

# Projekt vodovodnog i kanalizacijskog ogranka u naselju Draga u Rijeci

---

**Zvijerac, Aleksandar**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:175663>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Aleksandar Zvijerac**

**Projekt vodovodnog i kanalizacijskog  
ogranka u naselju Draga u Rijeci**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2024.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo  
Hidrotehnika  
Računarska hidraulika**

**Aleksandar Zvijerac  
0114033247**

**Projekt vodovodnog i kanalizacijskog  
ogranka u naselju Draga u Rijeci**

**Diplomski rad**

**Rijeka, srpanj 2024.**

## IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Aleksandar Zvijerac

U Rijeci, 2024.

## **ZAHVALA**

Želim se zahvaliti mentoru prof. dr. sc. Vanji Travašu na pristupačnosti, trudu i prenesenom znanju tijekom izrade diplomskog rada. Također se zahvaljujem Toniju Holjeviću i Antoniji Kolić-Benčini na izdvojenom vremenu i strpljenu prilikom izrade proračuna koristeći programe EPANET i Tower. Veliko hvala i Nataši Todorčić-Rex na pomoći, edukaciji i stručnim savjetima vezanim za tekstualni dio rada.

**Naslov rada:** Projekt vodovodnog i kanalizacijskog ogranka u naselju Draga u Rijeci

**Student:** Aleksandar Zvijerac

**Mentor:** prof. dr. sc. Vanja Travaš

**Studij:** Sveučilišni diplomski studij građevinarstvo

**Kolegij:** Računarska hidraulika

## **SAŽETAK**

U radu je prikazano tehničko rješenje rekonstrukcije postojećeg vodoopskrbnog ogranka i gradnje budućeg vodoopskrbnog ogranka na području grada Rijeke, u naselju Dragi, u ulici Brigu. Naime, za postojeće objekte na predmetnom području nisu osigurani zadovoljavajući uvjeti za priključenje na javnu komunalnu infrastrukturu, to jest nije izgrađen sustav javne odvodnje, a vodoopskrba objekata riješena je internim, neprihvatljivo dugim kućnim vodovodnim priključcima. Postojeći je vodoopskrbni ogranak izveden od pocinčane cijevi promjera DN 50 mm te je prikazanim tehničkim rješenjem predviđeno da se ta cijev zamijeni novim duktilnim cijevima DN 100 mm. Ogranak je spojen jugozapadno na postojeći vodoopskrbni cjevovod izveden od duktilnih cijevi nodularnog lijeva DN 125 mm, a opskrbljuje se preko RS Briga na koti 153 m n. m. (ulaz 8,8 bara i izlaz 5,7 bara). Duljina novih vodoopskrbnih ogranaka iznosi ukupno 282 m, i to će 233 m biti izvedeno duktilnim cijevima DN 100 mm, a 49 m od pocinčane cijevi DN 50 mm. Osim dionica za vodoopskrbu, izvest će se i sanitarni kolektor u duljini 33 m, te će se spojiti jugozapadno na postojeći kolektor izveden od duktila DN 200 mm. Za potrebe dimenzioniranja projektiranih cjevovoda, provedeni su odgovarajući hidraulički proračuni (koristeći program EPANET i Excel).

**Ključne riječi:** vodoopskrbni ogranak, sanitarni kolektor, tlakovi, brzine, hidraulički proračun

**Thesis title:** Project of the water supply and sewerage branch in the settlement of Draga in Rijeka

**Student:** Aleksandar Zvijerac

**Supervisor:** Vanja Travaš, Prof.Ph.D.C.E.

**Study:** Graduate study of Civil Engineering

**Course:** Computational hydraulics

## **SUMMARY**

The graduate thesis presents the technical solution for the reconstruction of the existing water supply system and the construction of a future water supply system in the area of the city of Rijeka, in the settlement of Draga in Brig Street. The existing facilities in the area in question do not have satisfactory conditions for connection to the public supply infrastructure, that is, no public drainage system has been built, and water is supplied to the facilities via unacceptably long domestic water connections. The existing water supply line consists of galvanized pipes with a diameter of DN 50 mm. The technical solution presented envisages replacing the existing pipes with new DN 100 mm ductile pipes. The pipeline is connected to the south-west of the existing water supply pipeline made of DN 125 mm ductile iron pipes and is supplied via the Brig reduction station at an altitude of 153 meters above sea level (inlet 8.8 bar and outlet 5.6 bar). The total length of the new water supply branches is 282 meters, of which 233 meters are to be built with DN 100 ductile pipes, and other 49 meters with galvanized DN 50 mm pipes. In addition to the water supply sections, a 33 m long sanitary collector will also be built, which will connect to the south-west of the existing collector made of DN 200 mm ductile iron pipes. Appropriate hydraulic calculations were carried out for the planning of the planned pipelines (using EPANET and Excel).

**Keywords:** water supply branch, sanitary collector, pressure, velocities, hydraulic calculation

## SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS .....	1
1.1. Uvod .....	1
1.2. Postojeće stanje .....	1
1.2.1. Karakteristike predmetnog područja.....	3
1.2.2. Vodoopskrbni cjevovod .....	3
1.2.3. Kanalizacijski cjevovod .....	3
1.3. Tehničko rješenje.....	4
1.3.1. Tehničko rješenje vodovoda .....	4
1.3.2. Tehničko rješenje kanalizacije .....	5
1.4. Uvjeti gradnje na predmetnoj lokaciji.....	5
1.5. Projektirani vijek uporabe i uvjeti za održavanje .....	5
1.5.1. Projektirani vijek uporabe .....	5
1.5.2. Uvjeti održavanja građevine .....	6
2. DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA .....	7
2.1. Proračuni za vodoopskrbnu mrežu.....	8
2.1.1. Proračun potrošnje vode .....	8
2.1.2. Proračun količine vode za vlastite potrebe.....	13
2.1.3. Protupožarno opterećenje .....	13
2.1.4. Hidraulički proračun bez protupožarnog opterećenja .....	14
2.1.5. Hidraulički proračun s protupožarnim opterećenjem .....	19
2.1.6. Hidraulički proračun s opskrbnom količinom i protupožarnim opterećenjem.....	31
2.1.7. Usporedba podataka.....	34
2.2. Hidraulički proračun kanalizacijske mreže .....	34
2.2.1. Količina otpadnih voda.....	34
2.2.2. Količina oborinskih voda .....	40
2.2.3. Dimenzioniranje cjevovoda .....	43
2.3. Statički proračun uporišnih blokova .....	51
2.4. Statički proračun okana .....	66
2.4.1. Analiza opterećenja.....	68
2.4.2. Osnovni i ulazni podaci .....	69
2.4.3. Ulazni podaci za opterećenja .....	71



