

IMPULSNI PROPUSNI VENTIL U VODOVODU JEDNOG DOMAĆINSTVA

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

REZIME

Od 2007. godine stručna literatura preporučuje upotrebu impulsnog propusnog ventila, za poboljšanje merenja zapremine vode vodomermom, kod proticaja manjeg od Q_{\min} . Za izučavanje ovog problema u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici izgrađen je sistem vodovoda sa dva izlivna mesta (potrošnja i gubitak vode su mereni na vodomermima br. 2 i 3), ukupnog proticaja manjeg od Q_n . Prema pritisku i proticaju vode sistem odgovara vodovodu u jednom domaćinstvu. Vodomeri su nazivnih prečnika 20 mm – proizvodnje DOO „Potiski vodovodi” iz Horgoša. Uzvodno od vodomera br. 3 ugrađen je impulsni propusni ventil proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima, nazivnog prečnika 20 mm, varijanta proizvodnje T30. U radu su prikazani rezultati merenja na instalaciji u Subotici.

Ključne reči: vodovodna instalacija, vodomerm, impulsni propusni ventil

1. UVOD

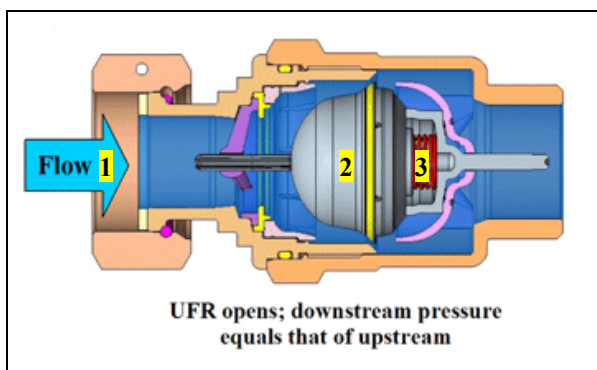
Sa sve većim zaoštavanjem krize vode u svetu, raste potreba da se što je moguće više racionalije potrošnja vode u svim vidovima njenog korišćenja. Racionalizacija potrošnje vode u vodovodnim sistemima ima poseban značaj, jer se radi o resursu koji je sve teže dostupan i čije je zahvatanje, prečišćavanje i dovođenje do potrošača postaje sve otežanije i skuplje. Takav pristup što racionalnijem korišćenju vode definisan je i u Prostornom planu Srbije (Đorđević, 2008), sa strateškim ciljem da se smanji specifična potrošnja i snize i ograniče gubici u dovodnim i distribucionim sistemima. Čak i u uslovima konvencionalnih postupaka prečišćavanja vode za piće (Busuladžić, 2009) rastu troškovi prečišćavanja i distribucije vode, tako da voda sve ubrzanije dobija atribute ekonomske kategorije (Bajčetić, 2007), čija

efektivnost korišćenja i preciznog merenja postaje najbitnija za uspešnost poslovanja preduzeća koja održavaju i razvijaju takve sisteme (Bajčetić, 2009). Zbog takve strategija sve veće racionalizacije potrošnje naglo dobija na značajnosti i razvoj metoda za izradu i kalibraciju matematičkih modela vodovodnih sistema, kojima se takvi sistemi čine osmotrivim i upravljivim (Branislavljević i Prodanović, 2008). Takve sisteme prati i sve brži razvoj informacionih sistema, kao i sistema za daljinsko upravljanje vodovodnim sistemima u realnom vremenu (Kulić i drugi, 2007).

