Mjerenje i analiza protoka kanalizacijskog sustava

Kustura, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:483102

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split







SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Split, 2019.

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Ana Kustura

Mjerenje i analiza protoka kanalizacijskog sustava

Mentor : Jure Margeta

Split, 2019.

Mjerenje i analiza protoka kanalizacijskog sustava

Sažetak:

Razmatranje sadašnjeg stanja kanalizacijskog sustava grada Splita (bolnice) , mjerenje protoka i oborina u kritičnim datumima te izračunavanje zapremnine/volumena retencijskog bazena čija je svrha prikupljanje oborinskih voda prilikom kišnog razdoblja te ponovno otpuštanje u vodni sustav.

Ključne riječi:

Split, protok, oborine ,bolnice, retencijski bazen

Measurement and analysis of sewage system flow

Abstract:

Consideration of the present state of the sewerage system of the City of Split (hospital), measurement of flow and precipitation at critical dates, and calculation of the volume of the retention basin for the purpose of collecting precipitation water during the rainy season and re-releasing it to the water system.

Keywords:

Split, hospitals, flow, retention basin

Sadržaj :

1.Uvod 4

1.1 Kanalizacija i otpadne vode 4

1.2 Sustavi odvodnje 5

2. Kanalizacijski sustav Splita 6

3. Dimenzioniranje kanalizacije 8

3.1.1 Kućanske otpadne vode 8

3.1.2 Tuđe vode 8

3.1.3 Industrijske otpadne vode 13

3.1.4 Oborinske vode 14

3.2 Racionalna metoda 18

4. Mjerni sustav 22

5. Banka podataka 26

6. Analiza dotoka oborina u retenciju 27

7. Analiza izbora veličine retencije 30

8. Analiza moguće izvedbe 31

9. Koncept izvedbe 31

9.1 Analiza prigušnice 31

9.2 Dimenzioniranje retencije 32

9.3 Realizacija 34

9.4 Općenito o retenciji 34

10. Literatura 35

1. UVOD

1.1. Kanalizacija i otpadne vode

Kanalizacija u općem smislu predstavlja skup inženjerskih građevina i mjera koje služe za sakupljanje otpadnih i oborinskih voda, njihov transport do mjesta pročišćavanja, čišćenje do stupnja uvjetovanog lokalnim prilikama i zakonskim uredbama, te ispuštanje pročišćenih voda u odgovarajuće prijamnike.

Osnovni zadatak kanalizacije je da se zagađene vode što prije odstrane iz ljudske sredine uz što povoljnije sanitarne, tehnološke i ekonomske uvjete, te da se prije ispuštanja u prijamnike pročiste do potrebnog stupnja, a sve u skladu s ekološkim zahtjevima, zakonskim propisima i pravilima struke.

Pod otpadnim vodama podrazumijevaju se sve one vode koje su onečišćene ranim primjesama- otpacima, bilo štetnim, bilo neutralnim, te se moraju ukloniti iz ljudske sredine, a pod komunalnim vodama podrazumijevamo one vode koje potječu iz naseljenih područja.

Obzirom na podrijetlo i karakter, komunalne vode možemo podijeliti u tri osnovne grupe:

- kućanske otpadne vode
- industrijske otpadne vode
- oborinske vode

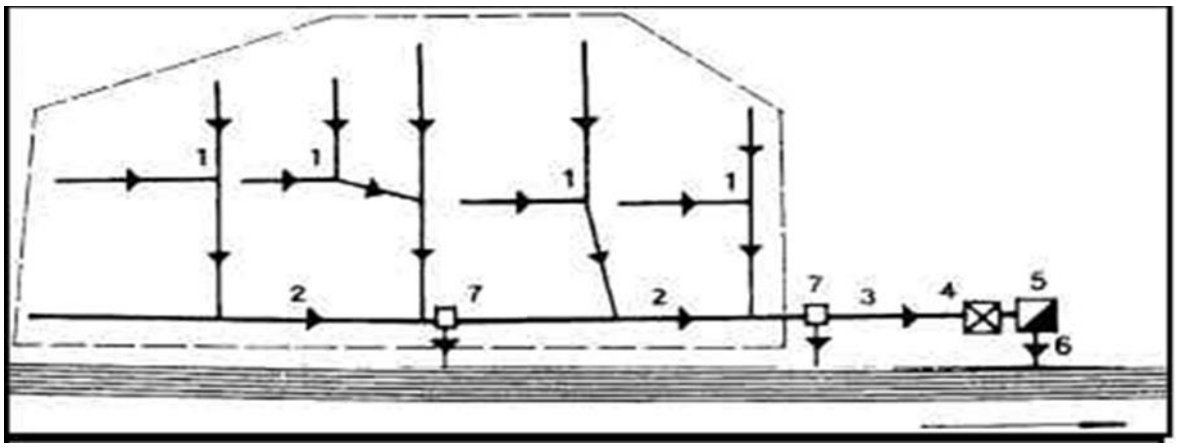
1.2. Sustavi odvodnje

Pod sustavom odvodnje podrazumijeva se način sakupljanja i odvođenja različitih vrsta komunalnih voda (kućanskih, industrijskih i oborinskih).

Razlikujemo dva osnovna sustava odvodnje:

- mješoviti ili skupni
- razdjelni ili separatni

Mješoviti sustav odvodnje skuplja sve kategorije urbanih voda (kućanske, industrijske i oborinske) i odvodi ih zajedničkim kanalima i kolektorima. (*Slika 1*).



1 – sekundarni kolektori

2 – primarni kolektori

3 – glavni kanal

4 – crpna stanica

5 – uređaj za pročišćavanje

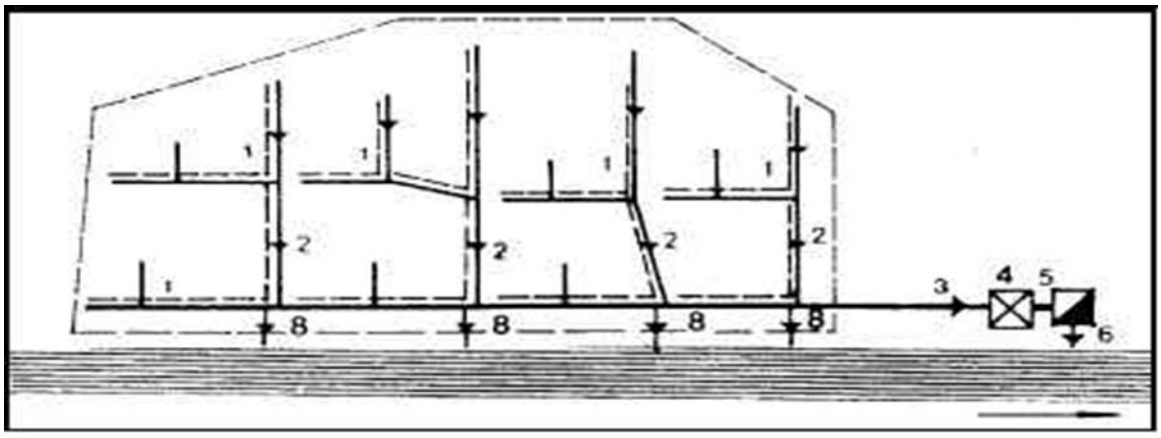
6 – ispust pročišćenih voda

7 – kišni preljev

Slika 1. Mješoviti sustav odvodnje

Da bi se postiglo ekonomičnije rješenje, na mješovitom sustavu se primjenjuju takozvana kišna rasterećenja. Pomoću ovih objekata se razrijeđene otpadne vode u vrijeme jakih kiša disponiraju izravno ili pomoću kišnih bazena u prijamnik.

Razdjelni sustav odvodnje skuplja i odvodi različite vrste urbanih voda zasebnim kanalima i kolektorima. (*Slika 2*).



sanitarni kolektori

oborinski kolektori

8 – ispust oborinskih voda

2. KANALIZACIJSKI SUSTAV SPLITA

Na području Splita otprilike 70% svih stanovnika je priključeno na kanalizaciju. Gledano prostorno, samo 55% urbaniziranog područja ima kanalizaciju.

Na cijelom području ne postoji jedinstveni kanalizacijski sustav. Postojeća kanalizacijska mreža gradila se uglavnom oko najužeg središta grada, a kako se grad širio, tako se širila i kanalizacijska mreža. Međutim, mreža se nije širila kao jedinstveni kanalizacijski sustav, nego su to pojedini posebni podsustavi koji otpadne vode skupljaju na jednom užem području, te ih najkraćim putem odvode do mora gdje se otpadne vode priobalno ispuštaju u more (*Slika 3*).

Zbog toga ma ovom području postoji više posebnih ispusta u more. Na ovom području nema uređaja za pročišćavanje, pa ni mehaničkih.

