

628.1/3(497.11 Vranje)

## ULOGA MODELIRANJA KANALIZACIONIH SISTEMA U ANALIZI SISTEMA NA PRIMERU GRADA VRANJA

Miloš Trajković<sup>1</sup>, Dragan Milićević<sup>2</sup> Dejan Dimitrijević<sup>3</sup>

**Rezime:** Da bi se postigli najbolji efekti prilikom planiranja, projektovanja, građenja i eksploatacije kanalizacionih sistema, potrebno je poznavanje svih elemenata, njihove funkcije, načina rada u okviru celog sistema kao celine. Korišćenje savremenih informacionih tehnologija, simulacionih i optimizacionih modela, značajno olakšava upoznavanje funkcije elemenata sistema i njihovih hidrauličkih parametara, i omogućava da se problemi u sistemu na vreme otkriju i uklone, odnosno smanje do ekonomski opravdanih granica, a da se u nove investicije ulazi tek nakon rešavanja tih problema.

U radu se ukazuje na veliki značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru analize postojećeg stanja kanalizacionog sistema grada Vranja.

**Ključne reči:** modeliranje kanalizacionih sistema, upravljanje kanalizacionim sistemima

## ROLE OF MODELING OF SEWER SYSTEMS IN THE ANALYSIS OF THE CITY OF VRANJE SYSTEMS

**Abstract:** In order to achieve the best effects in planning, design, construction and exploitation of sewerage systems, it is necessary to have a knowledge of all the elements, their functions and ways of operation in the system framework as a whole. The use of modern information technology, simulation and optimization models, significantly facilitates acquiring knowledge of the system elements function and their hydraulic parameters and ensures that the problems in the system are detected on time, removed and reduced to the economic acceptable limits, and that the new investments are realized after solving these problems.

The paper points to the great importance of the implementation of simulation models for the analysis of the sewerage systems, and particularly for the analysis of the current state of the sewerage system of the city of Vranje.

**Keywords:** sewerage system modelling, sewerage system management

<sup>1</sup> mast.inž.građ. Miloš Trajković, mr.milostrajkovic@gmail.com, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta

<sup>2</sup> dr Dragan Milićević, drgara@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

<sup>3</sup> dipl.inž.el. Dejan Dimitrijević, dejan.dimitrijevic@nisparking.rs

## 1 UVOD

Gradski kanalizacioni sistemi su jedni od najvažnijih javnih infrastrukturnih sistema koje gradovi i drugi korisnici koriste i održavaju. Dužina kanalizacionih sistema, čak i manje razvijenih zemalja, meri se desetinama, pa i stotinama hiljada kilometara, a troškovi njihove izgradnje i održavanja stotinama miliona, pa i milijardama dolara.

I pored njihovog izuzetnog značaja kanalizacioni sistemi, kako u velikim, tako i u malim gradovima širom sveta su u veoma lošem stanju i u njihovoj eksploataciji se javljaju veliki problemi, koji u mnogim slučajevima dostižu alarmantne razmere. Problemi se javljaju uglavnom zbog nedostatka finansijskih sredstava, lošeg održavanja ili neadekvatog projektovanja i izgradnje sistema, a najčešće su posledica stava komunalne organizacije da je kanalizacioni sistem "ružno pače" i da, obzirom da je ispod zemlje, o njemu ne treba previše voditi računa, tako da se u sistemu oštećenja i problemi javljaju mnogo brže nego što se rešavaju.

O kontroli i upravljanju kanalizacionog sistema nekog naselja, kako u svetu tako i kod nas, počinje da se govori tek onda kada se više ne mogu podnositi postojeći (ne)sanitarni i (ne)higijenski uslovi življenja i rada u naselju. Vreme u kojem živimo nagomilano je paradoksima pa nije čudno ni to da se planiranju kanalizacionih sistema češće pristupa kao posledici lošeg stanja u kanalizacionom sistemu nego kao preventivi da se spreče takve stanja i (ne)prilike. U stvari, sanitarno-higijenski uslovi direktno su zavisni od vodovodnog i kanalizacionog sistema koji čine okosnicu komunalne higijene. Iskustva razvijenih zemalja sveta pokazuju da nema efikasne zaštite vodnih resursa bez efikasnog planiranja, dimenzionisanja, organizacije, upravljanja i samog rada kanalizacionog sistema i na ovoj činjenici su bazirana savremena rešenja upravljanja urbanim sistemima za odvođenje otpadnih voda i zaštite vodnih resursa od zagađenja.

