Olivera Doklestić[1]

Stručni rad
DOI: 10.5937/VIK25155D

MODEL FUNKCIONISANJA I OPERACIONALIZACIJE VODOVODNIH SISTEMA U USLOVIMA SMANJENOG DOTOKA ZA SISTEME U TURISTIČKOJ REGIJI

Rezime: Rad se bavi vodovodnim sistemima snabdijevanja u primorskom regionu, koji je turistička sredina, a gdje su značajne promjene u parametrima funkcionisanja vodovodnog sistema u zimskom i ljetnjem periodu. Date su analize gubitaka vode, odnosno neprihodovane vode, kao razlika proizvedene i prodate vode, u periodu 2015-2022, i ključni IP za neprihodovanu vodu, kvartalno, kao pokazatelji efikasnosti funkcionisanja sistema. Smanjenje neprihodovane vode primjenom povećanog stepena operativnosti na mreži za otklanjanje kvarova, odredilo je kurs smanjenja gubitaka za naredni period u cilju dovođenja do nivoa da se ne odražavaju na efikasnost, tj. funkcionalnost cijelog sistema. U poglavlju 3. dat je opšti model monitoringa za upravljanje vodovodnim sistemima u regiji, sa akcentom na vanrednim stanjima usljed nedovoljnog dotoka vode.
Ključne reči: neprihodovana voda, smanjenje gubitaka, turizam, model

MODEL OF FUNCTIONNING AND OPERATIONALIZATION OF THE WATER SUPPLY SYSTEM IN CONDITIONS OF REDUCED FLOW FOR SYSTEMS IN THE TOURISTIC REGION

Abstract: The paper deals with the water supply systems in the Coastal region, which is a tourist area, and where there are significant changes in the functioning parameters of the water supply system in winter and summer. Analyzes of water losses, i.e. non-revenue water, as the difference between produced and sold water, in the period 2015-2022, and key IP for non-revenue water, quarterly, as indicators of system functioning efficiency, are given. The reduction of non-revenue water by applying an increased level of operation on the network to eliminate faults, determined the course of reducing losses for the next period in order to bring them to a level where they do not reflect on efficiency, i.e. functionality of the entire system. In chapter 3, a general monitoring model for the management of water supply systems in the region is given, with an emphasis on emergency situations due to insufficient water supply.
Key Words: Up to 5 (five) words, separated by comma

1. Uvodne napomene

Tretiranje vodnih resursa i upravljanje njima u primorskom regionu, gdje je turizam osnovna privredna grana, moralo bi već da ima sasvim drugačiji pristup od sadašnjeg. To znači

[1] *Ekoboka projekt doo, Herceg Novi, Crna Gora, ekoboka.rp@gmail.com, ORCID:0009-0000-5857-0602*

da se pitanju vode u sistemu prilazi samo kao kvatitativnoj, obnovljivoj kategoriji, koja proizvodi finansijsku dobit i od koje zavisi privredni razvoj, turizam, a zanemaruje se činjenica vremenske ograničenosti iscrpjivanja, kao posljedica globalne svjetske vodne krize.

Turistička privreda, kao oblik industrije koja neprekidno iscrpljuje prirodne resurse, prostor i pitku vodu, najznačajniji je ekonomski činilac cijele primorske regije Crne Gore. Tendencija jačanja turističke privrede, u kvantitativnom i kvalitativnom smislu, ogleda se prvo u porastu broja turista, povećanju specifične dnevne potrošnje vode i u kumulativnom sezonskom povećanju potrošene količine. S druge strane, klimatske prilike u lokalnom području, kao dio globalnih klimatskih promjena, manifestuju se porastom temperatura vazduha i smanjenjem visine godišnjih padavina.

