

ПРОВЕРА БИЛАНСИРАЊА ВОДЕ НА ПОСТРОЈЕЊИМА МАКИШ-БЕЛЕ ВОДЕ У СИСТЕМУ БЕОГРАСКОГ ВОДОВОДА

THE TEST OF WATER BALANCE METHODOLOGY FOR WTP MAKIS-BELE VODE IN BELGRADE WATER SUPPLY SYSTEM

ДУШАН ПРОДАНОВИЋ¹, ДРАГУТИН ПАВЛОВИЋ²

Резиме: Постројења за припрему воде за пиће Макиш и Беле Воде чине значајан део капацитета Београдског Водовода. Праћење рада постројења и прављење месечних биланса спада у редовне активности. Увођењем SCADA-е билансирање би требало да буде олакшано и тачније. У раду се дају резултати провере биланса постројења за март 2010. Провера је укључила преглед мерила протока која су у функцији, преглед сирових података са SCADA-е као и израду комплетног биланса. У закључку рада се дају препоруке за побољшање постојеће методологије израде биланса.

Кључне речи: мерење протока, биланс, SCADA

Abstract: Water supply treatment plants Makiš and Bele Vode are significant source of water in Belgrade Water Supply System. Monitoring and computation of monthly water balances are part of important activities, especially with the introduction of the SCADA. The results of the water balance methodology test conducted for the March 2010 are presented in this paper. The test included the check of the flow meters accuracy, the test of data quality within the SCADA and the test of the calculated water balance. In concluding remarks, the proposed measures for improvement of the standard water balance methodology are given.

Key words: flow measurement, water balance, SCADA

1. Увод

На локацијама Макиш и Беле Воде, у Београду, смештен је део постројења за припрему воде за пиће у систему ЈКП Београдски водовод и канализација (ЈКП БВК). Обе локације су на десној обали реке Саве, чију воду захватају или непосредно из реке (Макиш) или након филтрације кроз

1 В.Проф. др Душан Продановић, дипл. инж. грађ, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Булевар Краља Александра 73, Београд, e-mail: erodano@hikom.grf.bg.ac.rs

2 Мр Драгутин Павловић, дипл. инж. грађ, Грађевински факултет Универзитета у Београду, Булевар Краља Александра 73, Београд, e-mail: epavlovd@hikom.grf.bg.ac.rs

обалу и захватања кроз бунаре (Беле Воде). Према квалитету воде користи се и одговарајућа технологија припреме воде.

Постројења на Макишу и Белим Водама чине више од трећине производних капацитета пијаће воде у Београду. За потребе управљања постројењима, као и праћења рада и укупног билансирања вода, на свим важнијим водовима постоје мерила протока. Раније су то била Вентури мерила са механичким показивачима разлике притиска (Беле Воде), па електромагнетна мерила различитих генерација, а у последње време савремена ултразвучна Transit-Time (УЗВ ТТ) мерила. Такође, и начин читавања мерила је мењан кроз време: почев од писача са папиром и оловком до савремене SCADA-е која је тренутно активна у БВК-у.

Питање билансирања количина вода на систему Макиш - Беле Воде, и поред постојања најсавременије мерне и рачунарске опреме, је и даље проблем коме треба посвећивати дужну пажњу. У овом раду се даје пример провере биланса постројења за месец март 2010, при чему се прво кренуло од провере мерила протока и анализе квалитета података са SCADA-е, да би се на крају добила реална процена захваћених, испоручених и преливених вода у постројењима [2]. На крају рада се дају и препоруке за побољшање билансирања вода на ова два постројења.

