

UPRAVLJANJE RADNIM PRITISKOM U CILJU SMANJENJA GUBITAKA

APSTRAKT: Upravljanje radnim pritiskom je ključ efikasnog smanjenja gubitaka, pa se rad vodovodnih sistema često usmerava ka njegovom maksimalnom smanjenju, uz zadovoljenje potreba svih potrošača. U tom cilju, na postrojenju za tretman vode za piće vodovoda Bečež je ugrađen frekventni regulator sa kontrolom rada pumpi prema pritisku na samom postrojenju. Smanjenjem noćnog pritiska na ulazu u sistem za 50% postignuta je značajna ušteda vode, a samim tim i finansijskih sredstava. Dalje poboljšanje se može postići dnevnom regulacijom pritiska, vodeći računa o snabdevanju tokom perioda maksimalne potrošnje, primenom složenih kontrola rada pumpi, na osnovu pritiska merenog na kritičnim lokacijama u mreži. Ključne reči: gubici, upravljanje pritiskom, kontrola rada pumpi

WATER LOSSES REDUCTION BY MANAGING OPERATIONAL PRESSURE

ABSTRACT: Managing operational pressure is essential for effective reduction of water losses, so system operation is directed towards its maximum reduction with fulfilling the demand of each customer. With this objective, the variable speed drive for pumps was installed on the drinking water treatment plant of Bečež Water Supply System, with downstream pressure control. The reduction of the night pressure for 50% resulted in significant water savings and, hence, financial savings. The further improvement can be achieved with the daily pressure regulation, where control can be taken on the most critical location in the network, taking care of the supplying during the periods of the maximum hour consumption. Key words: water losses, managing pressure, pump control performance

1 UVOD

Procenat gubitaka je značajan pokazatelj efikasnosti jednog vodovodnog sistema [3]. Veliki procenat, koji tokom vremena ima trend porasta, ukazuje na neefikasno upravljanje sistemom i njegovo loše održavanje. Ovom problemu se mora ozbiljno pristupiti kroz izradu programa aktivne kontrole gubitaka.

Posledice gubitaka u vodovodnom sistemu su mnogobrojne [6]. One mogu dovesti do oštećenja puteva, kanalizacionih vodova i drugih infrastrukture, usled kvašenja i sleganja tla. Usled velikih gubitaka može doći do pada pritiska u sistemu i nestanka vode kod određenog broja potrošača. Finansijski momenat je takođe značaj-

jan, jer se veliki deo sredstava vodovoda troši na popravku oštećenja u sistemu i na povećane troškove pumpanja i potrošnje električne energije. Gubici utiču i na zdravlje potrošača, jer usled malih pritisaka može doći do zagađenja vode za piće otpadnim vodama, koje ulaze u sistem kroz oštećene spojeve i cevi.

Ključna osnova za smanjenje gubitaka u sistemu je regulisanje pritiska. U radu se opisuje na koji način gubici zavise od promene pritiska. Na primeru vodovoda Bečež, prikazana je mogućnost smanjenja gubitaka regulisanjem pritiska na ulazu u sistem. Pritisak se reguliše kontrolom rada pumpi pomoću frekventnog regulatora.

2 UTICAJ PRITISKA NA GUBITKE

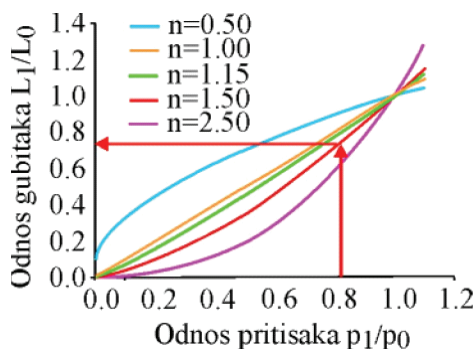
Na osnovu analize velikog broja eksperimentalnih i podataka sa terena, došlo se do zaključka da pritisak višestruko utiče na gubitke u sistemu [4]. Usled povećanja pritiska povećaće se curenja na spojevima i pukotinama i, posebno na starijim mrežama, nastaće veći broj pucanja cevi u kratkom vremenskom periodu.

