određena fleksibilnost, ali samo u smislu da ne mora svo zakonodavstvo EU da se primenjuje od trenutka pristupanja Srbije EU. Ovo se obrazlaže u tzv. prelaznim aranžmanima u kojima se definišu oblasti u kojima se Srbiji daje određeni rok da nakon pristupanja EU u potpunosti primeni zakonodavstvo EU u praksi. Najčešći razlog za prelazne aranžmane su velika infrastrukturna ulaganja u pojedine oblasti privrede (životna sredina, poljoprivreda...), koja se često mogu realizovati samo u primerenim rokovima. Ovde treba istaći da i EU može da zatraži određene prelazne rokove u toku kojih Srbija ne bi mogla da uživa sva prava koja proističu iz članstva u EU.

Npr. Rumuniji, Bugarskoj i Hrvatskoj je odobren veći broj tranzicionih aranžmana i to najviše u poglavljima 22 – Životna sredina i 11 – Poljoprivreda i ruralni razvoj. Najduži prelazni rok u slučaju Rumunije bio je 11 godina, koji se odnosi na izgradnju sistema za prikupljanje i obradu otpadnih voda. U slučaju Hrvatske rok do 1. januara 2024. godine se odnosi na usklađivanje sistema za tretiranje otpadnih voda [1].

Poglavlja bitna za pregovaranja u oblasti upravljanja vodama i upravljanja otpadom su: 27 – Životna sredina, 28 – Zaštita potrošača i zaštita zdravlja, 12 – Bezbednost hrane (i vode), veterinarska i fitosanitarna politika, 11 – Poljoprivreda i ruralni razvoj. Važno je i poglavlje: 5 – Javne nabavke. Dosadašnjim eksplanatornim skrininzima (preko video linka) i obukama za poglavlja 12, 11 i 5 prisustvovali su saradnici Saveza inženjera i tehničara Srbije, o čemu su sačinjeni i odgovarajući izveštaji [2]. Eksplanatorni skrining za poglavlje 27 biće održan od 15. do 19. septembra, a bilateralni je planiran od 17. do 21. novembra ove godine.

Pre početka pregovora Evropska komisija (EK) dala je procenu napora koje treba Srbija da učini da bi se usaglasila sa pravnim tekovinama EU u pojedinim poglavljima. Napori su svrstani u četiri stepena težine: ne očekuju se velike teškoće; potrebno je više napora; potreban je značajan napor; potpuna neusklađenost sa zakonodavstvom EU. Za poglavlja koja su od interesa za ovaj rad, potrebni napori procenjeni od strane EK na početku pregovora dati su u tabeli 1 [3]. Kao što se vidi ni jedno od poglavlja iz tabele 1 nije svrstano u najniži stepen težine.

Poglavlje 27 biće, kao što je bilo i svim državama u procesu pristupanja EU, najveći izazov za Srbiju. Procene su da će Srbiji do 2030. godine biti potrebno oko 11 milijardi evra da bi dostigla ekološke standarde EU, od čega će oko 50% biti utrošeno na prečišćavanje otpadnih voda [4-6].

Tabela 1. Napori procenjeni od strane EK

Pravna tekovina EU	Procena EK na početku pregovora
27 – Životna sredina	Potpuna neusklađenost sa zakonodavstvom EU
28 – Zaštita potrošača i zaštita zdravlja	Potrebno je više napora
12 – Bezbednost hrane (i vode), veterinarska i fitosanitarna politika	Potrebno je više napora
11 – Poljoprivreda i ruralni razvoj	Potrebno je značajan napor
05 – Javne nabavke	Potrebno je više napora

2. Poglavlje 27

U okviru zakonodavstva EU koje se odnosi na zaštitu životne sredine, najviše je zastupljena oblast zaštite i upravljanja vodama, koja je pokrivena sa preko pedeset akata.

Zakonodavstvo EU o vodama značajno je izmenjeno 23. oktobra 2000. godine, kada je usvojena Direktiva o vodama [7-9]. Direktiva je stupila na snagu 22. decembra 2000. godine.

Ključni ciljevi politike EU sadržani u ovoj direktivi su [10, 7-9]:

- **Sveobuhvatna zaštita svih voda**, što podrazumeva zaštitu svih voda primenom principa integralnog upravljanja vodnim resursima, i to kopnenih površinskih voda, mešovitih voda, obalnih morskih voda i podzemnih voda;
- **Postizanje dobrog status svih voda** u roku od 15 godina po usvajanju direktive;
- **Integralno upravljanje rečnim slivom**, čak i preko administrativnih i međunarodnih granica, što obuhvata planove upravljanja slivom, koordinirane programe monitoringa i izveštavanje;
- **„Kombinovani pristup“** za koncentrisane i rasute izvore zagađivanja, kojim se obezbeđuje kontrola ispuštanja i emisije u površinske vode i to: kontrolisanjima emisija zasnovanih na najboljim raspoloživim tehnologijama; ili praćenjem graničnih vrednosti emisija; ili, u slučaju rasutih uticaja, odgovarajućim kontrolisanjima uključujući, po potrebi, najbolje prakse u oblasti životne sredine.

Član 7. Direktive o vodama posvećen je vodama koje se koriste za zahvatanje za vodu za piće. Ovim članom se zahteva da sve države članice EU [7-9]:

- identifikuju sva vodna tela koja se koriste za zahvatanje za vodu namenjenu za ljudsku potrošnju veću od 10 m³/dan prosečno, ili služe za snabdevanje više od 50 osoba;

- identifikuju vodna tela za koje se planira da će se koristiti za takvu upotrebu u budućnosti;
- obezbediti da će, uz primenu adekvatnih postupaka prečišćavanja, prečišćena voda zadovoljavati zahteve relevantnih direktiva (Direktiva 80/778/EEC, dopunjena Direktivom 98/83/EC);
- obezbediti potrebne mere za zaštitu identifikovanih vodnih tela radi sprečavanja pogoršanja kvaliteta vode, a sa krajnjim ciljem smanjenja stepena prečišćavanja koji je potreban u proizvodnji vode za piće. Pri tom se mogu uspostaviti zaštitne zone za ta vodna tela.

Za potrebe ovog rada biće pomenute neke bitne direktive EU [9,11-15] čije odredbe utiču na bezbednost i kvalitet vode za piće za javno snabdevanje stanovništva, kao i na upravljanje otpadnim vodama.

Osnovni cilj Direktive o kvalitetu vode namenjene za ljudsku potrošnju 98/83/EC [12, 13] od 3. 11. 1998. godine je da zaštiti zdravlje ljudi od negativnih uticaja bilo koje kontaminacije vode za piće, obezbeđujući da ona bude zdrava i čista. Direktiva zahteva se da redovno prati kvalitet vode za piće upotrebljavajući metodu *uzorkovanja*, pri čemu uzorke treba uzimati tako da su oni reprezentni za kvalitet vode isporučivane u toku cele godine. Takođe, ukoliko se o bilo kom delu vodovodnog sistema primenjuje dezinfekcija, efikasnost primenjene dezinfekcije mora da se proverava, i da se drži pod kontrolom kontaminacija usled nus-produkata postupka dezinfekcije. Direktiva zahteva i redovno adekvatno i aktuelno informisanje potrošača o kvalitetu vode za piće.

Rešenja sadržana u Direktivi o zaštiti podzemne vode od zagađivanja i pogoršavanja kvaliteta 2006/118/EC [14, 15] od 12. decembra 2006. godine polaze od činjenice da su podzemne vode značajan prirodni izvor za proizvodnju vode za piće, pa ih treba štititi od degradacije kvaliteta. Direktiva utvrđuje posebne kriterijume za: procenu hemijskog statusa podzemne vode; utvrđivanje značajnih i stalnih uzlaznih trendova i za određivanje početnih tačaka za promenu. Shodno direktivi, najviše granične vrednosti zagađujućih supstanci, uz izuzetak nitrata i pesticida čiji se nivo određuje posebnim zakonodavstvom EU, utvrđuju se na nacionalnom nivou, na nivou područja rečnog sliva ili delu područja međunarodnog rečnog sliva u okviru teritorije neke države članice, ili na nivou tela ili grupe tela podzemne vode. Ovde treba ukazati na činjenicu da se oko 75% vode za piće u EU dobija preradom podzemnih voda.

