

IDEJNO RJEŠENJE KANALIZACIJE OTPADNIH VODA NASELJA ČURUG CONCEPTUAL DESIGN OF THE WASTEWATER SEWAGE FOR THE SETTLEMENT OF ČURUG

Marija Vujičić, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U radu je izloženo idejno rešenje kanalizacije otpadnih voda za naselje Čurug do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. S obzirom na lokaciju postrojenja i topografiju terena (ravničarski predeo) uz praćenje ograničenja minimalnih padova i dubine ukopavanja, za ispravno funkcionisanje kanalizacione mreže predviđeno je 12 crpnih stanica. Celokupna prikupljena otpadna voda naselja se glavnim kolektorom koji je trasiran duž ulice Dr Lazara Pačua odvodi do postrojenja za prečišćavanje otpadne vode, gde se podvrgava tretmanu pre ispuštanja u Mrtvu Tisu. Modeliranje mreže i hidraulički proračun su urađeni pomoću programskog paketa EPA SWMM.

Ključne reči: hidraulička analiza, otpadne vode, crpne stanice, prečistač otpadnih voda

Abstract – This paper presents a preliminary design for the sewage system for the settlement of Čurug to the wastewater treatment plant. Taking into account the location of the plant, the topography of the terrain (plain area), and following the limitations of minimum slope and digging depth, 12 pumping stations are planned for the proper functioning of the sewage network. The entire collected waste water of the settlement is taken to the waste water treatment plant by the main collector, which is routed along Dr. Lazar Pauč street, where it then goes under treatment before being discharged into Mrtva Tisa. Network modeling and hydraulic calculations were done by using the EPA SWMM software package.

Keywords: hydraulic analysis, wastewater, pumping stations, sewage treatment

1. UVOD

Od ukupno 463 naselja, prema rezultatima popisa iz 2002 godine, u AP Vojvodina samo oko 10% naselja ima neki od oblika kanalizacije otpadnih voda, dok je stopa prečišćavanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda izuzetno niska. Na gradska postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda priključeno je 11% stanovnika, a svega 7% na postrojenja koja su u funkciji [1].

Na prostoru naselja Čurug ne postoji kanalizacioni sistem, pa se otpadne vode odvođe iz domaćinstava putem individualnih septičkih jama, koje većinom nisu građene po tehničkim standardima, njihov sadržaj se nekontrolisano ispušta, usljed čega se neposredno ugrožava životna sredina i vodni resursi [2].

NAPOMENA:

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

U cilju poboljšanja životnog standarda, u skladu sa tehnokoekonomskom analizom, u ovom radu dato je idejno rešenje kanalizacione mreže naselja Čurug. Projektovan je kanalizacioni sistem kojim se skuplja i odvodi otpadna voda iz domaćinstva i industrije putem PVC kanalizacionih cevi do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

2. TEHNIČKI IZVEŠTAJ

Čurug sa 34,23% ukupne površine je prostorno najveće u opštini Žabalj, koja pripada Južnobačkom okrugu. Nalazi se na severnom delu teritorije opštine Žabalj, gde se svojim jugoistočnim delom oslanja na reku Tisu, dok se severnim delom oslanja na Staru Tisu (Mrtva Tisa).

Ukupna površina naselja je 13 679 ha, od čega je 10 288 ha obradivo poljoprivredno zemljište.

Popis stanovništva iz 2011. godine pokazuje da naselje Čurug ima 8166 stanovnika [3].

Na osnovu podataka za naselje Čurug, primetan je opadajući trend u ukupnom broju stanovnika između poslednja dva popisa stanovništva. Depopulacija stanovništva je uslovljena stihijskim iseljavanjem stanovništva u okolne gradove, kao i smanjenjem prirodnog priraštaja. Tendencija opadanja se očekuje i u narednom periodu, pa se kao merodavan broj stanovnika za dimenzionisanje fekalne kanalizacione mreže usvaja trenutni broj stanovnika $N=8166$ st.

