

HIDRAULIČKA ANALIZA KANALIZACIONOG SISTEMA NASELJA DEČ**HYDRAULIC ANALYSIS OF THE SEWERAGE SYSTEM OF THE SETTLEMENT OF DEČ**Sanja Radlović, Matija Stipić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Ovim projektnim zadatkom urađena je hidraulička analiza kanalizacionog sistema naselja Deč u opštini Pećinci. Analiza planiranog kanalizacionog sistema urađena je na osnovu već postojećeg Idejnog rešenja. Analizom planiranog kanalizacionog sistema naselja Deč definisali smo opterećenja sistema po čvorovima i deonicama. Za analizu smo koristili softverski program SWMM 5.1. Planirani kanalizacioni sistem naselja Deč se sastoji od gravitacionih kanalizacionih kolektora sa priključcima, ukupne dužine oko 14.000,00 m. Zbog pretežno ravničarskog terena i velikih dubina ukopavanja cevi, predviđaju se četiri crpne stanice ("IIC1", "IIC2", "IIC3", "IIC4"). Sva otpadna voda naselja Deč se prepumpava na uređaj za prečišćavanje vode u naselju Šimanovci (UPOV).

Ključne reči: Hidraulička analiza, kanalizaciona mreža, softverski program SWMM 5.1., uređaj za prečišćavanje,

Abstract – With this project task, a hydraulic analysis of the sewage system of the settlement of Deč in the municipality of Pećinci was done. The analysis of the planned sewerage system was done on the basis of the already existing Preliminary design. By analyzing the planned sewerage system of the Deč settlement, we defined the loads of the system by nodes and sections. We used the SWMM 5.1 software program for analysis. The planned sewerage system of the Deč settlement consists of gravity sewerage collectors with connections, with a total length of about 14,000.00 m. Due to the predominantly flat terrain and large burial depths, four pumping stations are envisaged ("IIC1", "IIC2", "IIC3", "IIC4"). All wastewater from the settlement of Deč is pumped to the water purification device in the settlement of Šimanovci (UPOV).

Keywords: Hydraulic analysis, sewage network, software program SWMM 5.1., purification device

1. UVOD

Voda predstavlja osnovni izvor života na zemlji. Iako u prostoru postoje ogromne količine vode, samo mali deo te vode je dostupan ljudima za njihove potrebe (za piće, pripremanje hrane, održavanje higijene, industriju...). Nakon korišćenja vode dolazi do opterećenja vode štetnim materijama i zagađivačima biološkog, hemijskog ili radiološkog porekla, tj. nastaju otpadne vode:

- Sanitarne otpadne vode (upotrebljene vode za snabdevanje stanovništva i komunalnu potrošnju)
- Tehnološke otpadne vode (otpadne vode iz industrije)
- Atmosferske otpadne vode

Kanalizacioni sistemi imaju zadatak da otpadne vode transportuju do uređaja za prečišćavanje pre ispuštanja u recipijent, čime se reguliše kvalitet kako otpadne vode tako i recipijenta u koji se ona upušta, a samim tim se i čuvaju količine vode koje ljudi mogu da koriste za svoje potrebe.

2. KANALIZACIONI SISTEMI

Za sakupljanje i odvođenje otpadnih voda se najčešće koristi način odvođenja otpadnih voda po principu gravitacionog odvođenja, kanalizacionim sistemima sačinjenim od kolektora (u kojima se otpadna voda sprovodi) i šahtova (u kojima se otpadna voda sakuplja). Na mestima gde je kanalizacioni sistem dostigao najveću dubinu ukopavanja, postavljanjem crpnih stanica i prepumpavanjem vode na viši geodetski nivo, kanalizacioni sistem se ponovo vraća na način gravitacionog odvođenja otpadnih voda.

Podela kanalizacionih sistema [1]:

- Opšti (kombinovani) kanalizacioni sistem
- Separacioni (odvojeni) kanalizacioni sistem
- Modifikovani sistem kanalizacija

Opšti (kombinovani) kanalizacioni sistem

Ovaj tip kanalizacionog sistema čini sistem kanala i kolektora koji formiraju kanalizacionu mrežu kojom se odvođe sve vrste otpadnih voda (sanitarne, tehnološke, atmosferske). Sanitarne otpadne vode su vode koje imaju stalni uticaj na kanalizacioni sistem. Atmosferske vode javljaju se periodično, imaju kratkotrajan karakter i s tim da predstavljaju najveće količine vode koje se prikupljaju kolektorima merodavne su i za dimenzionisanje celog sistema.

