

IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA UPOTREBLJENIH VODA NASELJA ŠAJKAŠ SA PPOV**CONCEPTUAL SOLUTION FOR WASTE WATER DRAINAGE OF THE SETTLEMENT ŠAJKAŠ WITH PPOV**Marko Vučinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratka sadržaj – U radu je izloženo idejno rešenje odvođenja upotrebljenih voda naselja Šajkaš do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i dimenzionisanje samog postrojenja. Prikazan je hidraulički proračun kanalizacione mreže naselja Šajkaš, primenom separatnog sistema kanalizacije, prikazane su dimenzije usvojenih objekata sistema za prečišćavanje otpadnih voda, primenom konvencionalnog tipa. Modeliranje i hidraulički proračun mreže izvedeni su primenom programskog paketa EPA SWMM 5.1.

Ključne reči: Hidraulički proračun kanalizacione mreže upotrebljenih voda, konvencionalni tip prečišćavanja

Abstract – The paper presents a conceptual solution for waste water drainage of the Šajkaš settlement to the waste water treatment plant and dimensioning treatment plant. Presents the hydraulic calculation of the sewage network, using separation system, presents the dimensionos of the adopted facilities of the wastewater treatment system, using the conventional type. Modeling and hydraulic calculation of the network were performed using the EPA SWMM 5.1. software package.

Keywords: Hydraulic calculation of the sewage network of used water, conventional type of purification

1. UVOD

Jedan od najvećih savremenih problema u zaštiti životne sredine u Srbiji, još značajnije u Vojvodini predstavljaju komunalne i industrijske otpadne vode. Usled decenijskog ne posvećivanja dovoljne pažnje problemu odvođenja otpadnih voda, u smislu odgovarajućeg tretmana, kroz izgradnju kanalizacione mreže, kolektora i prečistača, današnje zagađenje vodotokova, podzemnih voda i zemljišta je u veoma nepovoljnoj situaciji. Rešenje ovog problema se ogleda u dugoročnom sprovođenju mera, na promeni svesti ljudi i primeni zakonske regulative u praksi, uz odgovarajuće sankcionisanje zagađivača.

Rad za cilj ima poboljšanje uslova koji direktno utiču na kvalitet života stanovnika u naselju Šajkaš.

Osnovni zadatak rada jeste pronalaženje idejnog rešenja kanalisanja upotrebljenih voda i projekat postrojenja za

NAPOMENA:

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

prečišćavanje otpadnih voda biološkim putem sa aktivnim muljem primenom konvencionalnog postupka.

2. TEHNIČKI IZVEŠTAJ**2.1. Naselje Šajkaš. Funkcija i geografski položaj**

Šajkaš je naselje koje se nalazi u Južnobačkom okrugu, na teritoriji opštine Titel. Naselje leži na nadmorskoj visini od oko 78 m.n.m.

Površina planiranog građevinskog područja za naseljeno mesto Šajkaš iznosi 250 ha. U naselju je sedište objekata javnih službi. Planirana površina zemljišta za potrebe industrije iznosi 50 ha.

2.2. Podloge

Korišćene su dostupne geodetske podloge za izradu usvojenog rešenja odvođenja otpadnih voda. Na osnovu visinskih karakteristika terena usvojeno je najjednostavnije i najisplativije projektno rešenje.

2.3. Demografija

Uz pretpostavku o rastućem fertilitetu, za projektni period od 25 godina, usvojeno je 4500 stanovnika.

2.4. Postojeće stanje kanalizacionog sistema

Za odvođenje upotrebljenih voda naselja Šajkaš ne postoji kanalizacioni sistem, već se upotrebljena voda iz domaćinstava evakuise putem individualno građenih septičkih jama koje u većini slučajeva nisu građene prema tehničkim standardima i propisima, čime se neposredno ugrožava životna sredina.

