

TAČNOST MERENJA BAŽDARENIH PROTICAJA VODE VODOMEROM

Lajoš HOVANJ

Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici,
Katedra za hidrotehniku i vodno inženjerstvo okoline

REZIME

Od septembra 2011. do maja 2012. godine ispitivana je greška merenja potrošnje vode vodomrom (klase B, nazivnog prečnika 20 mm i proticaja $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{čas}$) u trajanju kraćem od vremena trajanja testa baždarenja. Za Pravilnikom predviđene proticaje baždarenja utvrđeno je da: a) dijapazoni greške merenja vodomera mogu da budu i veći od dijapazona dozvoljenih grešaka, b) najveće greške se javljaju pri Q_{\min} , i c) da bi greška merenja baždarenih proticaja sigurno bila manja od dozvoljenih, utvrđeno je minimalno vreme trajanja merenja ovih proticaja. Rezultat ispitivanja prikazan na 16. savetovanju Srpskog društva za hidraulička istraživanja u oktobru 2012. godine u ovom radu je dopunjen – posebnim osvrtom na smanjeno vreme baždarenja od sredine 2013. godine.

Ključne reči: vodovod jednog domaćinstva, trajanje potrošnje, greška rada vodomera

1. UVOD

U novije vreme u svetu se sve više zaoštrava i ubrzava kriza vode, koja najozbiljnije pogađa najvitalnijeg, najvažnijeg potrošača – snabdevanje vodom naselja i onih industrija koje zahtevaju vodu kvaliteta vode za piće. To postaje svetski problem broj jedan, ali je vrlo izražen i u Srbiji (*Polomčić i drugi, 2012*), kao i zemljama u okruženju (*Toholj i drugi, 2012*), u kojima se javljaju sve veći problemi u pouzdanom podmirivanju brojnih naselja, naročito u malovodnim delovima godine kada se značajno smanje kapaciteti izvorišta, svih osim onih koja se naslanjaju na akumulacije sa godišnjim regulisanjem protoka. Zaoštravaju se i problemi kvaliteta vode na velikom broju izvorišta, najvećim delom zbog zagađenja efluentima antropogenog porekla usled nepoštovanja mera zaštite izvorišta. Zbog toga moraju da se istražuju i uvode u upotrebu različiti, novi i nekonvencionalni

postupci prečišćavanja vode (*Jovanović i drugi, 2011; Ljubisavljević i Rajaković Ognjanović, 2012*), ali i postupci remedijacije onih izvorišnih izdani koja su se našla pod uticajem nekih efluenata (*Kaluđerović, 2008*). Svi ti nepovoljni procesi nameću potrebu maksimalne racionalizacije potrošnje vode, tako da je to istaknuto kao jedan od baznih zahteva u svim strateškim planskim dokumentima iz oblasti voda i prostornog planiranja (*Dorđević, 2008*). Voda se, kao krizni resurs sve više tretira sa pozicije najvažnijih i ekonomskih kategorija, što je podstaklo ozbiljna ekonomska i organizaciona istraživanja (*Bajčetić, 2009*), kako bi se optimalno upravljanje vodama na adekvatan način ugradilo u strategije razvoja države (*Bajčetić i Stefanović, 2011*).

Kod domaćinstava je u vezi greške merenja vodomera jedan od problema merenje proticaja manjih od baždarenih (*Hovány, 2011a; Hovány, 2011b; Hovanj, 2012a; Hovany, 2012*), a drugi – tema ovog rada – merenje proticaja u trajanju kraćem od vremena trajanja testa baždarenja (*Hovanj, 2012b; Hovany, 2012; Hovány, 2012*).

Prema standardima i preporukama baždarenja vodomera tokom testiranja uticaj manipulisanja zatvarača treba da bude zanemarljiv na greške merenja vodomera (za Q_{\min} do $\pm 5\%$, a za Q_t i Q_n do $\pm 2\%$) (*Arregui i drugi, 2006; ISO 4064-3:2005; OIML R 49-2:2006; Pravilnik, 1986; SRPS EN 14154-3:2010*). Za vodomrom klase B, nazivnog prečnika 20 mm vreme trajanja testa tokom baždarenja je 10 (za $Q_{\min}=0,03 \text{ m}^3/\text{čas}$), 12,5 (za $Q_t=0,12 \text{ m}^3/\text{čas}$) i 4 minuta (za $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{čas}$) (izvor podataka: DOO „Potiski vodovodi” iz Horgoša, Srbija).

