

## ANALIZA RAZVOJA VODOVODNOG SISTEMA NASELJA NOVI BEČEJ ANALYSIS OF WATER SUPPLY SYSTEM DEVELOPMENT OF THE NOVI BEČEJ SETTLEMENT

Slađana Đatkov, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – GRAĐEVINARSTVO

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada čine dve celine. U prvom delu rada je vršena analiza postojećeg stanja vodovodnog sistema u naselju Novi Bečej. Analizom postojećeg stanja utvrđena je neusklađenost sa osnovnim propisima i pravilima struke. Nakon čega je izvršena analiza razvoja vodovodne mreže koja treba da omogući normalno vodosnabdevanje svih korisnika za naredni vremenski period do 50 godina. Sve hidrauličke analize vodovodnog sistema sprovedene su u programskom paketu EPANET 2.0.

**Ključne reči:** analiza postojećeg stanja, analiza razvoja vodovodne mreže, hidraulička analiza.

**Abstract** – The subject of this paper consists of two parts. First part has performed an analysis of the existing state water supply sistem in Novi Becej settlement. With an analysis of the existing state of the water supply system has been determined inconsistency with elementary regulations and professional norms. While the second part is the analysis of the development of water supply network, which should enable normal water supply of all users for the next period of up to 50 years. All hydraulic analysis is done in software system EPANET 2.0.

**Keywords:** analysis of the existing state, development of water supply network, hydraulic analysis.

### 1. UVOD

Naselje Novi Bečej nalazi se u Srednjobanatskom okrugu na levoj obali reke Tise. Novi Bečej je i sedište opštine Novi Bečej, kojoj pripadaju još i naselja Novo Miloševo, Bočar i Kumane. Od razvijenih gradskih centara najbliži su gradovi Zrenjanin i Kikinda.

Po poslednjem popisu iz 2011. godine naselje ima 13 133 stanovnika. Analizom demografskog razvoja opštine uočeno je da populaciona veličina ima tendenciju permanentnog pada, što je posledice konstantnog pada nataliteta i raslojavanja porodica.

Predmet ovog master rada je hidraulička analiza postojećeg stanja vodovodne mreže i predlog njenog poboljšanja, koje treba da omogući normalno vodosnabdevanje svih korisnika u naselju Novi Bečej.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić.

### 2. POSTOJEĆE STANJE VODOVODNE MREŽE NASELJA NOVI BEČEJ

Naselje Novi Bečej poseduje sopstveni sistem vodosnabdevanja sa izvorišta Siget. Izvorište sadrži deset bunara, ali vodosnabdevanje se vrši iz pet bunara (B3, B4, B5, B7 i B8), dubine 70-100 m. Maksimalni kapacitet izvorišta iznosi 75 l/s. Iz zgrade se pomoću frekventnog regulatora upravlja svim bunarima. Svaki bunar ima svoj frekventni regulator; njegova osnovna prednost je to što može da održava konstantni pritisak u vodovodnoj mreži, tako što reguliše i upravlja brzinom obrtanja elektromotora pumpe za vodu.



Slika 1 Ortofoto snimak pozicije bunara na izvorištu

Iz eksploatacionih bunara voda se cevovodima dovodi do velikog sabirnog cevovoda prečnika Ø300 mm, gde se meri protok digitalnim meračem, a zatim se vrši dezinfekcija vode hipohloritom u automatskom postrojenju „HLOOROGEN“.

Distributivna vodovodna mreža je prstenastog tipa i nju čine cevi od azbest-cementa (20 %), polietilenske (72 %) i cevi od polivinilhlorida (8%). Jedan od glavnih problema je taj, što sve PE cevi imaju prečnik manji od 100 mm, a to nije u skladu sa tehničkim normativima za instalaciju hidrantske mreže za gašenje požara. Sledeći problem je upotreba AC cevi koje su dotrajale, i na kojima su veoma česte havarije na sistemu, a smatra se da imaju i kancerogeno dejstvo.

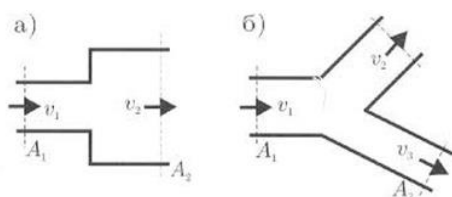
Meštanima naselja Novi Bečej je od 2005. godine zabranjena upotreba vode za piće i pripremu kuvanih jela zbog povećane količine arsena, bora, natrijuma, ortofosfata i potrošnje kalijum permanganata. Ovaj problem se može rešiti jedino izgradnjom postrojenja za preradu vode.

