

# Dimenzioniranje hidrotehničkih objekata na sustavu površinske odvodnje

---

Tešinski, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:136474>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**DIMENZIONIRANJE HIDROTEHNIČKIH GRAĐEVINA NA  
SUSTAVU POVRŠINSKE ODVODNJE**

DIPLOMSKI RAD

Dora Tešinski

Zagreb, Rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Poljoprivredna tehnika-Melioracije

**DIMENZIONIRANJE HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA NA  
SUSTAVU POVRŠINSKE ODVODNJE**

DIPLOMSKI RAD

Dora Tešinski

Mentor:

doc. dr. sc. Gordon Gilja

Zagreb, Rujan, 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Dora Tešinski**, JMBAG 0178098221, rođena 07.04.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**DIMENZIONIRANJE HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA NA SUSTAVU POVRŠINSKE ODVODNJE**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE**

**O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studentice **Dore Tešinski**, JMBAG 0178098221, naslova

**DIMENZIONIRANJE HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA NA SUSTAVU POVRŠINSKE ODVODNJE**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. doc. dr. sc. Gordon Gilja mentor

\_\_\_\_\_

2. prof. dr. sc. Ivan Šimunić član

\_\_\_\_\_

3. doc. dr. sc. Ivan Mustać član

\_\_\_\_\_



## Sadržaj

|      |                                                     |    |
|------|-----------------------------------------------------|----|
| 1.   | Uvod .....                                          | 1  |
| 1.1. | Cilj rada .....                                     | 1  |
| 2.   | Pregled literature .....                            | 2  |
| 3.   | Projektno područje i korištene podloge .....        | 5  |
| 3.1. | Projektno područje.....                             | 5  |
| 3.2. | Pedološke karakteristike tla .....                  | 7  |
| 3.3. | Poljoprivredna proizvodnja i uzgajane kulture ..... | 8  |
| 3.4. | Klimatske značajke.....                             | 9  |
| 4.   | Razrada rješenja .....                              | 11 |
| 4.1. | Pozicije objekata.....                              | 11 |
| 4.2. | Hidrološki proračun.....                            | 12 |
| 5.   | Rezultati proračuna i analiza .....                 | 17 |
| 6.   | Zaključak .....                                     | 27 |
| 7.   | Popis literature.....                               | 28 |

## Sažetak

Diplomskog rada studentice **Dore Tešinski**, naslova

### **DIMENZIONIRANJE HIDROTEHNIČKIH GRAĐEVINA NA SUSTAVU POVRŠINSKE ODVODNJE**

U ovom radu opisan je postojeći sustav površinske odvodnje u Zagrebačkoj županiji kojemu je potrebna revitalizacija. U tu svrhu dimenzionirale su se tri hidrotehničke građevine: ustava, preljev i hidrotehnička stepenica. Pogledom pedoloških karakteristika tla, klimatoloških prilika, postojeće poljoprivredne proizvodnje te topografskih značajki područja predložene su pozicije objekata te je napravljen hidrološki proračun. Hidrauličkim proračunom dimenzionirani su objekti te prikazan njihov utjecaj na režim voda.

**Ključne riječi:** ustava, preljev, hidrotehnička stepenica, hidrološki proračun

## Summary

Of the master's thesis – student **Dora Tešinski**, entitled

### **DESIGN OF HYDRAULIC STRUCTURES ON CANALS**

This paper describes the existing surface drainage system in Zagreb County that needs revitalization. For this purpose, three hydrotechnical structures were designed: the transition, the overflow and the hydrotechnical step. Pedological characteristics of the soil, climatological conditions, existing agricultural production and topographic features of the area were analyzed and according to it, the positions of stated structures were selected and a hydrological calculation was made. Hydraulic calculation were used to design the structures and show their impact on the water regime.

**Keywords:** the transition, the overflow, the hydrotechnical step, hydrological calculation

# 1. Uvod

Površinska odvodnja izrazito je bitan segment u postizanju optimalnih vodozračnih odnosa, poboljšanju teksture i strukture tla te općenito poboljšanju uvjeta za poljoprivrednu proizvodnju. Odvodnja suvišnih voda podrazumijeva sakupljanje i odvođenje viška vode nakupljene u tlu na poljoprivrednim ili nekim drugim površinama s ciljem osposobljavanja tla za proizvodnju ili neku drugu djelatnost (Šimunić 2013.). U Republici Hrvatskoj površinska odvodnja izvedena je djelomično ili potpuno na otprilike 1 050 000 ha (Marušić 2003.), međutim ti su sustavi danas stari minimalno 25 godina te je velikoj većini potrebna revitalizacija. Najveći dio sustava izgrađen je u kontinentalnom dijelu Hrvatske u području rijeka Save i Drave.

Ovisno o koncepciji postojećeg sustava i topografiji terena, postoji nekoliko rješenja u vidu hidrotehničkih građevina koje se mogu integrirati u sustav odvodnje s ciljem optimizacije hidrauličkih značajki. Ustava je vodna građevina koja služi za održavanje visine toka uzvodno od iste. Radi na principu zapornica koje se zatvaraju ili otvaraju i na taj način propuštaju vodu u vodotok ili ispušta u drugi vodotok, retencijski prostor i slično. Preljev je također hidrotehnički objekt kojim se održava određena dubina vode uzvodno u kanalu. Izvodi se u obliku prepreke preko koje se voda preljeva. Hidrotehnička stepenica se izvodi na mjestima gdje se razina dna kanala spušta kako bi se ublažio nastanak erozije uzrokovane djelovanjem vode na takvim mjestima.

## 1.1. Cilj rada

Cilj ovog rada je dimenzionirati tri hidrotehničke građevine, ustavu, preljev i hidrotehničku stepenicu na postojećem sustavu odvodnje. Dat će se pregled pedoloških karakteristika tla na lokaciji, kao i kultura koje se koriste i uzgajaju u poljoprivrednoj proizvodnji. Analizom stanja sustava i topografije terena predložit će se pozicije za objekte, hidrološkom analizom odrediti će se protok na lokacijama objekata pomoću metoda površinskog otjecanja te će se hidrauličkom analizom izvršiti dimenzioniranje objekata koristeći odgovarajuće hidrauličke proračune za svaki pojedini objekt. Analizom rezultata i usporedbom s postojećim stanjem odredit će se utjecaj hidrotehničkih građevina na režim voda i funkcionalnost cijelog sustava odvodnje.

## 2. Pregled literature

Za potrebe ovog rada dat će se pregled hidromelioracijskih sustava odvodnje u Hrvatskoj te detaljno opisati hidrotehničke građevine koje se dimenzioniraju u kontekstu upravljanja sustavima odvodnje. Sustavi odvodnje dijele se na sustave površinske i podzemne odvodnje (Šimunić 2013.). Sustav površinske odvodnje podrazumijeva izgradnju odvodnih kanala, dok sustavi podzemne odvodnje obuhvaćaju kanale i drenažu koja se ukopava ispod poljoprivredne površine i vodu odvodi u kanale. Vidaček (1998.) navodi kako potpuno sagrađeni sustavi odvodnje do kraja 80-ih godina pokrivaju 600 054 ha što čini oko 33% svih površina tala kojima je potrebna odvodnja, nepotpuno sagrađenih odnosno onih kojima je potrebna rekonstrukcija ima 29% odnosno 518 830 ha, a na 37,5 % površine sustav nisu uopće sagrađeni. U tablicama 2.1 i 2.2 prikazana je izgrađenost sustava površinske i podzemne odvodnje po slivnim područjima.

Tablica 2.1. Izgrađenost sustava površinske odvodnje

| Vodna područja   | Melioracijske površine |      | Stupanj izgrađenosti površinske odvodnje |      |           |      |               |      |
|------------------|------------------------|------|------------------------------------------|------|-----------|------|---------------|------|
|                  |                        |      | Potpuno                                  |      | Nepotpuno |      | Nije riješeno |      |
|                  | ha                     | %    | ha                                       | %    | ha        | %    | ha            | %    |
| Sava             | 1 129 757              | 63,1 | 374 434                                  | 33,1 | 264 085   | 23,4 | 491 238       | 43,5 |
| Drava i Dunav    | 570 836                | 31,9 | 213 619                                  | 37,4 | 230 360   | 40,4 | 126 850       | 22,2 |
| Istra i Primorje | 43 830                 | 2,5  | 4 200                                    | 9,6  | 9 340     | 21,3 | 30 290        | 69,1 |
| Dalmacija        | 44 647                 | 2,5  | 7 801                                    | 17,5 | 15 046    | 33,7 | 21 800        | 48,8 |
| Ukupno           | 1 789 070              | 100  | 600 054                                  | 33,5 | 518 830   | 29,0 | 670 186       | 37,5 |

Izvor: Marušić, 1992.

Tablica 2.2. Izgrađenost sustava podzemne odvodnje

| Vodna područja   | Melioracijske površine za podzemnu odvodnju |      | Izgrađeni sustavi |      | Potreba izgradnje novih sustava |      |
|------------------|---------------------------------------------|------|-------------------|------|---------------------------------|------|
|                  | ha                                          | %    | ha                | %    | ha                              | %    |
| Sava             | 517 060                                     | 63,0 | 97 752            | 18,9 | 419 308                         | 81,1 |
| Drava i Dunav    | 281 860                                     | 34,4 | 58 871            | 20,9 | 222 989                         | 79,1 |
| Istra i Primorje | 11 850                                      | 1,4  | 2 617             | 22,1 | 9 233                           | 77,9 |
| Dalmacija        | 9 500                                       | 1,2  | 2 290             | 24,1 | 7 210                           | 75,9 |
| Ukupno           | 820 350                                     | 100  | 161 530           | 19,7 | 658 820                         | 80,3 |

Izvor: Marušić, 1992.

Sustavi odvodnje iznimno su bitni u poljoprivrednoj proizvodnji. Stagnirajuća voda na površini tla negativno utječe na prinos, ali i na značajke samog tla: vodozračne odnose, strukturu i teksturu. U tablici 2.3 prikazan je pad prinosa u odnosu na duljinu dana stagnirajuće vode. Pad prinosa najmanji je u slučaju prekomjernog vlaženja u trajanju od 3 dana, dok kod trajanja od 15 dana pad prinosa može biti i do 100%. Za primjerice ozime

žitarice nema razlike i padu prinosa za trajanje stagnirajuće vode od 3 i 7 dana, ali već kod trajanja od 11 dana dolazi do pada prinosa i do 80%, dok kod trajanja od 15 dana on može biti i 100%.

