

IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA OTPADNIH I ATMOSFERSKIH VODA NASELJA BEGEČ SA PPOV**CONCEPTUAL SOLUTION FOR DRAINING USED AND ATMOSPHERIC WATERS OF THE SETTLEMENT BEGEČ WITH WWTP**Ivana Karalić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj - U radu je prikazan hidraulički proračun izvedenog stanja kanalizacione mreže naselja Begeč, prema postojećem projektu, idejno rešenje odvođenja atmosferskih voda, primenom separacionog sistema kanalizacije, i idejno rešenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, primenom SBR tehnologije, kapaciteta 3840ES. Modeliranje i hidraulički proračun mreže izvedeni su primenom programskog paketa EPA SWMM 5.1.

Ključne reči - Hidraulički proračun kanalizacione mreže, otpadne vode, atmosferske vode, SBR

Abstract - In the paper, the hydraulic calculation of the state of the sewage network of the settlement of Begeč, according to the existing project, the conceptual solution of stormwater drainage, using the separation system of sewage, and the conceptual solution of the waste water treatment plant using SBR technology, with a capacity of 3840ES, are presented. Modeling and hydraulic calculation of the network were performed using the EPA SWMM 5.1 software package.

Keywords - Hydraulic calculation of sewage network, waste water, storm water, SBR

1. UVOD

Osnovni zadatak kanalisanja otpadnih voda jeste da se zagađene vode što brže odstrane iz naseljenih područja, i da se pre samog ispuštanja u recipijent, iste prečiste do stepena koji garantuje traženi kvalitet recipijenta.

Kanalisanjem naselja je potrebno sve prljave i zagađene vode, koje u naselju mogu izazvati probleme, odvesti iz naselja brzo, neposredno i sistematski.

Svrha odvođenja kišnih voda jeste zaštita naselja od plavljenja unutrašnjim vodama, odnosno bezbednost odvijanja svih aktivnosti u gradu, za vreme veće količine padavina.

Katastarska opština Begeč, površine 4343.04ha nalazi se na krajnjem zapadu grada Novog Sada. Begeč predstavlja tipično seosko naselje, sa svega 3325 stanovnika.

Uz pretpostavku o rastućem fertilitetu, za projektni period od 25 godina, usvojeno je 3840 stanovnika.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Matija Stipić, red. prof.

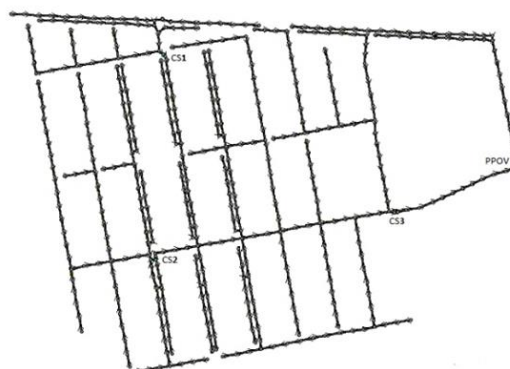
Odvođenje otpadnih i atmosferskih voda planira se preko separacionog kanalizacionog sistema do prečistača otpadnih voda. Savremena građevinska praksa poznaje nekoliko varijantnih rešenja odvođenja voda iz naselja, a za ovaj slučaj je primenjen gravitacioni sistem odvođenja, sa slobodnim tečenjem u kolektorima, kao i primena crpnih stanica za savlađivanje velikih dubina ukopavanja kada je to potrebno.

Zadatak rada je bio provera postojeće, izvedene kanalizacione mreže upotrebljenih voda naselja Begeč, odnosno hidraulički proračun prema projektu izvedenog objekta primenom programskog paketa EPA SWMM. Pored toga, odradilo se idejno rešenje atmosferske kanalizacije, koja je u najavi, te idejno rešenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda primenom SBR tehnologije.

2. ODVOĐENJE OTPADNIH VODA

Za odvođenje otpadnih voda korišćene su PVC cevi, profila od 250mm do 300mm, i crpne stanice šahtnog tipa.

S obzirom da je naselje Begeč izrazito ravničarskog tipa, postoji problem velikih dubina ukopavanja na pojedinim mestima, te su se projektom predvidele tri crpne stanice. Jedna u uzvodnom delu, severni deo naselja, jedna u zapadnom delu, i jedna u blizini izliva, kod postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, u istočnom delu naselja. Prikaz modela izvedene kanalizacione mreže otpadnih voda naselja Begeč, u softverskom paketu EPA SWMM, dat je na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz modela izvedenog stanja kanalizacione mreže otpadnih voda

U ovom radu se rad pumpe simulirao hidrogramom, 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.