3. KANALISANJE NASELJA-OPŠTE ODREDBE

Projektovanje kanalizacionih sistema je proizvod teorijskog znanja i praktičnog iskustva. Danas se pri projektovanju kanalizacije primenjuje niz smernica i preporuka koje su proizašle iz dugogodišnjih praktičnih iskustava, i one treba da posluže kao osnova za projektovanje, analiziranje, i donošenje odluka, uz prilagođavanje lokalnim uslovima.

Otpadne vode se dele na:

- Upotrebljene vode iz domaćinstva
- Upotrebljene vode iz industrije
- Atmosferske vode

Odabir sistema kanisanje (načina evakuacije otpadnih voda) zavisi od mnogih faktora: broja stanovnika, topografskih karakteristika, sanitarnih zahteva, tehničko-ekonomskih pokazatelja i sl.

Kanalizaciona mreža naselja Čurug je predviđena kao separacioni sistem kanisanja, u kojem se upotrebljene vode iz domaćinstva i industrije odvođe putem zatvorene cevne mreže, dok se atmosferske vode evakušu preko postojećih otvorenih kanala.

Što se tiče režima tečenja imamo gravitacionu kanalizaciju, kanalizaciju pod pritiskom i kanalizaciju sa pod pritiskom. U ovom radu se razrađuje rešenje kanalizacije sa gravitacionim tečenjem, koja podrazumeva tečenje sa slobodnom vodenom površinom, čime se omogućava slobodno strujanje vazduha i sprečava pojava neprijatnih mirisa.

Izbor odgovarajućeg materijala za kanalizacionu mrežu je jedan od osnovnih preduslova za osiguranje pouzdanog i sigurnog rada kanalizacionog sistema. Od materijala, spojeva, spojnih elemenata se zahteva, potrebna čvrstoća vodonepropusnost, trajnost, dobra hidraulička svojstva [4].

Koje cevi će biti primenjene zavisi od tržišnih uslova prilikom izgradnje objekta. Kod opredeljenja treba imati u vidu da kanalizacija predstavlja objekat koji se gradi za potrebe narednih 30-50 godina. Prednosti usvojenih PVC cevi su, glatka unutrašnja površina, samim tim, bolja hidraulička svojstva, mala specifična težina – lakša manipulacija, otpornost na pritisak i pucanje, otpornost na koroziju kao i jednostavna obrada.

Apsolutna (pogonska) hrapavost cevi, k , nije samo veličina mikro izbočina na zidu, nego je mera makro nepravilnosti duž cevi, načina spajanja, kvaliteta spojnica, polaganja u rov, istaložavanja, odstupanja prečnika od nominalne vrednosti [5]. Usvojen je koeficijent hrapavosti $k=1,5$ mm.

U kanalizacionim sistemima brzine se ograničavaju zbog toga što usljed velikih brzina tečenja dolazi do erozije i abrazije cevi delovanjem nanosa u otpadnoj vodi, dok usljed malih brzina dolazi do taloženja, samim tim i začepljenja cevi.

Najmanja brzina strujanja treba da bude 0,4 m/s pri dubini punjenja kanala 2-3 cm, ili 0,8 m/s kada je kanal pun do vrha. Smatra se da su ove brzine dovoljne da se čvrste čestice održe u suspenziji. Najveće brzine su ograničene na 3 m/s u punom profilu.

Minimalni pad (nagib) predstavlja tehničko-ekonomsku kategoriju gde se mora postići ravnoteža između efikasnosti sprečavanja taloženja i troškova izgradnje. Veći podužni padovi obezbeđuju veću vučnu silu i smanjuju rizik od taloženja, ali mogu povećati troškove izgradnje kanalizacije, posebno u ravničarskim predelima. U radu su usvojeni minimalni padovi cevi :

Ø250mm – $I_{min}=2,70$ %

Ø300mm – $I_{min}=2,20$ %

Ø400mm – $I_{min}=2,00$ %

Ograničenje minimalnih profila predviđa se zbog prisustva različitih otpadnih materijala, gde postoji opasnost od začepljenja cevovoda i da bi se olakšalo čišćenje kanalizacionih kolektora, bez obzira na veličine minimalne brzine toka i stepena ispunjenosti profila. U radu su usvojeni minimalni prečnici Ø250mm.