Separacioni (odvojeni) kanalizacioni sistem

U separacionom kanalizacionom sistemu, upotrebljena voda iz domaćinstva i otpadna voda iz privrede ispuštaju se u kanalizaciju upotrebljenih voda, a atmosferska voda u atmosfersku kanalizaciju.

Prilikom dimenzionisanja, dimenzije kolektora za atmosferske vode su jednake onim u opštem (kombinovanom) kanalizacionom sistemu, dok su dimenzije kolektora sanitarne otpadne vode dosta manje.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Matija Stipić, dipl.grad.inž.

Modifikovani sistem kanalizacija naselja

Ovi sistemi kanalizacija predstavljaju kombinaciju opšteg (kombinovanog) kanalizacionog sistema i separacionog (odvojenog) kanalizacionog sistema.

Projektovanje i dimenzionisanje kanalizacionih sistema

Prilikom projektovanja i dimenzionisanja kanalizacione mreže, potrebno je odrediti geometrijske ulazne podatke (padovi kolektora, dubine ukopavanja, hrapavost cevi, prečnici cevi...) i merodavne količine otpadne vode koje se mogu javiti u kanalizacionom sistemu u toku perioda za koji se taj sistem dimenzioniše.

Osnovni izrazi za hidraulički proračun [4]

Srednja brzina toka:

$$v = \left(\frac{Q}{A}\right) [m/s] \quad (1)$$

Q-protok (m³/s), A-procjenjena površina (m²);

Darcy-Weissbach-ova jednačina:

$$h = \varepsilon \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} [m] \quad (2)$$

h–energetski gubitak (m), L–dužina cevi (m), D–svetli otvor cevi (m), V–brzina strujanja (m/s), g–ubrzanje sile teže (m/s²), ε–koef.otpora (/)

Manningova jednačina:

$$Q = AkR^{\frac{2}{3}}I^{\frac{1}{2}} [m^3/s] \quad (3)$$

K= $\frac{1}{n}$ –Stricklerov koef. (u funkciji karakteristike obloge kanala), A–procjenjena površina (m²), R–hidraulički radijus (m), I–energetski gradijent, n–Manningov koef.hrapavosti;

-Kod određivanja ulaznih parametara postoje odgovarajuća ograničenja kako bi se izbeglo narušavanje stabilnosti kanalizacionog sistema [1].

- ograničenje minimalnih brzina – V_{min}=0,60 m/s (mešovita i atmosferska kanalizacija, ispunjenost ≥50%);

$$-V_{min}=0,50 \quad m/s \quad (\text{sanitarna}$$

kanalizaciona mreža, ispunjenost ≥50%);

ograničenje maksimalnih brzina:

materijal cijevi	max. brzina [m/s]
beton	3,00
armiranibeton	4,00
azbest-cement	4,50
PVC (polivinilklorid)	5,00
čelik	7,00

Tabela br.1. Ograničenja maksimalnih brzina u zavisnosti od materijala cevi

- ograničenje padova – brzine i padovi su međusobno povezani i shodno tome ograničenja padova zavise od brzina:

promjer [mm]	kritična brzina [m/s]	kritičan pad [‰]
150	0,48	2,72
200	0,50	2,04
250	0,52	1,63
300	0,56	1,51
350	0,62	1,48
400	0,67	1,45
450	0,72	1,48
500	0,76	1,40

Tabela br.2. Preporučeni odnosi minimalnih brzina i padova

- ograničenje minimalnih profila – namenjeno je sprečavanju začepjenja i nesmetanog čišćenja i održavanja kanalizacionog sistema:

vrsta sustava	minimalni profil D [mm]
odvodnja kućanskih otpadnih voda	250
mješoviti sustav i sustav oborinske odvodnje	300
rubni ogranci sanitarne odvodnje	200
rubni ogranci mješovitog sustava i sustava oborinske odvodnje	250

Tabela br.3. Preporučeni minimalni profili kanalizacionog sistema

- Ograničenja visine punjenja kanalizacionih kolektora – neophodno je da se ostvari tečenje sa slobodnim ogledalom kako bi se omogućilo odnošenje plivajućeg nanosa, ozračavanje kolektora i prikladno izvođenje priključka:

promjer D [mm]	visina h _p [mm]
250-300	0,60 D
350-450	0,70 D
500-900	0,75 D
> 900	0,80 D