Tablica 2.3. Utjecaj prekomjerne vlage na redukciju prinosa

| Poljoprivredna kultura | Duljina prekomjernog vlaženja u danima |          |          |          | Najveće smanjenje prinosa u mjesecima |
|------------------------|----------------------------------------|----------|----------|----------|---------------------------------------|
|                        | 3                                      | 7        | 11       | 15       |                                       |
| Ozime žitarice         | 5 - 20                                 | 5 - 20   | 10 - 80  | 20 - 100 | V-VI                                  |
| Jare žitarice          | 10 - 20                                | 20 - 50  | 40 - 75  | 20 - 100 | V-VI                                  |
| Kukuruz                | 10 - 20                                | 10 - 80  | 20 - 100 | 30 - 100 | IV-VI                                 |
| Suncokret              | 10                                     | 20 - 40  | 30 - 80  | 50 - 100 | V-VI                                  |
| Krumpir                | 30 - 50                                | 80 - 100 | 100      | 100      | VI-VIII                               |
| Šećerna repa           | 10                                     | 40 - 50  | 90 - 100 | 100      | III-X                                 |
| Krmno bilje            | 10                                     | 25 - 40  | 20 - 70  | 30 - 70  | V-VII                                 |
| Livade                 | -                                      | 10 - 20  | 20 - 30  | 10 - 50  | V-VII                                 |
| Pašnjaci               | -                                      | 10 - 20  | 20 - 50  | 10 - 70  | V-VII                                 |

Izvor: Petošić, Tomić, 2011.

Sustav površinske odvodnje koji se obrađuje u radu je također sustav kojem je potrebna revitalizacija. Na njemu će se dimenzionirati tri hidrotehnička objekta: ustava, preljev i hidrotehnička stepenica u svrhu optimizacije cijelog sustava.

Ustava (slika 2.1) je građevina kojom se kontrolirano ispušta voda iz jednog u drugi kanal odnosno vodotok ili se održava željena razina vode uzvodno od ustave. Izvodi se samostalno ili u sklopu druge građevine, a smješta se na utoku odvodnog kanala, ako se vode ispuštaju u prijemnik, odnosno na kanalu na mjestu rasterećenja ili zahvata. Ustave se razlikuju prema namjeni, broju polja, vrsti zatvarača i njihovom pogonu. (Brezak i sur. 2010.)

Slika 2.1: Ustava



shutterstock.com · 291850034

Izvor:shutterstock.com

Preljev (slika 2.2) je općenito svako mjesto gdje se voda prelijeva s višeg na niži nivo. Preljev u kanalu je pregrada preko koje se voda prelijeva, a izvodi se da bi se održavala određena dubina vode u uzvodnom dijelu kanala. Takva vrsta preljeva naročito se koristi u sustavima za odvodnju. (Brezak i sur. 2010.)

Slika 2.2: Preljev



Izvor: *Objekti na vodotocima, pisana predavanja*

[http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel\\_reg/reg\\_predavanja/RegulacijePredavanje\\_08\\_V.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel_reg/reg_predavanja/RegulacijePredavanje_08_V.pdf)

Prema Brezaku i sur. (2010.), hidrotehnička stepenica (slika 2.3) je vodna građevina koja se izvodi na mjestu denivelacije dna vodotoka u svrhu njegove zaštite od pojačanog erozivnog djelovanja tekuće vode koje se javlja na takvom mjestu. Najčešće se izrađuje od betona iako može biti zidana od kamena ili izgrađena od gabiona.

Slika 2.3: Hidrotehnička stepenica



Izvor: *Objekti na vodotocima, pisana predavanja*

[http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel\\_reg/reg\\_predavanja/RegulacijePredavanje\\_08\\_V.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel_reg/reg_predavanja/RegulacijePredavanje_08_V.pdf)

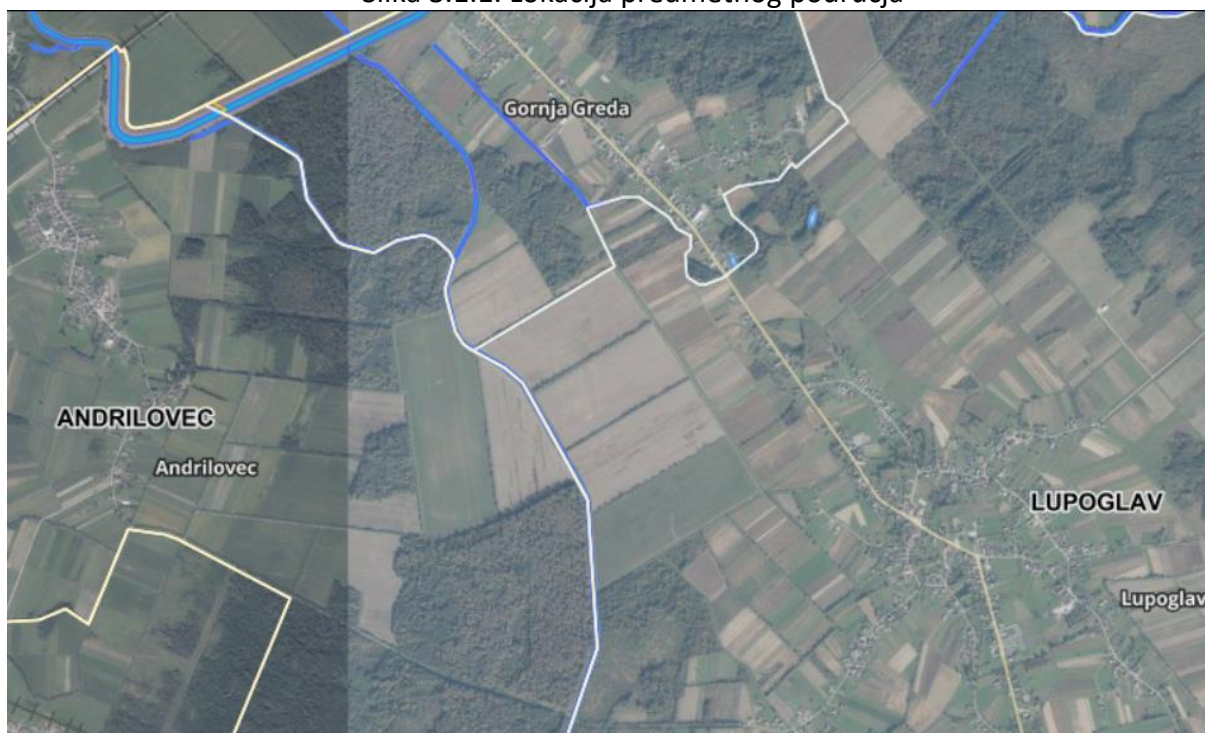
### 3. Projektno područje i korištene podloge

Za dimenzioniranje objekata na postojećem sustavu odvodnje izvršena je analiza karakteristika projektnog područja: pedološke karakteristike tla, klimatološke značajke, postojeća poljoprivredna proizvodnja te topografija sustava, odnosno nagiba terena.

#### 3.1. Projektno područje

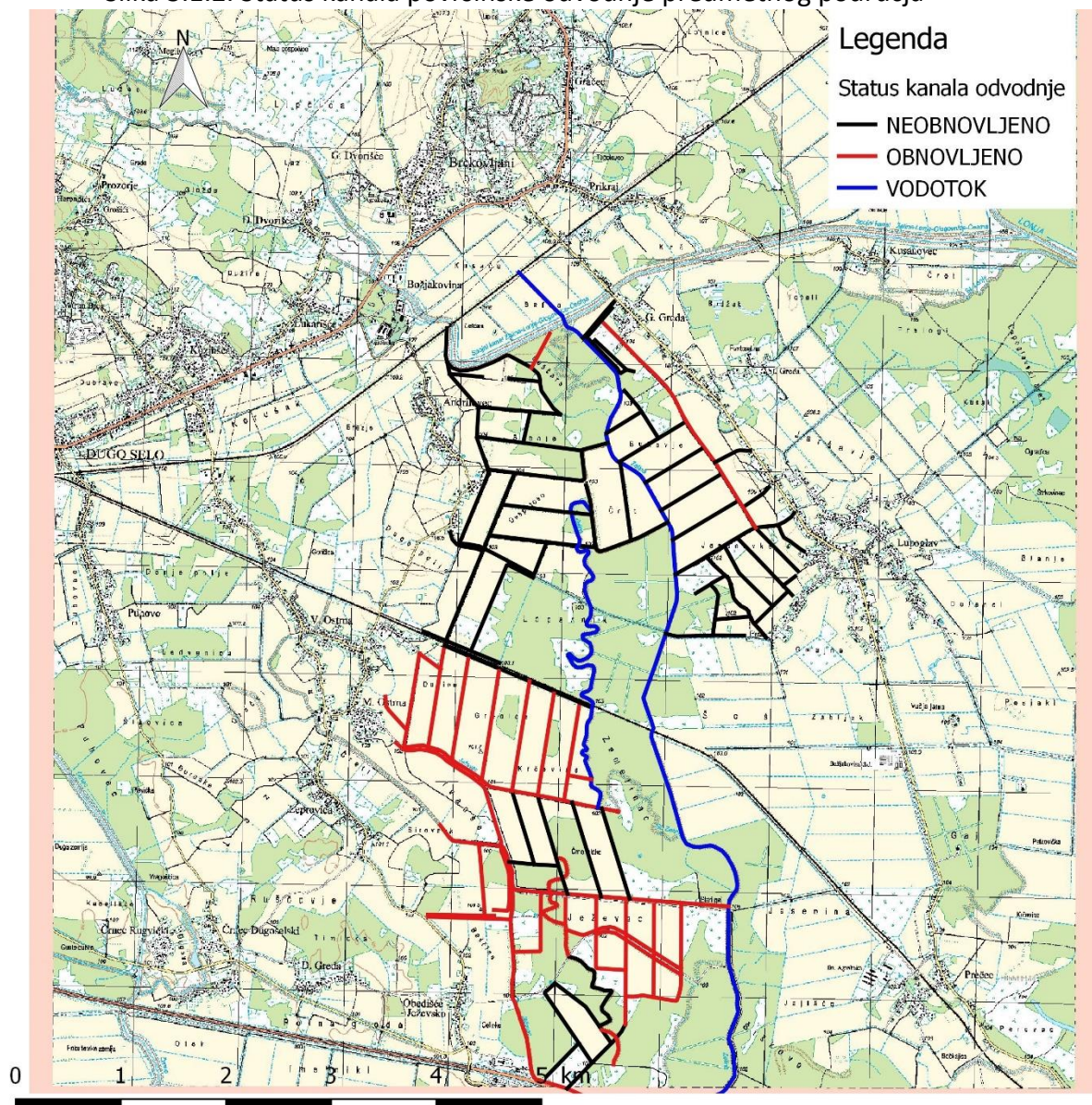
Predmetno područje (slika 3.1.1) nalazi se u Zagrebačkoj županiji, konkretnije na lokaciji između naselja Lupoglav i Andrilovac. Područje pripada slivu Save, odnosno malom slivu Zelina-Lonja. Kao i kod većine područja dolina velikih rijeka, reljef je ravan do skoro ravan s nagibom od 1-2 %. Mali nagib pogoduje zadržavanju suvišne vode na površini tla, odnosno otjecanje oborinske vode je onemogućeno za vrijeme velikih oborina. Lokacija zauzima bruto površinu od približno 1190 ha. Osnovna i detaljna odvodnja izvedena je prije 40-ak godina (Husnjak i sur. 2020.) Na slici 3.1.2 prikazan je status kanala odvodnje te obnovljeni odnosno neobnovljeni dijelovi. Vidljivo je da je više od pola sustava i dalje zapušteno te mu je potrebna revitalizacija. Na tim dijelovima kanala dimenzionirati će se hidrotehnički objekti ustava, preljev i hidrotehnička stepenica.