Jedan od ključnih zadataka u svim tim strateškim naporima da se smanji specifična potrošnja vode u vodovodnim sistemima je usavršavanje metoda i uređaja za merenje na mestima potrošnje, na vodomermima. Posebno je bitno otkloniti nepreciznosti merenja u pojedinim režimima potrošnje. Prema Pravilniku o metrološkim uslovima za vodomere Republike Srbije vodomerm je nepouzdan za merenje zapremine vode pri proticaju manjem od Q_{\min} (Hovanj, 2010; Hovány 2011a; Hovány 2011b). Za vodomerm nazivnog prečnika 20 mm, korišćen u domaćinstvima ove zemlje, najmanji proticaj je $Q_{\min}=0,016-0,060$ m³/čas. Vodomermom se znači nepouzdanost meri zapremina vode usled curenja na slavini, s proticajem 0,003-0,007 m³/čas (kap po kap) i 0,010-0,016 m³/čas (mlaz), na bateriji u kupatilu pri 0,010-0,014 m³/čas (u vrlo tankom mlazu), te na vodokotliću pri 0,004-0,025 m³/čas. Od 2007. godine za rešenje navedenog problema preporučuje se ugradnja impulsnog propusnog ventila (impulse valve, unmeasured-flow reducer, skraćenica: UFR) kod vodomera.

Impulsni propusni ventil radi na osnovu razlike uzvodnog i nizvodnog pritiska kod ventila od 0,4 bara. Za razliku pritiska manju od navedene impulsni propusni ventil zatvara proticanje vode kroz vodomerm – opruga je jača od sile nastale razlikom uzvodnog i

nizvodnog pritiska. Usled gubitka vode curenjem iz vodovoda razlika pritiska prekoračuje graničnu vrednost, pa se impulsni propusni ventil otvara, a propuštanjem vode s proticajem od bar Q_{\min} vodomera registruje proteklu zapreminu vode. Impulsni propusni ventil proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima se koristi za regulaciju merenja zapremine vode s proticajem manjim od $0,026 \text{ m}^3/\text{čas}$.



Slika 1. Smer strujanja vode (1), čep (2) i opruga (3) impulsnog propusnog ventila proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima (Davidesko, 2007)

Objavljeni radovi u vezi doprinosa impulsnog propusnog ventila u merenju zapremine vode vodomermom se odnose na rezultate merenja pojedinačnih vodomera i na delovima vodovoda.

U baždarnici u Udinama (Italija) testiran je rad 33 vodomera s impulsnim propusnim ventilom proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima (Fantozzi). Vodomeri su nazivnog prečnika 20 mm, klase C, $Q_{\min}=0,025 \text{ m}^3/\text{čas}$, stari 1-7 godina. Radom impulsnog propusnog ventila vodomermima je izmerena veća zapremina vode: pri mirovanju propelera vodomera za 94%, za proticaj prilikom početka okretanja propelera vodomera (u nastavku će se obeležiti sa Q_a , čija vrednost u radu nije navedena) 31,8%, a za Q_{\min} 14,4%. Najveći doprinos ventila utvrđen je znači za proticaj pri mirovanju propelera vodomera. Zbog karakteristike ugrađenih vodomera u Republici Srbiji, slično istraživanje je potrebno za vodomere sa $0,025 \text{ m}^3/\text{čas} < Q_{\min} < 0,060 \text{ m}^3/\text{čas}$.

Na delovima vodovoda ispitivanja su vršena u Jerusalemu, u Larnaki (Kipar), na Malti, u Kingstonu (Tenesi, SAD) i u Palermu (Italija). Tokom svakog testiranja vršena su dva bilansiranja – bez rada impulsnog propusnog ventila i sa radom ovog ventila. Upoređenjem rezultata bilansiranja za ova dva stanja

utvrđen je doprinos impulsnog propusnog ventila tokom merenja zapremine vode vodomermom.

Od marta 2005. godine tokom 14 meseci (8 meseci bez impulsnog propusnog ventila i 6 meseci uz rad ovog ventila) u Jerusalemu je na dva sistema vršeno ispitivanje – prvom sa 120, a drugom sa 360 vodomera (Davidesko, 2007; Yaniv, 2009). Korišćeni vodomeri klase B imali su sledeće karakteristike:

$Q_a=0,012 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_{\min}=0,050 \text{ m}^3/\text{čas}$ i nazivni protok $Q_n=2,5 \text{ m}^3/\text{čas}$. Radom impulsnih propusnih ventila vodomermima je izmerena veća zapremina vode za 16,0-6,1=9,9% (na sistemu sa 120 vodomera) i 26,0-18,8=7,2% (na sistemu sa 360 vodomera).