Uticao regulacije pritiska na smanjenje gubitaka može se prikazati na sledeći način:

$$L_1/L_0 = (p_1/p_0)^n \quad (1)$$

gde je L_1/L_0 = odnos gubitaka pre i nakon regulacije pritiska, p_1/p_0 = odnos pritiska i n = stepen zavisnosti [4]. Ispitivanja su pokazala da sistemi kod kojih postoje gubici na metalnim cevima, gde površina isticanja ne zavisi od promene pritiska, imaju stepen n oko 0.5. Međutim, manja curenja na fleksibilnim cevima, kod kojih se površina isticanja menja u zavisnosti od pritiska, imaju stepen $n=1.5$ i veći. Prema tome, dok u manjim vodovodnim sistemima stepen n može imati bilo koju vrednost u intervalu od 0.5 do 2.5, zavisnost pritiska i gubitaka kod velikih sistema sa cevima različitih materijala je obično skoro linearna ($n=1$). Ove zavisnosti su prikazane na slici 1. Dijagram pokazuje da, kod sistema sa $n=1.5$, ukoliko se pritisak smanji za 20%, gubici će se smanjiti za 25%.

Za proračun gubitaka u nekom vodovodnom sistemu potrebno je odrediti stepen zavisnosti na osnovu merenja pritiska i protoka [5]. Merenja treba obaviti tokom noći, kada su stabilni uslovi potrošnje vode. Potrebno je napraviti naglo smanjenje ili povećanje pritiska, i kontinualno meriti protok. Iz najmanje tri serije merenja treba odrediti srednju vrednost eksponenta n . Ovaj postupak se naziva "step test" i njegova primena prikazana je na primeru vodovoda Bečej.



Slika 1. Zavisnost gubitaka od promene pritiska

3 REGULACIJA PRITISKA

Vodovodni sistem grada Bečej nema rezervoar u mreži, tako da se neravnomernost potrošnje zadovoljava regulacijom rada pumpi na potisu postrojenja za tretman vode za piće [2]. Kriterijum za upravljanje je zahtevani pritisak na izlazu iz postrojenja, koji obezbeđuje snabdevenost vodom svih potrošača. Tokom dana, u periodu od 05:30 do 22:30 časova, održava se pritisak od 4 bara, dok se noću on smanjuje na 2 bara.

Prvobitno je regulacija pritiska na potisu pumpe vršena otvaranjem/zatvaranjem izlaznog zatvarača. Nedostatak ovog postupka je što nije moguće precizno održavanje pritiska i brza promena rada pumpi u zavisnosti od stanja u sistemu. Takođe, gubi se velika količina energije, jer pumpa konstantno radi sa punim brojem obrtaja.

U februaru 2006. godine pušten je u rad frekventni regulator, koji je spojen sa senzorom pritiska na izlazu iz postrojenja. Na osnovu dobijenog signala on automatski menja broj obrtaja (frekvenciju) motora pumpe, tako da se obezbedi zahtevani pritisak. Promena frekvencije motora ima za posledicu promenu karakteristika pumpe i angažovane snage motora, pri čemu se smanjenjem broja obrtaja smanjuje snaga pumpe, a samim tim i utrošena energija i troškovi pumpanja [1]. Korišćenjem frekventnog regulatora izbegava se i veći broj uključivanja/isključivanja pumpe u toku dana, čime se produžava njen radni vek.

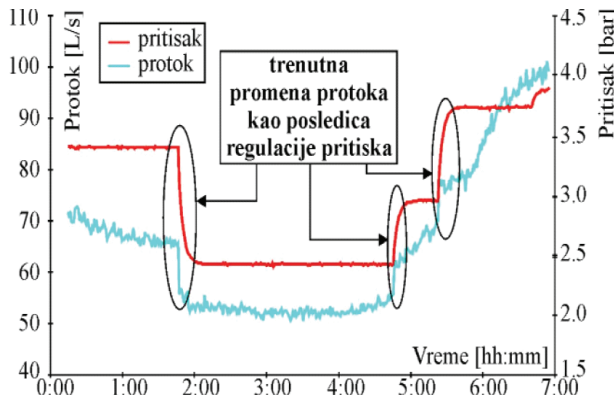
Na osnovu proračuna potrošnje električne energije na postrojenju za tretman vode za piće pre i nakon ugradnje frekventnog regulatora, dobijeno je da je mesečna ušteda sredstava oko 1,000 evra. Kako cena nabavke i ugradnje regulatora iznosi oko 11,000 evra, znači da se uređaj samo po osnovu uštede u ceni struje isplati za 10-12 meseci. Međutim, regulisanjem pritiska u mreži postiže se i smanjenje gubitaka, što takođe ima dodatne pozitivne finansijske efekte.

