

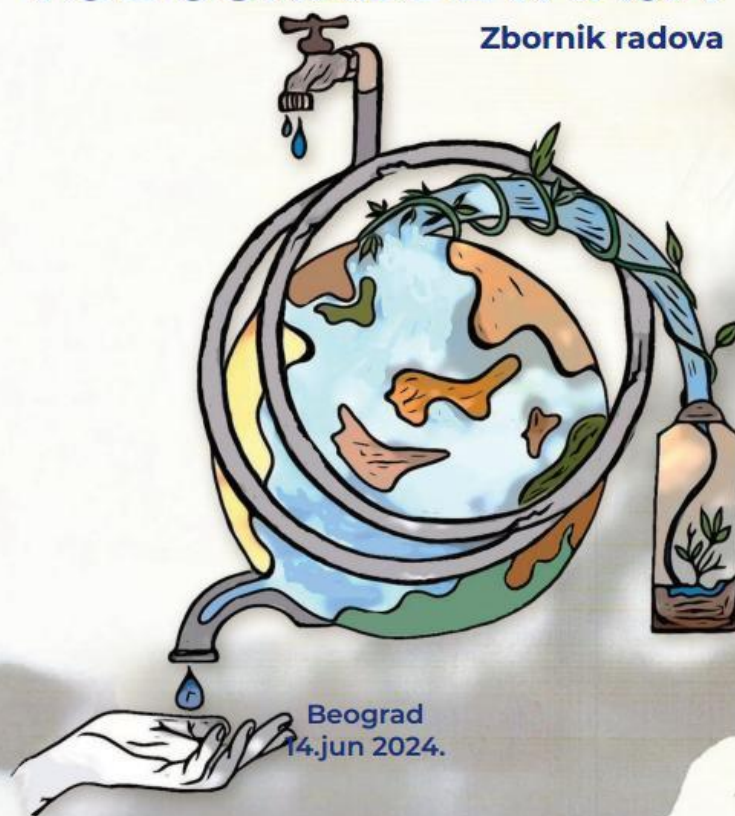
SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



Treća naučna konferencija
sa međunarodnim učešćem

GUBICI VODE U SISTEMU JAVNOG VODOSNABDEVANJA

Zbornik radova



Beograd
14.jun 2024.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**Treća naučna konferencija
sa međunarodnim učešćem**

**Gubici vode
u sistemu javnog vodosnabdevanja**

Zbornik radova

Beograd, 2024.

Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

Mr Bogdan Vlahović, generalni sekretar

Programski odbor:

Doc. dr Branislav Babić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Nikica Ivić, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Novi Sad, prof. dr Dragan Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, prof. dr Goran Sekulić, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Podgorica, doc. dr Milan Jakšić, Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Dušan Đurić, dipl. inž, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, prof. dr Goce Taseski, Univerzitet „Sv. Kiril i Metodije“, Građevinski fakultet Skoplje, prof. dr Goran Orašanin, Univerzitet Istočno Sarajevo, Mašinski fakultet, Istočno Sarajevo, Vladimir Milojević, dipl. inž, JKP „Beogradski vodovod i kanalizacija“, Beograd, Ivan Bogdanović, dipl. inž, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Kragujevac, Ikonija Karadžić, dipl. inž, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Novi Sad, Maja Medenica, dipl. inž, JKP „Beogradski vodovod i kanalizacija“, Beograd

Organizacioni odbor:

Mr Bogdan Vlahović, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, emeritus profesor dr Ilija Ćosić, Inženjerska akademija Srbije, Beograd, Dalibor Joknić, dipl. ekon, Privredna komora Srbije, Beograd, prof. dr Alekandar Đukić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Uroš Lončar, master prav, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Novi Sad, Nebojša Jakovljević, dipl. ekon, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Kragujevac, Olivera Ćosović, MSc, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, Marijana Mihajlović, ekon, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd, Olja Jovičić, dipl. prav, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Glavni i odgovorni urednik:

Doc. dr Branislav Babić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd

Naučni savet publikacije:

Doc. dr Branislav Babić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet Beograd, prof. dr Alekandar Đukić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, prof. dr Dragan Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš

Recenzenti:

Prof. dr Goran Sekulić, Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora, doc. dr Branislav Babić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, doc. dr Željko Vasilić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, doc. dr Milan Jakišić, Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Lektura i korektura:

Olivera Ćosović, mast. filol.

Tehnički urednik:

Olja Jovičić, dipl. prav.

Korica: idejno rešenje Jovana Sokić

Štampa: Akademska izdanja, Zemun

Tiraž: 180 primeraka

ISBN: 978-86-82563-29-7

Godina izdavanja: 2024.



ORGANIZATOR
SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SUORGANIZATORI

Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

Inženjerska akademija Srbije, Beograd

JKP „Vodovod i kanalizacija“, Novi Sad

JKP „Vodovod i kanalizacija“, Kragujevac

UZ PODRŠKU

**Privredne komore Srbije - Udruženje za komunalne
delatnosti, Beograd**

Inženjerske komore Srbije, Beograd

POD POKROVITELJSTVOM

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

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.1(082)

НАУЧНА конференција са међународним учешћем Губици воде у систему јавног водоснабдевања (3 ; 2024 ; Београд)

Zbornik radova / Treća naučna konferencija sa međunarodnim učešćem Gubici vode u sistemu javnog vodosnabdevanja, Beograd, [14. jun] 2024. ; [organizator Savez inženjera i tehničara Srbije] ; [glavni i odgovorni urednik Branislav Babić]. - Beograd : Savez inženjera i tehničara Srbije, 2024 (Zemun : Akademska izdanja). - 128 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 180. - Str. 8-9: Predgovor / urednik. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82563-29-7

a) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 146005769



SITS - SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE ISTORIJAT I SADRŽAJ RADA

ISTORIJAT

Koreni srpske tehničke civilizacije počinju još u doba Nemanjića. Začeci inženjerstva su u rudarsko-metalurškim poduhvatima (Novo brdo) i građenju veličanstvenih sakralnih objekata srednjevekovne srpske države.

Od Prvog (1804), a posebno Drugog srpskog ustanka (1815), oživljava srpsko graditeljstvo koje je naročito od tridesetih godina bilo vezano za izgradnju saobraćajnica, podizanje javnih objekata, uređenje varoši, i dr.

U to vreme (1834/35. godine) iz austrijskog carstva dolaze i prvi državni službenici – “pravitelstveni indžiniri” (Franc Janke i baron Franc Kordon), a u tom veku Srbijom je prošlo oko 600 inženjera.

Započinjanje nastave na Tehničkom fakultetu Velike škole 1863. godine značilo je prekretnicu u školovanju srpskih inženjera. Pored školovanja u zemlji jedan broj inženjera se školovao i u inostranstvu.

Istovremeno sa školovanjem prvih tehničkih kadrova javlja se i inicijativa za osnivanjem stručne, esnafske organizacije. **TAKO VEĆ 3. FEBRUARA 1868. GODINE, SAMO GODINU DANA POSLE PREDAJE KLJUČEVA GRADA BEOGRADA OD STRANE TURSKOG PAŠE KNEZU MIHAJLU, DOLAZI DO OSNIVANJA „TEHNIČARSKE DRUŽINE“**, čiji je prvi predsednik bio Emilijan Josimović i taj datum je usvojen kao godina nastanka naše organizacije. Ubrzo zatim (1869) osniva se i Udruženje za poljsku privredu, odnosno Srpsko poljoprivredno društvo.

Godine 1890. dolazi do osnivanja Udruženja srpskih inženjera, a od 1895. inženjera i arhitekata.

Prvo stručno glasilo ovog udruženja „Srpski tehnički list“ izašao je 1890. godine.

PRVI POČASNI ČLAN UDRUŽENJA SRPSKIH INŽENJERA BIO JE NIKOLA TESLA, KOJI JE TO PRIZNANJE DOBIO POVODOM SVOG KRATKOG I JEDINOG BORAVKA U BEOGRADU 1892. GODINE.

Za vreme Prvog svetskog rata u Solunu, gde se nalazio veliki broj inženjera koji su bili i vojnici, izlaze dva broja „Srpskog tehničkog lista” Tu je 1918. godine održana Skupština Udruženja sa 463 inženjera.

Udruženje je 1932/35. godine sopstvenim sredstvima, kreditima i dobrovoljnim priložima izgradilo svoj dom u ulici Kneza Miloša 7, a Dom inženjera „Nikola Tesla“ ul. Kneza Miloša 9-11, izgrađen je u periodu od 1962. do 1969. godine. U ova dva doma inženjera smešten je i radi Savez inženjera i tehničara Srbije sa svojih 26 republičkih strukovnih i multidisciplinarnih društava, koji se samostalno finansiraju, od ukupno 45 članica saveza.

Pored **Emijilana Josimovića**, prvog predsednika, koji je bio i rektor Liceja i Velike škole i počasni član Srpske kraljevske akademije u radu našeg Saveza učestvovali su i dali svoj doprinos i: **Kosta Alković**, prof. Velike škole, ministar građevina, član Srpskog učenog društva i Srpske kraljevske akademije, **Dimitrije Stojanović**, profesor Tehničkog fakulteta i prvi direktor Srpskih državnih železnica, član Srpskog učenog društva i Srpske kraljevske akademije, **Miloš Savčić**, ministar građevine Srbije, predsednik grada Beograda, i poznati privrednik, koji je dao najviše sredstava 1932. godine za podizanje Doma inženjera i tehničara Srbije, predsednici SANU **Josif Pančić** i **Jovan Žujović**, **Simo Lozanić**, **Kirilo Savić**, **Aleksandar Despić**, **Nikola Hajdin** i mnogi drugi poznati stručnjaci i naučni radnici.

SADRŽAJ RADA

Savez inženjera i tehničara Srbije je dobrovoljna, nevladina, neprofitna, stručno-naučna, interesna, profesionalna i vanstranačka organizacija inženjera i tehničara i njihovih organizacija u Republici Srbiji, otvorena za saradnju sa drugim naučno-stručnim, privrednim i ostalim organizacijama, na bazi međusobnog uvažavanja, uzajamnog poštovanja i samostalnosti u radu.

Savez inženjera i tehničara Srbije i njegove članice se samostalno finansiraju i samostalno finansiraju svoje stručne aktivnosti i izdavanje stručnih publikacija.

Ciljevi i zadaci SITS-a su:

- okupljanje i organizovanje inženjera i tehničara Srbije radi ostvarivanja njihovih interesa, uvećanja stručnog znanja, obezbeđenja odgovarajućeg statusa u zajednici, na bazi njihovog stručnog doprinosa u privrednom, ekonomskom, naučno-tehnološkom i ukupnom razvoju Republike Srbije;
- objedinjavanje, jačanje i omasovljavanje inženjersko-tehničkih organizacija Srbije, razvijanje međusobne saradnje i saradnje sa odgovarajućim međunarodnim organizacijama inženjera i tehničara;
- poboljšavanje statusa, interesa, ugleda i zaštite članova inženjerskotehničke organizacije Srbije i pružanje pomoći svojim članovima i članicama;

- razvijanje svih oblika saradnje sa drugim domaćim i inostranim inženjerskim organizacijama i asocijacijama
- pružanje pomoći inženjerima i tehničarima u naučnom i stručnom usavršavanju i organizovanju odgovarajućih oblika permanentnog obrazovanja;
- praćenje savremenog razvoja tehnike i tehnologije i ukazivanje na tokove zbivanja i promene u ovoj oblasti i davanje mišljenja o optimalnosti tehničkih i tehnoloških rešenja pri privrednim, investicionim i drugim poduhvatima;
- negovanje i razvijanje etike inženjersko-tehničarskog poziva, ljudskih prava i sloboda;
- podsticanje, organizovanje naučno-stručnih skupova, objavljivanje naučnih i stručnih radova, izdavanje časopisa i drugih publikacija od interesa za inženjersko-tehničarsku organizaciju i tehničku inteligenciju;
- organizovanje kongresa od značaja za struku, koji je skup inženjera i tehničara Srbije, na kome se razmatraju najznačajnija pitanja iz delokruga rada inženjersko-tehničarske organizacije Srbije, razvoja privrede, nauke, tehnike i obrazovanja. Kongres se održava u skladu sa mogućnostima i potrebama, o čemu odluku donosi Skupština SITS;
- organizovanje skupova, seminara, kurseva, stručnih obilazaka, izložbi, okruglih stolova i javnih rasprava od interesa za lokalne samouprave i za privredne, obrazovne i zdravstvene institucije;
- organizovanje kontinualne edukacije za inženjerske, zdravstvene i obrazovne organizacije u saradnji i u skladu sa kriterijumima merodavnih državnih i drugih institucija;
- rad na tehničkoj regulativi (zakonima, propisima i standardima), obezbeđujući njenu savremenost, adekvatnost, aktuelnost i funkcionalnost, a posebno na osavremenjavanju regulative za lokalne samouprave;
- razmatranje i davanje stručnih mišljenja o programima, planovima, projektima, analizama i drugim aktima važnim za razvoj tehnike, tehnologije i proizvodnje u Republici Srbiji, kao i sudsko veštačenje;
- organizacija i održavanje stručnih ispita u skladu sa Zakonom;
- podsticanje i pomaganje onih aktivnosti i inicijativa usmerenih ka očuvanju životne sredine, vodnih resursa i uređenju prostora, uštedi i racionalizaciji potrošnje svih vrsta energije;
- saradnja sa odgovarajućim stručnim, privrednim i drugim organizacijama i organima na realizaciji zadataka od zajedničkog interesa;
- negovanje sećanja na značajne ličnosti i događaje iz istorije inženjersko-tehničarskih struka, nauke i disciplina;
- upravljanje Domovima i ostalom imovinom, izvršavanje opštih, administrativnih, stručnih, računovodstveno-finansijskih, tehničkih i drugih poslova preko Stručne službe Saveza inženjera i tehničara Srbije u svom interesu, interesu članova, članica, zaposlenih i drugo.

Savez i članice Saveza imaju razvijenu saradnju sa organima lokalne samouprave, odgovarajućim gradskim i republičkim ministarstvima i drugim organima, Srpskom akademijom nauka i umetnosti, Inženjerskom komorom Srbije, Inženjerskom akademijom Srbije, Privrednom komorom Srbije, sa mnogim

preduzećima, privrednim i stručnim asocijacijama, fakultetima i univerzitetima i mnogim drugim institucijama. Imamo razvijenu i odgovarajuću međunarodnu saradnju.

Savez već dugi niz godina, na osnovu Zakona i ugovora sa nadležnim republičkim ministarstvima, organizuje i sprovodi poslove održavanja stručnih ispita iz oblasti inženjerskih struka u Republici Srbiji.

Savez inženjera i tehničara Srbije – SITS, danas ima više hiljada svojih članova, 45 svojih članica u Srbiji, i to: 27 članica na republičkom nivou, strukovnih saveza različitih inženjerskih struka, (arhitektura, urbanizam, građevina, mašinstvo, elektrotehnika, rudarstvo, geologija, geodezija, agronomija, šumarstvo, hemija i dr.), 18 kolektivnih članice saveza na pokrajinskom, gradskom i regionalnom nivou.

Savez je osnivač IAS – Inženjerske akademije Srbije. U okviru Saveza formiran je u 2002. godini Razvojni centar SITS-a koji angažuje naše naučnike i stručnjake na rešavanju mnogih tekućih i razvojnih sadržaja iz oblasti privrede Srbije.

Pored brojnih periodičnih publikacija, redovno izlazi više stručnih časopisa, među kojima: „Tehnika“, „KGH“ (Klimatizacija, grejanje, hlađenje), „Izgradnja“, „Procesna tehnika“, „Šumarstvo“, „Tekstilna industrija“, „Forum“, „Ecologica“, „Zaštita materijala“, „Građevinski materijali i konstrukcije“, „Vodoprivreda“ i drugi.

Savez ima svoju pokretnu i nepokretnu imovinu (Domove inženjera u Beogradu), samostalno se finansira, redovno izmiruje svoje obaveze prema svim nadležnim državnim organima i svojim dobavljačima i uspešno posluje.

Savez inženjera i tehničara Srbije, kao nacionalna inženjerska organizacija Srbije, član je međunarodne organizacije ENGINEERS EUROPE – Inženjeri Evrope asocijacije koja okuplja inženjere i njihova udruženja iz 33 zemlje Evropskog obrazovnog područja.

Koreni su davno postavljeni i evidentni su rezultati pređašnjeg rada. Nalazeći inspiraciju u prošlim vremenima saglasno mnogim i velikim promenama u svetu, a posebno u tehnici i tehnologiji, Savez inženjera i tehničara Srbije i njegove članice u kontinuitetu inoviraju svoj rad, od interesa za svoje članove, svoje članice, građane i državu Srbiju.

PREDGOVOR

Nakon uspešno organizovane dve konferencije 2022. i 2023. godine, Savez inženjera i tehničara Srbije (SITS) organizuje ove godine, treću po redu, godišnju konferenciju o aktuelnim temama iz oblasti upravljanja gubicima vode u sistemima javnog vodosnabdevanja.

Suorganizatori konferencije su Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ Beograd, Inženjerska akademija Srbije Beograd, JKP „Vodovod i kanalizacija“ Novi Sad, JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac, uz podršku Privredne komore Srbije - Udruženja za komunalne delatnosti i Inženjerske komore Srbije.

Konferencija se odvija pod pokroviteljstvom Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Osnovni cilj Konferencije je promocija i publikovanje rezultata naučnog rada, istraživanja i stručnog rada, kao i razmena ideja i iskustava stručnjaka iz oblasti planiranja, izgradnje i upravljanja vodovodnim sistemima, sa naglaskom na upravljanju gubicima vode.

Problematika gubitaka vode u sistemima javnog vodosnabdevanja se već duže vreme nameće kao veoma aktuelna sa više aspekata. Konferencija želi da ukaže na značaj upravljanja vodovodima i naročito na problematiku odgovornog poslovanja i upravljanja gubicima vode, odnosno korišćenja ovog prirodnog resursa na način koji je održiv za generacije koje dolaze, u skladu sa ciljem održivog razvoja Ujedinjenih nacija broj 6: „Svima obezbediti čistu vodu za piće i sanitaciju“.

Na Konferenciji će biti razmatrana problematika razvoja i unapređenja sistema upravljanja gubicima vode u procesima vodosnabdevanja s ciljem da se stečena znanja sistematizuju i prenesu na nivoe vodovodnih preduzeća, njihovih osnivača i nadležnih ministarstava. Cilj Konferencije je i da se ukaže na potrebe za jasnom raspodelom nadležnosti, kao i na činjenicu da uspešno i održivo smanjenje gubitaka vode za piće traži zakonski i finansijski okvir iz kojih proističu obavezujući propisi, definisani ciljevi, stimulatивne mere i finansijski izvori.

Zbornik radova konferencije „Gubici vode u sistemu javnog vodosnabdevanja“ sadrži ukupno 10 radova koje je Programski odbor prihvatio, nakon izvršene recenzije, za izlaganje na Konferenciji i štampanje u Zborniku radova. Pored autora radova iz Srbije, zastupljeni su i radovi autora iz regiona.

Od aktuelnih tema koje su našle svoje mesto u radovima ovog Zbornika posebno ističemo problematiku pouzdanosti procene prividnih gubitaka, strategija i planova upravljanja gubicima, organizovanje aktivnosti na kontroli gubitaka i primerima relizovanih projekata smanjenja gubitaka vode u vodovodima različitih veličina i konfiguracija.

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

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

Beograd, maj 2024.

UREDNIK
Dr Branislav Babić

SADRŽAJ

<i>Branislav Babić, Aleksandar Đukić</i> Kako povećati pouzdanost procene prividnih gubitaka vode u vodovodnim sistemima?	13
<i>Dragan Milićević, Marija Milićević, Rastislav Trajković</i> Izazovi u upravljanju gubicima vode u vodovodnim sistemima	37
<i>Jurica Kovač</i> Strategija i planovi kontrole gubitaka vode	51
<i>Danilo Stipić, Nina Pavlović, Matija Stipić, Lila Ačai, Nikica Ivić</i> Analiza gubitaka vode vodovodnog sistema grada Novog Sada	63
<i>Goce Taseski</i> Hidraulička analiza za smanjenje gubitaka vode u sistemu vodosnabdevanja bez rezervoara	73
<i>Marina Nikolić</i> Primena hidrauličkog modeliranja za smanjenje gubitaka u beogradskom vodovodnom sistemu - leva obala Save	82
<i>Goran Gavrilović</i> Analiza rada merača protoka u praksi	90
<i>José Ferreira, Joaquim Beleza, Rui Marques, Sinisa Petrić, Zoran Protić</i> Izrada akcionog plana za kontrolu neprihodovane vode u Zrenjaninu, Srbija	96
<i>Devad Koldžo</i> Projekat smanjenja NRW na bazi učinka (PBC) u Dar Es Salaamu (Tanzanija)	106
<i>Dejan Dimkić</i> Pristup smanjenju gubitaka u vodovodnim sistemima: samoinicijativa ili sistemski?	112

КАКО ПОВЕЋАТИ ПОУЗДАНОСТ ПРОЦЕНЕ ПРИВИДНИХ ГУБИТАКА ВОДЕ У ВОДОВОДНИМ СИСТЕМИМА?

HOW TO INCREASE THE RELIABILITY OF ASSESSMENT OF APPARENT WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS?

БРАНИСЛАВ БАБИЋ¹
АЛЕКСАНДАР ЂУКИЋ¹

Оригинални научни рад
DOI: 10.5937/GV24001B

Резиме: Губици воде су важан индикатор стања водоводног система. Циљ сваког водоводног предузећа је да што више смањи количине воде које не доносе приход. Када су у питању стварни губици воде развијени су различити алати и методе за процену компоненти стварних губитака воде и спроведена су значајна истраживања, док је још увек недовољно урађено за процену привидних губитака воде. У раду је презентована методологија за одређивање привидних и стварних губитака воде у водоводном систему, са акцентом на привидне губитке воде. Применом Monte Carlo рачунског алгоритма процењена је неодређеност добијених резултата. Методологија за одређивање привидних и стварних губитака воде је примењена на примеру града Пожаревца (централна Србија), како за цео водоводни систем, тако и за формиране основне зоне билансирања. Закључено је да предложена методологија може значајно повећати поузданост процене привидних губитака воде.

Кључне речи: водоводни дистрибутивни системи, стварни губици воде, привидни губици воде

Abstract: Water losses are an important indicator of the condition of the water supply system. The goal of every water company is to reduce as much as possible the amounts of non-revenue water. Significant research has been conducted and various tools and methods have been developed to estimate the components of real water losses, while uncertainty of apparent water losses components remained high. The paper proposes a methodology for determining apparent and real water losses in the water supply system, with an emphasis on apparent water losses estimations. Monte Carlo calculation algorithm is used to evaluate the uncertainty of the obtained results. The methodology for determining apparent and real water losses was applied on the example of the city of Požarevac (central Serbia), both for the entire system and at DMA level. It was concluded that the proposed methodology can significantly increase the reliability of the estimation of apparent water losses.

Key Words: water distribution systems, real water losses, apparent water losses

¹ Бранислав Бабић, Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Булевар краља Александра 73, Београд, ORCID: 0000-0003-1224-6297

¹ Александар Ђукић, Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Булевар краља Александра 73, Београд, ORCID: 0000-0003-3548-989X

1. Увод

Када су у питању стварни губици воде из водоводних система развијени су различити алати и методе за процену компоненти стварних губитака воде и спроведена су значајна истраживања, док је још увек недовољно урађено за процену привидних губитака воде. Иако су учињени значајни напори на процени компоненти привидних губитака воде, они су се углавном сводили на процену нетачности мерења на водомерима у ВДС у развијеним земљама (Lund 1988; Noss et al. 1987; Richards et al. 2010). Генерално, када је у питању процена привидних губитака воде, преостаје још доста напора да би се довела у раван са расположивим методама за стварне губитке воде.

Привидни губици воде односе се на нетачности мерења у ВДС, нелегално коришћење воде, грешке на водомерима, грешке у руковању подацима и фактурисању потрошње (AWWA 2009). Привидни губици воде имају негативан утицај на приходе водоводних предузећа и тачност података о потрошњи воде. Треба напоменути да није могуће у потпуности елиминисати привидне губитке, али их треба свести на економски оправдани ниво.

Методе активне контроле привидних губитака воде обухватају (Alegre et al. 2006):

- повећање тачности мерења потрошње на водомерима (периодични прегледи и калибрација водомера, замене старих и покварених водомера новим, по могућности, водомерима веће тачности, правилан избор типа и пречника водомера, и др);
- ажурирање и провере базе података о потрошачима;
- контрола тачности обрачуна потрошње и унапређење система за руковање подацима о потрошњи и наплати воде;
- проналажење и укидање нелегалне потрошње воде

1.1. Евидентирање и лоцирање потрошача у ВДС-у, обрачун потрошње воде

У скоро свим ВДС одређивање запремине легалне фактурисане потрошње воде током периода водног биланса је најчешће други највећи извор грешке, односно неодређености (одмах после главних мерача протока). Да би се смањила неодређеност ове компоненте неопходно је успоставити поуздану базу података потрошача и наплате, што укључује и евидентирање свих потрошача на терену (и код којих се мери потрошња преко водомера и код којих се паушално фактурише потрошња воде) и уношење података у базу и ГИС.

Уколико база већ постоји, треба проверити њену поузданост, и по потреби је поправити. Смањивање неодређености ове компоненте водног биланса обухвата и анализу грешака у обради и руковању подацима о потрошњи воде. Током теренског рада могуће је открити и нелегалне потрошаче, неисправне водомере и неовлашћено подешавање водомера. Такође, неопходно је и анализирати и потрошаче који су имплицитно овлашћени да захвате воду из

ВДС иако се та потрошња не мери (гашење пожара, прање улица, испирање цеви водовода и канализације и др).

У ВДС-има увек постоје водомери који су заглављени, оштећени и др. па из тих разлога мора да се процењује потрошња воде. Уколико се процена потрошње воде становништва врши без мерења преко водомера, она може да доведе до значајне грешке, не само због стварне потрошње воде корисника већ и због бројних дуготрајних места процуривања на прикључним цевима. У ВДС, код којих се не мери потрошња воде становништва преко водомера, процена потрошње воде је доминантни извор грешке, и може бити и већа од неодређености главних мерача протока.

Већина постојећих система наплате нису пројектовани за преузимање података за потребе водног биланса, и истраживања обично идентификују неколико потенцијалних извора „административних“ грешака. Потенцијално најозбиљнија грешка је покушај да се израчуна мерена легална потрошња, која се стварно догодила између два дискретна датума на почетку и на крају „водне године“. Обим ове грешке, познате као подешавање заостајања мерења (‘Meter Lag Adjustment’ - MLA), зависиће од бројних фактора, као што су:

- учестаност читања водомера (колико пута годишње),
- почетни и крајњи датум циклуса читавања водомера у односу на „водну годину“,
- да ли постоје рестрикције потрошње воде у сушном периоду на почетку или крају „водне године“.

Такође, у овој фази радова пожељно је извршити процену тачности различитих категорија водомера код потрошача, која се врши на статистичком узорку водомера. Нерегистровање малих протока представља трећи највећи извор грешке и, у развијеним земљама у ВДС којим се добро управља, за ове привидне губитке препоручује се стандардна вредност од $\pm 2\%$ од стварне запремине која је прошла кроз водомер. Спроведена истраживања широм света указују да се током времена погоршавају карактеристике водомера, пошто се повећава акумулирана запремина воде која је прошла кроз њега, и он више не региструје мале протоке, односно стварну потрошњу воде. Различити типови водомера, који региструју потрошњу воде у домаћинствима, имају различите карактеристике. Зато је пракса у ВДС-у, којим се добро управља, да се спроведе низ тестова тачности на структурисаном узорку водомера (по типу и старости и/или акумулираној запремини) како би се смањила ова неодређеност.

2. Развој методологија за одређивање стварних и привидних губитака воде

У почетном кораку, анализирају се постојеће подлоге и расположиви подаци о ВДС, како о објектима тако и потрошачима и њиховој потрошњи воде, постојећим базама, мерењима итд. На основу постојећих података израчунавају се компоненте водног биланса и индекси перформанси (ИП) који

из њега проистичу, као и неодређеност улазних података и њихова про- пагација. Након извршене анализе неопходно је спровести следеће активности (Бабић, Иветић 2022):

- Уградња мерила протока високе поузданости на свим извориштима ВДС- а, уколико не постоје. Уколико постоје, треба их калибрисати или размотрити замену мерилима више тачности.
- Пројектовање базе података и ГИС-а, како објеката ВДС тако и потрошача, укључујући и софтвер за наплату воде.
- Евидентирање и лоцирање свих потрошача и уношење у базу евиденције потрошње и ГИС, како потрошача код којих се мери потрошња тако и потрошача код којих се паушално фактурише потрошња воде.
- Очитавање водомера током периода од најмање годину дана и уношење у базу, анализа потрошње свих категорија потрошача.
- Детекција и евидентирање свих објеката ВДС-а (пречник, дужина и врста цевног материјала, дужина прикључних цеви) и уношење у ГИС.
- Формирање математичког модела у софтверском пакету за моделирање рада ВДС, који по могућности има везу са базама потрошача и ГИС-ом. У математички модел уноси се чворна потрошња воде свих категорија потрошача на нивоу средње годишње потрошње. На основу формираног математичког модела ВДС-а одређују се мерна места протока и притиска за потребе калибрације модела. Формирају се мерна места, врше се мерења и калибрише математички модел.

На примеру ВДС Пожаревца приказано је како се спровођењем активности од 1 до 6 (Бабић, Иветић 2022) може смањити неодређеност прорачуна компоненти водног биланса и ИП. Међутим, добијени резултати указали су да је неодређеност привидних губитака воде и даље остала велика, око $\pm 37\%$.

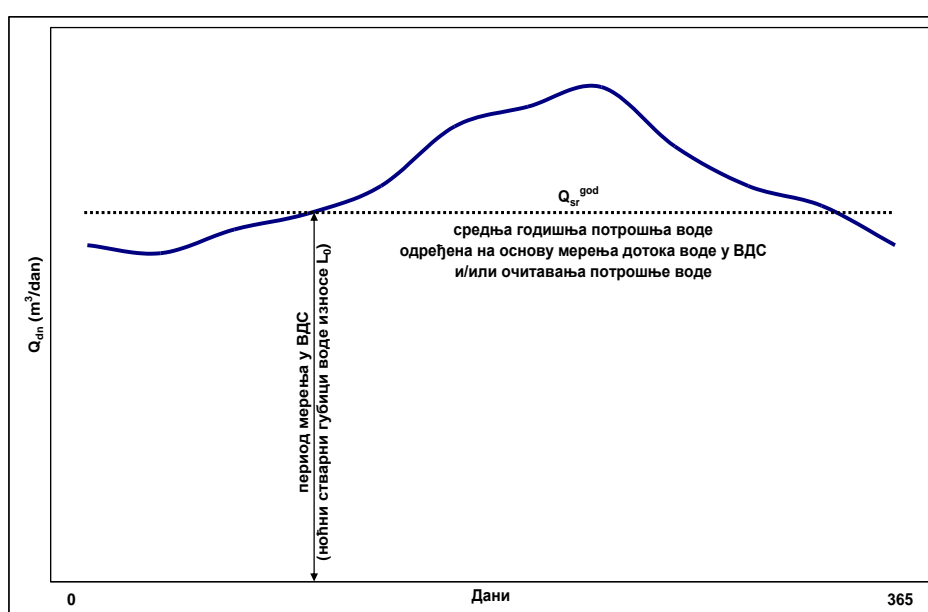
2.1. Методологија одређивања годишњих стварних губитака воде

Након спроведених активности 1-6, предлаже се спровођење следећих активности:

- На основу калибрисаног математичког модела и процедура за формирање основних зона билансирања (ОЗБ) (Иветић и сар, 2008), ВДС се дели у више ОЗБ-а (могу бити сталне или повремене) и одређују мерна места протока и притиска за потребе анализе губитака воде применом методе минималне ноћне потрошње воде, и врше мерења. На основу анализе потрошње воде одређују се корисници система код којих се током ноћи мери њихова потрошња. Мерења се спроводе у периоду средње годишње потрошње воде у ВДС.
- Након мерења протока и притиска по ОЗБ потребно је урадити верификацију калибрисаног математичког модела. Врши се процена стварних и привидних губитака воде по ОЗБ и за цео ВДС. На основу добијених резултата понавља се прорачун компоненти водног биланса и вредности ИП.

- На основу резултата методе минималне ноћне потрошње могуће је одредити и "ноћни *ILI*", који представља однос ноћних стварних губитака воде и неизбежних губитака воде (енг. *Unavoidable Annual Real Losses – UARL*). За прорачун *UARL* користи се вредност ноћног просечног притиска у ОЗБ. Ова вредност не би требало значајније да се разликује од индекса *ILI* добијеног на основу годишњег водног биланса (Lambert и Taylor 2010).

Током ових прорачуна врши се и пропација неодређености улазних података, односно рачуна се неодређеност коначних резултата, како компоненти водног биланса, тако и индикатора перформанси.



Слика 2.1. Период мерења у ВДС и/или ОЗБ

Мерења, осим за верификацију калибрисаног математичког модела, служе и за одређивање просечног часовног притиска током дана у ВДС и ОЗБ, и експонента притиска за губитке воде (или се усваја на основу препорука из литературе). Методом минималне ноћне потрошње воде, на основу резултата мерења и статистичке анализе дотока и ноћне потрошње воде различитих категорија потрошача, одређују се ноћни стварни губици воде WL_{night} (m^3/h).

$$WL_{night} = MNF - \text{ноћна потрошња воде свих категорија потрошача} \quad (2.1)$$

где је MNF (m^3/h) - минимални ноћни доток воде у ОЗБ (или ВДС).

Стварни часовни губици воде током посматраног дана рачунају се множењем стварних губитака за време MNF фактором ноћ-дан (Night-Day-Factor) базираног на принципу „фиксна и променљива област цурења“ (Fixed and Variable Area Discharge - FAVAD) који објашњава везу између притиска и стварних губитака воде (Lambert 2002; Lambert и Fantozzi 2010).

Вредности часовних стварних губитака воде током посматраног дана, који репрезентује дан са средњом годишњом потрошњом воде (годишњи губици воде), рачунају се на следећи начин, једначина (2.2) и слика 2.2:

$$WL_h = WL_{night} \left(\frac{AZP_h}{AZNP} \right)^{NI} \quad (2.2)$$

где је WL_{night} ноћни стварни губици воде (за време MNF) у дану са средњом годишњом потрошњом воде при просечном ноћном притиску $AZNP$, WL_h стварни губитак воде у посматраном сату при просечном притиску у ОЗБ од AZP_h и NI експонент притиска за стварне губитке воде. Истраживања су показала да се вредност експонента притиска NI налази у опсегу од 0,5 до 2,3 у зависности од типа оштећења цеви и врсте цевног материјала (Greuvenstein и van Zyl 2007). Његова вредност се исправно одређује степ-тестом током ноћних сати.

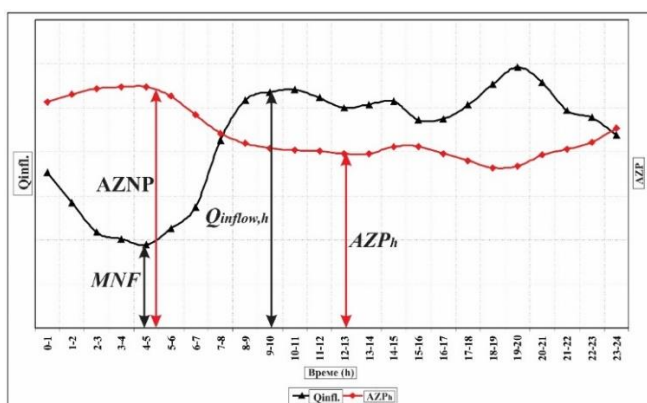
Просечан часовни притисак AZP_h у ОЗБ одређује се или на основу резултата мерења или резултата калибрисаног математичког модела. На Сл. 2.2 приказане су вредности које се користе у једначини (2.2) (резултати мерења дотока воде у ОЗБ и промена часовног просечног притиска на основу резултата калибрисаног математичког модела).

Сумирањем часовних губитака воде током дана могу се израчунати дневни стварни губици воде WL_{day} (m^3/dan), на нивоу просечних годишњих губитака воде:

$$\sum_{h=1}^{24} WL_h = WL_{day} \quad (2.3)$$

односно просечни годишњи стварни губици воде WL_{year} (m^3/god):

$$WL_{year} = WL_{day} \cdot 365 \quad (2.4)$$



Сл. 2.2. Доток воде у ВДС и/или ОЗБ и просечан притисак у дану када се спроводе мерења (средња годишња потрошња воде)

2.2. Методологија одређивања годишњих привидних губитака воде

Одређивање привидних губитака воде следи након одређивања стварних губитака воде. Методологијом одређивања привидних губитака воде процењује се укупна стварна часовна потрошња воде $Q_{tot,h}$ (m^3/h) у ВДС и/или ОЗБ, на нивоу средње годишње потрошње воде (разматрани период мерења и прорачуна исти као и за одређивање стварних губитака воде).

На основу резултата мерења одређен је часовни доток воде $Q_{inflow,h}$ (m^3/h) у ВДС и/или ОЗБ. Одузимањем стварних часовних губитака воде од часовног дотока воде добија се стварна часовна укупна потрошња воде, једначина (2.5):

$$Q_{tot,h} = Q_{inflow,h} - WL_h \quad (2.5)$$

Сумирањем стварне часовне потрошње воде, током дана са средњом годишњом потрошњом воде, може се израчунати укупна стварна дневна потрошња воде (m^3/dan), на нивоу просечне годишње потрошње воде:

$$\sum_{h=1}^{24} Q_{tot,h} = WC_{day} \quad (2.6)$$

односно укупна стварна просечна годишња потрошња воде WC_{year} (m^3/god):

$$WC_{year} = WC_{day} \cdot 365$$

Упоредивањем укупне стварне годишње потрошње воде са фактурисаном средњом годишњом потрошњом воде из базе наплате могуће је извршити верификацију годишњег водног биланса, и проценити привидне губитке воде.

Резултати, који се добију на овај начин, служе за коначно дефинисање компоненти водног биланса и ИП који из њега произилазе.

Као што је већ поменуто, у ВДС увек постоје зглављени или оштећени водомери, па је потребно извршити процену тачности различитих категорија водомера код потрошача низом тестова који се врши на статистичком узорку водомера. Већина истраживача посветили су пажњу одређивању ових појединачних компоненти привидних губитака како би проценили укупне привидне губитке воде у ВДС. Међутим, методологијом презентованом у овом раду превазилазе се проблеми који настају приликом таквих процена, јер се користе резултати мерења који служе и за одређивање стварних губитака воде. Овом методом се процењује стварна потрошња воде у ВДС и/или ОЗБ и упоређује са фактурисаном потрошњом воде и тако, на посредан начин, одређују се укупни привидни губици воде.

Такође, одређивањем стварних и привидних губитака воде омогућава се њихово исказивање у новчаној вредности, где се користе следеће цене:

- Цена воде изгубљена на стварним губицима воде обрачунава се коришћењем маргиналних трошкова производње и дистрибуције воде, односно повећања трошкова производње и транспорта воде при повећању

капацитета захватања, прераде и пласмана воде за јединицу запремине или протока воде.

- Изгубљени приход од привидних губитака обрачунава се коришћењем продајне цене воде, јер су корисници воду утрошили али је нису платили.

Економска анализа указује на фаворизовање уклањања стварних или привидних губитака воде.

2.3. Неодређеност ноћне потрошње воде

Обе, претходно наведене, методологије заснивају се на минималној ноћној потрошњи воде. Процена ноћне потрошње воде домаћинства и других категорија потрошача уобичајено се процењује из анализе резултата мерења ноћне потрошње воде репрезентативног статистичког узорка различитих потрошача. Резултати анализе обично се изражавају као просечна потрошња у литрима по прикључку на час, литрима по становнику на час или литрима по домаћинству на час, у зависности од примењене праксе у различитим земљама, као нпр. (Fantozzi и Lambert, 2012):

- УК, 1994 (WSA/WCA Engineering and Operations Committee 1994) процењује да је минимална ноћна потрошња воде становништва 1,7 L/domać.h, док су остали корисници подељени у категорије од А до Е са просечном ноћном потрошњом воде од 1 до 60 L/priklj.h (пондерисано просечно 7,4 L/priklj.h)
- Малезија процењује ноћну потрошњу воде становништва од 5 L/domać.h.
- Немачка и Аустрија процењују ноћну потрошњу воде становништва од 0,4 до 0,8 L/st.h.

У пракси, различите компоненте ноћне потрошње воде нису фиксне и варирају како систематски тако и случајно у зависности од доба године, дана у недељи, доба ноћи и временског трајања мерења минималне ноћне потрошње воде. Услед разлика у навикама потрошача у међународним оквирима, не постоји општеприхваћена стандардна вредност за ноћну потрошњу воде. Повећање доступности технологије „паметног“ мерења (Smart Metering technology) пружа одличне могућности за побољшање разумевања ноћне потрошње воде. Међутим, пуна корист не може се остварити без:

- процеса избора када ће се вршити мерења минималне ноћне потрошње воде за потребе процене ноћних губитака воде у ВДС, времена и дужине трајања истраживања, и
- схватања и разумевања компоненти ноћне потрошње воде и њихове варијабилности.

Процес селекције почиње анализом годишњег дијаграма неравномерности дотока воде у ВДС (ако је расположиво и минималног ноћног дотока воде и притиска), што је од посебне важности у случајевима ВДС који су подложни значајном варирању или повећању ноћне потрошње воде у одређеном делу године или знатним променама броја његових корисника. Дакле, први циљ је

идентификација доба године када је примерено извршити мерења која нису изложена овим додатним компонентама ноћне потрошње воде.

Доток воде у ОЗБ обично се региструје у временским интервалима од 1, 5 или 15 минута. Минимални ноћни доток воде у ОЗБ не јавља се у истом временском периоду сваке ноћи, чак ни у истој ОЗБ.

У примени развијене методологије за анализу пропагације неодређености улазних података, приказане у овом раду, предложено је мерење збирне ноћне потрошње становништва у пилот зони (већи број кућних прикључака) у дужем временском периоду.

Приликом одабира пилот зоне треба водити рачуна да то буде зона са новијом секундарном дистрибутивном мрежом у добром стању (или зона у којој су спроведене мере активне контроле губитка и отклоњена сва детектована места цурења), како мерења не би садржала и губитке воде у спољној мрежи. Међутим, уколико није могуће наћи такву пилот зону, онда је неопходно прво одредити стварне ноћне губитке воде у пилот зони, како би се одузели од мереног дотока воде и на тај начин одредила ноћна потрошња воде.