3. O OTPADNIM VODAMA

Otpadne vode predstavljaju vodu iz vodovoda koja je nakon upotrebe promenila svoj sastav i kvalitet, usled dospevanja raznih otpadnih materija koje su izazvale hemijske reakcije. Reč je o materijama koje nisu bezopasne po životnu sredinu i čovekovo zdravlje. Razlikuju se sledeće vrste otpadnih voda: Upotrebljene vode iz domaćinstava (fekalne-sanitarne), upotrebljene vode iz industrije, atmosfenske vode, komunalne vode.

3.1. Način odvođenja otpadnih voda

Izabran je separatni sistem kanalisanja, kod kog se atmosfenske i prečišćene otpadne vode iz industrije odvede jednom mrežom kanala, a otpadne vode domaćinstava i industrijske otpadne vode pomoću drugog sistema. U proračunu uzete otpadne vode stanovništva, javnih ustanova i industrije.

Odvođenje se odvija sa slobodnim tečenjem, uz primenu pumpnih stanica samo na mestima gde dubina ukopavanja prevazilazi optimalne vrednosti.

4. IZBOR CEVNOG MATERIJALA

Za kanalizacionu mrežu naselja Šajkaš odabrane su PVC cevi. Usvojena je pogonska hrapavost od 1 mm. Usvojen minimalni prečnik cevovoda upotrebljenih voda naselja Šajkaš iznosi 250 mm, dok je maksimalni prečnik 350 mm.

Usvojeni su sledeći minimalni padovi kanalizacionih cevi: za $\varnothing 250\text{mm} \rightarrow I=2.7\%$, za $\varnothing 300\text{mm} \rightarrow I=2.2\%$, za $\varnothing 350\text{mm} \rightarrow I=2.2\%$. Maksimalni pad je ograničen na 50 %.

Minimalna dubina ukopavanja za naselje Šajkaš iznosi 1,40 m, usvojena maksimalna dubina ukopavanja iznosi 4,2 m.

Prilikom izvođenja radova neophodno je tokom iskopa obezbediti podgrađivanje rova.

Maksimalna ispunjenost kolektora za otpadnu vodu treba da iznosi 65 %. Preostalih 35 % je predviđeno za strujanje vazduha, ali i kao rezerva za nepredviđeno prodiranje podzemnih voda. Najveći kapacitet ispunjenosti u naselju Šajkaš se javlja u glavnom kolektoru prečnika 350 mm, u časovima maksimalne produkcije visina ispunjenosti ne prelazi 50 % kapaciteta punog profila.

HDPE cevi su usvojene na delu kanalizacione mreže u zoni crpnih stanica, u njima se odvija tečenje pod pritiskom.

5. MODELIRANJE TEČENJA U KANALIZACIONOJ MREŽI

5.1. Hidraulički proračun tečenja

Kanalizacioni sistem predstavljen je kao mreža cevi povezanih čvorovima. Spojevi i šahtovi se u modelu predstavljaju čvorovima, promenljive koje ih određuju su proticaji i pijezometarske kote.

U proračunu osnova promenljivih je promena zapremine čvora tokom zadatog vremenskog intervala Δt .

Promena dotoka kod kanalizacionih sistema otpadnih voda tokom vremena je veoma spora, pa se oni mogu tretirati bez uzimanja u obzir neustaljenih pojava.

5.2. Osnovne jednačine tečenja kroz kolektore

Osnovne jednačine kojima se opisuje tečenje vode u kanalizacionim cevima su jednačine održanja mase i količine kretanja za linijsko tečenje vode u otvorenom kanalu (Sen-Venanove jednačine).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

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

Gde su: A-površina poprečnog preseka; t-vreme; Q-proticaj; x-rastojanje u pravcu toka; g-gravitaciona brzina; H-dubina; S_f -pad linije energije (pad trenja).

Sen-Venanove jednačine predstavljaju precizne diferencijalne jednačine, koje nemaju analitičko rešenje, potrebno je zadati početne i granične uslove. Kao granični uslov mogu se koristiti nivo, proticaj i hidrogram.