Direktiva Saveta koja se odnosi na zaštitu voda od zagađivanja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora 91/676/EEC [16, 17] od 12. decembra 1991. godine ima za cilj: smanjenje zagađivanja vode uzrokovanog ili podstaknutog nitratima iz poljoprivrednih izvora i sprečavanje daljeg takvog zagađivanja.

Cilj Direktive o proceni i upravljanju rizicima od poplava 2007/60/EC [18,19] je da smanjivanji štetne posledice poplava na ljudsko zdravlje, životnu sredinu, kulturno nasleđe, privrednu aktivnost, infrastrukturu i imovinu. Zahteva se da država članica sačini preliminarnu procena rizika od poplava na osnovu raspoloživih ili lako

dostupnih informacija, kao što su istorijski podaci i analize dugoročnih tendencija, a posebno uticaj klimatskih promena na pojavu poplava, radi obezbeđenja procene mogućih rizika. Procena kao minimum treba da uključi: karte vodnog područja pogodne razmere, sa granicama rečnih slivova, podslivova i, gde postoje, priobalnih područja, sa prikazom topografije i načina korišćenja zemljišta; opis istorijskih poplava koje su imale značajne štetne uticaje na ljudsko zdravlje, životnu sredinu, kulturno nasleđe i privrednu aktivnost, uključujući dosezanje, pravce tečenja i procenu štetnih uticaja koje su proizvele, ukoliko još uvek postoji mogućnost pojave sličnih događaja u budućnosti; opis značajnih istorijskih poplava za koje se u sličnim budućim događajima mogu očekivati značajne štetne posledice. Država članica takođe ima obavezu da pripremi u najpogodnijoj razmeri karte ugroženosti od poplava i karte rizika od poplava na nivou vodnog područja ili jedinice upravljanja.

Namena Direktive Saveta koja se odnosi na prečišćavanje urbanih otpadnih voda 91/271/EEC [20, 21] od 21. maja 1991. godine, dopunjene Direktivom komisije 98/15/EC [22, 23] od 27. februara 1998. godine, je da se obezbedi sakupljanje, prečišćavanje i ispuštanje urbanih otpadnih voda i prečišćavanje i ispuštanje otpadnih voda iz određenih industrijskih sektora. Njen osnovni cilj je zaštita životne sredine, a time i zaštita izvorišta vode za piće, od nepovoljnih uticaja ispuštanja otpadnih voda. Prema Direktivi, stepen prečišćavanja određuje se prema vrsti vodoprijemnika, odnosno od stepena osetljivosti vodoprijemnika, koji se određuje prema definisanim kriterijumima za utvrđivanje osetljivih i manje osetljivih vodoprijemnika. Ova Direktiva obavezuje državu članicu da obezbedi da sva naselja budu opremljena kolektorskim sistemima za urbanu otpadnu vodu, i da urbane otpadne vode iz kolektorskih sistema pre ispuštanja budu podvrgavane sekundarnom ili odgovarajućem prečišćavanju, u zavisnosti od broja stanovnika u naselju. Tamo gde uspostavljanje kolektorskog sistema nije opravdano, bilo zato što ne bi proizvelo korist za životnu sredinu ili zato što bi izazvalo izuzetne troškove, treba primeniti individualne sisteme ili druge prikladne sisteme kojima se postiže jednaka zaštita životne sredine. Direktiva uvodi i kontrole odlaganja mulja iz pročišćenih otpadnih voda (odlaganje ili korišćenje mulja u poljoprivredi regulisano je Direktivom o zaštiti životne sredine, posebno zemljišta, kod upotrebe mulja iz uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u poljoprivredi 86/278/EEC od 12. juna 1986. godine [24]).

Veoma važna za oblast zaštite i upravljanja vodama je i Direktiva o deponijama 99/31/EC [25] od 26. aprila 1999. godine, koja ima za cilj da se uvođenjem strogih tehničkih zahteva redukuju negativni efekti odlaganja otpada na životnu sredinu, naročito na zemljište, podzemne i površinske vode, kao i efekti na zdravlje stanovništva. Treba istaći da je tercijarno prečišćavanje otpadnih voda, u toku kojeg se iz njih uklanjaju nutrijenti (azot i fosfor), obavezno u slučaju prečišćavanja otpadnih voda koje se ispuštaju u jezera, druge akumulacije vode i plitke vodotokove. EU zahteva ovu vrstu prečišćavanja od svih zemalja u slivu Dunava, što znači da će Srbija morati da primeni tercijarno prečišćavanje za sve otpadne vode koje se ispuštaju u naše reke koje pripadaju slivu Dunava.

Direktiva o zagađivanju uzrokovanom određenim opasnim supstancama koje se ispuštaju u akvatičnu životnu sredinu Zajednice (kodifikovana verzija) 2006/11/EC [26, 27] od 15. februara 2006. godine obavezuje državu članicu da preduzme određene mere radi: eliminisanja zagađivanja kopnenih površinskih voda, teritorijalnih voda i priobalne morske vode opasnim supstancama navedenim u Listi I Aneksa I Direktive; i smanjivanja zagađivanja opasnim supstancama navedenim u Listi II pomenutog Aneksa.

Značajna za oblast zaštite voda je i Direktiva Saveta koja se odnosi na integrisano sprečavanje i kontrolu zagađenja 96/61/EZ [28,29] od 24. septembra 1996. godine. Namena ove Direktive je da država članica predvidi i sprovede mere za sprečavanje ili, kada to nije praktično ostvarljivo, za smanjenje emisija u vazduh, vodu i zemljište, do kojih dolazi u: toku proizvodnje energije i proizvodnje i prerade metala; postrojenjima za preradu u industriji minerala i hemijskoj industriji; drugim aktivnostima (npr: industrija papira, industrija za preradu kože, klanična industrija, prehrambena industrija...).

3. Poglavlja 28, 11, 12, 11 i 05

Poglavlje 28 odnosi se na zaštitu potrošača i zaštitu zdravlja. Usklađivanje našeg zakonodavstva sa pravnim tekovinama EU u okviru ovog poglavlja doprineće boljoj zaštiti potrošača time što će se obezbediti adekvatan nivo bezbednosti i kvaliteta proizvoda, kao i boljem informisanju i obrazovanju potrošača. To će omogućiti i povišenje kvaliteta života i smanjenje troškova u zdravstvenom sistemu koji nastaju lečenjem bolesti uzrokovanih korišćenjem nebezbednih proizvoda. Takođe u značajnoj meri će se povisiti uticaj potrošača kroz rad udruženja za zaštitu potrošača, kao i organizacija civilnog društva (OCD), na primer da se u svim delovima Srbije obezbedi bezbedna i kvalitetna voda za piće za javno snabdevanje stanovništva.

U našem Zakonu o zaštiti potrošača [30] voda za piće za javno snabdevanje stanovništva je proizvod koji se ne prodaje u ograničenoj ili unapred utvrđenoj količini. Voda za piće je i voda u originalnoj ambalaži. Takođe, snabdevanje vodom za piće je usluga od opšteg ekonomskog interesa, čiji kvalitet i uslove pružanja, kontroliše državni ili neki drugi ovlašćeni organ.

Poglavlje 12 odnosi se na bezbednost hrane (i vode), veterinarsku i fitosanitarnu politiku. Sistem bezbednosti hrane koji postoji u EU zasnovan je na: odgovornosti proizvođača (npr. vode za piće); sledljivosti hrane (npr. sposobnost da se voda za piće kontroliše u svim fazama proizvodnje); primeni mehanizama i metoda analize rizika, koji obuhvataju i princip preventivnog delovanja u slučaju postojanja rizika koji nisu još dovoljno istraženi. Deo koji se odnosi na bezbednost hrane (i vode) obuhvata, između ostalog, i pravila higijene i kontrolne mehanizme u proizvodnji bezbedne i kvalitetne vode za piće za javno snabdevanje stanovništva [31-33, 12].