### 3. MODELIRANJE TEČENJA U VODOVODNOM SISTEMU

Pri modeliranju tečenja u vodovodnom sistemu koristila sam se osnovnim zakonima održavanja u mehanici fluida, pod pretpostavkom da je tečenje u cevima ustaljeno, odnosno da nema promene hidrauličkih parametara ( brzine, proticaja,  $\Pi$  kote) kroz vreme.

Osnovne zakone održavanja u mehanici fluida čine zakoni o održavanju mase, o održavanju količine kretanja i održanja energije [1]. Prvi zakon kaže da je masa nepromenljiva, ona se ne može uništiti ni stvoriti. Zakon održanja količine kretanja govori da je promena količine kretanja (proizvod mase i brzine) srazmeran delujućoj sili. Zakon o održanju energije dozvoljava samo prelazak iz jedne vrste energije u drugu.

#### Jednačina nepromenljivost mase – jednačina kontinuiteta [1]:



Slika 2. Jednačina kontinuiteta

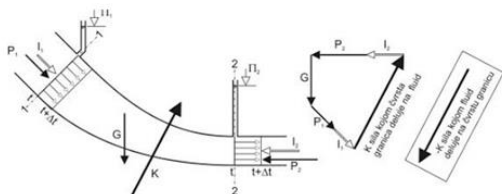
Ako se jednačina primeni na strujanje na suženju prema slici 2 imamo:

$$-v_1 A_1 + v_2 A_2 = 0 \Rightarrow v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (1)$$

Odnosno:

$$-v_1 A_1 + v_2 A_2 + v_3 A_3 = 0 \quad (2)$$

#### Održanje količine kretanja – dinamička jednačina [1]:

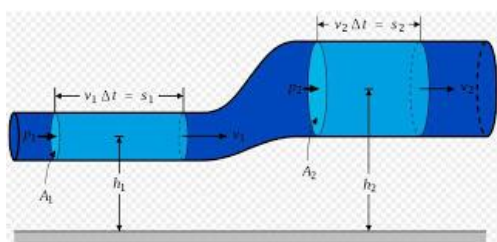


Slika 3. Dinamička jednačina

$$I_1 + I_2 + G + K + P_1 + P_2 = 0 \quad (3)$$

#### Načelo održanja energije – Bernulijeva jednačina [1]:

Posmatra se ustaljeno strujanje tečnosti, nestišljive i viskozne, kroz cev promenljivog poprečnog preseka.



Slika 4. Cev promenljivog poprečnog preseka

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \Delta E_{1-2} \quad (4)$$

### 4. PROGRAMSKI PAKET EPANET 2.0

Epanet 2.0 je softverska aplikacija koja se koristi širom sveta za dinamičko modeliranje tečenja i simulaciju vodovodnog sistema, odnosno sistema pod pritiskom [2]. Razvijen je kao alat za razumevanje protoka pijaće vode kroz distributivni sistem i može biti koristan za razne analize distributivnog sistema. Danas inženjeri koriste programski paket EPANET 2.0 za projektovanje novih vodovodnih sistema, sanaciju postojećih, projektovanje i dimenzionisanje rezervoara i kapaciteta pumpi, smanjenje gubitaka, održanja zahtevanih protoka i pritisaka, kao i otkrivanja problematičnih deonica. Može se takođe koristiti za određivanje stepena zagađenja vode.

Uz pomoć unesenih parametara, model (vodovodna mreža) počinje analizu i kao rezultat dobijaju se brzina i protok u cevovodima, pritisak u čvorovima itd. U ulazne parametre spadaju [2]:

- Dubina polaganja cevi;
- Unutrašnji prečnik cevi;
- Koeficijent hrapavosti;
- Specifična čvorna potrošnja;
- Keficijent neravnomernosti stanovništva, javnih ustanova, ugostiteljskih objekata i poljoprivrednih gazdinstava;

### 5. ANALIZA HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

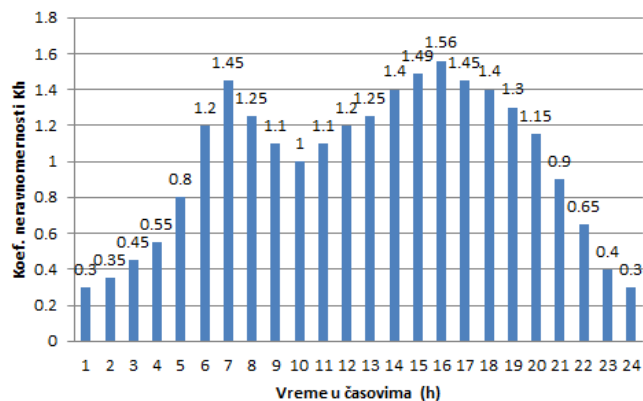
I za hidrauličku analizu postojećeg stanja i za analizu planiranog stanja odrađene su po dve simulacije u EPANET-u, tj simulacija sa i bez požara.