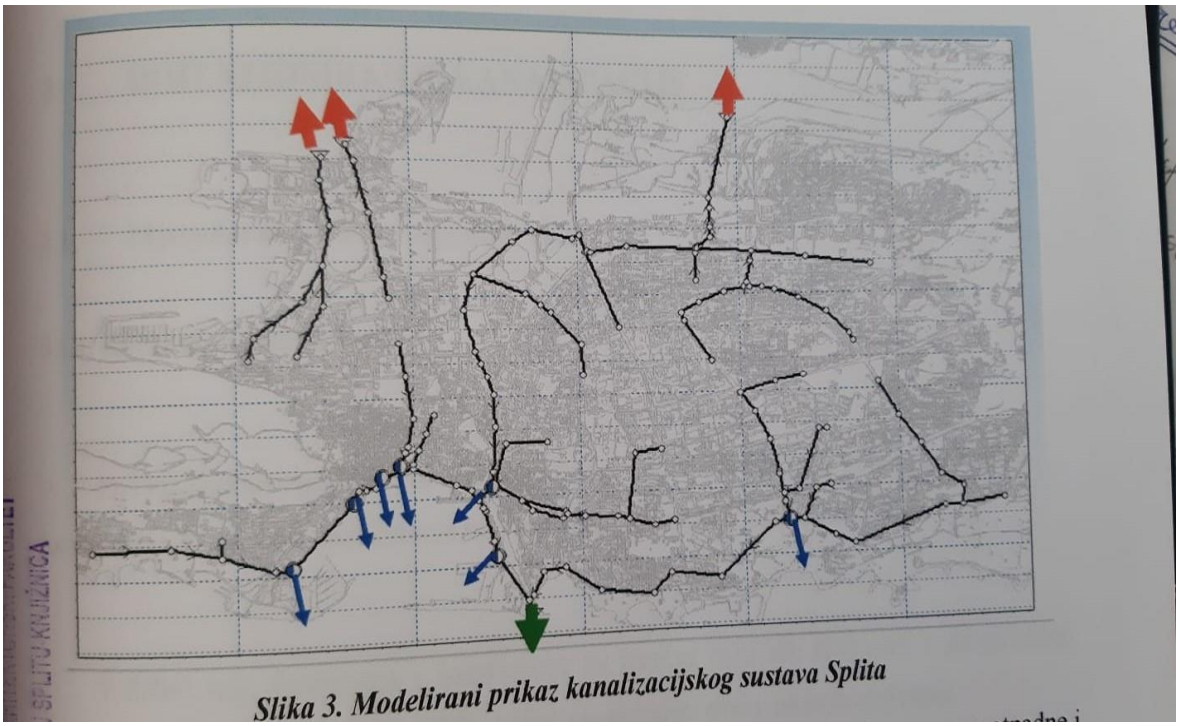
Kanalizacijski sustav Splita je pretežito mješoviti, a jedino je kanalizacija građena kroz zadnjih dvadesetak godina razdjelna. Zbog kratkoročnih ekonomskih interesa i pogrešnog pristupa procjeni kapaciteta priobalnog mora izgrađen sustav je bio mješovitog tipa, a što je inače bila standardna praksa u mediteranskom području, koji je predviđao ispuštanje dijela otpadnih voda u more putem drugih podmorskih ispusta uz samo djelomično mehaničko pročišćavanje (rešetke i mastolov).

Posljedica toga bila je koncentracija svih otpadnih voda u središte grada. Sve preljevne vode su se predviđale ispuštati u priobalno more, a najveće količine (oko 60%) u gradsku luku Split, što čini 80% godišnjeg zagađenja.

U skladu s iznesenim , ali i topografskim karakteristikama područja područja, danas se sve otpadne i oborinske vode južnog dijela Splita i dijelom sjevernog dijela koncentriraju u gradskoj gradskoj luci gdje se ispuštaju u more, zbog čega je luka pretvorena u veliku

septičku jamu. Najveći dio sjevernog sliva, uključujući i industrijsku zonu u Dujmovači, ispušta sve otpadne vode u Kaštelanski zaljev.

Slika 3. Modelirani prikaz kanalizacijskog sustava Splita



3.DIMENZIONIRANJE KANALIZACIJE

3.1 Mjerodavne količine otpadnih voda

3.1.1 Kućanske otpadne vode

Pod kućanskim otpadnim vodama podrazumijevaju se sve one vode koje se ispuštaju kanalizaciju, a koje su u domaćinstvu bile upotrijebljene na bilo koji način (*Tablica 1*). Količine koje dospijevaju u kanalizaciju su rezultat različitih aktivnosti u domaćinstvu, tako da se stvarne količine mogu dobiti jedino analizirajući svaku od ovih aktivnosti.

Veličina naselja	Količina otpadnih voda (l/stanovniku/dan)
<5 000	100
5 000-10 000	120
10 000- 50 000	150
50 000- 250 000	200
>250 000	250

Tablica 1. Uobičajene vrijednosti količina gradskih otpadnih voda

Za specifičnu potrošnju vode se uzima prognozirana veličina na kraju planskog razdoblja služenja kanalizacije. Ovaj podatak se dobije analizom rasta naselja i standarda življenja ili se odredi prema iskustvu drugih naselja sličnih po pretpostavljenim značajkama.

Izmjerena i prognozirana specifična potrošnja vode u Splitu dana je u tablici (Tablica 2).

Godina	Specifična potrošnja vode (l/st/dan)
1991	180
1995	165
2000	178
2010	186
2020	195

Tablica 2. Izmjera i prognozirana specifična potrošnja vode u Splitu

Mjerodavne količine otpadnih voda su one koje služe za dimenzioniranje pojedinih elemenata kanalizacijskog sustava.

Količine kućanskih otpadnih voda iznose oko 80% - 95% od potrošnje voda. Potrošnja vode u naselju i njegovim objektima mijenja se u vremenu, sezonski, dnevno ili po satu. Kako se mijenja potrošnja, tako se mijenja i otjecanje otpadnih voda.

Potrošnja vode je promjenjiva veličina koja se stalno mijenja tijekom vremena. Promjene su godišnje, dnevne (mjesečne) i satne, a ovise o nizu faktora: klimatskim uvjetima, temperaturama, godišnjem dobu, rasporedu radnog vremena zaposlenika, navikama stanovništva i sl. sve promjene moraju se na odgovarajući način uključiti u proračun, kako bi sustav mogao zadovoljiti sve potrebe za vrijeme eksploatacijskog razdoblja.

Svaka od varijacija se u proračun uključuje drugačije i drugačije djeluje na pojedine dijelove sustava. U tom kontekstu se usvaja:

1. da se godišnje promjene zanemaruju u ovisnosti o prirodnim promjenama i da se promatraju kao funkcija koeficijenata civilizacije i aktivnosti stanovništva. Ove veličine se obuhvaćaju odabiranjem odgovarajuće specifične potrošnje vode za pojedina razdoblja eksploatacijskog sustava;
2. da su dnevne neravnomjernosti potrošnje tijekom godine značajne i da je bitno u proračun uključiti dnevne minimume i maksimume;
3. da je satna neravnomjernost tijekom dana nitna za dimenzioniranje sustava i da ju je neophodno uključiti u proračun.

Sve ove neravnomjernosti se u proračun uključuju preko odgovarajućih koeficijenata. O pravilnosti izbora koeficijenata ovisit će ispravno funkcioniranje jednog sustava, stoga njihovu izboru treba posvetiti veliku pozornost što je veći broj potrošača, ili što je veće naselje, to je u pravilu neravnomjernost protoka manja

Ove se vrijednosti mogu i numerički opisati, tako da postoje jednadžbe za proračun koeficijenata neravnomjernosti, kao što je npr. Fedorova formula

$K = \frac{2,69}{Q_{sred}^{0,121}}$ - Fedorova formula

K- opći koeficijent neravnomjernosti

Q_{sred} – srednji dnevni protok (l/s)

Koeficijent neravnomjernosti se može izraziti kroz ukupno vrijeme trajanja dnevnog otjecanja kao:

K= $\frac{24}{x}$, gdje je x ukupno satno trajanje dnevnog otjecanja.

U slučaju otjecanja maksimalnog satnog i/ili dnevnog otjecanja kao i minimalnog satnog otjecanja koriste se odgovarajuće veličine x, odnosno ekvivalentni broj dnevnog otjecanja.

Koeficijent neravnomjernosti potrošnje vode, odnosno otjecanja otpadnih voda, nije statička veličina već se ona mijenja sukladno razvoju naselja. To znači da koeficijent neravnomjernosti za početno razdoblje razvoja kanalizacijskog sustava neće biti isti kao na kraju razvojnog razdoblja. U slučaju manjih naselja koja će se tijekom vremena značajno mijenjati u planskom razdoblju (promjena broja stanovnika između početnog i konačnog razdoblja proračuna veća od 50%) razlike su značajne i moraju se uvijek analizirati.

Gdje god je moguće potrebno je koristiti koeficijente neravnomjernosti potrošnje vode na temelju izmjerenih veličina, a naročito za početno razdoblje razvoja kanalizacijskog sustava. U pravilu, to je moguće napraviti za svako naselje u kojem postoje pouzdani podaci o veličinama potrošnih voda.