Od oktobra do decembra 2006. godine u Larnaki nedeljnom bilansiranjem je ispitivan sistem vodovoda sa 280 vodomera, klase B i C, starosti preko 1-15 godina (Yaniv, 2009). Impulsnim propusnim ventilima izmerena je 19,58-9,66=9,92% veća zapremina vode.

Tri ispitivanja su vršena na sistemu sa 26 domaćinstava na Malti (Rizzo i drugi, 2007a; Rizzo i drugi, 2007b). Vodomeri nazivnog protoka $1 \text{ m}^3/\text{čas}$, klase D su bili prosečne starosti 5 godina. Vremenski razmak za bilansiranje vode je bio nedelju dana. Radom impulsnih propusnih ventila vodomermima je izmereno 26,7-21,2=5,5%, 28-22,2=5,8% i 18,1-12,1=6% više vode nego bez ovih ventila.

Tokom 6-10. juna 2008. godine u Kingstonu su instalirani impulsni propusni ventili na delu vodovoda sa 35 vodomera (Haas i Barger, 2009). Vodomeri (stari oko četiri godine) su baždareni pre merenja. Upotrebom impulsnih propusnih ventila izmerena je veća potrošnja vode: za jul 2008. g. 10,4%, za avgust 2008. g. 9,5%, za septembar 2008. g. 4,9%, za oktobar 2008. g. 11,9%, za novembar 2008. g. 7,6%, za decembar 2008. g. 8,9%, za januar 2009. g. 3,9%, za februar 2009. g. 8,4% i za mart 2009. g. 11,6%.

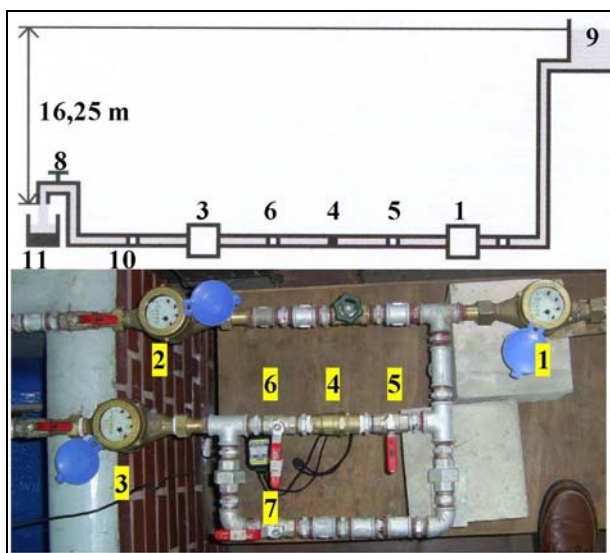
U Palermu, na delu vodovoda sa 52 vodomera izvršena su dva bilansiranja: od 24. oktobra do 14. novembra 2008. g. bez rada impulsnih propusnih ventila, te od 12. decembra 2008. g. do 9. januara 2009. g. sa radom ovih ventila (Fantozzi i drugi). Vodomeri nazivnog prečnika 15 mm ili su imali 11 godina (33 klase C), ili su bili stariji (17 klase B i 2 klase A). Radom impulsnih propusnih ventila utvrđena je 28,06-18,91=9,15% veća zapremina potrošene vode.

Upotreba impulsnog propusnog ventila pospešuje merenje potrošnje vode pri manjim proticajima od Q_{\min} .