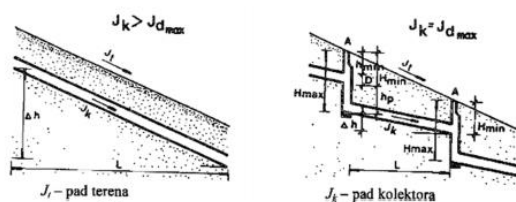
Tabela br.4. Preporučene visine punjenja okruglih cevi

visina H [mm]	visina h _p [mm]
<300	0,60 D
300-450	0,70 D
450-900	0,75 D
> 900	0,80 D

Tabela br.5. Preporučene visine punjenja cevi ostalih preseka

Vertikalno vođenje trase

Visinsko vođenje trase i dubine ukopavanja podrazumeva zemljane radove koji čine više od 50 % svih radova na izgradnji kanalizacionog sistema. Zbog toga optimalno je voditi trasu minimalnim padom tj. paralelno sa licem terena, što nije izvodljivo na terenima sa velikim padovima. Zbog toga se kod strmih terena (slika br.1), zbog savladavanja denivelacije i poštovanja prethodnih parametara, koriste **kaskade**. Maksimalna dubina ukopavanja kanalizacionih cevi je 6,00 m.



Slika br.1. Vođenje nivelete u strmom terenu

3. PROJEKTI ZADATAK

Predmet ovog projektog zadatka jeste hidraulička analiza i rešenje odvođenja otpadnih voda iz naselja Deč. Otpadne vode koje su definisane projektom zadatkom su pretežno otpadne vode iz domaćinstva (sanitarne otpadne vode), vode iz industrije (tehnološke otpadne vode) kao i strane vode.

Važećim Planskim dokumentom, Izmene i dopune Plana generalne regulacije naselja Deč („Sl.list opština Srema“ br. 29/2012 i 8/2014) planirana je izgradnja kanalizacione mreže ukupne dužine oko 14 000,0 m, sa četiri crpne stanice i prepumpavanjem otpadne vode na uređaj za

prečišćavanje u naselju Šimanovci, koji je izgrađen i projektovan i na količinu otpadne vode iz naselja Deč. Kanalizacioni sistem se sastoji od 29 kolektora postavljenih u regulacije ulice i 4 potisna cevovoda. Predviđen je separacioni (odvojeni) kanalizacioni sistem [3].

Hidraulički proračun

Hidraulički proračun za naselje Deč je sprovedeno za predviđeno buduće stanje do 2060 godine.

Specifična potrošnja vode je usko vezana sa brojem stanovnika za predviđen projektni period i razvoj samog naselja. Planirani kanalizacioni sistem će se dimenzionisati na proticaj kojim će se obuhvatiti [1]:

-sanitarne otpadne vode (upotrebljene vode iz domaćinstva):

$$Q_{sr.dn} = H * q \left[\frac{m^3}{dan} \right] \quad (4)$$

H-broj stanovnika na kraju projektnog perioda, q-specifični oticaj otpadnih voda po stanovniku na dan (usvaja se iz tablice na osnovu broja stanovnika)

$$Q_{max.dn} = 1,5 * Q_{sr.dn} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (5)$$

$$Q_{max.čas} = 3,0 * Q_{sr.dn} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (6)$$

-otpadna voda iz industrije-kod aktivnosti sa manjom potrošnjom vode $Q_{ind}=0,1$ do $0,5 \left[\frac{l}{s} * ha \right]$, kod aktivnosti sa većom potrošnjom $Q_{ind}=0,5$ do $1,0 \left[\frac{l}{s} * ha \right]$.

$$Q_{ind} = 0,25 * A \left[\frac{l}{s} * ha \right] \quad (7)$$

A-površina koju zauzimaju privredno radne zone

-strane vode- usvaja se veća vrednost od predložene dve:

$$1. Q_{inf}=0,2 * Q_{sr.dn} \left[\frac{l}{s} \right] \quad \text{ili} \quad 2. Q_{inf}=0,1 * L \left[\frac{l}{s} \right]$$

Zbirni proračun proticaja otpadnih voda

$$Q_{max.dn.uk.} = Q_{max.dn.} + Q_{ind} + Q_{inf} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (8)$$

$$Q_{max.čas.uk.} = Q_{max.čas.} + Q_{ind} + Q_{inf} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (9)$$

Hidraulički proračun kanalizacionog sistema će se izvršiti na bazi maksimalnog ukupnog časovnog protoka.