Veličine koeficijenata neravnomjernosti otjecanja otpadnih voda za konačno stanje razvoja kanalizacijskog sustava treba proračunati na temelju izmjerenih veličina za početno stanje, podataka, podataka iz literature za naselja slične veličine i strukture potrošnje vode, a sve na temelju provedene analize.

Razlikujemo:

- srednji dnevni, odnosno srednji godišnji protok otpadnih voda
- maksimalni dnevni protok otpadnih voda
- maksimalni satni protok

Dnevni protok je: $Q_{dne}^{k} = q_{spec}^{k} \cdot M$ (l/dan)

Srednji dnevni protok je: $Q_{dne}^{k} = \frac{q_{spec}^{k} \cdot M}{24 \cdot 3600}$ (l/s)

gdje je: Q_{dne}^{k} – srednji protok u kanalizaciji (l/s)

q_{spec}^{k} - specifična količina otpadnih voda (l/st/dan)

M - broj stanovnika

Maksimalni dnevni protok:

$$Q_{max,dan}^{k} = \frac{Q_{dan}^{k}}{24 \cdot 3600} \cdot K_D$$

K_D - koeficijent maksimalne dnevne neravnomjernosti

Maksimalni satni protok:

$$Q_{max,sat}^{k} = \frac{Q_{dan}^{k}}{24 \cdot 3600} \cdot K_D \cdot K_S$$

3.1.2. Tuđe vode

Tuđe vode su vode koje se javljaju u kanalizacijskom sustavu, a nisu očekivane za pojedini tip kanalizacije. To su vode koje nisu komunalne ili tehnološke otpadne vode u kanalizaciji otpadnih voda, odnosno vode koje nisu površinske oborinske vode u kanalizaciji oborinskih voda. Tuđe vode u kanalizaciji otpadnih voda su infiltracijske vode, koje u kanale infiltriraju iz podzemlja i površinske vode, koje u kanale dotječu kroz razne otvore, priključke i ispuste s površine i krovova.

S obzirom na uobičajene količine ovih voda koje su najčešće vrlo male u odnosu na oborinske vode, tuđe vode se ne uzimaju u obzir u proračunu oborinske i mješovite kanalizacije, već jedino u proračunu kanalizacije otpadnih voda.

Količine tuđih voda su rezultat: općih značajki područja (tehničke razine, poštovanja propisa i slično); geoloških, hidroloških i hidrogeoloških svojstava područja; karakteristika izvedbe kanalizacije (kakvoća izvedbe, uporabljeni materijali i slično) i kakvoće održavanja i postojanja oborinske kanalizacije.

Ako ovakva mjerenja i postoje, javlja se problem interpretacije izmjerenih veličina i njihovog korištenja za proračun količina vode na drugim dijelovima sustava ili drugim sustavima. Zbog toga se količine tuđih voda izražavaju u postotku otpadnih voda, u (l/s) po kilometru kanalizacijske mreže ili (l/s) po hektaru pripadajuće slijevne površine. S obzirom da ne postoji općeprihvaćena metodologija proračuna tuđih voda, njihov proračun treba napraviti u skladu s najboljim mogućnostima uvijek sagledavajući sveukupne značajke i funkcioniranje cjelokupnog kanalizacijskog sustava u svim razdobljima i režimima otjecanja voda (sušno, kišno, vršno, itd.).

Količina tuđih voda po jedinici slijevne površine u pravilu raste što je površina gušće naseljena, odnosno što je koeficijent otjecanja veći. Pretpostavlja se da veća gustoća stanovanja, odnosno koeficijent otjecanja, za posljedicu ima veću dužinu kanalizacijske mreže, veći broj priključaka i priključnih okana, a time više spojeva i potencijalnih mjesta infiltracije i nekontroliranog ispuštanja oborinskih voda.

Kada se analizira situacija u Splitu u odnosu na hidrogeološke, geološke i topografske osobine područja, tada se može pretpostaviti da će količine tuđih voda biti znatno manje od prikazanih (strmi teren, suha klima, krški propustan teren, nema podzemnih voda osim u priobalju gdje kanalizacija može biti pod utjecajem mora). U skladu s ovim, za područje Splita su predlagani ulazni podaci za proračun tuđih voda (*Tablica 3*).

Srednji koeficijent otjecanja	Srednje količine tuđih voda (l/s/ha)
0,15	0,12

0,30	0,20
0,50	0,38
0,60	0,45
0,70	0,50
0,80	0,60
0,90	0,65
1,00	0,70

Tablica 3. Količine tuđih voda za područje Splita

3.1.3. Industrijske otpadne vode

Količine tehnoloških voda koje dolaze u kanalizaciju teško je normirati jer su tehnologije različite. Zbog toga količine ovih voda treba analizirati od slučaja do slučaja.

Kakvoća tehnoloških otpadnih voda je različita i vrlo često štetna za kanalizacijsku mrežu i proces pročišćavanja gradskih otpadnih voda. Zbog toga se uvijek propisuje kakvoća industrijskih otpadnih voda koju one moraju imati prije priključenja na kanalizacijski sustav.
Osim toga objekti i pogoni kanalizacije industrijskih pogona moraju se prilagoditi karakteristikama otpadnih voda kako bi se osiguralo kvalitetno i trajno funkcioniranje sustava.

3.1.4. Oborinske vode

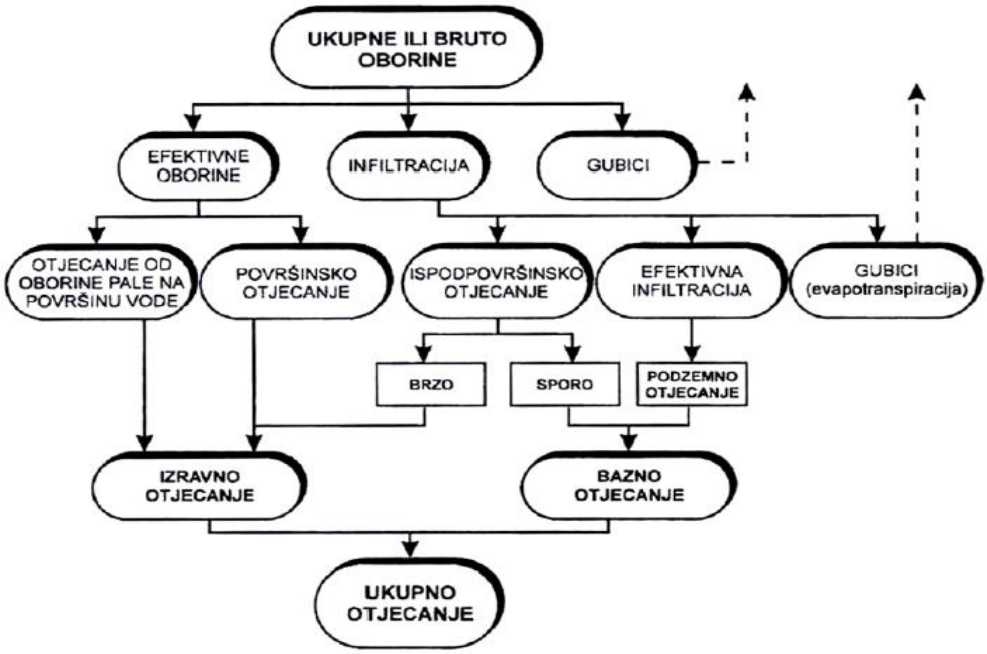
Oborinske vode općenito spadaju u grupu zagađenih voda, jer prilikom otjecanja sa slivnih površina ispiru nečistoću.

Stupanj zagađenja oborinskih voda također ovisi o čistoći atmosfere, tj. prisutnosti u atmosferi plinova ugljika, dušika, sumpora itd., koje oborinske vode padajući otapaju, te o

namjeni površine na koje padaju (površine naselja, industrijske površine, poljoprivredne površine, šume…)

Oborinske vode u naseljima, pored ostalih nečistoća sadrže mineralna ulja i olovo. Ove tvari u vodi predstavljaju teško zagađenje vode. Možemo zaključiti da su sve oborinske vode više ili manje onečišćene i da ih zato treba tretirati kao otpadne vode.