Svaku potrošnju (radom slavine, vešmašine, mašine za pranje sudova i tuša u kupatilu, te punjenjem vodokotlića kod nužnika i sl) karakteriše otvaranje i zatvaranje zatvarača i trajanje ispuštanja vode iz vodovoda radi zadovoljavanja potreba. Za 78-95% potrošnje vode u domaćinstvu trajanje potrošnje je

manje od 1 minuta (*Buchberger i Wells, 1996; Hovány, 2013*). Greška merenja potrošnje vodomrom, usled manipulisanja zatvaračem, praktično se manifestuje kao greška usled trajanja potrošnje kraćeg od vremena trajanja testa tokom baždarenja (*Hovány, 2012; Hovány, 2012*).

Zbog ove činjenice, prvenstveni cilj ovog rada je da se utvrdi greška merenja potrošnje trajanja kraćeg od 10 (za Q_{min}), 12,5 (za Q_t) i 4 minuta (za Q_n) vodomra klase B, nazivnog prečnika 20 mm i proticaja $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{čas}$.

Greška rada vodomra zavisi od tačnosti očitavanja vodomra. Dalji cilj ovog rada je utvrđivanje greške merenja potrošnje vode u domaćinstvu trajanja kraćeg od vremena trajanja testa tokom baždarenja, u funkciji tačnosti očitavanja vodomra.

2. OPIS LABORATORIJSKE INSTALACIJE I ISPITIVANIH STANJA

Ispitivanje greške merenja potrošnje vode vodomrom u trajanju kraćem od vremena trajanja testa baždarenja izvršeno je za dva stanja: instalacija sa vodomrom u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici se snabdevala ili iz rezervoara (nadalje: varijanta br. 1) ili iz vodovoda na fakultetu (varijanta br. 2) (*Hovanj, 2012b*).

Kod prve varijante instalacija sa vodomrom se snabdevala vodom gravitaciono, iz rezervoara sa konstantnim nivoom vode – za 16,25 m višim od kote osovine vodomra. Instalacija je i po pritisku i po proticaju vode odgovarala karakteristikama vodovoda jednog domaćinstva. Ispitivanje je izvršeno u septembru 2011. i u aprilu 2012. godine.

Kod varijante br. 2, kada se instalacija sa vodomrom snabdevala iz vodovoda Građevinskog fakulteta, pritisak tokom merenja (u aprilu i maju 2012. godine) kod vodomra je bio između 295 i 375 kPa.

Tokom merenja kod varijante br. 2 iz vodovoda na Građevinskom fakultetu se trošila voda. Usled otvaranja i zatvaranja ventila kod točecih mesta došlo je do okretanja propelera vodomra u jednom ili u drugom smeru – sa mogućim uticajem na merenje potrošnje vode vodomrom na instalaciji. Pošto ovakav uticaj na merenje potrošnje nije bio konstatovan kod varijante br. 1, upoređenjem rezultata merenja obe varijante može da

se dobije uvid u uticaj rada ventila drugih točecih mesta na grešku merenja vodomra.

Korišćen je baždareni višezlazni propelerni vodomrom sa mokrim mehanizmom, za vodu temperature do 30 °C, nazivnog prečnika 20 mm, klase B, sa sledećim karakterističnim proticajima: $Q_{min}=0,03 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_t=0,12 \text{ m}^3/\text{čas}$ i $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{čas}$. Tokom baždarenja tačnost očitavanja vodomra je bila 1 decilitar.

Propusni ventil za pokretanje i zaustavljanje strujanja vode ugrađen je 2,8 m nizvodno od vodomra.

Zapremina vode protekle kroz vodomrom je određena:

- razlikom čitanja na vodomromu pre i posle merenja, i
- merenjem težine vode u sudu (zapremine od 15 do 200 litara) i gustine vode.

Uz merenje vremena (štopericom) između dva očitavanja, pomoću utvrđene zapremine vode u sudu, izračunat je proticaj vode Q .

Tokom merenja tačnosti očitavanja vodomra su bile: 2,5 centilitara, 1 decilitar i 1 litar. Tačnost merenja težine vode u sudu je bila 0,005 kg (za Q_{min}), 0,01 kg (za Q_t) i 0,1 kg (za Q_n).