2.1. Hidraulički proračun

Cilj proračuna sistema jeste odabir najekonomičnijeg prečnika cevi za odgovarajući protok. Kanalizacioni sistem upotrebljenih voda se dimenzioniše na maksimalni časovni protok. Upotrebljena voda ne teče kroz mrežu neprekidno i u nepromenljivoj količini, te su se zbog toga usvojili dijagrami časovne neravnomernosti, kako za stanovništvo, tako i industriju, i na osnovu njih se vršio hidraulički proračun kanalizacione mreže otpadnih voda. Merodavni proticaji se određuju primenom odgovarajućih formula [3].

Srednje dnevni oticaj otpadnih voda iz domaćinstava se određuje prema:

$$Q_{sr,d} = N * q \quad (1)$$

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]:

$$Q_{max,d} = 1.5 * Q_{sr,d} \quad (2)$$

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

$$Q_{max,čas} = Q_{sr,d} * \left(1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{sr,d}}} \right) = Q_{sr,d} * k_{opšte} \quad (3)$$

Merodavni proticaji voda iz industriju:

$$Q_{sr,d} = A_{ind} * q \quad (4)$$

Gde je:

A_{ind} - površina radne zone,

q - specifičan oticaj otpadnih voda industrije (l/sha) za odgovarajuću veličinu naselja.

Za određivanje količine infiltrirane vode, prema pomenu tim preporukama mogu se koristiti sledeći kriterijumi, dok se za merodavnu vrednost usvaja najveća:

I. KRITERIJUM

Uzima se 20% srednje dnevnog proticaja iz domaćinstava:

$$0.2 * Q_{sr,dn} \quad (5)$$

II. KRITERIJUM

Po svakom kilometru mreže dodaje se po 0,1 l/s, odnosno:

$$0.1 * L_{ukupno} \quad (6)$$

III. KRITERIJUM

Dodaje se 0.03-0.1 l/s po svakom hektaru sliva, odnosno:

$$0.03 * A_{sliv} \quad (7)$$

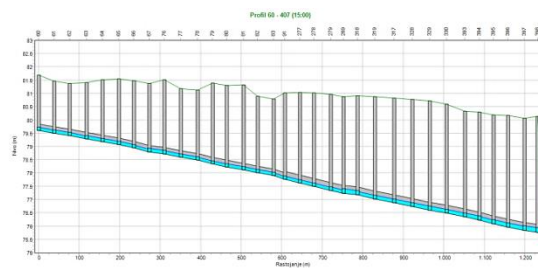
2.2. Analiza rezultata

Na osnovu opisanih obrazaca su dobijene merodavne količine, prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Merodavne količine vode

Srednje dnevni oticaj (domaćinstva)	538	m ³ /dan
Maksimalni dnevni oticaj (domaćinstva)	807	m ³ /dan
Maksimalni časovni oticaj (domaćinstva)	56	m ³ /čas
Količina industrijske vode	6	l/s
Količina procedne vode	4.48	l/s

Podužni nagibi cevi su u granicama propisanih vrednosti, tek po koja deonica ima nešto niže vrednosti, ispod 2‰. Dubine ukopavanja svih cevi su u okviru preporučenih vrednosti, kreću se od minimalne dubine 1.23m, na uzvodnom kraju mreže, pa sve do maksimalnih dubina od 5m, neposredno pred pumpe. Stepem ispunjenosti kanala, u času najvećeg opterećenja ne pralazi 69%. Maksimalne brzine su, takođe, u okviru dozvoljenih granica, odnosno maksimalna brzina koja se ostvaruje u mreži iznosi 1.43m/s.



Slika 2. Podužni profil deonice između crpne stanice 1 i crpne stanice 3

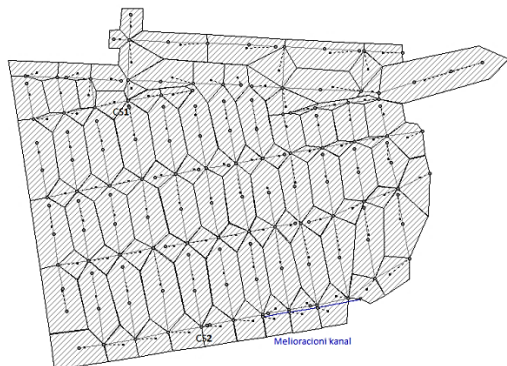
Na slici 2 je prikazana deonica između dve crpne stanice (CS1 i CS3). Prečnici cevi u uzvodnom delu iznose 250mm, dok u nizvodnom, koji predstavlja glavni odvodnik 300mm. Maksimalni stepen ispunjenosti je oko 50%.

3. ODVOĐENJE ATMOSFERSKIH VODA

Usvojene su vrednosti dubine dna cevi, nagibi, prečnici, materijal, te vrsta i oblik kanala u skladu sa preporukama.