Дакле, не мери се појединачна ноћна потрошња воде кућних прикључака, већ укупна ноћна потрошња воде већег број потрошача. За ове резултате мерења може се усвојити да имају нормалну расподелу. Минимална ноћна потрошња воде категорије потрошача становништво, као и њена неодређеност, одређује се на основу статистичке анализе резултата мерења.

Минимална ноћна потрошња воде категорија потрошача мала привреда, установе и др. (потрошача који ноћу не користе воду за своје потребе) - $Q_{sc,night}$, и њена неодређеност $\Delta Q_{sc,night}$, одређује се на основу резултата мерења на статистичком узорку, или се усваја на основу препорука из литературе. Уколико нису вршена мерења потрошње воде на статистичком узорку, већ је њихова минимална ноћна потрошња воде усвојена, треба усвојити већу неодређеност појединачног корисника, мин. $\pm 50\%$.

Минимална ноћна потрошња воде категорија потрошача који ноћу користе воду за своје потребе (индустрија, болнице и др.) - $Q_{lc,night}$, као и њена неодређеност $\Delta Q_{lc,night}$, одређује се на основу статистичке анализе резултата мерења. Код ових потрошача неопходно је спровести мерења њихове потрошње воде.

Укупна минимална ноћна потрошња воде у ОЗБ добија се сумирањем појединачних минималних ноћних потрошњи воде свих категорија потрошача, односно:

$$Q_{mc,night} = q_{res,mer}^{night} + Q_{sc,night} + Q_{lc,night} \quad (2.7)$$

Неодређеност укупне минималне ноћне потрошње воде категорије потрошача становништво - индивидуалне куће, добија се коришћењем наредне једначине:

$$\Delta q_{res,mer}^{h,night} = \frac{\sqrt{N_{conn}^h \cdot (q_{h,mer}^{night} \cdot \Delta q_{h,mer}^{night})^2}}{(N_{conn}^h \cdot q_{h,mer}^{night})} \quad (2.8)$$

где је $\Delta q_{res,mer}^{h,night}$ укупна неодређеност ноћне потрошње воде свих индивидуалних кућа у ОЗБ, N_{conn}^h укупан број индивидуалних кућа у ОЗБ, $q_{h,mer}^{night}$ ноћна потрошња воде појединачне куће и $\Delta q_{h,mer}^{night}$ њена неодређеност (добијено статистичком анализом резултата мерења).

Неодређеност укупне минималне ноћне потрошње воде категорије потрошача становништво - стамбене зграде, добија се коришћењем наредне једначине:

$$\Delta q_{res,mer}^{rb,night} = \frac{\sqrt{N_{prop}^{rb} \cdot (q_{rb,mer}^{night} \cdot \Delta q_{rb,mer}^{night})^2}}{(N_{prop}^{rb} \cdot q_{rb,mer}^{night})} \quad (2.9)$$

где је $\Delta q_{res,mer}^{rb,night}$ укупна неодређеност ноћне потрошње воде свих стамбених зграда у ОЗБ, N_{prop}^{rb} укупан број станова у стамбеним зградама у ОЗБ, $q_{rb,mer}^{night}$ ноћна потрошња воде једног домаћинства у стамбеним зградама и $\Delta q_{rb,mer}^{night}$ њена неодређеност (добијено статистичком анализом резултата мерења), и

$$q_{res,mer}^{night} = N_{conn}^h \cdot q_{h,mer}^{night} + N_{prop}^{rb} \cdot q_{rb,mer}^{night} \quad (2.10)$$

Неодређеност укупне минималне ноћне потрошње воде категорија потрошача мала привреда, установе и др. (потрошача који ноћу не користе воду за своје потребе) - $Q_{sc,night}$, рачуна се једначином (2.11):

$$\Delta Q_{sc,night} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_{sc}} (q_{sc,i}^{night} \cdot \Delta q_{sc,i}^{night})}}{\sum_{i=1}^{n_{sc}} q_{sc,i}^{night}} \quad (2.11)$$

где је $q_{sc,i}^{night}$ ноћна потрошња воде сваког појединачног корисника који припада овој категорији потрошача и $\Delta q_{sc,i}^{night}$ њена неодређеност, а n_{sc} укупан број корисника у ОЗБ који припадају овој категорији потрошача.

Неодређеност укупне минималне ноћне потрошње воде категорија потрошача који ноћу користе воду за своје потребе (индустрија, болнице и др.) - $Q_{lc,night}$, рачуна се једначином (2.12):

$$\Delta Q_{lc,night} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_{lc}} (q_{lc,i}^{night} \cdot \Delta q_{lc,i}^{night})}}{\sum_{i=1}^{n_{lc}} q_{lc,i}^{night}} \quad (2.12)$$

где је $q_{lc,i}^{night}$ ноћна потрошња воде сваког појединачног корисника који припада овој категорији потрошача и $\Delta q_{lc,i}^{night}$ њена неодређеност, а n_{lc} укупан број корисника у ОЗБ који припадају овој категорији потрошача.

Неодређеност укупне минималне ноћне потрошње воде у ОЗБ рачуна се коришћењем једначине (2.13):

$$\Delta Q_{mc,night} = \frac{\sqrt{N_{com}^h \cdot (q_{h,mer}^{night} \cdot \Delta q_{h,mer}^{night})^2 + N_{prop}^{rb} \cdot (q_{rb,mer}^{night} \cdot \Delta q_{rb,mer}^{night})^2 + (Q_{sc,night} \cdot \Delta Q_{sc,night})^2 + (Q_{lc,night} \cdot \Delta Q_{lc,night})^2}}{N_{com}^h \cdot q_{h,mer}^{night} + N_{prop}^{rb} \cdot q_{rb,mer}^{night} + Q_{sc,night} + Q_{lc,night}} \quad (2.13)$$

2.4. Неодређеност стварних и привидних губитака воде и стварне потрошње воде

Након што је одређена минимална ноћна потрошња воде свих категорија потрошача, као и њена неодређеност, одређује се минимални ноћни проток у ОЗБ (MNF) и његова неодређеност (ΔMNF), такође на основу статистичке анализе резултата мерења.

Ноћни стварни губици воде - WL_{night} одређују се применом једначине (2.14):

$$WL_{night} = MNF - Q_{mc,night} \quad (2.14)$$

а њихова неодређеност ΔWL_{night} једначином (2.15):

$$\Delta WL_{night} = \frac{\sqrt{(MNF \cdot \Delta MNF)^2 + (Q_{mc,night} \cdot \Delta Q_{mc,night})^2}}{WL_{night}} \quad (2.15)$$

Ноћни просечан притисак у ОЗБ - $AZNP$, као и његова неодређеност - $\Delta AZNP$, одређује се на основу резултата калибрисаног математичког модела ВДС, или резултата мерења уколико постоје. На исти начин одређују се и часовни просечни притисци у ОЗБ - AZP_h и њихова неодређеност - ΔAZP_h .

Експонент губитака воде NI , као и његова неодређеност ΔNI , добија се прорачуном на основу резултата мерења типа „степ тест“ током периода минималне ноћне потрошње воде. Вредност NI може се усвојити и на основу препоруке из литературе, уколико није рађен „степ тест“, али тада је значајно већа његова неодређеност ΔNI .

Након одређивања свих претходно поменутих величина, у следећем кораку одређују се часовни стварни губици воде - WL_h (једначина (2.2)), за дан са

средњом годишњом потрошњом воде. Пошто је једначина (2.2) за одређивање часовних стварних губитака воде експоненцијална није могуће извести аналитички израз за одређивање њихове неодређености. Међутим, како су дефинисане све улазне величине и њихова функција густине вероватноће, као и њихова веза са излазном величином - WL_h , могуће је применити методу Monte Carlo како би се процениле вредности излазне величине, њена стандардна неодређеност и интервал обухвата вредности. Генерисано је 1.000 понављања прорачуна, на основу чега је израчуната функције густине вероватноће WL_h , математичко очекивање, стандардна девијација и интервал обухвата који садржи вредност WL_h са одређеном вероватноћом. Прорачуни се раде за сваки сат посматраног дана.

Укупни дневни и годишњи стварни губици рачунају се једначинама (2.2) и (2.4), а неодређеност укупних стварних дневних губитака воде - ΔWL_{day} , једначином (2.16):

$$\Delta WL_{day} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{24} (WL_{h,i} \cdot \Delta WL_{h,i})}}{\sum_{i=1}^{24} WL_{h,i}} \quad (2.16)$$

Након одређивања часовних стварних губитака воде сада је могуће и одредити стварну часовну потрошњу воде, једначина (2.5). Такође, применом једначина (2.5) и (2.6) одређује се укупна дневна и годишња стварна потрошња воде. Неодређеност укупне стварне потрошње воде - ΔWC_{day} , одређује се применом једначине (2.17):

$$\Delta WC_{day} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{24} (WC_{h,i} \cdot \Delta WC_{h,i})}}{\sum_{i=1}^{24} WC_{h,i}} \quad (2.17)$$

3. Примена методологије одређивања привидних и стварних губитака воде на ВДС Пожаревац

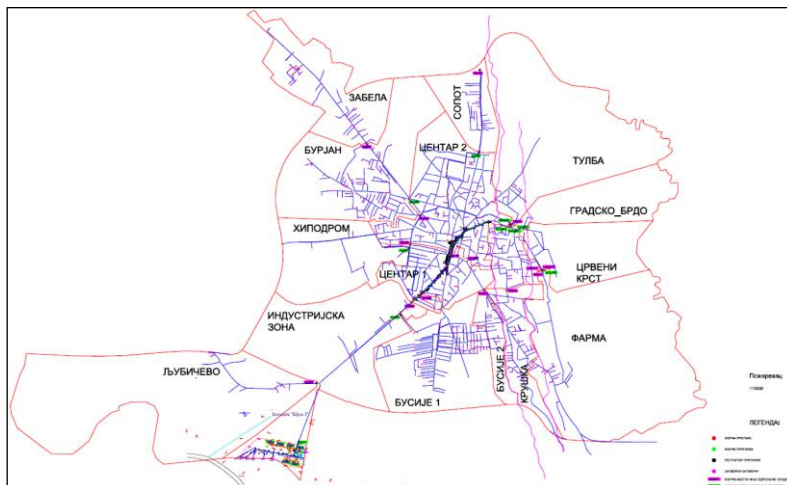
Након спроведених активности 1-6, како би се смањила неодређеност компоненти водног биланса и ИП, добијени резултати су указали на је неодређеност привидних губитака и даље велика, $\pm 37\%$ (Бабић, Иветић 2022).

ВДС Пожареваца је подељен на 15 ОЗБ (слика 3.1) са циљем да се одреде компоненте водног биланса, као и приоритетне зоне у којима би требало приступити смањењу губитака воде (Ехтинг, 2013).

Све ОЗБ су изоловане од осталог дела система преко постојећих затварача. За сваку зону дефинисана места дотока воде у ОЗБ, као и места излаза из ОЗБ

(где постоје), и на тим „тачкама“ система изграђени су шахтови и уграђени мерачи протока и притиска који су повезани са SCADA системом.

За сваку ОЗБ из базе података (ГИС) одређен је укупан број корисника по категоријама потрошача, као и њихова дневна потрошња, на нивоу средње годишње потрошње (статистичком анализом резултата мерења сваког водомера).



Слика 3.1. Подела ВДС Пожаревца на ОЗБ

3.1. Минимална ноћна потрошња воде потрошача у систему

За потребе одређивања компоненти водног биланса и минималне ноћне потрошње воде (као и моделирања рада ВДС), потрошачи су подељени у неколико категорија:

Велики потрошачи - потрошња воде већа од $10 \text{ m}^3/\text{dan}$. Ови потрошачи су посебно разматрани, и код њих су спроведена мерења часовне потрошње воде у периоду од око 3 недеље, у периоду средњих годишњих потреба за водом. Минимална ноћна потрошња воде сваког потрошача из ове категорије, као и њена неодређеност, добијена је на основу статистичке анализе резултата мерења.

КПЗ Забела

Мерење потрошње воде у КПЗ Забела вршено је током периода од око 4 недеље у периоду средње годишње потрошње воде у ВДС Пожаревца. Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења, износи $\pm 10 \%$. Усвојена минимална ноћна потрошња воде КПЗ Забела износи 43.848 L/h . Минимални часовни коефицијент неравномерности потрошње воде износи $0,80$.

Мерења потрошње воде женског затвора нису рађена истовремено кад и сва остала мерења. Резултати мерења из тог периода су такође показивала малу осцилацију часовне неравномерности потрошње, па је за даље прорачуне

усвојена иста вредност минималног часовног коефицијента неравномерности потрошње воде као и за КПЗ Забела од 0,80. На основу претходно усвојене вредности и вредности средње годишње потрошње воде преузете из базе, прорачуном се добија да минимална ноћна потрошња воде износи 2.312 L/h, а обзиром на недостатак мерења усвојена је нешто већа неодређеност од ± 20 %.

Веолија транс АД „Литас“

Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења (период од 10 дана), износи ± 10 %. Усвојена минимална ноћна потрошња воде износи 2.043 L/h. Минимални часовни коефицијент неравномерности потрошње воде износи 0,84.

Овај корисник има још 2 прикључка на ВДС Пожаревца. Њихова минимална ноћна потрошња воде усвојена је на основу укупне дневне потрошње на нивоу средње годишње потрошње и процене њихове активности током ноћи. Један прикључка има потрошњу воде од 58,4 m³/dan и за њега је усвојен исти минимални часовни коефицијент неравномерности од 0,8 па минимална ноћна потрошња воде износи 1.071 L/h. За овај прикључак усвојена је већа неодређеност од ± 30 %.

Други прикључак има потрошњу воде од само 9,6 m³/dan и за њега је усвојен минимални часовни коефицијент неравномерности од 0,3 па минимална ноћна потрошња воде износи 120 L/h. И за овај прикључак усвојена је неодређеност од ± 30 %.

Индивидуалне куће центар (куће са окућницом). За потребе одређивања карактеристика потрошње ове групе потрошача издвојено је пилот подручје са 25 прикључака и новијом дистрибутивном мрежом укупне дужине 260 m. Доток воде у пилот зону мерен је у периоду од 25 дана. Укупна минимална ноћна потрошња воде одређена је на основу статистичке анализе резултата мерења и износи 180 L/h, односно 7,20 L/priklj.h. Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 50 %.

Индивидуалне куће периферија (куће са баштама). За потребе одређивања карактеристика потрошње ове групе потрошача издвојено је пилот подручје са 38 прикључака и новијом дистрибутивном мрежом укупне дужине 580 m. Доток воде у пилот зону мерен је у периоду од 25 дана. Укупна минимална ноћна потрошња воде одређена је на основу статистичке анализе резултата мерења и износи 270 L/h, односно 7,10 L/priklj.h. Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 50 %.

Кућни савети. За потребе одређивања карактеристика потрошње ове групе потрошача мерена је потрошња воде на прикључку зграде са 59 станова. Потрошња воде мерена је у периоду од 25 дана. Укупна минимална ноћна потрошња воде одређена је на основу статистичке анализе резултата мерења и

износи 270 L/h, односно 4,50 L/domać.h. Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 50 %.

Мала привреда (локали и занатске радње). У ВДС Пожареваца ова мерења нису рађена. Усвојено је да минимални коефицијент часовни неравномерности износи 0,40 па је минимална ноћна потрошња воде ове категорије потрошача процењена на основу просечне фактурисане потрошње воде. Усвојена је неодређеност минималне ноћне потрошње, по једном потрошачу, од ± 50 %.

Јавне установе. Код појединих потрошача које припадају овој категорији вршена су мерења часовне потрошња воде у периоду од око 3 недеље (општина, хала спортова). Код осталих потрошача који припадају овој категорији, минимална ноћна потрошња воде процењена је на основу просечне фактурисане потрошње воде:

Хала спортова

Потрошње воде у хали спортова мерена је током периода од око 2 недеље у периоду средње годишње потрошње воде у ВДС Пожареваца. Неодређеност минималне ноћне потрошње ($Q_{\min.ноћ} = 2.770$ L/h), на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 30 %.

СО Пожаревац

Потрошње воде у скупштини општине Пожаревац мерена је током периода од око 2 недеље у периоду средње годишње потрошње воде у ВДС Пожареваца. Неодређеност минималне ноћне потрошње ($Q_{\min.ноћ} = 703$ L/h), на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 5 %.

За остале потрошаче, који припадају категорији јавне установе, минимална ноћна потрошња воде усвојена је на основу укупне дневне потрошње на нивоу средње годишње потрошње и процене њихове активности током ноћи. Усвојена је минималне ноћне потрошње воде са неодређеношћу од ± 20 %.

Хотели. Мерена је часовна потрошња воде хотела "Дунав" у периоду од око 10 дана. Дијаграм часовне неравномерности потрошње воде овог хотела усвојен је да важи и за остале кориснике који припадају овој категорији потрошача. Неодређеност минималне ноћне потрошње, на основу статистичке анализе резултата мерења, износи ± 50 %. Усвојена минимална ноћна потрошња воде хотела Дунав износи 882 L/h.

Школе. Мерена је часовна потрошња воде основне школе „Вук Караџић“ у периоду од око 7 дана. Резултати мерења из тог периода указују да минимални коефицијент часовне неравномерности потрошње воде, током ноћи, износи 0,80, па је за даље прорачуне усвојена поменута вредност за све школе. Минимална ноћна потрошња воде свих потрошача, који припадају овој категорији, процењена је на основу просечне годишње фактурисане потрошње воде. Усвојена је неодређеност минималне ноћне потрошње, по једном потрошачу, од ± 30 %.

Болнице. Мерена је часовна потрошња воде Опште болнице „Воја Дулић“ у периоду од око 20 дана. Дијаграм часовне неравномерности потрошње воде

ове болнице усвојен је да важи и за остале кориснике који припадају овој категорији потрошача. Измерени дијаграми неравномерности потрошње у Општој болници „Воја Дугалић“ усвојени су да важе и за остале болнице. У оквиру медицинских установа постоје и домови здравља, који не раде ноћу, па је усвојени коефицијент неравномерности у време MNF знатно нижи. Неодређеност минималне ноћне потрошње усвојена је да износи $\pm 20\%$, осим за болницу Воја Дулић чија је неодређеност добијена на основу статистичке анализе резултата мерења ($\pm 13\%$).

3.2. Минимални ноћни проток воде у основним зонама билансирања

За сваку ОЗБ, одређен је минимални ноћни проток воде. Обзиром на велики број мерења урађена је статистичка анализа резултата мерења минималног ноћног протока. У ОЗБ у којим постоји више мерача протока („улаза“ и „излаза“ из ОЗБ) минимални ноћни проток воде одређен је као минимум укупног протока (збира и/или разлике), а не као минимум сваког мерача протока.

3.3. Одређивање стварних и привидних губитака воде у основним зонама билансирања

Методом минималне ноћне потрошње воде одређени су ноћни стварни губици воде WL_{night} у свакој ОЗБ, као и у целом ВДС, једначина (2.14), за време MNF и при просечном притиску AZNP у ОЗБ у том периоду. Приликом реализације мерења у ВДС Пожаревца није рађен „степ тест“ за одређивање експонента притиска стварних губитака воде $N1$, па је из тих разлога морао да се процени. Као што је већ поменуто, велики утицај на његову вредност има врста цевног материјала. У ВДС Пожаревца најзаступљенији цевни материјали су пластика (56,4 %) и азбест-цемент (31,7 %). На основу препорука из литературе (Thornton et al. 2008), уобичајена вредност експонента притиска за стварне губитке воде $N1$ за пластичне цеви износи око 1,50. Узимајући у обзир заступљеност цевног материјала за даље прорачуне усвојена је вредност експонента притиска за стварне губитке воде $N1$ од 1,40.

Из резултата калибрисаног и верификованог математичког модела, за потрошњу воде на моделу која одговара средњој годишњој потрошњи воде, у свакој ОЗБ одређен је часовни просечан притисак током посматраног дана, AZP_h . Просечан притисак у ОЗБ за време минималне ноћне потрошње воде, при средњој годишњој потрошњи воде, означен је са AZNP. На основу једначине (2.1) израчунавају се ноћни стварни губици воде у дану са средњом годишњом потрошњом воде WL_{night} .

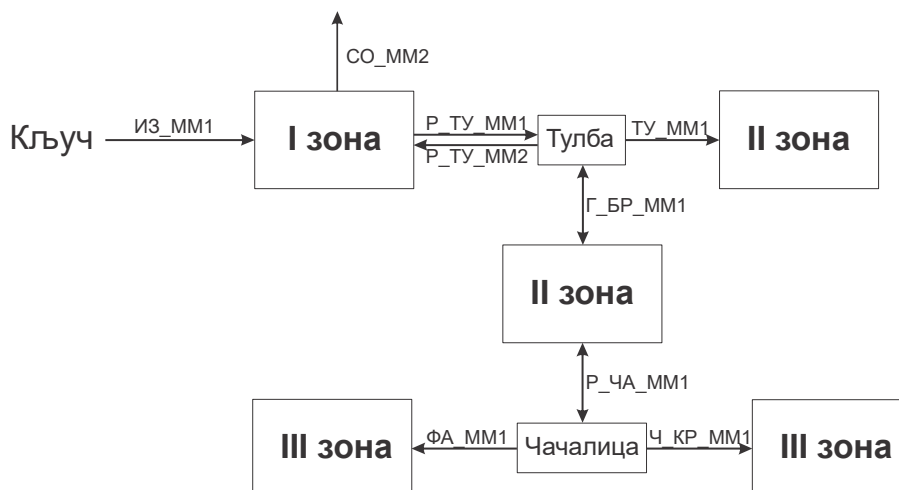
Након тога, на основу дијаграма просечног часовног притиска у ОЗБ током дана са средњом годишњом потрошњом воде, одређени су и часовни стварни губици воде током истог дана (једначина (2.2)). Одузимањем стварних часовних губитака воде од измереног дотока воде у ОЗБ у периоду средње годишње потрошње воде добија се часовна укупна стварна потрошња воде, односно укупна дневна потрошња воде (једначина (2.5)). Упоредивањем резултата прорачуна са средњом годишњом потрошњом воде из базе потрошача, одређују се укупни привидни губици воде.

Након добијених резултата одређује се и њихова поузданост. Процењена је неодређеност сваког улазног података и извршен је прорачун пропагације неодређености на коначне резултате.

Ови прорачуни су рађени за цео ВДС Пожаревца, као и по ОЗБ.

3.4. Одређивање стварних привидних губитака воде у целом ВДС

На слици 3.2 дат је шематски приказ мерних места за одређивање водног биланса ВДС Пожаревца. Доток воде у ВДС региструје се преко једног мерног места опремљеног мерачем протока и притиска на потису са изворишта Кључ (ИЗ_ММ1). Мерна места Р_ТУ_ММ1 и Р_ТУ_ММ2 налазе се на доводно/одводним цевоводима резервоара Тулба и опремљени су само мерачима протока. Из резервоара Тулба вода се потискује са два крака ка потрошачима у II висинској зони и резервоару Чачалица. Мерно место Р_ЧА_ММ1 налази се на доводно/одводном цевоводу резервоара Чачалица и опремљено је само мерачем протока. Код мерних места Г_БР_ММ1 и Р_ЧА_ММ1 течење воде могуће је у оба смера. Из резервоара Чачалица вода се потискује са два крака ка потрошачима у III висинској зони.



Слика 3.2. Шематски приказ ВДС Пожаревца

У табели 3.1 приказан је број потрошача по категоријама потрошње у ВДС Пожаревца, чија потрошња је већа од 0, као и њихова средња годишња потрошња воде из базе потрошача.

Укупан број потрошача у бази потрошача је већи и износи 20.050, односно код 12,5 % потрошача потрошња воде износи 0 (767 који припадају категорији индивидуалне куће центар, 783 који припадају категорији индивидуалне куће периферија, 455 који припадају категорији кућни савети, 474 који припадају категорији мала привреда - укупан број свих потрошача је већи за 2.501 кад се додају и остале категорије потрошача). Ова разлика указује на могуће привидне губитке у ВДС.

Табела 3.1. Број потрошача по категоријама потрошње и њихова средња годишња потрошња воде - ВДС Пожаревца

Категорије потрошача из математичког модела	Бр.потрош. (-)	Потрошња (m ³ /dan)	Потрошња (l/s)	Потрошња	
				l/priklj.dan	l/priklj.h
Индивидуалне куће периферија	4.312	1.972,7	22,83	457	19
Индивидуалне куће центар	5.547	2.819,0	32,63	508	21
Кућни савети	6.244	2.095,2	24,25	336	14
Болнице	8	221,1	2,56	27.638	1.152
Хала спортова	2	81,6	0,94	40.820	1.701
Хотел Дунав	1	30,2	0,35	30.237	1.260
Јавне установе	25	136,1	1,58	5.445	227
Бамби 6/4"	1	28,4	0,33	28.432	1.185
Бамби II нова хала	1	84,6	0,98	84.647	3.527
Касарна	4	100,2	1,16	25.056	1.044
КПЗ Забела	2	1.221,2	14,13	610.576	25.441
КПЗ женски затвор	1	69,4	0,80	69.366	2.890
Литас	3	100,1	1,16	33.369	1.390
Ортопедија	1	48,1	0,56	48.063	2.003
Школе	23	102,7	1,19	4.466	186
Железничка станица	1	16,9	0,20	16.859	702
Мала привреда	1.348	674,7	7,81	501	21
Велика привреда	37	263,6	3,05	7.124	297
Укупно:	17.561	10.066	116,50		

За сваку категорију потрошача израчуната је укупна минимална ноћна потрошња воде као и њена неодређеност, у складу са претходним поглављем и (Бабић, Иветић 2022). У табели 3.2 приказани су добијени резултати.

Статистичком анализом резултата мерења 9 мерних места одређен је минимални ноћни проток у ВДС Пожаревца и он износи 158 L/s (слика 3.3).

На основу процењеног минималног ноћног протока и минималне ноћне потрошње воде израчунати су стварни ноћни губици воде од 102,5 L/s (табела 3.2).

Обзиром да је у мају 2013. године потрошња воде била на нивоу средње годишње потрошње воде, преузета су мерења *MNF* из тог периода. Мерени резултати (9 мерних места) су осредњени по сатима за 31 дан и са таквим, осредњеним даном у мају месецу, ушло се у даље прорачуне.

Из калибрисаног математичког модела ВДС Пожаревца (потрошња воде на моделу одговара средњој годишњој потрошњи воде) добијени су часовни просечни притисци у ВДС Пожаревца.

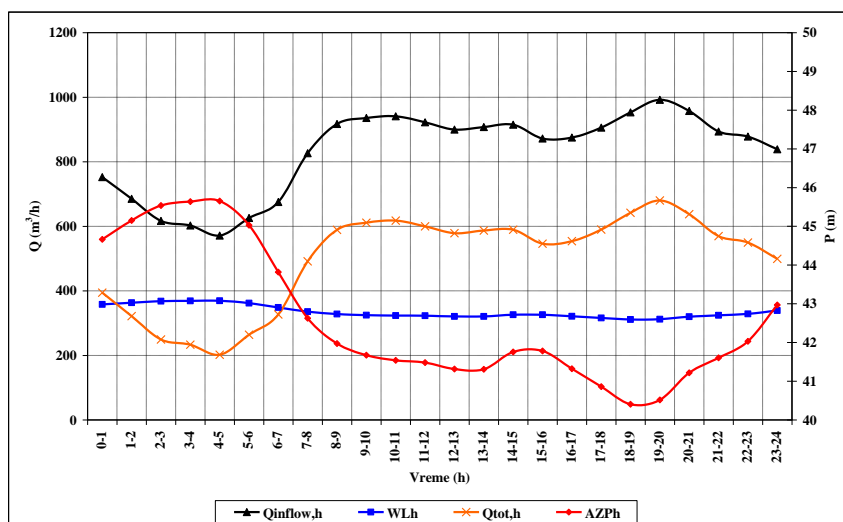
Укупан дневни доток воде износи 19.958 m³/dan, просечан дневни доток воде износи 831,6 m³/h, а минимални ноћни доток воде *MNF* износи 571,0 m³/h. Просечан дневни притисак *AZP* износи 42,6 m, а притисак за време *MNF* износи 45,7 m (*AZNP*).

Минимална ноћна потрошња воде за време *MNF* у мају месецу износи 199,8 m³/h, а ноћни стварни губици воде 369,0 m³/h.

Табела 3.2. Минимална ноћна потрошња воде, MNF и неодређеност, по категоријама потрошача

	Qmin.ноћ (l/s)	Qmin.ноћ (l/h)	Неодређеност ΔQ (%)
Доток у ВДС	158	568.800	2,0%
Болнице	1,63	5.873	14,8%
Хала спортова	0,86	3.104	29,7%
Хотел Дунав	0,25	882	50,0%
Јавне установе	0,80	2.873	7,6%
Касарна	0,75	2.694	19,6%
КПЗ Забела	12,18	43.848	10,0%
КПЗ женски затвор	0,64	2.312	12,0%
Литас	0,88	3.154	12,1%
Ортопедија	0,55	1.980	10,0%
Школе	0,97	3.488	10,3%
Железничка станица	0,25	900	10,0%
Бамби 6/4"	0,10	360	20,0%
Бамби II нова хала	0,80	2.880	50,0%
Мала привреда	3,12	11.245	1,4%
Велика привреда	1,22	4.393	4,9%
Индивидуалне куће	22,13	79.653	0,7%
Ккућни савети	8,37	30.146	0,6%
Укупна мин.ноћна потрошња воде	55,50	199.785	2,5%
Укупни ноћни губици воде	102,50	369.015	3,4%

Резултати прорачуна приказани су на слици 3.3.



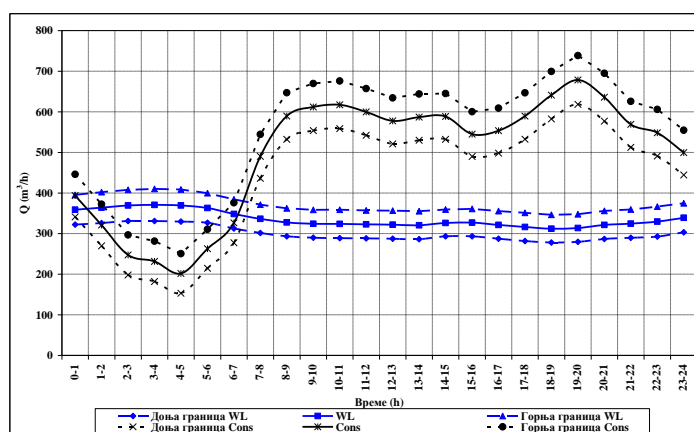
Слика 3.3. Доток воде у ВДС, стварни губици и стварна потрошња воде и просечан часовни притисак

На основу резултата прорачуна укупни дневни стварни губици воде у дану са средњом годишњом потрошњом воде износе $8.036 \text{ m}^3/\text{dan}$ (40% од укупног

дневног дотока воде у ВДС), а укупна стварна потрошња воде $11.921 \text{ m}^3/\text{dan}$. Израчуната стварна потрошња воде је за 18% већа од фактурисане просечне дневне потрошње воде на нивоу средње годишње потрошње која износи $10.066 \text{ m}^3/\text{dan}$. Добијени резултати указују да привидни губици у ВДС Пожаревца износе $1.856 \text{ m}^3/\text{dan}$.

Након добијених резултата процењена је неодређеност сваког улазног података и извршен је прорачун пропагације неодређености на коначне резултате, како би се проверила њихова поузданост. У табела 3.2 дата је процена неодређености улазних података, за 95%-ни интервал поверења. За експонент притиска стварних губитака воде $N1$ усвојена је неодређеност од $\pm 15\%$, а за часовне вредности притиска усвојена је мања неодређеност, од $\pm 5\%$, обзиром да су добијени на основу калибрисаног и верификованог математичког модела ВДС Пожаревца.

Након одређивања свих претходно поменутих величина, у следећем кораку одређују се часовни стварни губици воде - WL_h (једначина (2.2)) за дан са средњом годишњом потрошњом воде. Пошто је једначина (2.2) за одређивање часовних стварних губитака воде експоненцијална није могуће извести аналитички израз за одређивање њихове неодређености. Међутим, како су дефинисане све улазне величине и њихова функција густине вероватноће, као и њихова веза са излазном величином - WL_h , могуће је применити методу Monte Carlo како би се процениле вредности излазне величине, њена стандардна неодређеност и интервал обухвата вредности. Генерисано је 1.000 понављања прорачуна, на основу чега је израчуната функције густине вероватноће WL_h , математичко очекивање, стандардна девијација и интервал обухвата који садржи вредност WL_h са одређеном вероватноћом. Прорачуни се раде за сваки сат посматраног дана.



Слика 3.4. Стварни часовни губици и потрошња воде и 95%-ни интервали поверења

Резултати прорачуна приказани су на наредној слици слика 3.4. Међутим, треба напоменути да је укупна неодређеност дневних стварних губитака WL_{day}

(m³/dan) и укупне дневне стварне потрошње WC_{day} (m³/dan) значајно мања и износи око ±2%.

3.5. Одређивање стварних привидних губитака воде по ОЗБ

Приликом планирања формирања ОЗБ у ВДС Пожаревца било је предвиђено да се ВДС подели на 15 ОЗБ. Међутим, централно градско подручје Центар 1 и Центар 2 морало је да се споји у 1 ОЗБ, а мерења нису успела у још 4 ОЗБ (табела 3.3), тако да у тим ОЗБ није могла да се изврши процена стварних и привидних губитака воде применом ове методологије.

Прорачуни стварних и привидних губитака у осталим ОЗБ извршени су на сличан начин као за цео ВДС, а резултати прорачуна приказани су у табели 3.3. За сваку ОЗБ узета су у обрачун резултати мерења са мерних места, број потрошача по категоријама чија потрошња је већа од 0 и њихова средња годишња потрошња воде из базе потрошача, као и укупан број потрошача у бази потрошача. За сваку категорију потрошача израчуната је укупна минимална ноћна потрошња воде као и њена неодређеност. Статистичком анализом резултата мерења одређен је минимални ноћни проток у савку ОЗБ. Из калибрисаног математичког модела ВДС Пожаревца (потрошња воде на моделу одговара средњој годишњој потрошњи воде) добијени су часовни просечни притисци у свакој ОЗБ. Такође, за сваку ОЗБ приказан је дневни доток воде у ОЗБ и часовни просечан притисак током осредњеног дана у мају месецу 2013. год. (средња годишња потрошња воде) и приказани су резултати часовних стварних губитака воде и стварне укупне часовне потрошње воде. Одређени су привидни губици воде за сваку ОЗБ. Након добијених резултата процењена је неодређеност сваког улазног података и извршен је прорачун пропагације неодређености на коначне резултате.

У табели 3.3 дат је сумарни приказ резултата прорачана за сваку ОЗБ у ВДС Пожаревца.

Табела 3.3. Резултати прорачуна стварних и привидних губитака по ОЗБ

ОЗБ	Бр.потрош. у бази (-)	Бр.потрош. у бази, Q>0 (-)	Укупна потрошња из базе (m ³ /dan)	Укупна стварна потрошња (m ³ /dan)	Укупни стварни губици воде (m ³ /dan)	Укупни привидни губици воде (m ³ /dan)	Просечан притисак (m)	Неодређеност	
								стварна потрошња (%)	губици воде (%)
Центар 1 и 2	12.590	11.167	5.388	6.109	4.589	721	42,8	2,6%	2,5%
Бурјан	1.346	1.198	562	764	856	202	38,5	3,5%	2,4%
Бусије 1	2.163	1.970	900	1.311	1.617	411	33,8	3,8%	2,5%
Црвени крст	193	146	63	95	42	32	30,8	2,4%	4,1%
Фарма	406	291	133	183	54	50	38,2	2,0%	5,0%
Хинодром	123	116	94	129	88	35	48,5	2,9%	3,4%
Крушка	750	605	255	345	133	91	60,5	2,3%	4,5%
Љубичево	185	127	77	92	57	14	50,6	3,0%	4,0%
Тулба	309	253	121	157	70	36	52,3	2,4%	4,1%
Забела	517	441	1.370	1.425	212	55	36,3	2,4%	14,5%
Бусије 2	-	-	-	-	-	-	нису успела мерења		
Градско брдо	-	-	-	-	-	-	нису успела мерења		
Индустријска зона	-	-	-	-	-	-	нису успела мерења		
Сопот	-	-	-	-	-	-	нису успела мерења		
Укупно:	18.582	16.314	8.962	10.612	7.718	1.649			

3.6. Одређивање индекса „ноћни ILI “

На основу резултата методе минималне ноћне потрошње могуће је одредити и „ноћни ILI “, који представља однос ноћних губитака воде и $UARL_{night}$. За прорачун вредности $UARL_{night}$ користи се вредност ноћног просечног притиска $AZNP$ у ОЗБ, односно:

$$\text{"ноћни } ILI\text{"} = \frac{WL_{night}}{UARL_{night}}$$

Ова вредност не би требало значајније да се разликује од индекса ILI добијеног на основу годишњег водног биланса (Lambert и Taylor, 2010). Одређивање „ноћног ILI “ је веома користан и практичан приступ за брзу процену стварних губитака воде у ОЗБ, као и проверу вредности ILI израчунатог из годишњег водног биланса.

Након претходно спроведених активности извршен је прорачун вредности индекса „ноћни ILI “ за цео ВДС Пожаревца, који представља однос ноћних стварних губитака воде и $UARL$ (за прорачун $UARL$ користи се вредност ноћног просечног притиска у ОЗБ - $AZNP$). Ноћни стварни губици воде, WL_{night} , у ВДС Пожаревца износе 102,50 L/s, односно 369.015 L/h (табела 3.2), а просечан ноћни притисак, $AZNP$, у ВДС Пожаревца износи 45,7 m.

Неизбежни ноћни губици воде износе $UARL_{ноћ} = 32.434$ L/h, па вредност индекса „ноћни ILI “ износи 11,4.

4. Дискусија резултата

У табели 3.3 и на слици 3.5 приказани су резултати прорачуна стварних и привидних губитака воде у 10 ОЗБ у којима су успешно спроведена мерења и у којима су могли да се процене стварни и привидни губици воде. У наведеним ОЗБ прикључено је око 93% од укупног броја потрошача у целом ВДС Пожаревца.

Из добијених резултата може се закључити да су стварни губици воде велики, и да у разматраних 10 ОЗБ износе 7.718 m³/dan. Међутим, и укупни привидни губици у 10 ОЗБ су велики и износе 1.649 m³/dan. Ово је нарочито важно у економским анализама, обзиром да се у прорачунима губитка прихода водоводног предузећа услед привидних губитака воде, ова запремина ненаплаћене воде обрачунава по продајној цени воде. Укупна стварна потрошња воде је за 18,4 % већа од фактурисане потрошње воде.

Упоредивањем резултата прорачуна стварних и привидних губитака воде у целом ВДС Пожаревца са прорачунима по ОЗБ, може се закључити да се резултати изузетно добро слажу. Укупни стварни губици воде (прорачун за цео ВДС Пожаревца) износе 8.036 m³/dan (40 % у односу да запремину воде која је дотекла у ВДС). Укупни привидни губици воде износе 1.856 m³/dan. Укупна стварна потрошња воде је за 18,4 % већа од фактурисане потрошње воде, дакле у истом проценту као и за 10 ОЗБ.

Добијени резултати указују и на то да база потрошача још увек није потпуно поуздана, обзиром да је укупан број потрошача знатно већи од броја потрошача код којих је фактурисана потрошња воде већа од нуле (код 12,5% потрошача потрошња воде износи нула).

Доток воде са изворишта у ВДС (V_{inflow}) 7.284.590 ± 2,0%	Укупна стварна потрошња воде 4.351.305 ± 2,3%	(RW) 3.518.879 ± 1,6%
	Укупни стварни губици воде (CARL) 2.933.285 ± 2,2%	(NRW) 3.765.711 ± 4,2%
ILI = 11,1 6,0%		

Слика 3.5. Процењене вредности компоненти водног биланса (m^3/god), индекса *ILI* и њихове неодређености након спровођења свих активности

Након спроведених активности вредност индекса *ILI* износи $11,1 \pm 6\%$

Процењена вредност индекса „ноћни *ILI*“ од 11,4 показује добра слагања са вредношћу индекса *ILI* одређеног на основу годишњих вредности стварних губитака воде и неизбежних губитака воде. Овај индикатор, дакле, може корисно да послужи за проверу израчунатог индекса *ILI* на основу годишњег водног биланса.

5. Закључак

Добијени резултати указују на исправност примењене методологије за одређивање привидних губитака воде, поготово што су улазни подаци за прорачуне по ОЗБ и за цео ВДС потпуно различити (у свакој ОЗБ је различит минимални ноћни проток воде, различит број потрошача, различит просечан и часовни дневни притисак и др.). Резултати предложеног модела за одређивање укупних привидних и стварних губитака воде указују на исправност формираног математичког модела и његову практичну применљивост. Методологија је примењена на формиране ОЗБ и цео ВДС Пожаревца, а резултати су показали изузетно добро слагање иако су улазни подаци за поједине зоне и цео ВДС потпуно различити. Такође, добијени резултати имају високу поузданост, која је одређена применом Monte Carlo рачунског алгоритма. Прорачун пропагације неодређености улазних података указује на велику поузданост добијених резултата за укупну дневну стварну потрошњу воде и укупне дневне стварне губитке воде (око 2%). На основу овако одређених компоненти водног биланса и ИП могуће је доносити рационалне управљачке одлуке.