Ulazni parametri za modeliranje kanalizacionog sistema

Pored geometrijskih karakteristika koji su nam potrebni kao ulazni podaci za simulaciju u softverskom programu SWMM 5.1, potrebno je odrediti i čvornu potrošnju. Čvorna potrošnja se određuje na osnovu jediničnog opterećenja po m² kanalizacione mreže.

$$q_{spec.m^2} = \frac{Q_{max.čas.ukupno}}{\Sigma L} \left[\frac{l}{s} \right] \quad (10)$$

Protok pojedinačne deonice između dva čvora:

$$q_i = q_{spec.m^2} * l_i \left[\frac{l}{s} \right] \quad (11)$$

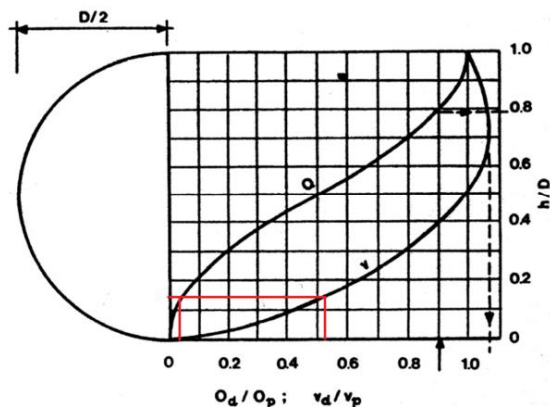
li-dužina deonice;

Protok pojedinačne deonice q_i, raspoređujemo na svaki kraj deonice.

Dimenzionisanje kanalizacionog kolektora

Prilikom dimenzionisanja kanalizacionog kolektora koristimo tablicu za proračun okruglih kanalizacionih cevi prema Prandtl-Colebrook-ovoj formuli i krivi Q/Q_{pp} – H/H_{pp}-v/v_{pp} (slika br.2). Sa Q_{pp}, v_{pp} su označeni protoci i brzine za potpuno ispunjen kolektor za H_{pp}=D, dok su sa Q, v označeni protoci i brzine za delimično ispunjen kolektor H. Kada se definiše odnos Q/Q_{pp} iz krive se odredi visina punjenja cevi i brzina za posmatrani protok.

Nakon toga se pomoću tabele odredi prečnik kolektora.



Slika br.2. Q/Q_{pp}-V/V_{pp}-h/h_{pp} kriva

Usvajamo vrednosti dimenzija kolektora DN250 i DN300, iako su male brzine tečenja i male visine punjenja. S tim da se pri ovako malim vrednostima otpadnih voda u početnom periodu, teško mogu ostvariti tečenja veća od 0,5 m/s, dolazi do taloženja i potrebno je povremeno ispiranje cevovoda [1].

Dimenzionisanje crpne stanice

U naselju Deč predviđeno je četiri crpne stanice sa proračunatim i usvojenim karakteristikama (Tabela br. 6)

Da bi smo odredili radnu zapreminu crpnog bazena biramo veću vrednost od predložene dve:

$$1. V_{ef.min} = \frac{T_{min}}{\frac{1}{Q_{max.čas}} + \frac{1}{Q_c - Q_{max.čas}}} [m^3] \quad (12)$$

$$2. V_{ef.min} = \frac{T_{min} * Q_c}{4} [m^3] \quad (13)$$

T_{min}-za 10 ciklusa u toku jednog časa T_{min}=6 min, tj. 60/10, Q_c-kapacitet crpke koji predstavlja 10-30% od Q_{max.čas.} ili usvojen kapacitet crpke.

Na osnovu usvojene V_{ef.min} i usvojene radne površine P za svaki crpni bazen određujemo minimalu visinu punjenja h_{min}.

$$V_{ef.min} = P * h_{min} [m^3] \quad (14)$$

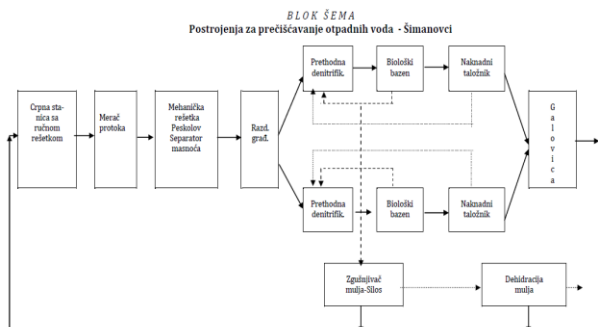
crpna stanica	Q maks,čas (l/s)	kota minimalne visine vode u crpnoj stanici (m.n.m)	kota izliva (m.n.m)	hgeod,min (m)	hgeod,max (m)	potisni cevovod D (mm)	dužina potisnog cevovoda (m)
ЦС1	5	73,97	76,54	2,12	2,47	100	2
ЦС2	5	72,96	77,04	3,78	3,98	100	79,7
ЦС3	12	72,49	76,6	3,71	4,1	100	257,2
ЦС4	18	72,22	76,65	3,98	4,33	180	1242,69

Tabela br.6. Prikaz karakteristika crpnih stanica

Uređaj za prečišćavanje (UPOV)

Uređaj za prečišćavanje (UPOV) je pozicioniran u naselju Šimanovci, na 8 km od naselja Deč. Uređaj za prečišćavanje je izveden na terenu, a kapacitet prečišćavača je projektovan, osim na otpadne vode naselja Šimanovci, i na količinu otpadne vode iz naselja Deč, kao i na količinu otpadne vode iz naselja Sremski Mihaljevci i naselja Karlovčić.