Porast temperature nužno je povezan sa povećanjem potrošnje vode za piće, higijenske potrebe i za zalivanje zelenih površina, dok se smanjuju raspoložive količine iz vodnih resursa. Racionalno korišćenje vode iz vodovodnog sistema i razrađeno operativno upravljanje tokom cijele godine sve više dobija na značaju. Nadopunjavanje lokalnih sistema na primorju Crne Gore vodom iz sistema Regionalnog vodovoda „Crnogorsko primorje“, tokom ljeta je izuzetno važno i bez njega je nezamislivo uredno funkcionisanje snabdijevanja. Po izvještaju RVCG, 10 avgusta 2025[2]. zabilježena je rekordna isporuka vode iz sistema od 976 l/s ili 25% više nego u 2024, kada je to bilo 774 l/s, ili za 55% više nego u 2023, kada je isporučeno 669 l/s. Distrubucija vode u špicu ljetnje sezone 2025 je bila: za Ulcinj 65 l/s, Budvu 320 l/s, za Kotor 182 l/s i Tivat 152 l/s. Herceg Novi ne dobija vodu iz sistema RVCG jer ima dovoljne količine iz svojih resursa. No, za sve njih, i regionalni i pojedinačne lokalne sisteme, i dalje je važna samo jednosmjerna količina vode, sa latentnim strahom od incidentnih slučajeva pri kojima se neće moći isporučiti dovoljna količina potrošačima. Pri tome se misli na risorte i velike hotelske aglomeracije.

Za slučajeve vanrednog umanjenja dotoka vode u sistem potrebno je imati operativni plan ili agendu reagovanja, sa organizacijom upravljanja sistemom. Važan dio agende je prepoznavanje pojma hazarda, odnosno, bezbjedonosne funkcije vodovodnog sistema koja je zasnovana na teoriji efikasnosti rada. Sve veća izgradnja objekata stanovanja i velikih hotelskih kompleksa podiže potrebe u potrošnji u mjeri da se ne nazire granica potrebnih gornjih količina.

U radu istog autora za ovu konferenciju iz 2024. godine bilo je riječi o operativnosti sistema na primjeru Herceg Novog u uslovima restriktivnog snabdijevanja zbog smanjenja dotoka vode iz primarnog resursa. Uobičajena pojava smanjenog dotoka vode zbog veze na hidroelektroenergetski sistem Trebišnjice trpi posljedice zbog redovnih godišnjih remonta hidropostrojenja HET-a, i nešto je što za turističku privredu ovog grada znači ozbiljan „kamen spoticanja“, zbog problematične distribucije vode ka potrošačima. Takođe, taj operativni zadatak uspostavljanja funkcionalnog sistema tokom kraćeg restriktivnog perioda nije pitanje samo tog konkretnog perioda, nego čitave godine ili perioda od više godina, tim prije što je to permanentna pojava, sa snažnim posljedicama za potrošače. Zapravo, što je duži period prilagođavanja – to su manje posljedice u „udarnom“ terminu obustave dotoka.

[2] *Vijest je objavio portal Radio Tivta, u ponedjeljak 11. avgusta.*

U radu je primjenjen induktivni princip razmišljanja i donošenja zaključaka, od konkretnog primjera ka opštem i zajedničkom.

2. Karakteristike sistema snabdijevanja

Činjenica je da se u operativnosti vodovodnog sistema Herceg Novog nije daleko odmaklo za posljednjih 40 godina, otkako je izgrađen cjevovod kroz Konavle i izvršeno priključenje na vodostan u Platima, tj. na hidrotehnički tunel između HE „Trebinje“ i HE „Dubrovnik“. Zatvaranja dotoka vode iz HET-a je nužna, periodična, operativna potreba, radi remonta elektropostrojenja dvije elektrane i pomoćnih objekata. Zatečeno stanje ima status nepromjenljivog, sa konotacijom neizbježnog, pa su se vodovodno preduzeće i opština priklonili statusu žrtve, kako za snabdijevanje stanovništva tako i za turističku privredu (osnovna privredna grana).