Po Pravilniku o metrološkim uslovima za vodomre Republike Srbije greška merenja vodomra je:

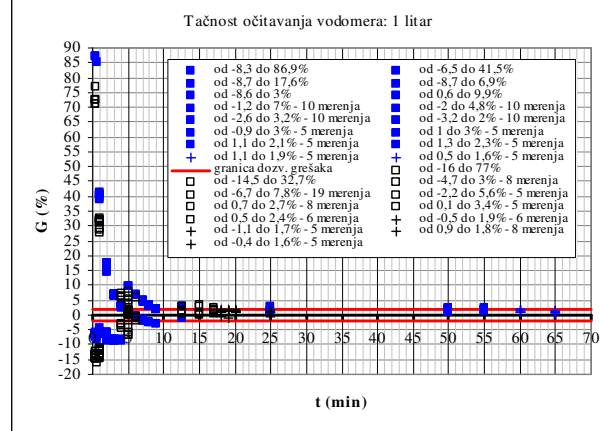
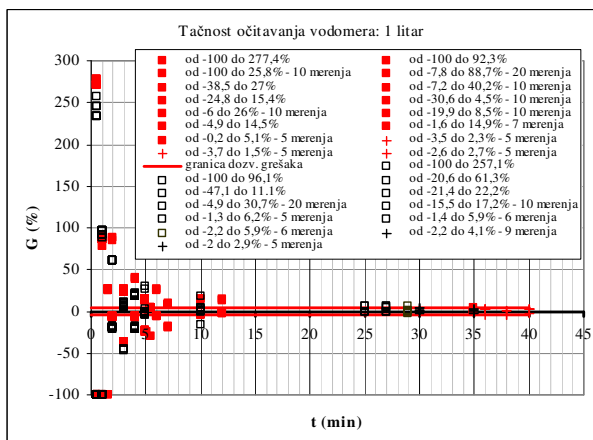
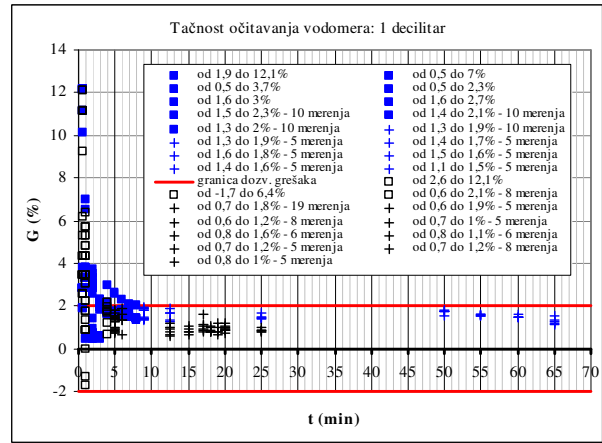
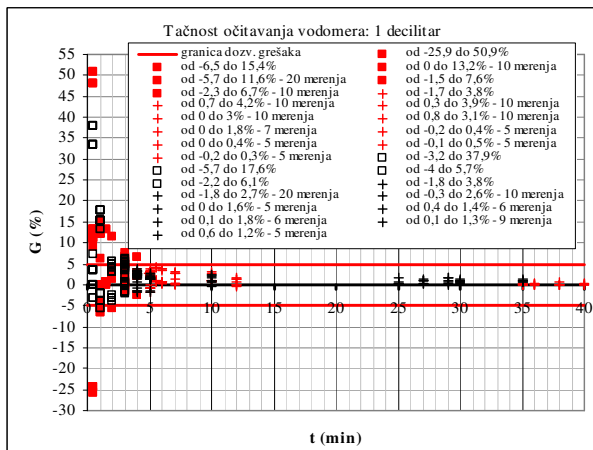
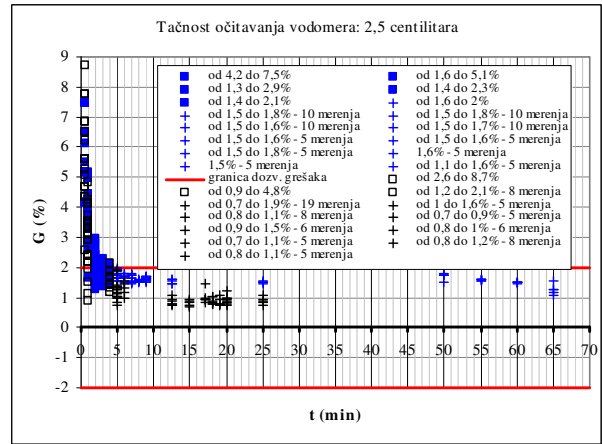
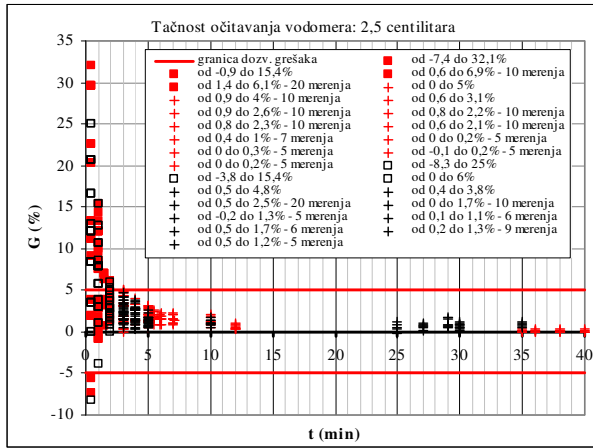
$$G = \frac{100(V_i - V_c)}{V_c} (\%) \quad (1)$$