Zadovoljavanjem uslova da se iz vodovoda gubi voda proticajem manjim od Q_a i da je potrošnja vode Q_{min} , u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici izgrađen je vodovod za jedno domaćinstvo. Cilj istraživanja je da se utvrdi doprinos impulsnog propusnog ventila u merenju zapremine vode vodomermom nazivnog prečnika 20 mm i proticaja $0,025 \text{ m}^3/\text{čas} < Q_{min} < 0,060 \text{ m}^3/\text{čas}$.

2. OPIS LABORATORIJSKE INSTALACIJE I ISPITIVANIH STANJA

Godine 2010. u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici izgrađen je sistem vodovoda sa dva izlivna mesta – potrošnja i gubitak vode su mereni vodomermima br. 2 i 3.



Slika 2. Sistem vodovoda sa dva izlivna mesta u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici

1-3 – vodomermi, 4 – impulsni propusni ventil, 5-8 – propusni ventili, 9 – rezervoar, 10 – odvodno crevo od vodomera br. 3, 11 – kanister sa vagom za merenje težine vode protekle kroz vodomerm br. 3

Bilans vode sistema su činili dovedena zapremina vode (merena vodomermom br. 1), od legalnih potrošnji fakturisana izmerena potrošnja (merena vodomermom br. 2), a od ukupnog gubitka vode zapremina koja se javlja zbog netačnosti merenja vodomera proticajem manjim od Q_{min} (merena vodomermom br. 3).

Rad impulsnog propusnog ventila je regulisan propusnim ventilima br. 5, 6 i 7 – na primer zatvaranjem

propusnih ventila br. 5 i 6 impulsni propusni ventil je isključen iz rada.

Zapremine vode protekle kroz vodomere br. 1, 2 i 3 su utvrđene razlikom dva čitanja na vodomermima. Uz merenje vremena (štopericom) između dva čitanja, pomoću utvrđene zapremine vode, izračunati su proticaji Q_1 , Q_2 i Q_3 . Zapremina vode protekla kroz vodomerm br. 3 je utvrđena i merenjem težine vode u kanistru (zapremine 16 litara) i gustine vode.

U sistem vodovoda ugrađeni su novi, baždareni višezlazni propelerni vodomermi sa mokrim mehanizmom, za vodu temperature do 30°C , nazivnog prečnika 20 mm, klase B, sa sledećim karakterističnim proticajima: $Q_a < 0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_{min} = 0,050 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_t = 0,200 \text{ m}^3/\text{čas}$ i $Q_n = 2,500 \text{ m}^3/\text{čas}$. Vodomermi su proizvodnje DOO „Potiski vodovodi” iz Horgoša.

Korišćeni impulsni propusni ventil proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima je nazivnog prečnika 20 mm, varijanta proizvodnje T30. Ugrađen je uzvodno od vodomera br. 3. Prema preporuci proizvođača ventila, zbog nesmetanog rada ventila između vodomera br. 3 i propusnog ventila br. 8 ugrađeno je odvodno crevo dužine 6 m.

Iz rezervoara je gravitacijom dovedena voda do instalacije. Prema pritisku i proticaju vode instalacija je prezentovala stanje u vodovodu u jednom domaćinstvu.

Ispitivana su dva stanja: a) $Q_2 = 0$ i

$$b) Q_{min} \leq Q_2 \leq Q_n.$$

Po Pravilniku o metrološkim uslovima za vodomere Republike Srbije greška merenja vodomera je:

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

gde su: V_i – zapremina vode, protekla kroz vodomerm, registrovana na brojaču vodomera, i V_c – zapremina vode, protekla kroz vodomerm, izmerena u kanistru na vagi.

Za stanje $Q_2 = 0$, pri proticajima $Q_3 < 0,026 \text{ m}^3/\text{čas}$, ispitivana je promena greške rada vodomera bez rada impulsnog propusnog ventila i sa radom ovog ventila kod vodomera br. 3. Vreme ustaljenja strujanja vode, t_{ust} je utvrđeno uz kriterijum da greška rada vodomera bude manja od

$$G \leq G_{sr} \pm \sigma (\%) \quad (2)$$

gde su: G_{sr} – srednja vrednost greške vodomera tokom ustaljenog strujanja vode, te σ – standardna devijacija greške vodomera tokom ustaljenog strujanja vode.