Programski paket EPA SWMM 5.1. poseduje tri mogućnosti izvođenja hidrauličkog proračuna: model ustaljenog tečenja, model kinematskog talasa, model dinamičkog talasa [1].

Za potrebe rada korišćen je model dinamičkog talasa. U odnosu na ostale metode mogu se koristiti mnogo manji vremenski koraci. Vremenski korak iznosi $\Delta t = 1 \text{ s}$.

6. PROGRAMSKI PAKET EPA SWMM 5.1.

Simulacioni program SWMM, svoj koncept zasniva na interakciji nekoliko glavnih komponenti životne sredine, koje se modeliraju tzv. objektima.

Komponente su: atmosfera, površina zemljišta, podzemne vode, transportni sistemi.

Objekti pomoću kojih se vrši modeliranje dele se na vizuelne i nevizuelne.

Čvorovi (Junctions)-spadaju u vizuelne objekte, to su tačke kanalizacionog sistema gde se spajaju veze.

Izlivi (Outfalls)-vizuelni objekti su krajnji čvorovi kanalizacionog sistema koji služe za definisanje nizvodnog graničnog uslova, kada se proračun tečenja u cevima vrši pomoću jednačine dinamičkog talasa.

Kolektori (Conduits)-vizuelni objekti, cevi ili kanali kojima se voda transportuje od uzvodnog do nizvodnog čvora.

Pumpe (Pumps)-vizuelni objekti, modeliraju se kao veze kojima se voda prenosi sa niže na višu kotu.

Jedinični hidrogrami (Unit Hydrographs)-nevizuelni objekti, definišu dotok u kanalizacioni sistem nastao kao posledica padavina.

Vremenske serije (Time Series)-nevizuelni objekti, koriste se za opis promene određene karakteristike objekta kroz vreme.

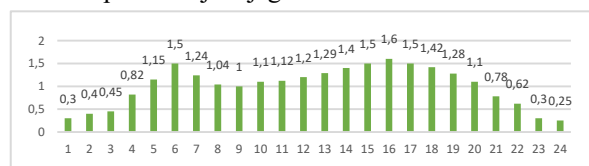
U proračunu se mogu javiti greške, ukoliko one prelaze vrednost od 10 %, mora se proveriti validnost proračuna [2].

Greška koja se javila u modelu nakon simulacije je zanemarljiva i iznosi 0,04%.

7. HIDRAULIČKI PRORAČUN

Dijagram časovne neravnomernosti je taj koji definiše neravnomernost dotoka otpadne vode, samim tim i neravnomernost oticanja iz naselja Šajkaš znatno se razlikuje u određenim delovima dana.

Na slici 1 prikazan je dijagram časovne neravnomernosti.



Slika 1. Dijagram časovne neravnomernosti

Cilj proračuna sistema jeste odabir najekonomičnijeg prečnika cevi za odgovarajući protok. Kanalizacioni sistem upotrebljenih voda se dimenzioniše na maksimalni časovni protok. Merodavni proticaji se određuju primenom odgovarajućih formula [3].

Srednje dnevni oticaj otpadnih voda iz domaćinstava se određuje prema:

$$Q_{sr,d} = N \cdot q \quad (3)$$

Gde je : N-broj stanovnika na kraju projektnog perioda;
q-specifičan oticaj otpadnih voda po stanovniku na dan (l/dan), za odgovarajuću veličinu naselja.

Maksimalni dnevni oticaj otpadnih voda iz domaćinstava se određuje prema [3]:

$$Q_{max,d} = 1.5 \cdot Q_{sr,d} \quad (4)$$

Maksimalna časovna proizvodnja može da se aproksimira primenom sledeće jednačine [3]:

$$Q_{max,čas} = Q_{sr,d} \cdot \left(1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{sr,d}}} \right) = Q_{sr,d} \cdot k_o \quad (5)$$

Usvojen specifičan doticaj otpadnih voda $q_{sp}=150$ l/st/dan.