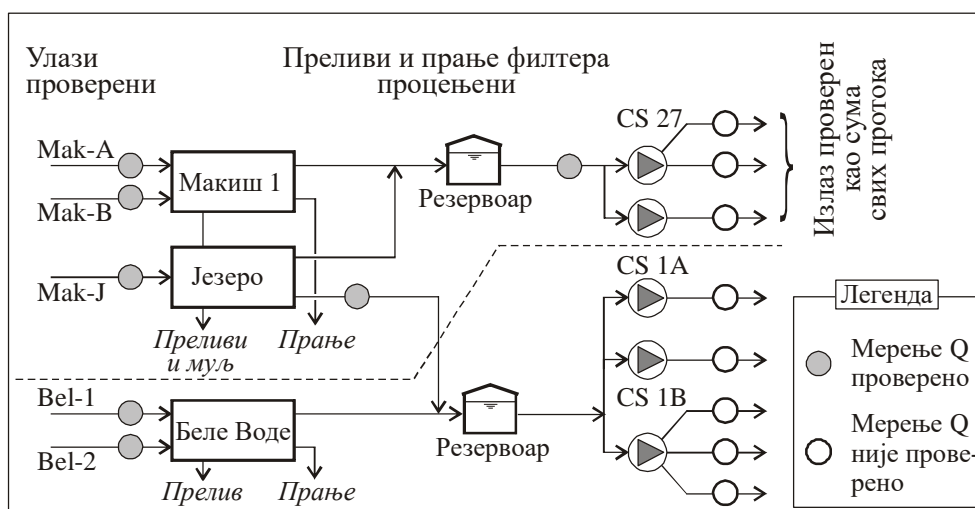
2. Опис система

Локација Макиш, у погледу количина воде које уводи у систем водоснабдевања, представља важан капацитет у систему. Ту се налазе два постројења за припрему воде за пиће (ППВП): ППВП Макиш - I фаза, са капацитетом од 2000 L/s и ППВП Језеро капацитета 1000 L/s. Оба постројења захватају воду из реке Саве и после третмана је уводе у магистралну мрежу система водовода. Део воде са ППВ Језеро се шаље у ППВ Беле Воде, у резервоар чисте воде. На локацији Макиша је у току и изградња ППВП Макиш - II фаза са капацитетом од 2000 L/s.

Постројење на Белим Водама је најстарији погон тог типа у ЈКП БВК. Вода која се прерађује је речна вода захваћена после филтрације кроз алувион преко бунара. Сiroва вода долази из два правца, при чему су параметри квалитета тих вода различити. Прерађена чиста вода се меша са чистом водом из ППВ Језера и помоћу две црпне станице шаље у мрежу.

На слици 1. је приказана шематски слика главних токова воде у постројењима Макиш и Беле Воде. Тамним круговима су приказане локације где постоји мерење протока, које је проверено и рекалибрисано мерењем протока помоћу убодних електромагнетних сонди као и убодне ултразвучне сонде са профилисањем поља брзина. Улазни протоци на постројења су уведени у SCADA систем, излаз из ППВП Језеро има само локално показивање док улаз у CS27 нема стално мерно место, већ је обављено једнократно мерење ради провере сумарног показивања излазних мерила

протока. Светли кругови на слици 1. означавају мерна места која нису проверена, а чији подаци постоје у SCADA-и.



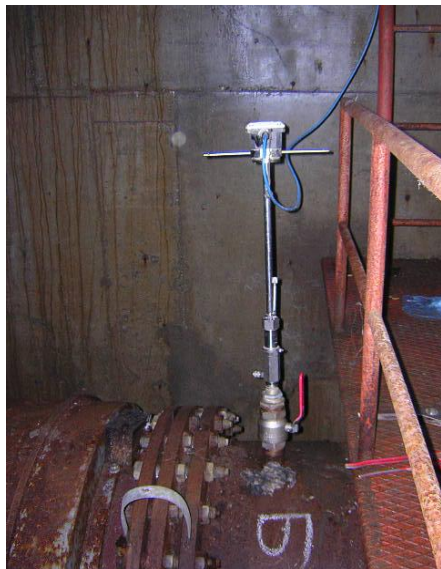
Слика 1. Шема билансирања вода на Макишу и Белим Водама

Са слике 1. се види да мерењима нису обухваћени значајни елементи биланса вода. То су збирни захват воде из Саве пре поделе на Макиш и Језеро („раздеоно окно“, није приказано на слици 1), преливи и одводи муља из постројења, вода за прање, као и расподела воде из ППВП Језеро.

3. Провера тачности мерења протока

Провера тачности мерила протока (односно, калибрација) је урађена методом снимања профила брзина у цевоводу према стандарду ISO 3966:2008. Према препоруци стандарда у пресецима где није остварен развијен профил брзина или постоје аномалије у струјном пољу, профил брзина је сниман у више праваца [3]. Такође, у сваком профилима је одређен на више начина и унутрашњи пречник цеви и упоређен са очекиваном величином.

Мерења брзине су рађена електромагнетним (ЕМ) сондама које мере брзину у једној тачки (слика 2) и убудном ултразвучном корелационом доплер (УЗВ) сондом са могућношћу профилисања распореда брзина (NIVUS модел РСР-Е01Pro, слика 3). Да би се повећала тачност мерења, на свим мерним локацијама су рађена компаративна мерења помоћу више ЕМ сонди различитих произвођача: Свет Инструмената Логомер 18 пречника 18 mm и АВВ Акуаргобе II. На жалост, УЗВ сонда није могла да се користи на свим мерним локацијама, због неадекватности прикључака на цевоводу.