Visina punjenja cevi uvodi se kao preventivna mera kako bi se sprečila pojava tečenja pod pritiskom, u slučajevima da nivo otpadne vode u kanalizaciji pređe određene vrednosti. Stepun punjenja u kanalima za upotrebenu vodu, treba da bude najviše 50 do 70%.

Dubina polaganja kanala zavisi od klimatskih uslova, dubine priključaka, geomehaničkih osobina tla, pojavi i dubini podzemne vode, položaja ostalih instalacija,

spoljnog opterećenja (građevine i saobraćajnice), veličine profila kanala, vrste kanala. Minimalna početna dubina ukopavanja je 1,4 m, što osigurava prioritet kanalizacione mreže, dok je maksimalna dubina ukopavanja 5,2 m.

4. ANALIZA MERODAVNE KOLIČINE VODE

Kućne otpadne vode:

Količine otpadnih voda iz domaćinstva koje dospevaju u kanalizaciju rezultat su različitih aktivnosti u domaćinstvu, i promene proticaja u kanalizacionoj mreži zavise od veličine i vrste naselja. Prilikom određivanja merodavnih količina upotrebljenih otpadnih voda iz domaćinstva potrebno je poznavati:

- broj stanovnika na kraju projektovanog perioda – N
- specifičnu potrošnju vode - q_{spec} [l/st/dan] - potrošnja vode u litrima po jednom stanovniku u jednom danu.

Industrijske otpadne vode:

Količine vode koje ispušta industrija je teško proceniti jer su specifične za svaki proizvodni proces.

Za industrijska i privredna područja preporuke za količinu industrijske otpadne vode su:

aktivnosti sa manjom potrošnjom vode: $q_{ind}=0,2$ do 0,5 l/s/ha

aktivnosti sa srednjom do velikom potrošnjom vode: $q_{ind}=0,5$ do 1,0 l/s/ha. [6]

Procedne vode:

To su najčešće podzemne vode koje se preko spojeva na mreži (cevi, šahtovi) infiltriraju u kanalizaciju. Količina ovih voda zavisi od veličine slivnog područja, geoloških, hidrogeoloških i hidroloških svojstava područja, kvaliteta izvedenih radova, starosti kanalizacione mreže. Procenu količine ovih voda je teško odrediti, postoje merenja koja pokazuju da infiltracija varira u opsegu od 30 do 160 m³/dan po km mreže.

5. HIDRAULIČKI PRORAČUN KANALIZACIONE MREŽE NASELJA ČURUG

Polazni podaci za hidraulički proračun kanalizacione mreže su:

- broj stanovnika na kraju projektnog perioda
- količina upotrebene vode naselja, javnih objekata, industrije i infiltracija
- koeficijenti neravnomernosti stanovništva i industrije
- merodavna specifična potrošnja

Količina otpadne vode od stanovništva i javne potrošnje:

Usvojena specifična dnevna potrošnja vode po stanovniku na dan $q_{spec}=130$ l/st/dan

$$Q_{sr,dn} = q_{spec} * N$$

N - ukupan broj stanovnika

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * K_{max,dn}$$

$K_{max,dn}$ - koef.dnevne neravnomernosti

$$Q_{max,h} = Q_{sr,dn} * K_{max,čas}$$

$K_{max,čas}$ - koef.časovne neravnomernosti

Količina otpadne vode od industrije:

$$Q_{ind} = q_{ind} * A$$

Količina otpadne vode od infiltracije (strana voda):