Postoje varijantna rješenja za poboljšanje stanja ali su ona još uvijek veoma daleko od realizacije, a i sa previsokom cijenom i sumnjive tehničke realizacije. Restriktivni režim snabdijevanja vodom je nešto što je grad stavilo na „crnu turističu listu“, i dalo imidž „grada bez vode“. Obustava dotoka sa Plata zaključno sa 2017. godinom događala se prije početka ljetnje sezone i to od kraja maja do sredine juna. Tokom posljednjih 10-15 godina, zbog lošeg upravljanja sistemom, restrikcije su provođene i tokom ljeta za neke djelove opštine iako su raspoložive količine bile u maksimumu, sa 400÷550 l/s. Ta količina je morala da bude dovoljna za potrebe 7/24 za 70.000 stanovnika (uvećanje populacije stalnog stanovništva za 2,1 put). Ove brojke su dale matematički proračun potrošnje od q= 308 l/st/dan, uzimajući tehnički gubitak od 50%. Međutim, čak i takvi enormno uvećani parametri stanja ne mogu da zadovolje teoretsku postavku stanja gubitaka, jer su oni bili zapravo mnogo veći.

Naime, ako prosjek govori da su u periodu 2015-2017. gubici bili 80%, znači da su u zimskom periodu bili i preko 85%, pa je ljeti stepen iskorištenosti vode iz sistema spao na nekih 25%. Efikasnost funkcionisanja sistema je bila na niskom nivou, uz obavezno precrpljivanje lokalnog izvorišta „Opačica“, sa značajno smanjenom izdašnošću u kasnijem ljetnjem periodu, što je dovelo do poremećenog vodnog bilansa u sistemu, odnosno nedovoljne količine za potrebe potrošača. Restriktivan režim je bio nužan na rivijeri (potez od Zelenike do Kamenara) gdje je nekih 11.000 stanovnika, sa ljetnjim koeficijentom uvećanja 2, ali sa stalnim sezonskim porastom.

U tabeli 1 dat je numerički prikaz kumulativnih količina vode koje ulaze u sistem, na osnovu očitanog na vodomjerima i procenata gubitaka, u periodu 2015-2022. Od 2018. se primjenjuje sistematski pristup smanjenju gubitaka kroz princip otklanjanja starih kvarova i povećanje opertivnosti rada na brzom otklanjanju novootkrivenih. Jedna od osnovnih karakteristika vodovodnog sistema je njegova sezonalna diferenciranost po ključnim parametrima.

Mreža cjevovoda, koja velikim dijelom nije georeferencirana, tj. nije determinisana, jer i dalje veliki broj cjevovoda prolazi kroz privatna imanja, nosi snažnu karakteristiku sezonskog reagovanja. Kad je sistem u „zimskom“ stanju i kada je broj potrošača sa nekih 8.000-10.000 neaktivnih (oko 40 %), cjevovodi su pod pritiskom, a gubici značajno veći nego tokom ljetnje sezone, kada su pritisci u mreži značajno manji.

Tabela 1. Proizvedenena i naplaćena količina, procentualni gubitak za period 15/22
Table 1. Produced and collected water quantyty, precentige od water losses in 15/22

godina	proizvodnja (m^3)	fakturisano (m^3)	gubitak (%)	razlika (%)
2015	13.695.039	2.695.107	80,3	
2016	12.787.044	2.684.493	79,0	0,6
2017	13.403.837	2.726.691	79,7	
2018	12.128.176	2.810.824	77,9	
2019	12.701.420	2.945.499	76,8	
2020	12.140.634	2.589.064	78,7	4,2
2021	12.007.853	2.934.471	75.6	
2022	11.562.571	3.043.883	73,7	

Tabela 2. Ključni IP, potrošnja vode po korisniku mjesečno, kvartalno 2018-22
Table 2. Key PI, quorterly and yearly water consumption per user per month 2018-22

Godina (m^3/kor/mjes)	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
I kvartal	6,40	6,92	8,11	6,81	6,86
II kvartal	9,31	9,44	8,47	8,93	9,62
III kvartal	17,44	17,83	12,26	17.30	17,10
IV kvartal	8,23	8,41	9,49	7,91	8,22
prosječno	10,35	10,65	9,58	10,24	10,46

Tabela 3. Ključni IP, neprihodovana voda po korisniku, kvartalno, po godinama
Table 3. Key PI, quorterly and yearly non-revenue water per user per month