#### 5.1. Hidraulička analiza postojećeg stanja

Hidraulički proračun se sprovodi na osnovu ukupne maksimalne dnevne potrošnje koja se može javiti u vodovodnom sisitemu. U ukupnu maksimalnu dnevnu potrošnju spada potrošnja od strane stanovništva, javnih ustanova, ugostiteljskih objekata i poljoprivrednih gazdinstava, čije se količine odvojeno utvrđuju.

Pritisak na izvoru iznosi 4,2 bar.

#### Koeficijenti časovne neravnomernosti



Slika 5. Koeficijenti časovne neravnomernosti

Usvojena jedinična potrošnja na osnovu broja stanovnika je 140 l/st/dan [3].

Na osnovu podataka iz JP „Komunalac“ Novi Bečej za 2019. godinu o gubicima od oko 18 %, maksimalnom koeficijentu časovne neravnomernosti ( $K_h=1,56$ , slika 5) i koeficijentu dnevne neravnomernosti ( $K_d=1,5$ ), izvršen je proračun potrošnje stanovništva.

Za ostale ustanove usvojene su preporuke iz tehničke norme DVGW W 410.

Kada je izračunata ukupna maksimalna dnevna potrošnja, ona se deli sa ukupnom dužinom mreže, kao što je prikazano na sledećem izrazu [3]:

$$Q_{spec,deon.} = \frac{Q_{max,dn,ukupno}}{\sum L} \quad (5)$$

Gde je  $\sum L$  – ukupna dužina vodovodne mreže

Konačno, specifično čvorno opterećenje koje unosimo u programski paket EPANET 2.0 dobijamo tako što specifični deonični protok pomnožimo sa pripadajućom dužinom za taj čvor:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \sum L_i \quad (6)$$

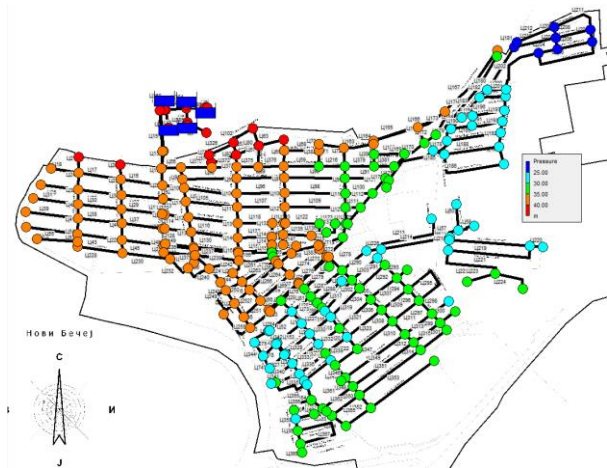
Gde je  $\sum L_i$  – zbir polovina dužina svih deonica koje su povezane u taj čvor.

Za izradu simulacije postojećeg stanja vodovodne mreže u programskom paketu EPANET 2.0 za AC cevi usvojena hrapavost cevi iznosi 0,4 mm zbog njihove dotrajalosti, dok za PVC i PE cevi ta vrednost iznosi 0,3 mm.

### 5.1.1. Ocena postojećeg stanja

Nakon unošenja svih potrebnih parametara u programski paket EPANET 2.0, dobijeni su nepozantni parametri (brzine i proticaji u cevima, pritisci u čvorovima) pomoću kojih je izvršena analiza postojećeg stanja vodovodne mreže za naselje Novi Bečej.