2.4.4. Rezultati – statički proračun.....	74
2.4.5. Rezultati dimenzioniranja (beton).....	77
3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	82
3.1. Bitne značajke građevnih i drugih proizvoda koji se ugrađuju u projektirani dio građevine vodoopskrbne mreže .....	83
3.1.1. Zemljani radovi.....	85
3.1.2. Betonski radovi.....	87
3.1.3. Vodovodni radovi .....	89
3.1.4. Kanalizacijski radovi .....	89
3.1.5. Asfalterski radovi.....	91
3.2. Kontrolna ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti ugrađenih proizvoda.....	91
3.2.1. Kontrolna ispitivanja.....	91
3.2.2. Dokazivanje uporabljivosti ugrađenih proizvoda.....	92
3.3. Ispitivanja i postupci dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine .....	92
3.4. Dokumentacija o izvršenim ispitivanjima.....	93
3.5. Ispitivanje prije uporabe i kod pune zaposjednutosti.....	93
3.6. Detaljan opis pokusnog rada kojim se mora prikazati potrebna ispitivanja i postupci dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu .....	94
3.6.1. Detaljan opis pokusnog rada na vodoopskrbnom cjevovodu .....	94
3.6.2. Detaljan opis pokusnog rada na sanitarnom kolektoru.....	96
3.7. Popis propisa i normi.....	97
4. POSEBNI UVJETI TIJEKOM GRAĐENJA.....	101
4.1. Posebni tehnički uvjeti građenja .....	101
4.2. Zaštita od požara.....	101
4.3. Higijena, zdravlje i zaštita okoliša.....	102
4.4. Zaštita od buke.....	102
4.5. Ušteda energije i toplinska zaštita.....	102
4.6. Gospodarenje otpadom .....	102
5. ZAKLJUČAK .....	104
6. LITERATURA .....	105
7. GRAFIČKI PRILOZI .....	107

## POPIS SLIKA

Slika 1. Postojeće stanje u oknu VO1.....	2
Slika 2. Shematski prikaz dimenzija okna s visinskim kotama.....	2
Slika 3. Prikaz lokacije naselja Draga sa satelitske snimke.....	3
Slika 4. Prikaz područja izvedbe projekta.....	4
Slika 5. Prikaz postojećeg okna VO1 u EPANET-u.....	7
Slika 6. Mjerenje piezometarske visine u oknu VO1 kroz period od 48 sati.....	8
Slika 7. Prikaz mreže s nazivima čvorova u EPANET-u.....	15
Slika 8. Protoci opskrbe količine u dionicama mreže u programu EPANET-u.....	16
Slika 9. Prikaz piezometarskih visina u čvorovima sustava za vrijeme opskrbe potrošnje vode (program EPANET).....	16
Slika 10. Brzina strujanja u dionicama sustava (program EPANET).....	17
Slika 11: Moodyjev dijagram [6].....	20
Slika 12. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH1.....	32
Slika 13. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH2.....	33
Slika 14. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH3.....	33
Slika 15. ITP krivulja za područje grada Rijeke [9].....	41
Slika 16: Nomogram [9].....	44
Slika 17. Protoci i brzine kod punih profila [9].....	45
Slika 18. Tabela prikaz hidrauličkih parametara kanalizacijskih cijevi [9].....	46
Slika 19. Prikaz koljena trase cjevovoda i svih veličina.....	51
Slika 20. Shema uporišnog betonskog bloka u koljenu cjevovoda.....	54
Slika 21. Tlocrtne dimenzije okna VO2.....	67
Slika 22. Tlocrtne dimenzije okna VO3.....	67
Slika 23. 3D prikaz modela okna VO3.....	68
Slika 24. Tlocrt gornje ploče.....	70
Slika 25. Dispozicija.....	70
Slika 26. Prikaz okvira duljine 1,4 metra i visine 1,9 metara.....	71
Slika 27. Prikaz analiziranog okvira duljine 1,2 metra i visine 1,9 metara.....	71
Slika 28. Prikaz stalnog djelovanja u tlocrtu.....	72
Slika 29. Prikaz uporabnog djelovanja u tlocrtu.....	73
Slika 30. Stalno djelovanje u okviru H_1.....	73
Slika 31. Stalno djelovanje u okviru V-1.....	74
Slika 32. Dijagram momenata u x-smjeru za ploču.....	75
Slika 33. Dijagram momenata u y-smjeru za ploče.....	75
Slika 34. Dijagram momenata oko x-osi u okviru H_1.....	76
Slika 35. Dijagram momenata oko y-osi u okviru H_1.....	76
Slika 36. Potrebna površina armature u donjoj zoni.....	78
Slika 37. Potrebna površina armature u gornjoj zoni.....	78
Slika 38. Potrebna površina armature u donjoj zoni za okvir H_1.....	79
Slika 39. Potrebna površina armature u gornjoj zoni za okvir H_1.....	79

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Specifična potrošnja vode [5].	9
Tablica 2. Potrebna količina vode za gašenje požara [5].	14
Tablica 3. Prikaz duljina i profila dionica.	15
Tablica 4. Piezometarske visine u čvorovima sustava.	17
Tablica 5. Hidraulički proračun vodoopskrbe Draga.	18
Tablica 6. Usporedba piezometarskih visina u hidrantima.	34
Tablica 7. Količina otpadnih voda u kućanstvu [7].	35
Tablica 8. Koeficijenti dnevne i satne neravnomjernosti [7].	36
Tablica 9. Intenzitet oborina.	41
Tablica 10. Koeficijent otjecanja [8].	42
Tablica 11. Hidraulički proračun sanitarne i oborinske vode.	49
Tablica 12. Dimenzioniranje kolektora.	50
Tablica 13. Dopusštena naprezanja ovisno o vrsti tla [11].	53
Tablica 14. Horizontalna i vertikalna koljena cjevovoda VC-1.	56
Tablica 15. Horizontalna koljena cjevovoda VC-2.	56
Tablica 16. Horizontalna koljena cjevovoda VC-3.	56
Tablica 17. Horizontalna koljena cjevovoda VC-4.	57
Tablica 18. Podjela stacionaža koljena u sustavu ovisno o fazonskom komadu, protoku Q, tlaku p i brzini strujanja v.	57
Tablica 19. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+003,72.	58
Tablica 20. Proračun uporišnog bloka 0+023,75.	59
Tablica 21. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+047,64.	60
Tablica 22. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+010,43.	61
Tablica 23. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+027,55.	62
Tablica 24. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+021,90.	63
Tablica 25. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+005,52.	64
Tablica 26. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+041,93.	65
Tablica 27. Veličina modela.	69
Tablica 28. Mjerne jedinice.	69
Tablica 29. Ulazni podaci za proračun okana.	69
Tablica 30. Setovi ploča.	69
Tablica 31. Lista slučajeva opterećenja.	72
Tablica 32. Slučajevi opterećenja.	77
Tablica 33. Kombinacije opterećenja iz sheme kombinacija.	77
Tablica 34. Korisnički definirane kombinacije opterećenja.	77
Tablica 35. Faktori sigurnosti.	77
Tablica 36. Standardne mreže obostrano nosive (tip Q) [15].	81
Tablica 37. Zahtijevana fizikalno - mehanička svojstva materijala.	86
Tablica 38. Granulometrijski zahtjevi za materijal.	86
Tablica 39. Zahtjevi za projektirani beton.	88
Tablica 40. Osnovne značajke polietilena visoke kakvoće [16].	90