Ubrzani razvoj kompjuterskih tehnologija, razvoj i dostupnost programskih paketa namenjenih modeliranju i optimizaciji, analizama, planiranju i upravljanju kanalizacionim sistemima, značajno olakšava upoznavanje funkcije elemenata sistema, njihovih hidrauličkih parametara i njihovu verifikaciju i omogućava da se problemi u sistemu blagovremeno otkriju, kvantifikuju i smanje do ekonomski opravdanih granica, a da se u nove investicije ulazi tek po okončanju prethodno navedenih poslova. Treba napomenuti, da jedino analize i rezultati koji su verifikovani odgovarajućim merenjima hidrauličkih

parametara mogu biti polazište za ocenu postojećeg sistema, planiranje upravljačkih dejstava ili planiranje proširenja/rekonstrukcije sistema.

Danas za modeliranje kanalizacionog sistema kao, ključne komponente upravljanja u realnom vremenu, postoji veliki broj softverskih paketa. Većina softverskih paketa koji se danas koriste bazirana je na programu SWMM koji je razvijen krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina u US EPA i koji je, uključujući i fortranski kod, besplatan.

U ovom radu se ukazuje na veliki značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru analize postojećeg stanja kanalizacionog sistema grada Vranja. Ovakav pristup omogućava predviđanje odgovora realnog sistema u najrazličitijim uslovima eksploatacije i definisanje najpovoljnijih upravljačkih dejstava čiji efekat će biti procenjen na modelu, pre nego što se vreme, novac i materijal ulože u fizički deo sistema. Sve ovo je od izuzetne važnosti, ne samo sa sanitarnog aspekta, već i sa aspekta racionalnog korišćenja finansijskih sredstava, obzirom da izgradnju i eksploataciju komunalnih sistema zahteva velika materijalna sredstva.

## 2 KANALIZACIONI SISTEM GRADA VRANJA

Grad Vranje se prostire na teritoriji od oko 860 km<sup>2</sup>. Gradu Vranje, pripad 105 naselja, od kojih dve gradske opštine (Vranje i Vranjska Banja) i 103 seoska naselja, administrativno organizovanih u okviru 32 Mesne zajednice i 21 Mesnoj kancelariji. Vranje je ekonomski, politički i kulturni centar Pčinjskog okruga. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, na području grada Vranja ukupno je popisano 75.933 stanovnika, odnosno 22.691 domaćinstvo. Privredni potencijali razmatranog područja su pratili sudbinu stanja u Republici u celini. Nestabilna politička situacija, uvedene sankcije, tranzicija i restrukturiranje preduzeća, doveli su do značajnog pada proizvodnje, a s tim i do ekonomskih problema.

U pogledu komunalne delatnosti, može se reći da je u gradu najviše urađeno na uređenju saobraćajnica i elektrifikaciji svih naselja u gradu, dok je hidrotehnička komunalna infrastruktura mnogo skromnije realizovana.

Vranje je jedan od gradova u Srbiji gde je problem atmosferskih voda nerešen. Atmosferska kanalizacija je izgrađena samo u nekim gradskim ulicama, i ne rešava globalni problem Vranja, koji je najizraženiji u proleće i jesen, kada su i padavine najveće. Zbog

prirodnog nagiba grada, postojeća kanalizacija opšteg sistema je nedovoljna da primi svu otpadnu vodu i kišnicu koja se sliva u gradsku kanalizaciju, gde se meša sa fekalijama i često izliva.

Vranje nema postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda i otpadne vode se izlivaju u recipijent bez ikakvog prečišćavanja. Kada su u pitanju industrijske otpadne vode, uglavnom se održala odgovarajuća njihova kontrola i neophodan predtretman, mada i sa promenljivim efektima.