Слика 2. EM сонда на мерној позицији



Слика 3. NIVUS УЗВ мерач профила брзина и протока

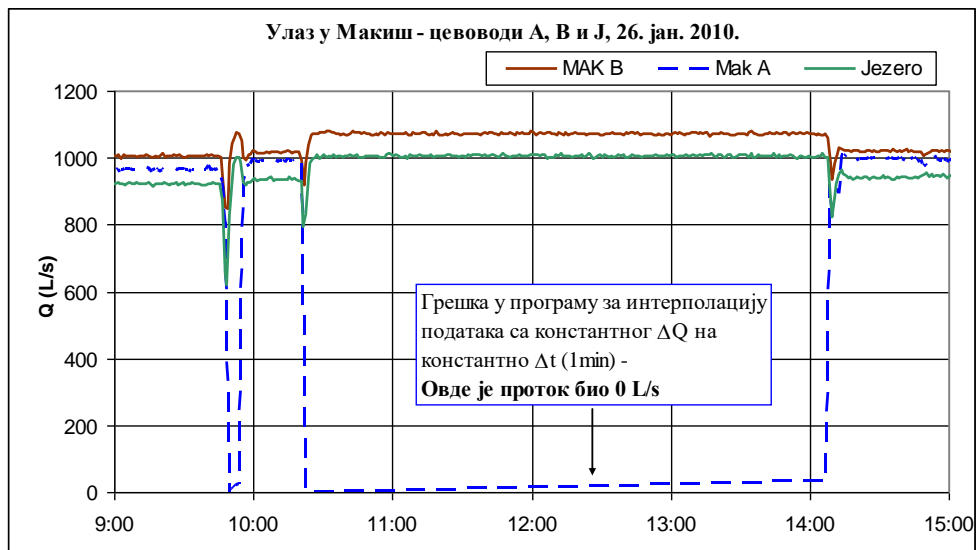
Како снимање профила брзина може трајати и до 1 сат, коришћени су logger-и и удвојене сонде. У обради података је вршена корекција услед неустаљености протока током снимања профила.

Резултати калибрације показују да су грешке у мерењу протока знатно веће од очекиваних 0.5% (мерна класа EM и УЗВ мерила) [1, 2]. На већини локација је одступање релативно нових УЗВ мерила било веће од 5% и кретало се до 10%, док је код старих EM мерила било чак и до 60%. Да ствар буде још гора, због неадекватних радних услова, грешке у мерењу протока на улазним локацијама у Макиш и Језеро зависе и од положаја регулационих затварача.

4. Провера података из SCADA-е

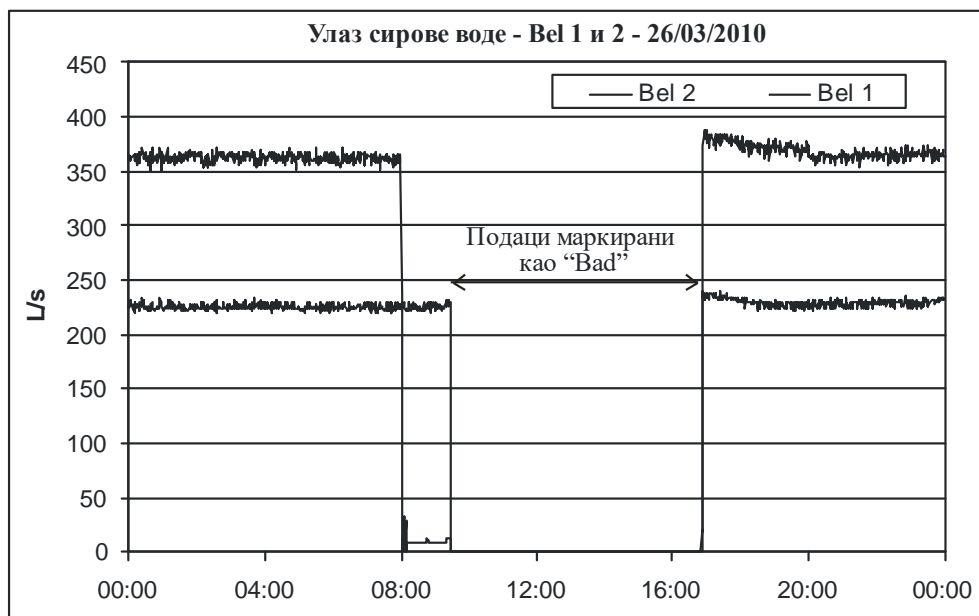
Подаци о протоцима, који се налазе у SCADA-и се често некритички узимају при прављењу биланса. У претходном поглављу је утврђено да подаци о протоцима које шаљу мерила одступају и по 10% од стварних вредности. Поред тога, у наставку се дају још неки од уочених проблема.

