

**IDEJNO REŠENJE ODVOĐENJA ATMOSFERSKIH VODA NASELJU SEFKERIN  
CONCEPTUAL DESIGN OF ATMOSPHERIC WATER SEWERAGE IN SEFKERIN  
SETTLEMENT**Stefana Biočanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- GRAĐEVINARSTVO – HIDROTEHNIKA**

**Kratak sadržaj** – U radu je izrađen model atmosferske kanalizacije u naselju Sefkerin. Pre svega je izvršena analiza terena i padavina, a potom je trasirana kanalizaciona mreža. Izvršen je hidraulički proračun dobijenog modela prilikom padavina dvogodišnjeg povratnog perioda pomoću softverskog paketa EPA SWMM. Nakon toga je izvršen hidraulički proračun kada je ista mreža opterećena padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda i analizirana je njena opterećenost. Na ovaj način je prikazano koje su tačke u sistemu sa najnepovoljnijim uslovima.

**Ključne reči:** *Atmosferska kanalizacija, hidraulički proračun, idejno rešenje*

**Abstract** – *The subject of the paper is the development of a model of the atmospheric sewage system in the Sefkerin settlement. The terrain was analyzed, and the sewerage network was traced. The hydraulic calculation of the model was performed for rainfall whose recurrence period is 2 years by the software package EPA SWMM. Then, a hydraulic calculation for the same model was performed for rainfall whose recurrence period is 20 years, and capacity in that case was analyzed. That was a method to show which points in the system are the weakest.*

**Keywords:** *Atmospheric sewerage, hydraulic calculation, conceptual design*

**1. UVOD**

Naselje Sefkerin pripada opštini Opovo i nalazi se u Južnobanatskom okrugu, u Srbiji. Klima u ovom delu Banata ima umereno - kontinentalne karakteristike. Reka Tamiš je glavna hidrološka arterija proučavanog predela, koja u tom delu svog toka ima sve karakteristike ravničarske reke. Karakteristična je po izrazitoj neujednačenosti proticaja tokom godine ali i između pojedinih godina. Sefkerin pripada odvodnom sistemu "Glavni Glogonjski", u kom se atmosferska voda gravitacionim putem preko otvorene kanalske mreže odvodi u recipijent – reku Tamiš.

Oscilacije nivoa tokom godine su male. Najveća razlika između maksimalnog, koji se dešava u proleće, i minimalnog nivoa koji se dešava u jesen, iznosi manje od 1,1 m. Tokom poslednjih nekoliko godina nivoi podzemnih voda su praktično nepromenjeni i nalaze se u funkciji vodostaja Tamiša. Na većem delu područja dubina od površine terena do nivoa podzemnih voda veća je od 1,0 m. [1].

**NAPOMENA:**

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

Iz navedenih razloga javlja se potreba za analizom terena i hidroloških uslova.

Zadatak rada jeste da se trasira mreža i da se podaci dobijeni prethodno pomenutom analizom upotrebe za dimenzionisanje kanalizacije koja odvodi atmosfersku vodu. Zatim da se izvrši analiza dobijenih rezultata, prikažu zaključci i da grafički prikaz izabranog rešenja.

**2. KANALIZACIONI SISTEM**

Osnovni zadatak kanalizacionih sistema je da omoguće da se preko njih upotrebljene vode i atmosferske vode što kraćim putem i što je brže moguće odvede iz naselja do postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i mesta konačnog ispuštanja u recipijent. Osnovne elemente kanalizacionih sistema čine kanalizaciona mreža, objekti na mreži (crpne stanice, revizionna okna, kućni priključci), postrojenje za prečišćavanje otpadne vode i ispuštanje u vodoprijemnik..

Kod projektovanja prvo se određuje mesto na kom će se voda ispuštati u vodoprijemnik. Prilikom trasiranja kolektora prati se konfiguracija terena i mesta na kojima se nalaze prepreke koje je potrebno izbeći, sve u cilju da se dobije što jednostavniji, efikasniji i pouzadniji sistem koji je jeftin za održavanje. Prvo se trasira glavni kolektor, zatim primarni i na kraju sekundarni.

Separatni sistem kanalizacije predstavlja dve potpuno odvojene kanalizacione mreže. Jedna mreža prihvata atmosfersku vodu dok druga prihvata upotrebljene vode i industrijske vode. Evakuacija atmosferske vode pored zatvorenih kanala može da se vrši i putem otvorene kanalske mreže čija izgradnja zahteva manje radova i investicionih troškova ali zahteva i prostor na površini te se često usled tog nedostatka bira zatvoren sistem kanala iako njegova izgradnja zahteva veća investiciona ulaganja. Ovakav sistem je naročito pogodan za naselja duž reka gde se atmosferska voda na više mesta može ulivati u reku ili drugi vodotok.