$$Q_{inf} = q_{spec,inf} * L$$

Ukupna količina otpadnih voda:

$$Q_{max,dn,uk} = Q_{max,dn} + Q_{inf}$$

Ova količina vode se preko čvorne potrošnje unosi tako što se prvo definiše specifična deonična količina otpadne vode:

$$Q_{spec,deon} = \frac{Q_{max,dn,ukup}}{\Sigma L}$$

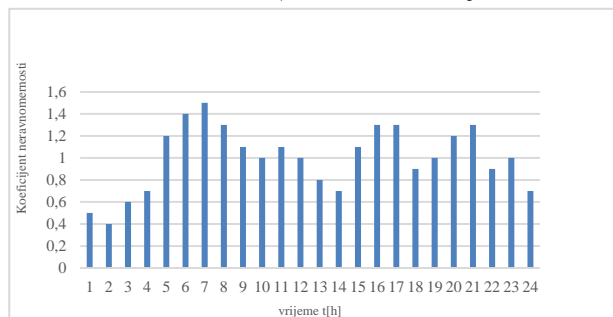
A zatim se za svaki čvor unosi konstantan proticaj, odnosno čvorno opterećenje:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (7)$$

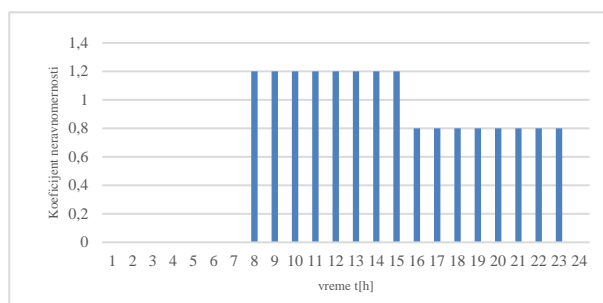
ΣL_i -nizvodna deonica od čvora

Količina otpadne vode od industrije se unosi kao tačkasto opterećenje u onim čvorovima gde je predviđena industrija.

Nakon čvornog opterećenja, definiše se dinamika potrošnje, odnosno časovna neravnomernost koja je različita za stanovništvo (Slika 1) i industriju (Slika 2).



Slika 1. Dijagram časovne neravnomernosti za stanovništvo

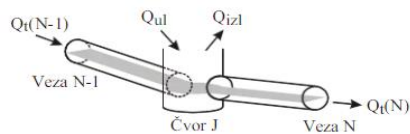


Slika 2. Dijagram časovne neravnomernosti za industriju

6. MODELIRANJE KANALIZACIONE MREŽE PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA EPA SWMM

EPA Storm Water Management Model (SWMM) je dinamički, fizički baziran model, kojim se simulira proces transformacije padavina i upotrebljenih voda u oticaj. Program uzima u obzir različite hidrološke procese koji stvaraju oticaj na urbanim površinama, kao što su neravnomerne padavine, isparavanje stajaćih voda, akumuliranje i topljenje snega, infiltriranje padavina u nezasićene slojeve zemljišta, interakcija između podzemne vode i kolektorskog sistema, perkolacija, odnosno procurivanje infiltrirane vode u slojeve sa podzemnim vodama.

Za potrebe ovog rada iskorištena je jedna od mogućnosti softverskog paketa SWMM, što obuhvata modeliranje i analizu tečenja vode kroz mrežu kolektora, čvorova do postrojenja za prečišćavanje.



Slika 3. Koncept proračuna tečenja u mreži

Model se matematički oslanja na jednačinu kontinuiteta i dinamičku jednačinu, poznate kao de St. Venant-ove jednačine.