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Uvod

Predmet je ovog diplomskog rada rekonstrukcija postojećeg ogranka vodoopskrbnog sustava i gradnja budućih vodoopskrbnih ogranaka zajedno s nadogradnjom postojećeg sanitarnog kolektora u naselju Dragi, u ulici Brigu. Na navedenom području izgrađeni vodoopskrbni sustav ne osigurava optimalne uvjete za priključnje postojećih objekata na javnu komunalnu infrastrukturu. Do određenog broja objekata nije izgrađen sustav javne sanitarne odvodnje, a vodoopskrba objekata riješena je vodovodnim cijevima neadekvatne duljine. Postojeća infrastruktura ne zadovoljava potrebe korisnika, odnosno ne osigurava kvalitetnu i kontinuiranu vodoopskrbu, kao ni protupožarnu zaštitu za korisnike i objekte na navedenoj lokaciji.

Vodoopskrbni cjevovodi položeni su u obuhvatu postojećih prometnica. Trase cjevovoda položene su podzemno. To znači da se nakon njihovog polaganja i zatrpavanja površina može vratiti prvobitnoj namjeni. Cjevovodi se polažu u iskopani rov na pripremljenu posteljicu vodeći računa da cijevi cijelom dužinom pravilno naliježu na posteljicu.

## 1.2. Postojeće stanje

Priključak na postojeću vodoopskrbnu mrežu nalazi se ispred postojećeg okna VO1. Priključak kanalizacijskog kolektora predviđen je u postojećem revizijskom oknu. Za postojeće okno VO1, koje predstavlja početak ogranka VC-1, definirane su dimenzije u kojima se ugrađuje nova potrebna armatura i fazonski komadi. Na Slici 1 je prikazano trenutno stanje vodovodne armature unutar okna VO1.



Slika 1. Postojeće stanje u oknu VO1.

Dimenzije vertikalnih zidova okna VO1 ostaju iste. Na Slici 2 prikazane su svijetle dimenzije okna VO1 jednostavnom skicom u tlocrtu i presjeku. Duljina spomenutog okna iznosi 1,40 metara, a širina 1,05 metara. U presjeku su vidljive visinske kote tjemena cijevi i nivelete okna u odnosu na okolni teren. Za prikazano se okno izrađuje specifikacija fazonskih komada i armature. Bitno je napomenuti kako se neki fazonski komadi nalaze na postojećem cjevovodu za koje nije potrebna rekonstrukcija te za njih nije potrebna ni specifikacija



Slika 2. Shematski prikaz dimenzija okna s visinskim kotama.

### ***1.2.1. Karakteristike predmetnog područja***

Draga, naselje površine 3,5 milijuna m<sup>2</sup>, smješteno je na istočnom dijelu grada Rijeke, u udolini koja se duljinom od oko četiri kilometra pruža od Svete Ane i željezničkog nasipa na sjeverozapadu do Svetog Kuzma na jugoistoku (Slika 3). Draga je zbog brojnih izvora pitke vode (Javor, Vrulja, Vrutak, Jamica i Grmlje), bujne vegetacije i slikovitog vodotoka Draškog potoka uvijek bila privlačna za stanovanje i u prošlosti bila je jedno od najnaseljenijih mjesta u tom kraju. Spomenuto naselje ima probleme kao što su prostorni raspored na strmim padinama i uske prometnice [1].



Slika 3. Prikaz lokacije naselja Draga sa satelitske snimke.

### ***1.2.2. Vodoopskrbni cjevovod***

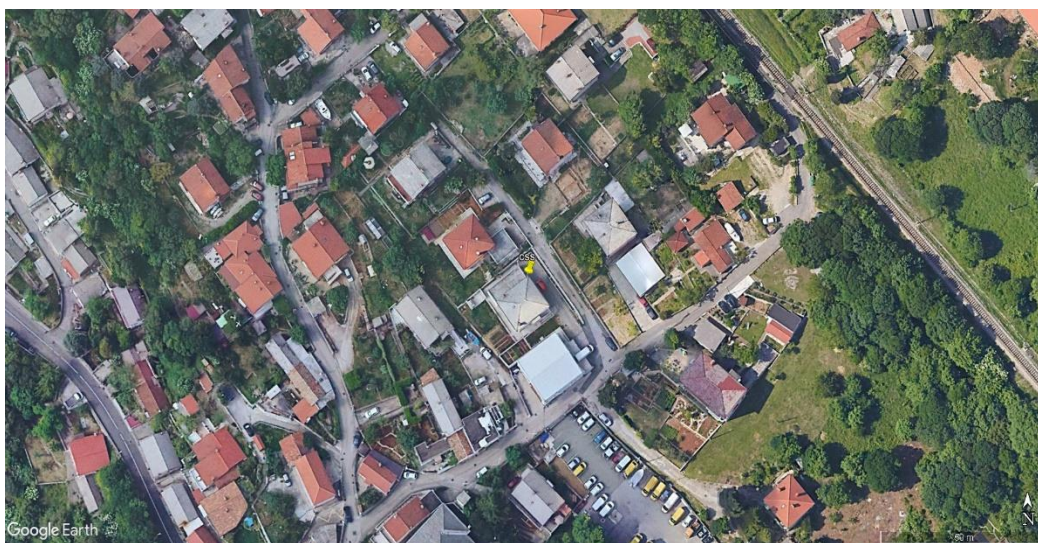
Na području izvedbe projekta, vodoopskrba objekata riješena je s vodovodnim cijevima neadekvatne duljine. Postojeći vodoopskrbni ogranak čine pocinčane cijevi DN 50 mm. Ogranak je spojen jugozapadno na postojeći vodoopskrbni cjevovod izveden od cijevi nodularnog lijeva DN 125 mm, a opskrbljuje se preko redukcijske stanice Brig (ulaz 88 m v. st., izlaz 57 m v. st.), koja se nalazi na koti terena 153 m n. m.