Odabran je gravitacioni način odvođenja atmosferskih voda u kom se tečenje odvija sa slobodnim vodenim ogledalom. Prednost je u tome što se kao glavna pogonska sila koristi gravitaciona sila i upravo to ovaj sistem čini sistemom sa najširokom upotrebom.

Cevovod se postavlja pod određenim nagibom koji je dovoljan za ostvarivanje dovoljne brzine koja sprečava taloženje suspendovanih materija koje se nalaze u otpadnoj vodi. Kada se dostignu maksimalne dubine ukopavanja grade se crpne stanice u koje se ugrađuju pumpe koje otpadnu vodu podižu na viši nivo odakle se opet nastavlja gravitaciono tečenje.

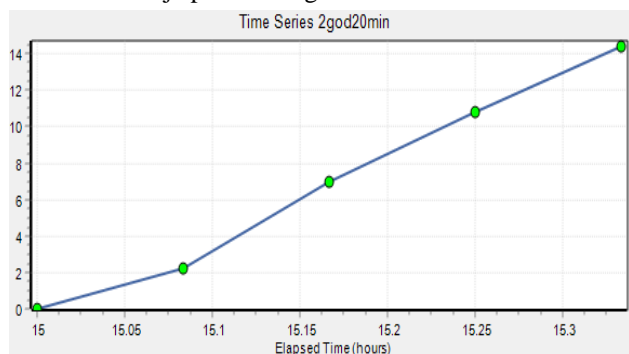
### 3. ATMOSFERSKE PADAVINE

Pod atmosferskim padavinama podrazumevaju se svi oblici kondenzovane i sublimirane vodene pare u vazduhu, koji se na zemljinoj površini pojave u tečnom ili čvrstom obliku, i one mogu biti u različitim oblicima: kiša, sneg, grad ili ledena kiša. Tokom suše u kanalima atmosferske kanalizacije nema proticaja, dok za vreme padavina on naglo poraste i to je razlog velike promenljivosti protoka tokom godine. Da bi se sistem pravilno dimenzionisao neophodno je poznavati osnovne karakteristike kiše a to su trajanje, intenzitet i učestalost padavina [2]. Atmosferska voda može izazvati velike probleme, materijalnu štetu u ekstremnim situacijama čak i gubitak života te je potrebno obezbediti njeno efikasno odvođenje najkraćim putem u najkraćem roku, a sve u skladu sa konfiguracijom terena.

#### 3.1. Merodavne padavine

Najvažniji ulazni podatak u proračunu prilikom simulacije oticaja i dimenzionisanja atmosferske kanalizacije su padavine. Iz praktičnih i ekonomskih razloga sistem se ne može projektovati tako da se obezbedi potpuna zaštita od izlivanja i plavljenja, već se teži zadovoljavajućem odvođenju vode.

U naseljenim područjima ne sme doći do preopterećenja mreže, izlivanja ni do tečenja pod pritiskom u cevima kada se mreža dimenzioniše na kišu povratnog perioda jednom u dve godine. Na slici 1 dat je prikaz sumarne linije kiše u trajanju od 20 minuta povratnog perioda jednom u dve godine koja je korišćena prilikom dimenzionisanja predmetnog sistema.



Slika 1. Sumarna linija kiše povratnog perioda 1 u 2 godine u trajanju od 20 minuta

Na osnovu evropskog standarda DIN EN 752 kod većih odvodnih sistema i kod primene simulacije proticaja preporučuje se da se zaštita od plavljenja odredi putem specifikacije dozvoljene učestalosti plavljenja. U skladu s tim u naseljenom mestu kao što je Sefkerin za proveru sistema usvojena je kiša povratnog perioda 1 u 20 godina, prilikom koje je dozvoljeno da dođe do tečenja pod pritiskom.

#### 4. OBJEKTI NA MREŽI

Za vojvođansko naselje poput Sefkerina za odvođenje atmosferskih voda karakteristična je upotreba otvorenih uličnih kanala gde god je to moguće ostvariti. Ovaj način odvođenja atmosferskih voda ima i prednosti i mane. Velika prednost je to što je prilikom izgradnje ekonomski najpogodniji jer zahteva manje radova, male količine iskopa, pa se zbog toga u praksi često koristi. Veliki nedostatak je zauzimanje veće površine za izgradnju.