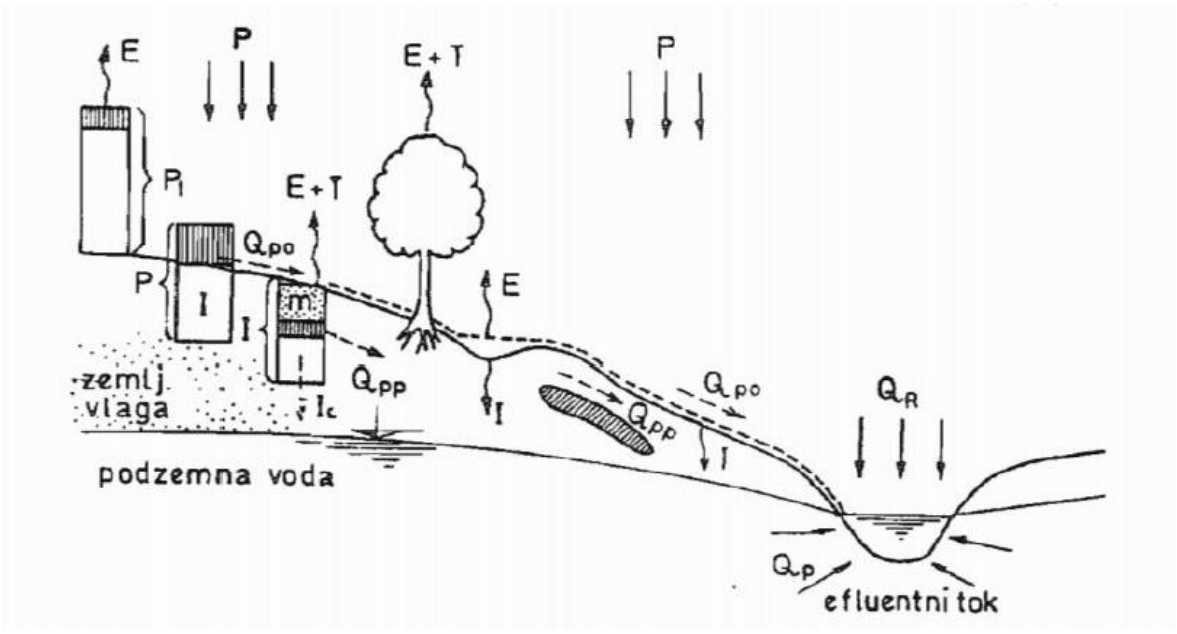
Proces transformacija kiša je složen. To je ciklus otjecanja koji opisuje dinamiku i raspodjelu kretanja od trenutka kad je oborina pala na tlo, do ulijevanja u površinske i/ili podzemne vode i/ili vraćanja u atmosferu (*Slika 4*).



Slika 4. Shematski prikaz procesa transformacije bruto oborine u hidrogram otjecanja

Na početku kiše veći dio oborina zadržava se na lišću drveća, vegetacijski i predmetima na slivu. Ova voda se većim dijelom vraća u atmosferu isparavanjem. Prilikom pljuskova male količine, naročito ljeti, samo mali dio oborina dospije do zemljišta. Kad dospije do zemljišta, prvo ispunjava depresije, a potom se infiltrira u tlo.

Pri dužim trajanjima kiša, infiltracijski kapacitet zemljišta biva premašen i tada se počinje formirati površinsko otjecanje Q_{po} (*Slika 5*).



Slika 5. Osnovni procesi otjecanja

Tada je površina terena pokrivena tankim slojem vode (površinska akumulacija) koji se kreće djelovanjem sile gravitacije prema nižim kotama najstrmijim dijelom terena. Jedan dio infiltriranih voda nastavlja teći ispodpovršinski niz padinu u pravcu vodotoka u koji dolazi sa zakašnjenjem u odnosu na površinske vode. Ova komponenta otjecanja zove se ispodpovršinsko otjecanje Q_{pp}.

Dio infiltrirane vode dospijeva do podzemnog vodonosnika (efektivna infiltracija I_e) gdje formira podzemno otjecanje Q_p koje se kreće djelovanjem sile gravitacije putem najmanjeg otpora i utječe u površinske vode. Dio vode ostaje kao kapilarna voda i vlaga u zemljištu (nezasićena zona zemljišta) iznad podzemnog vodonosnika (zasićena zona zemljišta). Ovu vodu dijelom koriste biljke preko kojih evapotranspirira u atmosferu, a dijelom isparava zajedno s dijelom vode koja je zaostala na površini zemljišta.

U skladu s napisanim jednadžba bilance hidrološkog ciklusa može se napisati kao:

$P = Q_{po} + I + E \pm \Delta V$; za područje A i vremenski interval (t_0 , t)

$I = Q_{pp} + I_e + m$

$$m = E_z + T$$

gdje je:

m – vlaga zemljišta;

E_z – isparavanje iz zemljišta;

T– transpiracija biljaka;

E – isparavanje sa površine i iz zemljišta;

ΔV – promjena volumena vode u slijevu.

Ukupno dotjecanje vode u vodotok, odnosno otjecanje na kraju slijeva, sastoji se od četiri glavne komponente (*Slika 6*).

Slika 6. Tipični hidrogram slijeva otjecanja sa svojim komponentama

1. – Površinskog otjecanja Q_{po}
2. – Ispodpovršinskog otjecanja Q_{pp}
3. – Podzemnog otjecanja Q_p
4. – Otjecanja od oborina izravno palih a vodotok Q_R

Ispodpovršinsko otjecanje se dalje dijeli na brzo (${}_1Q_{pp}$) i sporo otjecanje (${}_2Q_{pp}$)

$$Q_{pp} = {}_1Q_{pp} + {}_2Q_{pp}$$

U pravilu, odnosi između vremena dotjecanja, odnosno brzine dotjecanja, pojedinih komponenti hidrološkog ciklusa u vodotoku su:

$$t_{po} > {}_1t_{pp} > {}_2t_{pp} > t_p$$

što znači da površinsko otjecanje dotječe najbrže do vodotoka, a podzemno najsporije.

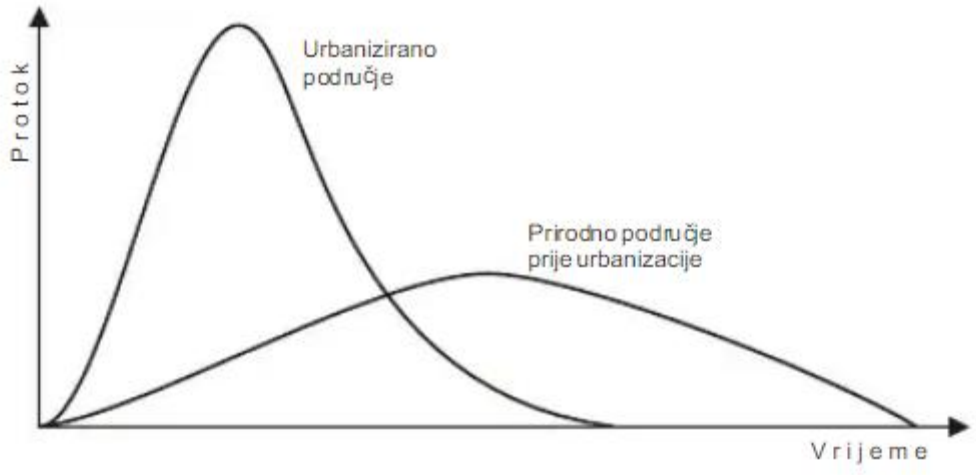
Otjecanje u urbanim ili izgrađenim sredinama različito je od otjecanja u prirodnim sredinama. Urbanizacijom nekog područja mijenjaju se osnovne karakteristike prostora, odnosno slijevne površine. Prirodne površine i zelenilo zamjenjuju objekti, prometnice i drugi vodonepropusni elementi urbane sredine zbog čega se mijenjaju osnovne komponente procesa otjecanja.

U prirodnim sredinama najveći dio oborina se infiltrira u podzemlje iz kojeg dijelom isparava, a dijelom otječe u podzemne vodonosnike (*Slika 7*).

Slika 7. Tipične promjene procesa otjecanja urbanizacijom nekog područja

Iz podzemlja vode sporo istječu u površinske tokove i tako formiraju njihovo otjecanje u sušnim razdobljima. U urbaniziranim i izgrađenim sredinama manje vode infiltrira u podzemlje, razina podzemnih voda opada, pa opada i otjecanje površinskim vodama u tijeku sušnog razdoblja, mijenja se oblik hidrograma, smanjuje se vrijeme koncentracije i povećava vrh hidrograma.

Izgradnjom prostora smanjuje se i količina oborina koja isparava u atmosferu jer se smanjuje zelenilo, a time i procesi evapotranspiracije. Budući da se dvije osnovne komponente otjecanja smanjuju, tada se treća mora povećavati. U skladu s time u izgrađenim područjima povećava se površinsko otjecanje i to nekoliko puta zavisno od stupnja izgrađenosti prostora. U pravilu raste volumen površinskih voda 1,5-2 puta, a vršno otjecanje 2-5 puta (*Slika 8*).



Slika 8. Promjena hidrograma otjecanja urbanizacijom nekog područja

Ako se ovome doda otjecanje kroz kanalski sustav, tada je povećanje izlaznog hidrograma za cjelokupno slijevno područje i veće. Oborinski sustav kanalizacije se gradi da bi se ovaj višak voda u urbanim sredinama prikupio i ispustio u prijamnike.

3.2. Racionalna metoda

Proračun vršnog (maksimalnog) protoka oborinskih voda se uobičajeno obavlja primjenom racionalne (Lloyd-Davies) metode. Metoda se primjenjuje na sljevovima manjim od 13 km², kod kojih je slijevna površina više nepropusna nego propusna, a propusnost se značajno mijenja s trajanjem kiše, kao što je slučaj u urbanim sredinama.