gde su: V_i – zapremina vode, protekla kroz vodomrom, registrovana na brojaču vodomra, i V_c – zapremina vode, protekla kroz vodomrom, izmerena u sudu na vagi (*Pravilnik, 1986*).

Promena greške rada vodomra opisana jednačinom (1) ispitivana je pomoću metode zaustavljanja vodomra: prema važećem standardu u Republici Srbiji pri mirovanju propelera vodomra očitano je stanje na vodomromu i vagi pre i posle merenja (*SRPS EN 14154-3:2010*).

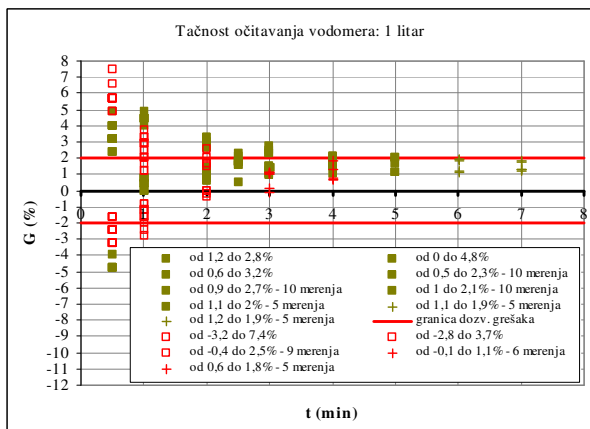
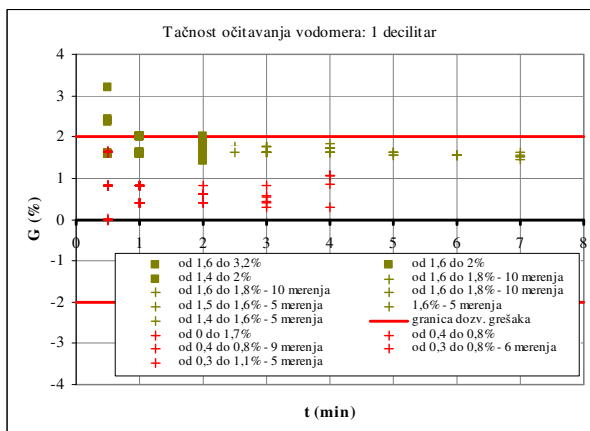
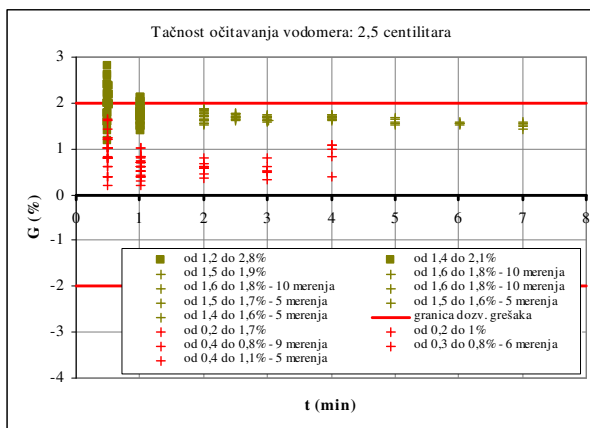
3. REZULTATI MERENJA

Svako merenje je ponovljeno 5-30 puta (*Hovanj, 2012b*).