Kako bi tokom svoje eksploatacije zadržali svoj projektovani poprečni presek potrebno je izdvajati velike sume novca i to predstavlja njihov glavni nedostatak. Takođe, ograničavaju komunikaciju ljudi i mehanizacije, i potrebno je graditi prilaze u vidu propusta. Usvojen kanal je trapeznog poprečnog preseka. Minimalna širina dna kanala je 50 cm. Usvojeni nagib kosina je 1:1,5, koji zavisi od karakteristika zemljišta. Dubina kanala zavisi od topografije terena i trase puta uz koji se postavlja, i ograničena je uslovom da kanal mora biti dovoljno nisko da bi se voda mogla slobodno ulivati u njega. Brzina u kanalima se ograničava od minimalnih 0,3 m/s do maksimalnih 0,9 m/s. Postavljaju se sa malim podužnim nagibom dna, minimalna dubina ukopavanja je 0,5 m a maksimalna 1,3 m. Kada dubina ukopavanja premašuje pomenutu vrednost, onda se prelazi na postavljanje zatvorenih kolektora.

Zatvoreni kolektori se takođe koriste i na mestima ukrštanja kanala i puta. Najveća prednost zatvorenih kolektora je to što se oni u potpunosti nalaze ispod zemlje i na taj način su zaštićeni od uticaja saobraćaja i namernih oštećenja od strane čoveka. Maksimalni nagibi dna kolektora se ograničavaju da bi se sprečilo habanje i oštećenje objekata usled prevelike brzine toka. Minimalni nagibi dna se menjaju u zavisnosti od prečnika cevi i oni se propisuju da bi se obezbedila minimalna transportna sposobnost koja omogućava samoispiranje i sprečavanje istaložavanja materijala u kolektoru. Minimalni i maksimalni nagib dna utiču na minimalne i maksimalne brzine toka. Propisuje se da minimalna brzina vode u kolektorima bude 0,6 m/s, a maksimalna se ograničava na 5 m/s jer se ovde radi o odvođenju atmosferskih padavina prilikom kojih su kolektori povremeno puni i zbog toga se brzina ograničava na 5 m/s [3]. Za izgradnju atmosferske kanalizacione mreže odabrane su cevi od poliestera velikih prečnika.

Ostali objekti koje je potrebno postaviti na mreži su slivnici, kaskade i revizionna okna.

#### 5. PROGRAMSKI PAKET SWMM

Pomoću softverskog paketa EPA Storm Water Management Model simulira se proces transformacije padavina u oticaj. Zasniva se na metodi kojom se fizički proces oticaja predstavlja matematički, gde se dozvoljava unos različitih vrednosti ulaznih parametara da bi se dobile vrednosti izlazih veličina na određenoj lokaciji. Taj proces je složen i obuhvata definisanje elemenata sliva i kanalizacionog sistema, zadavanje karakteristika tih elemenata, odnosno vrednosti parametara modela i izbor metoda proračuna. Objekti pomoću kojih se simulira hidrološki ciklus u urbanim sredinama su kišomer (Rain Gage) pomoću kojeg se predstavljaju padavine, podsliv (Subcatchment) pomoću kojeg se predstavlja površina zemljišta, akvifer (Aquifer) pomoću kojeg se predstavljaju podzemne vode i objekti tipa čvor (Node) i veza (Link) pomoću kojih se prikazuje kanalizaciona mreža i njeni objekti (kanali, cevi, pumpe i zatvarači). U zavisnosti od potreba treba pronaći balans između detaljnosti modela i pojednostavljenja proračuna [7].

#### 6. REZULTATI HIDRAULIČKOG PRORAČUNA

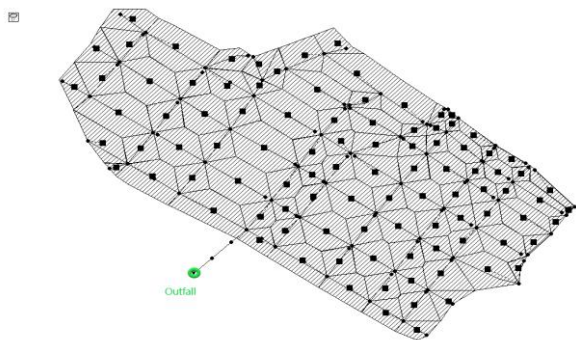
##### 6.1. Uopšteno o mreži

Model proračuna se sastoji od 118 čvora, 118 kolektora i jednog izliva. Atmosferska voda se gravitaciono kreće