Godina (m^3/kor/mjes)	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
I kvartal	35,18	35,24	33,82	30,65	29,24
II kvartal	34,54	34,40	34,34	31,73	29,90
III kvartal	36,31	36,88	39,20	34,12	27,94
IV kvartal	34,77	34,59	31,63	30,17	29,97
prosječno	35,20	35,28	34,75	31,67	29,27

Unapređenje funkcionisanja sa akcentom na podizanju mobilnosti i operativnosti intervencija na mreži od 2018. godine pokazuje stalni godišnji napredak u poboljšanju indikatora performansi. Gubici su i dalje veliki, ali sa stalnim trendom opadanja. Godina 2020, prepoznata po kovid epidemiji, koja je ozvaničena u martu te godine, odrazila se u smanjenju turističkog prometa od svega 15% u odnosu na prethodnu godinu, pa tako i u smanjenju potrošnje vode.

Odnos proizvedene i količine očitane na vodomjerima, kao potrošene i fakturisane, ne daje realnu sliku gubitaka, ali se taj odnos može uzeti u opštoj ocjeni efikasnosti sistema. Indikatori performansi su realniji pokazatelj efikasnosti upravljanja jer se bave elementima, fizičkim i operativnim parametrima sistema, i kroz više aspekata.

Stalni trend poboljšanja IP-a je prvi indikator dobrog puta, ali ne i jedini. Ono što je važno jeste pravljenje prvog novog koraka u poboljšanju upravljanja da bi se ubrzalo smanjenje gubitaka. Treba znati da se svake godine potrošnja uvećava za 5 ÷7 %, dok su raspoložive količine vode manje-više konstantne. Trend smanjenja gubitaka bi se neminovno morao nastaviti bržim koracima.

Cilj je dobijanje stabilnog sistema takvog da u vanrednim situacijama potrošači svih kategorija i u svim djelovima opštine praktično ne osjete manjak vode u sistemu, a uz punu operacionalizaciju prekomponovanje količina vode i sa maksimalnim korištenjem lokalnih i eksternuh resursa.

Ono što je realno moguće jeste analiziranje postojećeg stanja u cilju:

- Smanjenja tehničkih gubitaka
- Korišćenje lokalnih izvorišta
- Racionalna upotreba vode iz sistema.

Iz takvog statusa operativnog sistema u jednom „momentu“ potrebno je napraviti iskorak u narednu fazu unapređenja upravljanja i funkcionisanja vodovodnog sistema. Ta naredna faza podrazumijeva poboljšanje tehničkih performansi sistema (povećanje dijela gravitacionog snabdijevanja na štetu potisnog, smanjenje graničnih pritisaka u sistemu, rješavanje lokalnih „džepova“ nedovoljnih pritisaka, itd), uspostavljanje aktivne kontrole curenja i tzv. integralno upravljanje cjevnom mrežom i svim objektima u vodovodnom sistemu. Upravljanje sistemom snabdijevanja zapravo je upravljanje realnim gubicima vode, tj. onim što se po IWA terminologiji zove ILI index[3]. Gubici vode moraju biti primarna stavka ne samo jedne opštine i njenog vodovodnog preduzeća nego države i osnovna premisa efikasnosti, odnosno bezbjedonosnog vodovodnog sistema[4].

Međutim, teoretska razmatranja i praktična realizacija se bitno razlikuju. S praktične strane sagledan problem znači, u prvom redu, potpuno poznavanje fizičkih karakteristika mreže i pripadajućih objekata, kao i stalno hidrauličko analiziranje rada sistema. Naime, geometrijske osobine sistema kao statične mogu da imaju potpuno drugačiji odraz na funkcionisanje, odnosno na hidrauličko stanje vodovodnog sistema.