Slika 3.1.1. Lokacija predmetnog područja



Izvor: [geoportal.dgu.hr](http://geoportal.dgu.hr)

Slika 3.1.2. Status kanala površinske odvodnje predmetnog područja



### 3.2. Pedološke karakteristike tla

Za područje Rugvice koje se nalazi nedaleko sustava na kojem će se dimenzionirati objekti izrađena je pedološka karta na temelju terenskih i laboratorijskih istraživanja. Karta je napravljena za potrebe idejnog projekta navodnjavanja (Husnjak i sur. 2020.) te će se u ovom radu ti podaci koristiti kao relevantni. Terenskim i laboratorijskim istraživanjem utvrđena je prisutnost tri osnovna tipa tla, livadno fluvijalno tlo, hipoglej i amfiglej koji se javljaju u dvanaest nižih podsistemskih jedinica. Sva tri tipa tla spadaju u red hidromorfni tala. Njih karakterizira prekomjerno vlaženje površinskim i podzemnim vodama unutar dubine od jednog metra. Vlaženje može biti povremeno ili trajno. Utvrđeno je da matični supstrat na većem dijelu područja predstavljaju fluvijalni nanosi glinastog i ilovasto glinastog teksturnog sastava u gornjim zonama tla, dok u donjim zonama prevladavaju glinasto ilovasti materijali. Na manjem dijelu projektnog područja se u gornjim zonama nalaze materijali lakšeg teksturnog sastava, odnosno ilovasti materijali.

Prema Sraki (2016.), livadno fluvijalna tla su tla nastala iz fluvisola. Ova tla formiraju se u riječnim dolinama te je pojava vode i njena dinamika u profilima uvjetovana topografijom. To su uglavnom duboka tla povoljnih fizikalnih, kemijskih i bioloških značajki. Način vlaženja je semiglejan što podrazumijeva da je u gornjem dijelu profila do 0,75 cm dubine vlaženje automorfno, a dublje podzemnom vodom koja povremenom stagnacijom uzrokuje zaglejavanje uglavnom na dubini većoj od jednog metra. Ova tla pogodna su za ratarske i povrćarske kulture zbog toga što suvišna voda ne utječe na gornje dijelove profila odnosno rizosferu.

Hipoglej se također razvija na fluvijalnim nanosima u dolinama većih rijeka. Sraka (2016.) navodi kako su fizikalne kemijske i biološke značajke vrlo heterogene što najviše ovisi o dubini podzemne vode i trajanju saturacije rizosfernog sloja, teksturi te sadržaju humusa i karbonata. Hipoglejni način vlaženja podrazumijeva vlaženje podzemnom vodom koja nekada može dosezati i površinu tla te uzrokuje stvaranje glejnog horizonta. Za hipoglej se može reći da ima nepovoljnu ekološku dubinu. Glavno ograničenje je visoka razina podzemne vode te dužina saturacije rizosfernog sloja.

Amfiglej se razvija na najnižim područjima riječnih dolina. Fizikalne, kemijske te biološke značajke su mu također vrlo heterogene. Karakterizira ga vlaženje gornjih dijelova profila stagnirajućom oborinskom i poplavnom vodom te vlaženje podzemnom vodom koja dopire do dubine od 50 do 100 cm što također uzrokuje stvaranje glejnog horizonta.

Glavno ograničenje hidromorfni tala je prekomjerno vlaženje površinskim i podzemnim vodama koje povremeno stagniraju. Višak vode u tlu dovodi do narušavanja strukture tla, sve pore su ispunjene vodom što znači da u tlu nema zraka te je izmjena plinova slaba, dolazi do erozije uzrokovane vodom te se uslijed isparavanja gubi znatna količina toplinske energije pa su tako vlažna tla hladnija od suših. Mjere popravka takvih tala za poljoprivrednu proizvodnju podrazumijevaju agro i hidromelioracije odnosno površinsku i podpovršinsku odvodnju suvišne vode. Mjerama popravka pospješuju se vodozračni odnosi, fizikalne,

kemijske i biološke karakteristike u svrhu povećavanja proizvodnog potencijala. Imajući to u vidu, jasno je zašto postojeći sustav odvodnje treba revitalizirati i vratiti mu funkcionalnost.

### 3.3. Poljoprivredna proizvodnja i uzgajane kulture

Na projektnoj lokaciji uzgajaju se uglavnom ratarske kulture poput ozime i jare pšenice, zobi, ječma, soje, kukuruza, uljane repice te stočna hrana u vidu djetelinsko travnih smjesa te stočnog graška (Husnjak i sur. 2020.) Sve od navedenih kultura, osim djetelinsko travnih smjesa, razvijaj glavninu korijenovog sustava u oraničnom sloju do dubine od 30 cm. Korijen crvene djeteline može dosezati dubine od 1 do 2 metra (Bašić i Herceg 2010.) Imajući to u vidu, jedino prirodno pogodno tlo od tipova tala nađenih na lokaciji je livadno fluvijalno tlo koje do 0,75 m dubine nema problema sa suviškom vlage. Uvjeti prekomjerne vlage rezultiraju smanjenjem prinosa kao i nemogućnosti kvalitetne obrade što direktno utječe na ekonomsku isplativost proizvodnje. Neki od negativnih utjecaja na razvoj biljke prilikom prekomjerne vlage su sprečavanje procesa nitrifikacije i slabije usvajanje dušika, nastanak anaerobnih uvjeta, nastaju povoljni uvjeti za razvoj bolesti i štetnika, otežano kretanje mehanizacije i pravovremena obrada tla. Biljke različito podnose uvjete prekomjerne vlage što najviše ovisi o fenofazi u kojoj se vlaženje pojavljuje te duljini trajanja istog. Najveća redukcija prinosa može se očekivati u fazi intenzivnog porasta. Temeljem navedenih pokazatelja u tablici 2.3 vidljivo je da su gubici u prinosu većine poljoprivrednih kultura najmanji kada višak vode u tlu traje vremenski do tri dana. Relativno sniženje prinosa poljoprivrednih kultura zavisi od razdoblja fenofaze u kojoj se biljka nalazi u trenutku suvišnog vlaženja tla. Ozime žitarice slabo podnose dulje vrijeme višak vode u tlu pri kraju svoje vegetacije (svibanj-lipanj), a jare žitarice u sredini vegetacijskog razdoblja (travanj-svibanj). Do najvećeg smanjenja prinosa kukuruza dolazi ukoliko je tlo suviše vlažno u početku vegetacije (travanj-lipanj). U uvjetima kada prekomjerno vlaženje traje 15 ili više dana dolazi do skoro potpunog propadanja usjeva.