kroz sistem. Naselje se nalazi na relativno ravnom terenu sa veoma blagim nagibom za koji je usvojena vrednost od 0,1 %. Ukupna površina sliva je 178,12 ha. Sefkerin je ruralno naselje što znači da nije gusto izgrađeno i da ima jako mali procenat nepropusnih površina. Izračunata srednja vrednost % nepropusnih površina je usvojena za većinu slivova, 7 %. U centralnom delu naselja procenat nepropusnih površina je usvojen da je 8 %.

Mreža je koncipirana tako da se atmosferska voda sa krajeva naselja vodi ka centralnom delu na jugu naselja odakle se skupljaju u jedan kolektor koji dalje vodi do recipijenta. Mesto gde se tri kolektora spajaju u jedan nalazi se na uglu ulice Stojanov Milana i Partizanske, odakle dalje prolazi kroz separator ulja i masti i zatim se nastavlja do mesta izlivanja u reku Tamiš obeležen kao outfall.

Mreža kolektora je postavljena paralelno sa ulicama a nagib svakog sporednog kolektora je odabran tako da budući smer tečenja vode u njemu prati pad terena, a da se u isto vreme voda što kraćim putem odvede do recipijenta. Na slici 2 dat je prikaz usvojene mreže sa označenim izlivom Outfall.



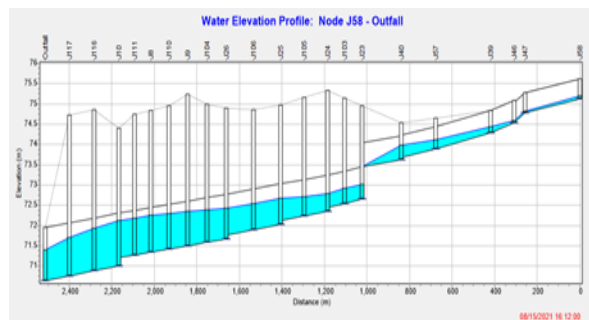
Slika 2. Prikaz usvojene mreže kolektora

## 6.2. Prikaz rezultata prilikom padavina povratnog perioda 1 u 2 godine

Mreža je dimenzionisana tako da ne dođe ni do preopterećenja ni do tečenja pod pritiskom pri padavinama povratnog perioda jednom u 2 godine, što je u skladu sa preporukama za dimenzionisanje atmosferske kanalizacije u ruralnim područjima.

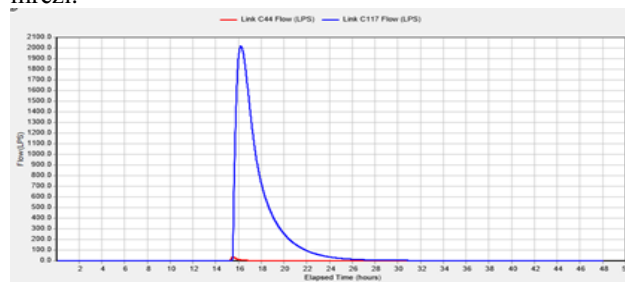
Padavine su podešene tako da počinju u 15:00 i da traju 20 minuta. Pri takvim padavinama maksimalan proticaj kroz izliv je 2018,27 l/s.

Sistem je najopterećeniji u 16:12, a prikaz karakterističnog podužnog profila sa maksimalnom linijom nivoa od čvora J58 na istoku naselja do izliva Outfall i tada je maksimalan stepen njegove ispunjenosti 83%.



Slika 3. Podužni profil od čvora J58 na istoku naselja do samog izliva pri padavinama povratnog perioda 2 godine