Za stanje $Q_{min} \leq Q_2 \leq Q_n$ utvrđena je greška bilansiranja vode na instalaciji:

$$G_b = \frac{100(V_2 + V_3 - V_1)}{V_1} \quad (\%) \quad (3)$$

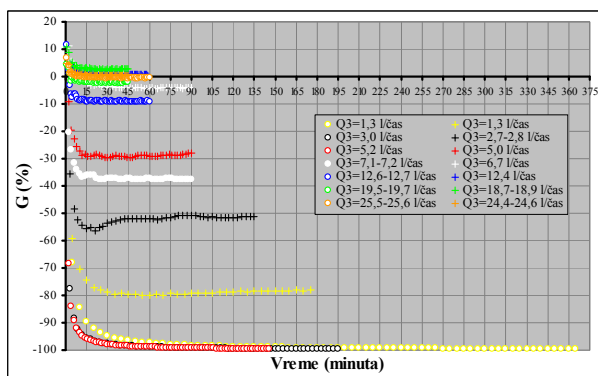
gde su: V_1 – zapremina vode protekla kroz vodomer br. 1 za t_{ust} , i $V_2 + V_3$ – zapremine vode protekle kroz vodomere br. 2 i 3 za t_{ust} .

Greška bilansiranja je proverena za četiri proticaja Q_2 – za dva proticaja $Q_{min} \leq Q_2 \leq Q_t$ i za dva proticaja $Q_t \leq Q_2 \leq Q_n$. Serije su obuhvatale 1-5 merenja.

Grešku bilansiranja izazivaju greške rada vodomera za merenje zapremine vode: do $\pm 5\%$ za $Q_{min} \leq (Q_1 \text{ i } Q_2) \leq Q_t$ i do $\pm 2\%$ za $Q_t \leq (Q_1 \text{ i } Q_2) \leq Q_n$, te nepoznate vrednosti za $Q_3 < Q_{min}$. Pošto je proticaj Q_3 uvek bio manji od Q_{min} , za ispitivana stanja nema granice dozvoljene greške bilansiranja.

3. REZULTATI MERENJA

Za stanje $Q_2 = 0$ ispitivana je promena greške rada vodomera (G) za dva stanja – bez rada impulsnog propusnog ventila i sa radom ovog ventila kod vodomera br. 3.



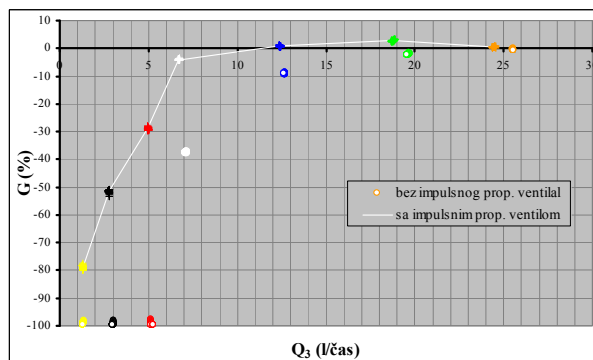
Slika 3. Promena greške (G) rada vodomera br. 3 tokom vremena u funkciji proticaja Q_3 za stanja bez rada impulsnog propusnog ventila (krugovi) i sa radom ovog ventila (krstovi)

Uz kriterijum opisan jednačinom (2) utvrđeno je vreme ustaljenja strujanja vode t_{ust} čije su vrednosti date u tabeli 1.