### ***1.2.3. Kanalizacijski cjevovod***

Na području izvedbe ogranaka, za postojeće objekte nisu osigurani zadovoljavajući uvjeti priključenja na javnu komunalnu infrastrukturu. Do objekata nije izgrađen sustav javne sanitarne odvodnje.

### 1.3. Tehničko rješenje

Tehničko rješenje trase vodoopskrbnih cjevovoda i kanalizacijskog kolektora prikazano je na situacijama mjerila 1:500 i 1:250. Trase cjevovoda odabrane su vodeći računa o postojećim dokumentima prostorno-planskog uređenja prostora ulice Brig prikazane na Slici 4. Tehničkim rješenjem projekta poštuju se svi posebni uvjeti koje su dostavila javnopravna tijela. Utvrđeni su posebni uvjeti i uvjeti priključenja od Grada Rijeke, HEP-a, Hrvatskih voda, Hrvatskih željeznica, VIK Rijeka, HAKOM-a, MUP-a te je dostavljena sva potrebna dokumentacija.



Slika 4. Prikaz područja izvedbe projekta.

#### 1.3.1. Tehničko rješenje vodovoda

Dužina vodoopskrbnog cjevovoda, prema tehničkom rješenju idejnog projekta iznosi otprilike 280 metara. Predviđeni su cjevovodi od duktilnih cijevi DN 100 mm, odnosno od pocinčanog čelika DN 50 mm. Duljine i dimenzije navedene u idejnom projektu informativnog su karaktera i podložne su korekciji u kasnijim fazama razrade, u glavnom projektu. Priključak vodoopskrbnog cjevovoda planira se ispred postojećeg okna vodoopskrbne mreže naselja Drage. Razmotreno je opsijsko rješenje priključka cijevi direktno u postojeće okno sustava vodoopskrbe. Osim toga što se osigurava količina pitke vode, potrebno je osigurati i potrebnu količinu vode za gašenje požara. Svi vodoopskrbni cjevovodi planirani su sukladno pravilima struke i tehničke regulative.

### ***1.3.2. Tehničko rješenje kanalizacije***

Kanalizacijski kolektor predviđa se u ukupnoj duljini otprilike 30 metara. Namjena gravitacijskog kolektora je prikupljanje i transport otpadnih voda gravitacijskim putem do postojećeg revizijskog okna. Nivelete kolektora projektirane su s minimalnim padovima i na optimalnim dubinama, kojima se izbjegava križanje s drugim cjevovodima.

Gravitacijski cjevovod odvodnje predviđen je od PEHD cijevi (polietilen visoke gustoće) promjera DN 250 mm, kao potpuno ukopani podzemni objekt (minimalni nadsloj iznosi 1,1m). Na trasi kolektora bit će izvedeno revizijsko okno (predloženo je predgotovljeno okno) za pravilan tok otpadnih voda u cijevima. Okna kolektora predviđaju se kao podzemne građevine. Predviđeni su kanalizacijski poklopci od lijevanog željeza kvadratnog okvira, s mehanizmom za podizanje DN 600 mm i nosivosti 40 tona.

### **1.4. Uvjeti gradnje na predmetnoj lokaciji**

Za postupak utvrđivanja posebnih uvjeta i uvjeta priključenja javnopravnim tijelima potrebno je dostaviti podatke sukladno odredbama Zakona o prostornom uređenju, odnosno na osnovi Zakona o gradnji. Elektroničkim putem dostavlja se uvid u navedene podatke spisa svim javnopravnim tijelima.

### **1.5. Projektirani vijek uporabe i uvjeti za održavanje**

#### ***1.5.1. Projektirani vijek uporabe***

Zakonskom odredbom o amortizaciji određen je vijek uporabe projektirane građevine. Za ovaj objekt amortizacija je minimalno 2,5 %, što znači da se ona gradi za eksploataciju na minimalno 40 godina. Održavanje je građevine izvedba građevinskih i drugih radova na postojećoj građevini radi očuvanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom eksploatacije, kojima se ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena [2].

Održavanje građevine te poslove praćenja stanja građevine, povremene godišnje preglede građevine, izradu pregleda poslova za održavanje i unaprjeđivanje i ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevine i druge slične stručne poslove vlasnik građevine treba povjeriti osobama koje ispunjavaju uvjete za obavljanje tih poslova prema posebnom zakonu [2].



Uvjete za održavanje i ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu, energetske svojstava zgrada i nesmetanog pristupa i kretanja u građevini te način ispunjavanja i dokumentiranja ispunjavanja tih zahtjeva i svojstava, propisuje ministar pravilnikom. Također, održavanje građevine mora biti u skladu s Pravilnikom o održavanju objekata komunalne infrastrukture nadležnog komunalnog poduzeća koje će, kao krajnji korisnik, preuzeti je na održavanje [2].

### ***1.5.2. Uvjeti održavanja građevine***

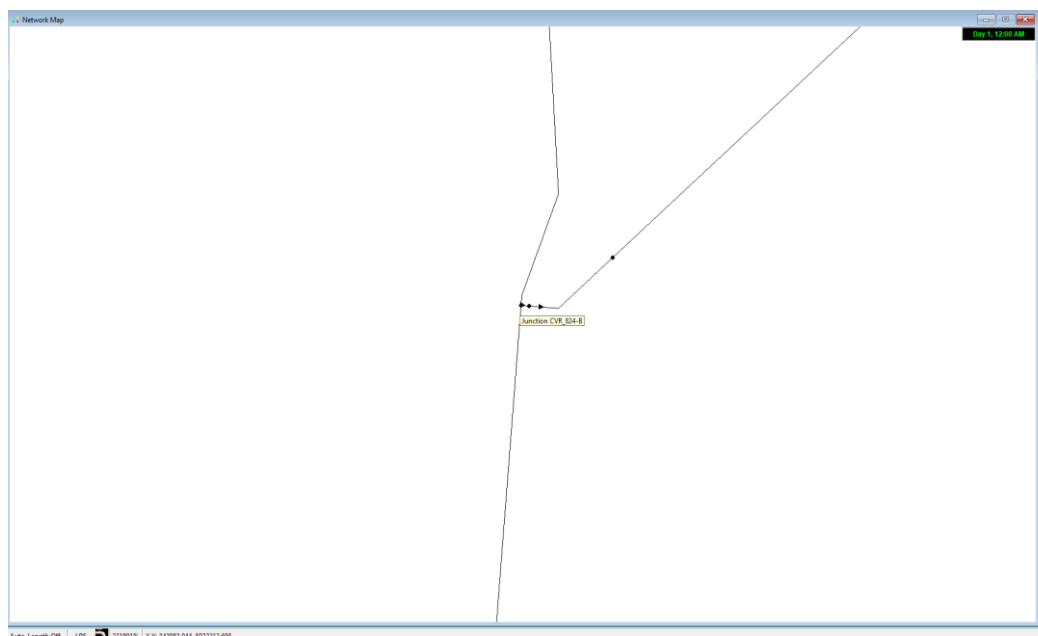
Osnovni zadatak održavanja cjevovoda svodi se na stalne aktivnosti kojima se osigurava funkcionalna ispravnost i stabilnost cjevovoda. Time je pretpostavljeno normalno funkcioniranje cijelog sustava s kontinuiranom opskrbom vodom bez gubitaka.