Slika 1. Greška merenja vodomera proticaja Q_{min} u funkciji tačnosti očitavanja vodomera – crvena boja varijanta br. 1, crna boja varijanta br. 2

Slika 2. Greška merenja vodomera proticaja Q_t u funkciji tačnosti očitavanja vodomera – plava boja varijanta br. 1, crna boja varijanta br. 2



Slika 3. Greška merenja vodomera proticaja Q_n u funkciji tačnosti očitavanja vodomera – zelena boja varijanta br. 1, crvena boja varijanta br. 2

Za baždarene proticaje utvrđeno je minimalno vreme pri kom greška merenja vodomera sigurno ostaje u granicama dozvoljenih:

Tabela 1. Minimalno vreme trajanja baždarenih proticaja u funkciji tačnosti očitavanja vodomera

| Tačnost očitavanja | Proti-caji | Minimalno vreme (min) | |
|--------------------|------------|-----------------------|-----------------|
| | | varijanta br. 1 | varijanta br. 2 |
| 2,5 centilitar | Q_{min} | 3 | 3 |
| | Q_t | 5 | 5 |
| | Q_n | 2 | 0,5 |
| 1 decilitar | Q_{min} | 5 | 4 |
| | Q_t | 9 | 5 |
| | Q_n | 2,5 | 0,5 |
| 1 litar | Q_{min} | 36 | 30 |
| | Q_t | 60 | 18 |
| | Q_n | 6 | 3 |

4. DISKUSIJA

Za vreme trajanja potrošnje kraćeg od vremena trajanja baždarenja dijapazon greške merenja vodomera je veći od dijazona dozvoljenih grešaka (Hovanj, 2012b). Ova konstatacija važi za obe varijante. Povećanjem vremena trajanja potrošnje dijapazon greške se smanjuje.

Tabela 2. Dijapazoni greške merenja vodomera za baždarene proticaje u funkciji tačnosti očitavanja vodomera (klase B, nazivnog prečnika 20 mm i proticaja $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{čas}$), za vreme trajanja proticaja od 0,5 minuta

| Tačnost očitavanja | Proti-caji | Dijapazon greške (%) | |
|--------------------|------------|----------------------|------------------|
| | | varijanta br.1 | varijanta br. 2 |
| 2,5 centilitar | Q_{min} | od -7,4 do 32,1 | od -8,3 do 25 |
| | Q_t | od 4,2 do 7,5 | od 2,6 do 8,7 |
| | Q_n | od 1,2 do 2,8 | od 0,2 do 1,7 |
| 1 decilitar | Q_{min} | od -25,9 do 50,9 | od -3,2 do 37,9 |
| | Q_t | od 1,9 do 12,1 | od 2,6 do 12,1 |
| | Q_n | od 1,6 do 3,2 | od 0 do 1,7 |
| 1 litar | Q_{min} | od -100 do 277,4 | od -100 do 257,1 |
| | Q_t | od -8,3 do 86,9 | od -16 do 77 |
| | Q_n | od -4,8 do 4,8 | od -3,2 do 7,4 |

Za trajanje potrošnje kraće od vremena trajanja baždarenja vodomrom nepouzdanost meri 78-95% potrošnje čije je trajanje kraće od 1 minuta. Pri trajanju proticaja od 0,5 minuta za tačnost očitavanja vodomera od 1 litra greška može da bude čak i 277,4% (varijanta br. 1), ili 257,1% (varijanta br. 2).

Minimalno vreme trajanja baždarenih proticaja je manje:

- od vremena trajanja baždarenja; tokom baždarenja se znači greška vodomera proverava pri dužem propuštanju vode kroz vodomrom od minimalno potrebnog, i
- za model kod kog je vodomrom direktno bio nadovezan na vodovod – najverovatnije usled uticaja rada ventila drugih točećih mesta u vodovodu; ni u ovom slučaju vreme se nije smanjilo ispod 1 minuta.

U istoj baždarnici, od sredine 2013. godine promenjeno je vreme baždarenja proticaja Q_i : sa 12,5 minuta smanjeno je na 5 minuta. Pri tačnosti očitavanja od 1 decilitra greška merenja vodomera će biti manja od dozvoljenih samo za varijantu br. 2.

5. OBLAST PRIMENE REZULTATA MERENJA

Radi poboljšanja merenja potrošnje vode u domaćinstvu potrebno je obezbediti uslove za merenje potrošnje baždarenih proticaja: u funkciji tačnosti merenja svaki proticaj treba propuštati kroz vodomrom dovoljno dugo – najmanje za vreme navedeno u tabeli br. 1. Ovakvi uslovi mogu da se stvore kod vodovoda sa rezervoarima kod zgrade (Hovany, 2012; Hovány, 2013). Odgovaraju samo takvi sistemi, kod kojih sva voda potrebna u domaćinstvu prolazi kroz ovaj rezervoar (Charalambous i drugi).