6. Литература

- [1] Babić B., Ivetić, D. Povećanje pouzdanosti procene komponenti vodnog bilansa u vodovodnom sistemu, *Konferencija Gubici vode u sistemu javnog vodosnabdevanja*, Savez inženjera i tehničara Srbije, str. 16-29, 2022.
- [2] Alegre H, Baptista J. M, Cabrera E, Cubillo F, Duarte P, Hirner W Merkel, W. & R. Parena, *Performance Indicators for Water Supply Services. - Second Edition*, Manual of Best Practice, IWA Publishing, London, UK, 2006.
- [3] AWWA. *Water Audits and Loss Control Programs: AWWA Manual M36*. American Water Works Association, Denver, USA, 2009.
- [4] Fantozzi M. & Lambert A. *Residential Night Consumption–Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability*. Water Loss, 2012.
- [5] Greyvenstein B, and van Zyl J. E. An experimental investigation into the pressure-leakage relationship of some failed water pipes. *Journal of water supply: Research and Technology - AQUA*, 56(2), 117-124, 2007.
- [6] Lambert A, Taylor R *Water Loss Guidelines*, Prepared for: Water New Zealand, 2010.
- [7] Lund J. R. Metering Utility Services: Evaluation and Maintenance, *Water Resources Research*, 24(6), 802-816, 1988.
- [8] Noss R. R, Newman G. J. and Male J. W. Optimal Testing Frequency for Domestic Water Meters. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 113(1), 1-14, 1987.
- [9] Richards G. L, Johnson M. C. and Barfuss S. L. Apparent losses caused by water meter inaccuracies at ultralow flows. *Journal of American Water Works Association*, 105(5), 123-132, 2010.
- [10] Thornton J, Sturm R, and Kunkel G. *Water Loss Control*, McGraw-Hill, New York, 2008.
- [11] Ehting, *Program za povećanje efikasnosti smanjenja gubitaka vode u vodovodnom sistemu Požarevca*, 2013.
- [12] Ivetić M, Prodanović D, Janković Lj. *Osnovne zone bilansiranja-uputstvo*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i Udruženje za tehnologiju voda i sanitarno inženjerstvo. Beograd, 2008.
- [13] Lambert A. O. International Report: Water losses management and techniques. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(4), 1-20, 2002.
- [14] Lambert, A., and Taylor, R. *Water Loss Guidelines*. Water New Zealand 2010.
- [15] Lambert A. O. and Fantozzi M. (Recent Developments in Pressure Management. Proc. of the 6th IWA Water Loss reduction Specialist Conference, June 6-9, Sao Paulo, Brazil, 2010.
- [16] WSA/WCA Engineering and Operations Committee (1994). Managing Leakage: UK Water Industry Managing Leakage Reports A-J. Report A – Summary Report; Report B – Reporting Comparative Leakage Performance; Report C - Setting Economic Leakage Targets; Report D – Estimating Unmeasured Water Delivered; Report E - Interpreting Measured Night Flows; Report F - Using Night Flow Data; Report F - Managing Water Pressure; Report h – Dealing With Customer's Leakage; Report J – Techniques, Technology and Training. London: WRc/WSA/WCA, London

IZAZOVI U UPRAVLJANJU GUBICIMA VODE U VODOVODNIM SISTEMIMA

CHALLENGES IN WATER LOSS MANAGEMENT IN WATER SUPPLY SYSTEMS

DRAGAN MILIĆEVIĆ¹
MARIJA MILIĆEVIĆ¹
RASTISLAV TRAJKOVIĆ¹

Pregledni naučni rad
DOI: 10.5937/GV24002M

Rezime: Gubici vode u vodovodnim sistemima predstavljaju ozbiljan problem koji utiče na održivost snabdevanja vodom za piće širom sveta. Razvijanje strategije za smanjenje gubitaka vode zahteva dijagnostički pristup - najpre se identifikuje problem i njegovi uzroci, a zatim se koriste odgovarajući alati za rešavanje problema i smanjenje gubitaka. Vodovodna preduzeća se suočavaju sa brojnim ozbiljnim izazovima u razvoju i realizaciji strategije smanjenja gubitaka vode. U ovom radu navedeni su neki izazovi u upravljanju gubicima, koji su po mišljenju autora važni, pogotovu za manja vodovodna preduzeća i koje bi trebalo detaljno razmotriti i uzeti u obzir pri uvođenju i realizaciji metodologije smanjenja gubitaka i planiranju odgovarajuće strategije za smanjenje gubitaka vode. Napredak u kontroli gubitaka vode može biti napravljen dokle god postoji posvećenost počev od najvišeg nivoa rukovodstva komunalnog preduzeća, uz primenu sofisticirane opreme i sistema za merenje i upravljanje sistemom i informatičkih tehnologija.

Ključne reči: gubici vode, izazovi u upravljanju gubicima, informatičke tehnologije

Abstract: Water losses in water supply systems are a serious problem that affects the sustainability of drinking water supplies around the world. Developing a strategy to reduce water losses requires a diagnostic approach - first the problem and its causes are identified, and then appropriate tools are used to solve the problem and reduce losses. Water companies face numerous serious challenges in the development and implementation of water loss reduction strategies. This paper lists some challenges in loss management, which in the author's opinion are important, especially for smaller water supply companies, and which should be considered in detail and taken into account when introducing and implementing a loss reduction methodology and planning an appropriate strategy for reducing water losses. Progress in water loss control can be made as long as there is commitment from the highest

¹ Dragan Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, ORCID: 0000-0003-0617-2682

¹ Marija Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, ORCID: 0009-0000-8886-2200

¹ Rastislav Trajković, Univerzitet u Nišu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, ORCID: 0009-0001-0929-0468

level of utility management, with the application of sophisticated equipment and systems for measuring and managing the system and information technology.

Key Words: water losses, challenges in loss management, information technology

1. Uvod

Vodovodni sistemi su vitalna infrastruktura koja osigurava snabdevanje vodom stanovništva i industrije. Vodovodni sistemi su postali izuzetno složeni, praćeni mnogim organizacionim, tehnološkim i finansijskim problemima, a proizvodnja novih količina vode za piće postaje sve skuplja i sve teža jer globalno, potražnja za vodom raste, a resursi se smanjuju.

Gubici vode u vodovodnim sistemima predstavljaju ozbiljan problem koji utiče na održivost snabdevanja vodom za piće širom sveta. U svetu je odavno pokrenuta strateška borba za smanjenje gubitaka, optimizaciju potrošnje vode i ukupnu racionalizaciju vodovodnih sistema, čime se, po pravilu, više bave bogatija, tehnološki razvijenija društva, sa visoko razvijenim osećajem o upotrebi prirodnih resursa i njihovom očuvanju [1].

Gubici vode uvek su bili veliki izazov za operativne inženjere i za upravljanja operacijama, čak i u zemljama sa dobro razvijenom infrastrukturom i dobrom operativnom praksom. Međutim, u zemljama u razvoju, gde kombinacija loše infrastrukture, loših sanitarnih uslova i intermitentnih zaliha vode često predstavljaju ozbiljan zdravstveni rizik, gubici vode dobijaju sasvim novu dimenziju i predstavljaju ogroman problem.

Nisu svi gubici rezultat loše infrastrukture i curenja cevi. Prividni gubici iz mreže i prekomerna upotreba ili zloupotreba vode, često su rezultat lokalnih običaja, u kombinaciji sa niskom tarifnom strukturom ili neadekvatnom politikom kontrole. Ovi gubici, kao i prekomerna upotreba vode, mogu se smanjiti uvođenjem programa upravljanja potražnjom i očuvanja vode uz inicijative za smanjenje curenja i poboljšanje cevne mreže.

Smanjenje gubitaka vode u vodovodnom sistemu zahteva sveobuhvatan pristup i strategiju upravljanja koja se može univerzalno primeniti. Razvijanje takve strategije zahteva dijagnostički pristup - najpre se identifikuje problem i njegovi uzroci, a zatim se koriste odgovarajući alati za rešavanje problema i smanjenje gubitaka. Kroz modernizaciju infrastrukture, redovno održavanje i implementaciju novih tehnologija, moguće je smanjiti gubitke vode i osigurati održivo snabdevanje pitkom vodom za buduće generacije [2]. Ovi programi zajedno čine strategiju za obnavljanje potencijalno ogromnog izgubljenog resursa.

O problematici upravljanja gubicima vode u svetu i kod nas postoji mnogo naučnih i stručnih radova, studija, analiza i istraživanja, tehnička lica imaju dovoljna znanja o ovoj problematici. Međutim kada u vodovodnim preduzećima treba pokrenuti aktivnosti na upravljanju gubicima vode, često se javljaju nejasnoće kako uošte početi i na koje aspekte posebno obratiti pažnju.

U ovom radu navedeni su neki izazovi u upravljanju gubicima, koji su po mišljenju autora važni, pogotovu za manja vodovodna preduzeća i koje bi trebalo detaljno

razmotriti i uzeti u obzir pri uvođenju i realizaciji metodologije smanjenja gubitaka i planiranju odgovarajuće strategije za smanjenje gubitaka vode u vodovodnim sistemima.

2. Stanje gubitaka vode u Srbiji

Uslov za uspešno planiranje rešenja nekog problema i realizaciju aktivnosti na njegovom rešenju, pre svega, je poznavanje postojeće situacije, stanja i trendova, pa se u ovom radu ponavljaju neke već poznate činjenice o stanju gubitaka vode u Srbiji [1].

U Srbiji se o snabdevanju vodom 171 jedinice lokalne samouprave brine 145 komunalnih preduzeća opštinskih/gradskih centara i nepoznat broj preduzeća koja se brinu o naseljima van tih centara [1].

Potrošnju vode najbolje se ilustruje preko specifične potrošnje korisnika, koja je uobičajen podatak, zgodan za proveru i poređenja sa podacima iz različitih izvora [1]. Uobičajeni IWA parametar za izražavanje veličine gubitaka vode je tzv. „voda koja ne donosi prihod“ (engl. Non Revenue Water, kod nas najčešće „neprihodovana“ voda) koja predstavlja indikator svih vrsta gubitaka vode. Ona u sebi sadrži sve količine vode koje nisu fakturisane iz bilo kog razloga (fizički i komercijalni gubici i voda isporučena bez naplate) i predstavlja razliku količina fakturisane (naplaćene) vode i vode unete u sistem [1].

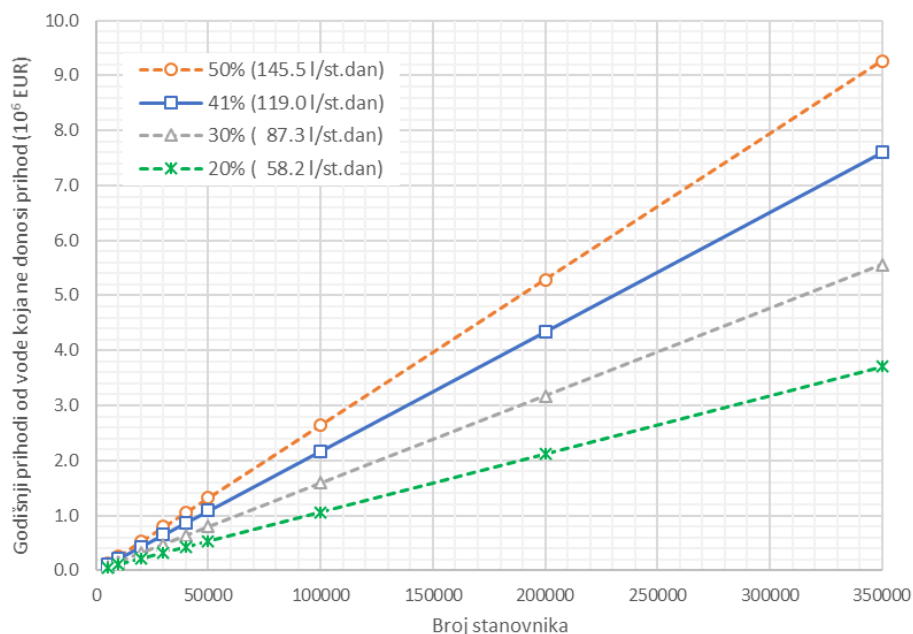
Prema raspoloživim podacima bruto specifična potrošnja i ukupni gubici vode poslednjih godina su se menjali u uskim granicama (period od 2015. do 2020. godine) i za 2020. godinu su iznosili 291 l/stan.dan, odnosno 119 l/stan.dan. Količina vode koja ne donosi prihod već godinama čini oko 41% ukupno proizvedene vode [1].

Imajući u vidu činjenicu da su podaci o potrošnji i gubicima vode u vodovodnim mrežama dobijeni uglavnom anketom i da u vodovodnim preduzećima uglavnom postoje zvanični i nezvanični (stvarni) podaci o gubicima vode u vodovodnoj mreži, koji su po pravilu znatno veći od zvaničnih, mišljenje autora je da su količine vode koje ne donose prihod u Srbiji veće od 41% ukupno proizvedene vode. Krajem osamdesetih i početkom devedesetih godina vršena su detaljna istraživanja gubitaka u vodovodnim sistemima na nivou bivše Jugoslavije i ustanovljeno je da su gubici vode prosečno oko 50%. U Hrvatskoj su i danas posle 35 godina gubici vode na nivou od prosečno 50% [2], pa je imajući u vidu situaciju u kojoj je bila Srbija, probleme sa kojima su se suočavala vodovodna preduzeća i nizak nivo aktivnosti na upravljanju gubicima, malo verovatno da su u Srbiji gubici vode u prethodnom periodu smanjeni i mišljenje je autora da su na nivou od oko 50% ukupno proizvedene vode.

U svakom slučaju radi se o ogromnim količinama izgubljene vode, za čije dobijanje i korišćenje se ulažu značajna kadrovska, materijalna i finansijska sredstva. Ilustracije radi prema podacima za 124 preduzeća u 2020. godini, količina vode koja ne donosi prihod je iznosila oko 254 miliona m³, a to je količina koja je za oko 48%

veća od ukupno prodane količine vode u četiri najveća grada u Srbiji: Beogradu, Novom Sadu, Nišu i Kragujevcu (oko 171 milion m³) [1].

Godišnji prihodi, koji bi bili ostvareni naplatom vode koja ne donosi prihod za različite nivoe gubitaka (od 20 do 50% ukupno proizvedene vode), uz pretpostavku da je prosečna cena vode 0.5 EUR/m³, prikazani su na skici 1, što daje uvid u obim materijalnih i finansijskih gubitaka vodovodnih preduzeća i društva u celini. Kao što se na slici vidi gubitak prihoda za vodovodnu mrežu koja snabdeva 5.000 do 50.000 stanovnika se kreće u rasponu od 100.000 do nekoliko stotina hiljada EUR/god, dok se za vodovodnu mrežu koja snabdeva 50.000 do 350.000 stanovnika kreće u rasponu od nekoliko stotina hiljada do nekoliko miliona EUR/god. Smanjenje gubitaka za 10% teorijski bi donelo, zavisno od broja stanovnika koji snabdeva vodovodna mreža, uštedu od nekoliko destina hiljada do nekoliko stotina hiljada EUR/god. U praksi se naravno ne mogu očekivati ovako velike uštede, ali imajući u vidu troškove prečišćavanja vode za piće, električne energije za prepumpavanje i angažovanih kadrova, uštede bi svakako bile velike.



Slika 1. Godišnji prihodi od vode koja ne donosi prihod za veličinu gubitaka od 20 do 50%

U Srbiji su prisutna razmišljanja i aktivnosti na unapređenju vodovodnih sistema i smanjenju gubitaka, ali evidentno je u mnogo manjoj meri nego što je to potrebno [1]. Prema istraživanjima UTVSI iz prethodnih godina pažnja koja se poklanja problemu gubitaka vode različita je od preduzeća do preduzeća i generalno je nedovoljna. Specijalizovane timove, koji sistematski i planski rade na smanjenju gubitaka, ima veoma mali broj preduzeća. Opremu za pronalaženje gubitaka vode i specijalizovane timove koji rade sa tom opremom ima svega oko 45% preduzeća, ali

se i raspoloživa oprema nedovoljno koristi. Ustanovljeno je da se oko polovina nabavljene opreme u Srbiji vrlo retko ili uopšte ne koristi [1].

3. Izazovi u upravljanju gubicima vode

Upravljanje gubicima je mukotrpan proces i obično nema brzih i lakih rešenja. Vodovodna preduzeća se suočavaju sa brojnim ozbiljnim izazovima u kontroli i smanjenju gubitaka vode [2].

Ključni izazovi, čije rešavanje bi, po mišljenju autora poboljšalo sveobuhvatno buduće funkcionisanje preduzeća i značajno povećalo šanse za uspešnu realizaciju aktivnosti na upravljanju gubitaka vode su:

- Stručni kadrovi
- Razvoj strategije upravljanja gubicima vode
- Primena informacionih tehnologija
- Evaluacija rezultata

Stručni kadrovi

Kada su u pitanju kadrovi, nedostatak kvalifikovanog stručnog kadra svih profila u vodovodnim preduzećima je evidentan i alarmantan. Male plate i nepovoljna finansijska situacija imaju presudni uticaj da novi kadrovi nemaju motiv da se zaposle u vodovodnim preduzećima, a raspoloživi kadrovi nisu motivisani ni za izvršenje redovnih obaveza, a kamoli za dopunsko angažovanje na smanjenju gubitaka. Takođe ne postoji obaveza vodoprivrednih preduzeća vezana za redovne obuke kadrova za uvođenje novih tehnologija i tehnika, sistematizaciju saznanja i dokumentaciju podataka [2].

Uprava preduzeća bi trebala da u poslovne planove uključi dovoljno finansijskih sredstava za dugoročnu kadrovsku politiku i za motivaciju raspoloživih, kao i za zapošljenje novih stručnih kadrova koji bi radili između ostalog na upravljanju gubicima vode. To bi zahtevalo i unapređenje i promene u funkcionisanju kompletnog preduzeća.

Veoma je važno unapređenje kompetencija i kvaliteta kadrova. Da bi to bilo moguće neophodno je obezbediti permanentno usavršavanje kadrova kroz certifikaciju i obaveznu redovnu edukaciju ljudi, nacionalnu i međunarodnu razmenu iskustava sa drugim dobro razvijenim javnim preduzećima, korišćenje prilika za razvoj kapaciteta poput edukacija, radionica, konferencija, webinarara i drugih resursa na internetu i slično. Takođe je potrebno stvoriti sistem nagrađivanja zaposlenih koji se angažuju u povećanju vlastitih kapaciteta i aktivnog doprinosa u svakodnevnom radu i unapređenje mladih i motivisanih ljudi tako što će im se pružiti mogućnosti profesionalnog razvoja unutar poduzeća i napredovanje [2].

Razvoj strategije upravljanja gubicima vode

Teško je propisati metodologiju koju treba slediti za razvoj i izvođenje odgovarajuće strategije za upravljanje gubicima. Strategiju treba razviti za određenu

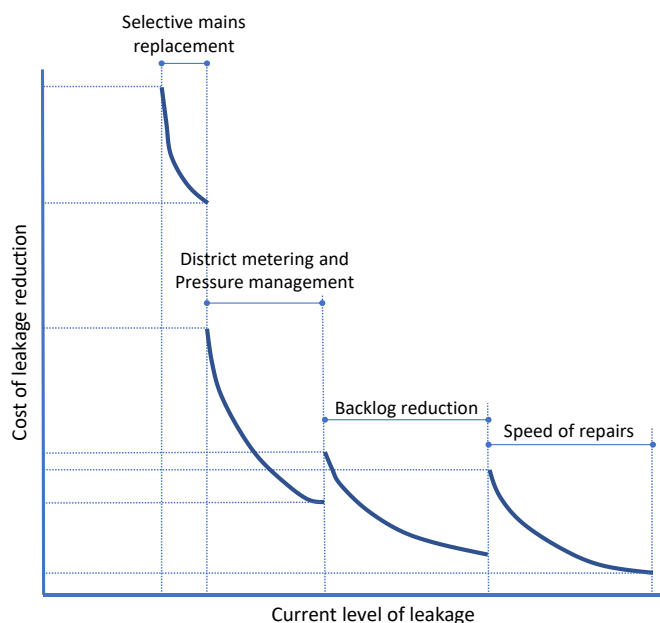
vodovodnu mrežu uzimajući u obzir ekonomske i druge faktore relevantne za uslove lokacije i infrastrukturu.

Najvažniji aspekt svake strategije smanjenja gubitaka je cilj smanjenja gubitaka. Koji nivo gubitaka treba da se obezbedi i koji nivo treba da bude održavan na duži rok?

Potpuno eliminisanje gubitaka vode iz distributivne mreže nije ni izvodljivo, ni ekonomično. Sa druge strane prekomerni gubici rezultiraju visokim operativnim troškovima i izazivaju nepouzdanost ili čak i povremeno snabdevanje. Svako vodovodno preduzeće bi stoga trebalo da postavi ciljni nivo za smanjenje gubitaka vode iz svog distributivnog sistema, između ova dva ekstrema.

Ciljevi mogu biti vođeni pitanjima očuvanja vode, bezbednošću snabdevanja kupaca, ekonomskim razmatranjima ili regulatornim zahtevima. U svakom slučaju, ciljni nivo će biti kompromis između niza konkurentskih faktora, kao što su raspoloživi budžet, ljudski resursi, tehnička izvodljivost, vremenska ograničenja, pa čak i političke odluke. U ranim fazama realizacije programa kontrole gubitka ciljevi su uglavnom zasnovani na pretpostavkama koje će kasnije biti dopunjene informacijama specifičnim za sistem prikupljenim tokom procesa [3].

Za realizaciju ciljeva smanjenja gubitaka curenja treba izabrati realne vremenske skale. Dugoročni cilj koji je definisan treba da bude ambiciozan, ali ne i nerealan. Ovaj dugoročni cilj se može podeliti na kratkoročne ciljeve od tri do pet godina koji imaju za cilj postizanje određenog procenta smanjenja gubitaka dugoročnog cilja. Vremenski okvir mora da obezbedi razumne periode za projektovanje, postavljanje opreme, raspisivanje tendera, dodelu ugovora i izvođenje radova [3].



Slika 2. Opadajući povraćaj mera smanjenja gubitaka vode [modifikovano 4]

Treba imati u vidu da smanjenje gubitaka sledi zakon opadajućeg povraćaja: uticaj mera za smanjenje gubitaka u smislu uštede vode će se smanjivati sa dužim trajanjem program upravljanja gubicima i obično prate sličan obrazac kao što je prikazano na slici 2.

Pitanjima, koji ciljni nivo smanjenja gubitaka u vodovodnom sistemu treba izabrati i kako se troškovi smanjenja mogu opravdati, bavi se ekonomski nivo gubitaka (ELL). Koncept ekonomskog nivoa gubitaka opisuje ravnotežu između troškova kontrole gubitaka i koristi od njih, ispod koje nije isplativo dalje ulaganje ili korišćenje dodatnih resursa za dalje smanjenje gubitaka. U praksi, određivanje ekonomskog nivoa gubitaka je prilično složeno i iterativan proces jer efekti svake sprovedene mere kontrole gubitka vode nisu unapred poznati [3].

Odgovarajući set metoda intervencije mora se izabrati u zavisnosti od pojedinačnih komponenti gubitaka vode. Ispravna kombinacija metoda intervencije zavisi od karakteristika sistema i odnosa troškova i koristi svake metode koja je specifična za svako vodovodno preduzeće. Svako vodovodno preduzeće mora da odluči da li će jedna metoda ili kombinacija više metoda ponuditi najefikasniji način smanjenja gubitaka vode. Nakon što identifikuje najekonomičnije metode, preduzeće može da počne da ih primenjuje. Definisane mere se mogu delimično ili u potpunosti poveriti specijalizovanim firmama ako vodovodnom preduzeću nedostaje osoblje, tehnička oprema ili stručnost za njihovo sprovođenje [3].

Neke dodatne mere koje bi doprinele uspešnosti realizacije strategije upravljanja gubicima vode su [5]:

- Korporativna posvećenost i upravljanje promenama
Podrazumeva povećanje interesovanja za razvoj i sprovođenje akcionih planova za smanjenje gubitaka vode na nivou uprave preduzeća. Ova obaveza na izvršnom nivou u vodovodnom preduzeću će poboljšati prioritete ulaganja i fokusirati poslovanje, tako što će posvetiti više resursa na upravljanje gubicima vode i odgovornost.
- Istraživanje i razvoj
Istraživanje o novim tehnikama upravljanja gubicima, analitičkim metodama i alatima u okviru programa saradnje sa visokoškolskim institucijama na nacionalnim i međunarodnim nivoima je potrebno i veoma korisno.
- Angažovanje spoljnih saradnika.
Ugovor o konsultantskim uslugama sa naučnim institucijama i/ili privatnim sektorom imaju dobar potencijal za efikasno korišćenje njihovog znanja i iskustva, pogotovu za vodovodna preduzeća koja nemaju iskustva u oblasti upravljanja gubicima vode i mogu biti korisni za izgradnju sopstvenih kapaciteta za održivo upravljanje gubicima vode.

Primena informacionih tehnologija

Javna komunalna preduzeća u zapadnim zemljama formiraju svoje informacione sisteme od osamdesetih godina prošlog veka [6] i intenzivno rade na digitalnoj

transformaciji preduzeća i vodovodnog sistema. Međutim u Srbiji se u ovoj oblasti značajno kasni u odnosu na zapadne zemlje, tako da brojna manja i srednja vodovodna preduzeća malo ili nimalo ne koriste informacione tehnologije i sisteme. Softverska rešenja se uglavnom koriste za naplatu vode, dok GIS sistemi i hidraulički modeli vodovodne mreže ili ne postoje ili se ne koriste u upravljanju vodovodnim sistemom.

Vodovodna preduzeća u Srbiji su na različitim nivoima zrelosti u usvajanju različitih kategorija informatičkih rešenja i pristupa. Kod vodovodnih preduzeća postoje metodološke praznine u strateškom planiranju za upravljanje podacima i usvajanje novih tehnologija. Praznine postoje i u njihovoj mogućnosti identifikacije i procene više faktora uticaja, njihovih međusobnih veza i rizike za podršku donošenju odluka [7].

Buduće aktivnosti zahtevaju fokus na identifikaciji i mapiranju rastućih međupovezanosti u vodovodnom sistemu i razumevanja njihovog uticaja i implikacija na transformaciju upravljanja vodovodnim sistemom i preduzećem i ubrzano usvajanje informacionih rešenja, kako vodovodno preduzeće moglo da iskoristite njihove prednosti i da se aktivno uključi u borbu protiv gubitaka vode [7].

Evaluacija rezultata

Održivo smanjenje gubitaka vode neće se postići jednokratnim setom mera: cevi tokom vremena propadaju, pojavljuju se novi gubici, habanje smanjuje tačnost merača. Ovi faktori čine upravljanje gubicima vode stalnim i stalno promenljivim izazovom za vodovodna preduzeća. Stoga je evaluacija rezultata od suštinskog značaja za procenu programa kontrole gubitaka vode i utiče na planiranje daljih mera. Na primer, procena odnosa troškova i koristi instalirane šeme upravljanja pritiscima može poslužiti za poboljšanje određivanja troškova smanjenja gubitka vode.

Analiziranje napora i rezultata programa kontrole gubitka vode preporučuje se najmanje jednom godišnje. Rezultati postignuti u pilot zoni mogu se ekstrapolirati kako bi se dizajnirale odgovarajuće mere za celu mrežu [3].

Veoma korisna dodatna mera je benchmarking performansi sa ostalim vodovodima. Benchmarking je moćan alat za poboljšanje performansi u mnogim vodovodnim preduzećima širom sveta i veoma je koristan kako na lokalnom, tako i na regionalnom i globalnom nivou za postizanje veće efikasnosti u distributivnim sistemima [5].

4. Primena informacionih tehnologija

Obzirom na veličinu i kompleksnost upravljanje vodovodnim sistemom i realizacija zadataka strategije smanjenja gubitaka vode danas se ne može zamisliti bez primene informacionih tehnologija i informacionih sistema. Sa sve većom složenošću vodovodnih sistema i upravljačkih zahteva raste potencijal i potreba za usvajanjem informacionih tehnologija. U upravljanju vodovodnim sistemima sve više se koriste brojne nove tehnologije, koje se već široko koriste u drugim oblastima: GIS

tehnologije, hidraulički modeli, AI tehnologije, cloud computing servisi, mobilne tehnologije, inteligentna infrastruktura, senzori, komunikacione mreže, rad sa velikim setovima podataka itd. [7].

Sposobnost pridruživanja grafičke i alfanumeričke informacije u istoj bazi podataka čine GIS najmoćnijim alatom za obavljanje zadataka kao što su prikupljanje i sortiranje podataka, crtanje mapa, planiranje operacija održavanja, kontrola kvara i curenja, priključci cevi, ugradnja brojača, predviđanje potražnje itd. U GIS se unose svi podaci o vodovodnoj mreži i objektima sistema, kao i položaj priključaka i vodmera i ovi podaci posle provere predstavljaju osnovu za sve dalje aktivnosti, pre svega za formiranje matematičkog modela.

Prikupljanje podataka nikada ne bi trebalo da postane samo sebi cilj. Vodovodi treba da nauče da cene vrednost prikupljenih podataka. Iskustvo pokazuje da preduzeća ostvaruju višestruke koristi kreativnim agregiranjem dostupnih podataka. Dobre odluke i pažljivo planiranje uvek zahtevaju sigurne podatke kao svoju osnovu. Vodovodna preduzeća ne treba samo da teže da prikupljene podatke koriste samo za njihovu specifičnu primenu, kako bi se na pr. razvila efikasna strategija upravljanja gubicima vode. Ona treba da objedine dostupne informacije i kombinuju ih negujući dobre radne odnose kroz međuresorni timski rad. Ovakav pristup će poboljšati napore za rano otkrivanje curenja i omogućiti najefikasnije kontraaktivne mere koje treba izabrati.

Geografski informacioni sistem se može formirati u nekom od komercijalnih GIS softvera ili u nekom besplatnom GIS softveru. Zbog kvaliteta GIS alata koje pruža i lakoće korišćenja za vodovodna preduzeća koja nemaju formiran GIS sistem preporučuje se korišćenje besplatnog programa QGIS (slika 2). Preveden je na više od 50 jezika i intenzivno se koristi u međunarodnim akademskim i profesionalnim krugovima, što dovoljno govori o njegovom kvalitetu.

QGIS je GIS aplikacija otvorenog koda koja omogućava vizuelizaciju, upravljanje, uređivanje i analizu geoprostornih podataka. Među najvećim prednostima QGIS-a jesu njegova intuitivnost i preglednost, čime je omogućeno jednostavno snalaženje u softveru.

Veoma je važno da se funkcionalnost QGIS-a može proširiti korišćenjem dodatka, koji sepišu u C++ uz podršku QGIS C++ API biblioteke ili u Python-u uz podršku Pythonic QGIS API biblioteke. Dodaci se mogu pisati u Python-u. Glavna prednost pisanja dodatka u Python-u u odnosu na C++ je jednostavnost distribucije (bez kompajliranja za svaku platformu) i lakši razvoj. Instalator dodatka omogućava korisnicima da lako preuzmu i ugrade dodatke. Ova karakteristika je veoma važna jer u kasnijim fazama primene QGIS-a okruženje se u potpunosti može prilagoditi potrebama preduzeća i mogu se dodati sve željene nove funkcije.

Hidraulički modeli kao alati za podršku odlučivanju poslednjih godina sve više počinju da se primenjuju u vodovodnim preduzećima. Kako bi se stekao uvid u vodovodni sistem, koristi se više programa za hidrauličko modeliranje. Jedan od najpopularnijih je besplatan program Epanet koji se koristi kao samostalna aplikacija

za hidrauličko modeliranje vodovodnih mreža i za rešavanje složenih problema kvaliteta vode [8].

Epanet ima dosta nezahvalno korisničko okruženje, kada su u pitanju korisničke mogućnosti, pre svega formiranje hidrauličkog modela i njegova izmena. Prihvata samo ručno unošenje i korigovanje podataka i to pojedinačno za svaki element mreže, što je nepraktično i nezahvalno kada se radi o velikim vodovodnim mrežama [8]. Međutim komercijalni programi koji imaju znatno bolje korisničke mogućnosti su veoma skupi, najčešće preskupi za mala vodovodna preduzeća, tako da korišćenje Epaneta ostaje kao neizbežna alternativa.

Zbog skromnih korisničkih mogućnosti Epaneta javio se interes za integraciju Epanet modela u GIS okruženje, jer GIS može da ponudi mnoge prednosti kada je u pitanju unos, priprema i „isporuka“ podataka za model [8].

Ovakav softver treba da omogući ne samo lakše unošenje, nego i korigovanje podataka, ako je potrebno, uvoz i obradu ogromne količine podataka iz GIS sredine (deonice cevi, zatvarači, crpne stanice, rezervoari i hidranti) i njihovu organizaciju u kompaktan model distribucije vode kojim upravlja Epanet i analiziranje rezultata tako što podatke i rezultate organizuje u pregledne i jasne tabele i grafičke prikaze [8].

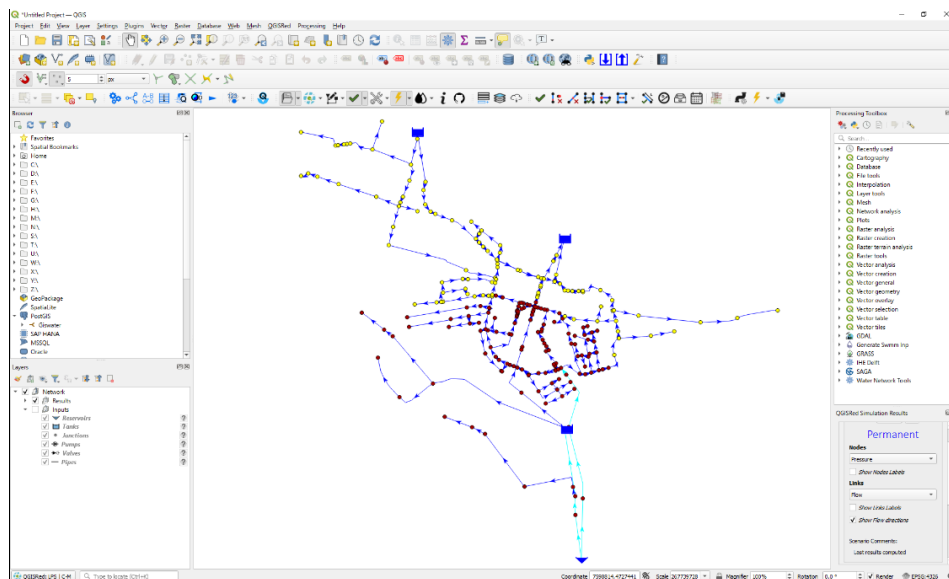
Postoje brojni komercijalni i besplatni desktop programi i dodaci za GIS programe koji povezuju GIS i Epanet i omogućavaju izradu hidrauličkog modela i analizu vodovodnih mreža.

Takav desktop program je GISpipe koji integriše GIS sa Epanet i SWMM modelom i može se koristiti za modeliranje vodovodnih i kanizacionih mreža

Neki od korisnih besplatnih QGIS dodataka koji povezuju QGIS i Epanet su: ImportEpanetInpFiles (QGIS v2.99.0 do v3.99.0), Water Network Tools (QGIS v3.0.0 do v3.99.0), QEPANET (QGIS v3.34.0 do v3.99.0), Qwater (QGIS v2.99.0 do v3.99.0), GISwater (QGIS v3.22.0 do v3.28.0), QGISRed (QGIS v2.00.0 do v3.99.0). Neki od ovih alata omogućavaju samo uvoz i izvoz Epanet datoteka u QGIS, a neki od njih omogućavaju i proračun i analizu rezultata simulacije pomoću grafikona i tematskih mapa.

QGISRed, besplatni QGIS dodatak (slika 3), je napredni alat koji povezuje QGIS i Epanet i omogućava izgradnju i analizu naprednih modela mreže za distribuciju vode i digitalnih blizanaca (Digital Twins). QGISRed je razvijen da pomogne u izgradnji i analizi hidrauličnih modela vodovodnih distributivnih mreža bilo koje složenosti, do nivoa detalja koji zahtevaju digitalni blizanci.

QGISRed se oslanja na, laku za upotrebu, relacionu bazu podataka SHP i DBF datoteka zasnovanu na EPANET modelu podataka, koji je proširen da bi se dodale nove mogućnosti. Obzirom da radi sa QGIS-om, može da koristi sve mogućnosti GIS okruženja i omogućava korisniku da georeferencira sve elemente mreže, koristi geografske pozadinske slojeve, uređuje grafičke i alfanumeričke podatke, koristi alate za geoprociranje, vizualizuje podatke po slojevima, prilagođava simbologiju itd.



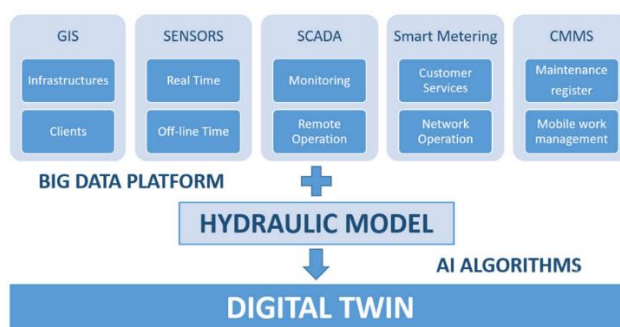
Slika 3. Vodovodna mreža Surdulice u QGIS softveru sa QGISRed plugin-on

QGISRed je orijentisan na modeliranje i kalibraciju vodovodnih distributivnih mreža, a koja integriše sve mogućnostima softvera za hidrauličko modeliranje Epanet. Pruža brojne alate koji pomažu u izgradnji hidrauličnih modela, za upravljanje scenarijima potražnje i analizu rezultata bez potrebe za korišćenjem QGIS alata. Za razliku od drugih dodataka, QGISRed nije skup izolovanih alata za olakšavanje određenih zadataka, već radna platforma sa koje može da se izgradi ili uveze hidraulički model, uredi njegov izgled, deklariraju svojstva elemenata, naprave scenariji proračuna i analiziraju rezultati, svi iz istog okruženja.

Pored ovoga, QGISRed nudi brojne pomoći pri kreiranju modela, kao što su verifikacija svih podataka, automatsko izračunavanje dužina, interpolacija kota iz DTM-a, dodeljivanje hrapavosti cevima na osnovu materijala i starosti, dodeljivanje potrošnje čvorovima na osnovu podataka o populaciji ili prosečne zabeležene potrošnje i upravljanje scenarijima proračuna.

Od brojnih novih tehnologija koje se danas koriste u upravljanju vodovodnim sistemima i smanjenju gubitaka vode posebno se izdvaja tehnologija digitalnih blizanaca (eng. Digital Twin), koja počinje sve više da se koristi u vodovodnim sistemima za rešavanje mnogih problema koji se tiču upravljanja ovim sistemima, poput optimalnog dizajna, lokacije curenja, optimizacije rada sistema, energetske efikasnost, kvaliteta vode, planiranja operacija održavanja, ranog reagovanja na hitne slučajeve, itd. Danas je moguće razviti digitalni blizanac vodovodne mreže jer postoji mnogo digitalnih informacija koje se nalaze u različitim sistemima upravljanja. Glavni izvori podataka kojima upravlja digitalni blizanac su GIS sistemi, merači sa automatizovanim očitavanjem, kompjuterizovani sistemi za upravljanje održavanjem i podaci na terenu koje čuva SCADA sistem. U budućnosti digitalni blizanac će biti suštinska podrška za donošenje odluka u vodovodnim sistemima.

Da bi mogao da simulira bilo koji scenario digitalni blizanac mora da radi na hidrauličkom modelu koji daje koherentne i tačne rezultate simulacije. Hidraulički model mora biti precizno razvijen i kalibrisan, a kao deo digitalnog blizanca mora biti trajno ažuriran u realnom vremenu, tako da hidraulički model mora stalno da se napaja iz svih izvora informacija (slika 4).



Slika 4. Struktura digitalnog blizanca sistema za snabdevanje vodom [9]

QGISRed dodatka podržava brojne mogućnosti tehnologije digitalnih blizanaca kao što su: učitavanje u model realnih podataka u svakom trenutku, koji se odnose na zahteve, nivoe u rezervoarima, režime rada regulacionih elemenata itd, održavanje hidrauličnog modela i modela kvaliteta vode trajno kalibrisanim, izračunavanje bilo koje vrste indikatora na osnovu stvarnih i simuliranih (nemeranih) istorijskih podataka, otkrivanje bilo koje anomalije u kontrolnim parametrima mreže i procena njenih mogućih uzroka, simulacija mogućih radnji pre njihovog izvršenja, u slučaju bilo kakvog nepredviđenog događaja, korišćenjem regulacionih elemenata koji su u tom trenutku dostupni, praćenje noćnih tokova u sektorizovanim mrežama i analiza drugih varijabli za lokaciju curenja, Obuka operatera reprodukcijom prošlih situacija i primenom radnji za ispravljanje anomalija, predviđanje ponašanja mreže u kratkom roku, optimizacija šeme regulacije mreže za postizanje traženih ciljeva u naredna 24 sata, uzimajući u obzir trenutno stanje mreže, dostupnost resursa, cene energije, rezerve rezervoara, kvalitet vode itd.

5. Zaključak

Snabdevanje vodom u velikom broju naselja, pogotovu u letnjim mesecima, je nezadovoljavajuće dobrim delom kao posledica visokih gubitka vode i neefikasnog upravljanja sistemom. Faktori koji doprinose visokim gubicima vode su neadekvatan menadžment i praksa upravljanja i održavanja, nepostojeća ili neadekvatna merenje, nepostojeća ili neadekvatna primena informatičkih tehnologija, masovno neovlašćeno korišćenje vode, neadekvatni operativni podaci za vodni bilans, nedostatak standardne terminologije i indikatora učinka za praćenje performansi sistema.

Napredak u kontroli gubitaka vode može biti napravljen dokle god postoji posvećenost počev od najvišeg nivoa rukovodstva komunalnog preduzeća. Primena informatičkih tehnologija nije nepotrebno bacanje para, već neophodnost bez koje nije moguće uspešno upravljanje sistemom. Posedovanje sofisticirane opreme za

detekciju curenja nije samo po sebi lek za smanjenje gubitaka vode, potreban je holistički pristup za njenu primenu.

Šanse za vodovodna preduzeća su ogromne, uključujući istraživanja i pilot testiranje novih alata i metodologija, primenu odgovarajućih indikatora performansi, angažovanje spoljnih saradnika i formulisanje i sprovođenje politike upravljanja potrošnjom i gubicima vode.

Ne postoji zamena za sveobuhvatnu reviziju bilansa vode za efikasno upravljanje gubicima vode. Svako vodovodno preduzeće treba da preuzme inicijativu da sprovede reviziju bilansa vode, čak i u nedostatku detaljnih i tačnih podataka. Samo sprovođenjem revizija i posledičnim postavljanjem odgovarajućih kratkoročnih i dugoročnih ciljeva za upravljanje gubicima vode može se postići napredak u identifikaciji i smanjenju različitih komponenti gubitka vode.

Izazovi i naponi potrebni za smanjenje gubitaka vode ne samo da povećavaju svest, već pružaju osnovu za formulisanje efikasnih strategija upravljanja gubicima vode u vodovodnim preduzećima i njihovu realizaciju.

6. Zahvalnost

Predstavljeno istraživanje je realizovano u okviru naučnoistraživačkog rada koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije po Registarskom broju Ugovora 451-03-65/2024-03/200095.

7. Literatura

- [1] Predrag Bogdanović, Ninoslav Petrović, Milan Petrović, Bilansi voda u preduzećima VIK Republike Srbije 2000-2020 - Stanje gubitaka vode, *Zbornik radova konferencije Gubici vode u sistemima vodosnabdevanja*, Beograd, str. 7-15 03. jun 2022.
- [2] Jurica Kovač, Sadašnjost i budućnost rada na kontroli gubitaka vode i važnost ljudskih resursa, *Zbornik radova konferencije Gubici vode u sistemima vodosnabdevanja*, Beograd, str. 75-89, 03. jun 2022.
- [3] *Guidelines for water loss reduction. A focus on pressure management*, GIZ, 2011.
- [4] Malcolm Farley, Stuart Trow, *Losses in Water Distribution Networks. A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*, IWA Publishing, London, 2003.
- [5] Mutikanga, Harrison E, Sharma S, Vairavamoorthy K, Water loss management in developing countries: Challenges and prospec, *Journal-American Water Works Association* 101 no. 12, 57-68, 2009.
- [6] Boris Džodanović, Metodologija smanjenja gubitaka i povećanje efikasnosti vodovoda, *Zbornik radova druge naučne konferencije Gubici vode u sistemima vodosnabdevanja*, str. 70-77, Beograd, 09. jun 2023.
- [7] Milićević M, Trajković R, Milićević D, Digitalna voda – digitalna transformacija upravljanja vodama u urbanim sredinama, *Zbornik radova 44. Međunarodne konferencije Vodovod i kanalizacija '23*, str. 15-24, Zlatibor, 10 - 13. oktobar 2023.