Kada se proticaj simulira kroz vreme kroz ove kolektore i otvorene kanale uočava se da voda iz otvorenih kanala koji se nalaze na periferiji, lagano teče sve dok ne dođe do većeg opterećenja kolektora u delu koji je bliži izlivu. Kako se opterećenje kolektora povećava tako se javlja sve veći uspor toka i voda iz kanala sve slabije otiče. Maksimalan stepen ispunjenosti kolektora je 83% i to u cevi C111 ispred tačke spajanja sa granama mreže koje dolaze sa istoka i severa naselja. Maksimalan stepen ispunjenosti glavnog kolektora se razlikuje u svakom pojedinačnom kolektoru, ali može se reći da prosečna vrednost maksimalnog stepena ispunjenosti glavnog kolektora iznosi 75,33%. Na podužnim profilima uočava se da je od čvora linija nivoa u skoro svim kolektorima skoro ravna linija što nam jasno govori da je to posledica opterećenosti glavnog kolektora jer dolazi do poremećaja nivoa prilikom ulivanja vode iz otvorenih kanala u zatvoreni kolektor i taj poremećaj se dalje prenosi uzvodno. Kako se opterećenje kolektora povećava tako se javlja sve veći uspor toka i voda iz poslednja tri kolektora sve slabije otiče. Na slici 4 dat je prikaz promene proticaja kroz vreme prvog i poslednjeg kolektora u mreži.

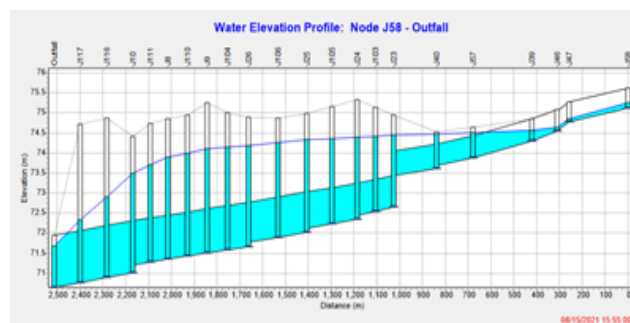


Slika 4. Prikaz promene proticaja kroz vreme u prvom i poslednjem kolektoru u mreži

Zbog različitih pozicija u mreži zanimljivo ih je uporediti. Sa slike je uočljivo da se u najudaljenijem kolektoru ranije javlja protok zatim i pik i da u trenutku kada je protok u njemu zanemaljivo mali u poslednjem kolektoru se javlja pik. Ovakav odnos proticaja je u potpunosti očekivan.

## 6.3. Prikaz rezultata prilikom padavina povratnog perioda 1 u 10 godina

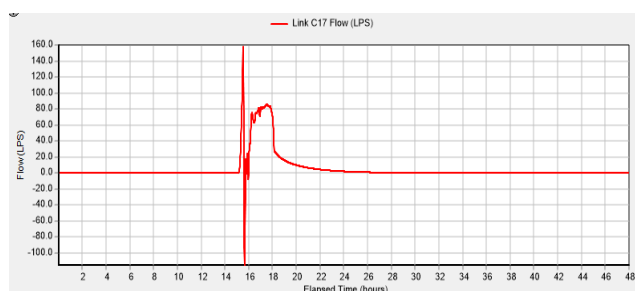
Pri padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda u trajanju od 20 minuta maksimalan proticaj kroz izliv javlja se sat vremena nakon početka padavina i iznosi 3745,16 l/s. Prikaz uzdužnih profila glavnog kolektora sa maksimalnom linijom nivoa prikazan je na slici 5.



Slika 5. Podužni profil kanala i kolektora sa maksimalnom linijom nivoa od čvora J58 na istoku naselja do samog izliva pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Maksimalan stepen ispunjenosti glavnog kolektora se razlikuje u svakom pojedinačnom kolektoru, ali može se reći da prosečna vrednost maksimalnog stepena ispunjenosti glavnog kolektora (od čvora J10 do izliva Outfall) iznosi 96.7%. Pri padavinama dvadesetogodišnjeg povratnog perioda zatvoreni kolektori su preopterećeni, i dolazi do izlivanja u čvorovima J34, J40 i J96, kao i do tečenja pod pritiskom. U poređenju sa padavinama dvogodišnjeg povratnog perioda vidimo drugačije ponašanje sistema.

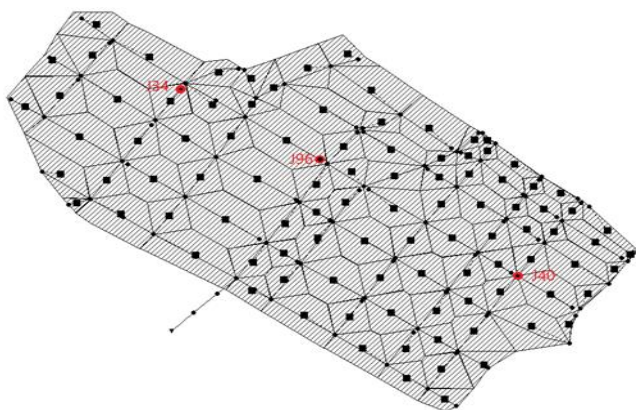
Na slici 6 prikazana je promena protoka u otvorenom kanalu C17 koji se nalazi između čvorova J23 i J27 na uzvodnom delu mreže, nakon kojeg se tečenje odvija putem kolektora.