Česta praksa je sada da je vodomrom instaliran na vodovodnu cev u rezervoar kod zgrade (Fantozzi i drugi; Rizzo i Cilia, 2005; Cobacho i drugi, 2007; Arregui i drugi, 2007; Criminisi i drugi, 2009; De Marchis i drugi; Fontanazza i drugi). Kod ovih vodomroma se pruža mogućnost za obezbeđenje minimalnog vremena pri kom greška merenja vodomroma sigurno ostaje u granicama dozvoljenih grešaka. Prema rezultatima ispitivanja varijante br. 2 punjenjem rezervoara direktno iz vodovoda, uz obezbeđenje minimalnog vremena punjenja baždarenih proticaja, vodomrom bi merio dovod vode u rezervoar sa greškama merenja manjim od dozvoljenih.

Uz rešenje kvaliteta vode u ovim rezervoarima gore navedeni uslovi će se najpre obezbediti u naseljima gde su već izgrađeni ovakvi vodovodi, na pr. u naseljima bez obezbeđenih uslova za kontinualno snabdevanje potrošača vodom (npr. u Mozambiku, u Jemenu, u Jordaniji, u Libanonu, u Palestini, na Mediteranu u Evropi) i kod vodovoda koncipiranih u XIX veku (npr. u Velikoj Britaniji) (Cobacho i drugi, 2007; Criminisi i drugi, 2009; Evison i Sunna, 2001; Coelho i drugi,

2003; Trifunović, 2006; Matsinhe, 2008; Trifunovic, 2012).

6. ZAKLJUČAK

U vezi utvrđivanja greške rada vodomroma tokom merenja potrošnje u vremenu trajanja kraćem od vremena baždarenja ispitivanje je vršeno vodomrom klase B, nazivnog prečnika 20 mm i proticaja $Q_n=1,5$ m³/čas. Instalacija sa vodomrom u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici snabdevala se ili iz rezervoara (varijanta br. 1) ili iz vodovoda na fakultetu (varijanta br. 2).

Za Pravilnikom predviđene proticaje baždarenja utvrđeno je:

- a) da za vreme trajanja potrošnje kraće od vremena trajanja baždarenja dijapazoni greške merenja vodomroma mogu da budu i veći od dijapazona dozvoljenih grešaka; ova konstatacija važi za obe varijante,
- b) najveće greške se javljaju pri Q_{min} ; greške su veće kod varijante br. 1 – na primer, pri trajanju proticaja od 0,5 minuta greška može da bude čak i 32,1% (za tačnost očitavanja vodomroma od 2,5 centilitra), čak i 50,9% (za tačnost očitavanja vodomroma od 1 decilitra), odnosno čak i 277,4% (za tačnost očitavanja vodomroma od 1 litra),
- c) da bi greška merenja baždarenih proticaja sigurno bila manja od dozvoljenih, minimalno vreme trajanja merenja ovih proticaja je veće kod varijante br. 1 – na primer: 5 minuta (za tačnost očitavanja vodomroma od 2,5 centilitra), 9 minuta (za tačnost očitavanja vodomroma od 1 decilitra), odnosno 60 minuta (za tačnost očitavanja vodomroma od 1 litra), i
- d) usled uticaja rada ventila drugih točećih mesta u sistemu na koji je nadovezan vodovod domaćinstva sa vodomrom smanjeno je minimalno vreme trajanja merenja baždarenih proticaja – ali ne ispod 1 minuta.

Dobijeni rezultati mogu da pomognu baždarnicama pri usvajanju vremena baždarenja.

LITERATURA

- [1] Arregui, F; Cabrera Jr, E; Cobacho, R. (2006): *Integrated Water Meter Management*, IWA Publishing, London.