Slika 3.3.1. Kukuruz u uvjetima stagnacije površinske vode

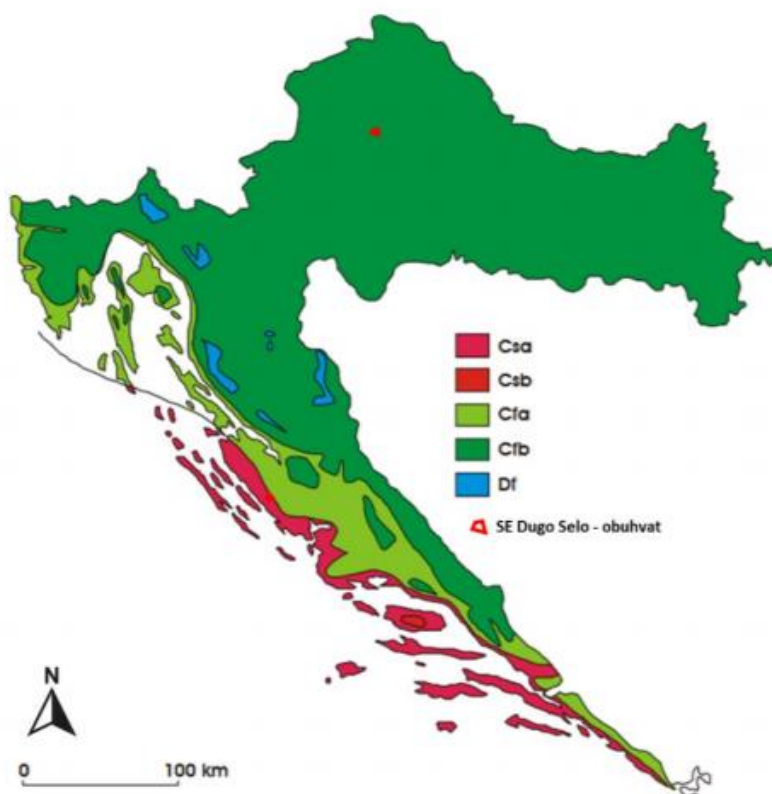


Izvor: <https://www.savjetodavna.hr>

### 3.4. Klimatske značajke

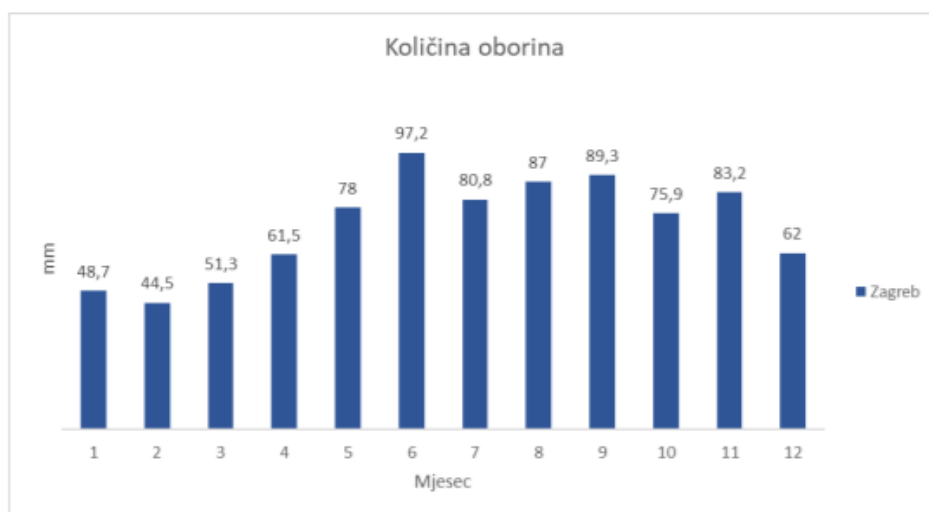
Prema Miletić i sur. (2021.) klima Zagrebačke županije spada u umjerenu kontinentalnu klimu s toplim ljetima i umjereno hladnim zimama s povremenim snježnim padalinama. Ima izražena godišnja doba. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime prikazane na slici 3.4.1, koja promatra odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i oborine, ovo područje ima Cfb klimu. C je oznaka za umjereno toplu kišnu klimu kakva vlada u velikom dijelu umjerenih širina. Njoj odgovara srednja temperatura najhladnijeg mjeseca viša od  $-3^{\circ}\text{C}$  i niža od  $18^{\circ}\text{C}$ . Srednja mjesečna temperatura viša je od  $10^{\circ}\text{C}$  tijekom više od 4 mjeseca u godini. Oznaka fw označava nepostojanje suhog razdoblja odnosno znači da najsušniji mjesec nema količinu oborine barem 3 puta manju od najkišnijeg mjeseca, a minimalna oborina se javlja zimi (najčešće siječanj). Oznakom b definirano je da srednja temperatura najtoplijeg mjeseca ne prelazi  $22^{\circ}\text{C}$ , ali barem u 4 uzastopna mjeseca tijekom godine je srednja temperatura viša od  $10^{\circ}\text{C}$ . Godišnji hod količine oborine je kontinentalnog tipa, s maksimumom u toplom dijelu godine i sekundarnim maksimumom u kasnu jesen te je preuzet s DHMZ-a za mjernu postaju Zagreb-Maksimir (slika 3.4.2).

Slika 3.4.1. Köppenova klasifikacija klime: Cfa, umjereno topla vlažna klima s vrućim ljetom; Cfb, umjerena topla vlažna klima s toplim ljetom; Csa, sredozemna klima s vrućim ljetom; Csb, sredozemna klima s toplim ljetom; Df, vlažna borealna klima



Izvor: Šegota, Filipčić, 2003.

Slika 3.4.2. Prikaz srednjih mjesečnih vrijednosti količina oborina za razdoblje 1949.-2018., za mjernu postaju Zagreb



Izvor: DHMZ

Iz dostupnih podataka vidljivo je da najviše oborine padne u lipnju, odnosno vremenu vegetacije u kojem ozima pšenica i kukuruz najlošije podnose suvišak vode u tlu te kada ona najznačajnije utječe na smanjenje prinosa.

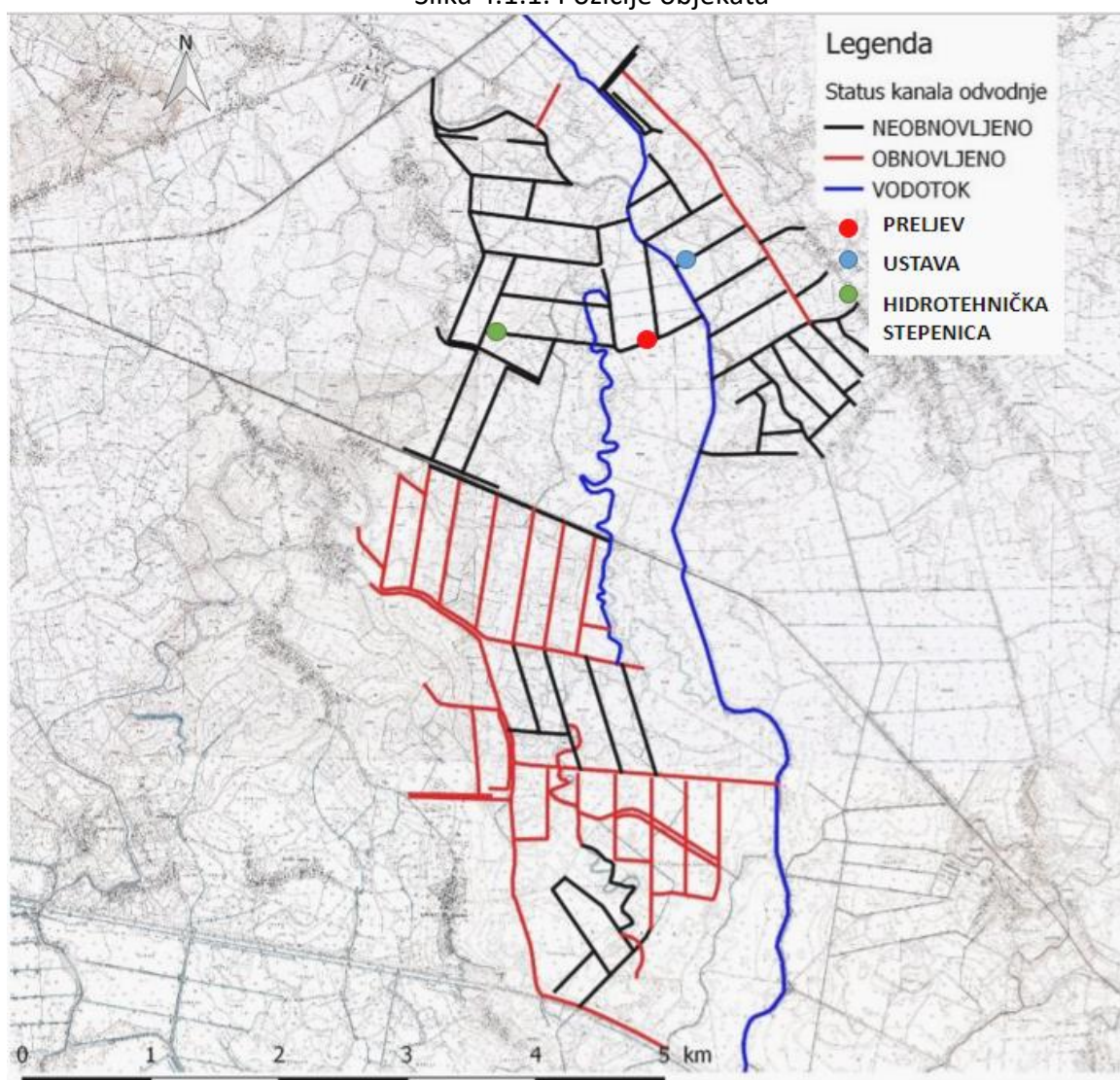
## 4. Razrada rješenja

Topografskom analizom utvrđeni su nagibi terena te određene pozicije objekata koji će se dimenzionirati. Hidrološkim proračunom kanalske mreže utvrđeni su mjerodavni protoci na kontrolnim točkama odnosno pozicijama objekata, a hidrauličkim proračunom dimenzionirani su objekti.

### 4.1. Pozicije objekata

Pozicije objekata (slika 4.1.1) odabrane su analizom nagiba terena uzimajući u obzir padove kanala. Hidrotehnička stepenica se dimenzionira na ušću kanala gdje je pad najveći kako bi se spriječila erozija, preljev se nalazi na kanalu III. reda gdje je moguće napraviti retenciju u slučaju velikih voda, a ustava na ušću kanala u vodotok kako bi voda sa tog područja mogla kontrolirano ispuštati u vodotok.

Slika 4.1.1. Pozicije objekata



## 4.2. Hidrološki proračun

Vrijeme koncentracije sliva određuje se po SCS metodi.

$$t_c = \frac{L^{1,15}}{51,408 \cdot \Delta H^{0,38}} \quad (4.2.1)$$

gdje je:

$t_c$  - vrijeme koncentracije [min],

$L$  - duljina tečenja od početne do izlazne točke [m],

$\Delta H$  - visinska razlika početne i izlazne točke [m].

$$t_c = \frac{486,74^{1,15}}{51,408 \cdot 1,9^{0,38}}$$

$$t_c = 12,58 \text{ min}$$

Duljina tečenja od početne do izlazne točke iznosi 486,74 m, a visinska razlika 1,9 m. Izračunom po SCS metodi rezultat vremena koncentracije iznosi 12,58 min.

Vrijeme koncentracije sliva potrebno je izračunati kako bi se odredilo mjerodavno trajanje oborine ( $t_k$ ). To je ono vrijeme koje rezultira maksimalnim otjecanjem, odnosno ono koje je najbliže vremenu koncentracije sliva.

Mjerodavni protok na pozicijama objekata izračunava se po izrazu:

$$Q_{i-i} = q_{i-i} \cdot F_{i-i}, [\text{l/s ili m}^3/\text{s}] \quad (4.2.2)$$

gdje je:

$q_{i-i}$  - specifični protok na profilu [l/s/ha],

$F_{i-i}$  - pripadna površina sliva [ha].

$$q_{i-i} = 2,8 \cdot \sigma \frac{h_k}{t_k} \cdot \left( \frac{K}{A_{i-i}} \right) [\text{l/s/ha}] \quad (4.2.3)$$

gdje je:

$\sigma$  - koeficijent površinskog otjecanja,

$h_k$  - mjerodavna visina oborina [mm],

$t_k$  - mjerodavno trajanje oborina [h],

$K$  - ovisi o obliku hidrograma otjecanja (iznosi 2),

$A_{i-i}$  - koeficijent zakašnjenja ili retardacije.