Služba za održavanje cjevovoda, za ostvarenje ovih postavljenih ciljeva, bavi se sljedećim: (I) redovnim održavanjem, (II) investicijskim održavanjem, (III) radovima koji se poduzimaju s ciljem otklanjanja oštećenja na cjevovodima koja nastaju zbog: starosti i dotrajalosti materijala, nekvalitetnog materijala i izrade, loše obavljenih montažnih i građevinskih radova, fizičkog oštećenja vodovodnih instalacija tijekom izvođenja radova na drugim komunalnim objektima, vibracija zbog prometa, hidrauličkog udara, korozije, lutajućih struja, smrzavanja vode u cijevima i nepredviđenog povećanog tlaka u cjevovodu [3]

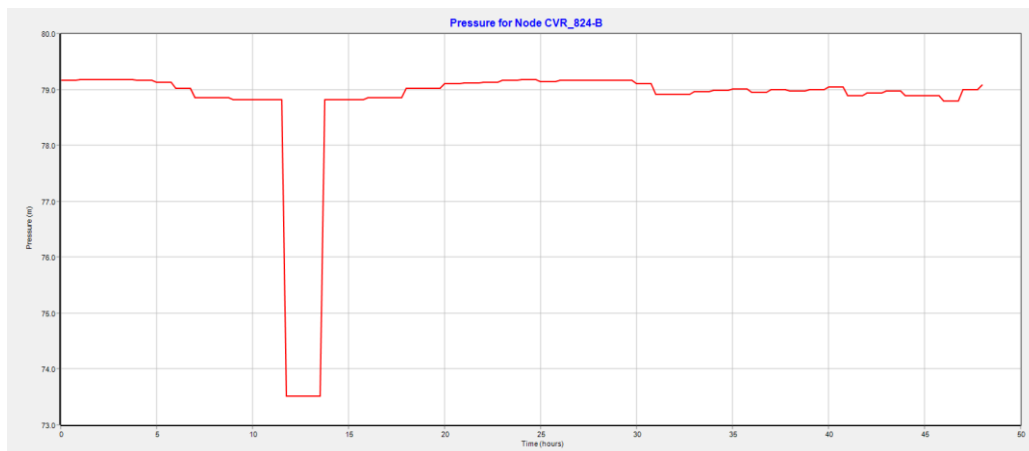
## 2. DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

Definicija ispunjavanja temeljnih propisa navodi kako se prikladnim metodama, koje mogu i ne moraju biti uređene propisom, dokazuje da će projektirana građevina sa svim dijelovima i opremom ispunjavati temeljne zahtjeve, a to su sljedeći: (I) mehanička otpornost i stabilnost, (II) sigurnost u slučaju požara, (III) higijena, zdravlje i okoliš, (IV) sigurnost i pristupačnost tijekom uporabe, (V) zaštita od buke, (VI) gospodarenje energijom i očuvanje optimalne temperature, održiva uporaba prirodnih izvora [4].

Na području planirane izvedbe ogranaka vodoopskrbnog sustava i rekonstrukcije postojeće vodoopskrbne cijevi proračunate su piezometarske visine u čvorovima određenih dionica, koje predstavljaju buduća okna i hidrante sustava. Za ulazne parametre potrebno je prikupiti podatke, odnosno izmjeriti piezometarsku visinu u postojećem oknu VO1. Na spomenutom je oknu izmjerena piezometarska visina u vremenskom periodu od 48 sati i iznosi 78 m v. st.. Taj je podatak uzet u daljnjem proračunu piezometarskih visina unutar vodoopskrbnog sustava. Prema preporukama, maksimalna piezometarska visina ne smije prelaziti vrijednost od 75 m v. st.. Stoga je uzet iznos od 75 m v. st. u postojećem oknu VO1 kao ulazni podatak za daljnji proračun u ogranku. Proračunate piezometarske visine u čvorovima mreže izrađene su pomoću programa EPANET-a. Također je i mjerenje piezometarske visine u postojećem oknu izvedeno u EPANET-u (Slika 5 i Slika 6).



Slika 5. Prikaz postojećeg okna VO1 u EPANET-u.



Slika 6. Mjerenje piezometarske visine u oknu VO1 kroz period od 48 sati.

## 2.1. Proračuni za vodoopskrbnu mrežu

Kod projektiranja svakog vodoopskrbnog sustava, potrebno je odrediti količinu vode za pojedine kategorije potrošača, za kućanske potrebe i za potrebe gašenja požara.

### 2.1.1. Proračun potrošnje vode

Kod određivanja potrošnje vode za kućanske potrebe prvobitno treba odrediti: normu potrošnje vode izraženu specifičnom potrošnjom vode  $q_{sp}$  te broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja  $N_k$  [5].

Specifična potrošnja vode uključuje potrošnju za najrazličitije potrebe. To ovisi o stupnju sanitarno-tehničke opremljenosti stanova, kvaliteti i cijeni vode, uređenju naselja, postojanju kanalizacije, klimatskim prilikama i slično.

Specifična potrošnja vode jedna je od osnovnih veličina pri funkcionalnom dimenzioniranju vodoopskrbnog sustava i ona određuje hoće li neka vodoopskrbna mreža tijekom projektnog razdoblja zadovoljiti tražene potrebe. Određuje se na osnovi iskustva u eksploataciji postojećih vodovoda, te se u većini zemalja regulira zakonskim propisima, ovisno o veličini naselja.

Za određivanje specifične potrošnje  $q_{sp}$  uglavnom se primjenjuju strani propisi. Primjena je stranih propisa orijentacijska jer su ponekad moguća odstupanja zbog lokalnih prilika. Za nju je potrebno definirati tip područja za koje se projektira vodovod. To može biti tip naselja, s ostalim kategorijama potrošača kojima je potrebna opskrba vodom [5].

Iznos specifične potrošnje vode za naselja, ovisno o razini opreme zgrade (objekta) prikazan je u Tablici 1. U ovom projektu uzima se u obzir naselje sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom, kanalizacijom i sistemom centralne opskrbe toplom vodom. Specifična potrošnja za tu razinu opreme zgrade iznosi minimalno 250 l/stanovnik/dan te je ta vrijednost i usvojena za proračun potrošnje vode.