Jednadžba glasi:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (l/s)$$

gdje je:

Q – vršni protok

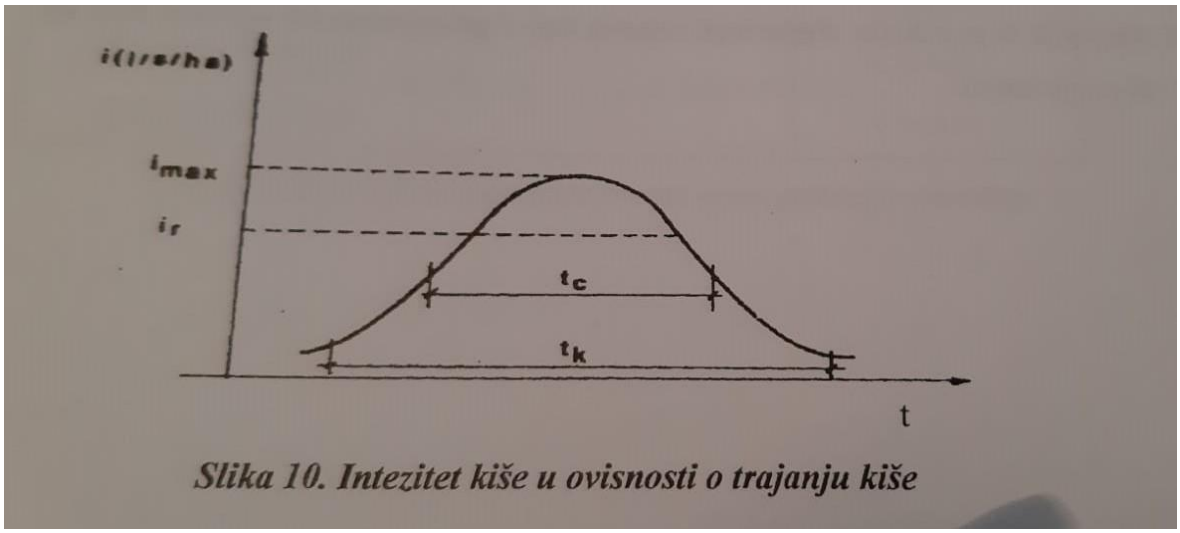
C – koeficijent otjecanja

i – intenzitet oborina (l/s/ha)

A – slijevna površina (ha)

Da bi se metoda mogla primjenjivati, potrebno je raspolagati ITP – krivuljama u funkciji trajanja padalina t i povratnog razdoblja P, te karakteristikama A i C slijevne površine.

Mjerodavni intenzitet kiše određuje se iz ITP-krivulja (intenzitet – trajanje kiše – povratni period). Kraćem trajanju kiše odgovara veći intenzitet kiše. Zato racionalna metoda uzima trajanje kiše jednako vremenu koncentracije. Da bi stvarni hijetogram kiše bio što bolje predstavljen zamjenjujućim hijetogramom racionalne metode, vremenski položaj zamjenjujućeg hijetograma je pomaknut prema dijelu stvarnog hijetograma sa najvećim ordinatama. Stvarni početak kiše zbog toga ne odgovara početku kiše koje usvaja racionalna metoda. Racionalna metoda, znači, koristi samo prosječni intenzitet kiše u vremenu koncentracije koji nema veze s raspodjelom padalina u toku vremena i sasvim zanemaruje padaline koje su prethodile vremenu koncentracije ili su nastupile poslije ovog vremena (*Slika 10*). To je osnovni nedostatak ove metode.



Slika 10. Intezitet kiše u ovisnosti o trajanju kiše

Osnovno načelo racionalne metode je da će se uz uvjete jednolikog intenziteta kiše na cijelom slijevnom području, maksimalno otjecanje pojaviti na računskom profilu u trenutku kada cjelokupno slijevno područje sudjeluje u formiranju otjecanja. To je vrijeme maksimalnog otjecanja ili vrijeme koncentracije t_c i jednako je vremenu potrebnom da

kap efektivne kiše od najudaljenije točke slijeva dođe do računskog profila ili razmatrane točke.

Vrijeme koncentracije računa se prema formuli:

$$T_c = T_s + T_d$$

T_s - vrijeme površinske koncentracije
T_d – vrijeme tečenja kroz cijev kanalizacijske mreže

Druga ključna pretpostavka je da je povratno razdoblje računanog vršnog otjecanje isto kao za projektirani pljusak i da je intenzitet kiše jednolik u cijelom razdoblju i na cijelom analiziranom području.

Uz ovakve pretpostavke ova metoda daje dobre rezultate za manje slijevove. U velikim sustavima je kanalizacijska mreža velika kao i slijevno područje, odnosno gdje je značajno dugotrajno otjecanje, kao i zaustavljanja u otjecanju zbog zadržavanja vode na slijevu i u kanalizacijskoj mreži, potrebno je koristiti metode koje uzimaju u obzir različito otjecanje u pojedinim dijelovima sustava kao i promjenjivost veličine kiše na jednom većem prostoru.

Koeficijent C je odnos maksimalne količine otekle vode i prosječne veličine pale vode u vremenskom intervalu t_c na dani slijev.
Ovaj koeficijent nije konstantan ni u razdoblju kiše, ni u svim razdobljima u godini. Njegova veličina ovisi o klimatskim značajkama područja, karakteristikama slijevne površine, kao i o infiltraciji, gubicima u raslinju i u depresijama, evapotranspiraciji itd.

Što je trajanje kiše veće, to je veći i koeficijent otjecanja. To znači da bi porastom vremena koncentracije t_c i vremenu ponavljanja *P*, trebalo povećavati koeficijent otjecanja.

Racionalna metoda uzima konstantnu vrijednost koeficijenta otjecanja za određeni tip područja i površine (*Tablica 4, Tablica 5*).

KARAKTERISTIKE PODRUČJA	***C***
Područja ureda, trgovina i sl.:	
stari dio grada	0,7- 0,95
predgrađe	0,5- 0,7
Područja stanovanja:	
rijetka izgradnja obiteljskih kuća	0,3- 0,5
gusta izgradnja obiteljskih kuća	0,4- 0,6
gusta stambena izgradnja	0,6- 0,8
Industrijska područja:	
područja rjeđe izgradnje	0,3- 0,7
područja guste izgradnje	0,6- 0,9
Parkovi, groblja i slično	0,10- 0,25
Igrališta i slično	0,20- 0,35
Željeznički kolodvori	0,20- 0,40
Neizgrađene površine	0,10- 0,30

Tablica 4. Koeficijent otjecanja prema opisu područja odvodnje

KARAKTERISTIKE POVRŠINE	***C***
Ulice:	
asfalt	0,70- 0,95
beton	0,80- 0,95
cigla	0,70- 0,85
tucanik	0,25- 0,45
Šetnice, pločnici i sl.	
betonske ili asfaltne	0,75- 0,85
pločnik sa spojnicama	0,70- 0,80
mozaik od kamenih ploča i sl.	0,40- 0,55
Krovovi	0,75- 0,95

Tratine, prirodne površine	
Pjeskoviti teren:	
ravan, 2%	0,05- 0,10
srednji nagib, 2-7%	0,10- 0,15
strm, 7% i više	0,15- 0,20
Tratine, prirodne površine	
Teško, manje propusno tlo:	
ravno, 2%	0,13- 0,17
srednje, 2-7%	0,18- 0,22
strmo, 7% i više	0,25- 0,35