Slika 6. Prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Na slici se vidi da u posmatranom kanalu dolazi do „negativnog“ protoka, odnosno voda počinje da se kreće u suprotnom smeru. Dakle prilikom padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda glavni kolektor je toliko opterećen da voda iz nizvodnih delova počinje da teče ka uzvodnom delu kolektora i ta pojava je na hidrogramu prikazana kao negativan protok.

Na slici 7 dat je prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja prilikom padavina povratnog perioda jednom u dvadeset godina.



Slika 7. Prikaz položaja čvorova u kojima dolazi do izlivanja pri padavinama povratnog perioda 20 godina

Nadmorske visine terena ovih tačaka su jedne od nižih u mreži. Takođe, u odnosu na glavni kolektor, nalaze se na mestima na koje on utiče svojom preopterećenošću. Potrebno je naglasiti da su čvorovi J34 i J96 na početnim deonicama kanalizacione mreže. Do izlivanja u njima dolazi jer su one tačke sa najnepovoljnijim uslovima u mreži prilikom padavina dvadesetogodišnjeg povratnog perioda.

## 7. ZAKLJUČAK

Usvojena je mreža u kojoj se voda gravitaciono kreće, a sastoji se od 118 čvorova, 118 kolektora i kanala zajedno i jednog izliva. Otvoreni kanali su usvojeni gde god je to bilo moguće, tj. sve dok dubina ukopavanja nije prelazila 1,3 m, nakon te dubine usvajane su cevi, tako da se mreža sastoji od 82 otvorenih kanala i 36 cevi. Mreža je koncipirana da najkraćim putem odvede vodu do recipijenta. Na početnim deonicama na periferijama naselja postavljeni su otvoreni kanali tako da prate nagib terena. Gde su kanali prelazili dubinu 1,3 m postavljeni su kolektori. Predviđaju se tri grane kolektora koje odvedu vodu sa tri strane naselja, sa istoka, severa i juga, koje se spajaju u čvoru J10 i zajedno odlaze glavnim kolektorom ka izlivu koji je zacevljen i najdublje ukopan.

Čvor J10 se nalazi na mestu ukrštanja Partizanske ulice i Stojanov Milana pa je glavni kolektor trasiran duž livade do separatora i zatim do samog izliva. Atmosferska kanalizacija vodu iz naselja odvodi u reku Tamiš. Mreža je trasirana i dimenzionisana tako da ispunjava sve zahteve i preporuke u vidu zaštite od plavljenja, minimalnih i maksimalnih dozvoljenih brzina, nagiba kolektora, dubine vode u kolektorima tako da na osnovu svega navedenog možemo zaključiti da je mreža pravilno trasirana i dimenzionisana.

## 8. LITERATURA

- [1] Prostorni plan opštine Opovo, JP „Zavod za urbanizam Vojvodine“ Novi Sad, maj 2011;
- [2] Pisana predavanja za predmet Uvod u hidrologiju. Jasna Petrović. Građevinski fakultet u Beogradu. Beograd 2001. godine;
- [3] Pisana predavanja iz predmeta Komunalna hidrotehnika za studente IV godine odseka za hidrotehniku. Stipić Matija. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu. Novi Sad 2016;
- [4] Pisana predavanja iz predmeta Hidraulika II. Budinski Ljubomir;
- [5] Mehanika fluida, knjiga prva, Osnove. Georgije Hajdin. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu;
- [6] Hidromašinska oprema. Dušan Uzelac. FTN Izdavaštvo Novi Sad, 2015;
- [7] Storm Water Management Model, User`s Manual Vesrion 5.1. EPA. US Enviromental Protection Agency, Lewis A. Rossman. September 2015;
- [8] <https://www.wikipedia.org;>
- [9] <http://www.opovo.org.rs;>

### Kratka biografija:



**Stefana Biočanin** rođena je u Kraljevu 1995. godine. Diplomski rad iz oblasti građevinarstvo, na temu „Idejno rešenje vodosnabdevanja naselja Čenej“, iz predmeta Komunalna hidrotehnika odbrani-la je 2019. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Trenutno zaposlena u struci.