Jednačina održanja mase:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Dinamička jednačina:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (2)$$

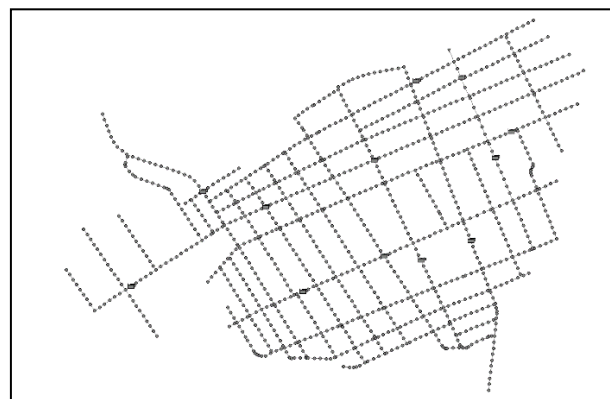
Potrebna je dodatna veza kontinuiteta za čvorove koji spajaju dve ili više cevi, zbog toga se u proračun uvodi jednačina kontinuiteta za čvor, u sledećem obliku:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \Sigma \frac{Q_t}{AS_t}$$

Za rešavanje de St. Venant-ovih jednačina softver koristi tri modela:

- Model ustaljenog tečenja
- Model kinematskog talasa
- Model dinamičkog talasa

U radu je korišćen model dinamičkog talasa, koji rešava kompletne Sen-Venanove jednačine i na taj način daje najpreciznije rešenje.



Slika 4. Izgled modela fekalne kanalizacione mreže naselja Čurug u EPA SWMM-u

7. OBJEKTI NA TRASI KANALIZACIONE MREŽE Revizioni šahtovi

Revizioni šahtovi su ključni elementi infrastrukture u sistemu odvodnje otpadnih voda, koji omogućavaju pristup kanalizacionim cevima radi čišćenja, održavanja i eventualnih popravki.

Predviđeni su vodonepropusni armirano betonski šahtovi (MB30) od prefabrikovanih elemenata, prečnika 1000mm sa završnim konusnim prstenom za ugradnju rama sa liveno-gvođenim šaht poklopcem.

Crpne stanice

Budući da otpadna voda otiče kanalizacionom mrežom gravitaciono, na pojedinim mestima da ne bi došlo do prevelikog ukopavanja kanalizacionih cevi, rade se crpne stanice.

U naselju Čurug je usljed konfiguracije terena predviđeno 12 crpnih stanica kako bi se omogućio efikasan transport otpadne vode do krajnjeg recipijenta. Osnovni delovi crpnih stanica su: crpni bazen, zatvaračnice, upravljački deo, pumpe i potisni cevovod.

Crpni bazen je prostor koji služi za akumuliranje i podizanje otpadne vode na potrebni nivo. Veličina bazena zavisi od režima rada pumpi i karakteristika dotoka.

Prema kriterijumu dozvoljenog broja uključivanja pumpi u satu mogu se odrediti minimalne potrebne dimenzije crpnog bazena iz sledećeg izraza:

$$V_{min} = \frac{T_{min} + Q_c}{4} = 0.09 * Q_c$$

Zatvaračnice su šahtne konstrukcije koje služe za smeštaj opreme cevovoda, omogućavaju pristup i održavanje opreme cevovoda.

Potisni cjevovod, delimično je smešten u crpnom bazenu, a delimično u zatvaračnici. Njegova svrha je da omogući transport otpadne vode iz crpne stanice do zatvaračnice.

Pumpe su radne hidrauličke mašine koje mehaničku energiju dobijenu od motora predaju fluidu koji kroz njih protiče. U kanalizaciji se najčešće koriste centrifugalne pumpe koje imaju šire prolaze u radnom kolu i kućištu što doprinosi sprečavanju začepjenja pumpi sadržajima iz otpadne vode.

Upravljački deo crpne stanice podrazumeva opremu za automatski rad, manuelni rad, opremu za alarm i razna merila.

PPOV - Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda

Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda je predviđeno u severnom delu naselja Čurug na obali Stare Tise (Mrtva Tisa), to je praktično stajaća voda, sa oscilacijama nivoa od 78,87 do 73,37 mm [2].