Posebno se ističe problematika u seoskim naseljima, gde u većini slučajeva nije rešeno ni pitanje korektnog javnog vodosnabdevanja i voda se zahvata iz primitivnih kaptaža ili sopstvenih bunara, a otpadne vode se izlivaju u najbliže kanale, potoke ili neodgovarajuće septičke jame. Korektno izgrađene septičke jame su dosta retke.

## 2.1 POSTOJEĆE STANJE KANALIZACIONOG SISTEMA

Izgradnja javne kanalizacije u Vranju datira od šezdesetih godina prošloga veka. Kanalizacija je građena po separacionom sistemu, međutim, izgradnja kišne kanalizacije znatno kasni za fekalnom. Dok je ukupna dužina fekalne kanalizacije oko 85 km i pokriva oko 75% područja naselja, dužina izgrađene kišne kanalizacije iznosi svega oko 3 km, ili manje od 10% potrebnog obima. Cevni materijal je keramika, PVC, a u manjoj meri beton i azbest-cement. Glavni kolektori su prečnika Ø400 do Ø500. Javnom kanalizacijom su prihvaćene uglavnom i sve industrijske otpadne vode, koje se pretežno bez predtretmana izlivaju u gradsku kanalizaciju. Evakuacija otpadnih voda se vrši preko četiri kolektora i izliva, u tri različita recipijenta-pritoke Reke Južne Morave.

Laboratorije koje su povremeno kontrolisale kvalitet otpadnih voda, na žalost, nisu detektovale i kvantitativne karakteristike. S toga su ukupne količine otpadnih voda procenjene na oko 200 l/s. Međutim, zbog nerazvijenosti atmosferske kanalizacije, postoje neregularni priključci kišnice, što izaziva preopterećenje i zagušenje mreže u vreme kiša, posebno u nižim delovima grada, odnosno području sa većom koncentracijom površinskog oticaja.

Na osnovu sprovedenih anketa, izvršenih kontakata i obilaska relevantnih subjekata na terenu, dobijen je dosta skroman fond podataka o karakteristikama otpadnih voda na razmatranom prostoru.

**Tabela 1- Struktura potrošnje vode u 2012.godini**

Potrošnja vode vodovodnog sistema grada Vranja					
	(m <sup>3</sup> /mes.)	(m <sup>3</sup> /god)	(l/s)	(l/kor.dn)	(%)
Zahvaćeno	637333	7648000	243	304	100
Stanovništvo	276083	3313000	105	132	43
Industrija	250000	3000000	95	119	39
Nefakturisano	111250	1335000	42	53	17

Specifična potrošnja generalno zavisi od standarda stanovništva, privrednih aktivnosti, klimatskih i društvenih činilaca. U relativno bliskoj budućnosti ne može se očekivati značajnije poboljšanje ekonomskih prilika i stanja u privredi. U perspektivi bi trebalo računati na određeno upošljavanje privrednih kapaciteta koji sada postoje i njihove mogućnosti razvoja. Od ukupne količine voda koje predstavljaju potrebe za vodom, procenjeno je da će oko 85% dospeti u kanalizacioni sistem. Kako potrebe za vodom variraju u toku godine, sezone, meseca i dana, to saglasno potrošnji vode varira i produkcija otpadnih voda, što treba imati u vidu prilikom dimenzionisanja objekata za njihovo prikupljanje, evakuaciju i prečišćavanje.

Kvalitet komunalnih otpadnih voda uglavnom je poznat, uz izvesne varijacije u zavisnosti od veličine naselja, stepena urbanizacije i priključenosti industrije. Osnovne grupe materija u ovim otpadnim vodama su organskog i neorganskog porekla, pri čemu one mogu biti u suspendovanom ili rastvorenom stanju. Za razliku od komunalnih otpadnih voda, industrijske otpadne vode sadrže širi spektar zagađujućih supstanci, a moguće su i sezonske i dnevne varijacije kvaliteta.