*Tablica 1. Specifična potrošnja vode [5].*

karakter opreme zgrade sanitarno-tehničkih uređaja	specifična potrošnja $q_{sp.}$ (l/stanovniku/dan)
naselja sa zgradama koje nisu opremljene vodovodom i kanalizacijom	od 30 do 50
naselja sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom i kanalizacijom bez kupaonice	od 125 do 150
naselja sa zgradama opremljenim vodovodom, kanalizacijom i kupaonicom	od 150 do 230
naselja sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom, kanalizacijom i toplom vodom	od 250 do 400

Konačni broj stanovnika nakon projektog razdoblja vodovodnog sustava ovisi o lokalnim, socijalnim i ekonomskim faktorima. U ovom slučaju ne razmatra se cijeli vodoopskrbni sustav na području naselja Drage, već se samo analizira vodoopskrbni ogranak u jednom dijelu ulice Briga. Svaki projektirani vodoopskrbni sustav dimenzionira se na određeno projektno razdoblje od 25 do 30 godina (maksimalno 50 godina) ovisno o godišnjem prirastu stanovništva  $p$  [5]. Što se tiče projektiranja vodoopskrbnih ogranaka na navedenom području, ispitivanjem je zaključeno da se vodoopskrba projektira za 70 stanovnika, ne računajući pritom jednu trgovinu i jedan privatni smještaj. Predviđeni godišnji prirast stanovništva  $p$  iznosi 1 %. Projektno razdoblje sustava  $R_p$  iznosi 25 godina.

Konačni broj stanovnika  $N_k$  za područje naselja Dragu računa se prema izrazu:

$$N_k = N_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{R_p} = 70 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{25} = 90 \text{ stanovnika} \quad (1)$$

gdje je:

$N_k$  konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (/),  
 $N_0$  sadašnji broj stanovnika (/),  
 $p$  godišnji postotak prirasta stanovništva (%),  
 $R_p$  projektno razdoblje za koje se projektira vodoopskrbni sustav (god.).

Određivanje srednje dnevne potrošnje vode za stanovništvo  $Q_{sr.stan.}$  (l/dan), određeno je prema izrazu:

$$Q_{sr.stan.} = q_{sp} \cdot N_k = 250 \cdot 90 = 22500 \text{ l/dan} \quad (2)$$

gdje je:

$Q_{sr.stan.}$  srednja dnevna potrošnja za stanovništvo (l/dan),  
 $q_{sp}$  specifična potrošnja vode za naselje Dragu (l/stan/dan),  
 $N_k$  konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (/).

Određivanje srednje dnevne potrošnje vode za privatni smještaj  $Q_{sr.pr.smj.}$  (l/dan), određeno je prema izrazu:

$$Q_{sr.pr.smj.} = q_{sp} \cdot N_{k,pr.smj.} = 300 \cdot 5 = 1500 \text{ l/dan} \quad (3)$$

gdje je:

$Q_{sr.pr.smj.}$  srednja dnevna potrošnja vode za privatni smještaj (l/dan),  
 $q_{sp}$  specifična potrošnja vode za privatni smještaj u naselju Dragi (l/stan/dan),  
 $N_k$  konačni broj stanovnika u privatnom smještaju na kraju projektnog razdoblja (/).

Proračun maksimalne dnevne potrošnje za stanovništvo  $Q_{max.dan.stan.}$  određen je prema izrazu:

$$Q_{max.dan.stan.} = k_{max.dan.stan.} \cdot Q_{sr.stan} = 1,5 \cdot 22500 = 33750 \text{ l/dan} \quad (4)$$

gdje je:

$Q_{max.dan.stan.}$  maksimalna dnevna potrošnja za stanovništvo (l/dan),  
 $k_{max.dan.stan.}$  koeficijent neravnomjernosti dnevne potrošnje za stanovništvo (/),  
 $Q_{sr.stan.}$  srednja dnevna potrošnja za stanovništvo (l/dan).

Proračun maksimalne dnevne potrošnje za privatni smještaj  $Q_{max.dan.pr.smj.}$  određen je prema izrazu:

$$Q_{max.dan.pr.smj.} = k_{max.dan.pr.smj.} \cdot Q_{sr.pr.smj.} = 1,8 \cdot 1500 = 2700 \text{ l/dan} \quad (5)$$

gdje je:

$Q_{max.dan.pr.smj.}$  maksimalna dnevna potrošnja za privatni smještaj (l/dan),  
 $k_{max.dan.pr.smj.}$  koeficijent neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje za privatni smještaj (/),  
 $Q_{sr.pr.smj.}$  srednja dnevna potrošnja za privatni smještaj (l/dan).

Ukupna maksimalna dnevna potrošnja  $\Sigma Q_{max.dan}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{max,dan} &= Q_{max.dan.stan.} + Q_{max.dan.pr.smj.} \\ &= 33750 + 2700 \\ &= 36450 \text{ l/dan} \\ &= 36,45 \text{ m}^3/\text{dan} \\ &= 0,42 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (6)$$

gdje je:

$\Sigma Q_{max,dan}$  ukupna maksimalna dnevna potrošnja (l/s),  
 $Q_{max.dan.stan.}$  maksimalna dnevna potrošnja za stanovništvo (l/dan),  
 $Q_{max.dan.pr.smj.}$  maksimalna dnevna potrošnja za privatni smještaj (l/dan).

Proračun maksimalne satne potrošnje za stanovništvo  $Q_{max.sat.stan.}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned} Q_{max.sat.stan.} &= \frac{k_{max.sat.stan.} \cdot Q_{max.dan.stan.}}{24} \\ &= \frac{1,8 \cdot 33750}{24} \\ &= 2531,25 \text{ l/h} \\ &= 0,7 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (7)$$

gdje je:

$Q_{max.sat.stan.}$  maksimalna satna potrošnja za stanovništvo (l/s),  
 $k_{max.sat.stan.}$  koeficijent neravnomjernosti najveće satne potrošnje za stanovništvo (/),  
 $Q_{max.dan.stan.}$  maksimalna dnevna potrošnja za stanovništvo (l/s).

Proračun maksimalne satne potrošnje za privatni smještaj  $Q_{max.sat.pr.smj}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned} Q_{max.sat.pr.smj.} &= \frac{k_{max.sat.pr.smj.} \cdot Q_{max.dan.pr.smj.}}{24} \\ &= \frac{2,2 \cdot 2700}{24} \\ &= 247,5 \text{ l/h} \\ &= 0,07 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (8)$$

gdje je:

$Q_{max.sat.pr.smj}$  maksimalna satna potrošnja za privatni smještaj (l/s),  
 $k_{max.sat.pr.smj}$  koeficijent neravnomjernosti maksimalne satne potrošnje za privatni smještaj (/),  
 $Q_{max.dan.pr.smj}$  maksimalna dnevna potrošnja za privatni smještaj (l/dan).