Trend u smanjenju gubitaka kao sistematski pristup značio bi da se sa svakom narednom godinom, počevši od 2022, gubici permanentno smanjuju, te da IP, neprihodovana voda po potrošaču pokažu umanjenje 4 do 5 % godišnje, te bi za 5 godina gubici mogli da budu svedeni na mjeru da stanovništvo i gosti u Herceg Novom praktično ne osjete zatvaranje vode

[3] *ILI znači Infrastructure leakage index (engl.), u prevodu Indeks infrastrukturnog procurivanja, određen kroz IWA – International water association, Task Force on Water Loss.*

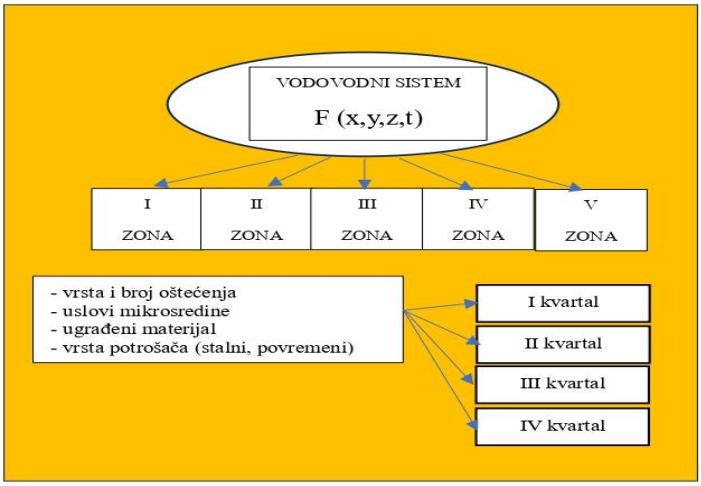
[4] *Šotić, A, Ivetić M, Sežeti prikaz oslonaca efikasnog vodovodnog sistema, Zbornik radova „Gubici vode u sistemima javnog vodosnabdevanja“, Beograd, 2024.*

iz HET-a, 20 časova u toku dana, uz racionalnu distribuciju, tako što bi obustave bile jedino preko noći kada se rezervoari pune. Voda za sistem obezbjeđuje se iz lokalnih izvorišta i RV CG, u količini i do 300 l/s. Dakle, ključ rješenja nije u izgradnji eksternih cjevovoda nego u racionalnom upravljanju prostorom i vodovodnim sistemom. Pri tome je od posebnog značaja Integralno upravljanje objektima vodovodnog sistema, kroz stalnu interakciju: nastajanja kvarova-popravke-zamjena-ekonomija preduzeća-operativne jedinice.

3. Diskusija i zaključak

Vodovodni sistemi su organizmični, prostorno-vremenski dinamički sistemi, u kojima su neprekidne promjene parametara sistema, koji su u funkciji vremena i prostora. Prostorne promjene čine geometriju ili fizičko stanje sistema, uz ekstenzije-dogradnje cjevovoda, odnosno, interpolaciju unutar mreže, sa novim priključcima, novim cjevovodima, ugradnjom novih djelova, pumpi, rezervoara. Prostorne forme u okruženju vodovodnog sistema čine sredinu zbog koje funkcioniše vodovodna mreža, odnosno sistem snabdijevanja, za razne objekte visokogradnje, saobraćajnice, zidove i drugo, što sve zajedno ima veliki fizički uticaj na vodovodni sistem, koji je poput krvotoka.

Vremenski aspekt vodovodnog sistema uvezuje hidrauličke i fizičke parametre stanja, govori o stepenu rezidentnosti vodovodnog sistema na prostorne promjene. U primorskom regionu je konfiguracija terena takva da ni jedan grad nije ravanski (osim Ulcinja) već ima izraženu brdovitost i izgrađenost objekata takvu da je snabdijevanje organizovano u više visinskih zona (u tome su veoma izraženi Herceg Novi i Budva, pa i Kotor). Zato vodovodne sisteme ne možemo posmatrati samo kao ravanske (sa geometrijskom determinacijom x i y) već su izuzetno važne visinske komponente, što zapravo i čini smisao vodosnabdijevanja i baratanje pritiscima.