Koeficijent časovne neravnomernosti iznosi 1.67.

Srednji dnevni oticaj otpadnih voda iz škola, predškolskih ustanova, administrativnih objekata i biroa se određuje:

$$Q_{sr,d} = N \cdot q \quad (6)$$

Srednji dnevni oticaj otpadnih voda za ovu kategoriju se određuje prema:

$$Q_{max,d} = 1.7 \cdot Q_{sr,d} \quad (7)$$

Maksimalna časovna potrošnja se određuje prema:

$$Q_{max,čas} = 7.5 \cdot Q_{sr,d} \quad (8)$$

Merodavni proticaj otpadnih voda iz industrije

$$Q_{max,čas,ind} = \frac{0.2l}{s} / ha \cdot A_{ind} \quad (9)$$

Merodavna količina otpadne vode od infiltracije (strana voda):

0.03 – 0.1 l/s/ha

Ukupna količina otpadne vode predstavlja zbir ovih kategorija otpadne vode.

Specifična deonična količina otpadne vode se dobija prema:

$$Q_{spec,deo} = Q_{max,dn,ukupno} / \Sigma L \quad (10)$$

Gde je: ΣL -ukupna dužina cevovoda.

Čvorna količina otpadne vode se dobija prema sledećem:

$$Q_{spec,deo} \cdot \Sigma li / 2 \quad (11)$$

Gde je: $\Sigma li/2$ pripadajuća dužina, tj suma polovine dužine svih cevi koje su vezane u posmatranom čvoru.

U tabeli 1, prikazane su merodavne količine vode.

Tabela 1. Merodavna količina vode

$Q_{max,dn}$	20.171	l/s
$Q_{spec,deo}$	0.000912001	l · m/s

8. CRPNE STANICE U NASELJU ŠAJKAŠ

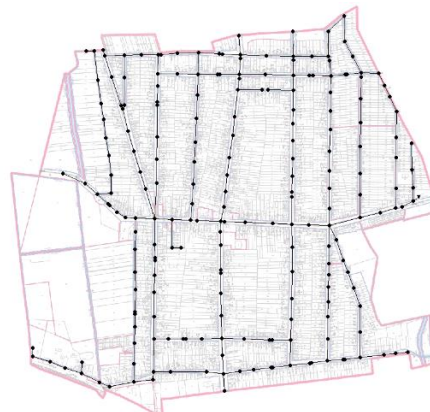
Karakteristike terena, dimenzije izabranih prečnika cevi i njihovi padovi u ovom naselju ne omogućavaju da se ceo sistem izvede kao gravitacioni. Razlog za to jeste ograničavanje maksimalne dubine na 4,2 m, zbog tehničkih i investicionih razloga. Iz prethodno navedenih razloga javila se potreba za projektovanjem 6 crpnih stanica.

U ovom radu je rad pumpi u crpnim stanicama simuliran hidrogramima, količinom vode koja tokom dana dolazi do pumpe, odnosno do uzvodnog čvora. Polazi se od grube

pretpostavke da se sva količina dolazne vode, uzvodno od pumpe, transportuje nizvodno, te se identičan hidrogram dodeljuje nizvodnom čvoru i proračun se nastavlja dalje.

9. ANALIZA REZULTATA PRORAČUNA KANALIZACIJE OTPADNIH VODA NASELJA ŠAJKAŠ

Model na osnovu kog je izveden proračun kanalizacione mreže sastoji se od 213 čvorova, 207 kolektora, 6 crpnih stanica i jednog izliva. Ukupna dužina sistema kanalizacije otpadnih voda iznosi 22.117,30 m. Na slici 2, prikazan je šematski prikaz modela mreže čija je simulacija vršena u programskom paketu EPA SWMM 5.1.