Maksimalna satna potrošnja za stanovništvo i privatni smještaj, označena oznakom  $Q_{max.sat(stan.+pr.smj.)}$ , određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned} Q_{max.sat(stan.+pr.smj.)} &= Q_{max.sat.stan} + Q_{max.sat.pr.smj.} \\ &= 0,7 + 0,07 \\ &= 0,77 \text{ l/s} \end{aligned} \quad (9)$$

gdje je:

$Q_{max.sat(stan.+pr.smj.)}$  maksimalna satna potrošnja za stanovništvo i privatni smještaj (l/s),  
 $Q_{max.sat.stan.}$  maksimalna satna potrošnja za stanovništvo (l/s),  
 $Q_{max.sat.pr.smj}$  maksimalna satna potrošnja za privatni smještaj (l/s).

### 2.1.2. Proračun količine vode za vlastite potrebe

Količina vode za vlastite potrebe  $Q_{vl.potrebe}$  računa se prema izrazu:

$$Q_{vl.potrebe} = 0,02 \cdot \sum Q_{max.dan} = 0,02 \cdot 0,42 = 0,0084 \text{ l/s} \quad (10)$$

gdje je:

$Q_{vl.potrebe}$  količina za vlastite potrebe (l/s),  
 $\sum Q_{max.dan}$  ukupna maksimalna dnevna potrošnja (l/s).

### 2.1.3. Protupožarno opterećenje

U slučajima u kojima se za zaštitu požara primjenjuje hidrantska mreža, potrebno je pridržavati se Pravilnika o hidrantskoj mreži za gašenje požara [5]. Udaljenost između građevine, odnosno njene vanjske točke, i najbližeg hidranta može maksimalno iznositi 80 metara, a minimalno 5 metara. Maksimalna udaljenost između dvaju susjednih hidranata smije iznositi 150 metara. U naseljima sa samostojecim obiteljskim kućama, udaljenost između dvaju susjednih vanjskih hidranata smije iznositi najviše 300 m. Najmanja piezometarska visina na izlazu iz bilo kojeg nadzemnog ili podzemnog hidranta vanjske hidrantske mreže za gašenje požara ne smije biti manja od 25 metara vodnog stupca (m v. st.) kod propisanog protoka vode. Za zaštitu naselja od požara, u hidrantima je nužno osigurati protok vode u iznosu 10 l/s. Sve dionice koje se pružaju do krajnjih potrošača, dimenzioniraju se u odnosu na maksimalnu satnu potrošnju vode za stanovništvo  $q_{max.sat.stan.}$ , uvećane za protupožarnu količinu vode (Tablica 2) [5].



Tablica 2. Potrebna količina vode za gašenje požara [5].

veličina naselja	broj istovremenih požara	minimalno trajanje gašenja požara (h)	potrošnja vode po jednom požaru $q_p$ (l/s)
sela ispod 100 stanovnika	1	2	5
manja naselja do 5000 stanovnika	1	2	10
naselja od 6000 do 10000 stanovnika	1	2	15
gradovi od 11000 do 25000 stanovnika	2	2	15
gradovi 26000 do 50000 stanovnika	2	2	25
gradovi od 51000 do 100000 stanovnika	2	2	35
gradovi od 101000 do 200000 stanovnika	3	2	40

Potrošnja vode za gašenje požara u naselju  $Q_{požar,naselje}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}
 Q_{požar,naselje} &= n \cdot 2 \cdot q_p \\
 &= 1 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 60 \\
 &= 72\,000 \text{ l/dan} \\
 &= 72 \text{ m}^3/\text{dan}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

gdje je:

$Q_{požar,naselje}$  potrebna količina vode za gašenje požara ( $\text{m}^3/\text{dan}$ ),  
 $n$  broj istovremenih požara (/),  
 $q_p$  potrošnja vode po jednom požaru (l/s)

#### 2.1.4. Hidraulički proračun bez protupožarnog opterećenja

Za ovaj proračun korištena je ukupna količina maksimalne satne potrošnje za stanovništvo i privatni smještaj  $Q_{max.sat(stan.+pr.smj.)}$  koja iznosi 0,77 l/s za 95 stanovnika. Taj proračun ne uključuje količinu vode potrebnu za gašenje jednog požara  $q_{sp}$  koja za naselje Dragu iznosi 10 l/s. Proračun je predmetne mreže izvršen u programu EPANET-u. Prije proračuna parametara hidrauličkog proračuna, definirani su čvorovi na predmetnoj mreži (Slika 7) i dionice cjevovoda između čvorova (Tablica 3).



Slika 7. Prikaz mreže s nazivima čvorova u EPANET-u.

Tablica 3. Prikaz duljina i profila dionica.

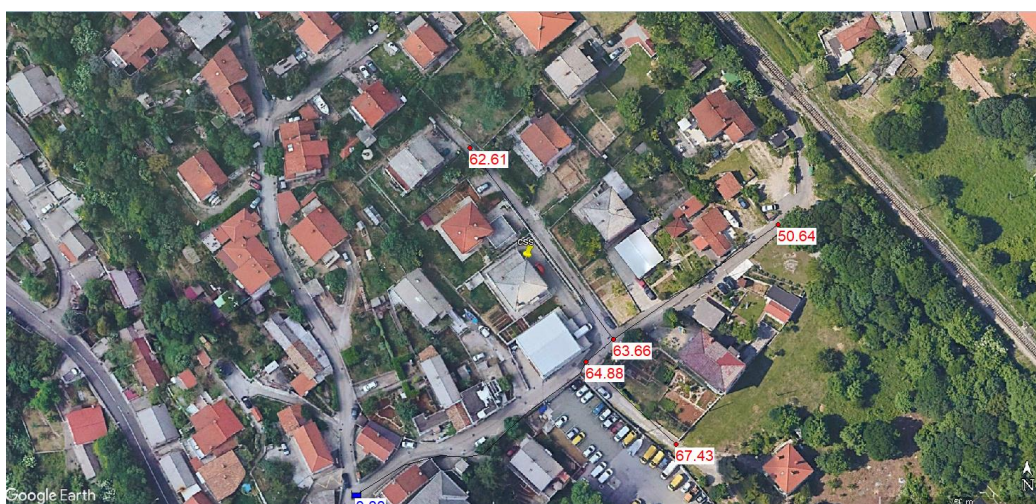
naziv	početna točka	završna točka	profil (mm)	duljina (m)
podsustav Brig	VO1	VO2	100	75,07
	VO2	NH3	50	48,8
	VO2	VO3	100	8,21
	VO3	NH2	100	74,5
	VO3	NH1	100	75,72

U hidrauličkom proračunu vodoopskrbnih cjevovoda izveden je proračun protoka vode  $Q$  u svim dionicama mreže. Protok na dionici VO1 do VO2 mora biti jednak maksimalnoj satnoj potrošnji za stanovništvo i privatni smještaj, odnosno 0,77 l/s. Konačni protoci u dionicama prikazani su na Slici 8.