Poglavlje 11 se odnosi na poljoprivredu i ruralni razvoj. Posebno je interesantan deo vezan za ruralni razvoj, a u okviru njega onaj koji se odnosi na stimulisanje rasta i promovisanje ekološke i društveno-ekonomske održivosti ruralnih područja i pobo-

ljšavanja životne sredine. Treba istaći da je za ruralna područja posebno važno unapređenje vodovodnih i kanalizacionih sistema [2].

Poglavlje 05 se odnosi na javne nabavke. Ovde je istaknuto je da su javne nabavke značajan izvor korupcije, i ukazano na neophodnost brzog usklađivanja našeg zakonodavstva u ovoj oblasti sa tri novousvojene direktive EU. Posebno je ukazano da je neophodno da se u postupku javnih nabavki što pre počne sa primenom kriterijuma "ekonomski najpovoljnija ponuda" (ona koja ima najpovoljniji odnos između kvaliteta i cene; za isti ponuđeni kvalitet, pobjedu odnosi najmanja ponuđena cena), pri čemu parametri kvaliteta moraju da budu jasno i profesionalno specificirani (npr. primenom višenivoske metrike) za svaki privredni sektor i za sve vrste proizvoda/usluga koji su predmet nabavki. Istaknuta je i neophodnost što bržeg uvođenja centralnog registra svih ponuđača, važnost uspostavljanja instituta negativnih referenci, kao i obaveznost arbitraže u slučaju loše obavljenih poslova. Da bi se u što većoj mjeri smanjila korupcija u postupku javnih nabavki, predloženo je da moraju na vreme biti javno dostupni i planovi javnih nabavki, kao i da se omogući transparentno praćenje realizacije javnih nabavki nakon potpisanih ugovora. S obzirom da nas u realizaciji zahteva vezanih za Poglavlje 27 (Životna sredina) u narednom periodu očekuju velike investicije i velike javne nabavke, principi javnih nabavki u EU treba da se kod nas što pre realizuju u praksi [2].

4. Umesto zaključka

Ističemo da osnovna odgovornost za obezbeđenje održivog i pravičnog menadžmenta resursima vode i adekvatnog upravljanja otpadnim vodama počiva na vladi i merodavnim državnim organima svake države, pa i naše [34-39]. Pristupni pregovori sa EU će nam samo preciznije definisati zadatke i rokove u kojima moramo da ispunimo zahteve EU vezane za obezbeđenje bezbedne i kvalitetne vode za piće i upravljanje otpadnim vodama.

Veliki broj faktora utiče na kvalitet izvora vode koji se koriste. Velike kiše mogu da izazovu zamućenje vode ili poplave. Oskudne kiše mogu da dovedu do suše i presahnjivanja izvora vode. Vrsta tla u nekoj oblasti, način korišćenja zemljišta, kao i topografija terena mogu da imaju značajan uticaj na kvalitet vode. Bilo koje povećanje poljoprivredne proizvodnje ili razvoj gradova mogu da imaju za posledicu pogoršanje kvaliteta vode iz određenih izvora. Prekidi u procesu obrade vode za piće nastali usled kvarova (npr. kvara napojne električne mreže) mogu da dovedu do pogoršanja kvaliteta ili kontaminacije ove vode. Drugi faktori, kao što su nedostatak odgovarajućeg filtriranja ili dezinfekcione opreme, ili neodgovarajuće održavanje i ispiranje razvodne vodovodne mreže takođe mogu da imaju veliki uticaj na kvalitet pijaće vode [34].

Infektivne bolesti prouzrokovane bakterijama, virusima i parazitima su najčešći i najrasprostranjeniji zdravstveni rizici vezani za pijaću vodu. Kontaminacija izvora vode je često prouzrokovana zagađenjima iz septičkih jama ili iz slivnika i đubrišta na poljoprivrednim gazdinstvima. Korišćenje takve vode za piće ili pripremanje

hrane, ili kontakt sa takvom vodom prilikom pranja ili kupanja može da dovede do infekcije. Ovi kontaminanti su posebno opasni za decu, starije ljude, trudnice i ljude sa oslabljenim imunim sistemom [34].

Dakle, Srbija bi morala da ima i da sprovodi nacionalnu politiku u odnosu na vodu i upravljanje otpadom, usaglašenu sa zahtevima koji proističu iz odgovarajućeg zakonodavstva EU i baziranu na znanju. Takođe, Srbija mora da realizuje Integrisani menadžment vodnim resursima (IMVR), koji može da se definiše kao proces koji obuhvata koordinirani razvoj i menadžment vodom, zemljištem i pripadajućim resursima radi maksimizacije ekonomskog i društvenog blagostanja na pravičan način i bez kompromisa sa održivošću važnih ekosistema. IMVR treba da ostvari balans između korišćenja vodnih resursa radi ostvarenja kvalitetnih uslova života i održavanja potrebnog nivoa ovih resursa za buduće generacije, kao i da promovise društvenu pravičnost, održivost životne sredine i ekonomsku efikasnost. Pošto resursi ne mogu da se posmatraju odvojeno od ljudi koji ih koriste i koji upravljaju njima, da bi se ostvario integrisani menadžment mora da se koristi balansirani miks tehnoloških i društvenih pristupa [34-39].

5. Literatura

- [1] Vodič kroz pregovore Srbije i Evropske unije, <http://kurs-pregovori.seio.gov.rs/>
- [2] Savez inženjera i tehničara Srbije, <http://www.sits.rs/>
- [3] Accession of Serbia to the European Union, http://en.wikipedia.org/wiki/Accession_of_Serbia_to_the_European_Union (This page was last modified on 2 September 2014 at 12:34.)
- [4] Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine, "Sl. glasnik RS", br. 29/2010
- [5] Nacionalna strategija za aproksimaciju u oblasti životne sredine za Republiku Srbiju, "Sl. glasnik RS", br. 80/2011
- [6] <http://www.politika.rs/rubrike/Politika/Treba-nam-106-milijardi-evra-za-dostizanje-ekoloskih-standard-a-EU.lt.html>
- [7] Direktiva o vodama 2000/60/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/doc/dokumenta/direktive-eu/1.%20Direktiva%20o%20vodama%202000-%20tekst%20i%20anex%20I-X-prec.tekst.pdf>
- [8] Directive 2000/60/EC, http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF
- [9] Todić D., i dr., Vodič kroz EU politike – Životna sredina, Evropski pokret u Srbiji, Beograd, 2010, 213 str., <http://www.emins.org/sr/publikacije/knjige/11-vodic-kroz-eu-politike-zivotna-sredina.pdf>
- [10] Okvirna direktiva o vodama, http://sh.wikipedia.org/wiki/Okvirna_direktiva_o_vodama
- [11] Informativni članci o Europskoj uniji, http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.5.html
- [12] Council directive 98/83/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>
- [13] Direktiva saveta 98/83/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/doc/dokumenta/direktive-eu/-2.%20Direktiva%2098-83-EC%20o%20kvalitetu%20vode%20za%20pice.pdf>

- [14] Direktiva 2006/118/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [15] Directive 2006/118/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:-2006:372:0019:0031:EN:PDF>
- [16] Direktiva saveta 91/676/EEC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [17] Council directive 91/676/EEC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0676&from=en>
- [18] Direktiva 2007/60/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [19] Directive 2007/60/EC, <http://www.envir.ee/sites/default/files/flooddirective.pdf>
- [20] Direktiva saveta 91/271/EEC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [21] Council directive 91/271/EEC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271&from=en>
- [22] Direktiva komisije 98/15/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [23] Commission directive 98/15/EC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31998L0015&from=EN>
- [24] Council directive 86/278/EEC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31986L0278&from=EN>
- [25] Council directive 99/31/EC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=EN>
- [26] Direktiva 2006/11/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [27] Directive 2006/11/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:-2006:064:0052:0059:EN:PDF>
- [28] Direktiva saveta 96/61/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [29] Council directive 96/61/EC, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996L0061:20060224:EN:PDF>
- [30] Zakon o zaštiti potrošača, Sl. glasnik RS br. 62-14
- [31] Chapter 12: Food safety, veterinary and phytosanitary policy, http://www.vidraedur-2009-2013.is/media/esb_svor/12_-_Food_Safety/Chapter_12_-_Food_Safety-FINAL.pdf
- [32] Pendić Z., Lačnjevac Č., urednici Priručnika, Metodologija projektovanja i uspostavljanja generalizovanog HACCP sistema u vodovodnim organizacijama, PRIRUČNIK, Verzija 0.2, Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, avgust 2013, 207 str.
- [33] Pendić Z., Pendić R., Polak S., Kontić M. i dr: "Generalizacija HACCP koncepta na rizične sisteme – Primena HACCP koncepta u zdravstvu", Priručnik, Autorsko delo, Zavod za intelektualnu svojinu broj A-212/06/1, 22.05.2006.
- [34] Pendić, Z., Slatka voda strateški resurs 21. veka, KVALITET, 2005, vol. 15, br. 1-2, str. 82-85
- [35] Zakon o vodama, "Sl. glasnik RS", br. 30/2010
- [36] <http://www.unesco.org/water/ihp/index.shtml>.
- [37] Strategija aproksimacije za sektor voda, EuropeAid/127462/C/SER/RS, Beograd, 2012, 55 str.
- [38] Odluka o izradi strateške procene uticaja na životnu sredinu "Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije", "Sl. glasnik RS", br. 30/2013
- [39] Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine, "Sl. glasnik RS", br. 29/2010