Tablica 5. Koeficijent otjecanja prema vrsti površine

4. MJERNI SUSTAV

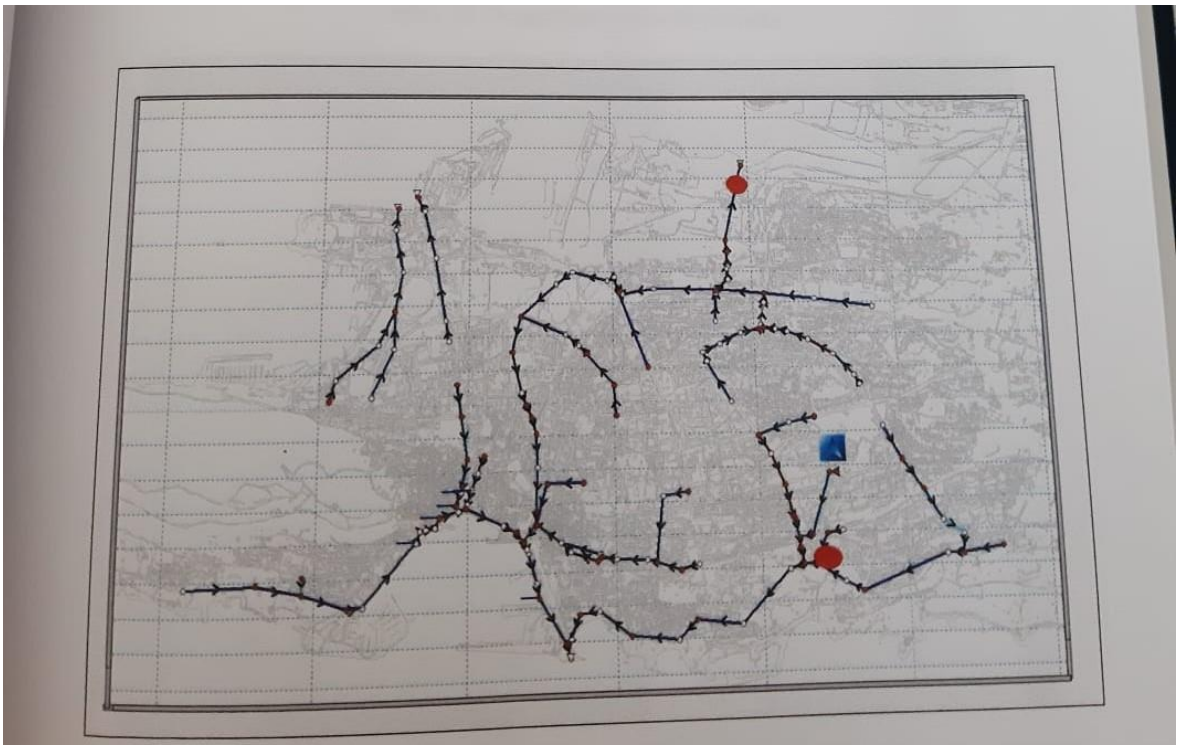
4.1. Uređaji za mjerenje

Mjerni sustav sastojao se od meteorološke stanice „VAISALA Maws 201“ (*Slika 11*), koja je bila postavljena na krovu zgrade Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije (zgrada B), te od dva ultrazvučna mjerača protoka „ISCO 2150“ , koji su bili postavljeni u revizijska okna mješovitog kanalizacijskog sustava i to na lokacijama „Duje“ i „Bolnica“ (*Slika 12*).

Slika 10. Meteorološka stanica VAISALA Maws 201



Slika 12. Položaj meteorološke stanice i mjerača protoka



4.2. Mjerene veličine

Meteorološka stanica koja je bila postavljena na krovu zgrade Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije, mjerila je oborine, smjer i intenzitet vjetra, temperaturu i vlažnost u intervalima od jedne minute. Podaci su se zabilježili u lokalnoj memoriji meteorološke stanice, te serijskom vezom (RS-232) preneseni su na računalo te su dalje obrađivani.

Mjerač protoka „ISCO 2150“ mjerio je brzinu toka u postavljenom kanalu, te visinu stupca vode iznad senzora. Izmjerene vrijednosti zabilježene su u memoriji mjerača protoka u intervalima od 5 minuta u sušnom periodu i 1 minute u kišnom periodu. Ovo je izvedeno programiranjem mjerača tako da iznad zadane granice (10 cm iznad maksimalnog sušnog dnevnog protoka) mjerač protoka automatski mijenja učestalost uzrokovanja podataka. Izmjerene vrijednosti brzine toga i visine stupca vode koriste se za izračunavanje protoka u kanalu. Potrebni podaci za izračunavanje protoka su brzina toka, visina stupca vode i geometrija korita (*Slika 13*). Proračun se korigira uzevši u obzir točan položaj instaliranog senzora u odnosu na karakteristike korita.

4.3. Značajke slivnog područja

Od ukupne površine prostora šireg područja Splita na zaravnjene i blago nagnute terene do 20% nagiba otpada oko 70% površine ili oko 237 km^2, dok je samo 30% strmih terena, oko 102 km^2 .

Za modelirane slivove parametri su:

- površina sliva;

- broj ekvivalentnih stanovnika;

- koeficijent otjecanja;

- vrijeme koncentracije.

Razmatrano slivno područje ima izmjerene površine:

- „Bolnica“ 1 065 000 m^2

- „Duje“ 1 408 000 m^2

Broj ekvivalentnih stanovnika prema dobivenim podacima od županijskog ureda za statistiku je:

- „Bolnica“ 20 800

- „Duje“ 21 200

Od županijskog ureda za statistiku dobiven je broj potrošača po zonama grada Splita.

Za Split se pretpostavlja potrošnja 180 (l/stanovniku/dan)

Dnevni protok je dnevna potrošnja umanjena za korekcijski faktor 0,95:

$Q_{dne}^{k} = q_{spec}^{k} \cdot M \cdot 0{,}95$ (l/dan)

$Q_{dne,BOLNICA}^{k} = 180 \cdot 20800 \cdot 0{,}95 = 3556800$ (l/dan) = 3 556,8 (m^3/dan)

$Q_{dne,DUJE}^{k} = 180 \cdot 21200 \cdot 0{,}95 = 3625200$ (l/dan) = 3 625,2 (m^3/dan)

5. BANKA PODATAKA – PRIKUPLJENI PODACI

U tijeku mjerenja prikupljeni su podaci o oborinama i protocima. Podaci o oborinama prikupljeni su u razdoblju od 09.09.2003. – 01.05.2004.
Podaci o protocima prikupljeni su:

- za mjernu stanicu „Duje“ u razdoblju od 01.10.2003. – 01.05.2004.;

- za mjernu stanicu „Bolnica“ u razdoblju od 18.09.2003. – 01.05.2004.;

Podaci su se nalazili u bazi podataka sowftware-a za mjerač protoka „Flowlink 4“, te su se zbog mnogobrojnosti podataka odabrala samo određena razdoblja, a grafički su prikazani protoci na mjernim stanicama „Bolnica“ i „Duje“ i to u m^3/min, m^3/h, m^3/dan.

Svi prikupljeni podaci dostupni su za analize.
U analizi volumena cijevne retencije potrebni su podaci o satnim protocima za vrijeme oborina. Koristit ćemo izmjerene satne količine oborina za kišni period. To su dani : 08.10.2003., 30.10.2003., 28.11.2003.

6. ANALIZA DOTOKA OBORINA U RETENCIJU

(I) 08.10.2003.

$$Q_i^{DOTOKA} = \sum_{i=9}^{n=24} (Q_i - Q_8) =$$

$(Q_9 - Q_8) + (Q_{10} - Q_8) + (Q_{11} - Q_8) + (Q_{12} - Q_8) + (Q_{13} - Q_8) +$
$(Q_{14} - Q_8) + (Q_{15} - Q_8) + (Q_{16} - Q_8) + (Q_{17} - Q_8) + (Q_{18} - Q_8) + (Q_{19} - Q_8)$
$+ (Q_{20} - Q_8) + (Q_{21} - Q_8) + (Q_{22} - Q_8) + (Q_{23} - Q_8) + (Q_{24} - Q_8) =$
$(25006{,}4 - 1042{,}4) + (5736{,}0 - 1042{,}4) + (7379{,}0 - 1042{,}4) + (6613{,}4 -$
$1042{,}4) + (3859{,}3 - 1042{,}4) + (3106{,}3 - 1042{,}4) + (3268{,}4 - 1042{,}4) +$
$(2888{,}3 - 1042{,}4) + (2519{,}2 - 1042{,}4) + (2182{,}4 - 1042{,}4) + (2076{,}4 -$
$1042{,}4) + (2328{,}2 - 1042{,}4) + (2365{,}5 - 1042{,}4) + (2253{,}7 - 1042{,}4) +$
$(2326{,}9 - 1042{,}4) + (1800{,}8 - 1042{,}4) = 59031{,}8\ m^3/16\,h$

(II) 30.10.2003.

$$Q_i^{DOTOKA} = \sum_{i=17}^{n=24} (Q_i - Q_{16}) =$$

$(Q_{17} - Q_{16}) + (Q_{18} - Q_{16}) + (Q_{19} - Q_{16}) + (Q_{20} - Q_{16}) + (Q_{21} - Q_{16}) +$
$(Q_{22} - Q_{16}) + (Q_{23} - Q_{16}) + (Q_{24} - Q_{16}) = (42601{,}0 - 2541{,}3) +$
$(5425{,}9 - 2541{,}3) + (2955{,}4 - 2541{,}3) + (2465{,}1 - 2541{,}3) + (2351{,}2 -$
$2541{,}3) + (2299{,}4 - 2541{,}3) + (2539{,}8 - 2541{,}3) + (3339{,}7 - 2541{,}3) =$
$43647{,}1\ m^3/8\text{h}$