Kao što je već rečeno, postojeća kanalizaciona mreža je građena po separacionom sistemu. Međutim, kako izgradnja kišne kanalizacije znatno zaostaje za izgradnjom fekalne, što zbog „divljih“ ili pogrešnih priključaka, što zbog doticaja kroz otvore na šahtnim poklopcima, u vreme kiša pojačan je priliv atmosferskih voda u kanalizaciji za otpadne vode. Iz tog razloga, treba intenzivirati aktivnosti na daljoj izgradnji kišne kanalizacije. Takođe je u interesu opšte sanitacije naselja neophodna i dogradnja fekalne kanalizacije u delovima naselja gde ona još ne postoji.

## 2.2 HIDRAULIČKI MODEL KANALIZACIONOG SISTEMA

Za analizu stanja postojećeg kanalizacionog sistema za prikupljanje otpadnih voda od svih korisnika u gradu i odvođenje do do izliva u recipijent, razvijen je hidraulički model kanalizacionog sistema, korišćenjem kompijuterskog programa EPA SWMM.

S obzirom da je atmosferska kanalizacija vemo malo izgrađena, kanalizacioni sistem grada je modeliran kao mešoviti sistem kanaliziranja.

Hidrauličkim modelom obuhvaćen je glavni odvodni kolektor i svi kolektori prvog i drugog reda dužine oko 40 km, dok su kolektori trećeg reda, koji nemaju bitniji uticaj na hidrauliku sistema, uklonjeni i zamenjeni odgovarajućom količinom otpadnih voda u čvorovima. Skeletizacijom kanalizacione mreže Vranja, dobijen je hidraulički model sa sledećim karakteristikama: 80 čvorova, 80 podslivova, 77 deonica i tri izliva. Skeletizovana kanalizaciona mreža grada Vranja i njeni elementi koji su obuhvaćeni hidrauličkim modelom prikazani su na slici 1.



**Slika 1 – Skeletizovana kanalizaciona mreža grada Vranja**

Karakteristike kanalizacionog sistema (dužine deonica, kote čvorova), kao i opterećenje od industrije, stanovništva i atmosferskih voda definisane su na osnovu raspoložive dokumentacije i konsultacija sa predstavnicima javnog preduzeća "Vodovod" Vranje.

Maksimalna dnevna količina sanitarnih voda u čvorovima je sračunata na osnovu broja stambenih

jedinica koje pripadaju određenoj deonici, odnosno određenom čvoru. Računska količina atmosferskih voda je sračunata na osnovu intenziteta padavina za razmatrano područje, koeficijenta oticanja i površine sliva za svaku slivnu površinu. Ukupne količine otpadnih voda za svaki čvor sračunate su kao zbir sanitarnih i industrijskih otpadnih voda za one čvorove gde se pojavljuju industrijski zagađivači, odnosno industrijske otpadne vode i atmosferskih otpadnih voda.

Dinamičke simulacije su vršene za period od 24 časa, na osnovu hidrograma oticaja dvogodišnje kiše i sa usvojenim promenama koeficijenta časovne neravnomernosti za različite kategorije potrošača.

Napominje se da merenja u kanalizacionom sistemu za potrebe testiranja i kalibracije modela nisu vršena. Sličnost modela sa stvarnim stanjem distributivne mreže je konstatovana u konsultacijama sa predstavnicima JP "Vodovod" Vranje.

## 2.3 ANALIZA REZULTATA MODELIRANJA

Na hidrauličkom modelu izvršene su dinamičke simulacije rada kanalizacionog sistema grada Vranja, u periodu od 24 časa, za maksimalne dnevne količine sanitarnih voda od stanovništva i industrije  $Q_{\max, \text{dn}}=240,48$  l/s i za maksimalne atmosferske vode  $Q_{\max, \text{atm}}=9756,38$  l/s.

Kanalizaciona mreža se analizira u trenucima najvećeg opterećenja, a to je 7:00 (najveće količine sanitarnih otpadnih voda od stanovništva i industrije) i 09:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda prema hidrogramu oticaja za dvogodišnje kiše).

Na slici 2. su prikazani rezultati plavljenja u čvorovima za ceo model kanalizacionog sistema grada u trenutku najveće količine otpadnih voda od stanovništva i industrije (7:00 h). Iz priloženih rezultata se vidi da se javljaju plavljenja u delu kanalizacione mreže, koja u nekim nizvodnim kontrolnim oknima u blizini izliva iznose i do 50 l/s.