**TEZE ZA ZADATKE LOKALNE SAMOUPRAVE I OCD U ZAŠTITI
IZVORIŠTA VODE ZA PIĆE U OKVIRU ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE**

**THESIS FOR TASKS OF LOCAL GOVERNMENT AND NGOS IN
PROTECTION OF SOURCES OF DRINKING WATER WITHIN
THE ENVIRONMENT PROTECTION**

JELENA FILIPOVIĆ¹, SVETLANA UROŠEVIĆ², ALEKSANDAR ŽJAK³,
LJILJANA JOVANOVIĆ⁴, ZORAN PENDIĆ⁵, ČASLAV LAČNJEVAC⁶,
SANJA POLAK⁷, ZDENKA MAKUC⁸, VESNA RELJIĆ ĆURIĆ⁹

Rezime: Lokalna samouprava (LS), kao i komunalna policija (KP) i organizacije civilnog društva (OCD), koje deluju na teritoriji lokalne samouprave, imaju važnu ulogu u definisanju i realizaciji programa zaštite životne sredine na teritoriji LS. LS, KP i OCD moraju da unaprede svoje znanje radi sprovođenja našeg zakonodavstva u oblasti zaštite životne sredine, koje mora na kraju procesa pristupanja Srbije Evropskoj uniji (EU) u potpunosti da bude usaglašeno sa zakonodavstvom EU. U radu će biti date teze za zadatke LS, KP i OCD vezane za zaštitu životne sredine, sa posebnim naglaskom na zaštitu izvorišta vode za piće, koji se nalaze na teritoriji lokalne samouprave.

Ključne reči: Evropska unija, lokalna samouprava, komunalna policija, organizacija civilnog društva, zaštita životne sredine

Abstract: Local self-government (LSG), and the municipal police (MP) and civil society organizations (CSOs), which operate on the territory of the local self-government, play an important role in the definition and implementation of programs for environmental protection within the territory of LSG. LSG, MP and CSOs need to improve their knowledge for the

¹ Jelena Filipović, dipl. inž, načelnik odeljenja, GU grada Beograda, 27. marta 43-45, Beograd

² Svetlana Urošević, teh., savetnica, RC SITS, Kneza Miloša 7a, Beograd

³ mr Aleksandar Žjak, dipl. inž, savetnik, RC SITS, Kneza Miloša 7a, Beograd

⁴ Ljiljana Jovanović, spec. dr med., savetnica, Min. zdravlja RS, Nemanjina 22-26, Beograd

⁵ mr Zoran Pendić, dipl. inž, rukovodilac, RC SITS, Kneza Miloša 7a, Beograd

⁶ prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, predsednik, SITS, Kneza Miloša 7a, Beograd

⁷ Sanja Polak, dr med., lekar na spec., KBC Bežanijska kosa, Bežanijska kosa bb, Novi Beograd

⁸ prof. dr Zdenka Makuc, VZŠŠ VISAN, Tošin bunar 7a, Zemun

⁹ Vesna Reljić Ćurić, mr sci. med., šef odeljenja, ZZZZ radnika Železnice Srbije, Savska 23, Beograd

implementation of Serbian legislation in the field of environmental protection, which must be, at the end of the process of Serbia's accession to the European Union (EU), fully compliant with relevant legislation of the EU. The paper presents the theses of tasks for the LSG, MP and CSOs related to environmental protection, with special emphasis on the protection of drinking water sources, which are located in the territory of the local self-government.

Key words: European Union, local self-government, municipal police, CSO, environmental protection

1. Uvod

U toku su pregovori o pristupanju Srbije Evropskoj uniji. Pre početka pregovora Evropska komisija (EK) dala je procenu napora koje Srbija treba da učini da bi se usaglasila sa pravnim tekovinama EU za svako od 35 pregovaračkih poglavlja. Najveći napor koji se očekuje od Srbije, označen sa "potpuna neusklađenost sa zakonodavstvom EU", odnosi se na Poglavlje 27 – Životna sredina. U okviru zakonodavstva EU koje se odnosi na zaštitu životne sredine, najviše su zastupljene oblasti: zaštite i upravljanja vodama, i upravljanja otpadom [1, 2].

Za potrebe ovog rada najvažnije su okvirne direktive: Direktiva o uspostavljanju okvira za delovanje Zajednice u oblasti politike voda 2000/60/EC [3, 4] od 23. oktobra 2000. godine, i Direktiva Saveta o otpadu 2008/98/EC [5] od 19. novembra 2008. godine koja zamenjuje i dopunjuje direktive o otpadu 75/442/EEC od 15. jula 1975. godine i 2006/12/EC od 5. aprila 2006. godine.

Neke bitne direktive EU čije odredbe utiču na bezbednost i kvalitet vode za piće za javno snabdevanje stanovništva, kao i na upravljanje otpadnim vodama, navedene su i ukratko razmotrene u [1].

Lokalna samouprava (LS), kao i komunalna policija (KP) i organizacije civilnog društva (OCD), koje deluju na teritoriji lokalne samouprave, imaju važnu ulogu u definisanju i realizaciji programa zaštiti životne sredine na teritoriji LS. Podloge za ovo nalaze se u našim važećim zakonima [6-8, 10] i propisima EU iz oblasti životne sredine, koji čine preko 30% ukupnog broja propisa u EU. U radu je posebna pažnja posvećena ulozi LS, KP i OCD u zaštiti izvorišta vode za piće na teritoriji LS.

Podloge u našim zakonima za aktivnosti LS, KP i OCD u zaštiti životne sredine

Prema Zakonu o lokalnoj samoupravi [6], opština:

- uređuje i obezbeđuje obavljanje i razvoj komunalnih delatnosti (prečišćavanje i distribucija vode, prečišćavanje i odvođenje atmosferskih i otpadnih voda, održavanje deponija...);
- se stara o zaštiti životne sredine, donosi programe zaštite životne sredine, odnosno lokalne akcione i sanacione planove;
- organizuje zaštitu od elementarnih i drugih većih nepogoda;

- uređuje i utvrđuje način korišćenja i upravljanja izvorima, javnim bunarima i česmama, utvrđuje vodoprivredne uslove, izdaje vodoprivredne saglasnosti i vodoprivredne dozvole za objekte lokalnog značaja;
- obrazuje organe, organizacije i službe za potrebe opštine i uređuje njihovu organizaciju i rad;
- stara se o javnom informisanju od lokalnog značaja i obezbeđuje uslove za javno informisanje
- obrazuje inspeksijske službe i vrši inspeksijski nadzor nad izvršenjem propisa i drugih opštih akata iz nadležnosti opštine.

Takođe, statutom opštine može se predvideti da se u opštinskoj upravi postavi pomoćnik predsednika opštine za zaštitu životne sredine. Osoba koja se bira (konkursom) za ovo mesto morala bi da bude profesionalac, da raspolaže solidnim znanjem iz oblasti životne sredine i da dobro poznaje propise EU iz ove oblasti.