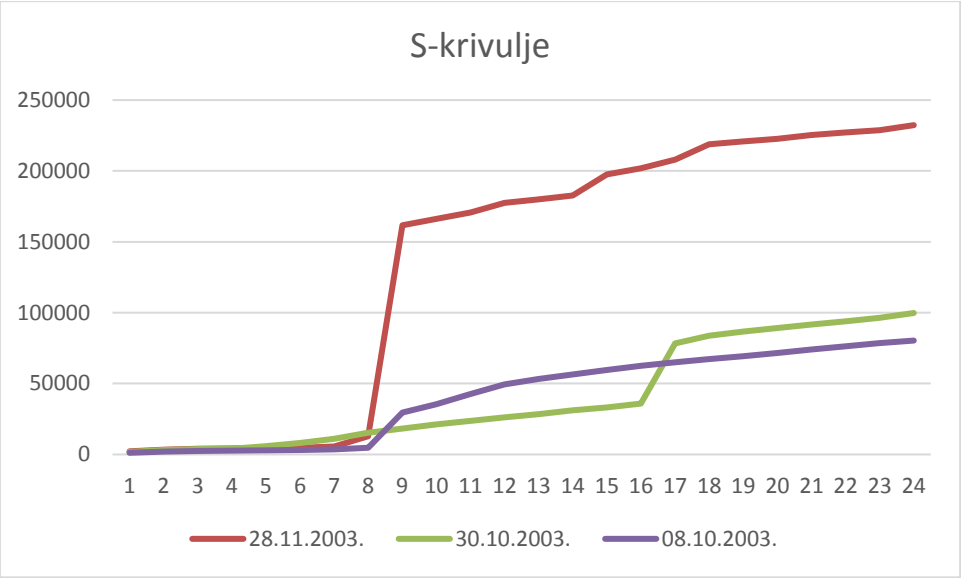
(III) 28.11.2003.

$$Q_i^{DOTOKA} = \sum_{i=7}^{n=24} (Q_i - Q_6) =$$

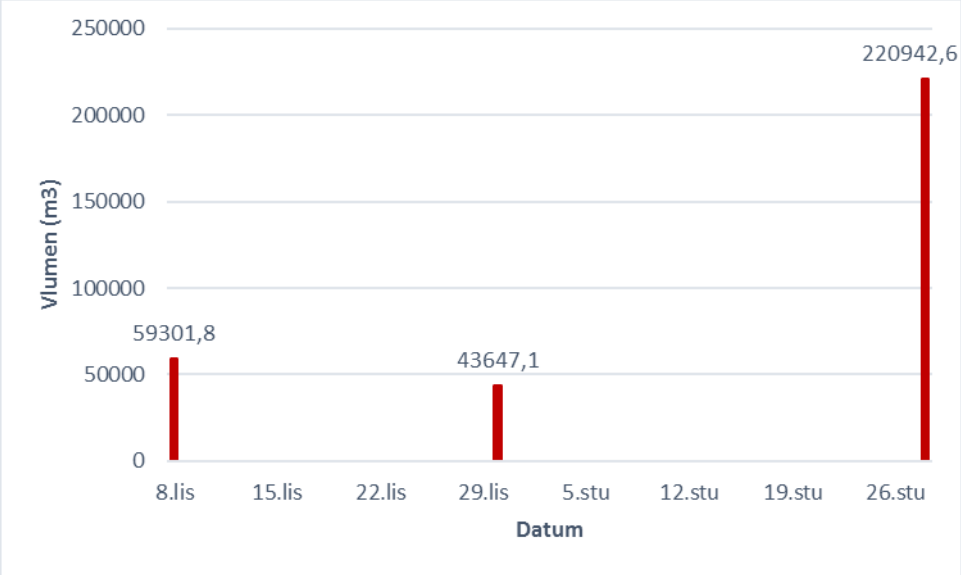
$$(Q_7 - Q_6) + (Q_8 - Q_6) + (Q_9 - Q_6) + (Q_{10} - Q_6) + (Q_{11} - Q_6) + (Q_{12} - Q_6)$$
$$+ (Q_{13} - Q_6) + (Q_{14} - Q_6) + (Q_{15} - Q_6) + (Q_{16} - Q_6) + (Q_{17} - Q_6) + (Q_{18} - Q_6)$$
$$+ (Q_{19} - Q_6) + (Q_{20} - Q_6) + (Q_{21} - Q_6) + (Q_{22} - Q_6) + (Q_{23} - Q_6) + (Q_{24} - Q_6)$$
$$= (694{,}8 - 264{,}4) + (7335{,}1 - 264{,}4) + (148911{,}5 - 264{,}4) + (4427{,}9 - 264{,}4)$$
$$+ (4416{,}0 - 264{,}4) + (6874{,}9 - 264{,}4) + (2426{,}5 - 264{,}4) + (2706{,}8 - 264{,}4)$$
$$+ (14868{,}3 - 264{,}4) + (4298{,}9 - 264{,}4) + (6294{,}6 - 264{,}4)$$
$$+ (10755{,}1 - 264{,}4) + (1912{,}0 - 264{,}4) + (1837{,}9 - 264{,}4) + (2703{,}5 - 264{,}4)$$
$$+ (1850{,}9 - 264{,}4) + (1601{,}3 - 264{,}4) + (1785{,}8 - 264{,}4) = 229042{,}6\ m^3/18h$$

	Q_{DOTOKA}
(I)	59031,8 $m^3/16h$
(II)	43647,1 m^3/8h
(III)	220942,6 m^3/18h
MAX	229042,6 m^3/18h

Kao mjerodavni dotok odabiremo maksimalni dotok iz navedena tri slučaja jer nam maksimalni protok definira potrebe.

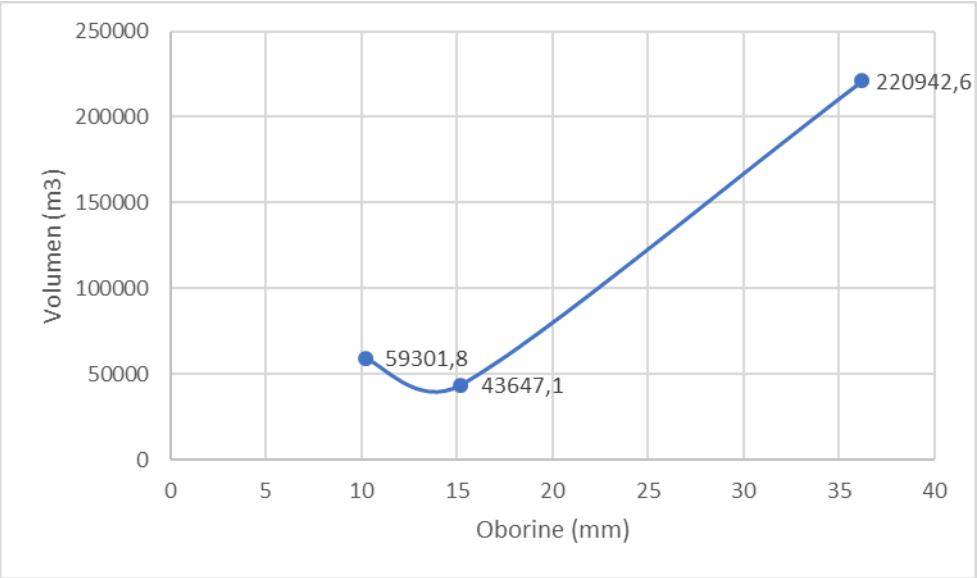


Sumarna krivulja dotoka na razgranatoj dionici



Potrebni volumeni retencije

Sa slike se vidi da je najkritičniji volumen iz datuma 26.11. , on iznosi 220942,6 m^3 / 18 h.



7. ANALIZA IZBORA VELIČINE RETENCIJE

$A = \frac{R^2\pi}{4}$ - površina cijevi

$V_{JEDINIČNO} = A \cdot 1m$ - jedinični volumen

$V_{RETENCIJE} = \frac{Q_{max}^{DOTOK}}{V_{JEDINIČNO}}$ – volumen retencije

Φ (cm)	A (m^2)	V_{JED} (m^3/m')	V_{RET} (m')
200	3,14	3,14	67,67
250	4,91	4,91	43,28
300	7,07	7,07	30,05

8. ANALIZA MOGUĆE IZVEDBE

Ako pogledamo u situaciju moramo odrediti gdje ćemo smjestiti retencijsku cijev i kojih će dimenzija biti. Ključna stvar za izbor lokacije je raspoloživi prostor za duljinu i raspoloživa širina radi moguće ugradnje profila. Trebamo pomno istražiti sve postojeće instalacije u cesti, odrediti širinu ulice, locirati vodovodnu mrežu, podzemne vode i sl. Kada uzmem u obzir raspoloživi prostor, donosim najprihvatljiviju odluku te odabirem jedan od navedena tri profila cijevi. Dakle, izabrat će se profil cijevi koji najviše odgovara uvjetima prostora gdje koji će biti smještena retencija. Trebam uzeti u obzir da je za manji profil cijevi potrebna veća duljina cijevi, te za veći profil trebam manju duljinu cijevi . Cijev odabirem u skladu s uvjetima smještajnog prostora.

Na temelju pristupa koji sam analizirala, odabirem profil cijevi ϕ= 250 cm i duljinu L= 43 m kao početno rješenje. Normalno, treba se uzeti u obzir i režim punjenja i pražnjenja te rezervu. Isto tako treba se uzeti u obzir i gubitak volumena zbog potrebnog pada cijevi.