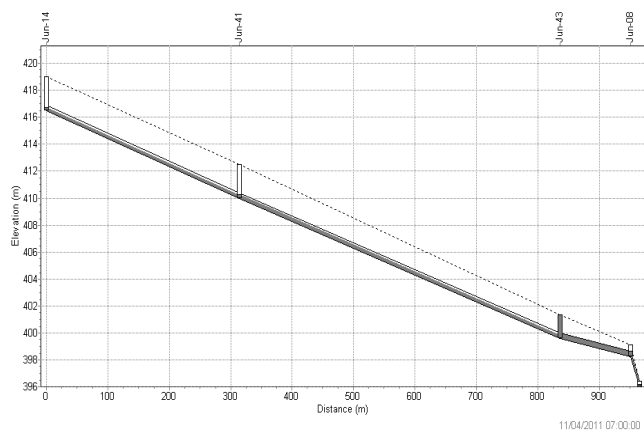
Na slici 3. prikazano je stanje na karakterističnoj deonici glavnog kolektora od KO14 do izliva u trenutku najveće količine otpadnih voda od stanovništva i industrije (7:00) iz koga se vidi da se javlja izlivanje otpadne vode u čvoru 43.



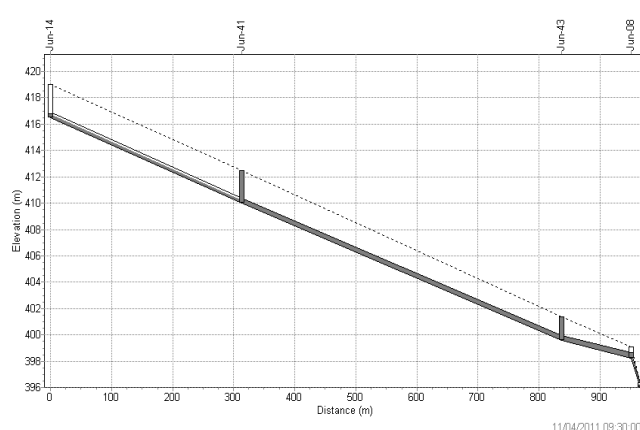
**Slika 2 – Plavljenje u čvorovima u 7:00 h (najveće količine sanitarnih voda)**



**Slika 4 – Plavljenje u čvorovima u 9:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda)**



**Slika 3 – Podužni profil karakteristične deonice glavnog kolektora od KO14 do izliva u 7:00 h (najveće količine sanitarnih voda)**

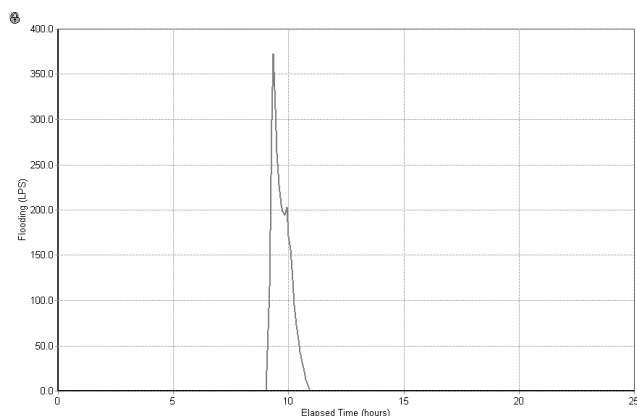


**Slika 5 – Podužni profil karakteristične deonice glavnog kolektora od KO14 do izliva u 9:30 (najveće količine atmosferskih otpadnih voda)**