Tretiranje i prečišćavanje otpadnih voda uključuje uklanjanje čvrstih čestica, suspendovanih materija, razgradnju organskih materija, smanjenje koncentracije zagadivača kroz biološke i hemijske procese, kao i dezinfekciju vode.

Procesi prečišćavanja sa suspendovanom mikroflorom su danas veoma rasprostranjen vid primene aerobnog procesa prečišćavanja, metoda aktivnog mulja (AM) je najrasprostranjenija.

Postoje modifikacije postupka aktivnog mulja i za naselje Čurug se koristi SBR (Sequencing Batch Reactors) tehnologija.

Procesi koji se odvijaju u jednom SBR reaktoru su :

- Punjenje reaktora otpadnom vodom
- Proces biološke razgradnje (nitrifikacija).
- Proces taloženja
- Pražnjenje (dekantacija) reaktora
- Faza uklanjanja viška mulja
- Faza mirovanja.

8. ZAKLJUČAK

Doprinos ovog rada jeste u smanjenju zagađenja, unapređenju infrastrukture naselja, što ima pozitivan uticaj na ekološku, zdravstvenu i socijalnu dobrobit stanovništva, i dugoročno koristi lokalnoj zajednici.

Projektovana kanalizaciona mreža ukupne dužine $L=43.574$ m sa AB revizionim silazima prečnika 1000 mm, odvodi prikupljenu otpadnu vodu naselja do postrojenja za prečišćavanje, koje je locirano uz obalu Mrtve Tise. S obzirom na lokaciju postrojenja i topografiju terena (ravničarski predeo) uz praćenje ograničenja minimalnih padova i dubine ukopavanja, za ispravno funkcionisanje kanalizacione mreže predviđeno je 12 crpnih stanica. Cevi fekalne kanalizacione mreže su projektovane od tvrdog PVC-a (polivinil-hlorid), prečnika $\varnothing 250$ mm, $\varnothing 315$ mm i $\varnothing 400$ mm, sa padom od 0.2%, do 0.7%. Prečnik koji je dominantan u cevovodu je $\varnothing 250$ mm. Ispunjenost profila kanalizacionih cevi ide do 62%, što osigurava adekvatnu ventilaciju cevovoda. Za prečišćavanje otpadne vode primenjuje se mehaničko-biološki postupak, uz posebnu obradu mulja tzv. SBR postupak.

Pomoću programskog paketa EPA SWMM izrađena je hidraulička analiza opterećenja kanalizacionog sistema po čvorovima i deonicama.

U radu su dimenzionisani osnovni objekti kanalizacione mreže.

Rešavanje problema odvođenja otpadnih voda iz naselja Čurug se postiže izgradnjom kanalizacione mreže, tako da ona efikasno obavlja svoju funkciju, uz minimalne troškove izgradnje.

9. LITERATURA

- [1] <http://www.ekourbapv.vojvodina.gov.rs/wp-content/uploads/2018/09/sajt-strategija-vodosnabdevanja-i-zastite-voda-apv.pdf>
- [2] Regulacioni plan naselja Čurug, (Izmene i dopune UP MZ Čurug) Predlog plana
- [3] <https://sr.wikipedia.org/src/%D0%A7%D1%83%D1%80%D1%83%D0%B3>
- [4] Margeta Jure. Kanalizacija naselja: odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda. Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2009.
- [5] Marko V. Ivetić. Računska hidraulika Tečenje u cevima. Beograd, 1996.
- [6] Pisana predavanja: doc. dr Matija Stipić, Komunalna hidrotehnika, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2016.

Kratka biografija:



Marija Vujičić rođena je u Sarajevu 1991. god. Diplomirala je na građevinskom odseku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu 2017. godine na smeru Hidrotehnika. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti komunalne hidrotehnike – Idejno rešenje kanalizacije otpadnih voda naselja Čurug odbranila je 2023. godine.