Koeficijent otjecanja iščitao se iz tablice (4.2.1.) koeficijenata otjecanja prema vrsti površine. Obzirom na pedologiju i nagib projektnog područja uzima se vrijednost od 0,15.

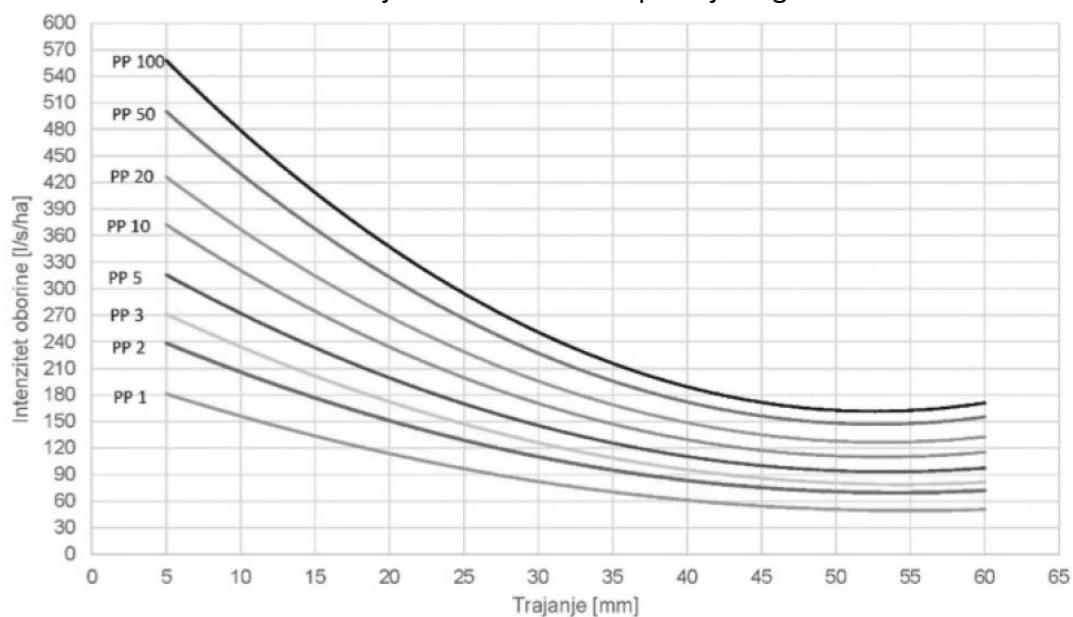
Tablica 4.2.1. Koeficijent otjecanja za pripadajuće površine

| Karakteristike površina           | C         |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>Ulice</b>                      |           |
| asfalt                            | 0,70-0,95 |
| beton                             | 0,80-0,95 |
| cigla                             | 0,70-0,85 |
| tucanik                           | 0,25-0,45 |
| <b>Šetnice, pločnici i slično</b> |           |
| betonske ili asfaltne             | 0,75-0,85 |
| pločnik sa spojnicma              | 0,70-0,80 |
| mozaik od kamenih ploča           | 0,40-0,55 |
| <b>Krovovi</b>                    | 0,75-0,95 |
| <b>Tratine, prirodne površine</b> |           |
| <b>Pjeskoviti teren</b>           |           |
| ravan 2%                          | 0,05-0,10 |
| srednji nagib 2-7%                | 0,10-0,15 |
| strm 7% i više                    | 0,15-0,20 |
| <b>Teško, manje propusno tlo</b>  |           |
| ravno 2%                          | 0,13-0,17 |
| srednji nagib 2-7%                | 0,18-0,22 |
| strmo 7% i više                   | 0,25-0,35 |

Izvor: Gilja, 2020, pisana predavanja iz Hidrotehnike

Mjerodavna visina i trajanje oborina određuju se se iz ITP krivulje (slika 4.2.2) za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir. Za vrijeme trajanja uzima se vrijeme približno vremenu koncentracije za povratni period od 3 godine što dovodi do očitavanja mjerodavne oborine od 230mm.

Slika 4.2.2: ITP krivulja za Meteorološku postaju Zagreb-Maksimir.



Izvor: DHMZ

Koeficijent zakašnjenja ili retardacije izračunava se po sljedećem izrazu:

$$A_{i-i} = \frac{t_k}{tc_{i-i}} [1] \quad (4.2.4)$$

gdje je:

$t_c$  - vrijeme koncentracije profila [h],

koje predstavlja vrijeme potrebno da volumen vode prijeđe put od najudaljenije točke pripadajućeg sliva do kontrolnog profila, a određeno je prema:

$$t_c = t_0 + \frac{L_{IV}}{v_{IV} \cdot 3600} + \frac{L_{III}}{v_{III} \cdot 3600} + \frac{L_{II}}{v_{II} \cdot 3600} \quad (4.2.5)$$

gdje je:

$t_0$  - mjerodavno vrijeme otjecanja suvišne vode po prestanku kiše [h],

$L_{IV}$  - duljina melioracijskog kanala IV. reda [m],

$v_{IV}$  - brzina tečenja u melioracijskom kanalu IV. reda [m/s],

$L_{III}$  - duljina melioracijskog kanala III. reda [m/s],

$v_{III}$  - brzina tečenja u melioracijskom kanalu III. reda [m/s],

$L_{II}$  - duljina melioracijskog kanala II. reda [m],

$v_{II}$  - brzina tečenja u melioracijskom kanalu II. reda [m/s].

Vrijeme koncentracije ovisi o pretpostavljenim brzinama u pojedinim kanalima, a koje iznose:

- a) za kanal IV. reda = 0,2 m/s,
- b) za kanal III. reda = 0,4 m/s,
- c) za kanal II. reda = 0,8 m/s.

Pripadajuće površine (slika 4.2.3, 4.2.4 i 4.2.5), kao i duljine kanala za određene kontrolne profile izmjerene su u web pregledniku Geoportal.

Slika 4.2.3. Pripadajuća površina za preljev



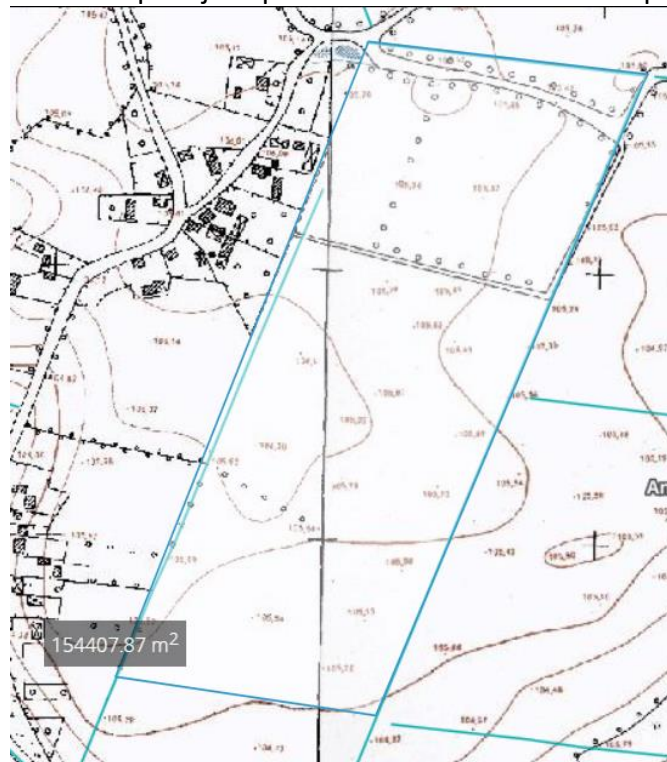
Izvor: [geoportal.dgu.hr](http://geoportal.dgu.hr)

Slika 4.2.4. Pripadajuća površina za ustavu



Izvor: [geoportal.dgu.hr](http://geoportal.dgu.hr)

Slika 4.2.5. Pripadajuća površina za hidrotehničku stepenicu



Izvor: [geoportal.dgu.hr](http://geoportal.dgu.hr)

Hidrološki proračun napravljen je u Microsoft Excelu, a rezultati su prikazani u tablici 5.1. Redoslijed proračuna je sljedeći:

1. Najprije je napravljen proračun vremena koncentracije pojedinih profila. Za proračun vremena koncentracije potrebne su duljine kanala koje su izmjerene u Geoportalu te iznose 656,14 m za kanal na kojem će se dimenzionirati ustava, 646,24 m za kanal na kojem će se dimenzionirati hidrotehnička stepenica. Za kanal na kojem će se dimenzionirati preliv duljina kanala IV. reda iznosi 950,35 m, a kanala III. reda 341,62 m.
2. Zatim je određen koeficijent retardacije za čiji proračun su potrebni mjerodavno vrijeme oborine koje iznosi 12,58 minuta odnosno 0,209 sati te vrijeme koncentracije za svaki pojedini profil.
3. Nakon što su poznati ulazni podaci, izračunat je specifični protok pojedinog profila  $q$ . Ulazni podaci podrazumijevaju koeficijent površinskog otjecanja koji je iščitao iz tablice 4.2.1. te iznosi 0,15, trajanje mjerodavne oborine, visina mjerodavne oborine koja je iščitana iz ITP krivulje za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir te iznosi 230 mm, koeficijent hidrograma otjecanja te koeficijent zakašnjenja odnosno retardacije.
4. Specifični protoci za pojedini profil služe za dobivanje mjerodavnih protoka tako što se specifični protok množi za pripadajućom površinom za svaki pojedini profil. Mjerodavni protoci služe kao ulazi podaci za dimenzioniranje objekata.

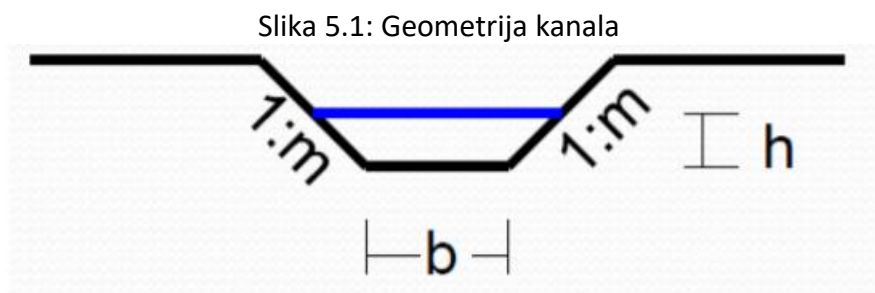
## 5. Rezultati proračuna i analiza

Rezultati hidrološkog proračuna odnosno mjerodavni protoci za svaki objekt prikazani su u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Rezultati hidrološkog proračuna

|              | Ustava  | Preljev | Hidrotehnička stepenica |
|--------------|---------|---------|-------------------------|
| $T_c[h]$     | 1,121   | 1,760   | 1,107                   |
| $A$          | 6,338   | 9,380   | 6,271                   |
| $q [l/s/ha]$ | 145,156 | 98,081  | 146,707                 |
| $Q [m^3/s]$  | 2,805   | 3,129   | 2,265                   |

Za hidraulički proračun odnosno dimenzioniranje objekata potrebno je izračunati visinu vode u kanalima. Kanali su trapeznog oblika (slika 5.1) te se dubina vode izračunava po sljedećim izrazima izvedenim iz Manningove jednadžbe.