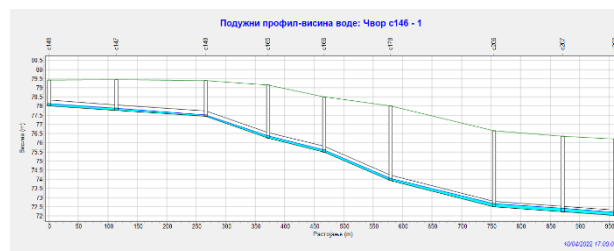


Slika 2. Šematski prikaz modela kanalizacione mreže otpadnih voda

Maksimalna ispunjenost kolektora se javlja u glavnom kolektoru i iznosi 49 %, čime je zadovoljen kriterijum maksimalnog stepena ispunjenosti. Maksimalna ispunjenost kolektora se javlja u 17 časova.

Maksimalne brzine su u okviru dozvoljenih granica, odnosno maksimalna brzina koja se ostvaruje u mreži iznosi 1.54 m/s.

Na slici 3 prikazan je podužni profil kolektora od šahta c146 do šahta c208. Prečnici se kreću od Ø300 na uzvodnom delu do Ø350 na nizvodnom delu.



Slika 3. Podužni profil kanalizacione cevi između šahta c146 i šahta c208 pri maksimalnom stepenu ispunjenosti naznačenom plavom bojom

10. POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Zadatak rada obuhvata proračun i dimenzionisanje jednog postrojenja za biološko prečišćavanje sa aktivnim muljem pprimenom konvencionalnog postupka. Dimenzionisanje je izvršeno na osnovu opšte prihvaćenih nemačkih standarda ATV-DVWK-A 131 [4].

Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda naselja Šajkaš planirano je u neposrednoj blizini naselja, sa njegove severo-zapadne strane.

Recipijent prečišćenih otpadnih voda je meliorativni kanal, koji protiče pored naselja.

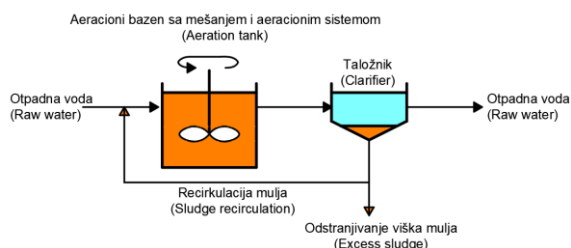
Polaznu osnovu za dimenzionisanje čine ulazni podaci, koji se odnose na kvalitet otpadne vode i zahtevani kvalitet prečišćene vode kao i dodatni iskustveni podaci. Glavna karakteristika kvaliteta komunalnih otpadnih voda je sadržaj organskih i neorganskih materija.

Organske materije se obično procenjuju prema biološkoj potrošnji kiseonika (BPK) ili prema hemijskoj potrošnji kiseonika (HPK).

Aktivni mulj je naziv za biološki aktivnu biomasu aerobne mikroflora, suspendovane u otpadnoj vodi u obliku flokula. Da bi se bakterijska kultura zadržala u suspenziji u reaktoru mora da se odvija mešanje.

Sam proces prečišćavanja aktivnim muljem se kontroliše količinom mulja iznetog iz sistema i srednjim vremenom zadržavanja mikroflora u sistemu.

Na slici 4, prikazana je uprošćena šema sistema za prečišćavanje sa aktivnim muljem.



Slika 4. Uprošćena šema sistema sa aktivnim muljem – konvencionalni tip

Glavne faze procesa prečišćavanja otpadnih voda se mogu predstaviti kao: prethodna obrada, primarno, sekundarno i tercijarno prečišćavanje.

Dimenzionisana vrednost za prečišćavanje otpadne vode je kg/d BPK₅, koristi se vrednost BPK₅ opterećenja po ES za sirovu vodu.