9. KONCEPT IZVEDBE

9.1 ANALIZA PRIGUŠNICE

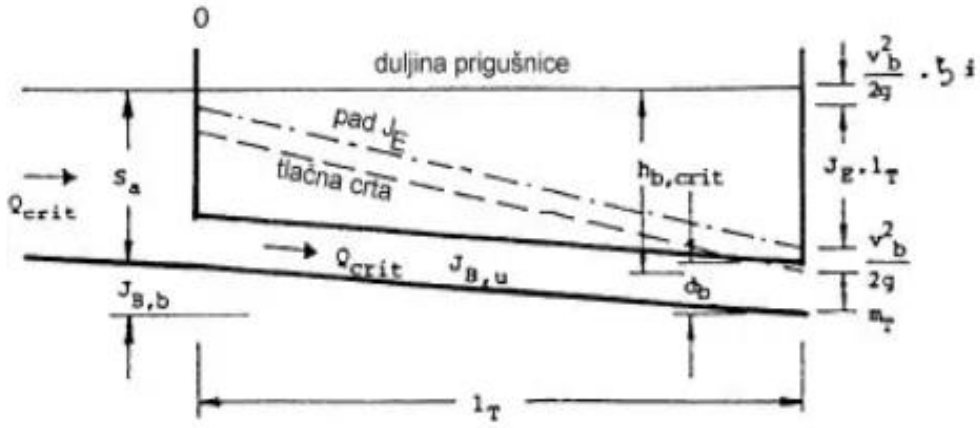
Funkcija prigušnice je da na izlaznom cjevovodu stvori prigušenje koje za rezultat ima podizanje vode u retenciji, a time i zadržavanje vode, te manju promjenjivost radnog protoka u pravcu uređaja.

Prigušna cijev ili prigušnica nalazi se na kraju retencije. Kod projektiranja potrebno je:

- minimalni profil cijevi mora biti 200 mm
- maksimalni pad cijevi je 0,3%

Za potrebe hidrauličkog proračuna trebaju se uzeti u obzir sljedeća ograničenja:

- k_c = 0,25 mm koeficijent hidrauličke hrapavosti prigušnice
- ξ_e =0,45 koeficijent gubitaka tlaka na ulazu
- m_D = 1,0 za slučaj da je tlačna crta na izlazu sa slobodnim vodnim licem



Slika 16. Hidraulička shema prigušnice

U skladu s objašnjenjima koja prikazuje *Slika 16.*, potrebna duljina prigušnice računa se kao:

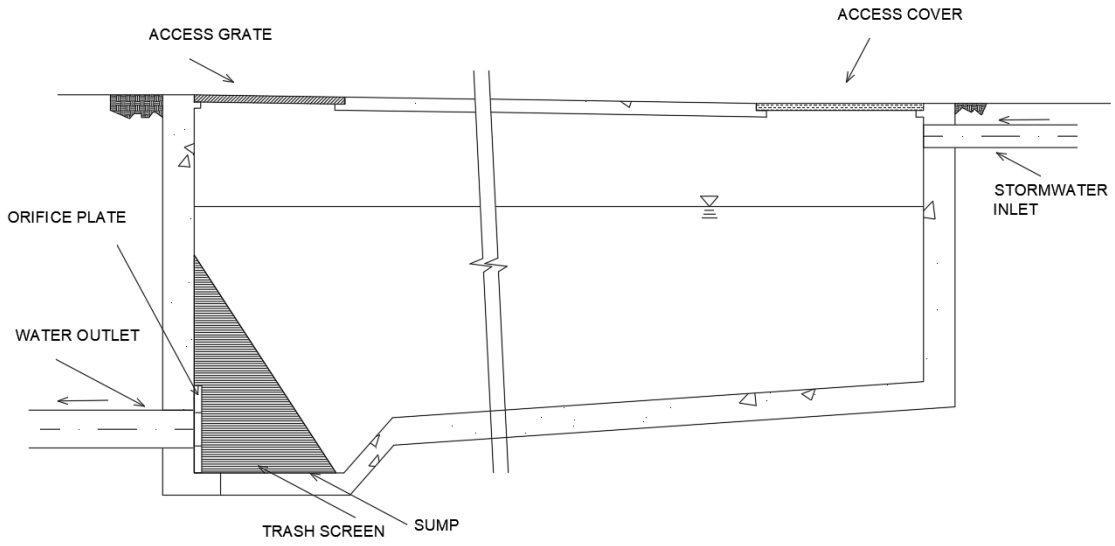
$$l_t = \frac{S_b - d_b - (\xi_e + 1) \cdot \frac{v_b^2}{2g}}{J_E - J_{B,b}}$$

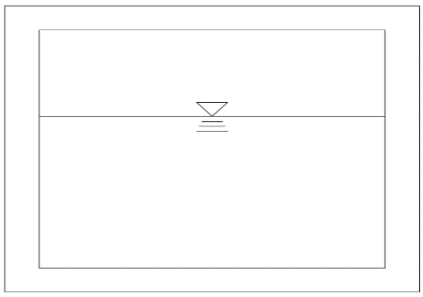
Ukoliko bih znala sve potrebne podatke za dimenzioniranje prigušnice, mogla bih izračunati potrebni profil prigušne cijevi te duljinu iste. Ako je odabrani profil prigušne cijevi manji, voda će sporije istjecati iz rezervoara i samim tim će se povećavati visina h vode u rezervoaru. Ako pak odaberemo veći profil cijevi, voda iz rezervoara će istjecati brže te će se visina vode h smanjiti.

9.2 Dimenzioniranje retencije

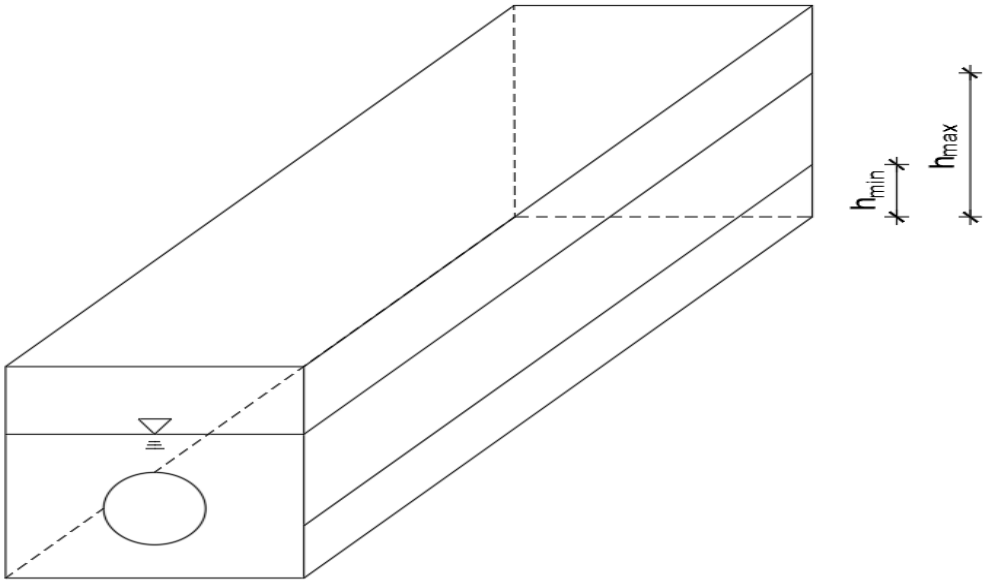
1) Izračunati brutto potrebne dimenzije retencijskog bazena tj. Parametre B , h, L
2) Veličina izlazne cijevi za protok Q
3) Obratiti pozornost na regulaciju istjecanja – izlazna cijev mora zadovoljiti kod minimalne i maksimalne visine

   A max (h min) -> A min (h max) – uvjet mora biti zadovoljen da bismo mogli ugraditi zatvarač, tj da možemo regulirati cjevovod





Poprečni presjek retencijskog bazena



9.3 Realizacija :

1) Nasip na konstrukciji
2) Voditi računa o tlaku nastalom uslijed prometnica
3) Voditi računa o tlaku nastalom uslijed zidova
4) Naglo povećanje tlaka
5) Debljina zida
6) Čvrstoća zida
7) Armatura

9.4 Općenito značenje retencije:

Retencija (vodogradnja), u vodogradnji ili hidrotehnici, je uređeno područje u slijevu vodotoka koje služi za privremeno zadržavanje vode radi zaštite od poplava. Puštanjem vode u retenciju smanjuje se najveći (maksimalni) protok na nizvodnom području, pa se time količina vode koja bi inače poplavila to područje propušta kroz vodotok dulje vrijeme. Retencija može biti izvedena tako da se puni nekontrolirano, a kontrolira se samo izlaz vode iz retencijskoga prostora, ili se može puniti i prazniti kontrolirano. Tada se retencija puni prelijevanjem preko bočnoga preljeva na nasipu ili otvaranjem zapornica na ustavama. Pošto prođe opasnost od poplava nizvodnoga

područja, zapornice se otvaraju i voda se vraća u vodotok. Treba voditi i računa o kvaliteti vode koja se retencira.

10. Literatura

Goran Vego – Diplomski rad

Jure Margeta - Kanalizacija naselja

Wikipedia