4 PRORAČUN ZAVISNOSTI GUBITAKA OD PRITISKA

Distributivna mreža vodovoda Bečej je ukupne dužine oko 130 km, i njen veći deo je izgrađen pre više od 25 godina [2]. U sistemu su evidentirani veliki gubici, koji iznose čak 41% od proizvedene količine vode. Oni su većim delom po-

sledica zastarele i neadekvatno izvedene mreže, koja često puca i zahteva veoma skupo održavanje.

U okviru programa smanjenja gubitaka, u aprilu 2006. godine na postrojenju za tretman vode za piće sproveden je "step test", koji je prikazan na slici 2. Sa slike se može videti da je trenutna promena protoka posledica regulacije pritiska i ta količina vode predstavlja gubitke u sistemu.



Slika 2. "Step test" u vodovodu Bečej – april 2006. godine

Rezultati „step testa“ prikazani su u tabeli 1. Na osnovu tri promene pritiska tokom noći dobijen je stepen zavisnosti $n=0.60$. Ova vrednost ukazuje na to da su gubici u Bečeju uglavnom posledica curenja vode kroz otvore čija površina ne zavisi od pritiska u sistemu (neispravne slavine, curenja na nefleksibilnim cevima, itd.), pa su to i mesta na koja treba obratiti pažnju pri pronalazanju gubitaka.

Tabela 1. Rezultati „step testa“ u vodovodu Bečej – april 2006. godine

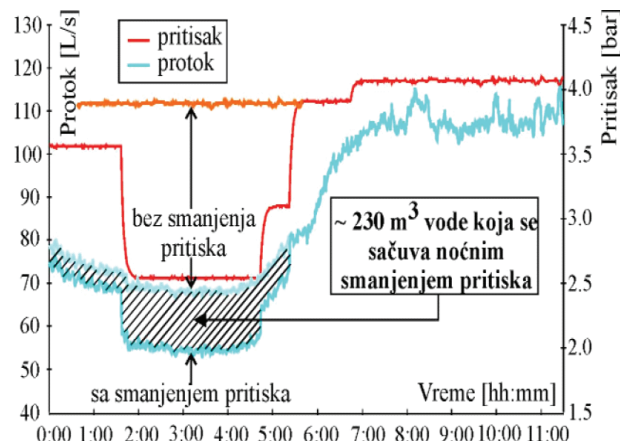
	p_0	p_1	L_0	L_1	n	n_{sr}
	[bar]	[bar]	[L/s]	[L/s]	[/]	[/]
1	3.5	2.5	69	55	0.67	
2	2.5	3	58	65	0.63	0.60
3	3	3.9	70	80	0.51	

Primenjeni postupak odnosi se samo na merenja tokom jedne noći, i ilustruje metodologiju proračuna stepena zavisnosti. Da bi se on tačnije odredio, potrebno je uraditi seriju testova to-

kom godine, koji bi obuhvatili sezonske promene potrošnje vode u sistemu.

5 SMANJENJE GUBITAKA

Na slici 3 je prikazano kako bi se menjao protok tokom noći, kada ne bi postojala regulacija pritiska, već bi njegova vrednost konstantno bila 4 bara. [rafirana površina na slici predstavlja zapreminu noćnih gubitaka koji bi nastali usled visokog pritiska u mreži i iznosi oko 230 m^3 . To znači da vodovod Bečej merom smanjenja noćnog pritiska mesečno sačuva oko $6,900 \text{ m}^3$ vode ili, prema sadašnjim cenama naplate vode, oko 3,200 evra. Smanjenjem pritiska usporava se i rad pumpi, a time i angažovana snaga, pa se mesečni troškovi za električnu energiju smanjuju za oko 730 evra. To znači da smanjenjem noćnog pritiska za 50% vodovod Bečej mesečno uštedi oko 3,930 evra.