- [2] Arregui, F.J; Pardo, M.A; Parra, J.C; Soriano, J. (2007): *Quantification of meter errors of domestic users: a case study*, Proceedings of the Water Loss 2007 Conference, Bucharest, September 23-26, s. 1-11.
<http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=200>
- [3] Bajčetić, M. (2009): *Ekonomska efikasnost i rizici javnog preduzeća u vodoprivredi Srbije*, Vodoprivreda, N^o 240-242, s. 179-184.
- [4] Bajčetić, M; Stefanović, N. (2011): *Opšti principi i osnovni elementi strategije strukturnog razvoja upravljanja vodama i vodoprivrede*, Vodoprivreda, N^o 248-251, s. 69-77.
- [5] Buchberger, S.G; Wells, G.J. (1996): *Intensity, Duration, and Frequency of Residential Water Demands*, Journal of Water Resources Planning and Management, 122(1), s. 11-19.
- [6] Charalambous, B; Charalambous, S; Ioannou, I: *Meter Under-Registration caused by Ball Valves in Roof Tanks*, s. 710-719.
[http://www.aymcdonald.com/IntranetSales/ufr/Meter%20Under-Registration%20caused%20by%20Ball%20Valves%20in%20Roof%20\(2\).pdf](http://www.aymcdonald.com/IntranetSales/ufr/Meter%20Under-Registration%20caused%20by%20Ball%20Valves%20in%20Roof%20(2).pdf)
- [7] Cobacho, R; Arregui, F; Cabrera, E; Cabrera Jr, E. (2007): *Private Water Storage Tanks: Evaluating Their Inefficiencies*, Efficient 2007: The 4th IWA Specialised Conference of Efficient Use of Urban Water Supply, Conference Proceedings, Jeju Island, Korea, s. (1-8.)
<http://www.ita.upv.es/idi/descargaarticulo.php?id=173>
- [8] Coelho, S.T; James, S; Sunna, N; Abu Jaish, A; Chatila, J. (2003): *Controlling water quality in intermittent supply systems*, Water Science & Technology - Water Supply, 3(1-2), s. 119-125.
- [9] Criminisi, A; Fontanazza, C.M; Freni, G; La Loggia, G. (2009): *Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply*, Water Science & Technology-WST, 60(9), s. 2373-2382.
- [10] De Marchis, M; Freni, G; Napoli, E: *A Numerical Unsteady Friction Model for the Transient Flow Arising During the Filling Process of Intermittent Water Distribution Systems*, s. 1-6.
<ftp://ftp.optimale.com.br/CCWI2011/papers/253.pdf>
- [11] Đorđević, B. (2008): *Realizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture u skladu sa strategijom iz Prostornog plana Srbije*, Vodoprivreda, N^o 234-236, s. 215-226.
- [12] Evison, L; Sunna, N. (2001): *Microbial Regrowth in Household Water Storage Tanks*, Journal American Water Works Association, 93(9), s. 85-94.
- [13] Fantozzi, M; Criminisi, A; Fontanazza, C.M; Freni, G; Lambert A: *Investigations into under-registration of customer meters in Palermo (Italy) and the effect of introducing Unmeasured Flow Reducers*.
<http://www.arivalves.com/PDF/UFR/Fantozzi%20et%20Al%20Palermo%20case%20study%20V4%20030309.pdf>
- [14] Fontanazza, C.M; Freni, G; La Loggia, G; Notaro, V; Puleo, V: *A Performance-Based Tool for Prioritising Water Meter Substitution in a Urban Distribution Network*, s. (1-7.)
<ftp://ftp.optimale.com.br/CCWI2011/papers/191.pdf>
- [15] Hovanj, L. (2012a): *Impulsni propusni ventil u vodovodu jednog domaćinstva*, Vodoprivreda, N^o 258-260, s.155-162.
- [16] Hovanj, L. (2012b): *Uticaj neustaljenog tečenja vode u vodovodu na grešku merenja vodomera (The Impact of Unsteady Supply Pipeline Water Flow on Water Meter Measurement Error)*, In: Marko Ivetić, Radomir Kapor, Jasna Plavšić (Urednici): Zbornik radova sa 16. naučnog savetovanja Srpskog društva za hidraulička istraživanja (SDHI) i Srpskog društva za hidrologiju (SDH) Donji Milanovac, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, s. 271-280.
- [17] Hovany, L. (2012): *Error in Water Meter Measuring Due to Shorter Flow and Consumption Shorter than the Time the Meter was Calibrated*, In: Avi Ostfeld (Book edited by): Water Supply System - Selected Topics, InTech, Rijeka, s. 131-149.
- [18] Hovány, L. (2012): *Error in Water Meter Measuring at Water Flow Rate Exceeding Q_{min}* , In: EXPRES 2012. 4th IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources. Final Program, Subotica March 09-10, s. 63-65.
- [19] Hovány L. (2011a): *Impulzust keltő szeleppel kiegészített vízmérő*, Hidrológiai Közöny, 91(2), s. 23-26.
- [20] Hovány, L. (2011b): *The Contribution of UFR in Measuring Water Volume by Water Meter in a*