Tabela 1. Vreme ustaljenja strujanja vode u instalaciji t_{ust} , u funkciji proticaja Q_3

Q_3 l/čas	t_{ust} (minuta) bez imp. propusnog ventila
25,5	15
19,6	10
12,7	16
7,1	24
5,2	86
3	108
1,3	215
Q_3 l/čas	t_{ust} (minuta) sa imp. propusnim ventilom
24,4	8
18,7	13
12,4	16
6,7	28
5	12
2,8	48
1,3	30

Pri ustaljenom strujanju vode greška rada vodomera definisana jednačinom (1) prikazana je na slici 4.



Slika 4. Greška (G) rada vodomera br. 3 pri ustaljenom strujanju vode, u funkciji proticaja Q_3 , za stanja bez rada impulsnog propusnog ventila i sa radom ovog ventila

Greška rada vodomera br. 3 bez rada impulsnog propusnog ventila je veća od greške rada vodomera sa radom ovog ventila.

Merenjem je potvrđeno da je $Q_a < 0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$ – između $0,0052$ i $0,0067 \text{ m}^3/\text{čas}$.

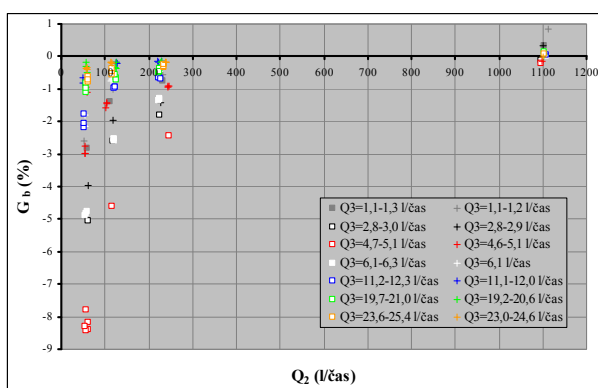
Povećanjem proticaja Q_3 ka proticaju Q_a radom impulsnog propusnog ventila se povećava doprinos u merenju zapremine vode vodomrom:

za $Q_3=0,0013 \text{ m}^3/\text{čas}$ doprinos je $99,43-78,98=20,45\%$, za $Q_3=0,005-0,0052 \text{ m}^3/\text{čas}$ $99,44-28,97=70,47\%$.

Za proticaje $Q_3 > Q_a$ do $Q_3=0,026 \text{ m}^3/\text{čas}$ doprinos u merenju zapremine vode vodomrom se smanjuje: za proticaj $Q_3=0,0067-0,0072 \text{ m}^3/\text{čas}$ doprinos je $37,47-4,06=33,41\%$, a za $Q_3=0,0244-0,0256 \text{ m}^3/\text{čas}$ $0,49+0,47=0,96\%$.

Bez rada impulsnog propusnog ventila vodomrom uvek prikazuje manju zapreminu vode od stvarne vrednosti. Uz rad impulsnog propusnog ventila kod proticaja $Q_3=0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$ rad vodomera se menja: za proticaje $Q_3 < 0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$ vodomrom prikazuje manju zapreminu od stvarne vrednosti, dok za $Q_3 > 0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$ veće (ne veće od 2,7%) od stvarne vrednosti.

Za stanje $Q_{\min} \leq Q_2 \leq Q_n$ greške bilansiranja opisane jednačinom (3) date su na slici 5.



Slika 5. Greška bilansiranja (G_b) vode na instalaciji, u funkciji proticaja Q_2 i Q_3 , za stanja bez rada impulsnog propusnog ventila (kvadrati) i sa radom ovog ventila (krstovi)

Za ispitivana stanja najveće vrednosti greške bilansiranja su $+0,83$ i $-8,42\%$. Povećanjem proticaja Q_2 smanjuje se greška bilansiranja.

Uz rad impulsnog propusnog ventila najveći doprinos u merenju zapremine vode vodomromom ($8,42-0,95=7,47\%$) utvrđen je za rad instalacije pri proticajima $Q_2=0,0559-0,0577 \text{ m}^3/\text{čas}$ i $Q_3=0,0049-0,005 \text{ m}^3/\text{čas}$.