- [8] Matija Stipić, Ljubomir Budinski, Danilo Stipić, Slobodan Kolaković, Goran Jeflenić, Modeliranje vodovodne mreže primenom EPANET-a koristeći merenja i očitavanja vodomera, *Zbornik radova druge naučne konferencije Gubici vode u sistemima vodosnabdevanja*, str. 59-69, Beograd, 09. jun 2023.
- [9] Conejos Fuertes P, Martínez Alzamora F, Hervás Carot M, Alonso Campos J. C, Building and exploiting a Digital Twin for the management of drinking water distribution networks, *Urban Water Journal*, 17(8), 704-713, 2020.

STRATEGIJA I PLANOVI KONTROLE GUBITAKA VODE

WATER LOSS CONTROL STRATEGY AND PLANS

JURICA KOVAČ¹

Pregledni naučni rad
DOI: 10.5937/GV24003K

Rezime: Usvajanje praksi napredne kontrole neprihodovane vode za naša vodovodna poduzeća predstavlja veliku promjenu u ponašanju i operativnom djelovanju.

Potrebna je implementacija promjene uvažavajući tri dimenzije djelovanja; operativna dimenzija (taktički), dimenzija upravljanja programom (operativno) i upravljanje promjenama (strateški).

Ključne reči: gubici vode, strategija, plan, upravljanje promjenama, ljudski resursi, IWA metodologija

Abstract: The adoption of advanced water control practices for our water companies represents a major change in behaviour and operational action.

The implementation of the change is required taking into account the three dimensions of action; operational dimension (tactical), program management dimension (operational) and change management (strategic).

Key Words: water losses, strategy, plan, change management, human resources, IWA methodology

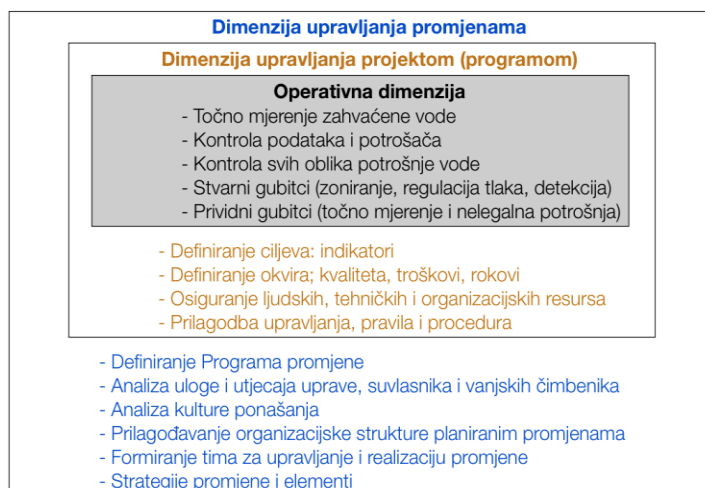
1. Uvod

Postojeća praksa i iskustva izrade planova unapređenja tj. uvođenje kontrole vodnih gubitaka (tj. kontrole neprihodovane vode) davali su smjernice isključivo u kontekstu potrebnih mjera i aktivnosti (primjerice; formiranje radne grupe za rad na gubitcima vode, provedba aktivne kontrole curenja – traženje curenja, uvođenje mjerenja i daljinskog nadzora po DMA zonama, uvođenje regulacije tlaka, uvođenje GIS-a, prikupljanje podataka i izvješćivanje) a na upravi vodovodnog poduzeća i djelatnicima je bilo da nove metode rada, nove tehnologije i nova sredstva i imovinu uklope u postojeće poslovanje i radne procese. Međutim, usvajanje praksi napredne kontrole neprihodovane vode za naša vodovodna poduzeća (dalje u tekstu JIVU, Javni isporučitelji vodnih usluga) predstavlja veliku promjenu u ponašanju i operativnom djelovanju za koju se postojeći poslovni sustavi nisu na pravilan način mijenjali tj. prilagođavali novim okolnostima i potrebama.

Temeljni nedostatak prethodno opisanog, uobičajenog pristupa u našim JIVU je izostanak prepoznavanja potrebe implementacije metodologije upravljanja projekti-

¹ Jurica Kovač, Aqua Libera doo, Hrvatskog proljeća 73, Novo Čiče, Hrvatska

ma koja treba dati smjernice za aktivaciju raspoloživih resursa ili uključivanje dodatnih resursa uvažavajući tri dimenzije djelovanja kako je predstavljeno na slijedećoj slici.



Slika 1. Tri dimenzije djelovanja (izvor: M.Vermersch)

Kako je u prikazu vidljivo, svaka od tri predstavljene dimenzije djelovanja usmjerena je na zasebne kategorije aktivnosti. S obzirom da je ovaj JIVU na početku naprednog djelovanja s ciljem unapređenja kontrole neprihodovane vode (proces transformacije) nije realno očekivati spremnost, a niti dostatne raspoložive kapacitete (ljudski, tehnički i financijski resursi) za pokretanje svih predstavljenih aktivnosti. Također, važno je u ovom trenutku imati razumijevanje kako je za sveobuhvatno napredno djelovanje potrebno i stjecanje iskustva za u konačnici pravilan odabir načina i dinamike realizacije, a sve s ciljem ostvarenja rezultata koje također treba pravilno odrediti sukladno nivou razumijevanja vlastitih mogućnosti.

2. Analiza situacije

Prvi korak u razmatranju strategije podrazumijeva analiza stanja u vodovodnom poduzeću. Primjer kratke analize je predstavljen u nastavku.

Program kontrole gubitaka vode:

- nepostojanje jasnog i konkretnog programa aktivnosti na kontroli gubitaka vode
- provode se redovne aktivnosti traženja curenja i povremenih kontrolnih mjerenja sa prijenosnim mjeračima protoka i tlaka ali bez zadanih ciljeva, praćenja realizacije i analize rezultata
- ne rade se posebna izvješća ili slična dokumentacija o stanju gubitaka vode
- započete su aktivnosti praćenja protoka u pojedinim dijelovima sustava (praćenje i evidentiranje u tablice dnevnih količina vode) što predstavlja potencijal za unapređenje aktivnosti kontrole stanja gubitaka u budućnosti

Ljudski i tehnički resursi za rad na gubiticima vode

- nedovoljan broj ljudi za aktivnosti kontrole gubitaka vode, nedovoljna opremljenost i nepostojanje procedura, dokumentacije i analize učinaka
- trenutno samo dva djelatnika rade poslove traženja curenja i povremenih mjerenja sa jednim vozilom
- postojeća oprema podrazumijeva 2 geofona, 1 korelator, 1 mikrofon na sajli za slušanje curenja na priključcima, 2 prijenosna ultrazvučna mjerač protoka, 1 logger tlaka
- nema posebnih formulara za evidenciju aktivnosti i nema izvještaja o provedenim aktivnostima tijekom godine
- aktivnosti traženja curenja se provode bez posebnih planova i bez praćenja učinaka
- nema posebnih programa edukacije djelatnika na svim nivoima

Tehnički resursi nadzora sustava i regulacije tlaka

- nerazvijen sustav praćenja stanja po zonama
- lokacije mjerenja protoka u sustavu – 7 lokacija
- nema razvijenog sustava DMA zona
- nedovoljno iskorišćeni potencijali raspoloživog SCADA (NUS) sustava (analize i obrade podataka, vizualizacije grafikona, korisnički ekrani sa pokazateljima)
- nedovoljno razvijena rješenja kontrole tlaka u sustavu – 15 ventila za regulaciju tlaka u sustavu ali bez evidencije stanja, analize točnosti rada i programa održavanja
- nema informacija o broju i stanju odzračno-dozračnih ventila

Upravljanje podacima

- nedovoljno iskorišćeni potencijali GIS rješenja
- u poduzeću se koristi GIS u kojem se vrši unos podataka o mreži
- postoji osoba koja je dobro educirana i aktivno koristi GIS ali je ista zadužena za brojne aktivnosti i nema vremena posvetiti se potrebama u domeni kontrole gubitaka vode (primjerice analize curenja u mreži, izrada radnih karata za ispitivanja)
- na temelju raspoloživih podataka se ne rade posebne analize ili izvješća
- nema sustava praćenja poslovnih procesa i ne koriste se rješenja digitaliziranih procesa koji se prate u realnom vremenu kroz posebne platforme (aplikacije)
- nema posebnog programa praćenja i analize prividnih gubitaka vode
- nema spoznaja o mogućim netočnostima vodomjera
- nema analiza o nelegalnom korištenju vode

Opće stanje infrastrukture

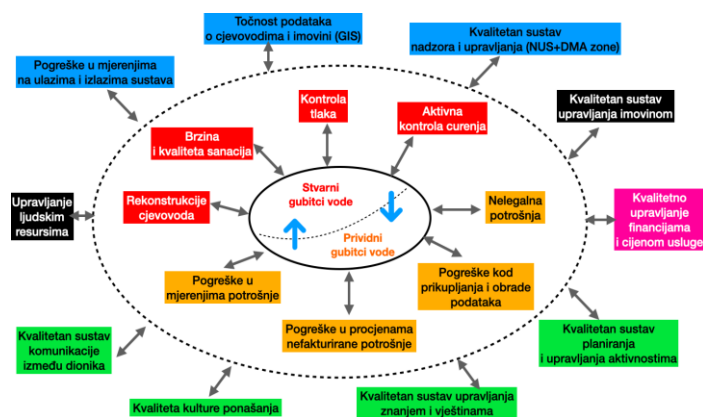
- visoka opterećenost sustava sa velikim brojem curenja
- većinu curenja prijavljuju građani

- ne postoji sustav upravljanja imovinom
- nema centralizirane evidencije svih uređaja, opreme i imovine
- nema posebnog programa prediktivnog ili preventivnog održavanja imovine
- nema programa redovne zamjene cjevovoda koji su posebno opterećeni visokom učestalosti pojave curenja

3. Strategija budućeg djelovanja

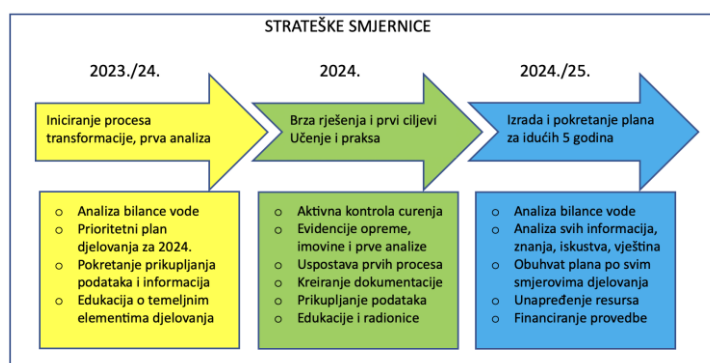
„Strategija je koherentan skup analiza, argumenata i akcija koje odgovaraju na značajan izazov. Dobra strategija proizlazi iz razmatranja mnogih vjerojatnih smjerova djelovanja i odabira, na namjeran, obrazložen način, gdje jedan/više odabranih smjerova djelovanja isključuju ostale. Richard Rumelt, *Good Strategy/Bad Strategy: The difference and why it matters*

Pregled svih raspoloživih smjerova djelovanja s ciljem kontrole neprihodovane vode



Slika 2. Smjerovi djelovanja na smanjenju neprihodovane vode (autor Jurica Kovač, prošireno od M. Vermersch)

Strategija transformacije pristupa kontroli gubitaka vode predstavljena je na slici 3.



Slika 3. Pristup i aktivnosti transformacije djelovanja - strateške smjernice

Također je važno odrediti glavne principe djelovanja kako je za primjer predstavljeno u tablici.

Tablica 1. Temeljne odrednice definiranja i provedbe strategije – principi djelovanja (primjer), autor Jurica Kovač

Temeljne odrednice definiranja i provedbe strategije – principi djelovanja		
	2024.	2025. – 2030. godina
1	Djelovanje utemeljeno na sadašnjim raspoloživim resursima sa naglaskom na kvaliteti i motivaciji ljudi	Djelovanje utemeljeno na raspoloživim i dodatnim resursima u čijem je središtu čovjek, uvjeti rada, učinkovitost i komunikacija
2	Usmjeriti djelovanje na jednostavna rješenja i lako provedive zadatke koji mogu donijeti primjetne rezultate	Usmjeriti djelovanje na rješenja i zadatke u skladu sa projektnim planom i ciljevima
3	Stjecanje novih znanja i vještina kako učinkovito djelovati na kontroli neprihodovane vode – učenje i praksa	Djelovanje utemeljeno na kontinuiranom unapređivanju znanja, vještina, organizacije, koordinacije i komunikacije
4	Stvaranje principa djelovanja utemeljenog na podacima i pokazateljima	Djelovanja utemeljeno na podacima i pokazateljima
5	Prikupljanje i analiza svih informacija s ciljem izrade realnog i sveobuhvatnog plana djelovanja za iduće petogodišnje razdoblje	Kontinuirano praćenje učinaka provedbe i prilagođavanje u skladu sa okolnostima.

4. Projektno planiranje

Naše buduće planiranje ciljeva aktivnosti treba kreirati sukladno akronimu SMART koji pomaže stvoriti jasno definirane, realne i kontrolirane ciljeve projekta. Postoji pet elemenata ovog okvira koji poručuju sljedeće (engl. Smart, Measurable, Achievable, Realistic, Time-bound);

- **Specifično** (eng. Specific). Pobrinite se da vaš opis cilja (ili više ciljeva) jasno pokriva projekt na kojem vaš tim radi. Izbjegavajte pisanje preširokih ciljeva projekta koji nisu izravno povezani s rezultatom tj. potrebom projekta.
- **Mjerljivo** (engl. Measurable). Na kraju vašeg projekta potreban vam je način da se jasno osvrnete unatrag i utvrdite je li vaš projekt bio uspješan. Pobrinite se da ciljevi vašeg projekta budu jasno mjerljive stvari - poput postotka promjene ili određenog rezultata. Također je važno na adekvatan način pratiti pokazatelje tijekom provedbe projekta.
- **Dostižno** (engl. Achievable). Jesu li ciljevi vašeg projekta nešto čemu se razumno možete nadati da ćete postići unutar svog projekta? Ovo je povezano s opsegom vašeg projekta—ako je opseg vašeg projekta nerealan, vjerojatno će biti i ciljevi vašeg projekta. Bez dostižnih projektnih ciljeva, vaš bi projekt mogao patiti od kašnjenja, pretjeranog rada i/ili gubitka volje i interesa za učinkovito djelovanje. Zapamtite, očekivanja o rezultatima projekta utječu na

provedbu i u konačnici kreiraju samopouzdanje za buduće nove projekte ili nastavak postojećih aktivnosti.

- **Realno** (engl. Realistic). Kada stvarate ciljeve svog projekta, trebali biste imati opći osjećaj za resurse svog projekta. Provjerite jesu li vaši ciljevi nešto što možete postići unutar vremenskog okvira i s resursima koji su vam na raspolaganju za ovaj projekt. Zapamtite, očekivanja o rezultatima projekta utječu na provedbu i u konačnici kreiraju samopouzdanje za buduće nove projekte ili nastavak postojećih aktivnosti.
- **Vremenski određeno** (engl. Time-bound). Ciljevi vašeg projekta trebali bi uzeti u obzir koliko je dugačak vremenski okvir vašeg projekta. Svakako uračunajte vrijeme koje imate na raspolaganju za rad na svom projektu.

Također je važno odrediti ili definirati ciljeve koji mogu biti kvantitativni ili kvalitativni.

Tablica 2. Pokazatelji opisa cilja

Pokazatelji opisa cilja	Kvantitativni	Kvalitativni
Upravljanje, Promjene	broj, %, indikator	dokumentacija, radni proces, sastanci, komunikacija
Radni zadatci		

5. Primjer glavnih grupa ciljeva

Primjeri odabranih ciljeva su predstavljeni u idućoj tablici.

Tablica 3. Strateške grupe ciljeva

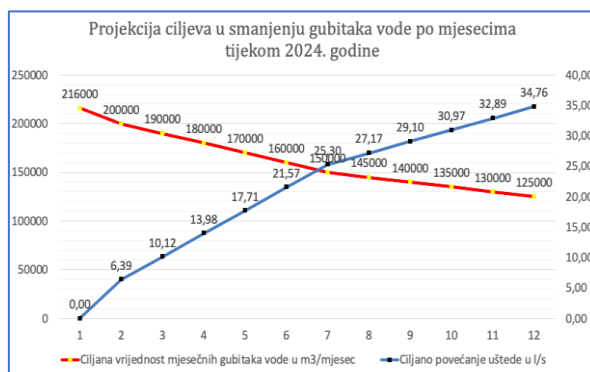
Kategorije ciljeva za 2024.	Specifični ciljevi	Kvantitativni pokazatelji	Kvalitativni pokazatelji
Strateški	Pokretanje procesa promjene i transformacije		Promjena ponašanja ljudi sa pozitivnim promjenama vidljivim kroz rezultate i unapređenu komunikaciju
	Oslanjanje na postojeće ljudske i tehničke resurse		Unapređenje iskorištenja sadašnjih resursa
	Smanjenje stvarnih gubitaka vode	Ostvariti smanjenje curenja u sustavu u vrijednosti 70.000 m ³ u 2024. u odnosu na 2023. i dostizanje preduvjeta za daljnje smanjenje u 2025. od 100.000 m ³	Unapređenje postojećih aktivnosti i uvođenje novih zadataka sve s ciljem brzog ostvarenja smanjenja stvarnih gubitaka vode

Kategorije ciljeva za 2024.	Specifični ciljevi	Kvantitativni pokazatelji	Kvalitativni pokazatelji
	Stjecanje novih znanja, vještina i iskustava		Edukacije o IWA metodologiji i elementima kontrole stvarnih gubitaka vode
Upravljački	Implementacija metodologije rada na principima upravljanja projektima	Praćenje rezultata provedbe prema pokazateljima; broj i vrsta curenja, ispitanih km cjevovoda, broj mjerenja, čovjek/dana, indikatori	Usvajanje principa projektnog planiranja u budućim aktivnostima; 3 faze i 7 principa
	Uvođenje prakse formiranja radne grupe za koordinaciju i nadzor provedbe aktivnosti kontrole gubitaka vode sa imenovanjem nositelja aktivnosti		Usvajanje principa redovne i službene koordinacija na temu kontrole gubitaka vode
	Unapređenje komunikacije		Uvođenje novih komunikacijskih kanala, načina i pravila razmjene informacija
	Uvođenje novih procesa i metoda prikupljanja, obrade podataka i izvještavanja	5 novih dokumenata i formulara	Uvođenje u primjenu novih dokumenata i formulara
Provedbeni zadatci	Unapređenje postojećih zadataka i procesa za potrebe aktivne kontrole curenja	Praćenje provedbe, učinaka i rezultata kroz kvantificirane pokazatelje	Unapređeno znanje i procesi; aktivne kontrole curenja, kontrole regulacije tlaka, mjerača protoka, DMA zona
	Uvođenje novih zadataka i radnih procesa za potrebe kontrole neprihodovane vode	Praćenje provedbe, učinaka i rezultata kroz kvantificirane pokazatelje	Kontrola ovlaštene nefakturirane potrošnje vode, analize prividnih gubitaka vode, prihodovane vode i strukture potrošača

Kategorije ciljeva za 2024.	Specifični ciljevi	Kvantitativni pokazatelji	Kvalitativni pokazatelji
	Uvođenje principa dokumentiranja radnih procesa i prilagođavanja realnim uvjetima provedbe	5 novih dokumenata i formulara	Uvođenje novih dokumenata i formulara
	Ukupan broj zadataka za provedbu	39	

Vizualizacija smanjenja stvarnih gubitaka vode

Važno je slikom pokazati ciljeve u vremenu kao je za primjer prikazano u grafikonu.



Grafikon 1. Projekcija smanjenja curenja po mjesecima u ekvivalentu mjesečno za 2024. godinu

6. Zadaci za provedbu

Taktički plan provedbe aktivnosti unapređenja kontrole neprihodovane vode u domeni smanjenja stvarnih gubitaka vode je predstavljen u tablici.

Tablica 4. Radni zadaci u 3 dimenzije djelovanja

Dimenzija djelovanja	Red broj	Vrsta aktivnosti	Redni broj	Radni zadaci
Operativna	1.	Točno mjerenje vode koja ulazi i izlazi iz sustava i unutar sustava	1.1	Definiranje i evidencije svih relevantnih podataka za mjerače protoka (obilazak lokacija) i metodama provjere točnosti
			1.2.	Provjera točnosti svih mjerača protoka
			1.3.	Izrada procedure redovne kontrole i provjere točnosti mjerača protoka

Dimenzija djelovanja	Red broj	Vrsta aktivnosti	Redni broj	Radni zadaci
	2.	Kontrola ovlaštene nefakturirane potrošnje vode	2.1.	Utvrđivanje svih oblika potrošnje vode za koju se ne vrši fakturiranje, načina provedbe mjerenja ili procjene potrošnje
			2.2.	Izrada procedura i dokumentacije za evidentiranje potrošene vode
	3.	Analiza podataka i potrošača kojima se fakturira potrošnja vode	3.1.	Izrada evidencije potrošača prema promjerima vodomjera i ukupno godišnjoj količini vode
			3.2.	Analiza potrošnje vode za sve potrošače sa promjerom vodomjera DN50 i veći
			3.3.	Priprema i provedba pilot projekta analize profila potrošnje vode za odabrane vrste potrošača
	4.	Aktivna kontrola curenja	4.1.	Definiranje sadašnjih znanja i vještina i potreba za hitnim osposobljavanjem ljudi u domeni mjerenja i ispitivanja
			4.2.	Definiranje procedure kontrole podataka sa postojećih mjerača protoka, načina obrade i vizualizacije podataka
			4.3.	Definiranje područja kontrole gubitaka vode sa prijenosnim mjeracima protoka – DMA zone
			4.4.	Definiranje procedure djelovanja s ciljem određivanja područja sa povećanim curenjima i traženje curenja
			4.5.	Izrada dokumentacije za praćenje provedbe radova mjerenja i ispitivanja
			4.6.	Definiranje oblika i sadržaja izvješća o aktivnostima aktivne kontrole curenja za razdoblja: tjedan, mjesec, kvartal, godina
4.7.			Analiza ispravnosti i stanja raspoložive opreme i uređaja za mobilna mjerenja i traženje curenja	
4.8.			Provedba aktivne kontrole curenja	

Dimenzija djelovanja	Red broj	Vrsta aktivnosti	Redni broj	Radni zadaci
	5.	Brzina i kvaliteta sanacija	5.1.	Unaprijediti evidenciju saniranih curenja uvođenjem nove metodologije prikupljanja podataka
			5.2.	Unaprijediti unos podataka o curenjima u GIS sa mogućnošću statističke obrade prema vrsti curenja i trajanju od prijave do sanacije
			5.3.	Analizirati mogućnosti unapređenja praćenja statusa, lokacija i procesa rješavanja curenja uz primjenu novih digitalnih alata i rješenja
			5.4.	Definiranje oblika i sadržaja izvješća o aktivnostima sanacije curenja za razdoblja: tjedan, mjesec, kvartal, godina
	6.	Kontrola tlaka	6.1.	Definiranje sadašnjih znanja i vještina i potreba za hitnim osposobljavanjem ljudi u domeni kontrole tlaka, podešavanja i servisiranja ventila za regulaciju tlaka i odzračno-dozračne ventile
			6.2.	Definiranje procedure kontrole i evidencije informacija o ventilima za regulaciju tlaka
			6.3.	Evidencija svih ventila za regulaciju tlaka u sustavu i provedba hitnog servisiranja i podešavanja gdje je potrebno
			6.4.	Definiranje procedure kontrole i evidencije informacija o pumpnim postrojenjima
			6.5.	Pregled postrojenja za regulaciju tlaka u sustavu i provedba hitnog servisiranja i podešavanja gdje je potrebno
Upravljanje	7.	Ciljevi i indikatori	7.1.	Definiranje ciljeva i indikatora za pojedine zadatke postupno tijekom 2024. u skladu sa raspoloživim informacijama
			7.2.	Strateški cilj za 2024. - ostvariti smanjenje curenja u sustavu u vrijednosti 70.000 m ³ u 2024. u odnosu na 2023. i dostizanje preduvjeta za daljnje smanjenje u 2025. od 100.000 m ³

Dimenzija djelovanja	Red broj	Vrsta aktivnosti	Redni broj	Radni zadaci
	8.	Nadzor nad realizacijom	8.1.	Praćenje i nadzor nad provedbom zadataka i uspostavljanje procesa stvaranja i prikupljanja relevantnih podataka potrebnih za analize
			8.2.	Organizacija i provedba redovnih sastanaka i koordinacija; tjedni, mjesečni, kvartalni i godišnji
			8.3.	Definiranje oblika i sadržaja izvješća o provedbi projekta kontrole gubitaka vode za razdoblja: tjedan, mjesec, kvartal, godina
			8.4.	Osiguranje raspoloživosti resursa i prioriteta u djelovanju na zadatke sukladno planu kontrole gubitaka vode
			8.5.	Razmatranje uvjeta za kreiranje radne prostorije za potrebe projekta – arhiva, radne karte, smještaj opreme, servis opreme
Promjena	9.	Radna grupa, dionici i nositelj	9.1.	Formiranje radne grupe za rad i koordinaciju aktivnosti kontrole gubitaka vode (predstavnici svih odjela i drugi ključni djelatnici) sa procjenom angažiranog vremena (tjedno, mjesečno)
			9.2.	Imenovanje nositelja provedbe projekta kontrole gubitaka vode i definiranje zadataka, obveza i angažiranog vremena
			9.3.	Priprema i provedba edukacije članova radne grupe o IWA metodologiji kontrole gubitaka vode
	10.	Komunikacija	10.1.	Definiranje pravila i načina komunikacije između dionika (telefon, email, aplikacije, glasovne poruke, slike, izvještaji, grupno, direktno, doba dana, ingerencije)
			10.2.	Definiranje načina izvješćivanja ostalih djelatnika poduzeća o provedbi projekta
			10.3.	Definiranje pravila za praćenje problema u provedbi i komunikaciji s mjerama unapređenja
			10.4.	Aktivna komunikacija između svih dionika projekta

7. Zaključak

Ovim referatom sam želio skrenuti pažnju na kompleksnost planiranja i kasnije provedbe programa smanjenja gubitaka vode u vodovodnim poduzećima.

Kada se pogledaju vrste zadataka, ciljeva i koordinacija u provođenju, lakše je razumijeti zašto velika većina programa smanjenja gubitaka vode u našim vodovodnim poduzećima ima vrlo ograničen uspjeh i nema kontinuitet.

Nadam se da će ovdje predstavljene smjernice pomoći u budućim aktivnostima i doprinjeti boljim i dugoročno održivim programima smanjenja neprohodovane vode.

8. Literatura

- [1] M. Vermersch, A. Rizzo; Change Management as an Indispensable Component when Planning for NRW Control, *IWA Water Loss Conference* in Cape Town, April 2009.
- [2] Link: <https://mcast.edu.mt/wp-content/uploads/New-Appendix-9-Change-Management-as-an-Indispensable-Component-when-Planning-for-NRW-Control-Vermersch-Ri.pdf>
- [3] M. Vermersch, F. Carteado; An Overall Dynamic Approach in Water Loss Reduction, *IWA Water Loss Conference* in Sao Paulo (Brazil), June 2010.
- [4] <https://www.mcast.edu.mt/wp-content/uploads/New-Appendix-8-A-Dynamic-Approach-in-Water-Loss-Reduction.-Vermersch-Carteado-São-Paulo-2010.pdf>
- [5] Richard Rumelt; *Good Strategy Bad Strategy: The Difference and Why It Matters*, Profile Books, 2011.

АНАЛИЗА ГУБИТАКА ВОДЕ ВОДОВОДНОГ СИСТЕМА ГРАДА НОВОГ САДА

WATER LOSS ANALYSIS OF THE CITY OF NOVI SAD WATER SUPPLY SYSTEM

ДАНИЛО СТИПИЋ¹
НИНА ПАВЛОВИЋ²
МАТИЈА СТИПИЋ¹
ЛИЛА АЧАИ²
НИКИЦА ИВИЋ³

Стручни рад
DOI: 10.5937/GV24004S

Резиме: Водоводни систем града Новог Сада чине објекти и дистрибутивна мрежа којима се снабдева водом конзумно подручје града Новог Сада и општине Сремски Карловци. Водоводни систем опслужује водом око 400.000 становника, а просечна годишња производња воде износи око 35 милиона m³. Укупна дужина водоводне мреже града Новог Сада и Сремских Карловаца износи око 1.200 km, од чега је око 200 km нелегална водоводна мрежа. У последњој деценији губици воде на водоводној мрежи су се повећали са 25% на око 32%, односно за око 0.7% годишње. Губитке воде могуће је успорити свеобухватном реконструкцијом водоводне мреже и активном улогом у борби против губитака.

Кључне речи: водоводни систем, град Нови Сад, губици воде

Abstract: The water supply system of the City of Novi Sad consists of facilities and a distribution network that supplies water to the consumption area of the City of Novi Sad and the Municipality of Sremski Karlovci. The water supply system supplies water to about 400,000 inhabitants, and the average annual production of water is about 35 million m³. The total length of the water supply network of the City of Novi Sad and Sremski Karlovci is about 1,200 km, of which about 200 km is an illegal water supply network. In the last decade, water losses in the water supply network have increased from 25% to around 32%, i.e. by around 0.7% per year. Water losses can be slowed down by comprehensive reconstruction of the water supply network and an active role in the fight against losses.

Key Words: water supply system, City of Novi Sad, water losses

¹ Данило Стипић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, ORCID: 0000-0001-6557-5997

² Нина Павловић, АД Војводинапројект, Булевар краља Петра I 17, Нови Сад

¹ Матија Стипић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, ORCID: 0000-0002-3233-609X

² Ли́ла Ачаи, АД Војводинапројект, Булевар краља Петра I 17, Нови Сад

³ Никица Ивић, ЈКП „Водовод и канализација“, Масарикова 17, Нови Сад

1. Увод

Водоводни систем града Новог Сада чине објекти и дистрибутивна мрежа којима се снабдева водом конзумно подручје града Новог Сада и општине Сремски Карловци.

Јавни водоводни систем града Новог Сада је скуп објеката, постројења и цевовода који је намењен захватању, довођењу, технолошкој преради, транспорту и расподели воде корисницима, којим управља Јавно комунално предузеће „Водовод и канализација“ овлашћено од стране града Новог Сада. Јавно предузеће је задужено за газдовање јавним водоводним системом и вршење редовне контроле проточности капацитета и притиска у јавном водоводном систему, и пре свега брине о квалитету воде. Поред обезбеђивања довољне количине пијаће воде са потребним притиском водоводна мрежа обезбеђује и воду за противпожарне потребе насеља.

Водоводни систем опслужује водом око 400.000 становника са јавним установама и индустријом (пословни потрошачи). Просечна годишња производња воде, на једином постројењу за прераду воде, ППВ „Шtrand“ износи око 35 милиона m^3 . Уз губитак воде, нефактурисану воду, од око 32%, корисницима система се током последњих година дистрибуира око 25 милиона m^3 воде. Од укупне потрошње воде за снабдевање становништва и јавних установа одлази око 89% наплаћене воде, а индустрији-пословним потрошачима око 11%. Оваква потреба и потрошња воде је стабилна током последње деценије, са трендом повећања потреба за водом становништва, на терет смањења потрошње индустрије. Према подацима мерења са водомера, од 89% потрошње становништва и јавних установа, око 9% отпада на јавне установе, а око 80% на становништво. Просечна годишња потражња за водом је током 2021. године достигла 1.150 l/s, и током последње деценије је повећана за око 8%. Постројење за прераду воде „Шtrand“ се снабдева сировом водом из алувијалног изворишта подземне воде са изворишта Ратно острво, Петроварадинска ада и делом са изворишта Шtrand [8].

Укупна дужина водоводне мреже у граду Новом Саду и Сремским Карловцима износи око 1.200 km, од чега се са око 200 km цевовода дистрибуира небезбедна вода корисницима (водоводна мрежа без употребне дозволе-нелегална мрежа), док се са око 1.000 km водоводне мреже дистрибуира безбедна вода корисницима.

Наредна поглавља садржаће приказе анализа и резултате који се односе на прорачун губитака водоводне мреже града Новог Сада, са освртом и на анализу цевног материјала и дужине легалне и нелегалне водоводне мреже.

2. Прорачун губитака у водоводном систему

Под губицима подразумевамо разлику између укупне количине воде послате у дистрибутивну водоводну мрежу (потиснуту воду) и укупне фактурисане потрошње.

Циљ водног биланса је праћење и рачунање сваке компоненте воде која је додата или одузета из система за дистрибуцију воде у оквиру дефинисаног периода времена. Резултати водног биланса биће добри колико и подаци узети у рачунању истог. У општем случају, водни биланс се не заснива само на мерењима већ и на проценама производње воде, потрошње и губитака. Зато ће резултујуће количине нефактурисане воде, стварних и привидних губитака, увек бити предмет већег или мањег степена грешке. Грешке у утврђивању количине стварних и привидних губитака утицаће на економску анализу опција, а то може довести до неодговарајуће стратегије смањења губитака воде. Зато је важно да сви мерени подаци и све неопходне процене буду што је могуће ближе стварним условима, тако да се могу постићи валидни и корисни резултати. Због тога увек треба критички размотрити поузданост извора података и њихову тачност [2], [3].

За водоводну мрежу града Новог Сада, прорачун губитака је урађен на више начина:

- Прорачун губитака за децембар месец 2021. године
- Прорачун губитака на основу математичког модела
- Прорачун губитака по IWA методологији

2.1. Прорачун губитака за децембар месец 2021. године

Губици воде за децембар месец 2021. године су одређени на основу укупно фактурисане воде за месец децембар 2021. године и запремине воде са мерних места НПС „Шtrand” и ПС „Лиман” за исти месец.

Укупан проток за месец децембар је $2.909.292,11 \text{ m}^3/\text{mesec}$.

Укупан фактурисан проток за месец децембар је $1.962.499 \text{ m}^3/\text{mesec}$.

На основу тих података долазимо до закључка да су губици за месец децембар 2021. године $946.793,11 \text{ m}^3$, што је у процентима 33% [9].

Напомена: Губици на дан 15.12.2021 године износили су 34%, тј. $32.743 \text{ m}^3/\text{dan}$ за средњу дневну потрошњу. Просечни губици на дневном нивоу за целу годину, на основу анализираних података из годишњих Извештаја о реализацији програма пословања ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад, за 2021. годину износе 31%, тј. $29.736 \text{ m}^3/\text{dan}$.

2.2. Прорачун губитака на основу математичког модела

Губици воде на основу калибрисаног и верификованог хидрауличког модела постојећег дистрибутивног система читавог подручја водоснабдевања су симулирани у програмском пакету EPANET [10].

За прорачун је узет дан 15. децембар 2021. године, са средњом дневном потрошњом. Тај дан у децембру месецу је најприближнији средњој дневној потрошњи на годишњем нивоу.

Биланс воде је извршен за сваку зону (насеље) посебно. Губици су одређени тако што се одреди разлика улазних и излазних запремина воде и од

тога одузме фактурисана вода (потрошња корисника) за дату зону. На слици 1 је приказана шема биланса за зоне потрошача.



Слика 1. Биланс воде

За 15. децембар 2021. године укупна запремина испоручене потиснуте воде је $96.049 \text{ m}^3/\text{dan}$. Укупну фактурисану воду имамо само за цео месец децембар и на основу тога је узета просечна дневна запремина фактурисане воде. Та запремина износи $Q_{\text{фак}} = 63.306 \text{ m}^3/\text{dan}$. Губици на основу тога износе $32.743 \text{ m}^3/\text{dan}$, што је 34% испоручене воде.

Прорачун губитака по IWA методологији

Светска агенција за воде (IWA) и америчка асоцијација водовода (AWWA) су заједнички формирале радну групу и развиле методологију за дефинисање губитака, која се базира на индикаторима успешности како би сви појединачни резултати били међународно упоредиви. Овакав приступ приказа стања производње воде, потрошње воде и укупних губитака назива се водни биланс (енгл. Water Balance по терминологији IWA или Water Audit по терминологији Светске банке и AWWA) [1], [2], [4].

Постоје генерално два приступа за прорачун водног биланса:

- „Од врха ка дну“ и
- „Од дна ка врху“

Приступ „Од врха ка дну“ је бржи, јефтинији и једноставнији, али и мање прецизан, за разлику од приступа од „Дна ка врху“ који је базиран на резултатима мерења стварних губитака, који је скупљи, захтевнији, али и много прецизнији [5], [6]. За израду водног биланса и анализу губитака воде града Новог Сада, коришћен је софтвер WB-EasyCalc, чији се прорачун врши у Excel-у. Софтвер WB-EasyCalc (Liemberger & Partners) је базиран на раду у Excel-у и за прорачун и анализу губитака користи методу „од врха према дну“ [7].

На основу резултата приказаних у претходним прилозима закључује се следеће:

- На нивоу града Новог Сада, губици износе 31%, док је потенцијал за смањење губитака 21%.
- Када посматрамо само бачку страну града, губици износе 28%, док је потенцијал за смањење губитака 19%.
- Када поматрамо само сремску страну града, губици износе 47%, док је потенцијал за смањење губитака 34%.

Од индикатора перформанси физичких губитака, од највећег интереса је прорачун Инфраструктурног индекса цурења (ILI) и одређивање групе перформанси система. На нивоу града Новог Сада, вредност Инфраструктурног индекса цурења (ILI) је 9. Група перформанси за развијене земље је D. То значи да имамо веома неефикасну потребу ресурса, која је карактерисана лошим одржавањем и општим стањем система, програми смањења цурења су императив и највиши приоритет. За бачку страну града, вредност Инфраструктурног индекса цурења (ILI) је 10. Група перформанси за развијене земље је такође D. За сремску страну града, вредност Инфраструктурног индекса цурења (ILI) је 7. Група перформанси за развијене земље је C. То значи да имамо лоше управљање цурењем, толерантно само уз обиље јефтених извора воде, па чак и тада, треба анализирати ниво и природу цурења, интензивирати напоре на смањењу цурења. У наставку је приказана табела која садржи податке о губицима града Новог Сада на годишњем нивоу, који су одређени на основу прорачуна у WB-EasyCalc софтверу.

Табела 1. Приказ губитака на годишњем нивоу за град Нови Сад

	Legalna potrošnja	Fakturisana legalna potrošnja 24,169,348 m3/god	Izmerena fakturisana potrošnja 21,752,413 m3/god Neizmerena fakturisana potrošnja 2,416,935 m3/god	Fakturisana voda 24,169,348 m3/god
Zapremina ulaza u sistem 35,022,237 m3/god Granica greške [+/- %]:	24,766,917 m3/god Granica greške [+/- %]:0.0%	Nefakturisana legalna potrošnja 597,569 m3/god Granica greške [+/- %]:1.9%	Izmerena nefakturisana potrošnja 418,298 m3/god	
			Neizmerena nefakturisana potrošnja 179,271 m3/god Granica greške [+/- %]: 6.3%	
	Gubici vode 10,255,320 m3/god Granica greške [+/- %]:14.7%	Komerцијални gubici 2,739,709 m3/god Granica greške [+/- %]:2.5%	Legalna potrošnja 1,077,316 m3/god Granica greške [+/- %]: 4.8%	Nefakturisana voda 10,852,888 m3/god Granica greške [+/- %]:13.9%
			Netačnosti vodomera i greška rukovanja podacima 1,662,393 m3/god Granica greške [+/- %]: 2.7%	
		Fizički gubici 7,515,611 m3/god Granica greške [+/- %]: 20.1%		

3. Дистрибуција

3.1. Легална водоводна мрежа

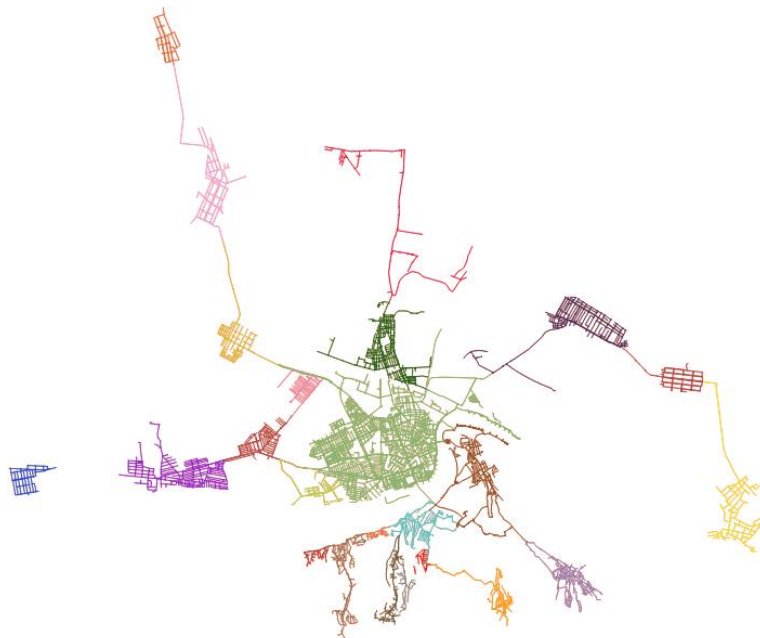
Тема овог поглавља односи се на анализу легалне водоводне мреже града Новог Сада. Подаци који су коришћени приликом анализе, добијени су од ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад, а анализа је урађена у софтверском пакету ArcGIS.

Добијени подаци, односе се на приказе дужина легално изграђене водоводне мреже на територији града Новог Сада. Осим података који се односе на дужину водоводне мреже, добијени су и подаци који се односе на године у којима је појединачна водоводна цев изграђена, пречнике водоводне мреже, као и материјале од којих је водоводна мрежа изграђена.