U uzvodnom delu mreže, severoistočnom delu naselja, predviđeni su otvoreni kanali trapeznog oblika. Takođe su u severozapadnom delu naselja predviđene još četiri deonice.

Glavni prijemnik atmosferskih voda jeste melioracioni kanal, koji se prostire na jugu naselja. Ideja je bila da se ukupno slivno područje podeli na tri dela, kako bi se uskladili svi potrebni uslovi. Prema tome, postoji više delova celokupnog slivnog područja sa kojih se odvodi voda, i svaki ima zaseban izliv u pomenuti kanal. Model atmosferske kanalizacione mreže dat je na slici 3.

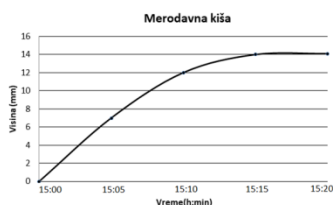


Slika 3. Šematski prikaz model mreže za odvođenje atmosferskih voda

3.1. Hidraulički proračun

Za merodavne količine vode su uzete padavine, koje do cevovoda dolaze duž odgovarajućih slivova, ulivajući se u uzvodni čvor deonice

Kišna kanalizacija separacionog tipa se projektuje na kišu povratnog perioda od 2 godine. Koristili su se podaci o padavinama sa hidrometeorološke stanice Rimski Šančevi, nedaleko od Novog Sada, koji su dati na slici 4.



Slika 4. Dijagram merodavne kiše

3.2. Analiza rezultata

Otvoreni kanali su trapeznog oblika, nagiba stranica 1:1.5, i širine osnove 0.5m. Poseban vid otvorenog kanala jeste glavni melioracioni kanal, kod koga širina dna iznosi 1m. Minimalna dubina otvorenog kanala je 0.5m, a maksimalna 1.3m, te se preko te dubine voda dalje vodi sistemom zatvorenih, zacevljenih kanala.

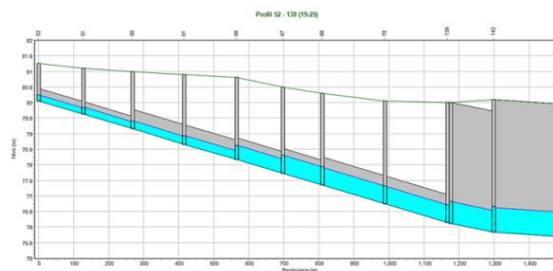
Maksimalna dubina melioracionog kanala je 4.46m. Ukupna dužina otvorene kanalske mreže iznosi 2767.22m.

Ostatak kanalske mreže je zatvorenog tipa. Dimenzije prečnika se kreću od 315mm, u početnim granama mreže, do maksimalnih 1400mm u najnižvodnijim delovima, pred sam izliv u kanal. Dubine ukopavanja u mreži se kreću od minimalnih 1.2m, do maksimalnih 4.4m.

Najveći broj deonica, preko 90% cevi, ima nagib oko 3‰, dok ostatak ima i veći. U času najvećeg opterećenja

stepen ne prelazi 88%. Maksimalna brzina koja se ostvaruje u mreži iznosi 3.63m/s, dok kod otvorenih kanala 0.31m/s.

U melioracionom kanalu brzina iznosi 3.21m/s, dok stepen ispunjenosti ne prelazi 21%.



Slika 5. Podužni profil od čvora 52 do izlivnog čvora 138

Na slici 5 dat je prikaz podužnog profila jedne od najdužih deonica. Nagibi cevi su duž toka konstantni, iznose 3.34‰. Nivo vode u cevima se razlikuje, ali obezbeđuje, i u najkritičnijem času, aeraciju u cevovodu. Maksimalni stepen ispunjenosti je oko 64%, u nizvodnijim deonicama.

4. POSTROJENJE ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

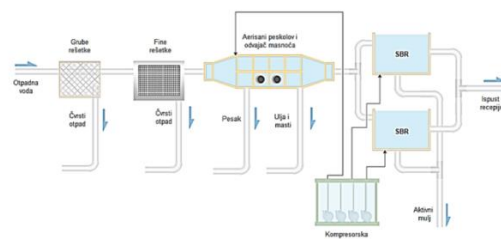
Postrojenja za prečišćavanje se nalazi u istočnom delu građevinskog područja, na udaljenosti od oko 450m od poslednjeg stambenog objekta, a od neposrednog vodoprijemnika oko 600m vazdušno.

Vodoprijemnik je reka Dunav, meander Dunavac.

Prečišćavanje otpadnih voda u sekvencijalnim šaržnim reaktorima (SBR) se zasniva na principu aerobne biološke obrade, primenom aktivnog mulja.