4. DISKUSIJA

Pri stanju $Q_2=0$ rezultat ovih ispitivanja daje uvid u doprinos impulsnog propusnog ventila u merenju zapremine vode za proticaje $Q_3 < Q_a$: povećanjem

proticaja Q_3 ka proticaju Q_a radom ventila se povećava doprinos.

Najveći doprinos ventila je za proticaj manji od Q_a , pre pokretanja propelera vodomera. Rezultat merenja je znači potvrdio i dopunio rezultat dobijen u Udinama. Za vodomrom nazivnog prečnika 20 mm, povećanjem proticaja Q_{\min} sa $0,025 \text{ m}^3/\text{čas}$ na $0,050 \text{ m}^3/\text{čas}$, najveći doprinos ventila se smanjuje sa 94% na $70,47\%$.

Povećanjem proticaja $Q_3 > Q_a$ do $Q_3=0,026 \text{ m}^3/\text{čas}$ doprinos ventila se smanjuje. I ovaj rezultat ispitivanja je potvrdio rezultat iz Udina, te ga dopunio u sledećem: za proticaje $Q_3 > 0,010 \text{ m}^3/\text{čas}$, uz rad ventila, vodomrom može da prikazuje i veće zapremine vode (ne veće od 2,7%) od stvarne vrednosti.

Za stanje $Q_{\min} \leq Q_2 \leq Q_n$ najveći doprinos ventila u vodovodu jednog domaćinstva ($7,47\%$) je pri potrošnji vode proticajem oko Q_{\min} i gubitku vode proticajem oko Q_a , pre pokretanja propelera vodomera.

5. ZAKLJUČAK

Prema pritisku i proticaju vode instalacija vodovoda u hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici prezentovala je stanje u vodovodu u jednom domaćinstvu. Vodomromi su proizvodnje DOO „Potiski vodovodi” iz Horgoša, nazivnog prečnika 20 mm, sa sledećim karakterističnim proticajima: proticaj kod pokretanja propelera vodomera (Q_a) je između $0,0052$ i $0,0067 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_{\min}=0,050 \text{ m}^3/\text{čas}$, $Q_t=0,200 \text{ m}^3/\text{čas}$ i $Q_n=2,500 \text{ m}^3/\text{čas}$. Uzvodno od vodomera br. 3 ugrađen je impulsni propusni ventil (proizvodnje A.R.I. iz Jerusalima) nazivnog prečnika 20 mm, varijanta proizvodnje T30.

Najveći doprinos impulsnog propusnog ventila u merenju zapremine vode vodomromom u jednom domaćinstvu je kod gubitka vode proticajem oko Q_a , pre pokretanja propelera vodomera:

- $70,47\%$ pri proticajima $Q_2=0$ i $Q_3=0,005-0,0052 \text{ m}^3/\text{čas}$,
- $7,47\%$ pri proticajima $Q_2=0,0559-0,0577 \text{ m}^3/\text{čas}$ i $Q_3=0,0049-0,0050 \text{ m}^3/\text{čas}$.