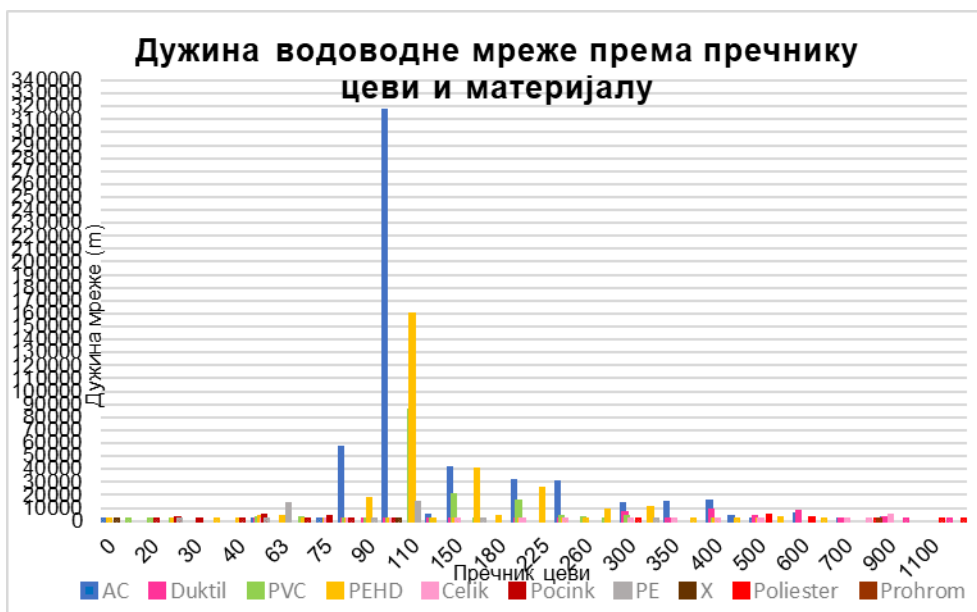
Ова анализа за циљ има утврђивање стања легално изграђене водоводне мреже (старост мреже и врста цевног материјала), како би се приступило изради планова реконструкције водоводне мреже којој истиче век трајања, а који за резултат има смањење губитака у мрежи.

Укупна дужина легалне мреже града Новог Сада износи 1.008.473,49 m (без дужине доводника сирове воде од 21.984,12 m).

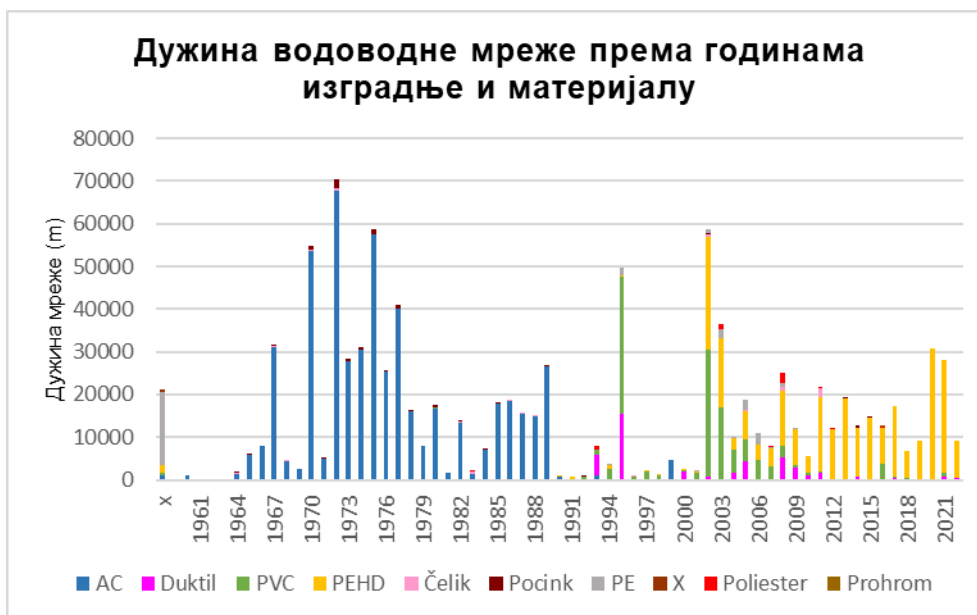
На наредној слици приказана је изграђена легална мрежа града Новог Сада, добијена из ГИС података достављених од стране ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад.



Слика 2. Графички приказ легалне мреже града Новог Сада



Слика 3. Приказ дужине водоводне мреже према пречнику цеви и материјалу



Слика 4. Приказ дужина водоводне мреже према годинама изградње и материјалу

Са пратећег графика на слици 4, видимо да је више од пола мреже изграђено од азбест цементних цеви. Након азбест цемента, материјал који се претежно користи од 2000. године као и данас је РЕНД. Када на ове податке додамо и податке које можемо очитати са дијаграма који приказује дужине

водоводне мреже према пречнику и материјалу цеви (слика 3), видимо да је водовод претежно изграђен од азбест цементних цеви пречника Ø100 mm.

3.2. Нелегална водоводна мрежа

Тема овог поглавља односи се на анализу нелегалне водоводне мреже града Новог Сада. Подаци који су коришћени приликом анализе, добијени су од ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад, а анализа је урађена у софтверском пакету ArcGIS.

Добијени подаци, примарно се односе на приказе дужина нелегално изграђене водоводне мреже на територији града Новог Сада.

Циљ анализе нелегалне (небезбедне) водоводне мреже је утврђивање њене дужине, као и свих локација на којима је она изграђена, како би се омогућило формирање планова за њено напуштање и изградњу нове водоводне мреже.

Укупна дужина нелегалне мреже града Новог Сада износи 212.869,58 m.

На наредној слици приказана је изграђена нелегална мрежа града Новог Сада, добијена из ГИС података достављених од стране ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад.



Слика 5. Графички приказ нелегалне мреже града Новог Сада

4. Закључак

Претходна поглавља дају детаљан увид у стање и анализу губитака на нивоу града Новог Сада, на основу доступних података којима се у датом тренутку располагало.

Губици воде су анализирани на основу потиснуте и фактурисане воде за један дан у години. За базни дан узет је 15. децембар 2021. године, тај дан је у

децембру месецу најприближнији средњој дневној потрошњи на годишњем нивоу. Биланс воде је урађен за сваку зону (насеље) посебно, као и за цео систем. Подаци потиснуте воде за сваку зону (насеље) су узети из калибрисаног и верификованог хидрауличког модела постојећег дистрибутивног система, читавог подручја водоснабдевања у програмском пакету EPANET.

Укупна дужина дистрибутивне водоводне мреже, према подацима из ГИС-а, је око 1200 km, од чега је око 200 km нелегална односно небезбедна водоводна мрежа. Око 1000 km водоводне мреже има статус легалне мреже. Током последње декаде дограђено је око 170 km водоводне мреже. У евиденцији ГИС-а не постоји евиденција новоизграђене водоводне мреже и евиденција реконструисане мреже, тако да не постоје подаци о томе који је годишњи % реконструкције водоводне мреже. Овакав начин евиденције онемогућава праћење годишње реализације реконструкције дотрајале водоводне мреже-превазиђеним веком трајања цеви. Процена је, на основу доступних података, да се годишње реконструише мање од 0,6% основне водоводне мреже, што је током претходне деценије довело до наглог старења цевовода. Ово је од посебног значаја, имајући у виду да је око 500 km водоводне мреже изведено од азбест цементних цеви, при чему је око 400 km старије од 45-50 година (очекивани животни век трајања АЦ цеви). Повећањем старости цеви опада квалитет спојева и повећавају се цурење и губици воде. У последњој деценији (2012-2022) губици воде на водоводној мрежи су се повећали са 25% на око 32%, односно за око 0,7% годишње. Губици воде ће се успорити једино свеобухватном реконструкцијом водоводне мреже и активном улогом у борби против губитака воде.

Реконструкцијом дела водоводне мреже, која се планира, омогућава промену тренда повећања губитака, односно до 2031 године би требало одржати на нивоу 2021 године односно 31%. Након тога за следећу декаду, уз адекватну динамику реконструкције губитке је могуће смањити на ниво од 27%. Циљни губици, мањи од 25%, се могу очекивати после 2043. године.

Поделом водоводне дистрибутивне мреже на мање секторе над којима се може ефикасно и тачно израчунати биланс воде (разлика улаза и потрошње), могуће је лакше и открити губитке ниског и малог интензитета, али се исто тако неоткривени губици могу и смањити активном контролом притиска [11].

Из свега наведеног, закључак и предложени кораци стратегије смањења губитака водоводног система града Новог Сада су:

- Подела целокупне водоводне мреже посматраног подручја на ОЗБ и анализа сваког појединачног сегмента,
- Унапређење уношења података у ГИС систем водовода (детаљнији унос),
- Реконструкција и изградња нове водоводне мреже у оним деловима града у којима мрежа или не постоји или је већ превише застарела и као таква њено коришћење није препоручљиво.

5. Литература

- [1] NRW, Reduction of Non-Revenue Water in South-East Europe, http://www.nrwsee.com/files/download/573ab5e8008121%20-%20Technical%20Manuals_BOS.pdf
- [2] Kovač, Jurica, *Studija o gubicima vode u vodoopskrbnom sustavu. Analiza stanja vodoopskrbnog sustava, gubitaka vode i mjere unapređenja*, Aqua Libera d.o.o, Ribnica, 2011.
- [3] Uputstva za smanjenje gubitaka vode sa fokusom na upravljanja pritiskom, http://www.nrwsee.com/files/download/573ab5e8008121%20-%20Technical%20Manuals_BOS.pdf
- [4] Projekat općinskog okolišnog i ekonomskog upravljanja MEG, <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/MEG-3A-Upravljanje-sistemom-vodosnabdijevanja.pdf>
- [5] S. Kurtagić i dr, <https://efikasnostvodovoda.com/wp-content/uploads/2020/08/Standardne-operativne-procedure-za-vodovode.pdf>
- [6] Taha. M. AL-Washali, https://www.researchgate.net/publication/339355167_A_review_of_nonrevenue_water_assessment_software_tools
- [7] Liemberger & Partners, <https://www.liemberger.cc/>
- [8] *Ревизија развојног програма водоводног система Града Новог Сада*, АД „Војводинапројект“, Нови Сад, 2024. – у изради
- [9] *Извештај о реализацији Програма пословања Јавног комуналног предузећа „Водовод и канализација“ Нови Сад за 2021. годину*, Нови Сад, 2021.
- [10] EPANET, Unated States Environmental Protection Agency
- [11] АД „Војводинапројект“, *Студије оптимизације броја зона потрошње воде и релевантних параметара за уже градско подручје Новог Сада*, Нови Сад, 2014.

HIDRAULIČKA ANALIZA ZA SMANJENJE GUBITAKA VODE U SISTEMU VODOSNABDEVANJA BEZ REZERVOARA

HYDRAULIC ANALYSIS TO REDUCE WATER LOSSES IN A WATER SUPPLY SYSTEM WITHOUT TANK

GOCE TASESKI¹

Stručni rad

DOI: 10.5937/GV24005T

Rezime: Sistem vodosnabdevanja bez rezervoara gotovo da ne postoji, jer je osnovna namena rezervoara balansiranje potrošnje sa prilivom vode. U izuzetnim slučajevima, prema teorijskim postavkama, kada je kapacitet izvorišta veći od maksimalnih časova potrošnje vode, nije potrebno graditi/predviđati rezervoar. Međutim, u ovakvim sistemima granični uslov koji obezbeđuje potrošnju vode je izvor koji gravitaciono snabdeva stanovništvo vodom. budući da takvi izvori imaju znatno veći kapacitet od potrošnje vode, pa su korisnici zajedno sa rukovodiocima sistema u zabludi da ne treba brinuti o potrošnji vode, sve dok potrošnja vode ne pređe kapacitet izvora, šta je realno očekivati u budućnosti zbog sve većih uticaja klimatskih promena na kapacitete izvora.

Cilj ovog rada je da se kroz hidrauličku analizu sistema vodosnabdevanja bez rezervoara analizira ukupna potrošnja vode, sa posebnom pažnjom na ukupne gubitke vode u vodovodnoj mreži, dok je sistem vodosnabdevanja grada Gostivara u Makedoniji analiziran kao studija slučaja.

Ključne reči: hidraulička analiza, gubici vode, sistem vodosnabdevanja bez rezervoara

Abstract: Water supply system without tank is almost non-existent, because the main purpose of the tank is to balance the consumption with the inflow of water. In exceptional cases, according to the theoretical settings, when the capacity of the water spring is greater than the maximum pick hour consumption of water, it is not necessary to build/predict a tank. However, in such systems, the boundary condition that ensures water consumption is a water spring that supplies the population with water by gravity, while these springs have a significantly higher capacity than water consumption so the users together with the managers of the system are misled that there is no need to worry about water consumption, all this is so until the consumption of water does not exceed the capacity of the source, what is realistic to expect in the future due to the increasing impacts of climate change on the capacities of the water springs.

The aim of this paper is to analyze the total water consumption with special attention to the total water losses in the water supply network through a hydraulic analysis of a water supply

¹Goce Taseski, Univerzitet „Sv. Kiril i Metodije“, Građevinski fakultet, Bulevar Partizanskih odreda 24, Skoplje, Makedonija, ORCID: 0000-0002-4415-0321

system without a tank whereby, as a Case study, the water supply system of the city of Gostivar in Macedonia is analyzed

Key Words: hydraulic analysis, water losses, water supply system without tank

1. Uvod

Prema teorijskim postulatima, ako kapacitet izvorišta pokriva 100% potrošnje vode, nema potrebe za rezervoarom u sistemu vodosnabdevanja, što je matematički ispravna postavka, međutim, u fazi rada ovakvi sistemi se suočavaju sa prilično nekontrolisanom i evidentiranom potrošnjom vode, što je samo po sebi vrlo logično jer svi korisnici, kada bi raspoložu velikim količinama vode, ne tretiraju je na odgovarajući način do trenutka kada bi se raspoloživa voda smanjila, što je sa sadašnjeg stanovišta realna situacija s obzirom na sve izraženiji uticaj klimatskih promena koji se uočava smanjenim kapacitetom već postojećih izvora vode. Jedan takav slučaj je analizirana studija slučaja za vodovod grada Gostivara, gde trenutno postoji vodovod bez rezervoara i do pre nekoliko godina ni u jednom trenutku nije bilo nestašica vode među krajnjim korisnicima. U prethodnih nekoliko godina je sve češće, posebno u letnjem periodu, dolazilo do nedostatka vode za vodosnabdevanje.

Cilj ovog istraživanja je da se sagledaju nedostaci – veliki ukupni gubici vode i da se predlože optimalne – realne mere za smanjenje gubitaka vode, kako bi se svi korisnici obezbedili vodom tokom cele godine. Gubici vode se mogu posmatrati samo kao razlika između količine isporučene vode i količine vode koja se obračunava. Deo gubitaka vode – tehničkih gubitaka nastaje u distributivnoj mreži usled: habanja sistema, visokih pritisaka vode, korozije cevovoda, nepravilno projektovane i izgrađene mreže, dok veliki deo gubitaka predstavlja administrativne gubitke: greške u merenju utrošene vode, nezakonito priključenje i lošu praksu rada i održavanja javnih preduzeća.

Tabela 1. Prednosti upravljanja pritiskom

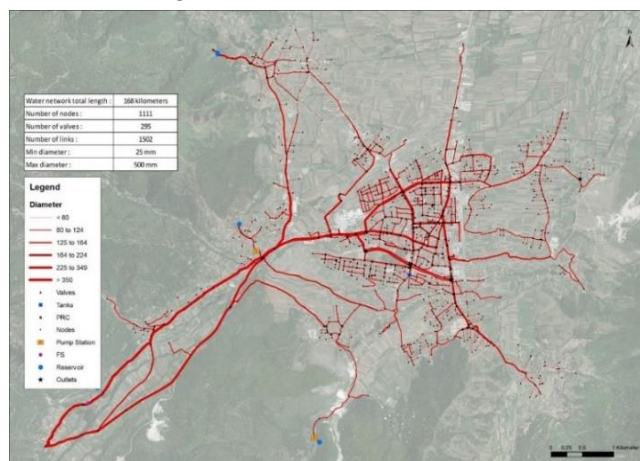
Upravljanje pritiskom: Smanjenje dodatnog prosečnog i maksimalnog pritiska		
Prednosti uštede količine vode	Smanjuje curenje po potezu	Smanjuje prekomernu ili neželjenu potrošnju vode
Prednosti sistema vodosnabdevanja	Smanjuje učestalost kvarova i gubitaka	Smanjuje curenje u slučaju gubitaka i kvarova
		Smanjuje troškove popravke i restauracije
		Smanjene godišnje intervencije
		Odloženi oporavak mreže i produžen životni vek
		Smanjeni troškovi za proveru prijavljenih nedostataka
		Smanjuje troškove aktivne kontrole gubitaka
Potrošačke koristi		Manje pritužbi potrošača
		Manje problema sa vodovodom

Od svih prethodno navedenih gubitaka vode u sistemima sa velikim gubicima vode, najveći uticaj ima visok pritisak u vodovodnoj mreži [1]. Stoga se danas smatra da upravljanje pritiskom ima širok spektar prednosti i da je jedna od najvažnijih intervencija upravljanja vodama koju vodoprivredna kompanija može sprovesti. Prednosti upravljanja pritiskom u distributivnim sistemima mogu se videti u tabeli 1 [2].

S obzirom na to da studija slučaja za vodosnabdevanje grada Gostivara predstavlja postojeći vodovod, za uspešnu procenu performansi sistema potrebno je izraditi konkretan hidraulički simulacioni model za sistem vodosnabdevanja bez rezervoara, što praktično predstavlja polaznu osnovu za analizu gubitaka vode.

2. Studija slučaja vodovoda u Gostivaru

Vodovod za grad Gostivar i okolna naselja pokrenut je 1978. godine i radi se o specifičnom vodovodu bez rezervoara, jer je vodosnabdevanje grada i okolnih naselja planirano sa izvorišta „Vrutok“, koje se nalazi na nadmorskoj visini od 684 m i u fazi projektovanja imalo je kapacitet od 600 – 1.200 l/s, što je mnogo više od predviđene potrošnje vode. Apsolutni minimum je zabeležen u zimskim mesecima, dok je u ostalim mesecima, posebno u letnjem periodu, prinos izvora bio 70 % od maksimalnog prinosa. Dakle, prema projektnoj dokumentaciji za ekvivalentni broj stanovnika od 50.000 i specifičnu potrošnju vode $Q_0=400$ l/d/PE, predviđena potrošnja vode bila je $q_{mak}/h=420$ l/s [3]. Na sledećoj slici je prikazan izgled postojeće vodovodne mreže grada Gostivara.



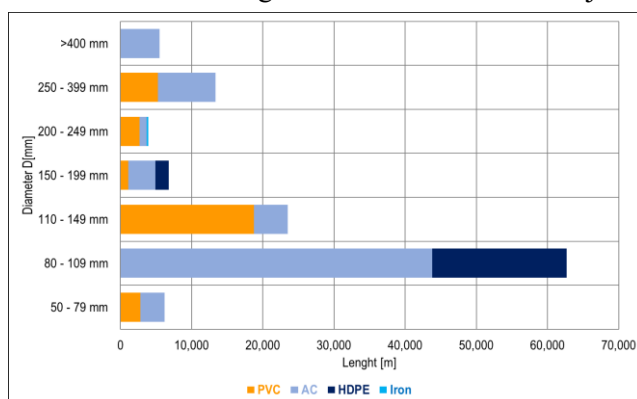
Slika 1. Vodovod grada Gostivara

Od izvorišta „Vrutok“ distribucija vode do grada Gostivara (500-580 mnv) i okolnih naselja odvija se preko dva magistralna gravitaciona dovodna cjevovoda i to:

- Desni glavni dovodni cevovod: izveden od azbestno-cementnih cevi, unutrašnjeg prečnika AC DN 250 mm. Ovaj cevovod ima komoru za rasterećenje pritiska na 644 m nadmorske visine.

- Levi glavni dovodni cevovod: izvodi se od leve strane reke Vardar, gde praktično postoje dva cevovoda, jedan sa AC DN 350 mm, a drugi PVC DN 380 mm. Na 1000 m od početka levog magistralnog cevovoda nalazi se komora za rasterećenje na 647 m nadmorske visine u kojoj su dva cevovoda povezana u jedan cevovod koji predstavlja levi magistralni cevovod, gde je ovaj cevovod AC DN 500 mm.

Karakteristike vodovodne mreže za grad Gostivar i okolna naselja date su na slici 2.



Slika 2. Grafički prikaz dužina i prečnika cevovoda u zavisnosti od materijala

S obzirom da u trenutku analize nisu bili dostupni relevantni podaci o potrošnji vode, već samo podaci o broju i gustini naseljenosti prema detaljnim urbanističkim planovima za grad Gostivar i okolna naselja, potrebe za vodom su analizirane kroz urbanističke planove, gde ukupne neto potrebe za vodom obuhvataju potrebe za vodom za:

- stanovništvo koje živi u zgradama (110 l/d/PE) i kućama (130 l/d/PE),
- komercijalni i kolektivni objekti 10%*Qaver/d
- Industrija 10,000 l/d/ha (samo u delovima gde postoji industrija)

prikazani su u tabeli 2 i predstavljaju neto potrebe za vodom bez uključenih gubitaka vode.

Tabela 2. Neto potrebe za vodom za izradu hidrauličkog modela

Naseljeno mesto	Tip na potrošač				Ukupno [m ³ /d]
	Domaćinstva [m ³ /d]		Komercija [m ³ /d]	Industrija [m ³ /d]	
	Kuće	Zgrade			
Grad	1,776.0	3,649.0	1,085.0	554.0	11,364.0
Selo	3,909.0	0.0	391.0	0.0	
UKUPNO	5,685.0	3,649.0	1,476.0	554.0	

S obzirom da ne postoje detaljniji podaci o tome koliko su ukupni gubici vode tehnički, a koliko administrativni, oni se predviđaju prema situaciji sa sličnim sistemima u Makedoniji, gde su ukupni gubici podeljeni podjednako, odnosno 50%

vode. ukupni gubici su tehnički, a 50% su administrativni. Ovde treba napomenuti da se tehnički gubici vode predviđaju odnosom pritisak-curenje korišćenjem jednostavne eksponencijalne jednačine [4] gde eksponent curenja prema izvoru iz literature [5] zavisi od vrste materijala cevi.

3. Hidraulični model

Za izradu hidrauličkog modela korišćen je savremeni softverski paket WaterGEMS koji je namenjen za analizu sistema pod pritiskom, kao što su sistemi vodosnabdevanja.

Geometrija mreže uneta iz baze podataka sastoji se od sledećih elemenata:

- Cevi (početna i krajnja tačka, materijal, dužina i prečnik)
- Čvorovi (Ks-I koordinate, nadmorska visina i potrošnja vode)
- Ventili (Ks-I koordinate, nadmorska visina, tip, materijal, prečnik i veza sa cevima) cevi (početna i krajnja tačka, materijal, dužina i dijametar)

Da bi se dobio model koji će biti blizak realnom sistemu, korišćene su sledeće hipoteze prilikom izrade modela sistema vodosnabdevanja bez rezervoara:

- Modelovane su sve cevi prečnika većeg od 80 mm,
- Cevi prečnika manjeg od 80 mm se takođe modeluju samo na delovima gde je ovaj potez između cevi prečnika većeg od 80 mm. Ovo se radi kako bi se očuvao koncept tog dela mreže.
- Za raspodelu potrebnih količina vode po potezima korišćena je automatska funkcija softverskog paketa WaterGEMS – proporcionalna raspodela po čvorovima, posebno za stanovništvo, kolektivne objekte i industriju.
- „Veliki potrošači“ vode se upisuju kao koncentrisani potrošači u najbližoj čvornoj tački.

Kao „veliki potrošači“ su postojeći ispusti u reci Vardar sa kojima tehnička služba javnog preduzeća ispušta vodu u cilju otklanjanja visokih pritisaka u niskim delovima grada Gostivara, slika 3.



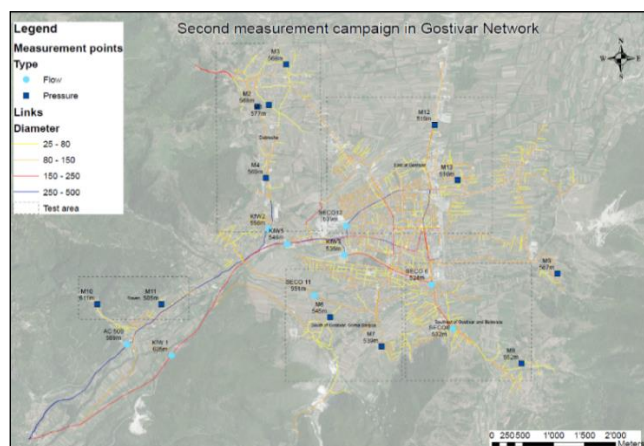
Slika 3. Ispusti vode u reku Vardar u cilju smanjenja pritiska u vodovodnoj mreži

4. Kalibracija i verifikacija hidrauličkog modela

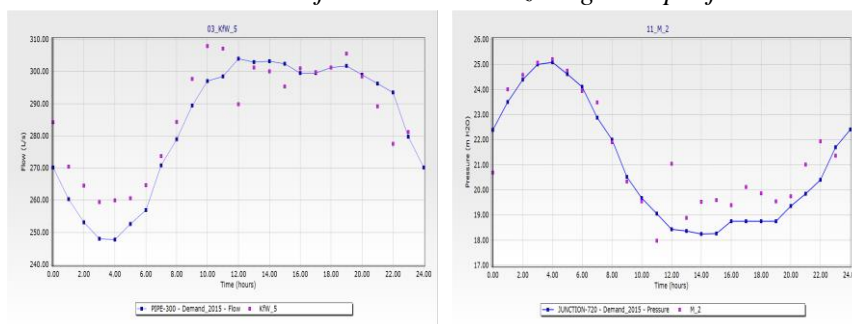
Da bi se napravio hidraulični model koji je najbliži realnom sistemu vodosnabdevanja, napravljene su određene pretpostavke i to:

- Pritisak na mernim mestima je promenljiv tokom dana.
- Za grad Gostivar i za seoska naselja primenjene su različite vrste varijacija potrošnje vode.
- Nije bilo relevantnih podataka o koeficijentu hrapavosti cevi, koji prema podacima iz literature zavisi od: vrste materijala, starosti i prečnika cevi.
- Eksponent u odnosu pritisak-curenje je različit za grad Gostivar i za seoska naselja.

Sa ovim pretpostavkama usvojene su i napravljene dve kampanje merenja, gde je u prvoj kampanji meren samo protok u ukupno 12 tačaka - cevi, dok je u drugoj kampanji vršeno je paralelno merenje protoka i pritiska u ukupno 13 tačke, slika 4. Rezultati prve kampanje korišćeni su samo za sagledavanje početne potrošnje vode u sistemu, dok su rezultati druge kampanje dalje korišćeni za verifikaciju modela i na slici 5 prikazuje se deo rezultata verifikacije hidrauličkog modela.



Slika 4. Lokacija mernih mesta iz druge kampanje



Slika 5. Prikaz rezultata kalibracije i verifikacije modela (protok levo, pritisak desno)

Prema prikazanim grafikonima za verifikaciju hidrauličkog modela, može se zaključiti da je izrađeni hidraulični model dovoljno blizak realnom sistemu vodo-snažbevanja.

5. Analiza rezultata hidrauličkog modela

Iz dobijenih rezultata za trenutno stanje vodovoda grada Gostivara i okolnih naselja može se zaključiti da:

- pretpostavka da hidrodinamičke linije ne počinju od prelomne komore u oba magistralna cevovoda.
- Delovi vodovoda nemaju dovoljan pritisak za optimalno snabdevanje vodom.
- U niskim delovima grada Gostivara uočeni su visoki pritisci >6 bara, što za posledicu otvaranje ispusnih ventila i stvaranje velikih gubitaka vode.

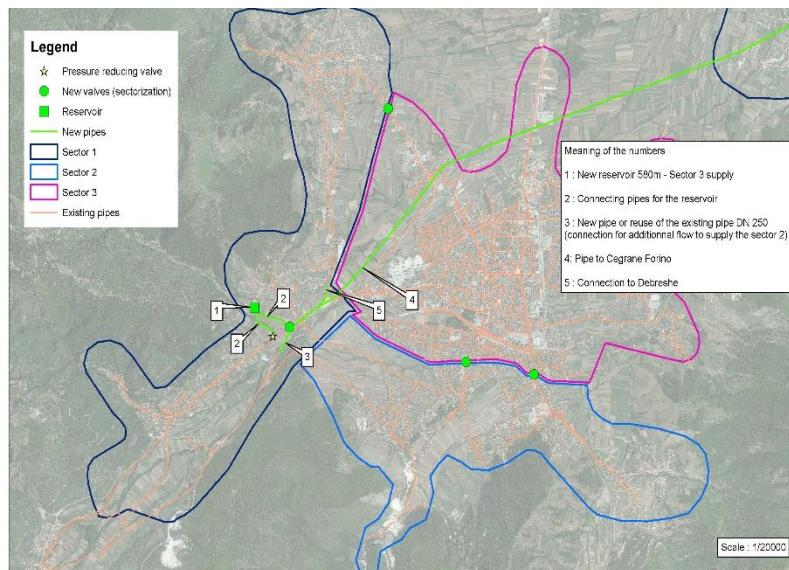
Prethodno urađena analiza rezultata odnosi se samo na uzroke velikih gubitaka vode koji su osnovna svrha ovog rada i iste kao procentualne vrednosti date su u tabeli 3. Modelom su identifikovani i drugi nedostaci na vodovodnoj mreži, kao što su uska grla na vodovodnoj mreži sa velikim padovima hidrodinamičke linije, koja u početnom stanju nemaju veći uticaj na funkcionisanje sistema, ali za buduću modernizaciju sistema treba ih uzeti u obzir.

Tabela 3. Rezultati hidrauličkog modela

Područje	Ukupno prosečan protok (l/s)	Prosek potrošnja na vodi (l/s)	Gubici vode (l/s)	Potrošnja na vodi (%)	Gubici vode (%)
Gostivar	280	81	199	29	71
s. Raven	19.9	2.5	17.4	15	85
s. Debrese	20.6	11.5	9.1	56	44
s. Calje	20	7.5	12.5	35	65
s. Balin Dol	6.2	4.5	1.7	72	28
s. Beloviste	3.9	2.6	1.3	37	23
s. G. Banjica	13.9	5.4	8.5	38	62
s. D. Bajnica	17.7	7.6	11.1	42	58

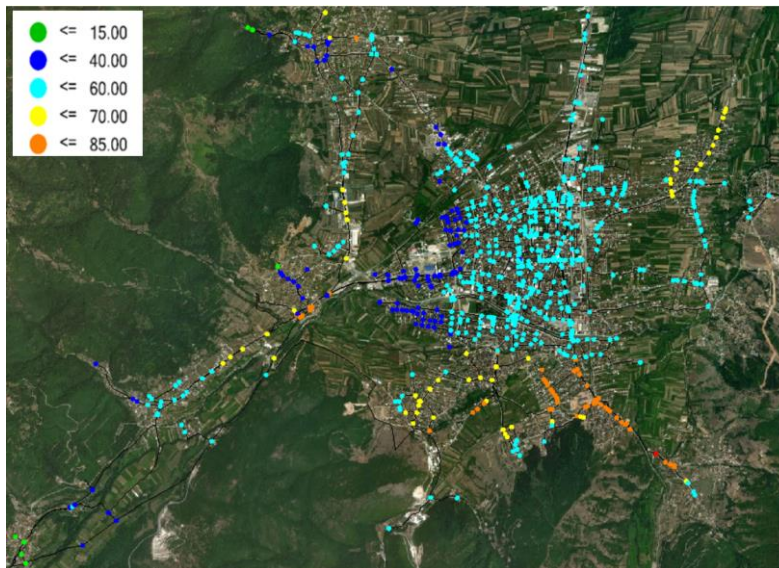
6. Hidraulički model budućeg stanja

Prema svemu dosadašnjem, može se zaključiti da su najveći razlog za velike gubitke vode, koji samo za grad Gostivar iznose 71%, a u proseku za ostatak mreže 63%, visoki pritisci u mreži. S obzirom da je najveća potrošnja vode u gradu Gostivaru, a da bi se sagledao uticaj smanjenja pritiska gubitaka vode u vodovodnom sistemu, urađen je hidraulički model budućeg stanja u kome je planirano da se zonira vodovoda mreža za Gostivar na tri nezavisne zone sa izvođenjem po tri rezervoara za svaku zonu posebno, slika 5.



Slika 5. Plansko zoniranje vodovoda Gostivara

Na sledećoj slici 6 prikazani su očekivani maksimalni pritisci u čvorovima vodovoda grada Gostivara nakon zoniranja mreže, gde se očekuje značajno smanjenje pritiska u vodovodnoj mreži grada Gostivara, od prosečan pritisak od 6,2 bara pre zoniranja do prosečno 4,1 bara nakon zoniranja vodovodne mreže



Slika 6. Maksimalni pritisci u vodovodu Gostivara

Najznačajnije kod budućeg upravljanja pritiskom u vodovodnom sistemu Gostivara je da se samo zoniranjem vodovodne mreže u gradu Gostivaru bez primene bilo koje druge mere za smanjenje gubitaka vode, ukupni gubici vode smanjuju sa 71%

na 53%. Ovde je takođe važno napomenuti da planirani rezervoari imaju kapacitet od:

- Rezervoar za zonu 1 zapremine $V=2,000\text{m}^3$
- Rezervoar za zonu 2 zapremine $V=1,300\text{m}^3$
- Rezervoar za zonu 2 zapremine $V=5,600\text{m}^3$

Praktično, uvođenjem rezervoara za vodu izvršiće se izravnavanje snabdevanja sa potrošnjom vode i obezbediće se dovoljna količina vode za nesmetano vodosnabdevanje svih naselja, a obezbediće se i dodatna količina vode za dodatnih 16.500 stanovnika iz susednih naselja koja još nisu priključena na postojeći vodovod iz grada Gostivara.

7. Zaključak

Kao opšti zaključak iz svega navedenog, može se reći da su sistemi vodosnabdevanja bez rezervoara imali vrlo malo prednosti u odnosu na sisteme sa rezervoarima. Iako vodovod Gostivara radi bez rezervoara, ovaj rad je pokazao da ima velike nedostatke koji utiču na neadekvatno vodosnabdevanje grada i okolnih naselja, niske pritiske u visokim zonama i visoke pritiske u niskim delovima grada, što dovodi do velikih gubitaka vode i neminovne potrebe za izgradnjom rezervoara koja bi u početku regulisala pritisak u mreži a kasnije izjednačila snabdevanje sa potrošnjom vode.

8. Literatura

- [1] Macatula R, E.G. Pineda, Computation of Real & Apparent Losses through Pressure-Leakage Relationship Analysis.
- [2] Thornton J, Lambert A, The relationships between pressure and bursts – a ‘state of the art’ update. *IWA Water 21 Journal*, April, 2011.
- [3] Основен проект за водоснабдување на Градот Гостивар, 1976.
- [4] Thornton J and Lambert A Progress in Practical Prediction of Pressure:Leakage, Pressure:Burst Frequency and Pressure:Consumption Relationships. Proceedings of *IWA Special Conferences 'Leakage 2005'* , Halifax, Nova Scotia, Canada, September 12-14, 2005
- [5] Greyvenstein B. and Van Zyl J. E, An Experimental Investigation into the Pressure Leakage Relationship of some Failed Water Pipes, *Water Institute of Southern Africa Biennial Conference*, Durban, South Africa, 22–24 May 2006

PRIMENA HIDRAULIČKOG MODELIRANJA ZA SMANJENJE GUBITAKA U BEOGRADSKOM VODOVODNOM SISTEMU - LEVA OBALA SAVE

APPLICATION OF HYDRAULIC MODELING TO REDUCE WATER LOSSES IN THE BELGRADE WATER SYSTEM - LEFT BANK OF SAVA RIVER

MARINA NIKOLIĆ¹

Stručni rad

DOI: 10.5937/GV24006N

Rezime: Korišćenje modernih tehnologija za prikupljanje i upravljanje podacima omogućilo je unapređenje rada na smanjenju gubitaka. Iako terenski rad i dalje predstavlja najbolji način za detekciju curenja i njihovo smanjenje, stvorili su se uslovi za njegovo unapređenje. Izrada detaljnog i preciznog hidrauličkog modela omogućila je detaljniji pristup ovom poslu. U ovom radu je predstavljen primer upotrebe hidrauličkog modela za smanjenja gubitaka u vodovodnom sistemu u oblasti leva obala Save gde spadaju naselja: Novi Beograd, Surčin, Jakovo, Boljevci, Progar, Bečmen, Petrovčić, Dobanovci, Grmovac, Ugrinovci, Busije, Šangaj, Batajnica, Zemun polje i Zemun. Oblast ima pretežno jednu zonu pritiska i 11 osnovnih zona bilansa (OZB). Precizan model je prvo upotrebljen za proveru podataka o mreži a zatim i za detekciju curenja. Urađena je analiza gubitaka u svakoj od OZB, preporuke za unapređenje i rezultati su prikazani u radu.

Ključne reči: smanjenje gubitaka, hidraulički model, osnovne zone bilansa (OZB)

Abstract: The use of modern technologies for data collection and management enabled the improvement of the work on loss reduction. Although fieldwork is still the best way to detect leaks and to reduce them, the conditions for its improvement have been created. The creation of detailed and precise hydraulics allowed more detailed approach to this work. This paper presents an example of the hydraulic model usage for loss reduction in the water supplying system in the area on the left bank of the Sava, which includes the following residential areas: Novi Beograd, Surčin, Jakovo, Boljevci, Progar, Bečmen, Petrovčić, Dobanovci, Grmovac, Ugrinovci, Busije, Sangaj, Batajnica, Zemun polje and Zemun. The area has mainly one pressure zone and 11 District Metered Areas (DMA). The precise model was originally used for network data controlling and afterwards also for leaks detection. The analysis of the losses in each of the DMA has been made and the results of the reduction have been presented in the paper.

Key Words: water loss reduction, hydraulic model, District Metered Areas (DMA)

¹ Marina Nikolić, JKP „Beogradski vodovod i kanalizacija”, Deligradska 28, Beograd, ORCID: 0009-0005-4419-8594

1. Uvod

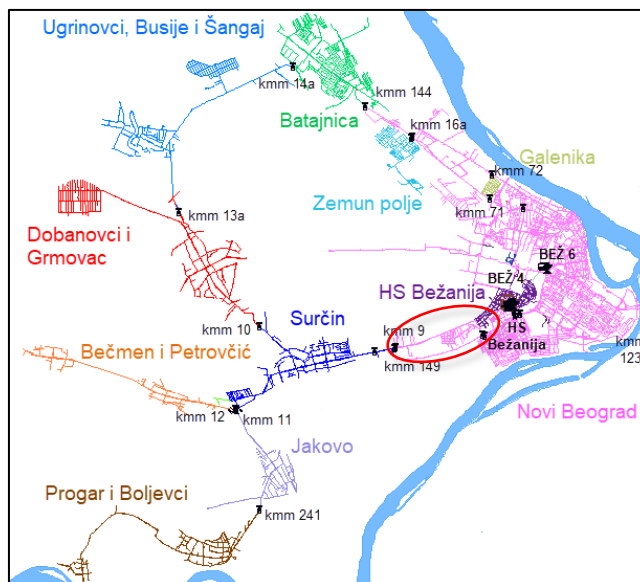
Hidraulički model celog sistema, formiran pomoću InfoWorks softvera, se u BVK koristi već više decenija. Budući da postoje određena ograničenja u vidu broja čvorova, a samim tim i brojem cevovoda, ovaj model nije obuhvatio cevovode manje od 250 mm. Pronađen je način formiranja hidrauličkog modela kompletne mreže koristeći softver EPANet [3] polazeći od osnovnih principa matematičkih modela [1]. Budući da ceo sistem ima veliki broj podataka koje je potrebno obraditi prilikom formiranja modela, bilo je neophodno podeliti sistem u nekoliko zasebnih celina i uraditi model za svaku od njih pojedinačno. One se mogu spojiti kasnije u jednu ali i samostalno predstavljaju dovoljno precizan i detaljan hidraulički model.

Oblast leva obala Save obuhvata opštine Novi Beograd, Surčin i Zemun i u pogledu vodovodnog sistema, može se reći da predstavlja zasebnu celinu koja obuhvata potis sa postrojenja Bežanija kao i dotok iz pravca grada, preko mosta Gazela, koji se meri mernim mestom KMM 123. U tom pogledu, moguće je uraditi hidraulički model cele oblasti jer predstavlja jedan kompletan sistem sa svim neophodnim merenjima.

Paralelno sa kreiranjem modela, radi se i na formiranju osnovnih zona bilansa (OZB) koje služe za praćenje gubitaka u vodovodnom sistemu.

2. Proračun gubitaka po OZB

Na slici 1 je prikaz ove oblasti sa označenim mernim mestima. Oblast sadrži 11 osnovnih zona bilansa (OZB) koje definiše 16 mernih mesta. Pored toga, postoji još 8 kontrolnih mernih mesta koja ne učestvuju u formiranju OZB, ali pomažu u kreiranju hidrauličkog modela i praćenju rezultata.



Slika 1. OZB i KMM u oblasti Leva obala Save

U tabeli 1 je proračun gubitaka po svim OZB u ovoj oblasti. Redosled u tabeli je dat na osnovu veličine ukupnog gubitka izraženom u %. Proračun dotoka se vrši na osnovu srednjih godišnjih protoka u graničnim mernim mestima dok se ukupna potrošnja računa na osnovu srednje dnevne potrošnje georeferenciranih potrošača (vodomera). To znači da ovaj gubitak predstavlja razliku ukupnog godišnjeg ulaza u svaku OZB i fakturisane količine svih vodomera u ovoj OZB. Ovo predstavlja samo prvi korak, jer svaka OZB mora biti posebno analizirana. Na ovaj način se vrši prioritizacija OZB u radu na smanjenju gubitaka.

Tabela 1. Proračun gubitaka po OZB za period 2023.