Opština preko svojih službi, odnosno preduzeća koja osnuje, obavlja sledeće komunalne delatnosti bitne za oblast životne sredine: snabdevanje vodom za piće; prečišćavanje i odvođenje atmosferskih i otpadnih voda; upravljanje komunalnim otpadom. Prema Zakonu o komunalnim delatnostima [7]:

- snabdevanje vodom za piće je zahvatanje, prečišćavanje, prerada i isporuka vode vodovodnom mrežom do mernog instrumenta potrošača, obuhvatajući i merni instrument;
- prečišćavanje i odvođenje atmosferskih i otpadnih voda je sakupljanje, odvođenje, prečišćavanje i ispuštanje otpadnih, atmosferskih i površinskih voda sa površina javne namene, odnosno od priključka korisnika na uličnu kanalizacionu mrežu, tretman otpadnih voda u postrojenju za prečišćavanje, crpljenje, odvoz i tretiranje fekalija iz septičkih jama;
- upravljanje komunalnim otpadom je sakupljanje komunalnog otpada, njegovo odvoženje, tretman i bezbedno odlaganje uključujući upravljanje, održavanje, saniranje i zatvaranje deponija, kao i selekcija sekundarnih sirovina i održavanje, njihovo skladištenje i tretman.

Prema Zakonu o lokalnoj samoupravi [6], grad obrazuje komunalnu policiju, obezbeđuje i organizuje vršenje poslova komunalne policije.

Prema Zakonu o komunalnoj policiji [7], komunalna policija u obavljanju poslova saraduje sa građanima i gradskim inspeksijskim službama u skladu sa propisima kojima se uređuje obavljanje komunalnih i drugih poslova iz nadležnosti grada. Poslovi komunalne policije su [7, 8]:

- održavanje komunalnog i drugog reda od značaja za komunalnu delatnost, što podrazumeva održavanje reda, pored ostalog, i u oblastima: snabdevanja vodom; odvođenja otpadnih i atmosferskih voda;
- vršenje kontrole nad primenom zakona i drugih propisa i opštih akata iz oblasti komunalne i drugih delatnosti iz nadležnosti grada;

- zaštita životne sredine, posebno u oblastima: zaštite vazduha od zagađivanja, zaštite prirode i zaštićenih područja koja proglašava nadležni organ grada, kontrole nad skupljanjem, transportom, skladištenjem, tretmanom i odlaganjem komunalnog, inertnog i neopasnog otpada i drugo. Takođe, komunalna policija preduzima hitne mere zaštite životne sredine, zaštite od elementarnih i drugih nepogoda, kad te mere ne mogu pravovremeno da preduzmu drugi nadležni organi grada i ovlašćene organizacije, o čemu odmah obaveštava te organe odnosno organizacije.

Prema Zakonu o udruženjima [7], OCD je dobrovoljna i nevladina nedobitna organizacija zasnovana na slobodi udruživanja više fizičkih ili pravnih lica, osnovana radi ostvarivanja i unapređenja određenog zajedničkog ili opšteg cilja i interesa, koji nisu zabranjeni Ustavom ili zakonom. Statutom OCD, pored ostalog, obavezno se uređuje: oblast ostvarivanja ciljeva, ciljevi radi kojih se osniva; način sticanja sredstava za ostvarivanje ciljeva i raspolaganje sredstvima, uključujući i odredbe o privrednoj ili drugoj delatnosti kojom se stiče dobit, ako je udruženje obavlja.

Dakle, da bi OCD mogla da se bavi zaštitom životne sredine, pri registraciji u oblasti ostvarivanja ciljeva mora da bude pomenuta životna sredina, npr: "Zaštita, očuvanje i unapređenje životne sredine, i podizanje nivoa ekološke svesti".

Uloga OCD u oblasti životne sredine najvećim delom treba da bude usmerena na sprovođenje programa obrazovanja i podizanja svesti građana u oblasti zaštite životne sredine, kao i ostvarivanju prava na pristup informacijama koje se tiču životne sredine i prosleđivanje ovih informacija građanima [11,12]. Organizacije civilnog društva treba da saraduju sa lokalnom samoupravom i komunalnom policijom radi izgradnje kapaciteta neophodnih za realizaciju zahteva u pogledu zaštite životne sredine koje pred lokalnu zajednicu postavljaju propisi EU u oblasti životne sredine i koje moramo što pre da počnemo da primenjujemo ne čekajući završetak procesa pregovora o pristupanju Srbije Evropskoj uniji.

3. Zaštita izvorišta vode za piće na teritoriji lokalne samouprave

Prema Zakonu o bezbednosti hrane [13], sve organizacije koje posluju sa hranom dužne su da uspostave HACCP sitem, koji se odnosi na bezbednost hrane. Hrana jeste i voda za piće, a voda za piće jeste voda u originalnoj ambalaži (stona voda, mineralna voda i izvorska voda) i voda za javno snabdevanje stanovništva. Dakle, vodovodna organizacija koja deluje na teritoriji određene lokalne samouprave mora da u svim fazama proizvodnje vode za piće uspostavi HACCP sitem, odnosno generalizovani HACCP sistem [13-17].

U [15] detaljno je opisana metodologija projektovanja i uspostavljanja generalizovanog HACCP sistema u vodovodnim organizacijama.

Osnivanje kvalifikovanog i posvećenog multidisciplinarnog HACCP tima je preduslov za obezbeđivanje tehničke ekspertize potrebne za uspostavljanje generalizovanog HACCP sistema.

Multidisciplinarni HACCP tim, sa više podtimova (podtim za zaštitu izvorišta, podtim za pripremu vode, podtim za distribuciju vode...) mora odlično da poznaje komponente vodovodnog sistema i da bude u stanju da identifikuje i proceni opasnosti (generalno neusaglašenosti) koje se mogu pojaviti u vodovodnom sistemu, a koje mogu uticati na bezbednost i kvalitet vode za piće. Svaki član tima mora da razume postavljene ciljeve u pogledu bezbednosti i kvaliteta vode za piće. Tim mora na bazi stručne ekspertize da proceni da li je postojeći vodovodni sistem u stanju da ostvari postavljene ciljeve i da definiše mere koje treba realizovati da bi vodovodni sistem mogao da ostvari postavljene ciljeve, odnosno dostigne postojeće standarde vezane za bezbednost i kvalitet vode za piće.

Jezgro ovog tima, po pravilu, moraju da sačinjavaju stručnjaci iz vodovodne organizacije koja deluje na teritoriji posmatratne opštine. Ovaj tim mora tesno da saraduje sa lokalnom komunalnom policijom i organizacijama civilnog društva koje deluju na teritoriji opštine i koje se bave životnom sredinom.

U okviru generalizovanog HACCP sistema sprovodi se identifikacija opasnosti (generalno neusaglašenosti) i potencijalnih rizika od pojave opasnosti (neusaglašenosti) po bezbednost vode za piće.

Pojava opasnosti (neusaglašenosti) u pojedinim fazama/koracima izvršavanja usluga ili radnih aktivnosti u vodovodnoj organizaciji može izazvati [14-16]:

- ozbiljne posledice po zdravlje ljudi, uključujući i smrtne ishode (primeri: snabdevanje stanovništva zagađenom pijaćom vodom; isporuka neadekvatnih hemikalija za prečišćavanje vode...),
- gubitak integriteta vodovodne mreže (npr. zbog ilegalnih priključaka, pojave povratnog toka...),
- gubitak ili ozbiljna oštećenja opreme (npr: oštećenja opreme u inženjerskim objektima za vodosnabdevanje usled poplava, požara, zemljotresa, havarija u napajanju električnom energijom...),
- ozbiljne probleme u vodosnabdevanju usled zagađenja životne sredine (npr: zagađenja izvorišta vode usled poplava, jakih vremenskih nepogoda, divljih deponija, divlje gradnje...),
- gubitak ugleda (npr. usled čestih prekida u snabdevanju stanovništva vodom za piće)...

Najvažniji zadatak HACCP podtima za zaštitu izvorišta je da u saradnji sa organima lokalne samouprave, komunalnom policijom i organizacijama civilnog društva planira i preduzima adekvatne akcije za zaštitu izvorišta pijaće vode. Da bi ovaj podtim napravio planove neophodno je najpre da definiše tabelu (Tabela 1) potencijalnih opasnosti (generalno neusaglašenosti) koje se mogu pojaviti na izvorišti, kao i predlog mera za njihovo otklanjanje.