Велики број мерних сигнала се шаље у централну SCADA-у. Да би се смањила количина пренетих података, информација о протоку се преноси само када дође до промене протока, а SCADA са своје стране то затим претвара у запис са константним временским кораком.



Слика 4. Грешка у интерполацији података о протоку

На слици 4. је дат запис са SCADA-е, где се види резултат интерполације са константног ΔQ на константно Δt . Иако је линија Макиш - А стајала 26. јануара 2010. од 10:20 до 14:10, према подацима са SCADA-е, постојао је проток који полако расте од нуле до 35 L/s.



Слика 5. Како тумачити податке из SCADA-е који су маркирани као "Bad" (лоши) ако нема додатних информација?

Сумирањем свих протока у току дана, прави се грешка која може бити значајна – зависно од радних услова на постројењу (за дати пример грешка је $+235 \text{ m}^3$).

Поред проблема интерполације, прегледом података са SCADA-е установљено је да се повремено јавља, уместо нумеричке вредности за проток, кључна реч „Bad“ (лоше) – маркер да је SCADA „открила“ неке проблеме у мерењу. Питање је како израчунати средњи проток са таквим подацима. На слици 5 је приказан пример са Белих Вода, где су 26. марта 2010. сви подаци од 9:28 до 17:04 маркирани као „Бад“. Ако се претпостави да је „проблем“ са SCADA-ом, а постројење је нормално радило, добија се да је средњи доток био 559 L/s , а ако се претпостави да је цело постројење стајало, добија се да је средњи дневни доток био 389 L/s .

Дилему да ли је 26.03.2010. цео дан текла континуално вода кроз Bel-1 и Bel-2 (који је вероватно нешто раније искључен), а да је дошло до грешке у SCADA-и или је било стварно заустављено постројење, могло би да реши повећање протока 26.03.2010. у 17:04 сати, што указује на то да је постројење неко време (не знамо колико) стајало и да је тада успостављен проток. Да би се избегле слободне интерпретације резултата, неопходно је да се у SCADA систему поред читавања протока са мерила протока, чувају и подаци о стању мерног система, напону мерних уређаја, и други подаци који могу да помогну у каснијој обради и прорачуну биланса.

5. Биланс постројења Макиш и Беле Воде

Стручне службе БВК праве редован месечни биланс постројења. На основу извештаја за месец март 2010, у коме се одвојено сумирају „Производња воде“, „Сопствена потрошња“ и „Потискивање воде са погона“ за Макиш и за Беле Воде, и када се пребаци део воде из Макиша у Беле Воде, добија се сумарно „затварање“ биланса са грешком од 0.01%. При томе, само количине „потиснуте воде“ су једнаке суми протока излазних мерила протока преузетих из SCADA-е, док су количине „произведене воде“ знатно мање од показивања улазних мерила протока на SCADA-и, а количине вода за сопствену потрошњу се и не мере.

Сама чињеница да је грешка у билансу свега 0.01%, у условима када се протоци мере уређајима који имају за два реда величине већу грешку, указује да биланс није добро одређен. Наиме, биланс је добијен тако што су сабрана сва измерена „потискивања са погона“, на њих је додато 4% као процењена „сопствена потрошња“ воде за прање филтера, и то је представљено као „производња воде“ (тако добијен средњи проток производње за март 2010. је $3,026 \text{ L/s}$). Међутим, ако се погледа на запис у SCADA-и, измерени средњи месечни проток који улази у постројења за март 2010. је $3,472 \text{ L/s}$. Неслагање улаза и излаза је 446 L/s или 13%.

Ако се преузму сви подаци мерених протока на SCADA-и, и ако се коригују подаци о протоцима на основу резултата калибрације мерила протока, биланс постројења Макиш и Беле Воде тада изгледа нешто другачије. У табелама 1 и 2 су дате месечне количине вода, одакле се види да укупно непоклапање улаза у односу на излаз је 17% (у односу на претходних 0.01%).