Naziv OZB	Dužina mreže (km)	Broj potrošača	Prosečan dotok (l/s)	Prosečna potrošnja (l/s)	Ukupan gubitak (l/s)	Ukupan gubitak (%)	Srednji pritisak u mreži (m)	UARL (m ³ /dan)	CARL (m ³ /dan)	ILI	Gubitak m ³ /prikl/dan	Gubitak m ³ /km/dan
Dobanovci i Grmovac	72.0	2431	41.7	16.6	25.1	60.2	32.5	110	2169	19.8	0.9	30.1
Batajnica	91.0	5046	129.8	52.3	77.5	59.7	40.0	238	6696	28.1	1.3	73.6
Boljevci i Progar	55.7	1189	15.1	6.4	8.7	57.5	44.1	89	748	8.4	0.6	13.4
Ugrinovci, Busije i Šangaj	54.2	4256	50.4	22.3	28.1	55.8	37.5	173	2428	14.0	0.6	44.8
Surčin	57.6	3494	68.7	37.5	31.2	45.4	39.2	158	2696	17.1	0.8	46.8
Jakovo	35.7	1680	23.7	13.1	10.6	44.8	41.7	87	919	10.6	0.5	25.8
Zemun polje	28.7	2111	50.0	32.0	18.0	36.0	40.5	94	1555	16.5	0.7	54.1
Novi Beograd	503.6	19557	1090.0	730.2	359.8	33.0	45.7	1180	31087	26.4	1.6	61.7
Bečmen i Petrovčić	34.8	1580	17.1	12.6	4.5	26.3	41.0	81	389	4.8	0.2	11.2
Galenika	8.9	560	20.8	17.3	3.5	16.8	37.0	24	302	12.8	0.5	33.8
HS Bežanija	39.6	2011	77.0	64.9	12.1	15.7	48.0	117	1045	8.9	0.5	26.4

Ukupan gubitak obuhvata ukupne tehničke i komercijalne gubitke, ali i neizmerenu legalnu potrošnju poput ispiranja cevovoda, gašenje požara i sl. Zato je potrebno svaku OZB pojedinačno ispitati i utvrditi prirodu gubitaka u njoj.

Pored ovoga, u BVK se rade još dve analize:

- Za identifikaciju curenja se prati odnos minimalnog noćnog protoka i prosečnog dnevnog protoka u svakoj OZB.

Ukoliko odnos iznosi preko 0.5, može se posumnjati na curenje. U našem primeru, OZB Dobanovci i Grmovac je imala najveći odnos, čak 0.85.

- Za identifikaciju komercijalnih gubitaka pomažu rezultati popisa, ali i poređenje georeferenciranih vodomera sa parcelama.

U rezultatima popisa može se naći broj domaćinstava čiji broj se razlikuje manje od 10% u odnosu na broj vodomera u posmatranom naselju, ako se granica OZB poklapa sa naseljem. Ukoliko je razlika veća, sumnja se na postojanje nelegalnih potrošača. U našoj oblasti, to se pojavilo u OZB Progar i Boljevci, tačnije naselje Boljevci gde ta razlika iznosi više od 50%. Slično može pokazati i poređenje georeferenciranih vodomera sa parcelama na kojima postoje legalizovani objekti ili koji su u procesu legalizacije. Očekuje se da svaka parcela sa objektom ima georeferenciran vodomera.

Sledeći korak je kreiranje hidrauličkog modela (HM) i njegova primena u radu na smanjenje gubitaka.

3. Podela vodovodnog sistema na celine i kreiranje hidrauličkog modela (HM)

Detaljan HM se može koristiti i za analizu rada sistema jer može pokazati mnoge nepravilnosti poput uzroka prevelikog ili premalog pritiska. Osim toga, pruža mogućnost pronalaska boljeg rešenja odnosno unapređenje rada sistema. U tom slučaju, nije dovoljan HM jedne ili par OZB već je neophodno obuhvatiti sam izvor snabdevanja, ali i sve delove mreže koji se takođe snabdevaju sa tog izvora. Predmetna oblast, leva obala Save, zadovoljava taj uslov i može se posmatrati kao jedna hidraulična celina ako se usvoji da je ulaz iz pravca centra grada, KMM 123, nepromenljiva veličina.

Za svaku pojedinačnu OZB moguće je uraditi HM, ali nije potrebno za sve. Na početku, kada nisu poznati koeficijenti hrapavosti cevovoda, potrebno je izabrati pravu OZB i kreirati HM za nju. Preporuka je da to bude OZB u kojoj postoji više merenja duž primarnog cevovoda. HM treba uraditi kako za dan sa prosečnom potrošnjom, tako i za dan sa maksimalnom potrošnjom. U prvoj iteraciji se hrapavost pretpostavlja na osnovu preporuka [2]. Hrapavost koja zadovolji sve uslove u tom modelu treba zatim rasporediti po celoj oblasti u zavisnosti od starosti cevovoda ali i izvora snabdevanja, tj. da li voda dolazi sa istog postrojenja. Ukoliko postoji više tipova postrojenja, moguće je da će biti drugačiji i koeficijenti hrapavosti. Iskustvo BVK je pokazalo da za cevovode sa postrojenja koja prerađuju podzemnu vodu, treba koristiti znatno manje koeficijente hrapavosti za razliku od postrojenja koja imaju tretman površinske vode.

U primeru naše oblasti, prvo je urađen HM za dve OZB: OZB Ugrinovci, Busije i Šangaj i OZB Dobanovci i Grmovac. Dobijena je hrapavost od 0,8 mm za cevovode stare od 40 – 50 godina dok je za cevovode starosti od 20 - 30 godina hrapavost 0,4 mm. U pitanju je voda sa postrojenja Bežanija, pa su ovi koeficijenti dodeljeni ostatku mreže koja se snabdeva iz njega u zavisnosti od starosti cevovoda.

Prilikom kalibracije modela, pojavile su se pojedine nepravilnosti, što je dovelo do dodatne provere mreže na terenu. Osim toga, urađeno je plansko zatvaranje cevovoda i praćenje merenja što je sve ukazalo na cevne veze, koje je potrebno ispraviti, kako u modelu tako i u bazi podataka. Ukoliko se u modelu pokaže da je za pojedine deonice potrebno usvojiti preveliki koeficijent hrapavosti (veći od 20 mm), sumnja se na delimično zatvoren zatvarač. Ispostavilo se da se ovo dešava češće nego što smo mislili. Na ovaj način se HM može koristiti kao dodatni način provere podataka o mreži.

Potrošnja u čvorovima u modelu se usvaja na osnovu OZB kojoj pripada, tako da ukupna potrošnja u svim čvorovima jedne OZB bude jednaka ukupnom dotoku u tu zonu. Veličine su svedene na prosečne dnevne u posmatranom danu. Isto tako, svaka OZB ima svoju krivu potrošnje, koja se dodeljuje pripadajućim čvorovima. Na ovaj način, potrošnja u čvorovima obuhvata i količine koje su potrošači potrošili, ali i sve gubitke u toj OZB. Preraspodela potrošnje, odnosno ukupnog dotoka, po čvorovima svake OZB vrši se proporcionalno količinama koje se fakturišu georeferenciranim potrošačima.

Na slici broj 2 mogu se videti georeferencirani potrošači u najvećoj OZB Novi Beograd i kako su podeljeni na fiktivne poligone potrošnje u vodomerima. Prosečan dotok je raspoređen proporcionalno tim poligonima.



Slika 2. Georeferencirani vodomeri i njihovo grupisanje u fiktivne poligone u OZB Novi Beograd

Ukoliko takav raspored potrošnje ne dovede do željenih protoka u kontrolnim mernim mestima, probanjem se menja raspored potrošnje dok se ne dobiju ciljane vrednosti. Ako je potrebno u određenom delu rasporediti znatno više od očekivane potrošnje, sumnja se na curenje.

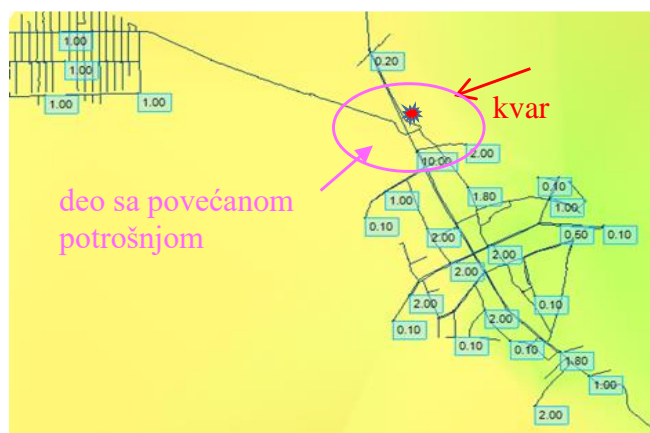
Trenutno se vrše podešavanja u aplikacija za unos vodovodne mreže koja će omogućiti vezavanje srednje dnevne potrošnju svih georeferenciranih potrošača za najbližu cev, tako da će to biti automatski uvučeno u model, dok će se samo količine koje predstavljaju gubitke ručno raspoređivati u modelu.

U daljem tekstu su prikazana dva primera kako je primenjen HM za smanjenje tehničkih gubitaka.

4. Rezultati hidrauličkog modela u OZB Dobanovci i Grmovac

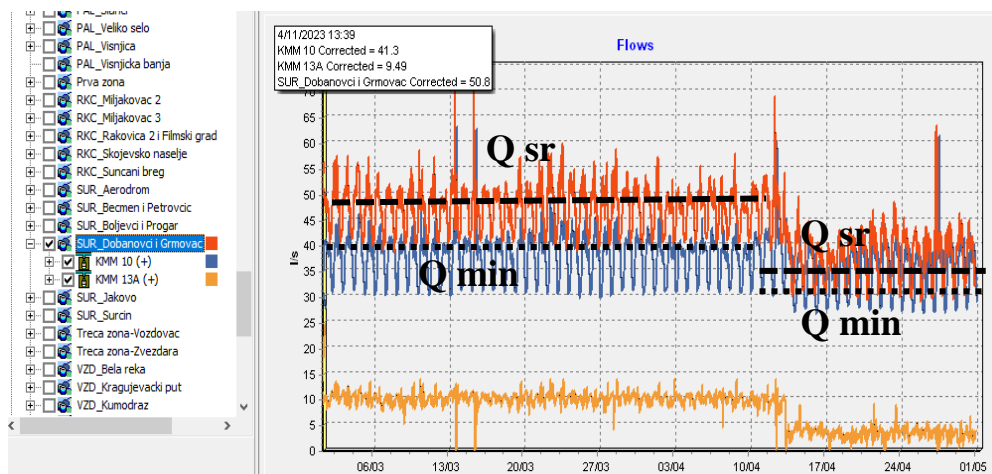
U prethodnom tekstu je spomenuta OZB Dobanovci i Grmovac kao oblast sa najvećim gubitkom, 60% za 2023. godinu. Odnos minimalnog i prosečnog protoka je iznosio 0,85. Urađen je model i raspored potrošnje u ovoj zoni koji je pokazao da je potrebno u jednom delu ove oblasti grupisati najveći deo potrošnje.

Na slici 3 je deo modela u kome se može videti ova zona i lokacija gde je podešena najveća potrošnja (označena roze bojom). Ekipe je izašla na teren i otkrila kvar, lokacija takođe označena na slici 3.



Slika 3. OZB Dobanovci i Grmovac i lokacija kvara

Gubitak je pre popravke kvara iznosio 65% a nakon popravke 56%, ako se posmatra samo u tom kratkom periodu. Ovo je i dalje veliki gubitak i u ovoj zoni se planiraju dodatne akcije: sukcesivno zatvaranje zatvarača i praćenje protoka i uvođenje kategorija potrošača. Na prvi pogled je delovalo da je dotok u zonu dosta smanjen, ali fakturisana količina je i dalje izuzetno manja od dotoka u zonu.



Slika 4. Dijagram dotoka u OZB Dobanovci i Grmovac pre i nakon popravke kvara

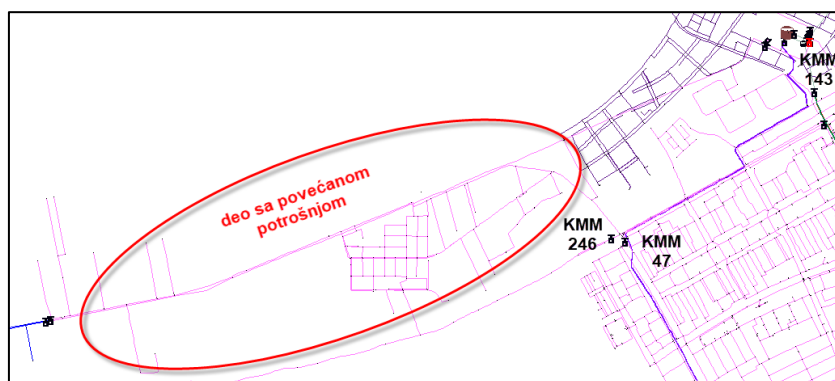
Na slici 4 je dijagram protoka u ovoj zoni pre i nakon otklanjanja ovog kvara. Crvenom bojom je označen ukupan dotok u zonu. Može se videti da je prosečan protok iznosio 48 l/s a minimalni noćni 40 l/s a nakon popravke, prosečan iznosi 38 l/s a minimalni 30 l/s.

5. Rezultati hidrauličkog modela u OZB Novi Beograd

Primena HM u oblasti smanjenja gubitaka se pokazala dobro u manjim zonama. HM je primenjen i u najvećoj zoni, a to je OZB Novi Beograd. Na slici 1 se može

videti ova OZB a u tabeli 1 su njene karakteristike. Raspored potrošnje je urađen srazmerno georeferenciranim potrošačima (slika 2) ali u tom slučaju nisu dobijeni očekivani protoci u pojedinim kontrolnim mernim mestima. U delu označenom crvenom bojom na slici 1, bilo je potrebno staviti znatno veću potrošnju od očekivane a srazmerno tome, smanjiti potrošnju u ostalim delovima zone. To ne znači da je tu najveća potrošnja u celoj zoni već da ne odgovara proporcionalnoj raspodeli u odnosu na fakturisanu količinu vode. U pitanju je naselje Ledine i deo Bežanije. Na slici 5 je prikazan deo te mreže. Na slici 2 to je oblast koja pripada poligonu broj 19.

Ciljana je vrednost protoka u KMM 143 i pritisak u KMM 246 i KMM 47, koja predstavljaju kontrolna merna mesta. Proračun gubitaka je pokazao da gubitak u celoj ovoj zoni iznosi 33%, ali nakon kalibracije modela i raspodele potrošnje došlo se do zaključka da je u ovom delu zone gubitak 60% dok je u centralnom delu Novog Beograda gubitak oko 25%.



Slika 5. Deo OZB Novi Beograd sa povećanom potrošnjom u modelu u odnosu na pretpostavljenu i kontrolna merna mesta

Ovome ide u prilog i podatak da u OZB HS Bežanija gubitak iznosi 15% što može ukazati na to da u centralnom delu Novog Beograda gubitak iznosi znatno manje nego u ostatku oblasti leva obala Save. Očekuje se da iznosi i manje od 20%.

Iako je uvek cilj formirati što više manjih OZB za praćenje gubitaka, u centralnom delu OZB Novi Beograd se smatra neisplativim formiranje dodatnih zona jer je potrebno ugraditi mnogo mernih mesta na velikim cevovodima.

U narednom periodu će fokus biti na smanjenju komercijalnih gubitaka u centralnom delu OZB Novi Beograd.

6. Zaključak

U radu je pokazano kako raspodela potrošnje u modelu može ukazati na potencijalna curenja. Treba napomenuti da precizan i detaljan hidraulički model može ukazati i na pogrešne podatke o mreži poput pogrešnih prečnika, cevni veza, zatvorenih zatvarača i sl. Unapređenje rada drugih službi se ogleda u tome što ovakav tip hidrauličkog modela daje tačnu sliku o rasporedu pritiska u svim

delovima mreže i na osnovu toga Služba tehničke dokumentacije može davati preciznije uslove za priključenje. Takođe, može se utvrditi mogućnost priključenja novih velikih potrošača i njihov uticaj na ostatak mreže. Osim toga, može ukazati i na pojedine nepravilnosti rada sistema i daje mogućnost pronalaženja boljih rešenja. U predmetnoj oblasti nije bilo predloga za unapređenje rada za razliku od ostalih delova grada. U ovoj oblasti dominira jedna zona pritiska, izuzev manjeg dela pod uticajem hidrofora Bežanija. Predeo je ravničarski, a mreža prstenasta tako da nema velikih oscilacija pritiska. Dalji rad na smanjenju gubitaka ogleda se u detekciji curenja u delovima prepoznatim kao potencijalnim mestima curenja i naravno, smanjenju komercijalnih gubitaka.

7. Literatura

- [1] Ivetić M, *Računska hidraulika - Tečenje u cevima*, Građevinski fakultet, Beograd, 1996.
- [2] Mutschmann/Stimmelmayer, *Snabdevanje vodom: priručnik*, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [3] Rossman, L. A. *EPANET 2.0 User Manual. Water Supply and Water Resources Division*, National Risk management Laboratory, USEPA, Cincinnati, OH, 2000.

АНАЛИЗА РАДА МЕРАЧА ПРОТОКА У ПРАКСИ

ANALYSIS OF OPERATION OF FLOW METER IN PRACTICE

ГОРАН ГАВРИЛОВИЋ¹

Стручни рад
DOI: 10.5937/GV24007G

Резиме: Савремени водоводи, за мерење количина испоручене воде користе разне мерне уређаје. У почетку коришћени механички уређаји замењени су новим савременим електронским инструментима У зависности од начина постављања, потребних услова за мерење, врсте излазног сигнала (аналогни и дигитални), врсте цевовода, величине цевовода на којима се поставља мерач бирају се и врсте мерача протока – електромагнетни, ултразвучни, механички. Због велике дужине дистрибутивне мреже, кварова на мрежи, неочитавања водомера, старости мреже (60% старије од 30 година) и врсте материјала цеви, јављају се губици у испорученој и фактурисаној количини воде. Како би се настали губици утврдили и измерили потребно је поставити одговарајуће мераче протока. У овом раду биће описана провера тачности рада електромагнетних и ултразвучног мерача протока на различитим димензијама цевовода и материјалима.

Кључне речи: електромагнетни, ултразвучни, мерачи протока

Abstract: Modern waterworks use various measuring devices to measure the amount of delivered water. The initially used mechanical devices were replaced by new modern electronic instruments. Depending on the method of installation, the required conditions for measurement, the type of output signal (analog and digital), the type of pipeline, the size of the pipeline on which the meter is installed, the types of flow meters are also chosen - electromagnetic, ultrasonic, mechanical. Due to the long length of the distribution network, faults in the network, non-reading of water meters, the age of the network (60% older than 30 years) and the type of pipe material, there are losses in the delivered and invoiced amount of water. In order to determine and measure the resulting losses, it is necessary to install appropriate flow meters. This paper will describe the verification of the accuracy of electromagnetic and ultrasonic flow meters on different dimensions of pipelines and materials..

Key Words: electromagnetic, ultrasonic, flow meters

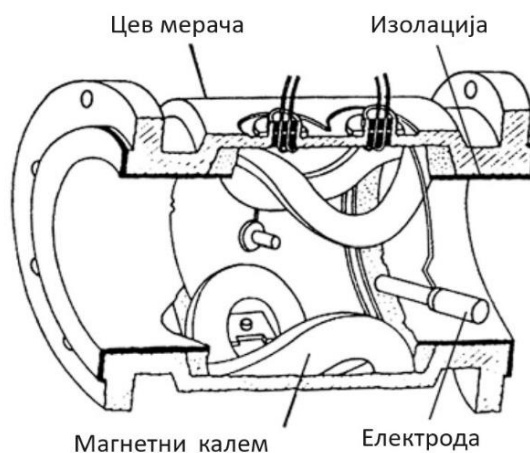
1. Опис мерача протока

У савременом свету убрзава се потреба за што већим количинама воде за пиће, како ширењем насеља, тако и индустрије. Повећање потреба за водом по-

¹ Горан Гавриловић, ЈКП „Водовод и канализација“ Крагујевац, Краља Александра I Карађорђевића 48, Крагујевац, ORCID: 0009-0007-0487-2008

стаје проблем и у Србији па се јављају проблеми у поузданом снабдевању бројних насеља, нарочито током летњих месеци када се капацитети изворишта смање а потрошња повећа. Ова стања намећу максималну рационализацију потрошње воде, и као таква изискују потребу да се неупотребљена-изгубљена вода пронађе у систему водоснабдевања, односно да се губици воде сведу на што мањи ниво. Као полазна основа за утврђивање количине воде упућене у водоводни систем представљају тачни и прецизни подаци. Ови подаци се добијају од мерача протока који могу проток и количину воде мерити на више начина. У ЈКП „Водовод и канализација“ Крагујевац постоје различите врсте мерача протока и у овоме раду су приказани подаци за електромагнетне мераче и ултразвучни мерач протока.

Принцип рада електромагнетних мерача протока заснива се на Фарадејевом закону електромагнетне индукције (зато се често називају и индуктивни). По том закону се у проводнику, ако се креће у магнетном пољу, индукује електромоторна сила са амплитудом која зависи од јачине магнетног поља, брзине кретања и дужине проводника. На слици 1 приказана је основна конструкција једног електромагнетног мерача протока. Он се састоји од примарног уређаја, у који спадају цев кроз коју пролази вода, мерне електроде и магнетни намотаји, и секундарног уређаја, који обезбеђује побуду магнетног намотаја, појачава излазни сигнал из примарног уређаја, конвертује га у облик погодан за приказивање, пренос и интегрисање.



Слика 1. Конструкција електромагнетног мерача протока

Ултразвучни мерач протока је дизајниран да мери тренутну брзину течности унутар затвореног цевовода. Мерач протока по времену преласка користи два претварача која функционишу и као ултразвучни предајници и као пријемници. Претварачи су стегнути ван затворене цеви на одређеној дистанци један од другог. Претварачи могу бити монтирани на V начин где звук прелази цев двапут, или на W начин где звук прелази четири пута, или на Z начин (слика 2) где су претварачи монтирани на супротним странама цеви и звук

прелази цев једном. Овај избор начина монтаже зависи од карактеристика цеви и течности. Мерач протока ради наизменично предајући и примајући фреквентно модулисани прасак енергије звука између два претварача и мерећи време преласка које је потребно звуку да путује између два претварача. Разлика у измереном времену преласка је директно и тачно повезана са брзином течности у цеви.



Слика 2. Метод рада ултразвучног мерача

За исправан рад ултразвучног мерача протока потребно је испоштовати одређене услове и то:

- одговарајући избор претварача за дату величину цеви
- методу постављања претварача - Z, V или W и постављање са бочних страна цеви
- размак између претварача
- добро налегање на цев (очишћено место постављања и наношење гела)

Да би се добили што бољи подаци потребно је да квалитет сигнала буде у опсегу 60-99,9. Што већи квалитет сигнала то је прецизније и тачније читавање вредности протока воде. Такође, временски однос између измереног укупног времена преласка и израчунатог времена треба да буде у опсегу 100 ± 3 .

Поред наведених услова за ултразвучни мерач протока, потребно је испоштовати и све услове као и за електромагнетни мерач протока, а то су потребне одређене дужине цеви пре и после различитих елемената као што су затварачи, пумпе, лукови, редукације и сл.

2. Обрада података

2.1. Опис методе испитивања

Провера електромагнетних мерача је вршена на ВС „Грошница“ на ливено-гвозденом цевоводу $\text{Ø}500 \text{ mm}$, ВС „Гружа“ на челичном цевоводу $\text{Ø}1000 \text{ mm}$ на мерачима који мере проток воде за пиће која се упућује у водоводну мрежу. Провера електромагнетног мерача протока вршена је на наведеним водоводним системима упоредо са електромагнетним, а такође је његова провера вршена и на систему за баждарење водомера на ливено-гвозденом цевоводу $\text{Ø}100 \text{ mm}$.

На ВС „Грошница“ провера је вршена запреминском методом у функцији са временом. Пре почетка испитивања извршене су одређене припремне радње:

- резервоар чисте воде напуњен до максимума
- вода заустављена пре филтер поља
- филтер поља испражњена у случају не затварања затварача да вода из филтера не пуни резервоар
- две екипе које прате мерења (једна мери време и ниво резервоара, а друга прати количину протекле воде на мерачима протока)

Пре почетка сачека се да се површина воде у резервоару смири. Стартује се штоперица и на сваких 5 минута се записује ниво воде у резервоару мерењем помоћу метра – почетна тачка мерења је ивица отвора уласка у резервоар и површина воде. У сталној комуникацији између екипа у трајању од сат времена записују се сви подаци: стање на водомерима у m^3 и ниво у cm .

Поступак контроле мерача протока на ВС „Гружа“ вршен је на исти начин као на ВС „Грошница“ само је временски интервал износио 15 минута. Контрола ултразвучног мерача на опреми за баждарење је вршена тако што се мерила запремина протекле воде у мерној посуди при различитим протоцима: 1 L/s, 2 L/s, 5 L/s и 11 L/s. Прво се подеси проток и затим се у одређеном тренутку запише стање на мерачу и количина воде у мерној посуди. После неког времена када се посуда напуни до одређене запремине заустави се проток воде и упише стање на мерачу протока.

2.1. Резултати испитивања

После завршеног мерења на ВС „Грошница“ вршена је обрада резултата који су приказани у табели 1.

Табела 1. Резултати контроле мерача на ВС „Грошница“

Протекло време (min)	Разлика ниво резервоара (cm)	Разлика запремина воде у резервоару (m^3)	Разлика запремина воде на електромагнетном мерачу (m^3)	Разлика запремина воде на ултразвучном мерачу (m^3)
0	7	38,28	32	42
5	7	38,28	32	40
10	7	38,28	32	41
15	7	38,28	32	40
20	7,5	41,22	64	40
25	6,5	36,20	32	40
30	7,5	42,32	32	41
35	7	40,04	32	40
40	7	40,55	64	40
45	7,5	44,02	32	39
50	7	41,62	32	40
55	7	42,14	32	39
60	7	42,62	64	41
Укупно m^3:		523,86	512	523
%		100	97,74	99,84

Анализом података из табеле 1 види се да је електромагнетни мерач показао мање количине за 2,26%, док ултразвучни мерач је у потпуности у сагласности са запремином која је истекла из резервоара, односно за 0,16% показује мању количину истекле воде.

Табела 2. Резултати контроле мерача на ВС „Гружа“

	Промена запремине у резервоару (m ³)	Запремина протекла кроз електромагнетн и мерач (m ³)	Фактор множења за електромагнетн и мерач	Запремина протекла кроз ултразвучни мерач (m ³)	Фактор множења за ултразвучни мерач
	1875,28	1891	1,0084	2169	1,1566
	1422,36	1398	0,9829	1609	1,1312
Просек	1648,82	1644,5	0,9974	1889	1,1457
%	100	99,74		114,57	

Анализом података из табеле 2 види се да је ултразвучни мерач на ВС „Гружа“ показао веће количине 14,57 %, док електромагнетни мерач је у потпуности у сагласности са запремином која је истекла из резервоара, односно за 0,26% показује мању количину истекле воде.

Табела 3. Резултати контроле ултразвучног мерача помоћу мерне посуде

	Фактор множења	Мерење протока 2 L/s са фактором 1,1000		
		Разлика количине воде у посуди (L)	Разлика количине воде ултразвучни мерач (L)	Фактор множења
1 L/s	1,1130	100	96	1,0417
2 L/s	1,1132	100	97	1,0309
5 L/s	1,1238	100	99	1,0101
5 L/s	1,1303	100	99	1,0101
11 L/s	1,1243	100	96	1,0417
Просек:	1,1209	100	81,167	1,0269

Због немогућности да се испоштују сви услови за постављање сонди – претварача, као што су дужине цевовода пре и после претварача добијени су резултати приказани у табели 3.

Може се закључити да су измерене вредности веће у просеку за неких 12% од стварних количина воде у мерној посуди. Постављањем фактора множења на 1.1000 у самом мерном инструменту добијени су подаци за поновљено мерење за проток од 2 L/s и они су у оквиру +2% грешке.

3. Закључак

На основу мерења промене запремине воде у резервоару воде за пиће могуће је извршити контролу тачности мерења мерача протока. Потребно је имати стварне величине резервоара, јер постоји могућност одступања грађевинских димензија у односу на пројекат. Потребно је да се лако може приступити мерењу површине воде у односу на неку стабилну тачку и да се

увек у задатом тренутку може вршити мерење. Поред ових података веома је важно имати податке о стварном пречнику цевовода односно обиму, дебљине цевовода, да ли цевовод има заштитну облогу и од којег је материјала. Када су сви ови подаци тачни и постављање сонди-претварача уради према добијеним вредностима добија се добар сигнал за мерење и добија се висока тачност у добијеним вредностима. Овакво мерење је извршено на ВС „Грошница“ где су добијени одлични резултати.

На ВС „Гружа“ мерење је вршено на челичном цевоводу који је имао заштитну облогу од епокси-катрана. Због немогућности тачних података за дебљину облоге и немогућности мерења дебљине зида цеви, већ су узете вредности из пројекта, није било могуће постићи висок ниво сигнала и самим тим се смањила тачност мерења.

Вредности које су добијене за електромагнетне мераче протока су у сагласности са техничким спецификацијама.

Утврђивање тачне количине воде за пиће упућене у водоводну мрежу утичу на наредне радње на откривању и смањењу губитака воде, а то повећава финансијску ефикасност предузећа, односно смањују количину воде која се производи, а самим тим и утрошак неопходних хемикалије за прераду, утрошак електричне енергије, а све то утиче на цену воде.

4. Литература

- [1] Мирослав Цвјетковић, *Мерење протока у водоводним системима*, Пословно удружење водовода и канализације Југославије, Београд, 2000.
- [2] *Упутство за UF2000SW ултразвучни мерач протока*, AQUA INTERMA INŽENJERING, Београд, www.aquainterma.rs

IZRADA AKCIONOG PLANA ZA KONTROLU NEPRIHODOVANE VODE U ZRENJANINU, SRBIJA

DEVELOPMENT OF AN ACTION PLAN FOR THE CONTROL OF NON-REVENUE WATER IN ZRENJANIN, SERBIA

JOSÉ FERREIRA¹
JOAQUIM BELEZA¹
RUI MARQUES¹
SINISA PETRIĆ²
ZORAN PROTIĆ³

Stručni rad
DOI: 10.5937/GV24008F

Rezime: Finansijska održivost vodovoda od suštinskog je značaja kako bi se osigurao nivo investicija potreban za rehabilitaciju mreža, zamenu vodomera i implementaciju plana za monitoring mreže, te je stoga jedan od stubova efikasne kontrole neprihodovane vode (NRW - Non-revenue water). Nakon decenija ograničenih investicija, Vodovod Zrenjanina (Srbija) pokrenuo je plan s ciljem postizanja održivosti. Podržan značajnim poboljšanjem kvaliteta vode, koje će pružiti lokalno postrojenje za prečišćavanje vode od strane Pannonian Water (Metito Group) i izgradnjom nove faze predtretmana, Vodovod namerava da implementira akcioni plan za kontrolu NRW, pri čemu je DouroECI odgovoran za njegovu izradu. Sa ukupnim trajanjem od 14 meseci, uključujući implementaciju pilot zone, osnovne zone bilansiranja (DMA – District Metered Area), glavni cilj plana koji će biti razvijen je da se ukaže na neophodne kratkoročne i srednjoročne investicije, predstavljajući taktike kontrole NRW i prioritete prema njihovom trošku i koristi.

Ključne reči: neprihodna voda, upravljanje gubicima vode, hidrauličko modeliranje, sistemi za vodosnabdevanje

Apstract: The financial sustainability of water utilities is essential to ensure the level of investment necessary for the rehabilitation of networks, the replacement of water meters, and

¹ José Ferreira, DouroECI, Praça Coronel Pacheco, n° 2, Edificio 1, 2 Andar, Sala 126, 4050-453 Porto, Portugalija, ORCID: 0009-0007-5226-5608

¹ Joaquim Beleza, DouroECI, Praça Coronel Pacheco, n° 2, Edificio 1, 2 Andar, Sala 126, 4050-453 Porto, Portugalija, ORCID: 0009-0006-5579-6239

¹ Rui Marques, DouroECI, Praça Coronel Pacheco, n° 2, Edificio 1, 2 Andar, Sala 126, 4050-453 Porto, Portugalija, ORCID: 0009-0007-6650-3654

² Sinisa Petrić, Metito, Bulevar Mihajla Pupina 6a, Novi Beograd, ORCID: 0009-0003-9615-840X

³ Zoran Protić, JKP „Vodovod i kanalizacija“, Petefijeva 3, Zrenjanin

the implementation of a network monitoring plan, thus being one of the pillars of effective control of Non-Revenue Water (NRW). After decades of limited investment, the water utility of Zrenjanin (Serbia) has launched a plan aimed at achieving sustainability. Supported by a substantial improvement in water quality provided by the acquisition of the local WTP by Pannonian Water (Metito Group) and the construction of a new pre-treatment stage, the utility intends to implement an action plan for the control of NRW, with DouroECI responsible for its development. With a total duration of 14 months, including the implementation of a pilot District Metered Area (DMA), the main objective of the plan to be developed is to outline the necessary short and medium-term investments, presenting NRW control tactics and prioritizing them according to their cost and benefit.

Key Words: non-revenue water, water loss management, hydraulic modelling, water supply systems

1. Uvod

Zrenjanin je grad u pokrajini Vojvodini sa oko 70.000 stanovnika. Slično kao što je primećeno u drugim regionima, vodovodni sistem Zrenjanina je doživeo period ograničenih investicija tokom proteklih decenija. To je rezultiralo prevladavanjem azbestno-cementnih cevi starijih od 30 godina, starenjem vodomera i nedovoljnim praćenjem količine vode koja se transportuje u mreži.

Ovo istraživanje je deo strategije usmerene ka značajnom poboljšanju održivosti JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin i kvaliteta pružene usluge. Strategija ima za cilj, u prvoj fazi, postizanje pijaće vode za konzumaciju, nešto što je ostvareno samo u kratkom periodu u istoriji sistema (između 2019. i 2020. godine).

Takođe su u toku novi investicioni projekti, poput zamene 19 kilometara cevovoda i sektorske podele mreže (sa instaliranih 17 merača protoka).

Ovi investicioni projekti dolaze u vreme rastućeg pritiska na lokalni vodovod, kako od stanovnika Zrenjanina, koji zahtevaju vodu pogodnu za ljudsku konzumaciju, tako i od novih industrija koje žele da se uspostave u gradu.

U ovom kontekstu, cilj je razviti akcioni plan za kontrolu neprihodne vode, koji će podržati donošenje odluka u Vodovodu i predstaviti potencijalni put ka održivosti.

Glavni ciljevi projekta su:

- Detaljno razumeti trenutni rad i performanse sistema, uspostavljajući osnovu za vođenje plana kontrole neprihodovane vode;
- Dati okvire taktičkog plana koji će omogućiti vodovodu da ostvari svoje kratko-ročne i srednjoročne ciljeve, dajući prioritet aktivnosti na osnovu njihovog kost-benefit odnosa;
- Implementirati pilot područje, koje će omogućiti identifikaciju glavnih ograničenja i uspostavljanje smernica za rad vodovoda i ostvarivanje veće kontrole nad neprihodovanom vodom.

Metodologija vođenja projekta prikazana je na sledećoj slici:



Slika 1. Metodologija

Projekat je započeo u junu 2023. godine i trenutno se nalazi u trećoj fazi, što odgovara implementaciji pilot područja DMA. U prvoj fazi, koja je trajala oko 4 meseca, ocenjene su performanse vodovoda, a urađen je i inicijalni izveštaj koji karakteriše trenutnu situaciju. Predloženi evaluacioni sistem zasnovan je na indikatorima performansi, koje su predložile referentne organizacije u sektoru, poput Međunarodne asocijacije za vodu (IWA - International Water Association). U ovoj fazi izrađen je i GIS projekat i preliminarni hidraulički model, alati koji su namenjeni podršci razvoju taktičkog plana.

U drugoj fazi, definisane su i prioritetne taktike koje će se primeniti za kontrolu neprihodovane vode u sistemu. Ova faza rezultovala je investicionim planom i strategijom koja će se primeniti u kratkom i srednjem roku. U trećoj fazi, implementira se pilot DMA, gde se prate ostvareni protoci i testiraju mere aktivne kontrole curenja. Performanse izabranog područja biće ocenjene pre i posle implementacije DMA u svrhu benčmarkinga i evaluacije rezultata. Projekat će se završiti dostavljanjem konačnog sveobuhvatnog izveštaja.

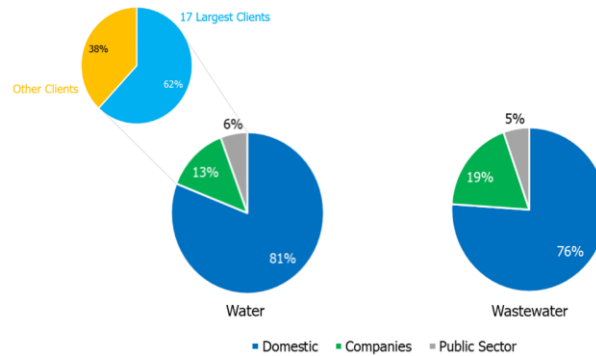
Ovaj rad predstavlja glavne zaključke faza 1 i 2.

2. Faza 1 - Karakterizacija JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin

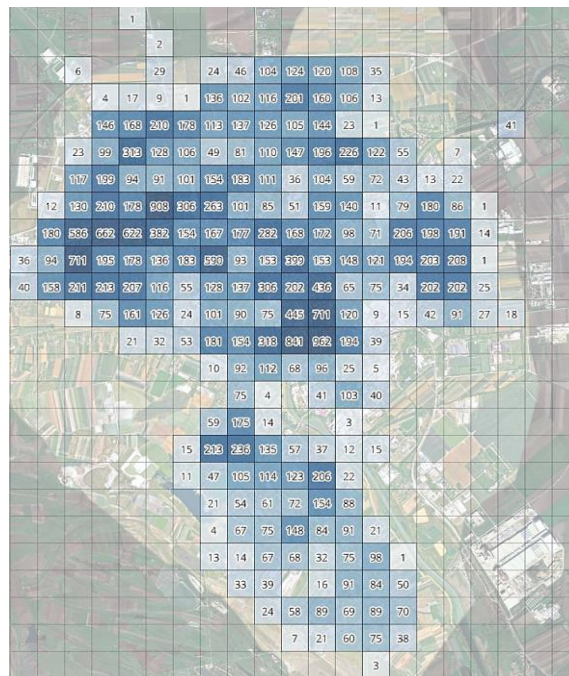
Kao što je pomenuto, u Fazi 1 Vodovod je karakterisan sa različitim aspektata: komercijalnog, infrastrukturnog i operativnog.

2.1. Klijenti

JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin snabdeva vodom oko 31.000 klijenata, od kojih je 98% rezidencijalno, a 2% komercijalno, industrijsko i u delu javnih usluga. Prema podacima iz 2022. godine, rezidencijalni korisnici su bili odgovorni za oko 81% ukupno obračunate količine. Od obračunate količine koja odgovara komercijalnim, industrijskim i javnim uslugama, 17 najvećih korisnika odgovorni su za dve trećine ove vrednosti (oko 12% ukupno obračunate količine). Proporcija obračunate količine po tipu korisnika i tipu usluge prikazana je na slici 2.



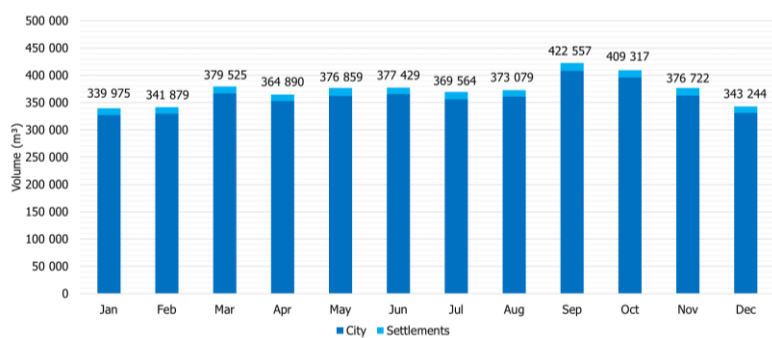
Slika 2. Proporcija obračunate količine prema tipu korisnika i tipu usluge
Distribucija korisnika širom grada Zrenjanina prikazana je na slici 3.



Slika 3. Lokacija rezidencijalnih korisnika (svaki kvadrat je približno 350 metara)

Najviši i najniži obračuni u 2022. godini bili su u septembru i januaru, respektivno. Međutim, važno je napomenuti da se za rezidencijalne korisnike koji žive u porodičnim kućama očitavanja vodomera vrše samo dva puta godišnje, pri čemu se obračunata količina procenjuje za preostale mesecе na osnovu istorijske potrošnje korisnika. Za ostale tipove korisnika, očitavanja vodomera vrše se svakog meseca.

Još jedan poseban aspekt odnosi se na stambene zgrade, gde postoji samo jedan merač za sve korisnike. Obračunata količina za svakog korisnika u ovim slučajevima dobija se iz ukupne izmerene količine, zavisno samo od broja stanara u svakoj jedinici.



Slika 4. Mesečno obračunate količine (2022)

2.2. Infrastruktura

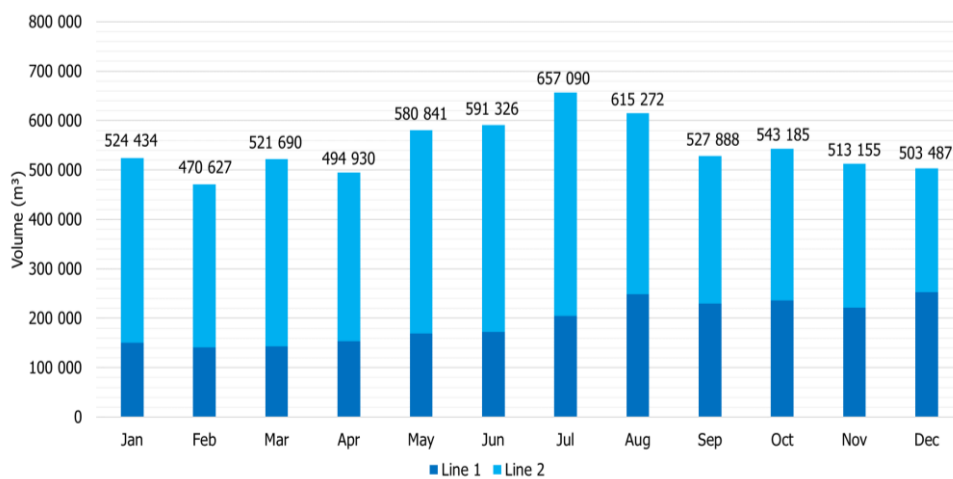
Sistem vodovodne mreže Zrenjanina sastoji se od oko 300 km cevovoda, sa prečnicima koji variraju od DN50 do DN800. Mreža je uglavnom sačinjena od azbestno-cementnih cevi starijih od 40 godina, što predstavlja veliki izazov za JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin. Distribucija kvarova uočenih na cevovodima u prvih šest meseci 2023. godine prikazana je na slici 5.



Slika 5 - Lokacija kvarova na cevovodima (od januara do juna 2023) [svaki kvadrat je približno 350 metara]

Voda distribuirana putem sistema potiče iz 52 bunara (od kojih je 39 aktivno), raspoređenih u dve linije. Trenutno se efluent iz bunara pre distribucije samo dezinfikuje hlorom. Postrojenje za prečišćavanje vode Zrenjanin, opremljeno ultra-filtracijom i reverznom osmozom, trenutno nije aktivno.