Slika 3. Smanjenje gubitaka redukcijom noćnog pritiska

Gubici u mreži bi se dodatno smanjili ako bi se regulisani dnevni pritisak smanjio za 10%, sa 4 bara na 3.6 bara. Primenom jednačine (1) sa izračunatim stepenom za Bečej $n=0.6$, dobija se da bi se gubici vode smanjili za 6%. Preračunato u dnevnu količinu vode proizvedene tokom aprila 2006. godine, koja iznosi $188,023 \text{ m}^3$, uz procenu da su gubici 41%, što iznosi $77,091 \text{ m}^3$, pretpostavljeno smanjenje pritiska bi uštedelo $4,723 \text{ m}^3$ vode mesečno ili oko 2,200 evra. Mesečni troškovi za električnu energiju bi se smanjili za oko 355 evra, što znači da bi se

dnevnim smanjenjem pritiska za 10% uštedelo oko 2,555 evra.

Međutim, konstantno smanjenje pritiska tokom dana se ne preporučuje, jer se može desiti da u periodima maksimalne časovne potrošnje određeni broj potrošača ostane bez vode. Bolje rešenje je u upravljanju pritiskom prema stvarnoj potrošnji. To se može postići ugradnjom senzora pritiska na jednoj ili više kritičnih lokacija u mreži, gde se javljaju minimalni pritisci tokom dana. Izbor lokacija može se uraditi na modelu, analizom osetljivosti pritiska u određenim čvorovima na smanjenje pritiska na ulazu u sistem. Senzor bi se preko telemetrije povezo sa frekventnim regulatorom, koji bi na osnovu dobijenog signala regulisao ulazni pritisak. Tako bi se prešlo na viši nivo upravljanja sa složenim kriterijumima, a sistem bi sa minimalnim mogućim pritiskom zadovoljio potrebe za vodom svih potrošača. Ovakav način upravljanja pritiskom ima potpuno finansijsko opravdanje, uzimajući u obzir uštede pri smanjenju pritiska oko 2,500 evra mesečno i cenu nabavke i ugradnje senzora za pritisak sa GSM prenosom, koja je oko 1,500 evra.

5 ZAKLJUČAK

Kontrola rada pumpi ugradnjom frekventnog regulatora se na primeru vodovoda Bečej pokazala kao efikasan način regulisanja pritiska. Upotrebom ovog uređaja smanjili su se troškovi električne energije i omogućeno je preciznije upravljanje pritiskom prema složenim kriterijumima, koje doprinosi većem smanjenju gubitaka u sistemu i pozitivnim finansijskim efektima.

Smanjenje pritiska tokom noćnog perioda vodovodu Bečej donosi smanjenje gubitaka za oko 7% mesečno, što predstavlja značajnu uštedu

kako u količini proizvedene vode, tako i u utrošenim sredstvima. Proračun stepena zavisnosti gubitaka od promene pritiska pokazao je da bi dnevno smanjenje pritiska za 10% rezultiralo smanjenjem zapremine proizvedene vode za 2.5%. Finansijski gledano, ušteda sredstava vodovoda Bečej bi iznosila oko 2,500 evra mesečno. Međutim, da bi se zadovoljio kriterijum snabdevenosti svih potrošača pri maksimalnoj potrošnji, neophodno je složeno upravljanje sistemom. To se može postići kontrolom rada pumpi na osnovu rezultata merenja pritiska na kritičnim lokacijama u mreži. Tako bi se potrebe za vodom obezbedile sa znatno manjim pritiscima, što bi dovelo do dodatnih smanjenja gubitaka u sistemu.

ZAHVALNOST

Ovaj rad je deo projekta „Racionalizacija potrošnje vode u vodovodnim sistemima“, ev. br. NPV-35, u okviru nacionalnog programa uređenje, zaštita i korišćenje voda u Srbiji, koji je finansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine.

LITERATURA

- [1] Gambica Group Profile, (2002), Variable Speed Drives, The GAMBICA Association Limited, UK.
- [2] Zavod za vodoprivredu Subotica, (1998), Studija vodospobdevanja opštine Bečej.
- [3] Lambert A., (2000), the Blue Pages, Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures, International Water Association (IWA).
- [4] Thornton J., (2003), Managing Leakage by Managing Pressure: a Practical Approach, Water 21, IWA Water Loss Task Force.
- [5] Thornton J., (2002), Water Loss Control Manual, McGraw-Hill, USA.
- [6] Farley M., (2001), Leakage Management and Control: A Best Practice Training Manual, World Health Organization (WHO).