Izvor: Objekti na vodotocima, pisana predavanja

[http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel\\_reg/reg\\_predavanja/RegulacijePredavanje\\_08\\_V.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel_reg/reg_predavanja/RegulacijePredavanje_08_V.pdf)

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (5.1.)$$

$$Q = v \cdot F \quad (5.2)$$

$$F = h(b + m \cdot h) \quad (5.3)$$

$$O = b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (5.4)$$

$$R = \frac{F}{O} \quad (5.5)$$

gdje je:

I - uzdužni pad kanala [m/m],

Q - protok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],

v - brzina toka vode u kanalu [m/s],

R - hidraulički radijus kanala [m],

F - površina poprečnog presjeka od dna kanala do vodnog lica [ $\text{m}^2$ ],

O - opseg trapeza koji predstavlja visinu vode u kanalu [m],

h - visina vode u kanalu od dna kanala do vodnog lica [m],

m - nagib pokosa kanala [-],

b - širina dna kanala [m].

Ustava i hidrotehnička stepenica dimenzioniraju se na kanalima IV. reda čija širina dna kanala iznosi 0,6 m, nagib pokosa 1,7, a dubina kanala je 1,5m. Preljev se dimenzionira na kanalu III. reda čija širina dna iznosi 1,0 m, nagib pokosa 2, a dubina kanala iznosi 2,0 m. Manningov koeficijent hrapavosti iznosi 0,024 za prirodne kanale bez obloge.

Proračun započinje unošenjem ulaznih parametara u predložak proračuna napravljen u Microsoft Excelu (slika 5.2) kako bi se izračunala dubina vode u kanalima koja je ulazni parametar za daljnje proračune dimenzija objekata. Ulazni parametri su: geometrija kanala, Manningov koeficijent hrapavosti, pad kanala te mjerodavni protok. U proračun se također unose pretpostavljene visine vode. Proračun koristeći formule opisane u prethodnom odlomku, izvedene iz Manningove jednačbe, izračunava protoke. Zatim se pretpostavljene visine te dobiveni protoci unose u graf (Q-h krivulju) te se iz istih očitava visina vode za mjerodavni protok.

Slika 5.2. Primjer proračuna dubine vode u kanalu IV. reda

| KANALI IV REDA               |                      |                     |                   |         |                                    |
|------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------|------------------------------------|
| geometrijske karakteristike: |                      |                     |                   |         |                                    |
| b=                           | 0.6                  | m                   |                   |         |                                    |
| m=                           | 1.5                  |                     |                   |         |                                    |
| n=                           | 0.024                | m <sup>-1/3</sup> s |                   |         |                                    |
| I <sub>0</sub> =             | 0.000744             | m/m                 |                   |         |                                    |
|                              | Q <sub>izrač</sub> = | 2.805               | m <sup>3</sup> /s |         |                                    |
| pretpostavljeno              |                      |                     |                   |         |                                    |
| h <sub>p</sub> (m)           | A (m <sup>2</sup> )  | O (m)               | R (m)             | v (m/s) | Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
| 1                            | 2.100                | 4.206               | 0.499             | 0.714   | 1.499                              |
| 1.1                          | 2.475                | 4.566               | 0.542             | 0.754   | 1.866                              |
| 1.2                          | 2.880                | 4.927               | 0.585             | 0.793   | 2.284                              |
| 1.3                          | 3.315                | 5.287               | 0.627             | 0.831   | 2.756                              |
| 1.4                          | 3.780                | 5.648               | 0.669             | 0.868   | 3.283                              |
| 1.5                          | 4.275                | 6.008               | 0.712             | 0.905   | 3.868                              |
| 1.6                          | 4.800                | 6.369               | 0.754             | 0.940   | 4.514                              |
| 1.7                          | 5.355                | 6.729               | 0.796             | 0.975   | 5.222                              |
| 1.8                          | 5.940                | 7.090               | 0.838             | 1.009   | 5.996                              |
| 1.9                          | 6.555                | 7.451               | 0.880             | 1.043   | 6.837                              |
| 2                            | 7.200                | 7.811               | 0.922             | 1.076   | 7.748                              |
| 2.1                          | 7.875                | 8.172               | 0.964             | 1.109   | 8.731                              |
| 2.2                          | 8.580                | 8.532               | 1.006             | 1.141   | 9.788                              |
| 2.3                          | 9.315                | 8.893               | 1.047             | 1.172   | 10.921                             |

$$A = h(b + mh)$$

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{A}{O}$$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Slika 5.3. Primjer proračuna dubine vode u kanalu III. reda

| KANALI III REDA              |                      |                     |                   |         |                                    |
|------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|---------|------------------------------------|
| geometrijske karakteristike: |                      |                     |                   |         |                                    |
| b=                           | 1                    | m                   |                   |         |                                    |
| m=                           | 2                    |                     |                   |         |                                    |
| n=                           | 0.024                | m <sup>-1/3</sup> s |                   |         |                                    |
| I <sub>0</sub> =             | 0.00018              | m/m                 |                   |         |                                    |
| presjek 1-1                  | Q <sub>izrač</sub> = | 3,129               | m <sup>3</sup> /s |         |                                    |
| pretpostavljeno              |                      |                     |                   |         |                                    |
| h <sub>p</sub> (m)           | A (m <sup>2</sup> )  | O (m)               | R (m)             | v (m/s) | Q <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
| 1                            | 3.000                | 5.472               | 0.548             | 0.374   | 1.121                              |
| 1.05                         | 3.255                | 5.696               | 0.571             | 0.384   | 1.251                              |
| 1.1                          | 3.520                | 5.919               | 0.595             | 0.395   | 1.389                              |
| 1.15                         | 3.795                | 6.143               | 0.618             | 0.405   | 1.536                              |
| 1.2                          | 4.080                | 6.367               | 0.641             | 0.415   | 1.693                              |
| 1.25                         | 4.375                | 6.590               | 0.664             | 0.425   | 1.859                              |
| 1.3                          | 4.680                | 6.814               | 0.687             | 0.435   | 2.034                              |
| 1.35                         | 4.995                | 7.037               | 0.710             | 0.444   | 2.219                              |
| 1.4                          | 5.320                | 7.261               | 0.733             | 0.454   | 2.415                              |
| 1.45                         | 5.655                | 7.485               | 0.756             | 0.463   | 2.620                              |
| 1.5                          | 6.000                | 7.708               | 0.778             | 0.473   | 2.836                              |
| 1.55                         | 6.355                | 7.932               | 0.801             | 0.482   | 3.062                              |
| 1.6                          | 6.720                | 8.155               | 0.824             | 0.491   | 3.300                              |
| 1.65                         | 7.095                | 8.379               | 0.847             | 0.500   | 3.548                              |