Predviđena je primena postupka mehaničko biološkog prečišćavanja. Mehanički deo obuhvata odvajanje krupnih nečistoća na gruboj i finoj rešetki, odvajanje peska i masnoća u aerisanom peskolovu. Osnovni zadatak biološkog prečišćavanja je uklanjanje biološki razgradivih organskih materija, azotnih i fosfornih materija u što većoj meri. Razgradnju organskih materija, nitrifikaciju amonijaka, denitrifikaciju i biološko uklanjanje fosfora vrše mnogobrojni mikroorganizmi, a pre svega bakterije. Mikroorganizmi pretvaraju biorazgradive organske materije u proste produkte kao što su ugljen-dioksid i biomasa. Zavisno od sredine biološki procesi mogu da se podele na aerobne, anaerobne ili anoksične procese razgradnje.

Proračunom su dobijeni podaci vezani za uklanjanje azota, uklanjanje fosfora, potrebne dimenzije objekata i potrebne tehničke karakteristike opreme.

U tabeli 2, prikazne su usvojene dimenzije objekata:

Tabela 2. Usvojene dimenzije objekata

Crpni bazen	B=3.2 m	L=3.0 m	H=4.3 m
Biološki bazen	B=12 m	L=23 m	H=5 m
Denitrifikacioni bazen	B=12 m	L=5.4 m	H=5 m
Naknadni taložnik	D=11 m		H=2.5 m
Zgušnjivač	R=6 m		H=3.2 m

11. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađena je tema idejnog rešenja odvođenja otpadnih voda naselja Šajkaš do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, kao i dimenzionisanje samog postrojenja, u kom se odvija proces prečišćavanja otpadne vode, nakon čega se prečišćena otpadna voda ispušta u recipijent-meliorativni kanal.

Projektovana je separata kanalizacija za odvođenje otpadnih voda, koja se sastoji od kružnih kolektora i crpnih stanica. Projektni period za koji je odrađen proračun je 25 godina, usvojen broj stanovnika na kraju projektnog perioda iznosi 4.500,00 ES. Sistem odvođenja otpadnih voda je gravitacioni sa slobodnim tečenjem. Kolektori gravitacione kanalizacione mreže su izrađeni od PVC cevi, dok je potisni cevovod na mestima crpnih stanica izrađen od HDPE cevi. Prečnik kolektora koji je najzastupljeniji je 250 mm, a maksimalni 350 mm. Svi neophodni hidraulički proračuni su izvedeni primenom programskog paketa EPA SWMM.

Za prečišćavanje otpadnih voda usvojeno je biološko prečišćavanje otpadne vode sa aktivnim muljem primenom konvencionalnog postupka. Dimenzionisanje je izvršeno na osnovu opšte prihvaćenih standarda Savezne Republike Nemačke ATV – DVWK – A.

Karakteristike ulaznog influenta, tj. Kvalitet sirove otpadne vode je određen na osnovu Smernica iz standarda, objekti i tehničke karakteristike opreme su dimenzionisani tako da se obezbedi zahtevani kvalitet prečišćene otpadne vode.

Rad je za cilj imao poboljšanje uslova koji direktno utiču na kvalitet života u naselju Šajkaš, ogledaju se u većem stepenu zaštite životne sredine, kako u samom naselju tako i u recipijentu.

12. LITERATURA

- [1] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika 2, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, prof.dr. Ljubomir Budinski
- [2] Ana Mijić – Primena programskog paketa EPA SWMM za modeliranje oticaja sa urbanih slivova
- [3] Stipić Matija, Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad, 2019.
- [4] ATW – DVWK – A 131-Nemački standard za dimenzionisanje postrojenja za biološko prečišćavanje otpadnih voda aktivnim muljem.

Kratka biografija:



Marko Vučinić rođen je u Šapcu 1997. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva - komunalna hidrotehnika, na temu: Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Pavliš odbranio je 2021. godine, a master rad na temu: Idejno rešenje odvođenja upotrebljenih voda naselja Šajkaš sa PPOV, odbranio je 2024. god.

kontakt:
marko.vucinic.v.d.sava@gmail.com