Tehnološki postupak rada uređaja za prečišćavanje je prikazan u BLOK ŠEMI (slika br.3):

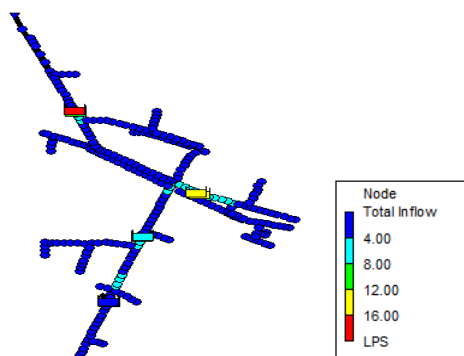


Slika br.3. Blok šema UPOV

Upravljanje tokovima vode u UPOV je automatski, pomoću računskog programa koji je povezoao ceo sistem [2].

4. Simulacija u softverskom programu SWMM 5.1

Da bi se pokrenula simulacija u softverskom programu SWMM 5.1 potrebno je formirati kanalizacionu mrežu sačinjenu od deonica, čvorova, rezervoara, pumpi i izliva (slika br.4). Pre pokretanja simulacije projektog kanalizacionog sistema, potrebno je definisati sve ulazne podatke: deonice (dužine, hrapavost, prečnik cevi), čvorovi (geodetske visine čvorova), krive protoka crpki, karakteristike rezervoara... Nakon toga se unosi čvorna potrošnja prethodno definisana i proračunata pomoću jednačine, za svaki čvor kanalizacione mreže [5].



Slika br.4. Šema kanalizacionog sistema naselja Deč

5. ZAKLJUČAK

Pomoću softverskog programa SWMM 5.1 izvršili smo hidrauličku analizu planiranog kanalizacionog sistema naselja Deč. Hidraulička analiza kanalizacionog sistema je izvršena na osnovu utvrđenih prečnika cevi, dužina cevi, merodavnih protoka... i pokazuje nam ponašanje kanalizacionog sistema u nekom vremenskom intervalu čime nam daje uvid u dubine vode po deonicama, brzine, ponašanje crpnih stanica, kao i ponašanje vode i kanalizacionog sistema ispred i iza crpnih stanica.

Crpne stanice su projektovane tako da mogu da prime otpadnu vodu iz domaćinstva, industrije i ostale vode. Hidrauličkim proračunom je utvrđeno da crpne stanice u naselju Deč imaju dovoljan i potreban kapacitet i snagu da otpadnu vodu iz naselja Deč odvedu na UPOV.

6. LITERATURA

- [1] Pisana predavanja: doc.dr Matija Stipić, Komunalna Hidrotehnika, deo 2, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2017
- [2] Studija o proceni uticaja glavnog projekta postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda za naselje Šimanovci na k.p.br. 2510/2 K.O.Šimanovci na životnu sredinu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad
- [3] Izmene i dopune Plana generalne regulacije naselja Deč ("Sl. list Srema"br.29/2012 i 8/2014)
- [4] Hajdin Georgije: Mehanika fluida knjiga prva Uvođenje u hidrauliku, Građevinski fakultet, Beograd, 2002
- [5] SWMM 5.0 User's manual 2010

Kratka biografija:



Sanja Radlović rođena je u Sremskoj Mitrovici 1990. god. Diplomirala je 2015 godine na građevinskom odseku Fakulteta Tehničkih Nauka Univerziteta u Novom Sadu, smer hidrotehnika. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu, iz oblasti komunalne hidrotehnike – hidraulička analiza kanalizacionog sistema naselja Deč, odbranila je 2021.god.

Matija Stipić je rođen 1964 godine u Somboru. Doktorirao je na Fakultetu Tehničkih Nauka Univerziteta u Novom Sadu 2009 godine, a od 2011 godine je u zvanju docenta. Posebna oblast interesovanja su mu hidraulika i komunalna hidrotehnika.