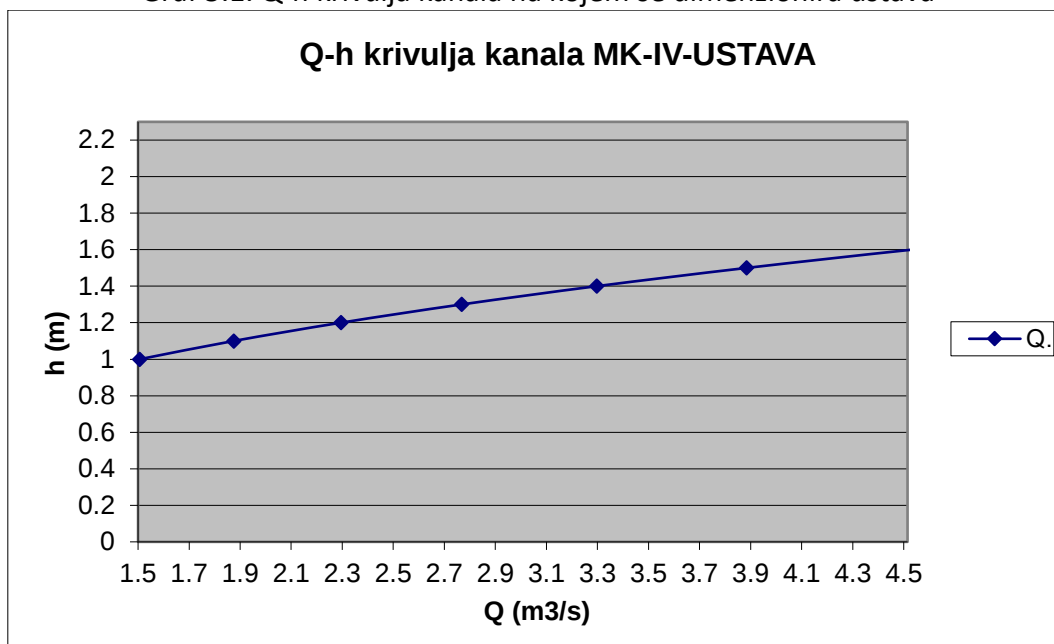
$$A = h(b + mh)$$

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{A}{O}$$

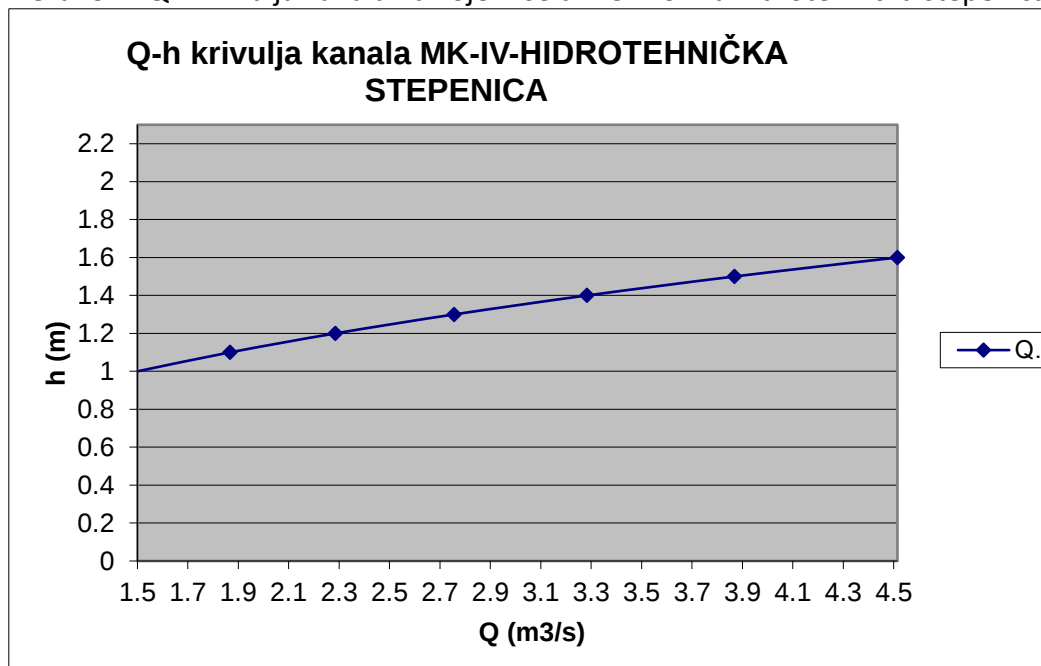
$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Graf 5.1. Q-h krivulja kanala na kojem se dimensionira ustava



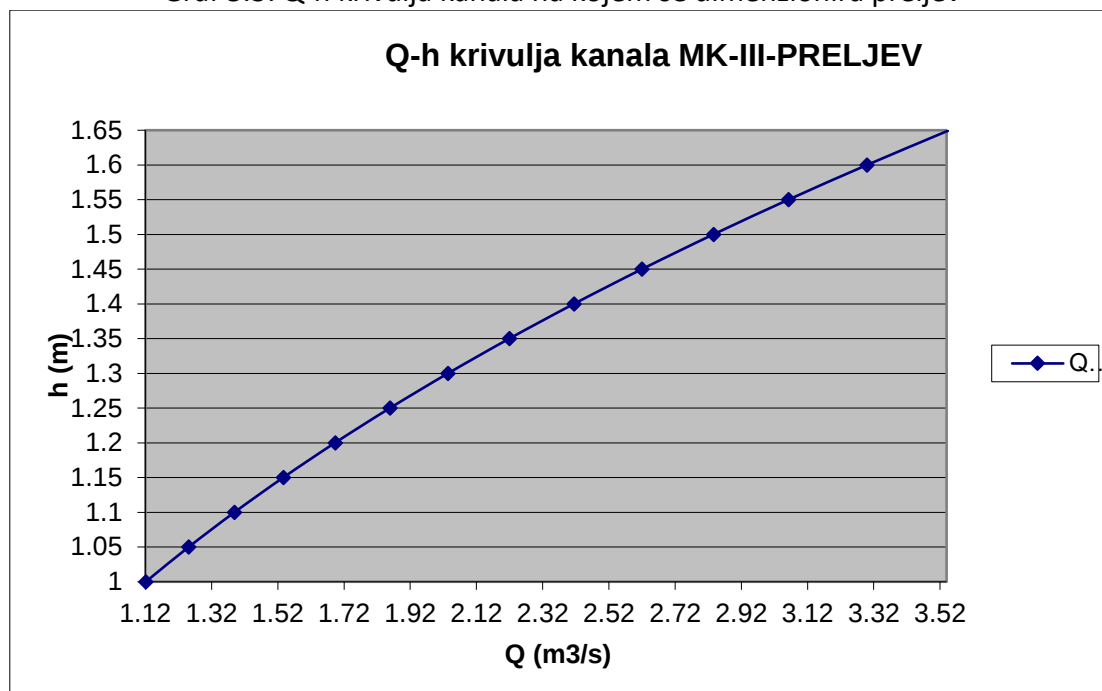
Visina vode u kanalu IV. reda na kojem se dimensionira ustava za protok od  $2,805 \text{ m}^3/\text{s}$  iznosi 1,28 m.

Graf 5.2. Q-h krivulja kanala na kojem se dimensionira hidrotehnička stepenica



Visina vode u kanalu IV. reda na kojem se dimensionira hidrotehnička stepenica za protok od  $2,265 \text{ m}^3/\text{s}$  iznosi 1,35 m.

Graf 5.3. Q-h krivulja kanala na kojem se dimensionira preljev



Visina vode u kanalu III. reda na kojem se dimensionira preljev za protok od 3,129 m³/s iznosi 1,57 m.

Otvor ustave (slika 5.4.) se dimensionira prema izrazu:

$$Q = \mu A \sqrt{2g\Delta H} \quad (5.6)$$

gdje je:

Q - protok kroz cijev [m³/s],

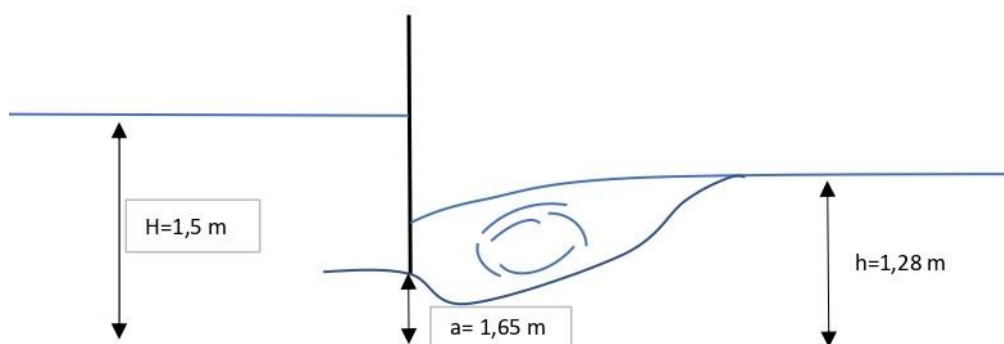
$\mu$  – koeficijent gubitaka (0,5 $\Delta H$ ),

A – površina presjeka [m²],

g - gravitacija (iznosi 9,81) [m/s²],

$\Delta H$  – razlika u visinama [m].

Slika 5.4. Shema otvora ustave



Za proračun otvora ustave tražena visina vode uzvodno od ustave iznosi 1,5 m. U formulu se unosi koeficijent gubitka koji je poznat iz literature te za ustave kvadratnog odnosno pravokutnog oblika iznosi 0,5, gravitacijska konstanta te razlika visina vode uzvodno i nizvodno od ustave. Proračunom je dobivena površina otvora od 2,39 m<sup>2</sup>, što dovodi do toga da će kvadratni otvor ustave dimenzija 1,65 m biti dovoljan da propusti mjerodavni protok od 2,805 m<sup>3</sup>/s.

$$\begin{aligned}2,805 &= 0.5A\sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 0,22)} \\1,03A &= 2,805 \\A &= 2,72\text{m}^2 \\a &= 1,65\text{m}\end{aligned}$$

Hidrotehnička stepenica (slika 5.5.) se dimenzionira prema izrazima:

$$Dr = \frac{g^2}{g \cdot d^3} \quad (5.7)$$

$$Lj = 6,9 \cdot (y_2 - y_1) \quad (5.8)$$

$$\frac{L_B}{d} = 4.3 \cdot D_r^{0,27} + \frac{L_j}{d} \quad (5.9)$$

$$\frac{y_p}{d} = D_r^{0,22} \quad (5.10)$$

$$\frac{y_1}{d} = 0,54 D_r^{0,425} \quad (5.11)$$

$$\frac{y_2}{d} = 1.66 D_r^{0,27} \quad (5.12)$$

gdje je:

$D_r$  - broj vodnog skoka [-]

$L_j$  - duljina vodnog skoka [m],

$L_B$  - duljina umirujućeg bazena [m],

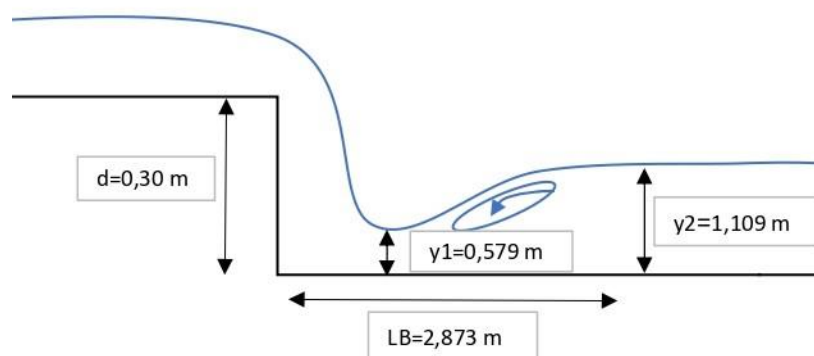
$y_p$  - dubina vode u bazenu ispod mlaza [m],

$y_1, y_2$  - spregnute dubine [m],

$D$  - visina stepenice [m],

$q$  - mjerodavni protok [m<sup>3</sup>/s].

Slika 5.5. Shema hidrotehničke stepenice



Za dimenzioniranje hidrotehničke stepenice potrebno je izračunati broj te duljinu vodnog skoka kao i duljinu umirujućeg bazena, za sve formule potrebna je visina hidrotehničke stepenice koja iznosi 0,3m. Za početak se izračunao broj vodnog skoka. U formulu se uvrštava mjerodavni protok, gravitacija te visina stepenice. Izračunom se dobiva broj vodnog skoka 19,431.

$$D_r = \frac{2,265^2}{9,81 \cdot 0,3^3}$$

$$D_r = 19,431$$

Zatim se izračunava duljina vodnog skoka za koju su potrebne spregnute dubine. Spregnute dubine iznose  $y_1 = 0,579$  m te  $y_2 = 1,109$  m, a duljina vodnog skoka 3,657 m.

$$\frac{y_1}{0,30} = 0,54 \cdot 19,431^{0,425}$$

$$y_1 = 0,579 \text{ m}$$

$$\frac{y_2}{0,30} = 1,66 \cdot 19,431^{0,27}$$

$$y_2 = 1,109 \text{ m}$$

$$L_j = 6,9 \cdot (1,109 - 0,579)$$

$$L_j = 3,657 \text{ m}$$

Nakon što je poznata duljina vodnog skoka, može se izračunati i duljina umirujućeg bazena.

$$\frac{L_B}{0,30} = 4,3 \cdot 19,431^{0,27} + \frac{3,657}{0,30}$$

$$L_B = 2,873 \text{ m}$$

Proračunom je utvrđeno da je za hidrotehničku stepenicu visine 0,30 m te mjerodavni protok potrebno napraviti umirujući bazen duljine 2,873 m.