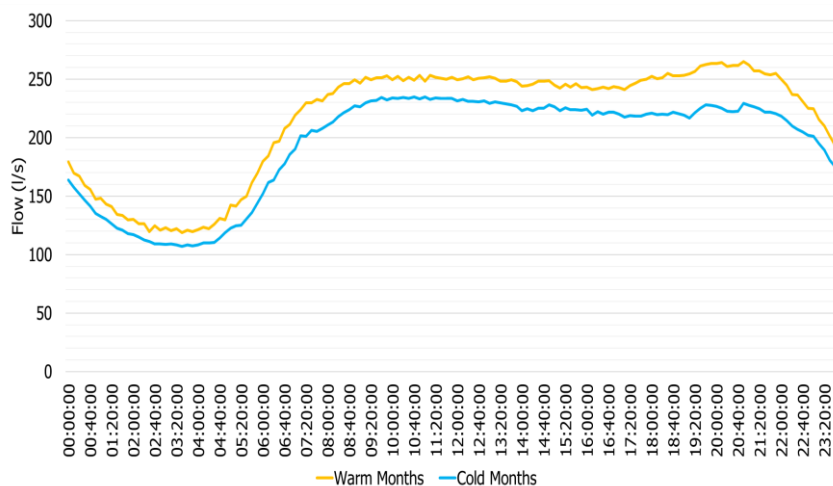
Mesečno proizvedena količina iz dve bunarske linije u 2022. godini prikazana je na slici 6.



Slika 6. Proizvedena količina po mesecima (2022)

2.3. Monitoring podataka o protoku

Analizirana su očitavanja protoka na bunarima i identifikovani obrasci potrošnje, otkrivajući, s jedne strane, povećanje potrošnje tokom toplijih meseci u poređenju s hladnijim (verovatno povezano s zalivanjem biljaka), a s druge strane, visoka minimalna noćna potrošnja, što ukazuje na značajnu količinu stvarnih gubitaka.



Slika 7. Obrasci merenja protoka na bunarima (topli vs. hladni meseci)

2.4. Informacioni sistemi

Adekvatno upravljanje informacijama i povezanim procesima ključno je za pravilno funkcionisanje svakog javnog preduzeća. U tom kontekstu, identifikovano je nekoliko nedostataka u JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin:

- Zapisi o infrastrukturi se održavaju u AutoCAD datoteci, što znatno ograničava mogućnost preduzeća da čuva i vizuelizuje dostupne geografske informacije;
- Trenutno nije implementiran CMMS (Računarski sistem za upravljanje održavanjem), što znači da se radni nalozi ručno kreiraju i njima upravlja;
- SCADA sistem je implementiran na poziciji u proizvodnom delu JKP-a, gde se lako može pristupiti podacima o protoku iz bunara i sa 17 mernih mesta na mreži;
- Implementiran je i komercijalni sistem. Međutim, to je zastareli sistem koji zahteva specijalizovano osoblje za održavanje.

2.5. Evaluacioni sistem

Nakon dijagnostičke faze, definisan je evaluacioni sistem, koji ima za cilj, s jedne strane, ocenjivanje trenutne performanse JKP-a i, s druge strane, praćenje njegove evolucije tokom implementacije akcionog plana koji će biti izrađen.

Evaluacioni sistem podržan je sa četiri cilja i sedam kriterijuma evaluacije, kako je prikazano na slici 8.

Ciljevi	Evaluacioni kriterijumi
<p>Cilj 1: Obezbediti finansijsku i ekonomsku održivost</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povećati prihode (povećanjem udela vode prihoda) • Smanjiti operativne troškove (smanjenjem NRW → manjom preradom i potrošnjom energije) 	<p>Kriterijum 1.1: Efikasnost upravljanja sistemom</p> <p>Kriterijum 1.2: Efikasnost upravljanja NRW</p>
<p>Cilj 2: Obezbediti kvalitet pružene usluge</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povećati efikasnost sistema • Efikasno korišćenje resursa 	<p>Kriterijum 2.1: Efikasnost rada sistema</p> <p>Kriterijum 2.2: Procenat ljudi koji nemaju pristup javnom vodovodu</p>
<p>Cilj 3: Obezbediti održivost infrastrukture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obezbediti adekvatne prakse upravljanja imovinom 	<p>Kriterijum 3.1: Nivo poznavanja infrastrukture</p> <p>Kriterijum 3.2: Efikasnost praksi rada i održavanja</p>
<p>Cilj 4: Obezbediti ekološku održivost</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obezbediti efikasno korišćenje prirodnih resursa 	<p>Kriterijum 4.1: Efikasnost korišćenja resursa</p>

Slika 8. Ciljevi i kriterijumi evaluacije

Nakon definisanja ciljeva i kriterijuma evaluacije, sa ciljem sprovođenja ocene i poređenja performansi preduzeća, odabrano je trinaest indikatora performansi (KPI-jeva) predloženih od strane referentnih organizacija u sektoru.

KPI	Kriterijumi	Jedinica	Referentna vrednost			
			Slabo	Umereno	Dobro	
AA01b	Pokrivenost usluga	1.1 2,2	%	[0; 80[	[80; 90[	[90; 100]
AA07b	Povezano na usluge	1.1 2.2	%	[0; 90[	[90; 95[	[95; 100]
AA08ab	Neoprihodovana voda	1.2 2.1 4.1	%	[30; 100]	[20; 30[	[0; 20[
AA09ab	Sanacija mreže	1.1 2.1 3,2	%/godina	[0; 0,8[	[0.8+; 1.5[	[1,5; 4,0]
AA10ab	Kvarovi na mreži	1.1 2.1 3.2	broj/(100 km x godina)	[60; +∞[	[30; 60[	[0; 30[
AA15ab	Stvarni gubici vode	1.1 2.1 3.2 4.1	m ³ /(km x dan)	[7.5; +∞[	[5.0; 7.5[	[0; 5.0[
AA15b	Stvarni gubici vode	1.1 2.1 3.2 4.1	litara/(priključak x dan)	[150; +∞[	[100; 150[	[0; 100[
PAA01b	Gustina priključka vode	2.1	broj kućnih priključaka/km mreže		-	
PAA02ab	Kapacitet rezerve prečišćene vode	2.1	dana		idealno više od 2 dana	
PAA04ab	Indeks vrednosti infrastrukture – IVI	2.1 3.1	-		idealno između 0.4 i 0.6 za zrele sisteme	

KPI	Kriterijumi	Jedinica	Referentna vrednost			
			Slabo	Umereno	Dobro	
PAA05ab	Sezonalnost vodosnabdevanja	1.1 1.2 2.1 4,1	-	-	-	
dAA09ab	Indeks znanja o infrastrukturi	3.1 2.1	-	[0; 80[[80+; 160[[160; 200]
dAA11ab	Indeks merenja protoka	3.1 2.1	-	[0; 80[[80+; 160[[160; 200]

Slika 9. Ključni indikatori performansi

2.6. Procena vodovoda

Definisani evaluacioni sistem primenjen je na JKP „Vodovod i kanalizacija“ Zrenjanin. Glavni zaključci i neophodne mere identifikovane u procesu evaluacije, po oblastima, su:

Poznavanje infrastrukture:

- Implementirati GIS (Geografski informacioni sistem), koji će centralizovati i agregirati sve geografske informacije (npr. lokacije korisnika, istoriju kvarova, imovinu). Preklapanje ovakvih podataka je alat od velikog značaja za donošenje odluka.
- Implementirati jasne procedure za redovno ažuriranje zapisa o infrastrukturi, uključujući ankete radi prikupljanja dodatnih podataka o opremi.

- Instalirati dodatne merače i senzore u mreži i povezati ih sa SCADA sistemom, omogućavajući prikupljanje podataka u realnom vremenu o performansama i stanju opreme u sistemu i omogućavajući rano otkrivanje potencijalnih problema.
- Razviti i implementirati kalibrisani hidraulički model mreže. Hidraulički modeli pružaju višestruke koristi, poput mogućnosti analize različitih scenarija ili testiranja promena u rasporedu i radu mreže pre bilo kakvih fizičkih promena. Poznavanje proizvedenih, transportovanih i distribuiranih količina i protoka:
- Testirati značajne uzorke vodomera u sertifikovanoj laboratoriji kako bi se procenile registrovane greške povezane sa starenjem vodomera.
- Uspostaviti plan zamene vodomera sa najgorim performansama, što JKP planira da uradi u narednoj fazi investicija.
- Uspostaviti plan za očitavanje svih vodomera svakog meseca.
- Uspostaviti plan za praćenje svih obračunatih i neobračunatih potrošnji.

Uspostaviti i pratiti DMA, pružajući dodatne podatke o performansama sistema i omogućavajući prioritizaciju kritičnih područja u smislu neprihodovane vode. Ova mera je u fazi implementacije, sa 17 već instaliranih merača protoka.

Neprihodovana voda:

- Neprekidno pratiti DMA, omogućavajući benchmarking i pravovremeno otkrivanje curenja u mreži.
- Razviti i implementirati plan aktivne kontrole curenja, uključujući periodične inspekcije mreže korišćenjem akustičnih senzora, posebno u DMA identifikovanim kao kritične sa stanovišta neprihodovane vode i pravovremeno rešavanje identifikovanih curenja.
- Istražiti i implementirati potencijalne mere za smanjenje pritiska u mreži.
- Razviti i implementirati Plan upravljanja opremom infrastrukture, koji identifikuje rizike povezane sa instaliranom opremom i razvija efikasnu strategiju za njeno održavanje, popravku ili zamenu.

I pored identifikovanih problema, potrebno je istaći nedavne aktivnosti na poboljšanju performansi sistema, uključujući:

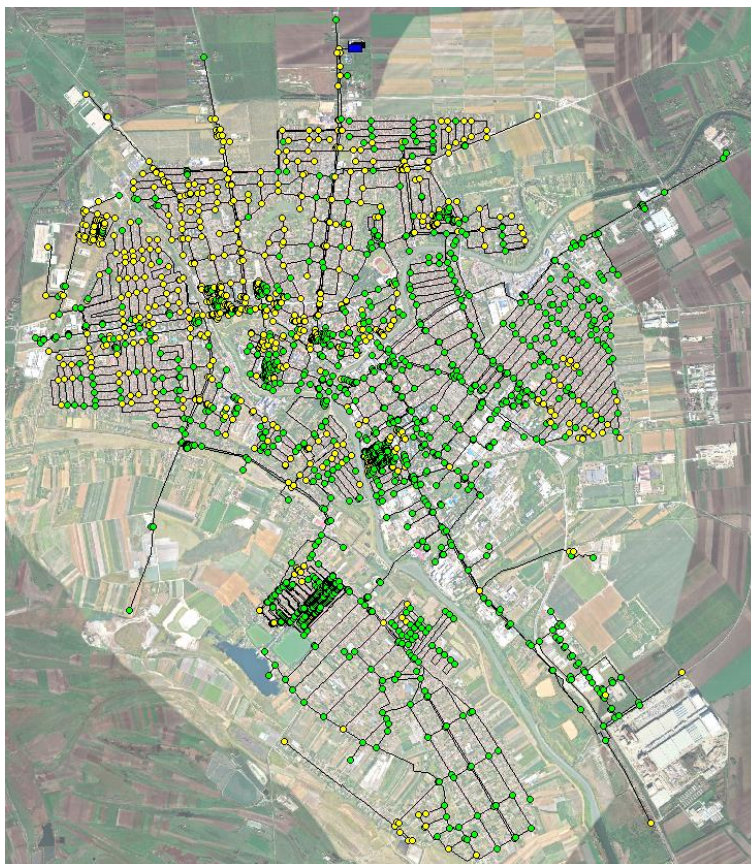
- Zamena 19 kilometara cevovoda, uključujući priključke ka potrošačima i vodomere.
- Izražena namera za sektorsku podelu mreže, sa već 17 instaliranih merača protoka.

3. Faze 2 i 3

Faza 1 projekta završena je održavanjem stručne radionice u JKP-u, tokom koje su predstavljeni inicijalni izveštaj i hidraulički model koji je izrađen.

U Fazi 2, izrađen je petogodišnji investicioni plan, uzimajući u obzir identifikovane mogućnosti za poboljšanje u poglavlju 2.6, sa ciljem značajnog smanjenja neprihodovane vode u JKP-u (sa oko 34% na 20%).

U Fazi 3, implementira se pilot DMA. Prate se protoci, vrši se zamena 100 vodomera koji se zatim i testiraju za procenu greške u merenju i sprovode se mere aktivne kontrole curenja.



Slika 10. Razvijeni hidraulički model

4. Literatura

- [1] *EPAL Technical Solutions Controlo Ativo de Perdas de Água*, EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A, 2015.
- [2] ERSAR, *Guia Técnico 27 - Guide for Assessment of the Quality of Water and Waste Services Provided to Users – 4th Generation Assessment System*, 2023.
- [3] Poças Martins J. *Management of change in Water Companies*. IWA Publishing, 2014.

PROJEKAT SMANJENJA NRW NA BAZI UČINKA (PBC) U DAR ES SALAAMU (TANZANIJA)

NRW PERFORMANCE-BASED REDUCTION (PBC) PROJECT IN DAR ES SALAAM (TANZANIA)

DEVAD KOLDŽO¹

Stručni rad
DOI: 10.5937/GV24009K

Rezime: Rad prikazuje rezultate i metodologije primijenjene na projektu smanjenja NRW na temelju učinka (PBC) u Dar Es Salaamu u Tanzaniji. Istraživanja pokazuju da dobro dizajniran NRW-PBC može biti oko 70% učinkovitiji u smanjenju NRW u usporedbi s programima koje vode komunalna poduzeća. Projektom je ostvareno smanjenje gubitaka u iznosu od 1,2 miliona m³/mjesec što je omogućilo uspostavljanje kontinuiranog vodo-snabdijevanja u PBC području.

Ključne riječi: Dar Es Salaam, NRW, projekat smanjenja NRW na temelju učinka

Abstract: This paper shows the results and methodologies applied on the NRW Performance Based Contract in Dar Es Salaam (Tanzania). Studies show well-designed PBC can be 70% more effective in reducing NRW than initiatives undertaken by utilities alone. The project reduced losses in the amount of 1.2 million m³/month and accomplished 24/7 water supply in the PBC area.

Key Words: Dar Es Salaam, NRW, Performance based contract

1. Uvod

Dar es Salaam je najveći grad i finansijsko središte Tanzanije. Također je glavni grad istoimene regije. S populacijom od preko pet milijuna ljudi, Dar Es Salaam je najveći grad u istočnoj Africi i šesti po veličini u Africi i čini 40% urbanog stanovništva Tanzanije.

Vodovodno preduzeće DAWASA koje upravlja vodovodnim sistemom, se zbog visokog NRW-a suočavala sa neefikasnim upravljanjem resursima. Od ukupne količine vode od 509 MLD, NRW je u 2019. godini iznosio 208 MLD stoga je DAWASA identificirala smanjenje NRW-a kao glavni prioritet.

NRW projekat zasnovan na učinku (PBC) finansiran od Svjetske banke imao je za cilj:

¹ Devad Koldžo, Water Loss d.o.o, Zvornička 29, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, ORCID: 0009-0004-8573-7833

- poboljšanje kapaciteta preduzeća za smanjenje gubitaka vode (WL), jedne od ključnih karakteristika NRW-a i
- uspostavljanje kontinuiranog vodosnabdijevanja (24/7) kroz implementaciju ugovora zasnovanih na učinku (PBC).

Projekat je imao za cilj da kapitalizira uspjehe nedavnih sličnih PBC projekata smanjenja NRW i WL širom svijeta.

Ugovor temeljen na učinku (PBC) za smanjenje neoprihodovane vode (NRW) je inovativan pristup koji ima za cilj minimizirati gubitke vode u vodovodnim sistemima. PBC uključuje partnerstvo između izvođača i komunalnog poduzeća.

PBC za smanjenje neoprihodovane vode je ugovor u kojem komunalno poduzeće povjerava izvođaču tehničke, komercijalne i građevinske aktivnosti povezane sa smanjenjem NRW. Zauzvrat izvođač dobija poticaje na temelju ostvarenih konkretnih rezultata. Istraživanja pokazuju da NRW-PBC mogu biti oko 70 % učinkovitiji u smanjenju NRW u usporedbi s programima koje vode komunalna poduzeća.

2. Implementacija

Tim koji je radio na projektu u Dar Es Salaamu je poduzeo ogroman napor na dostizanju planiranih ciljeva, uključujući ažuriranje GIS-a kroz masivni program hidrauličnih testova i istraživanja lokacija, dizajniranja hidrauličnih zona u cijelom gradu, definiranje i implementaciju DMA-a u hidrauličkoj zoni Kinondoni, dostizanje planiranih nivoa NRW, ažuriranje baza podataka korisnika i priprema plana obnove brojila, postavljanje dinamičkog upravljanja pritiskom, instaliranje i/ili rehabilitacija mreže, zamjena servisnih priključaka, popravak više od 2.400 detektovanih curenja itd.

Ovi naponi su doveli do značajnog smanjenja gubitaka vode u tom području u iznosu od 1,2 miliona kubnih metara vode mjesečno, čineći je dostupnom za druge namjene i dalje korisnike kao i uspostavljanje kontinuiranog vodosnabdijevanja (24/7). Uz podršku konsultanta, DAWASA-in NRW tim koji je u potpunosti obučen i opremljen kroz ovaj projekat nastaviti će jačati kapacitete i raditi na novim dostignućima i nakon završetka ovog projekta.

Zbog vremenskih okvira i veličine identificiranog područja projekta, samo je dio područja bio usmjeren na aktivnosti smanjenja gubitaka vode. Iako je cijelo projektno područje moralo biti razgraničeno u hidrauličke zone, smanjenje gubitaka vode je implementirano u dijelu mreže koje se naziva „PBC servisno područje“. Za PBC servisno područje je odabrana hidraulička zona Kinondoni, koja se opskrbljuje vodom se iz rezervoara Univeristy.

Projekat se sastojao od 10 zadataka:

Zadatak 1 - Uspostava DMA zona u PBC području

Zadatak 2 - Uspostava GIS-a

Zadatak 3 - Istraživanja korisnika i ugradnja vodomjera u PBC području

Zadatak 4 - Projektovanje hidrauličkih zona u projektnom području

Zadatak 5 - Izrada hidrauličkog modela u projektnom području

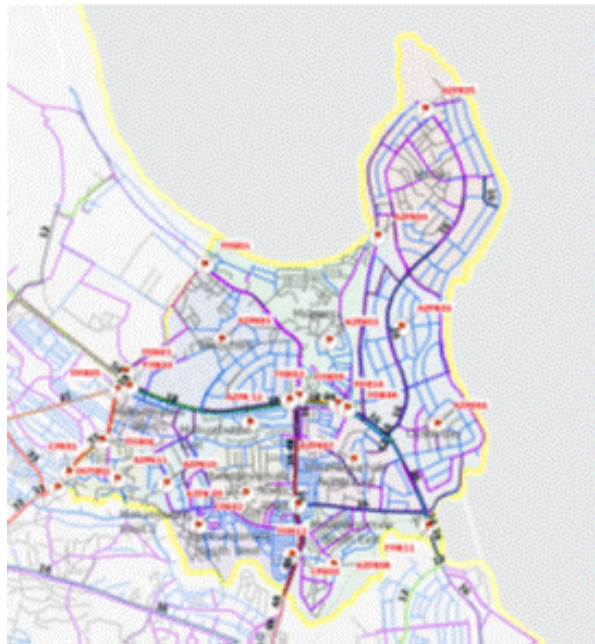
Zadatak 6 - Uspostava hidrauličkih zona u projektnom području

Zadatak 7 - Aktivna kontrola curenja u PBC području

Zadatak 8 - Popravka detektovanih curenja u PBC području

Zadatak 9 - Radovi na nadogradnji u PBC području.

Zadatak 10 - Obuka osoblja DAWASA



Slika 1. GIS baza podataka – PBC područje

GIS baza podataka je ažurirana prema podacima sa terena, a kako bi potvrdili dizajn mreže i karakteristike na lokacijama na kojima su predloženi novi elementi ili priključci, te procijenila izvodljivost planiranih radova. Iako se ukupna dužina mreže predstavljena u GIS-u nije mnogo promijenila urađeno je bezbroj ažuriranja kako grafičkih (lokacija mrežnih elemenata) tako i na strani podataka (prečnik, materijal, status ventila – otvoreni ili zatvoreni ili neoperativni).

Cilj ovog zadatka bio je i uspostavljanje pouzdane i ažurirane baze podataka o potrošačima, zasnovanoj na terenskim anketama koje su provedene u cijeloj PBC oblasti, prikupljajući informacije o kupcima i vodomjerima sa terena.

Da bismo mogli simulirati trenutnu i buduću situaciju, u hidrauličkom modelu su razvijena dva scenarija.

- Prvi (nulto stanje) koji predstavlja mrežu kakva je bila na samom početku projekta, sa stvarnim stanjem ventila (zatvoreno ili otvoreno).

- Druga (buduća) predstavlja mrežu kakva bi bila da su svi predloženi radovi obavljani, sa novim priključcima, izolacijskim ventilima, mjeračima protoka, PRV-ima, i buduće stanje postojećih ventila.

Proces opisan kao Zadatak 6 odnosi se na cijelo projektno područje dok su još neki zadaci vezani za hidraulični model u PBC području bili:

- Predlociranje za stalni nadzor pritiska Mjere protoka, AZP (prosječne tačke pritiska zone) i CP (kritični pritisak tačke), koji su korišćeni tokom kalibracije modela i za funkcionalni dizajn i rad DMA.
- Timovi za upravljanje pritiskom poduzeli su opsežna terenska istraživanja unutar hidrauličke zone Kinondoni, kako bi identificirali cijeve prikladne za postavljanje uređaja za praćenje protoka i pritiska. Kao rezultat toga, 30 loggера instalirano je u cijelom području PBC Kinondoni. Neki loggери postavljeni su na stalna mjesta za kalibraciju modela, određivanje srednjeg pritiska i praćenje kritičnih točaka unutar DMA. Drugi su korišćeni kao privremeni nadzor točke za prikupljanje podataka za razvoj zona pritiska i DMA.



Esri, HERE, Garmin, Foursquare, METI/NASA, USGS

Slika 2. DMA zone – PBC područje

Na temelju podataka GIS-a unutar hidrauličke zone Kinondoni, izrađen je prijedlog zoniranja po kojem su u slijedećem koraku uspostavljene DMA-a

Projektom je definisano 11 DMA zona:

- MKW1 – Makumbusho West 1
- MKW2 – Makumbusho West 2

- MKE – Makumbusho istok
- MAS – Masaki
- MIK – Mikočeni
- MSA – Msasani
- MWNE – Mwananyamala sjeveroistok
- MWNW – Mwananyamala sjeverozapad
- MWSE – Mwananyamala jugoistok
- MWSW – Mwananyamala jugozapad
- OSB – Oysterbay

U PBC području je izvršena detaljna detekcija curenja koja je rezultirala otkrivanjem i popravkom više od 2.400 curenja, a kako bi se ostvarilo održivo upravljanje curenjima formirani su timovi za detekciju curenja.

I ovom procesu se pristupilo sistematski. Nabavljeno je 20 kompleta najmodernije opreme za akustičnu detekciju curenja, a od 84 kandidata koliko se prijavilo (svi su morali donijeti ljekarsko uvjerenje sa testom sluha), kroz Water Loss akademiju koja je uključivala teorijske i praktične vježbe odabrano je njih 24 koji su dobili ugovor o radu i koji će biti osnova NRW odjela u vodovodu DAWASA.

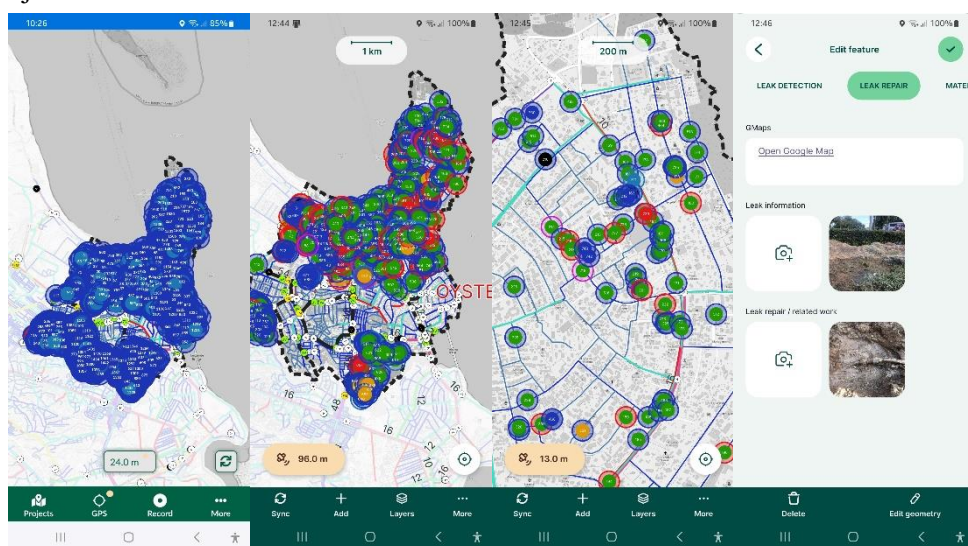


Slika 3 i 4. Water Loss Akademija – Dar Es Salaam



Slika 5 i 6. Popravka detektovanih curenja

Podaci o svakom detektovanom curenju su uneseni u aplikaciju Mergin Maps. Istu aplikaciju su koristili i timovi za popravku curenja, koji su izlazili na teren u roku od 24 sata i izvršili popravku svakog obilježenog curenja te unijeli u aplikaciju podatke o vrsti curenja, utrošenom materijalu, i sve potvrdili fotografijama sa lica mjesta.



Slika 7, 8, 9 i 10. MARGIN aplikacija za unos podataka o detektovanim i popravljenim curenjima

3. Zaključak

NRW projekat na bazi učinka pokazao se ponovo kao veoma efikasan alat za smanjenje gubitaka vode, a posebno se to odnosi na uslove kada su resursi ograničeni, nedostaje kapaciteta ili se komunalno poduzeće suočava sa značajnim zaostacima.

Popravkom 2.400 detektovanih curenja, kao i planskom rekonstrukcijom dijelova mreže i regulacijom pritiska u PBC području ostvareno je smanjenje NRW u iznosu od 1,2 miliona kubnih metara vode mjesečno što je omogućilo uspostavljenje kontinuiranog vodosnabdijevanja (24/7) u.

Osoblje preduzeća DAWASA je obučeno za dalji rada na ažuriranju GIS-a, Hidrauličkog modela i detekcije curenja.

4. Literatura

- [1] Periodični i finalni izvještaji projekta: *Dar es Salaam Water Loss Reduction Performance Based Contract*

ПРИСТУП СМАЊЕЊУ ГУБИТАКА У ВОДОВОДНИМ СИСТЕМИМА: САМОИНИЦИЈАТИВА ИЛИ СИСТЕМСКИ?

APPROACH TO LOSS REDUCTION IN WATER SUPPLY SYSTEMS: SELF-INITIATIVE OR SYSTEMIC?

ДЕЈАН ДИМКИЋ¹

Стручни рад
DOI: 10.5937/GV24010D

Резиме: Нефактурисане воде (NRW), у водоводним системима имају различите компоненте и шаролике вредности у нашем региону. Слично важи и за факторе који на њих утичу. Побољшању рада/смањење губитака неког WSS се може приступити на више начина, при чему су доминантна два приступа/размишљања: самоиницијатива предузетних људи једне комуналне фирме и системски приступ.

Самоиницијатива подразумева предузимање радњи које су изводљиве у домену водовода (смањење привидних губитака, једноставније радње на смањењу реалних губитака), и везана су за мала финансијска средства, доступна свим водоводима.

Системски приступ може бити на два нивоа. Први је локални, где су опет ослонац предузетни људи у водоводу, који углавном уз помоћ експерата са стране раде моделе, зонирају мрежу, и касније набављају опрему на откривању и смањењу губитака. Овај приступ већ захтева мало већа средства, која су доступна углавном само већим и боље организованим водоводима.

Други (виши) ниво системског приступа би био уз помоћ државе и одговарајуће регулативе, а који би омогућио систематско финансирање и контролисано трошење средстава које би сакупљала комунална фирма уз постепени прелазак са социјалне на економску цену воде. Овај приступ је и једини можда дугорочније само-одржив.

Кључне речи: водоводни систем, губици, NRW, притисак, цена воде

Abstract: Non-Revenue water (NRW), in water supply systems (WSS) have different components and varied values in our region. Similar is valid for the factors that influence them. Improving the work/reducing the losses of a WSS can be done in several ways, where two approaches/thinking are dominant: self-initiative of enterprising people of a utility company (UC) and systemic approach.

Self-initiative means undertaking actions that are feasible in the domain of UC (reduction of apparent losses, simpler actions to reduce real losses), and are related to small financial resources, available to all Waterworks companies.

The system approach can be on two levels. The first is local, where once again the mainstay

¹Дејан Димкић, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Јарослава Черног 80, Београд, ORCID: 0000-0003-4994-2683

is enterprising people in the waterworks, who, mostly with the help of experts from the outside, do models, network zoning, and later acquire equipment for detection and reduction of losses. This approach already requires a little more resource, which are generally available only to larger and better organized UC.

The second (higher) level of systemic approach comprises the help of the State and appropriate regulations, which would enable systematic financing and controlled spending of funds that would be collected by the UC, with a gradual transition from social to economic price of water. This approach is perhaps the only long-term self-sustainable one.

Key Words: water supply system, losses, NRW, pressure, water price

1. Увод

Водоводни системи (WSS) се разликују у много аспеката: топографски и климатски услови, доступност ресурса, густине насељености, број и навике потрошача, бројност индустрије и институција које су повезане са WSS, рационалности у управљању - нефактурисана легална потрошња, степен привидних и реалних губитака, просечан притисак у мрежи и др. [1, 2, 3].

Узроци у просеку високих вредности губитака у нашем региону су различити. Првенствено су резултат деценија неулагања или ниског улагања у инфраструктуру. Додатни разлози се могу тражити у топографији терена, расположивости вода, свести потрошача, навикама, клими, итд.

Овај рад претпоставља познавање читаоца са основном проблематиком водоводних система и губитака воде у њима, па се тај део само укратко приказује, а акценат је на могућим организационим приступима у решавању питања смањења нефактурисаних количина вода. Такође, значајан део рада заузимају преузети примери из литературе око решавања питања и врсте губитака у системима.

Коришћене су следеће скраћенице:

SIV	Произведена вода;	P	Притисак у мрежи;
NLP	Нефактурисана легална потрошња;	OZB	Основна зона билансирања;
LOS	Губици воде (привидни+реални);	IP	Илегална потрошња;
GNC	Губици на цевоводима;	NV	Нетачности водомера;
GPR	Губици и преливи на резервоарима;	RW	Фактурисана вода;
GKP	Губици на кућним прикључцима;	NRW	Не фактурисана вода;
IWA	Међународна асоцијација вода;	APL	Привидни губици;
ILI	Инфраструктурни индекс губитака;	REL	Реални губици;
TIRL	Технички показатељ стварних губитака;	WSS	Водоводни систем;
ELL	Ниво економске оправданости смањења губитака;	SS	Канализациони систем;
ALC	Активна контрола губитака;	PM	Управљање притиском;
LR	Брзина и квалитет отклањања кварова – цурења;	IM	Управљање инфраструктуром;
JKP	Јавно комунално предузеће;	PPV	Постројење за прераду воде;
SEE	Југо-источна Европа;	ECV	Економска цена воде;

2. Фактори који утичу на губитке и методе њиховог смањивања

2.1. Фактори који утичу на губитке и категоризација TIRL и ILI

Бројни фактори утичу на висину губитака и NRW: Степен исправности водомера и број нелегалних прикључака, нефактурисана легална потрошња, старост и врста цевног материјала, број прикључака, топографија и састав терена, густина насељености, клима... Високи, а поготову нестабилни притисци, су вероватно главни разлог високих губитака у многим системима.

Табелу са терминима које је дефинисала IWA за анализу биланса унутар WSS сматрамо познатим стручној јавности и овде се неће приказивати. Због касније дискусије, дају се у табели 1 границе индекса ефикасности ILI и TIRL, за средње развијене земље (усвојене средње вредности од оних за развијене и неразвијене земље по категоризацији World Bank Institute) – оцењено као приближно адекватне за Србију и земље региона:

Табела 1. TIRL и ILI критеријуми за процену ефикасности WSS за средње развијене земље

Категорија ефикасности	ILI	TIRL (L/priklj./dan) када је систем под притиском од:					
		30 m	35 m	40 m	45 m	50 m	
За средње развијене земље	A	1÷3	< 112	< 131	< 150	< 168	< 187
	B	3÷6	113 – 225	132 – 262	150 – 300	169 – 337	188 – 375
	C	6÷12	225 – 450	263 – 525	300 – 600	338 – 675	375 – 750
	D	> 12	> 450	> 525	> 600	> 675	> 750

A – врло добро стање; B – добро стање; C – прихватљиво стање; D – лоше стање

2.2. Начини (методи) смањивања губитака у водоводном систему

Углавном је опште прихваћено да се методе смањивања губитака у водоводном систему могу поделити у неколико основних група:

- M.0 Базне активности на упознавању WSS: Анализа података о захваћеним, испорученим и фактурисаним водама, Израда хидрауличног модела мреже, Подела мреже на већи број OZB, Израда табела биланса вода, Припрема плана примене различитих метода на смањењу губитака. Ово је најважнија активност, од чијег квалитета зависе каснији резултати.
- M.1 Управљање притиском (PM): Вероватно најважнији метод за већину WSS, поготову оних са високим губицима. Иако се краткорочно и средњорочно веома исплате, они нису замена за дугорочне програме санације мреже. У зависности од анализе система, мере санације и управљања притиском треба да се допуњују како би се постигао идеалан концепт за смањење губитака воде [4].
- M.2 Активна контрола губитака (ALC): Комунално предузеће распоређује средства, особље и техничку опрему да активно открије и поправи цурења. Главна сврха ALC је смањење времена скривених цурења како би се минимизирали стварни губици воде. Може се поделити у 3 фазе: А) континуирано праћење промена (промене протока, притиска и/или

звука) и анализа биланса вода; Б) Детекција квара на одређено подручје мреже или на одређени део цевовода; В) Локација цурења путем акустичних и неакустичних метода за прецизно одређивање цурења.

- М.3 Брзина и квалитет отклањања кварова - цурења (LR): Јасно је да се са овом мером и краткорочно и дугорочно смањују губици.
- М.4 Управљање инфраструктуром (IM): Подразумева систематско обнављање мреже (замене проблематичних цеви, прикључака и других елемената WSS), што захтева и уредно обезбеђивање финансија.

2.3. Неколико примера везано за губитке у водоводним системима

Пример 7 водовода у Србији - компоненте биланса (докторски рад кандидата М.С. урађен на Факултету техничких наука у Новом Саду, 2017.)

Анализирани су 7 водовода у Србији са својим пилот зонама за детаљна мерења и анализе. Резултати (табела 2) указују на одређене сличности (у просеку најмањи % су везани за NLP и GPR, и највећи за GNC и GKP), али и на бројне разлике у вредностима за скоро све врсте NRW [5].

Табела 2. Биланс вода у складу са IWA терминологијом за 7 градова у Србији

Све цифре су у %		Не фактурисана вода (NRW)						NRW	RW
Р. бр.	Град и пилот подручје у оквиру града	NLP	Привидни губици (APL)		Реални губици (REL)				
			IP	NV	GNC	GPR	GKP		
1	Краљево	2.1	3.0	6.0	13.6	0.0	7.0	31.7	68.3
	пилот подручје	0.0	8.6	6.0	0.0	0.0	1.9	16.5	83.5
2	Лозница	4.6	5.0	0.6	36.9	5.6 *	13.5	66.2	33.8
	пилот подручје	0.0	10.8	0.6	0.0	0.0	60.9	72.3	27.7
3	Панчево	2.0	3.0	11.0	14.6	0.0	7.5	38.1	61.9
	пилот подручје	3.6	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	4.1	95.9
4	Шабац	2.0	7.0	6.0	21.8	0.0	11.3	48.1	51.9
	пилот подручје	0.0	24.2	6.0	0.0	0.0	12.5	42.7	57.3
5	Смедерево	4.8	4.0	8.7	14.4	0.0	7.4	39.3	60.7
	пилот подручје	0.0	9.6	8.7	0.0	0.0	13.0	31.3	68.7
6	Сомбор	2.0	3.0	1.5	15.7	0.0	5.2	27.4	72.6
	пилот подручје	2.1	1.5	1.5	17.3	0.0	5.9	28.3	71.7
7	Вршац	2.0	3.0	4.2	18.0	0.0	9.2	36.4	63.6
	пилот подручје	0.0	0.0	4.2	2.4	0.0	0.0	6.6	93.4

* Вишегодишњи просек GPR је вероватно знатно нижи за овај WSS (прим. аутора)

Неки од закључака овог рада су:

- Оптималан избор активности на смањењу губитака зависи од компоненти биланса датог система,
- Детаљно снимање стања појединих делова WSS (пилот подручја) може дати доста поуздан увид у стање већине параметара целог система,

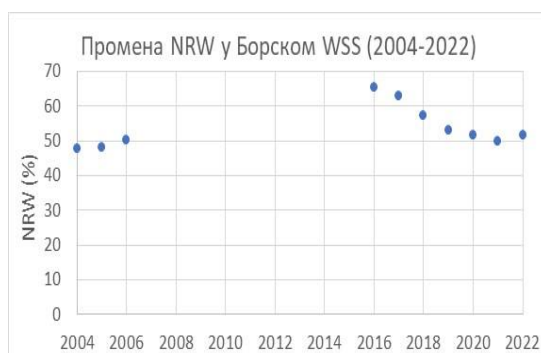
- Боље и трајније резултате на смањењу NRW бележе они водоводи који су заузели систематичнији и дуготрајнији приступ санацији губитака.

Пример Новог Сада [6]

Група предузетних људи из Водовода Нови Сад је крајем прве декаде 21. века прилично упорно радила на смањењу губитака (и привидних и реалних) и успели су да NRW смање са око 30% на око 24% за 4-5 година, уз планове за смањење на 21% у наредне 2-3 године. Уграђен је фреквентни регулатор на главној пумпној станици, смањени притисци у мрежи (посебно ноћни) за око 10%, и спроведене још неке од препоручених метода. На жалост, услед немања сталне финансијске подршке, ентузијазам се постепено смањивао, и губици су се полако повећавали тако да су данас опет око 30%.

Пример Бора

WSS Бора обухвата град Бор и већи број села. Највећи NRW је регистрован пре око 10 година ($\approx 65\%$), и након 2 године ангажовања људи из Водовода, тај проценат је смањен на испод 60% (доминантно смањивани APL) – слика 1. Касније се наставило са активностима на смањењу обе врсте губитака, тако да данас NRW износи око 50%.



Слика 1. Промена процента не фактурисаних вода у борском водоводном систему

Простора за даље смањење има – поменимо да један квартал где Роми живе уопште не плаћа воду из социјално-политичких разлога.

Примери високих NLP и APL (Бољевац и Мајданпек)

У Бољевцу је изразито висок NRW (око 80%). Поред значајних REL, разлог су, пре свега, велики NLP - прање хидрантима (2023. септембар: 15.000 m³/mes – 20% од SIV), и високи APL: домаћинствима у зони Мрљиша се не фактурише вода (потрошња и до 5-10 L/s). Често су и водомери неадекватни - вишеспратнице најчешће имају мераче протока од два цола, који ни не региструју, за такве водомере малу, потрошњу у тим зградама.

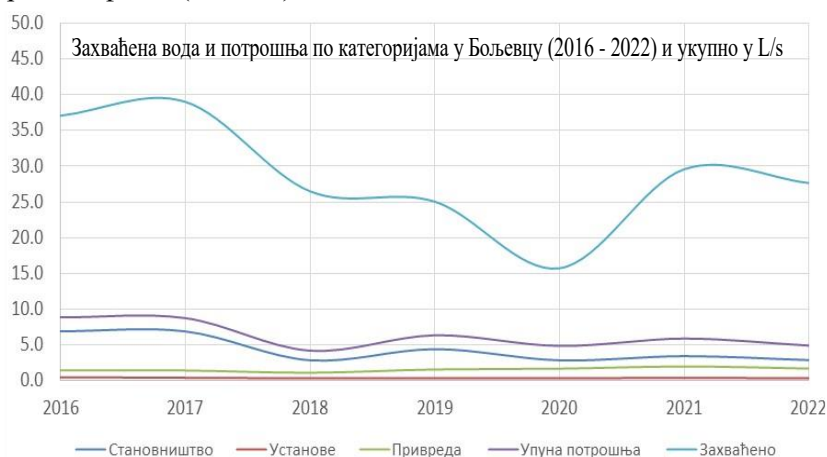
Слично је важило и за Водовод Мајданпек, где је доминантан потрошач РТБ Мајданпек, који није плаћао воду. Пре 15-ак година, у оквиру овог рудничког погона, бројни тушеви из којих су се прали радници након завршетка

смене су константно цурили или се чак и нису гасили (није познато шта се од тада променило).

Примери губитака на главним доводима

Често су присутни високи губици на главним доводима. На доводима за Бољевац и Алексинац доминантни су реални губици, док је на доводу са Брестовачког језера била присутна и (не)легална не фактурисана потрошња. Књажевац је позитиван пример смањења губитака са доводом са Сињег Вира.

Бољевац се снабдева питком водом са извора Мировиштица након хлорисања. Доводни цевовод АС250 је стар преко 50 година. Кварови на овом цевоводу су чести, а поред старости и материјала, главни узрок су хидро удари. На жалост значајне активности на смањењу губитака из 2020. године су имале краткорочан ефекат (слика 2).



Слика 2. Захваћена вода и потрошња воде у Бољевцу у периоду 2016-2022. (L/s)

Алексинац: Вода се захвата из Бованског језера и армирано-бетонским цевоводом DN 600 дужине 8 km доводи до РРВ Бресје. Губици су пре 5 година износили преко 20% од захватаних вода, и планирала се замена цевовода.

Бојник и Дољевац: Вода се захвата из Брестовачког језера и цевоводом дужине 15.5 km DN300 доводи до РРВ које се налази испред Бојника. Разлика између захватаних и вода које се испоручују након третмана нису никад систематски праћене (не постоји мерач код језера), и процењују се од 10% до 20%. Треба напоменути да је до пре око 10 година и локално пољопривредно добро наводњавало своје површине из овог довода.

Књажевац: Уз тренд опадања захваћених и фактурисаних вода у периоду 1998-2022, приметно је велико смањење захваћених вода (уз неопдање фактурисаних) у последњих пар година, као последица радова на смањењу губитака, пре свега замене главног довода (DN500, L=9 km) са карстног изворишта Сињи Вир (NRW је смањен са 65-70% на око 50%) – слика 3.