Na primer, divlje deponije, divlja gradnja, poplave, klizišta... predstavljaju opasnosti koje mogu značajno da ugroze izvorišta vode za piće, što se u punoj meri

pokazalo u ovogodišnjim katastrofalnim majskim, pa i skorašnjim, poplavama koje su zadesile Srbiju.

Tabela 1. Potencijalne opasnosti na izvorištu

RB	Poreklo (izvor) opasnosti	Opasnost / opis opasnosti	Predlog mera za otklanjanje opasnosti
1.			
...			

I deponije sa dozvolom nisu bezalene, jer mogu u velikoj meri da utiču na zagađivanje tla i vode. Zbog toga je za zaštitu izvorišta vode za piće veoma važna Direktiva o deponijama 99/31/EC [18] od 26. aprila 1999. godine, koja ima za cilj da se uvođenjem strogih tehničkih zahteva redukuju negativni efekti odlaganja otpada na životnu sredinu, naročito na zemljište, podzemne i površinske vode, kao i efekti na zdravlje stanovništva [1]. Politika EU vezana za deponije daje akcenat na reciklažu i na drastično smanjenje broja deponija za komunalni otpad.

Za zaštitu izvorišta vode za piće važna je i Direktiva o proceni i upravljanju rizicima od poplava 2007/60/EC [19,20] od 23. oktobra 2007. godine, čiji je cilj smanjivanje štetnih posledice poplava na ljudsko zdravlje, životnu sredinu, kulturno nasleđe, privrednu aktivnost, infrastrukturu i imovinu [1].

4. Šta može da donese saradnja LS, KP i OCD?

Bezbedna voda za piće i sanitacija su od suštinskog značaja za realizaciju svih ljudskih prava (Rezolucija Ujedinjenih nacija 64/292, 28. juli 2010. godine), i bitni su činioci za dobro narodno (javno) zdravlje.

Zaštita životne sredine je od prioritetnog značaja za sprečavanje zagađivanja vode za piće, posebno na izvorištima.

Srbija se po rezervama pitke vode nalazi na solidnom 47. mestu u svetu. Nažalost, daleko bolje mesto Srbija zauzima po neracionalnom korišćenju pitke vode i zagađivanju vodnih resursa.

Procenjuje se da će ukupni troškovi do 2030. godine za dostizanje ekoloških standarda EU biti oko 10,6 milijardi evra, od čega u sektoru voda oko 5,9 milijardi evra.

Saradnja lokalne samouprave, komunalne policije i organizacija civilnog društva koje deluju na teritoriji lokalne samouprave bi mogla da dovede do smanjenja ovih troškova. Saradnja bi morala da obuhvati: definisanje, pripremu i održavanje seminara na lokalnom nivou, na kojima bi lokalno stanovništvo steklo neophodna znanja vezana za: (1) bezbednost i kvalitet vode za piće; (2) bolesti izazvane kontaminiranim vodom za piće; (3) načine prenošenja bolesti izazvanih kontaminiranim vodom za piće; (4) načine zagađivanja izvorišta vode za piće; (5) načine za racionalno korišćenje vode za piće...

LS, KP i OCD pre svega treba da učestvuju u obuci lokalnog stanovništva kako da identifikuje sve potencijalne opasnosti/neusaglašenosti koje mogu da dovedu do zagađivanja/degradacije izvorišta vode za piće na teritoriji njihove lokalne samouprave, i da, u saradnji sa lokalnom samoupravom i merodavnim državnim institucijama, sprovedu aktivnosti za nalaženje potrebnih sredstava za otklanjanje identifikovanih opasnosti.

Saradnja LS, KP i OCD bi, pored ostalog: obezbedila učešće javnosti u donošenje bitnih odluka po pitanjima vezanim za bezbednu i kvalitetnu vodu za piće; definisala konkretne akcije trajnog karaktera za sprečavanje zagađivanja izvorišta vode za piće; obezbedila transparentnosti podataka o kvalitetu i bezbednosti vode za piće koja se isporučuje lokalnom stanovništvu.

Osnovni cilj koji bi se postigao ovom saradnjom je podizanje nivoa znanja lokalnog stanovništva za zaštitu izvorišta vode za piće, kao i uspostavljanje održive potrošnje i kulture štednje i efikasnog i racionalnog korišćenja vode za piće na teritoriji lokalne samouprave.

5. Zaključak

Saradnja lokalne samouprave, komunalne policije i organizacija civilnog društva koja deluju na teritoriji lokalne samouprave u zaštiti izvorišta vode za piće u okviru zaštite životne sredine je neophodna i racionalna, pre svega zbog toga što kadrovska situacija u vodovodnim organizacijama u pojedinim lokalnim zajednicama, posebno onim manjim, nije na zavidnom nivou.

Ova saradnja bi omogućila obuku lokalnog stanovništva da sprovede akcije trajnog karaktera na očuvanju životne sredine i posebno izvorišta vode za piće na teritoriji lokalne samouprave. Ova saradnja može da se proširi i na škole u lokalnim sredinama a u cilju uključivanja učenika u konkretne akcije vezane zaštitu izvorišta i racionalno korišćenje vode za piće (npr. kroz iniciranje programa ISO 14000 za decu, koji podržavaju Ujedinjene nacije i Svetska organizacija za standardizaciju).

6. Literatura

- [1] Pendić Z. i dr., Obaveze i zadaci u postupku prijema Srbije u EU koji se odnose na kvalitet i bezbednost vode za piće i upravljanje otpadnim vodama, Zbornik radova „Vodovod i kanalizacija '14“, Kladovo, 07-10.10.2014, 10 str.
- [2] <http://civilnodrustvo.gov.rs/media/2014/06/izvestaj-o-ucescu-OCD-u-pregovorima.pdf>
- [3] Direktiva o vodama 2000/60/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/doc/dokumenta/direktive-eu/1.%20Direktiva%20o%20vodama%202000-%20tekst%20i%20anex%20I-X-prec.tekst.pdf>
- [4] Directive 2000/60/EC, http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0004.02/DOC_1&format=PDF

- [5] Directive 2008/98/EC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>
- [6] Zakon o lokalnoj samoupravi, "Sl. glasnik RS", br. 129/2007 i 83/2014 - dr. zakon
- [7] Zakon o komunalnim delatnostima, "Sl. glasnik RS", br. 88/2011
- [8] Zakon o komunalnoj policiji, "Sl. glasnik RS", br. 51/2009
- [9] Odluka o komunalnoj policiji, Sl. list grada Beograda", br. 6/2010 i 23/2013
- [10] Zakon o udruženjima, "Sl. glasnik RS", br. 51/2009 i 99/2011 - dr. zakoni
- [11] Todić D., Ignjatić Mladenka, Katić M., Plavšić P., Nadležnost i kapaciteti lokalne samouprave i organizacija civilnog društva za primenu evropskih standarda u oblasti životne sredine, Evropski pokret u Srbiji, Beograd, septembar 2012, 575 str.
- [12] Anjali Agarwal, Role of NGOs in the protection of environment, Journal of Environmental Research And Development, Vol. 2, No. 4, April-June 2008, pp. 933-938
- [13] Zakon o bezbednosti hrane, "Sl. glasnik RS", br. 41/2009
- [14] Pendić Z., Tašin B., Jovanović Lj., Lačnjevac Č., Pendić R., Milivojević Z., Primena Codex Alimentarius HACCP sistema u vodovodnim organizacijama radi snabdevanja stanovništva bezbednom pijaćom vodom, Tehnika, No. 5, 2011, str. 865-870, <http://www.sits.rs/include/data/docs0869.pdf>
- [15] Pendić Z., Lačnjevac Č., Marković Ž., Jovanović Lj., Makuc Z., Pendić R., Čosović O., Zašto je potrebno uspostaviti generalizovani HACCP sistem u vodovodnim organizacijama?, Zbornik radova "Vodovod i kanalizacija '13", Tara, 15-18. oktobar 2013, str. 124-132
- [16] Pendić Z., Lačnjevac Č., urednici Priručnika, Metodologija projektovanja i uspostavljanja generalizovanog HACCP sistema u vodovodnim organizacijama, PRIRUČNIK, Verzija 0.2, Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, avgust 2013, 207 str.
- [17] Pendić Z., Pendić R., Polak S., Kontić M. i dr: "Generalizacija HACCP koncepta na rizične sisteme – Primena HACCP koncepta u zdravstvu", Priručnik, Autorsko delo, Zavod za intelektualnu svojinu broj A-212/06/1, 22.05.2006.
- [18] Council directive 99/31/EC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=EN>
- [19] Direktiva 2007/60/EC, <http://www.rdvode.gov.rs/lat/direktive-eu.php>
- [20] Directive 2007/60/EC, <http://www.envir.ee/sites/default/files/flooddirective.pdf>