Radi utvrđivanja doprinosa impulsnog propusnog ventila u merenju zapremine vode vodomromom prema opisanom postupku, laboratorijsko istraživanje bi trebalo izvršiti za sve vrste vodomera korišćenih u domaćinstvima Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Bajčetić, M. (2009): *Ekonomska efektivnost i rizici javnog preduzeća u vodoprivredi Srbije*. Vodoprivreda, Beograd 240-242, str. 179-183.
- [2] Bajčetić, M. (2007): *Ekonomske karakteristike vodoprivrede i vodoprivredne usluge*. Vodoprivreda, Beograd 228, str. 163-171.
- [3] Branislavljević, N., Prodanović, D. (2008): *Kalibracija matematičkih modela vodovodnih sistema primenom genetskog algoritama*. Vodoprivreda, Beograd 239-236, str. 191-200.
- [4] Busuladžić, H. (2009): *Konvencionalne metode prečišćavanja vode za piće*. Vodoprivreda, Beograd 237-239, str. 61-68.
- [5] Davidesko, A. (2007): *UFR – an innovative solution for water meter under registration. Case study in Jerusalem, Israel*. Proceeding of the Water Loss 2007 Conference, Bucharest, September 23-26., p. 704-709.
- [6] Đorđević, B. (2008): *Realizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture u skladu sa strategijom iz Prostornog plana Srbije*. Vodoprivreda, Beograd 234-236, str. 215-225.
- [7] Fantozzi, M.: *Reduction of customer meter under-registration by optimal economic replacement based on meter accuracy testing programme and Unmeasured Flow Reducers*.
<http://www.studiomarcofantozzi.it/Aprile09/Fantozzi%20AppLosses%20WL09%20Paper%20V11%20250209.pdf>
- [8] 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%20A1%20Palermo%20case%20study%20V4%20030309.pdf>
- [9] Haas, B., Barger, W. (2009): *Wattsbar utility UFR pilot summary*. 04.03.2009.
http://www.aymcdonald.com/IntranetSales/ufr/WATTTSBAR%204_3_09.pdf
- [10] Hovanj, L. (2010): *Greška bilansiranja vode vodovoda pri manjem proticaju od Q_{min} – merena vodomerom*. Voda i sanitarna tehnika, Beograd 2010, 40(3), str. 35-42.
- [11] Hovány L. (2011a): *Impulzust keltő szeleppel kiegészített vízmérő*. Hidrológiai Közlöny, Budapest 2011, 91(2), p. 23-26.
- [12] 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, 2011, p. 75-78.
- [13] Kulić, F., Jelić, Z., Francuski, Lj., Lendak, I., Zarić, S. (2007): *Jedno rešenje sistema daljinskog nadzora i upravljanja vodovodnim sistemom upotrebom bežične komunikacije*. Vodoprivreda, Beograd 229-230, str. 303-309.
- [14] Rizzo, A., Bonello, M., Galea St. John, S. (2007a): *Trials to Quantify and Reduce in-situ Meter Under-Registration*. Proceeding of the Water Loss 2007 Conference, Bucharest, September 23-26., 695-703.
- [15] Rizzo, A., Vermersch, M., Galea St. John, S., Micallef, G., Riolo, S., Pace, R. (2007b): *Apparent Water Loss Control. The way Forward*. 2007.
<http://www.iwaom.org/datosbda/Descargas/48.pdf>
- [16] Yaniv, S. (2009): *Reduction of Apparent Losses Using the UFR (Unmeasured-Flow Reducer). Case Studies*. Efficient 2009 Conference, Sydney, October 25-29., p. 1-8.
<http://www.arivalves.com/PDF/UFR/Reductions%20of%20Apparent%20Losses.pdf>

UNMEASURED-FLOW REDUCER OF A SINGLE HOUSEHOLD

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

Application of unmeasured-flow reducer in order to improve accuracy in water consumption measurements at discharges lower than Q_{\min} is recommended by professional papers since 2007. A test rig was set up in the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Subotica (Republic of Serbia) to model two-outlet water supply systems (consumption was measured by water meters no. 2 and 3), with total flow rate lower than Q_n . According to the applied pressure and flow, the system models the water supply pipeline of a single household. The rated diameter of water

meters is 20 mm, manufactured by Potiski vodovodi /Tisa Region Waterworks/ Ltd. Horgos (Republic of Serbia). Upstream to water meter no. 3 a UFR was installed, manufactured by A.R.I. from Jerusalem (Israel), having rated diameter of 20 mm, product type T30. This paper presents the results of relevant laboratory measurements performed on the test rig set up in Subotica.

Key words: water supply fittings, water meter, Unmeasured-Flow Reducer (UFR)

Redigovano 27.08.2012.