Slika 1. Shema vodovodnog sistema kao funkcija prostornih i vremenskih parametara
Figure 1. Sheme of the water supply system as a function of spatial and temporal parameters

Segmentacija sistema po prostornim zonama (u visinskom smislu ili vizavi gravitiranja izvorima snabdijevanja ili rezervoarima) i unutar svake zone, pojedinačno, podrazumijeva da se radi analiza stanja sistema kroz integralni princip upravljanja objektima, a to je poznavanje vrste i broja oštećenja, ugrađenog materijala, vrste potrošača (stalni i povremeni, domaćinstva i privreda, vrsta privrede u pogledu potrošnje) i poznavanje uslova mikrosredine (u pogledu gustine objekata, gustine priključaka, stabilnost, stvaranja pukotina, geološkog sastava, pa i hemijskog sastava mikrosredine tla). Segmentacija po vremenskim zonama znači uvođenje tretmana sezonalnosti, odnosno, kako je dato u shemi na slici 1 tretiranje stanja u vodovodnom sistemu kvartalno[5].

Shema sa slike 1 predstavlja složen vodovodni sistem kao funkciju prostornih i vremenski promjenljivih parametara. U prostornom smislu vodovodni sistem je podijeljene na visinske ili funkcionalne ravanske zone, kao svojevrsne podsisteme, svaki sa svojom organizacijom, a međusobno funkcionalno povezani.

Unutar svake zone radi se baza podataka, vodi se analiza oštećenja i ugrađenog materijala, i analiza vrste potrošača. Unutar svake zone prate se ključni IP[6] i to po kvartalima i vrši njihovo poređenje i analiziranje. Proces smanjenja gubitaka je ciklični proces, sa stalnim analiziranjem i poređenjem vrijednosi IP-a, kao „peglanje“ rezultata da bi se postizao smisao bržeg smanjenja neprihodovane vode. Što je sistem izdjeljen na više segmenata to je lakše upravljanje djelovima.

Pri tome treba imati u vidu da se zbir pojedinačnih segmenata ne može posmatrati kao linearno sabiranje da bi se dobio kumulativni rezultat. Svaki segment je sabirak koji treba da odgovara matematičkom nizu a ne prostom sabirku. Ovo dolazi od činjenice hidrauličkih parametara, odnosno, složenih hidrauličkih uslova tečenja u cjevima pod pritiskom, ali i zbog međusobno različitih vrsta spojeva, postojanja ventila, koji, svaki za sebe u toku manipulacija, proizvodi izvjesne udare na sistem, različitog intenziteta u zavisnosti od uslova tečenja.

Princip sezonalnosti otvara više zanimljivih pitanja oko stanja i funkcionisanja vodovodnih sitema u turističkim regijama, posebno u primorju Crne Gore. Pojave vanrednih situacija sa smanjenjem dotoka vode u sistem snabdijevanja različito se manifestuju u ljetnjem periodu u odnosu na zimski, vansezonski. Vanredne situacije se moraju rješavati uz niz pretpostavki i uspostavljanje modela u kojem se, pored zadataka funkcionisanja sistema, moraju predvidjeti potencijalna mjesta nastajanja oštećenja sa curenjem ili drugim vrstama kvarova.

4. Literatura

[1] Babić M, Majdanac N, Predojević N, Baze podataka i hidraulički model kao osnova za smanjenje gubitaka u vodovodnom sistemu, *Zbornik radova „Gubici vode u sistemima javnog vodosnabdevanja“*, Beograd, 2024.

[5] *Vodovodna preduzeća obrađuju benčmarking na kvartalnom nivou i podatke dostavljaju Regulatornoj agenciji za energetiku, koja na osnovu njih reguliše cijene usluga snabdijevanja vodom*

[6] *IP – indikator performansi*

[2] Doklestić O, Upravljanje vodovodnim sistemom u restriktivnom režimu snabdijevanja, Zbornik radova *sa 45 međunarodne konferencije „Vodovod i kanalizacija 24“*, Savez inženjera i tehničara Srbije, Brzeće, 2024.

[3] Vlatković D, Korelacija vodne i enegetske efikasnosti u hercegnovskom vodovodnom sistemu, Zbornik radova sa *42 međunarodne konferencije „Vodovod i kanalizacija 21“*, Savez inženjera i tehničara Srbije, Vrnjačka Banja, 2021.

[4] Šotić A, Ivetić M, Sežeti prikaz oslonaca efikasnog vodovodnog sistema, Zbornik radova *„Gubici vode u sistemima javnog vodosnabdevanja“*, Beograd, 2024.