РИЗИЦИ УПРАВЉАЊА У ВОДОПРИВРЕДНИМ ОРГАНИЗАЦИЈАМА

RISK MANAGEMENT IN WATER SUPPLY ORGANIZATIONS

ЖЕЉКО МАРКОВИЋ¹

Резиме: Сврха управљања ризиком је да обезбеди управљање нивом ризика и неизвесности на прописан начин тако да пројекат буде успешно завршен. Управљање ризиком омогућава онима који су укључени да идентификују могуће ризике, начин на који претње могу бити уклоњене, као и стратегија ублажавања последица ризика.

Кључне речи: ризик, процеси, снабдевање водом

Abstract: The purpose of risk management is to ensure the management level of risk and uncertainty in a proper manner so that the project has been successfully completed. Risk management enables those involved to identify potential risks, the way in which the threat can not be removed, as well as strategies to mitigate the consequences of risk.

Key words: risk, processes, water supply

1. Увод

У контексту управљања пројектима, ризик се односи на било који фактор (или претње) који могу негативно утицати на успешан завршетак пројекта у смислу испоруке својих резултата и обезбеђивање исхода или негативних ефеката на ресурсе, време, цене и квалитет. Ови фактори/претње укључују ризике пословног окружења пројекта који могу да спрече да исходи пројекта буду у потпуности реализовани.

Увек постоје ризици повезани са пројектом. Сврха управљања ризиком је да обезбеди управљање нивом ризика и неизвесности на прописан начин тако да пројекат буде успешно завршен. [1], [2], [3] Управљање ризиком омогућава онима који су укључени да идентификују могуће ризике, начин на који претње могу бити уклоњене, као и стратегија ублажавања последица ризика. Систем за управљање ризиком је важан елемент реагује на постојећу претња у оквиру општег система безбедности. Он би требало да буде флексибилан и треба да

¹ мр Жељко Марковић дипл. инж., Комунално предузеће “ДИМНИЧАР” а.д., Топличин Венац 11, Београд

пружи могућност анализирања нове претње које нису познате као нежељени догађај до сада, повезан је са потребом да генерише нове процедуре које ће бити у стању да се супротставе таквим претњама. [4]

Управљање ризиком у зависности од нивоа управљања користећи систем за рано упозоравање су: прогноза, (информације, прикупљање, обрада, моделирање, пренос), упозорење, (идентификација, узбуна), одговор, (доношење одлука, акција).

2. Имплементација

Сврха активности обухваћених пројектним задатком је:

- Побољшање квалитета воде
- Побољшање енергетске ефикасности водопривредног постројења
- Смањење негативних утицаја на окружење
- Оптимизација рада водопривредног постројења
- Класификација потенцијалних уштеда
- Установљавање метода прикупљања података и њихове анализе
- Указивање на значај улагања у одређене делове постројења

Резултати који требају да се остваре

- Остваривање уштеде утошених енергената
- Оптимизација рада постројења
- Оптимизација рада система.
- Повећање енергетске ефикасности
- Смањење штетних утицаја на животну средину

Претпоставке које се налазе у основи пројектне интервенције:

- Недовољна ефикасност рада постројења
- Повишен запремински удео недозвољених материја
- Повећани утрошци енергената у претходном периоду
- Нижи степен корисног дејства постројења
- Дотрајалост одређених сегмената постројења

Ризици:

- Нетачни подаци у претходним периодима
- Ризици који укључују људски фактор
- Лоше стање опреме у постројењу
- Неажурна и нетачна документација.

Претпоставке и ризици представљени у логичкој матрици

ЛОГИЧКА МАТРИЦА

Логика интерпретације	Објективно проверљиви индикатори	Извори верификације	Претпоставке
Општи циљ: Побољшање квалитета воде, ефикасности водопривредног система, смањење штетних утицаја на животну средину	Лабораторијско утврђивање и мерење квалитета воде, утврђивање енергетских биланса, смањење отпада и управљање	Резултати мерења еталонираним уређајима - у штампаном и електронском облику	Лош квалитет воде, недовољна енергетска ефикасност рада постројења, негативни утицаји на окружење
Сврха Оптимизација рада постројења	Мерење параметара система и њихово поређење са прописаним вредностима	Анализа добијених резултата насталих мерењем еталонираним уређајима	Повишен запремински удео недозвољених елемената
Резултат 1 Побољшање квалитета воде	Континуирано праћење квалитета воде	Лабораторијски резултати	Лош квалитет воде у претходном периоду
Резултат 2 Смањење штетних утицаја на животну средину	Количина отпада у поређењу са претходним периодом	Анализа резултата добијених мерењем и упоређивање са дозвољеним референтним вредностима	Повишен удео загађујућих материја
Резултат 3 Повећање енергетске ефикасности	Економски показатељи боље ефикасности рада постројења	Финансијски показатељи утрошака енергената	Нижи степен корисног дејства постројења
Резултат 3 Потреба инвестирања	Лоше функционисање одређених делова система	Визуелни преглед, контрола заптивности,...	Дотрајалост одређених сегмената

3. Закључак

Концепти менаџмента квалитета и квантитативне процене ризика све више се користе како би се осигурала безбедна воде за пиће. У овом раду се расправља о интеграцији ових концепата. Главне микробиолошке опасности у снабдевању пијаћом водом су загађење сирових изворишта контаминација складишних и дистрибутивних објеката за пречишћавање воде и раст патогена у сировим и пречишћеним водама. У начину снабдевања из подземних вода, за заштиту издана је битно одредити „critical control point“ (КПК-критичну контролну тачку); а ако ово не може бити сигурно, додатна дезинфекција захваћене воде ће бити неопходна. Коришћење процене ризика са економске тачке гледишта је оправдано, иако системи безбедности и заштите смањују ризике захтевају и финансијске издатке. Одлуке у вези са праћењем нивоа ризика треба да утврде која висина средстава је одређена да задржи ниво ризика у оквиру друштвено толерантних граница и који су бенефити настали њиховим

коришћењем. Успешан водовод ће обезбедити довољну количину воде одговарајућег квалитета и температуре за сваког корисника. Дистрибуцију воде треба да буде дизајнирана тако да је притисак воде адекватан на свим локацијама и доступност на локацијама без обзира на учесталост употребе. Пажљиво развијен план коришћења и одлагање вода, ће резултирати значајне уштеде у коришћењу воде, као и смањити трошкове црпљења, третмана и одлагања, односно смањити укупне трошкове система.

4. Литература

- [1] UJEDINJENE NACIJE, Njujork i Ženeva, Pregleda stanja životne sredine (Environmental Performance Review) Chapter 6: Water management for sustainable development 2007, 105
- [2] UJEDINJENE NACIJE, Njujork i Ženeva, Pregled stanja životne sredine (Environmental Performance Review) Part III: Environmental concerns in economic sectors and sustainable development 2007, 114
- [3] Project Cycle Management Training Courses Handbook - EUROPEAN COMMISSION EUROPEAID Co – operation Office General Affairs Evaluation 2001., 56-57
- [4] OPALSKI L., Fuzja danych otrzymywanych z czujników monitorujących środowisko, Materiały konferencyjne „Informatyka w zarządzaniu w systemach kryzysowych”, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Informatyki Zarządzania i Administracji w Warszawie, Warszawa, 2006, 31–37.
- [5] LIPSKI S., Wczesne ostrzeżenie głównym elementem fazy reagowania w sytuacjach kryzysowych, Materiały konferencyjne „Informatyka w zarządzaniu w systemach kryzysowych”, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Informatyki Zarządzania i Administracji w Warszawie, Warszawa, 2006, 90–95.
- [6] RAK J., TCHÓRZEWSKA-CIEŚLAK B., Metody analizy i oceny ryzyka w systemie zaopatrzenia w wodę, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2005
- [7] Марковић Ж., Пројектни задатак- Градски Секретаријат за Образовање града Београда, 2013.



**INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU
NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH
SIROVINA**

B E O G R A D

ITNMS se bavi fundamentalnim, primenjenim i razvojnim istraživanjima do kompletnih tehničko-tehnoloških rešenja i razvojem i proizvodnjom novih materijala u domenu:

- ▶ tehnologija za pripremu i koncentraciju metaličnih, nemetaličnih i energetskih sirovina,
- ▶ metalurških tehnologija,
- ▶ neorganske hemijske tehnologije,
- ▶ hemijske, elektrohemijske i mehanohemijske sinteze,
- ▶ hemijskog inženjerstva,
- ▶ zaštite i očuvanja životne sredine,
- ▶ hemijska, fizička, fizičko-hemijska, mineraloška ispitivanja,
- ▶ eksperimentalne proizvodnje, i uvođenja novih tehničko-tehnoloških rešenja u industriju.

Bulevar Franša d'Eperea 86, 11000 Beograd, ☎ 390, 📠 (011) 369-17-22,

☎ (011) 369-15-83

<http://www.itnms.ac.rs> - E-mail: itnms@itnms.ac.rs





INSTITUT ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI“ osnovan je 1947. godine sa primarnim zadatkom da podrži razvoj i funkcionisanje hidro-energetskog sektora u Jugoslaviji. Tokom 2007. godine Institut je akreditovan kao istraživačko-razvojni institut u skladu sa novim Zakonom o naučnoistraživačkoj delatnosti Republike Srbije. Od 240 zaposlenih, 130 je sa visokom stručnom spremom, 13 doktora nauka i 6 magistara. Tokom 60 godina uspešnog rada Institut je prerastao u vodeću naučnoistraživačku i projektantsku organizaciju u hidrotehnici i vodoprivredi sa multidisciplinarnim pristupom rešavanju problema voda.

Osnovne delatnosti Instituta su:

- Izrada studija dugoročnog razvoja vodoprivrednih sistema
- Izrada projektne dokumentacije različitih nivoa za sve vrste hidrotehničkih objekata i sistema
- Inženjering i konsultantske usluge
- Terenska istraživanja i merenja
- Laboratorijska ispitivanja i testiranja
- Matematičko modeliranje procesa i ponašanja objekata
- Revizija tehničke dokumentacije u hidrotehnici i vodoprivredi

Institut ima značajnu saradnju sa raznim regionalnim i evropskim udruženjima i aktivno učestvuje u realizaciji regionalnih projekata (ICPDR, UNESCO-IHP, Komisija za Savu, IWA, Projekti finansirani od strane EU – FP6 i sl.). Institut je učestvovao u organizovanju brojnih naučnih i stručnih skupova/konferencija u zemlji i inostranstvu.

Institut ima bogato internacionalno iskustvo u realizaciji hidrotehničkih/vodoprivrednih projekata u Libiji, Iraku, Iranu, Alžiru, Peruu i dr.

Laboratorije:

- Hidraulička laboratorija (oko 3500 m²)
- Laboratorija za ispitivanje fizičkih i hemijskih osobina zemljišta
- Laboratorija za fizičko-hemijsko i biološko ispitivanje vode
- Sedimentološka laboratorija

Radne jedinice/zavodi:

- Zavod za hidrauliku
- Zavod za hidrogeologiju i izučavanje režima podzemnih voda
- Zavod za hidrotehničke melioracije
- Zavod za zaštitu od bujica i erozije
- Zavod za uređenje vodnih tokova
- Zavod za vodosnabdevanje, kanalizaciju i zaštitu voda
- Zavod za brane, hidroenergetiku, rudnike i saobraćajnice
- Zavod za naučnoistraživački rad i informatiku

Naše reference u zemlji i regionu:

- Istraživanja i studije za potrebe projektovanja hidroenergetskog i plovidbenog sistema "Đerdap I" i "Đerdap II"
- Istraživanja i studije za potrebe projektovanja Hidrosistema "Dunav - Tisa - Dunav"
- Istraživanja i studije za potrebe projektovanja hidroenergetskih objekata: Zvornik; Vrutci; Vinodol; Dubrovnik; Rama; Bajina Bašta; Vlasina; Golubovića; Grančarevo; Grabovica; Salakovac; Uvac; Višegrad, itd.
- Istraživanja i studije višenamenskih akumulacija: Vrutci; Gruža; Barje; Čelije; Grište, Prvonek, Bogovina itd..
- Regionalni i gradski sistemi vodosnabdevanja među kojima se ističu regionalni sistem „Rzav“ i sistemi vodosnabdevanja gradova Beograda, Niša, Kragujevca, Novog Sada, Užica, Čačka, Šapca i dr.
- Kanalizacioni sistemi Beograda, Niša, Zrenjanina, Trstenika, Nikšića i dr.
- Projekti luka i pristaništa na obali Jadranskog mora (Bar, Ploče, Lora, Split, Hvar) i na Dunavu i Savi (Beograd, Novi Sad, Smederevo, Sremska Mitrovica i dr..)
- Izrada studija i projekata za uređenje rečnih silova i odbrane od poplava (Dunav, Sava, Drina, Morava, Jadar i mnogi drugi vodotoci)
- Kompleksne vodoprivredne studije kao što su: Vodoprivredna osnova Republike Srbije, Vodoprivredna osnova Vojvodine, Vodoprivredna osnova Kosova, Vodoprivredna osnova Crne Gore, Studija „Vode za 21. vek“, Studija održivog razvoja sektora voda u Srbiji, Instrumenti za razvoj sektora voda u Republici Srbiji i dr.
- Studije i projektovanje u oblasti korišćenja voda u poljoprivredne svrhe (Mačva, Srem), kao i izrada brojnih projekata i nadzor nad realizacijom irigacionih sistema različitih veličina i karakteristika
- Projektovanje i realizacija poslova zaštite od erozije i uređenje bujinih tokova (na brojnim lokalitetima u Srbiji i Republikama bivše SFRJ)
- Studije kvaliteta voda (klasifikacija i kategorizacija vodotoka, praćenje kvaliteta vode na Savi, Dunavu, Moravi i drugim vodotocima i akumulacijama)
- Ocena stanja i sigurnosti građevinskih objekata na skoro svim značajnijim hidrotehničkim konstrukcijama u Srbiji i bližem okruženju
- Ocena uticaja objekata i sistema na okolinu

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Pinosava, Beograd, Srbija
www.jcerni.org Tel. +381 11 3906462, Fax. +381 11 3906481, e-mail: headoffice@jcerni.co.rs

Инжењерска комора Србије



Планери

Урбанисти



Пројектанти

Извођачи радова



Булевар војводе Мишића 37
Београд

011 655 7410

www.ingkomora.rs info@ingkomora.rs

NAPLATA

sistem za obračun i naplatu komunalnih usluga



KOMPLETNO REŠENJE EVIDENCIJE POTROŠNJE I OBRAČUNA

Povećavanje efikasnosti i kvaliteta evidencije potrošnje. Racionalizacija angažovanja na terenu.
Kvalitetni obrasci računa. Smanjivanje broja reklamacija.
Povećavanje efektivnosti i efikasnosti naplate. Podrška za naplatu zaostalih i teško naplativih potraživanja.
Brza implementacija. Kompatibilnost sa standardnim računovodstvenim softverom.

PRIMENJUJE 30 VODOVODA



39 KOMUNALNIH PREDUZEĆA KORISTI BILLING SISTEM NAPLATA



Usluga za projektovanje i izradu komunalnih sistema

Stojana Novakovića 27, 15000 Šabac

tel +381 15 355 182 fax +381 15 351 103 mob +381 64 8052 550 email omnidatadoo@gmail.com

www.omnidata.rs

www.omnidataagency.com

www.mojiracuni.com