Слика 3. Захватане и фактурисане воде у Књажевцу у L/s (1998-2022)

Пример Лознице и Крупња (упоређење NRW и ILI)

Стање WSS у Србији (и региону) по IWA класификацији (индекси TIRL и ILI) је доста повољније него када се само као критеријум узме NRW (%). Као примери, наводи се: Лозница има коефицијент ILI око 3.5 (граница врло добро - солидно стање), а NRW око 50÷55% (сматра се превисоким), и Крупња који има коефицијент ILI око 6 (граница солидно – подношљиво стање), а NRW око 70% (сматра се недопустиво високим). Разлози се могу тражити, поред осталих, у разуђености дистрибутивних мрежа и великог броја (неактивних) прикључака.

Притисак у мрежи и показатељи ефикасности у Србији и Црној Гори [7]

Притисак (P) у мрежи је важан фактор рационалног и ефикасног рада водовода [8]. Табела 3 приказује просечне вредности за индексе ILI и NRW (%) када се 37 централно-општинских WSS (27 из централне Србије и 10 из Црне Горе) групишу у категорије у зависности од процењеног просечног P (35 m, 40 m, 45 m). Са порастом P расту и вредности разматраних индекса, а просечне вредности за градове са најнижим просечним P (35 m) показују значај овог параметра у регулисању стања водоводних система. Променљиви P, врло присутни у неким WSS, додатно повећавају губитке.

Табела 3. Просечне вредности индекса ILI и NRW% зависно од притиска у мрежи

Листа градова са приближно истим просечним притиском у мрежи, по категоријама	Просечан притисак (m)	Просечан ILI	Просечан NRW (%)
Лесковац, Дољевац, Лебане, Бојник, Гацин Хан, Ражањ, Неготин, Шабац, Богатић, Коцељева, Тиват	35	4,5	43
Медвеђа, Ниш, Нишка Бања, Димитровград, Алексинац, Бор, Бољевац, Књажевац, Зајечар, Љубовија, Мали Зворник, Крупња, Осечина, Лозница, Подгорица, Мојковац, Будва	40	7,6	58
Пирот, Б. Паланка, Даниловград, Жабљак, Х. Нови, Сокобања, Никшић, Беране, Бијело Поље	45	8,2	63

Пример Никшића [9]

Пример WSS Никшић илуструје претходно разматрање: док су притисци у мрежи били високи, али релативно стабилни, губици су се умерено повећавали. Са преласком на нешто ниже, али врло променљиве притиске у мрежи, губици су достигли високе вредности (данас је NRW око 70%). Предложено решење за овај водовод показује да инвестиције у побољшање рада једног WSS могу бити и директно врло исплативе. Рачунски је добијен повратак инвестиције од око 4 милиона € у реконструкцију WSS Никшић за око 5-6 година. Прорачуни указују да се променом концепта рада система (прелазак на доминантно гравитациони) може очекивати просечно смањење притиска на већем делу мреже 5-10 m, што би уз одређено смањење APL резултирало спуштањем NRW са 70% на испод 50%, као и бројем кварова на цевоводима за скоро 1/3. То би омогућило каснији систематски рад на смањењу реалних губитака. Треба поменути да се са наменским радовима 2015. године, NRW смањено за 6-7%, али услед недостатка финансирања и систематског приступа (слично као и у Новом Саду и Бољевцу), губици су се за пар година вратили на претходни ниво.

Поређење NRW у водоводима Црне Горе, централне Србије и Војводине

Поређењем упросечених NRW (%) у Црној Гори, централној Србији и Војводини, добија се сукцесивно око 60% у ЦГ, око 45% у ЦС и око 30% у Војводини [3, 7]. Поред можда одређених разлика у навикама и нивоима привидних губитака, намеће се запажање да се са топографски променљивијим тереном и већим просечним притиском у дистрибутивној мрежи и NRW повећава. Наравно, прилике су доста различите од система до система у свакој од три поменуте географске целине.

Неколико примера из иностранства

У оквиру неких InterReg EU програма [10, 11] даје се преглед од пре 10-ак година просечних REL у неким европским земљама. Подаци о NRW (%) за земље SEE је добијено са већег броја конференција и радова (табела 4). Ове вредности су свакако променљиве и за дискусију, али и дају одређени увид.

Табела 4. Реални губици и не фактурисана вода у неким Европским земљама (%)

Земље EU са нижим REL (%)		Земље EU са вишим REL (%)		Регион SEE: NRW (%)	
Држава	Просек (распон)	Држава	Просек (распон)	Држава	Просек (распон)
Луксембург	3	Ирска	42	Мађарска	24 (REL=20)
Немачка	6	Летонија	40	Словенија	30 (20÷40)
Данска	8	Италија	35 (20÷50)	Србија	35 (15÷70)
Холандија	8	Литванија	29	Хрватска	35 (25÷50)
Аустрија	11	Малта	27	Румунија	50
Белгија	13	Словачка	27	БиХ	35÷70
Финска	15 (12÷25)	Португал	23 (18÷58)	Бугарска	60 (40÷70)
Шпанија	18	В. Британија	22	Македонија	40÷70
Чешка	19	Француска	22 (10÷40)	Црна Гора	40÷70
Шведска	20	Естонија	20	Албанија	30÷70

Даблин (Ирска) [2]: Даблин се 1994. суочио са озбиљном несташицом воде, узроковано деценијама недовољног улагања у дистрибутивну мрежу, и без систематске активне контроле цурења, па су физички губици достигли висок ниво. Циљ пројекта је био веома амбициозан: смањити цурење за две године са 40 на 20% (у запреминском смислу, са 175.000 на 87.000 м³/дан). Ангажована је искусна фирма, која је успоставила укупно 500 малих ОЗВ (мање од 1.000 прикључака сваки), покривајући целу дистрибутивну мрежу. Отклоњено је око 15.000 цурења, а замењено је око 20 km цеви. Укупно цурење је смањено са 175.000 на око 125.000 м³/дан, а иако циљ од 20% цурења није постигнут, пројекат је оцењен успешним.

Интересантан је пример Скандинавских земаља Данске и Норвешке: У Данској је просечан NRW око 8% (водоводи плаћају пенале ако пређе 10%), док су у Норвешкој око 40%. Поред можда различитог давања значаја овој проблематици и неповољније климе у северним деловима Норвешке, извесно је и да топографија терена, и променљивост притиска у мрежи имају значајну улогу. У Норвешкој је као примарна системска мера усвојен приступ са детаљним зонирањем мреже уз мање распоне притисака по зони.

Милано-Италија [12]: WSS Милана (испоручује ≈220 мил. м³/год.) успева да држи низак ниво губитака (12%) - пуно испод просека у Италији (≈35%). NRW у Милану се редовно прати и усвојена стратегија подразумева:

- Анализе губитака применом уобичајених метода и термина, (IWA).
- Корективне теренске инспекције: електро-акустичке мере (корелатор, снимач буке, геофон, акустични детектор итд.), савремена бројила и РМ.

За смањење реалних губитака (REL), активности у WSS Милана су следеће:

- Прављење водних биланса стандардним методама. Брза поправка уочених цурења. Управљање регулацијом притиска.
- Статистичка анализа и геореференцирање скривених и регистрованих цурења, укључујући анализу деоница где се кварови више пута понављају.

Када су у питању привидни губици (APL), активности су следеће:

- Анализа старости бројила и вредности потрошње датог корисника.
- Анализа података о потрошњи појединих типова корисника, упоређивање и указивање на значајна одступања (могу бити узрок кварова на цевима).
- Редовно и тачно читавање рачуна - смањује број спорова.
- Сарадња са потрошачима (пријава високих рачуна, видљивих губитака).
- Прављење биланса по зонама (ОЗВ) и мањим подручјима.

NLP је већ сведен на најмању меру, па нема додатних нових активности.

Мађарска: У оквиру системских мера, ова земља је планирала (да ли и применила?) да се сваке године замени 1% од свих цеви у својим водоводима.

Сао Паоло-Бразил [2]: Једно од већих WSS на свету (25 милиона становника) је уз помоћ приватног сектора приступило замени водомера и

смањењу губитака воде. Плаћање се врши по дужини испитане дистрибутивне мреже (сваке године се испитује око 40% мреже од 26.000 km). Уговори су везани искључиво за остварени учинак на смањењу NRW. Врло позитивна искуства.

3. Различити приступи решавању питања смањивања губитака у WSS

Приступи (у смислу организације) смањивања губитака у WSS се могу условно поделити у три различита могућа организациона приступа:

- Самоиницијатива водовода уз минимално улагање средстава,
- Системски ангажман водовода уз мању помоћ са стране,
- Системско решавање на нивоу државе у спречи са комуналним фирмама.

3.1. Самоиницијатива водовода уз минимално улагање средстава

Самоиницијатива подразумева предузимање радњи које су изводљиве у домену водовода (смањење привидних губитака, једноставније радње на смањењу реалних губитака), а везана су за мала финансијска средства, доступна свим водоводима. Овај вид побољшања рада WSS се код нас доста примењује последњих 15-ак година (неки примери су и наведени у раду), управо због мањих потребних средстава, као и услед финансијског не(довољног) подржавања од стране државе. Мана овог приступа је што су ефекти побољшања временски најкраћи.

3.2. Системски ангажман водовода уз мању помоћ са стране

И у овом случају су ослонац предузетни људи у водоводу, који углавном уз помоћ експерата са стране раде моделе, зонирају дистрибутивну мрежу, и касније набављају опрему за откривање и смањење губитака. Овај приступ, поред знања, захтева и мало већа средства, која су доступна углавном само већим и боље организованим водоводима. Са оваквим приступом се могу остварити и средњорочни ефекти, али се само са њим не може достићи ELL, и временом се опет јавља проблем враћања губитака услед недостатка средстава за њихово константно држање под контролом.

3.3. Системско решавање на нивоу државе у спречи са комуналним фирмама

Виши ниво системског приступа захтева реорганизацију сектора вода у држави и одговарајуће регулативе, што би омогућило системско финансирање и контролисано трошење средстава које би сакупљале комуналне фирме уз постепени прелазак са социјалне на економску цену воде. Овај приступ је и једини можда дугорочно самоодржив.

3.3.1. Колика је садашња (социјална) цена воде?

Три типа потрошача постоје у комуналним системима: домаћинства, установе (школе, болнице, домови културе...) и индустријски потрошачи. Цене воде за домаћинства и јавне установе су у већини случајева исте/сличне, док је цена за индустрију нешто виша. Код разматрања данашње цене воде, усвојено

је да се у просеку 85% воде испоручује домаћинствима и јавним установама, а 15% воде индустријским потрошачима. Уз ту претпоставку је израчуната укупна цена воде једне комуналне фирме као збир цене за домаћинства (вод + кан) помножено са 0,85 и цена за индустрију (вод + кан) помножено са 0,15 (1 € = 117,5 дин). Табела 5 (главни извор података сајтови ЈКР и KOMDEL 2022) приказује минималне, максималне и просечне постојеће цене (тачније из неке од последњих година - углавном 2022. или 2023.) са узорка који је обухватио 60% централно-општинских ЈКР у Србији, који имају и водоводни и канализациони систем. Подељена је на БВК као далеко највећи систем, Војводину и централну Србију. Иста табела даје и просек са узорка од 45% WSS у Србији од пре 5 година - углавном 2018. или 2019. (главни извор података KOMDEL 2019 [13]).

Табела 5. Минималне, максималне и просечне цене воде у Србији данас и пре 5 год.

Водоводни систем (WSS)		Постојеће цене (углавном 2022 или 2023)						Пре ≈ 5 година	
		Водовод (дин/м ³)		Канализација (дин/м ³)		Укупна цена		Укупна цена	
		стан.	инд.	стан.	инд.	дин/м ³	€/м ³	дин/м ³	€/м ³
	Београд (БВК)	74.25	122.87	30.01	66.12	117.0	1.00	89.2	0.76
Војводина	Минимална цена	41.98	103.14	20.96	59.25	77.9 ¹	0.66 ¹	69.4 ³	0.59 ³
	Максимална цена	84.02	84.02	116.19	116.19	200.2 ²	1.70 ²	110.6 ⁴	0.94 ⁴
	Просечна цена	63.9	108.9	43.3	72.4	114.3	0.97	92.0	0.78
Централна Србија	Минимална цена	44.16	60.00	10.28	12.00	57.1 ⁵	0.49 ⁵	41.1 ⁷	0.35 ⁷
	Максимална цена	88.00	152.09	63.40	83.93	164.1 ⁶	1.40 ⁶	112.3 ⁸	0.96 ⁸
	Просечна цена	60.3	119.4	24.3	45.7	96.2	0.82	75.1	0.64
Просечна цена Србија ⁹		62.5	118.4	30.3	54.9	103.6	0.88	80.1	0.68
Просечна цена Србија ¹⁰		68.5	133.9	29.3	57.8	110.4	0.94	84.8	0.72

¹ Нови Бечеј; ² Суботица; ³ Рума; ⁴ Беоцин; ⁵ Куршумлија; ⁶ Лесковац; ⁷ Димитровград; ⁸ Сокобања; ⁹ Као просек свих анализираних WSS; ¹⁰ Као количник (БВК + Војводина + централна Србија) / 3;

Види се да се просек од око 0.7 €/м³ од пре 5 година повећао на око 0.9 €/м³. Обе ове вредности разматрају само основну (најнижу) тарифну цену (где постоји тарифни систем), занемарују понегде вишу цену за установе у односу на домаћинства и не обухватају накнаде као и једнократна плаћања. Грубо, са њима су цене воде за 5 ÷ 10% веће од приказаних, па се оријентационо може рећи да су данашња просечна плаћања по кубичку воде 1.0 €, а да су пре 5 година била за око 0.2 € мања. Треба поменути и да су се цене у периоду од пре 10 година (обрађене детаљно у *Стратегији управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године* [3]) до пре 5 година само незнатно и у мањем

броју фирми мењале, и да су просеци за ова два временска пресека (оријентационо 2014. и 2019. година) били врло слични.

3.3.2. Шта подразумева економска цена воде и колика је она у Србији?

Економска цена воде подразумева покривање свих неопходних трошкова рада и одржавања једног ЈКР, сву амортизацију и планиране трошкове развоја WSS и SS (уз довођење NRW на ниво ELL), као и издатке за изградњу и уређење објеката од регионалног значаја. ECV подразумева и не остваривање профита оствареног продајом услуга ЈКР.

Као илустрацију, табела 6 приказује цене воде појединих европских градова из Дунавског слива [14]. Цене су из 2013, па су могућа/извесна одступања код појединих градова. Извесно је да један број цена потпада под економску, а други под социјалну цену воде. У Берлину је она вероватно и виша од економске, у циљу смањења потрошње, можда и повећања профита.

Табела 6. Цене воде (€/m³) за становништво (вод+кан) појединих европских градова

Држава/град	За пиће	Отпадна	Укупно	Држава/град	За пиће	Отпадна	Укупно
Немачка (Берлин)	2.0	4.3	6.3	Румунија (Букурешт)	1.0	0.2	1.2
Аустрија (Беч)	2.0	1.8	3.8	Хрватска (Загреб)	1.1	0.8	1.9
Словачка (Братислава)	1.6	0.7	2.3	Реп. Српска (Бања Лука)	0.4	0.5	0.9
Чешка (Брно)	1.7	0.7	2.4	Црна Гора (Х. Нови)	0.9	0.2	1.1
Мађарска (Будимпешта)	1.7	0.8	2.5	Србија (Београд)	0.4	0.2	0.6
Словенија (Љубљана)	0.7	0.5	1.2	Бугарска (Софија)	0.6	0.2	0.8

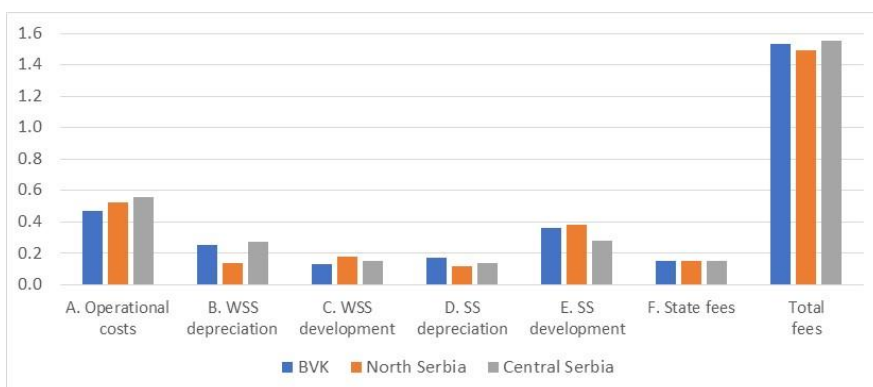
Водоводни системи су били у добром стању у Србији крајем 80-их услед сасвим пристojних улагања у сектор вода до тог времена. Уз веома социјалну цену воде, сектор вода је уживао велику помоћ државе. Оваква организација је била дугорочније неодржива услед домаћинског односа према води и у самим ЈКР и од стране народа (вода је бесплатна !). Због разних фактора, од тада се улагања државе у комуналне системе постепено и значајно смањује.

Приказано је да је просечна цена воде до пре 5 година била око 0.8 €/m³. Оваква цена је покривала оперативне трошкове пословања, и делимично инвестиционо одржавање у боље организованим ЈКР. Деградација водоводних и канализационих система је настала углавном због недостатка финансијских средстава, што онемогућава трајнију одрживост ових система, па постоји потреба за усклађивањем цене воде са стварним трошковима. Посебно је проблематично пословање мањих водовода. У последњих 30 година у њима је забележен мали број значајнијих инвестиција.

Економска цена воде се може поделити на 6 делова:

- A. Оперативни трошкови једне комуналне фирме;
- B. Трошкови амортизације водовода;
- C. Трошкови развоја система водоснабдевања;
- D. Трошкови амортизације канализације;
- E. Трошкови развоја канализационог система;
- F. Накнаде које се плаћају држави за изградњу објеката регионалног значаја.

У врло детаљним студијама, радовима и усвојеним документима [3, 15], рађеним пре 10-ак година (2012-2014), на узорку који је обухватио велики број комуналних система, објашњено је како је добијена просечна ECV за Србију од 1,5 €/m³. Њена структура се даје на слици 4 за БВК, Војводину и централну Србију. Стручној јавности је познато шта садрже делови од А до Е. Део F подразумева накнаде држави за изградњу објеката од ширег/јавног значаја. Држава субвенционише (обично 50%), изградњу значајних објеката: изворишта, постројења, главних довода, а посебно регионалне водоводне и канализационе системе. Такође и израду важних студија и пројеката који се односе на предметну област. Усвојено је да ове накнаде (F) треба да буду исте за све системе у Србији, и да су тада биле између 0.15 и 0.20 €/m³. Исказане укупне цене су просечне, а за највећи број система се кретала од 1.0 €/m³ до 2.5 €/m³.



Слика 4. Структура ECV (€/m³) за БВК, Војводину и централну Србију - Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године [3]

У последњих 10-ак година све цене су се повећале (посебно битна она за електричну енергију), па без обзира на исти курс динара према евра, данашње цене презентованих комуналних услуга су, грубо, око 30% више, што значи да је данашња просечна економска цена воде у Србији око 2.0 €/m³. Она је подложна променама у будућности зависно од осталих економских кретања. Разликује се од система до система, и креће се у распону 1.3 €/m³ ÷ 3.3 €/m³. Треба имати на уму и да, услед релативно малих активности на физичкој обнови већине система, исти су у лошијем стању него пре 10 година.

3.3.3. *Оправданост преласка са социјалне на економску цену воде*

Производња и испорука воде (захватање, пречишћавање, пумпање) до потрошача захтева утрошак рада и средстава, и има своју цену коштања, као и одржавање и потребан развој WSS. Исто важи и за канализационе системе. Са ниском (социјалном) ценом воде потрошачи нису у потребној мери стимулисани да је штеде, па смо сведоци често њене нерационалне употребе. Повратак организацији комуналног сектора вода, са високим финансирањем државе у одржавање и развој ових система је тешко оствариво (минимизирано задњих 30 година), а и када би се приступило таквом начину финансирања, где би се новац у буџет за комуналне услуге прикупљао преко неких других накнада, опет би то било на терет грађана. Последица финансијски нерегулисаног стања је девастација WSS и SS система, и повећање губитака воде.

Анализирајмо шта значи ECV за буџет грађана на примеру једне 4-члане породице која троши 18 m³/mes. (150 L/stan/dan) и прикључена је и на водовод и на канализацију. Данас они плаћају ≈ 1.700 динара месечно (просек за Србију), а у условима ECV би плаћали приближно дупло више (око 3.500 динара).

ECV је и даље осетно испод 5% просечне нето зараде, колико је сугерисано да је граница рачуна за воду у методологији за одређивање цена комуналних услуга публикован од Сталне конференције градова и општина (и испод 2% ако су запослена 2 члана домаћинства). Поменимо и да 4-члана породица у Србији троши данас у просеку око 7.000 динара месечно на рачуне за мобилне телефоне.

С тога, прелазак са социјалне на економску цену воде није социјално већ политичко питање. Прво је потребно подићи свест људи да је таква одлука и оправдана и у интересу свих. Одлука о преласку на ECV није лака имајући у виду уврежено мишљење да вода треба да буде (скоро) бесплатна, као и све препреке које ће такву одлуку пратити (непринципијелни напади нестручних или не добронамерних кругова).

3.3.4. *Реорганизација сектора вода и регулативе у држави*

Да би се реорганизовао сектор вода, и прешло са социјалне на економску цену воде, потребна је помоћ/сарадња државе. Ова проблематика је детаљно обрађена у Стратегији [3], а у овом раду се дају основне назнаке.

- Први корак је да доносиоци одлука разумеју потребу и корист од успостављања ECV, и да донесу начелну, али чврсту одлуку за њено спровођење. Пожељно је да период преласка (≈ 5 ÷ 6 година) са социјалне на економску цену прати и социјални програм за оне најугроженије.
- Затим је потребно оформити агенцију за воде (или прилагодити неко од постојећих удружења) са реномираним стручним људима који би у сарадњи са ЈКР одређивали ECV по усвојеним принципима (укључујући и

структуре цена по тачкама А. ÷ Е.) за сваку од њих понаособ. Из тога би произашла и Студија показатеља ефикасности WSS и SS преко NRW (%), TIRL и ILI која би дала увид који системи су приоритетнији за санацију. Узгред, ова агенција би могла да помаже ЈКР у тумачењу одређених чланова Директиве о водама, ако до њене примене код нас дође.

- Потребно је да се централно-општински ЈКР у некој мери прилагоде новим условима: да преузму бригу о (већини/свим) мањим водоводима на својој општини, да ојачају стручни млађи кадар, да смање или бар не повећавају непотребан број запослених. Сваки од 5 делова (А. ÷ Е.) ECV треба би да има посебан рачун у оквиру датог ЈКР. Од укупно наплаћених средстава, ЈКР би задржао 88 ÷ 90%, а 10 ÷ 12% би прослеђивао у Фонд за воде. Поред обезбеђења потребних средстава за оперативне и трошкове одржавања/амортизације оба система, са ECV би се обезбедило за развој WSS и SS (у оквиру општине) око 0.6 €/m³. Као и до сада, ЈКР би био одговоран за пословање пред својом локалном самоуправом (општином).
- Део F (10% ÷ 12% у оквиру ECV) сваки ЈКР би уплаћивао Фонду за воде који би се формирао при надлежном министарству (вероватно у оквиру Републичке дирекције за воде). Из њега би се финансирани (са 30% ÷ 70%) објекти од ширег/регионалног значаја. Са ценом за F од 0.20÷0.25 €/m³ овај Фонд би на годишњем нивоу располагао са 80÷100 милиона €.

4. Закључак

Водоводни системи, као и сви други, се троше (старе), и уколико се не одржавају/обнављају, неминовно долази до девастације и повећања губитака. Технички, они се могу редуковати на испод 10%. Међутим, то не значи да је то и техно-економски оправдано, чак и у земљама које су на пољу смањења губитака најдаље отишле. ELL је различит од земље до земље и од система до система. Извесно је да у већини WSS са преко 30% NRW постоји простор за економски оправдано улагање у напоре за смањење губитака.

Технички аспект смањења губитака у WSS

Више фактора утиче на квалитет рада водовода.

- У системима где су високи привидни губици, од њиховог смањења треба започети повећање ефикасности/смањење NRW једног WSS.
- Дужи главни довод, поготову ако је од неадекватног материјала у односу на услове на терену, често значајно утиче на повећане губитке у WSS.
- Мања густина насељености генерално утиче на повећање NRW, али и на смањење друга два показатеља ефикасности (ILI и TIRL).
- Топографија и састав терена значајно утичу на степен REL, пре свега кроз фактор притиска у мрежи, који можда треба издвојити по значају.
- У различитој мери утичу и други фактори (концепт рада система, клима, саобраћајнице изнад цевовода, дубина укопавања и др).

Неки од више или мање познатих факата (везано за Р) би били:

- Виши притисак у мрежи → виши губици. За исти притисак у мрежи, појава кварова и губици су вишеструко већи ако су учестале нагле промене притиска (чак и више десетина пута). Већи број висинских зона, као и OZB треба размотрити код оптимизације концепта рада система.
- У познатој формули: $(Q1/Q0) = (P1/P0)N1$; N1 зависи од врсте оштећења и услова на месту квара, и посебно од врсте цевног материјала. Он је близак теоријских 0.5 код „чврстих“ цеви (LG, ЏС, DU), док код „флексибилних“ цеви (PE, PVC) може ићи и преко 1.5 (обично се усваја $1.0 \div 1.3$); Стога је управљање/оптимална регулација Р посебно важна у дистрибутивним мрежама са доминантном заступљеношћу „флексибилних“ цеви.

Организациони приступи смањењу губитака у WSS

Свакако је за подршку сваки ниво акције на смањењу губитака (и самоиницијатива, и системски на нивоу ЈКР, и системски на државном нивоу). Притом, извесно није корисно улагати напоре на смањењу преко нивоа економске оправданости (ELL) код сва три приступа. Ова граница је за сваки систем различита, а поред осталог, зависи и од нивоа организације приступа смањењу губитака.

Први приступ - самоиницијатива (смањење APL, једноставније радње на смањењу REL) захтева мала финансијска средства, доступна свим ЈКР, што је уз тешко доступна средства са стране, и разлог честе примене последњих година. Добра страна овог приступа је и што нема негативних ефеката, а мана што се најмање смањују REL и ефекти побољшања углавном нису превелики/дугорочни.

Други приступ (системски на локалу) захтева нешто већа средства, и са њим се могу остварити и средњорочни ефекти. Добра страна је што се могу одрадити озбиљне корисне радње за један WSS, али се само са њим не може достићи ELL, и такође сам не обезбеђује трајније решење проблема губитака.

Системски приступ на државном нивоу је једини можда дугорочно самоодржив. Њему треба да претходи озбиљна припрема како би се обезбедила прихватљивост овакве промене, и што позитивнији исход целог подухвата. Она није могућа без чврсте одлуке државе (и истрајности) да се ова промена спроведе. Без ње је можда не треба ни започињати јер може имати негативне ефекте, али треба нагласити и да је добит од успешне примене велика.

Додатно, треба поменути и:

- Оптимизација концепта рада неких WSS и замена једног броја цеви код већине је услов битнијег смањења REL → захтева озбиљан рад и средства.
- Потребно је оснивање агенције за воде за рад (са ЈКР) на одређивању и успостављању ECV, мања реорганизација ЈКР и оснивање Фонда за воде.
- Вероватно најважнији услов успешне борбе са губицима, уз обезбеђивање финансијске подршке, је квалитетан и амбициозан кадар у водоводима.

- Ангажовање експерата/фирми са стране уз везивање плаћања према смањењу NRW није заживело код нас, а искуства других су претежно позитивна. Овај вид пословања вероватно не треба применити у првим годинама, већ тек по постизању видљивих резултата на смањењу NRW.

5. Литература

- [1] Kujundzić B, 1996, Book: Large Water supply systems, Publisher: Association for Water Technology and Sanitary Engineering, Belgrade, ISBN 86-82931-01-X
- [2] (NRW) in Developing Countries. World Bank, Washington, USA, 2006.
- [3] Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године ИЈЧ, Београд 2016.
- [4] IDS Water, Leakage Economics – Plugging the knowlegde gap. 2004.
- [5] <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/9108>
- [6] Arvaji Z, Karadžić I, Upravljanje gubicima u Novom Sadu – primer iz prakse, 33. Međunarodna konferencija „Vodovod i kanalizacija '12“, 09.–12.10.2012. Vršac, ISBN 978-86-80067-28-5, Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, str. 95-100
- [7] Dimkić D, Kovač D, Papović M, Faktori efikasnosti u vodosnabdevanju – upoređenje sa slučajem Vodovoda Nikšić (CG), 43. Međunarodna konferencija „ViK '22“, 11.–14.10.2022. Zrenjanin, SITS, 130-138, 2022.
- [8] B. Babić, A. Đukić and M. Stanić, Managing water pressure for water savings in developing countries, Water SA, <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v40i2.4>, 2014.
- [9] Daničić A, Dimkić D, Papović M, Kovač D, Sub zoning as a measure for water supply optimization – case study of the city of Nikšić, 4th EWaS International Conference Valuing the Water, Carbon, Ecological Footprints of Human Activities”, 24–27 June 2020, Corfu Island, Greece, Editors: Vasilis Kanakoudis and Evangelos Keramaris, pp. 102-110, 2020.
- [10] <https://programme2014-20.interreg-central.eu/Content.Node/Digital-Learning-Resources/03-Water-Loss.pdf>
- [11] Lambert A.O. et al, Water Losses Management and Techniques, Water Science and Technology: Water Supply 2(4), August 2002.
- [12] <https://www.mmspa.eu/wps/portal/mmspa/en/home/mm-for-milan/the-water-service/water-losses/>
- [13] <https://www.udruzenjevodovoda.org/wp-content/uploads/2019/10/Cene-vode-i-kanalizacije-min.pdf>
- [14] Dimkić M, Milovanović M, Milankovich Anniversary UNESCO Symposium: Water Management in Transition Countries as impacted by Climate Change and Other Global Changes, Lessons from Paleoclimate and Regional Issues. 3-5 September 2014, Belgrade, Serbia
- [15] Dimkić D, Milovanović M, Dimkić M, Milojković S, (2020), Current and Economic Price of Water in Serbia, 4th EWaS International Conference Valuing the Water, Carbon, Ecological Footprints of Human Activities, Greece, pp. 67-74, Environmen. Science Proceedings. 2, 45; doi:10.3390/environsciproc2020002045, 2020.

SUORGANIZZATORI

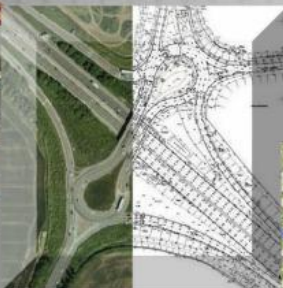
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
Универзитета у Београду
(1846-2023)



Најстарија и водећа
образовна и научна институција
у области грађевинарства и геодезије у Србији



ГРАЂЕВИНАРСТВО



ГЕОДЕЗИЈА



ГЕОИНФОРМАТИКА



ОСНОВ ЗА
ВЕЛИКА
ДЕЛА

Булевар краља Александра 73, +381 11 3218 553, www.grf.bg.ac.rs, dekanat@grf.bg.ac.rs



ИНЖЕЊЕРСКА АКАДЕМИЈА СРБИЈЕ

Инжењерска академија Србије - ИАС основана је 26.06.2000. године ради остваривања циљева и задатака из техничко-технолошких делатности, развоја и унапређења инжењерске струке, примене савремених техничко-технолошких знања, унапређења стандарда и садржаја у науци, образовању, привреди, заштити животне средине и другим привредним сферама живота и рада.

Идеја оснивања Инжењерске академије била је присутна у круговима Савеза инжењера и техничара Југославије - СИТЈ још од 1993. године, када је у Статут СИТЈ унета одредба о оснивању Академије. На осмом Конгресу СИТЈ, септембра 1997. године, предлог за оснивање Инжењерске академије добио је пуну подршку.

Активни оснивачи Инжењерске академије Србије - ИАС су:

- Савез инжењера и техничара Србије - СИТС
- Друштво за путеве Србије.

МИСИЈА

Мисија ИАС је да буде креативна и иновативна научно-стручна организација која ће подржати изврност у области инжењерског и научног стваралаштва и допринети развоју техничких наука и преносу знања оријентисаних на економски и привредни развој Србије, као и укупни развој друштва у целини, уз промовисање одрживог развоја, заштите животне средине и људи и безбедну употребу технологија.

ВИЗИЈА

Визија ИАС је да у наредних десет година постане високо респектабилна научно-стручна инжењерска организација у функцији унапређења привредног, друштвеног и економског амбијента Републике Србије.

СИСТЕМ ВРЕДНОСТИ

Систем вредности ИАС заснива се на промовисању професионализма, академског понашања и поштовања високих етичких норми.

ИАС, 11000 Београд, Кнеза Милоша 9/www.ias.org.rs; E-mail: office@ias.org.rs



JKP "Водовод и канализација"
Нови Сад



ЈАВНО КОМУНАЛНО ПРЕДУЗЕЋЕ
“ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА”

Краља Александра I Карађорђевића 48

КРАГУЈЕВАЦ

WWW.JKPVİK-KG.COM

jkpvik@gmail.com

034/33-22-40



ПРИВРЕДНА КОМОРА СРБИЈЕ

Привредна комора Србије (ПКС) је законом дефинисана организација привредних субјеката. Са традицијом од 167 година, ПКС окупља привреду Србије у јединствен систем, секторски и регионално.

Чланови ПКС су привредна друштва, груписана у секторе пољопривреде, индустрије и услуга, који се уже групишу у 18 гранских удружења. У оквиру мреже од 16 регионалних привредних комора и коморе главног града, омогућује се стручна подршка и ефикасно заступање интереса привреде по регионима. Кроз рад представништава у више европских земаља, главних спољнотрговинских партнера, посебан значај даје се интернационализацији пословања и међународном повезивању домаће привреде.

ПКС заступа интересе и ставове чланова учешћем у креирању закона и других прописа важних за пословну заједницу; унапређује економску сарадњу са иностранством; пружа информативно-аналитичку подршку привреди; подстиче извозну активност и укључивање домаћих компанија у међународне добављачке ланце. Кроз повезивање привреде и науке подстиче се примена нових технологија и знања у савременом пословању и производњи.

Привредна комора Србије

Ресавска 13 - 15, 11000 Београд

Тел: 0800 808 809

E-mail: bis@pks.rs

SPONZORI

AquaWEB

Izveštavanje, Analiza i Monitoring na vodovodnoj mreži

NMAqua

NMAqua doo se bavi inženjerskim djelatnostima i tehničkim savjetovanjem u komunalnoj hidrotehnici.

Naš tim koji čini stručni kadar sa dugogodišnjim iskustvom i radom u komunalnim preduzećima na smanjenju neprihodovane vode, mjerenju i razvoju vodovodnih i kanalizacionih sistema, vam može ponuditi i usluge hidrauličkog modeliranja, mjerenja i analizu na vodovodnim sistemima, te istraživanje gubitaka po IWA metodologiji, obuku za rad sa mjernom opremom, kao i poslove benchmarkinga, asset managementa i projekt menadžmenta

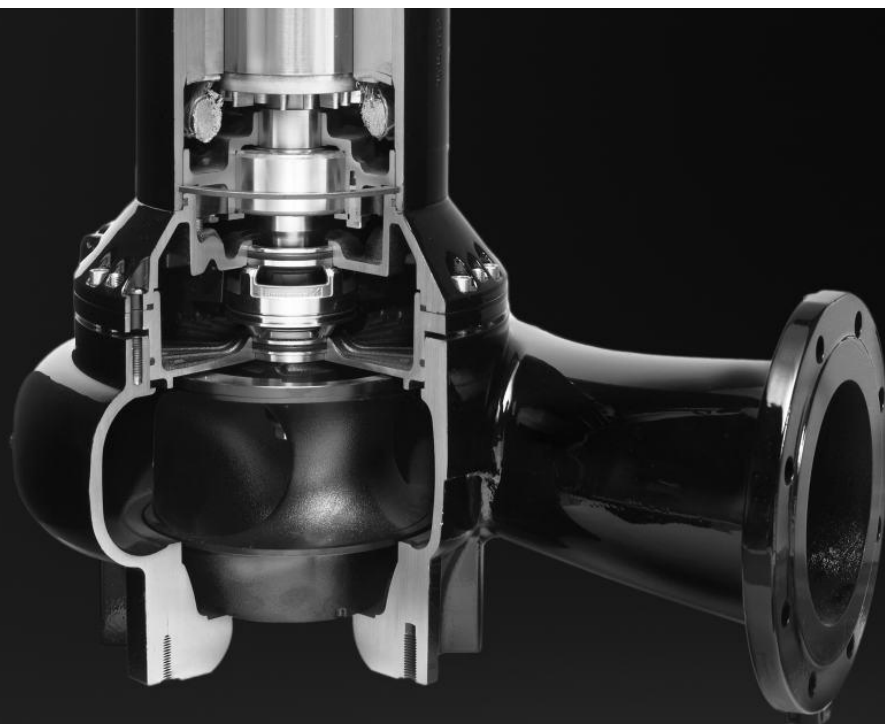
U saradnji sa poslovnim partnerom **ICTS doo Beograd** smo razvili i implementirali AquaWEB program za izvještavanje, analizu i monitoring. **AquaWEB** je WEB bazirano programsko rješenje koje omogućava jednostavan i efikasan nadzor nad vodovodnom mrežom, te na osnovu parametara pritiska i protoka koji se mjere na mreži i objektima, omogućava dnevno, mjesečno i godišnje praćenje trendova navedenih parametara.

NMAqua vam nudi i izradu, formiranje i održavanje tehničkih baza podataka u komunalnim preduzećima, kao i korisničku obuku u Opensource **Quantum GIS (QGIS)** softveru.

Ukoliko ste u nama prepoznali korektnog poslovnog partnera i potrebne su vam naše usluge, kontaktirajte nas a mi ćemo se potruditi da opravdamo naše iskustvo i vaše povjerenje.

NMAqua doo Banja Luka

Pionirska 18 78 000 Banja Luka, tel. 065/611-901; 066/ 110-279
www.nmaqua.com info@nmaqua.com



Grundfos novo otvoreno S-tube[®] radno kolo

Već dokazana pouzdanost i energetska efikasnost u savremenim uslovima
upravljanja otpadnim vodama

Prednosti Open S-tube[®] radnog kola

- Samoispirajuće radno kolo smanjuje mogućnost zaglavlivanja
- Ukupna efikasnost od 80% i hidraulična efikasnost do 87%
- Efikasno radi u celom opsegu krive, od zatvorenog ventila do maksimalnog protoka
- Može se podrezati za specifične radne tačke i nivoe tolerancije
- Uravnoteženija hidraulika smanjuje vibracije i produžava životni vek ležajeva i zaptivke vratila pumpe



Više detalja pogledajte na www.grundfos.rs

Grundfos Serbia d.o.o.
Omladinskih brigada 90v
RS-11070 Novi Beograd Serbia
Phone: (+381) 11 2258 740
www.grundfos.rs



GRUNDFOS 

Possibility in every drop

doo **POLIETILENSKI SISTEMI** je generalni zastupnik kompanije **GEORG FISCHER PIPING SYSTEMS, Šafhauzen, Švajcarska** za Republiku Srbiju, za programe **UTILITY** (transport i distribucija pijaće i tehničke vode...), **INDUSTRY** (tretman industrijskih fluida / regulacija i upravljanje / merna oprema / automatizacija...) i **BUILDING TECHNOLOGY** (unutrašnje instalacije...).

Uz prodaju proizvoda nudimo Vam i sveobuhvatnu tehničku podršku prilikom projektovanja, izbora materijala/opreme i izvođenja radova.

**MI VAM NUDIMO
REŠENJA ZA SVE VAŠE
APLIKACIJE!**



POLIETILENSKI SISTEMI doo

Bulevar oslobođenja 40, 21000 Novi Sad (sedište)
Profesora Grčića 1a, Ind. zona SEVER I (kancelarije/magacin)
Tel.: +38121500576, +381606500576 (kancelarija)
+38163589957 (Slavko Likić), +381638013355 (Miloš Božić)
office@pe-sistemi.co.rs
www.pe-sistemi.co.rs

A wide range of industries spanning more than 50 countries trust us for managing their water needs.

Our 60 plus years of experience could be just *one* reason.



CREATING SHARED VALUE FOR A BETTER FUTURE

Impact. Sustainability. Innovation. Through our founding principles, Metito established itself as a global leader and provider of intelligent water management solutions with 4 key business segments: Design & Build, Utilities, Operation & Maintenance, and Chemical Solutions.

Metito is operating across the entire water treatment value chain specializing in desalination, wastewater treatment, water reuse, and industrial solutions. Metito is also a leading developer, investor, and operator of sustainable water assets, having amassed a strong portfolio of concessions across its key geographies.

As key enablers of the circular economy, we work with governments, industries, and communities to secure and manage their water needs. Given our high-value engineering capabilities, Metito provides customized and sustainable infrastructure solutions and prides itself on having delivered tens of millions of cubic meters of treated water to its Municipal and Industrial clients.

metito.com



ИНСТИТУТ ЗА ВОДОПРИВРЕДУ
„ЈАРОСЛАВ ЧЕРНИ“

Институт за водопривреду
„Јарослав Черни“ АД је водећа
научноистраживачка организација
у Србији и региону у области вода.

Наше богато искуство, као и
спрега науке, истраживања и
пројектовања, гаранција су
квалитета наших услуга већ
више од 75 година.

ОБЛАСТИ:

- бране и акумулације
- хидроелектране
- снабдевање водом
- канализација и пречишћавање отпадних вода
- наводњавање и одводњавање
- заштита од поплава и уређење река и сликова
- инфраструктура – путеви, метро, гасовод
- рудници и депоније
- глобално управљање водама и заштита животне средине



УСЛУГЕ:

- истраживање и развој у техничко-технолошким наукама
- пројектовање, надзор, консалтинг и инжењеринг у грађевинарству, управљању водама и заштити животне средине
- теренска и лабораторијска испитивања, мерења и осматрања воде, земљишта и грађевинских конструкција
- израда мултидисциплинарних студија, планских и стратешких докумената
- софтверски инжењеринг
- развој и имплементација информационих система



ЛАБОРАТОРИЈЕ:

- хидрауличка лабораторија (површине ско 3500 m²)
- лабораторија „Јарослав Черни“ (акредитована према SRPS ISO/IEC 17025:2017 за узорковање воде, седимента и земљишта и физичко-хемијска и микробиолошка испитивања узорака земљишта, седимента, површинских, подземних и отпадних вода)

Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ АД

Јарослава Черног 80, 11226 Београд, Србија, +381 11 61 76 600, office@jcerni.rs, www.jcerni.rs