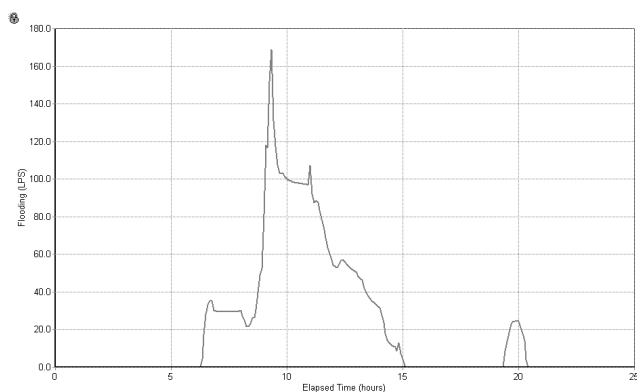
Na slici 3. su prikazani rezultati plavljenja u čvorovima za ceo model kanalizacionog sistema grada u trenutku najveće količine atmosferskih otpadnih voda (9:30). Iz priloženih rezultata se vidi da se samo u nekoliko kontrolnih okana kanalizacione mreže ne javlja plavljenje, dok se u svim ostalim kontrolnim oknima javlja plavljenje, koje u nekim kontrolnim oknima iznosi više od 100 l/s. Na slici 5. prikazano je stanje na karakterističnoj deonici glavnog kolektora od KO14 do izliva u trenutku najvećih količina atmosferskih padavina (9:30 h), iz koga se takođe vidi da se skoro u svim kontrolnim oknima javlja izlivanje otpadnih voda.

Na slikama 6. i 7. su prikazani rezultati plavljenja u karakterističnim čvorovima 41 i 43 glavnog kolektora, koji se nalazi neposredno ispred izliva otpadnih voda, za vreme trajanja simulacije, iz kojih se vidi da plavljenje u ovim čvorovima traje po nekoliko sati i da u čvoru 41 u trenutku najveće količine atmosferskih otpadnih voda prelazi 350 l/s, a u čvoru 43 prelazi 160 l/s.

Ostali rezultati se zbog obimnosti ne prilažu, a nalaze se u arhivi Laboratorije za Sanitarnu tehniku Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu.



**Slika 6 – Izlivanje otpadnih voda u karakterističnom kontrolnom oknu 41 glavnog kolektora za vreme trajanja simulacije**



**Slika 7 – Izlivanje otpadnih voda u karakterističnom kontrolnom oknu 43 glavnog kolektora za vreme trajanja simulacije**

Analizom rezultata dinamičkih simulacija, uočeni su problemi koji se javljaju u kanalizacionom sistemu grada Vranja pri pojavi padavina reda dvogodišnje kiše. U periodima sa maksimalnim količinama sanitarnih voda od stanovništva i industrije i maksimalnim atmosferskim vodama u toku dana javlja se preopterećenje sistema i izlivanje značajnih količina vode iz kontrolnih okana, skoro u celoj kanalizacionoj mreži. Pri pojavi padavina reda desetogodišnje kiše stanje u mreži je još nepovoljnije.

## 2.4 PRIMENA DOBIJENIH REZULTATA

Faza primene modela podrazumeva pre svega definisanje optimalnih strategija upravljanja (identifikacija tehničkih problema u sistemu i definisanje prioriteta rešavanja; definisanje strategije upravljanja sistemom u redovnim, vanrednim i ekscenim situacijama), optimizacija hidrauličkog režima rada (režim rada ustava, regulatora protoka,

pumpnih stanica), poboljšanje kvaliteta vode u sistemu (kontrola propagacije zagađenja; kontrola ekscenih zagađenja), planiranje optimalnog razvoja sistema (automatizacija upravljanja sistemom; planiranje proširenja sistema), a zatim i konkretnu primenu modela u upravljanju komunalnim sistemom.

Iako nije izvršena kalibracija hidrauličkog modela kanalizacionog sistema grada Vranja i nije kvantifikovana sličnost modela sa stvarnim stanjem kanalizacione mreže, razvijeni inicijalni model je znatno pomogao da se bolje upozna stanje u kanalizacionom sistemu i otkriju problemi koji se javljaju u njegovoj eksploataciji. Analizom rezultata dinamičkih simulacija na ovom modelu ustanovljeno da u sadašnjim uslovima, kapacitet kanalizacione mreže ne zadovoljava potrebe stanovništva grada Vranja pri većim padavinama i da treba preduzeti određene mere na rešavanju problema koji se javljaju u sistemu.

Da bi model bio upotrebljiv za dalje analize i istraživanja i za modeliranje kako sadašnjeg, tako i budućeg stanja kanalizacionog sistema grada, pre svega treba izvršiti merenja na terenu i uporediti sa rezultatima koji su dobijeni na modelu, odnosno kalibrisati model.