Preljev (slika 5.6.) se dimenzionira prema izrazu za nepotopljeni preljev širokog praga koji glasi:

$$Q = mb\sqrt{2gh_0^{\frac{3}{2}}} \quad (5.13)$$

gdje je:

m – koeficijent preljeva [-],

b - širina krune preljeva [m],

g – gravitacija [m/s<sup>2</sup>],

h<sub>0</sub>- preljevna visina [m].

Koeficijent preljeva izračunava se prema sljedećim izrazima:

$$0,6 < \frac{h_p}{h} < 2,5 \quad m = 1,973 - 0,222 \frac{h_p}{h} \quad (5.14)$$

$$2,5 < \frac{h_p}{h} < 10 \quad m = \frac{1+1,30\frac{h_p}{h}}{1+1,63\frac{h_p}{h}} \quad (5.15)$$

gdje je:

h-visina vode [m].

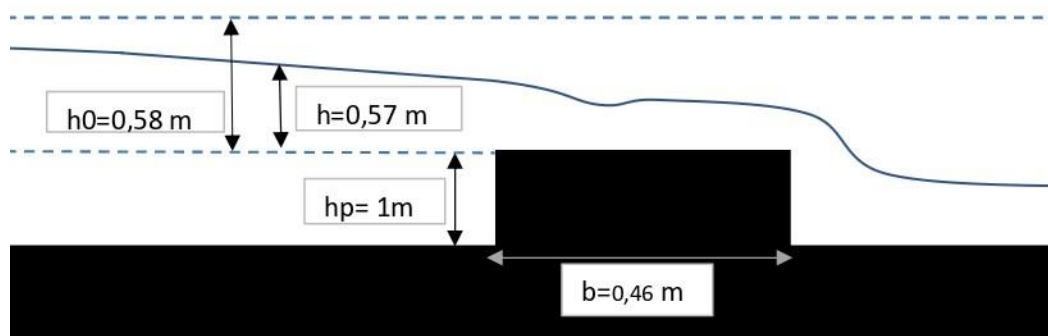
Preljevna visina računa se po sljedećem izrazu:

$$h_0 = h + \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad (5.16)$$

gdje je:

v-dolazna brzina vode na preljev [m/s<sup>-1</sup>]

Slika 5.6. Shema preljeva



Za proračun preljeva najprije je potrebno odrediti visinu preljeva te ona iznosi 1m kako bi se izračunao koeficijent preljeva. Obzirom na odnos  $\frac{h_p}{h}$  koji iznosi 0,636 izraz za koeficijent preljeva glasi:

$$m = 1,973 - 0,222 \cdot 0,636$$

$$m = 1.832$$

Dolazna brzina vode na preljev iznosi 0,487 m/s te je poznata iz hidrauličkog proračuna, a slijedom toga preljerna visina iznosi 0,6 m.

$$h_0 = 0.57 + \frac{0,487^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_0 = 0,58 \text{ m}$$

Zatim se koeficijent preljeva, dobiveni mjerodavni protok koji iznosi 3,129 m<sup>3</sup>/s te preljerna visina unose u formulu kako bi se izračunala širina krune preljeva.

$$3,129 = 1.832 \cdot b \cdot \sqrt{(2 \cdot 9,81 \cdot 0,58^{\frac{2}{3}})}$$

$$b = 0,46 \text{ m}$$

Proračunom je dobiveno da će preljev visine 1 m te širine 0,46 m uzrokovati nepotopljeno prelijevanje za mjerodavni protok.

Izgradnjom ustave mijenja se režim vode uzvodno te će se razina vode povisiti za 0,22 m i iznositi 1,5 m. Izgradnjom hidrotehničke stepenice ne mijenja se režim vode obzirom da se ista dimenzionira na utoku kanala IV. reda u kanal III. reda, ali se smanjuje erozijsko djelovanje vode i na taj način postiže dugotrajnost kanala. Izgradnjom preljeva održava se razina vode uzvodno od preljeva jednaka visini preljeva plus preljevnoj visini koja se mijenja obzirom na protoke te je prikazana u tablici 5.2.

Tablica 5.2. Preljevna visina za određene protoke

| Q     | h    | $h_0$ |
|-------|------|-------|
| 1.121 | 1    | -     |
| 1.251 | 1.05 | 0,037 |
| 1.389 | 1.1  | 0,050 |
| 1.536 | 1.15 | 0,068 |
| 1.693 | 1.2  | 0,092 |
| 1.859 | 1.25 | 0,123 |
| 2.034 | 1.3  | 0,167 |
| 2.219 | 1.35 | 0,207 |
| 2.415 | 1.4  | 0,270 |
| 2.620 | 1.45 | 0,345 |
| 2.836 | 1.5  | 0,438 |
| 3.062 | 1.55 | 0,551 |
| 3.300 | 1.6  | 0,692 |
| 3.548 | 1.65 | 0,857 |

## 6. Zaključak

U radu je prikazan postupak dimenzioniranja hidrotehničkih građevina na temelju analize podloga i hidrološkog proračuna. Analizom rezultata hidrauličkog proračuna može se zaključiti da se izgradnjom objekata na sustavu mijenja režim voda, temeljem čega se sustav može optimizirati. Optimizacija bi se mogla izvršiti u vidu smanjenja geometrije kanala nizvodno od građevina čime se smanjuje obujam radova na iskopu, što također utječe na troškove izgradnje kao i samog održavanja. Izgradnjom hidrotehničke stepenice smanjuje se erozija kanala nizvodno, što također utječe na dugotrajnost kanala, odnosno sustava. Izgradnjom ustave na ulasku u vodotok moguće je kontrolirano ispuštati vodu s tog područja u vodotok te na taj način spriječiti moguće poplave za vrijeme velikih voda. Preljev služi za raspodjelu vode za vrijeme velikih voda u sustavu kanala te tako štiti sustav od erozije.

## 7. Popis literature

1. Aisenbrey A.J. Hayes R.B. Warren H.J. Winsett D.L. Young R.B. (1978). Design of small canal structures, USDOT Bureau of reclamation. Washington.
2. Andreić Ž. (2013). Temelji mehanike fluida. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
3. Bašić F., Herceg N. (2010). Temelji uzgoja bilja. Synopsys. Zagreb.
4. Brezak S. Kuspilić N. Kapitan I. (2010). Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu. Knjiga 1, Prilog A: Regulacijske i Zaštitne građevine. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Institut IGH d.d. Zagreb
5. Gilja G. (2020). Pisana predavanja iz Hidrotehnike. Zagreb
6. Husnjak S. Jungić. D. Rubinić V. Magdić I. Jurković Balog N. Režek D. Ondrašek D. Romić D. Petošić D. Bubalo Kovačić M. Maurović N. Kranjčec F. Reljić M. Pospišil M. (2020). Izrada projektne dokumentacije za idejni projekt sustava navodnjavanja Rugvica-Lupoglav. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
7. Kuspilić N. (2008). Hidrotehničke građevine. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
8. Marušić J. (2003). Stanje i značajke hidromelioracijskih objekata i sustava za poljoprivrednu proizvodnju U: Priručnik za hidrotehničke melioracije III Kolo. Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet. Rijeka. Knjiga 1: 49-95
9. Mavrović M. (2017.) Idejni projekt ustave na ušću Lukavca u Vučicu. HidroKonzalt projektiranje d.o.o. Zagreb
10. Miletić M. Fištrek Ž. Matijašević N. Zidar M. Vorkapić V. Marić L. Tumara D. Đurđević D. (2021). Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš: Sunčana elektrana Dugo Selo. Energetski institute Hrvoje Požar. Zagreb. [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/OPUO\\_2021/08\\_03\\_2021\\_Elaborat\\_SE\\_Dugo\\_Selo.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages/UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/OPUO_2021/08_03_2021_Elaborat_SE_Dugo_Selo.pdf) - pristupljeno 24.07.2021.
11. Novak P. Moffat A.I.B Nalluri C. Narayanan R. (2004). Hydraulic structures. Spon Press. New York
12. Objekti na vodotocima. Pisana predavanja. - [http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel\\_reg/reg\\_predavanja/RegulacijePredavanje\\_08\\_V.pdf](http://www.grad.hr/nastava/hidrotehnika/tvz/mel_reg/reg_predavanja/RegulacijePredavanje_08_V.pdf) pristupljeno 09.08.2021
13. Petošić D. Husnjak S. Mustać I. Bakić H. Filipović V. Stričević I. Knežević D. (2015). Inventarizacija sustava podzemne odvodnje na poljoprivrednim površinama u Republici Hrvatskoj, ocjena stanja i preporuke za obnovu i održavanje. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
14. Petošić D., Tomić F. (2011). Reguliranje suvišnih voda. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
15. Simmons Jr. W.P. (1964). Hydraulic Design of Transitions for Small Canals. USDOT Bureau of reclamation. Washington.
16. Sraka M. (2016). Meliorativna pedologija. Autorizirana predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb

17. Šegota T., Filipčić A. (2003). Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. *Geoadria*, 8 (1), 17-37 <https://doi.org/10.15291/geoadria.93> pristupljeno 20.7. 2021
18. Šimunić I. (2013). Uređenje voda. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
19. Vidaček Ž. (1998). Gospodarenje Melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje. Zagreb
20. Vuković Ž. (1994). Osnove hidrotehnike. Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu. Prvi dio, prva knjiga. Akvamarine. Zagreb. Prvi dio, prva knjiga.

## **Životopis**

Dora Tešinski, rođena 07. 04. 1994. u Zagrebu završila je Osnovnu Školu Tituša Brezovačkog te X. Gimnaziju „Ivan Supek“. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisala je 2013. godine te 2018. godine završila preddiplomski studij Agroekologije. U sklopu stručne prakse provela je mjesec dana radeći kao tehnolog u stakleničkoj proizvodnji. Područja interesa su joj ekologija, zaštita okoliša, održiva proizvodnja i gospodarenje otpadom.