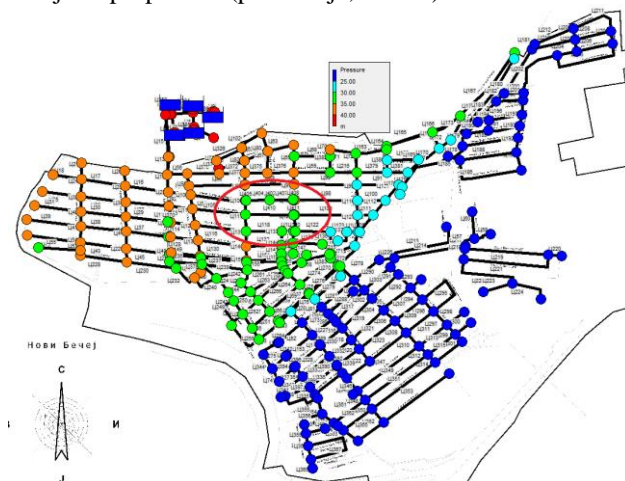
Sa slike 6 možemo zaključiti da su pritisci u severoistočnoj zoni naselja Novi Bečej manji od 2,5 bar (čvorovi obojeni plavom), bez dodatnog čvornog opterećenja na požar, te da oni automatski ne zadovoljavaju propise na osnovu člana 44a Zakona o zaštiti požara i nije uopšte potrebno vršiti simulaciju dva uzastopna požara da bismo proverili da li su pritisci zadovoljavajući.



Slika 6 Stanje pritiska u 19 h

Ovaj problem niskih pritisaka u severoistočnom delu se javlja zato što taj deo grada leži na malo višem delu i zbog toga što je dosta udaljen od izvorišta.

Kada se aplicira požar u centralnoj zoni, pritisci u toj zoni su zadovoljavajući. Međutim problem je taj što se svuda u južnoj, istočnoj i severoistočnoj zoni javljaju pritisci manji od propisanih (plava boja, slika 7).



Slika 7 Požar u centralnoj zoni

Iz svega priloženog izveden je zaključak da postojeća distributivna vodovodna mreža ne može da obezbedi protivpožarne kapacitete određene propisom za celo naselje, kao i da vodovodna mreža nije izgrađena u skladu sa odgovarajućim propisima.

Zbog gore navedenog dato je rešenje planiranog stanja.

### 5.2. Hidraulička analiza planiranog stanja

Osim predviđene rekunstrukcije, odnosno postavljanja novih PE cevi u oko 95 % slučajeva, planirana je i dogradnja sistema rezervoarom i crpnom stanicom u sklopu postrojenja za preradu vode. Sistem od bunara do rezervoara se projektuje na maksimalnu dnevnu potrošnju, a sistem od rezervoara do naselja na maksimalnu časovnu potrošnju.

Proračun potrošnje se sprovodi na isti način kao i za postojeće stanje, s tim da su se koeficijenti dnevne i časovne neravnomernosti procenili uz pomoć empirijskih obrazaca u f-ji broja stanovnika [3]:

$$f_d = 3,9 * E^{-0,0752} \quad (7)$$

$$f_h = 18,1 * E^{-0,1682} \quad (8)$$

Gde je E – broj stanovnika

Kada su koef. neravnomernosti određeni, procenjene srednje dnevne, maksimalne dnevne i maksimalne časovne potrošnje se određuju na osnovu sledećih obrazaca [3]:

$$Q_{sr,dn} = N * q_{spec} \quad (9)$$

$$Q_{max,dn} = f_d * Q_{sr,dn} \quad (10)$$

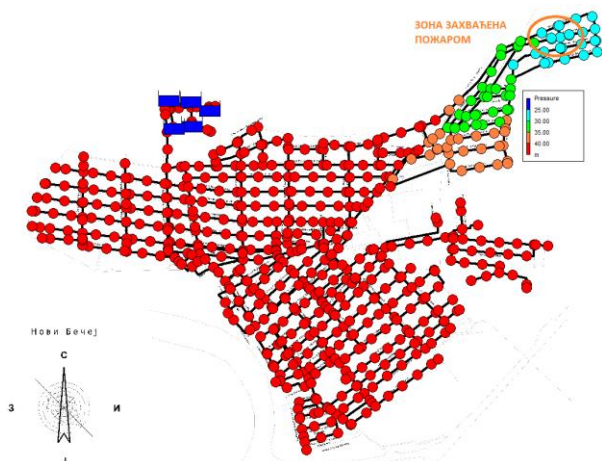
$$Q_{max,h} = f_h * Q_{sr,dn} \quad (11)$$

Prilikom izrade simulacije planiranog stanja za sve novopostavljene PE cevi usvojen je koeficijent hrapavosti  $k=0,2-0,3$  mm. Usvojeni gubici predstavljaju 15 % od srednje dnevne potrošnje.

### 5.2.1. Ocena planiranog stanja

Dobijeni rezultati ukazuju na to da ni u jednoj zoni za najkritičniji period (16h) bez opterećenja na požar, kada je koeficijent časovne neravnomernosti najveći ( $K_h=1,95$ ) u svim zonama naselja ne postoji pritisak manji od 4,8 bar i brzine veće od 2,5 m/s, što je u skladu sa propisima.