- Single Household*, EXPRES 2011. 3rd IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources, Subotica March 11-12, s. 75-78.
- [21] Hovány, L. (2013): *Providing the Conditions for Domestic Water Consumption Measurement by Water Meter*, EXPRES 2013. 5th IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources. Proceedings, Subotica March 21-23, Subotica: Subotica Tech; Budapest: Óbuda University, s. 11-15.
- [22] ISO 4064-3:2005(E) *Measurement of water flow in fully charged closed conduits – Meters for cold portable water and hot water*. Part 3: Test methods and equipment.
- [23] Jovanović, B; Ljubisavljevi, D; Rajaković, Lj. (2011): *Uklanjanje arsena iz vode adsorbicijom na nekonvencionalnim materijalima*, Vodoprivreda, N^o 252-254, s. 127-150.
- [24] Kaluderović, D. (2008): *Mogućnosti remedijacije izdani zagađene nitritima metodom in situ biodenitrifikacije*, Vodoprivreda, N^o 234-236, s. 227-232.
- [25] Matsinhe, N.P; Juizo, J; Persson, K.M. (2008): *The effect of intermittent supply and household storage on the quality of drinking water in Maputo*, In: Challenges and Opportunities for Safe Water Supply in Mozambique. <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1227316&fileId=1227505>
- [26] Ljubisavljević, D, Rajaković Ognjanović, V. (2012): *Uklanjanje nitrata iz vode za piće primenom biološke denitrifikacije*, Vodoprivreda, N^o 258-260, s.163-169.
- [27] OIML R 49-2:2006 (E), *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water*. Part 2: Test methods.
- [28] Polomčić, D; Stefanović, Z; Bajić, D; Hajdin, B; Ristić Vukanjac, V; Dokmanović, P;Milaković, S. (2012): *Vodosnabdevanje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima u Srbiji*, Vodoprivreda, N^o 258-260, s. 225-232.
- [29] *Pravilnik o metrološkim uslovima za vodomere*. Službeni list SFRJ, Beograd 1986, 51, s. 1509-1513.
- [30] Rizzo, A; Cilia, J. (2005): *Quantifying Meter Under-Registration Caused by the Ball Valves of Roof Tanks (for Indirect Plumbing Systems)*, IWA Specialised Conference Leakage 2005, Conference Proceedings, Halifax, Nova Scotia, Canada, p.106, s. 1-12.
- [31] SRPS EN 14154-3:2010 (en), *Merila protoka vode*, Deo 3: Metode ispitivanja i oprema.
- [32] Toholj, N; Glavaš, S; Jolović, B. (2012): *Pitka voda u sistemu vodosnabdevanja stanovništva u RS*, Vodoprivreda, N^o 258-260, s. 241-246.
- [33] Trifunović, N. (2006): *Introduction to Urban Water Distribution*, Taylor&Francis, London, Leiden, New York, Philadelphia, Singapore.
- [34] Trifunovic, N. *Water Transport & Distribution*, UNESCO-IHE, Delft, 05.03.2012. oc.its.ac.id/ambilfile.php?idp=1897

WATER METER ACCURACY AT MEASURING CALIBRATED WATERFLOW

by

Lajoš HOVANJ

University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica,
Dept. of Hydraulic, Water Resources and Environmental Engineering,
Kozaracka 2/a, 24000 Subotica

Summary

The error in measuring water consumption by water meter (class B, rated diameter 20 mm and flow of $Q_n=1,5 \text{ m}^3/\text{hour}$) in duration shorter than the duration of the calibration test was examined from September 2011 through May 2012. In case of calibration flows set by the Protocol it has been established, that a) the measuring error ranges of the water meter may exceed the range of permitted errors, b) major errors occur at Q_{\min} , and c) in order to ensure that the measuring error of calibrated flows is below the permitted values, the

minimum measurement duration of these flows was defined. Test results presented on the 16th conference of the Serbian Society of Hydraulic Research in October 2012 have been supplemented in this paper wherein the reduced time of calibration was especially considered since mid 2013.

Key words: water meter of a single household, consumption duration, water meter operation error

Redigovano 17.11.2013.