Polaznu osnovu za dimenzionisanje SBR-a čine ulazni podaci koji se odnose na kvalitet otpadne i zahtevani kvalitet prečišćene vode, kao i dodatni iskustveni podaci za sam rad SBR-a.

Predviđena je primena postupka mehaničko-biološkog prečišćavanja. Mehanički deo obuhvata odvajanje krupnih nečistoća na gruboj i finoj rešetki, i odvajanje peska i masnoće u aerisanom peskolovu. Nakon mehaničkog biološki postupak sa cikličnom tehnologijom, i on podrazumeva uklanjanje ugljeničnog zagađenja, nitrifikaciju azotnih jedinjenja i denitrifikaciju, u SBR-u sa kontinualnim dovodom i sa diskontinualnim odvodom. Prikaz procesa rada tehnologije dat je na slici 6.



Slika 6. Šema postupka mehaničke i biološke obrade otpadnih voda

4.1. Proračun

U okviru stručne prakse je usvojena primena nemačkih smernica za dimenzionisanje SBR reaktora, te se deo celokupnog proračuna odnosi na smernice prema radnom listu ATV-DVWK-A 131 [1] i DWA-M 210 [2].

Ako se dimenzionisani kapacitet određuje na osnovu broja priključenih domaćinstava, treba se koristiti BPK₅ opterećenje po ES (ekvivalentni stanovnik) za sirovu vodu. Dokumentima nije egzaktno definisan kvalitet efluenta, nego je uslovljeno da kvalitet prečišćenih voda ni u jednom trenutku ne sme ugroziti kvalitet reke Dunav. U međuvremenu je stupila na snagu Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vodi, kojom su definisane granične vrednosti emisije za efluente koji se ispuštaju sa postrojenja za prečišćavanje.

Ulazni podaci za proračun koji se tiču mehaničkog dela prečišćavanja su bile očekivane količina izdvojenog otpadnog materijala na pojedinačnim objektima, a za deo biološkog prečišćavanja podaci su bili vezani za dnevno opterećenje, kvalitet otpadne vode, parametri vezani za azot, fosfor, dimenzionisanje SBR-a, određivanje potrebne količine kiseonika i za dimenzionisanje aerobnog digestora.

Proračunom su se dobili podaci vezani za uklanjanje azota (bilans azota i stepen denitrifikacije, potrebna starost mulja za nitrifikaciju i denitrifikaciju), uklanjanje fosfora (koncentracije i ukupne količine fosfora, potreban kapacitet opreme za defosforizaciju), dimenzionisanje SBR bazena (usvojanje vrednosti, koje su prikazane u tabeli 2), denitrifikaciju (koncentracije azota), potrebnu količinu kiseonika (izbor sistema za aeraciju, prečnik razvodnog cevovoda vazduha, potrebna snaga za mešanje sadržaja SBR bazena), liniju mulja, dimenzionisanje aerobnog digestora, (usvojeni mehanizam za dekantaciju), i mašinsko odvodnjavanje (potrebna količina kiseonika za dostabilizaciju mulja).

Tabela 2. Usvojene dimenzije reaktora

Širina rezervoara	7m
Ukupa dužina rezervoara	21m
Dužina reakcione komore	18m
Dužina predreakcione komore	3m

5. ZAKLJUČAK

Izvršena je provera sistema mreže otpadnih voda, prema projektu izvedenog stanja, osmišljeno je rešenje sistema mreže za odvođenje atmosferskih, i dato je idejno rešenje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda primenom SBR tehnologije, u skladu sa svim važećim standardima. Svi neophodni hidraulički proračuni su izvedeni primenom programskog paketa EPA SWMM.

Pravilnim odvođenjem voda, kako atmosferskih tako i upotrebljenih, direktno se utiče na poboljšanje životne sredine, porast estetske i materijalne vrednosti, ali i formiranje prirodnog staništa za divlji svet u urbanim sredinama.

6. LITERATURA

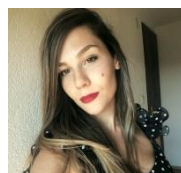
[1] ATV DVWK A 131- Nemački standard za dimenzionisanje postrojenja za biološko prečišćavanje otpadnih voda aktivnim muljem

[2] DWA-M 210- Pravilnik Nemačkog udruženja za vodoprivredu, otpadne vode i otpad za dimenzionisanje sekvencijalnog šaržnog reaktora

[3] Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Stipić Matija. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad, januar 2019.

[4] Snadbevanje vodom i kanalisanje naselja. Dr Miloje Milojević. Građevinski fakultet, Beograd 1976.

Kratka biografija:



Ivana Karalić rođena je u Somboru 1997. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, iz oblasti Građevinarstva - Komunalna hidrotehnika odbranila je 2021. godine, a master rad 2022. godine.