Na kalibrisanom modelu dalje se mogu vršiti dinamičke simulacije efekata različitih kratkoročnih (povećanje prečnika cevi na pojedinim deonicama) i dugoročnih mera (prelazak na separadni sistem kanalizacije) za poboljšanje stanja, na osnovu kojih će biti definisana optimalna rešenja za rešavanje problema u kanalizacionom sistemu grada Vranja.

Treba napomenuti da razvoj modela po pravilu zahteva značajno vreme i angažovanje kadrova i finansijskih sredstava. Trajanje i troškovi razvoja modela veoma se teško mogu proceniti bez detaljne analize konkretnog problema, jer zavise od velikog broja faktora, pre svega od: stanja komunalnog sistema, raspoloživih podloga i podataka, kvaliteta i pouzdanosti merne opreme koja će biti korišćena programskih ciljevi i prioriteta, zahtevane tačnosti modela, kvaliteta i pouzdanosti softvera koji će biti korišćen za modeliranje, obučenosti kadrova.

Iako su finansijska ulaganja u razvoj modela i upravljanje u realnom vremenu značajna, ona su višestruko manja od ulaganja u bilo kakve intervencije na fizičkom delu sistema i veoma brzo se revalorizuju kroz uštede pri njegovoj eksploataciji. Osim toga u primeni ovakvih rešenja, moguće je početi primenu jednostavnijih rešenja da bi se kroz postepenu realizaciju sistema merenja, prenosa podataka, matematičkog modela i ostalih komponenti upravljačkog sistema polako prelazilo na kompleksnije modele upravljanja.

### 3 ZAKLJUČAK

Zbog izuzetnog značaja kanalizacionih sistema i velikih problema koji se javljaju u njihovoj eksploataciji danas se u svetu njihovom planiranju i upravljanju poklanja velika pažnja, primenom savremenih informatičkih tehnologija. Savremeni pristup planiranju i upravljanju kanalizacionim sistemima kod nas najčešće imaju podršku, ali u praksi na ovom pristupu nije mnogo učinjeno.

U ovom radu se još jedanput ukazuje na značaj primene simulacionih modela za analizu stanja u kanalizacionim sistemima, na primeru kanalizacionog sistema grada Vranja.

Kao što je i u radu prikazano, analizom rezultata simulacija čak i na inicijalnom modelu sistema, koji nije kalibrisan, mogu se dobiti veoma značajne informacije o sistemu.

### ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvoj sistema podrške odlučivanju za potrebe integralnog upravljanja vodnim resursima na slivu", ev. broj TR37018.

### LITERATURA

- [1] Trajković, M.: *Diplomski rad*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš, 2011.
- [2] *Generalni projekat sakupljanja, odvođenja i prečišćavanja otpadnih voda grada Vranja*, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 2005.
- [3] Milićević, D., Milenković, S., Nikolić, V., 2004.: *Uloga modeliranja vodovodnih sistema u planiranju proširenja/rekonstrukcije sistema na primeru Prokuplja*
- [4] Jahić, M.: *Urbani kanalizacioni sistemi*, Sarajevo, 1985.
- [5] Milićević D., Milićević S.: *Integralno upravljanje komunalnim sistemima za dispoziciju otpadnih voda, Sedma međunarodna konferencija "Vodovodni i kanalizacioni sistemi"*, Poslovno udruženje vodovoda republike Srpske, Poslovno udruženje vodovoda i kanalizacije Srbije, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo Beograd, Jahorina 10-12.05.2007., Zbornik radova, str. 144-152, ISBN 978-86-82931-22-5
- [6] Milićević D., Milićević S.: *Water Distribution and Sewer System Modeling Like Prereasons of Succesfull Reconstruction/Rehabilitation, International Conference on Water Observation And Information System For Decision Support - BALWOIS 2010, Topic 6: Computing & Technologies*, [http://balwois.com/balwois/administration/ful\\_paper/ffp-1822.pdf](http://balwois.com/balwois/administration/ful_paper/ffp-1822.pdf), Ohrid, Macedonia, 25-29. May 2010., pp. ffp-1822: 1-12