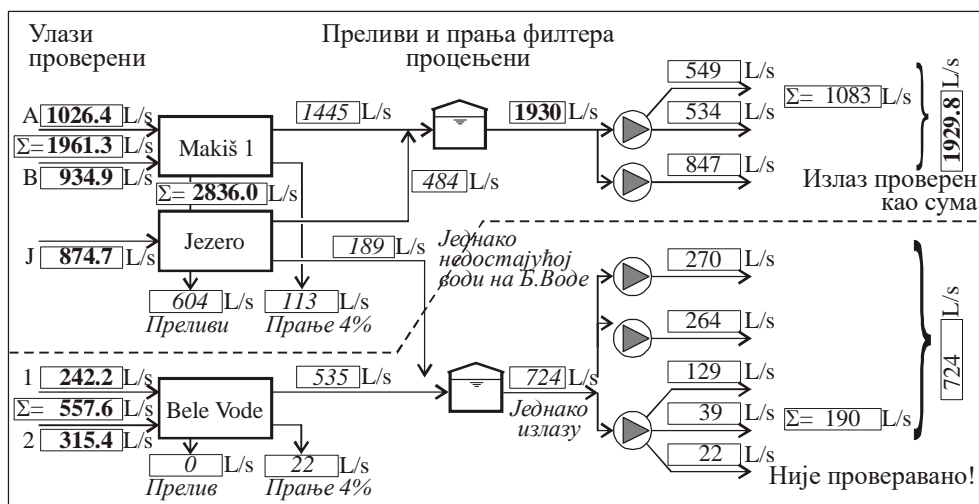
Табела 1. Биланс на постројењима Макиш и Беле Воде
(подаци са SCADA-е кориговани калибрационим мерењима, количина воде за прање процењена на 4%)

	Mak proiz	Bel proi	Mak potr	Bel potr	Mak pump	Bel pump
V mes m ³	7,595,956	1,493,491	303,838	59,740	5,168,658	1,939,735
Q sr mes L/s	2,836.00	557.61	113.44	22.30	1,929.76	724.21

Табела 2. Сумарне разлике по постројењима и укупно

	Total Mak	Total Bel	Total	Total %
V mes m ³	2,123,459	-505,983	1,617,476	17.80%
Q sr mes L/s	792.81	-188.91	603.90	17.80%

Да би се боље разумела табела 1, на слици 6 су графички дати средњи месечни протоци, где су тамнијим бројевима написане вредности које су проверене калибрационим мерењима, а светлијим вредности које нису провераване (калибрациони фактор је 1.0). Сва разлика улаза и излаза, 603,9 L/s, је приписана преливу који се повремено догађа на постројењу Макиш.



Слика 6. Биланс постројења Макиш и Беле Воде за март 2010. дат као средњи месечни проток

Из добијеног биланса је очигледно да постоји значајна разлика између улаза у постројења на Макишу и њихове укупне производње. При томе, билансом није обухваћен захват воде из Саве и повремени прелив у раздеоном окну. За очекивати је да су количине препумпане воде из Саве у раздеоно окно веће од количина које захвате Макиш 1 и Језеро, те да се (непознати) део воде враћа у таложник.

3. Закључак

На основу добијених резултата калибрације мерила протока и билансирања на Макишу и Белим Водама, закључује се да већина мерила протока ради далеко изван своје номиналне тачности те да сама методологија билансирања није добра јер не обухвата реалне количине улазних и излазних вода. Да би се побољшао мониторинг над постројењима и обрачун биланса, неопходно је урадити следеће:

- додати континуално праћење нивоа воде на преливима,
- редовно проверавати тачност уграђених мерила протока,
- оспособити и калибрисати сва мерила протока која су некада била у функцији, посебно на линији прања филтера и муљног испуста,
- боље дефинисати обраду података у SCADA-и, посебно пребацивање сирових података у форму константног временског прираштаја,
- унапредити рад са метаподацима, који треба да помогну у каснијој обради података са SCADA-е; такође, било би добро да постоје и редувантни подаци, којима се може смањити укупна неодређеност мерења (на пример, већина постављених мерила протока има поред струјног излаза који је пропорционалан протоку, и импулсни излаз који даје по импулс по јединичној запремини, као и интерни тотализатор који може одвојено да се читава).

6. Литература

- [1] Продановић Д. и Д. Павловић (2004): Мерење протока воде на великим цевоводима, 25. саветовање Водовод и канализација '04, Бања Ковиљача, 6-8 октобар 2004.
- [2] Продановић Д. и Д. Павловић (2010): Преглед мерила протока, анализа резултата мерења протока и билансирања количина воде на системима Макиш и Беле Воде. Студија рађена за потребе Београдског Водовода и Канализације.
- [3] Продановић Д., Д. Павловић, П. Војт и Д. Дуњић (2010): Провера тачности мерила протока на постројењу Макиш. 10-та међународна конференција: Водоводни и канализациони системи, Јахорина, Пале, Република Српска.