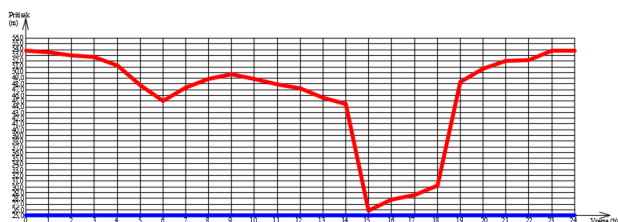
Što se tiče požara, za naselje Novi Bečej prema broju stanovnika potrebno je izvršiti kontrolu za dva uzastopna požara u trajanju od 2 h, pri proticaju od 20 l/s; odnosno 4 nadzemna hidranta x 5 l/s [3].



Slika 8. Požar u severoistočnoj zoni

Slika 8 ukazuje da su pritisci i u zoni koja je bila najkritičnija u postojećem stanju (severoistočnoj) za vreme požara veći od 2,5 bara, što je osnovni kriterijum hidrauličkog proračuna.

Na slici 9 vidi se grafik koji prikazuje promenu pritiska kroz vreme u nadzemnom hidrantu pri požarnom opterećenju (plavo obojena linija predstavlja minimalni pritisak od 2,5 bar).



Slika 9. Promena pritiska kroz vreme u nadzemnom hidrantu

### 5.2.2. Postrojenje za preradu vode

Postrojenje za prečišćavanje bunarske vode sa svim potrebnim objektima i infrastrukturom potrebnom za njegovo funkcionisanje, treba da zadovolji maksimalnu dnevnu potrošnju i maksimalnu časovnu potrošnju sa požarom.

Osnovni problemi sa aspekta kvaliteta sirove bunarske vode jeste povećan sadržaj prirodnih organskih materija, arsena, natrijuma i bora. U okviru tehnologije prečišćavanja obuhvaćeni su svi potrebni objekti za preradu vode za predviđeni tehnološki proces, kao i eventualne emisije zagađujućih materija (otpadna voda od dehidracija mulja, ispiranje filtera, membrana...).

Postupak prerade treba da sadrži sledeće celine:

1. Aeracija/degazacija/rezervoar sirove vode
2. Predozonizacija
3. Koagulacija/flokulacija/taloženje
4. Filtracija na dvomedijumskim peščanim filterima
5. Ozonizacija/destrukcija ozona
6. Adsorpcija na GAU filterima
7. Reverzna osmoza
8. Dezinfekcija
9. Tretman tehnoloških otpadnih voda od pranja filtera

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom postojećeg stanja vodovodne mreže naselja Novi Bečej utvrđeno je da postoji neusklađenost sa osnovnim pravilima struke. Ovo se odnosi kako na kriterijume hidrauličkog proračuna, tako i na kvalitet vode za piće.

Iz tog razloga je predložena rekonstrukcija vodovodne mreže koja će ispunjavati osnovne uslove za dimenzionisanje vodovodne mreže i kriterijume hidrauličkog proračuna. Da bi planirani sistem zadovoljavao Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće, on mora biti dograđen postrojenjem za preradu vode. U rekonstruisanoj vodovodnoj mreži, planirana je upotreba samo PE cevi. Dominantan prečnik je  $\varnothing 110$  mm, dok je primarni magistralni cevovod prečnika  $\varnothing 315$  mm.

## 7. LITERATURA

- [1] „Mehanika fluida“ (prva knjiga- „Uvođenje u hidrauliku“), Georgije Hajdin, Građevinski fakultet u Beogradu, 2002. god.
- [2] EPANET 2.0 – uputstvo za upotrebu
- [3] Komunalna hidrotehnika, pisana predavanja doc. dr. Matije Stipića, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016. god.

### Kratka biografija:

**Slađana Đatkov** rođena u Novom Sadu 1994. godine. Završila osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu na departmanu za građevinarstvo i geodeziju – osek hidrotehnika 2018. godine. Master rad na istom odseku iz oblasti Građevinarstvo – komunalna hidrotehnika odbranila je 2020. godine.

**Matija Stipić** rođen u Somboru 1964. godine. Doktorirao na Fakultetu tehničkih nauka univerziteta u Novom Sadu 2009. godine, a od 2011. god. ima zvanje docenta. Oblasti interesovanja su hidraulika i komunalna hidrotehnika.