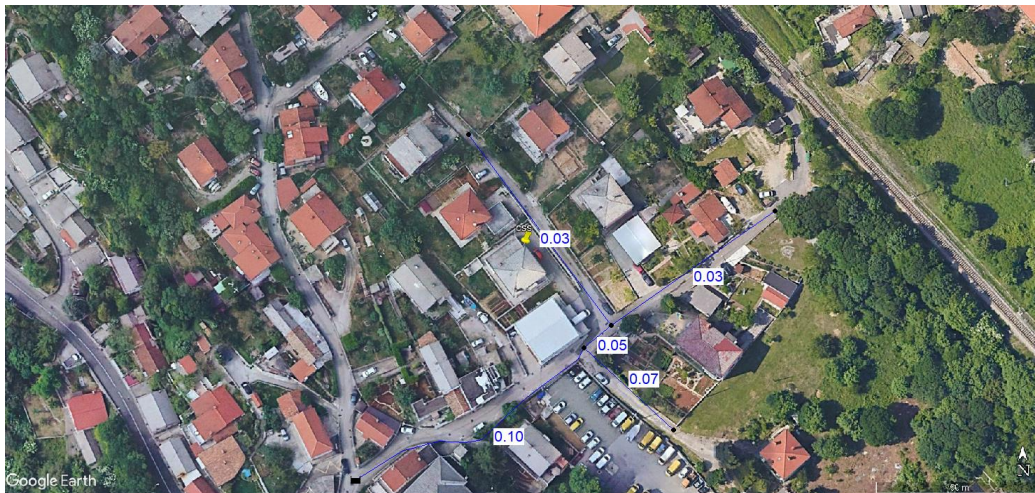


Slika 8. Protoci opskrbe količine u dionicama mreže u programu EPANET-u.

Raspodjelom protoka po dionicama i odabirom promjera cijevi dionica, izračunate su brzine u dionicama mreže te, također, piezometarske visine u čvorovima, koje moraju zadovoljavati minimalnu piezometarsku visinu u iznosu od 25 metara vodnog stupca m v. st.. Cijevi se dimenzioniraju tako da sve piezometarske visine u čvorovima mreže zadovoljavaju propisani minimum. Na Slici 9 prikazan je konačni rezultat predmetne mreže s piezometarskim visinama u čvorovima, a na Slici 10 prikazane su brzine u dionicama mreže.



Slika 9. Prikaz piezometarskih visina u čvorovima sustava za vrijeme opskrbe potrošnje vode (program EPANET).



Slika 10. Brzina strujanja u dionicama sustava (program EPANET).

Priloženi rezultat predstavlja brzine strujanja u dionicama mreže za vrijeme opskrbljivanja stanovništva, odnosno kada nema požara na području sustava. U Tablici 4 su prikazane piezometarske visine u čvorovima podsustava. U Tablici 5 je prikazan hidraulički proračun vodoopskrbnih ogranaka u naselju Dragi.

Tablica 4. Piezometarske visine u čvorovima sustava.

čvor (/)	kota terena (m n. m.)	kota piez. linije (m n. m.)	piez. visina (m v. st.)
VO1	133,25	208,25	75,00
VO2	144,56	206,74	62,18
NH3	142,00	174,50	32,50
VO3	145,78	206,57	60,79
NH2	146,83	205,03	58,20
NH1	160,00	205,01	45,00

Tablica 5. Hidraulički proračun vodoopskrbe Draga.

dionica: (od – do)	dužina dionice (m)	$q_{spec}$ (l/s/m)	ST.+P.S. (l/s)	vlastiti protok (l/s)	tranzitni protok (l/s)	ukupni protok (l/s)	$Q_{pož.}$ (l/s)	$Q_{mjer}$ (l/s)	dimenzioniranje			
									$D$ (mm)	$v$ (m/s)	$\Delta H$ (m)	$v^2/2g$ (m)
NH1-V03	75.72	0.0027	0.2	0.2	0	0.2	10	10	100	1.27	1.57	0.08
NH2-V03	74.5	0.0027	0.2	0.2	0	0.2	10	10	100	1.27	1.54	0.08
V03-V02	8.21	0.0027	0.02	0.02	0.41	0.43	10	10	100	1.27	0.17	0.08
NH3-V02	48.8	0.0027	0.13	0.13	0	0.13	10	10	50	5.1	31	1.32
V02-V01	75.07	0.0027	0.2	0.2	0.56	0.76	10	10	100	1.27	1.42	0.08
$\Sigma L$	282		0.762		$Q_{max.h}$	0.76						

### 2.1.5. Hidraulički proračun s protupožarnim opterećenjem

Predmetna mreža nije prstenasta. Iz tog razloga proveden je hidraulički proračun koji se ne temelji na Hardy-Crossovoj metodi. Za potrebe se određivanja pada piezometarske visine direktno može primijeniti Bernoullijeva jednadžba, odnosno Darcy-Weisbachova jednadžba. U nastavku je izračunat ukupni pad piezometarske visine za najnepovoljniji protok, odnosno količina vode potrebna za jedan požar od 10 l/s. U tu će se svrhu pretpostaviti tri scenarija, a to su:

- Gašenje požara u blizini hidranta NH1 (1. scenarij),
- Gašenje požara u blizini hidranta NH2 (2. scenarij),
- Gašenje požara u blizini hidranta NH3 (3. scenarij).

Za promatrane dionice, odnosno cjevovode u sustavu, potrebno je izračunati brzinu vode. Za izračun brzine potrebni su podaci o protoku u cjevovodu, za koje se usvaja količina vode potrebna za gašenje požara, i profil (promjer) cjevovoda, koji je usvojen još u prijašnjem poglavlju hidrauličkog proračuna bez protupožarnog opterećenja. Brzina u cjevovodu kružnog poprečnog profila  $v$  računa se prema izrazu:

$$v = \frac{4 \cdot Q}{D^2 \cdot \pi} \quad (12)$$

gdje je:

- $v$  brzina strujanja vode u cjevovodu (m/s),  
 $Q$  mjerodavan protok u promatranoj dionici (m<sup>3</sup>/s),  
 $D$  promjer cjevovoda za promatranu dionicu (određen iz nomograma) (m).

Darcy-Weisbachova jednadžba pada piezometarske visine  $\Delta E$  računa se prema izrazu:

$$\Delta E = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

gdje je:

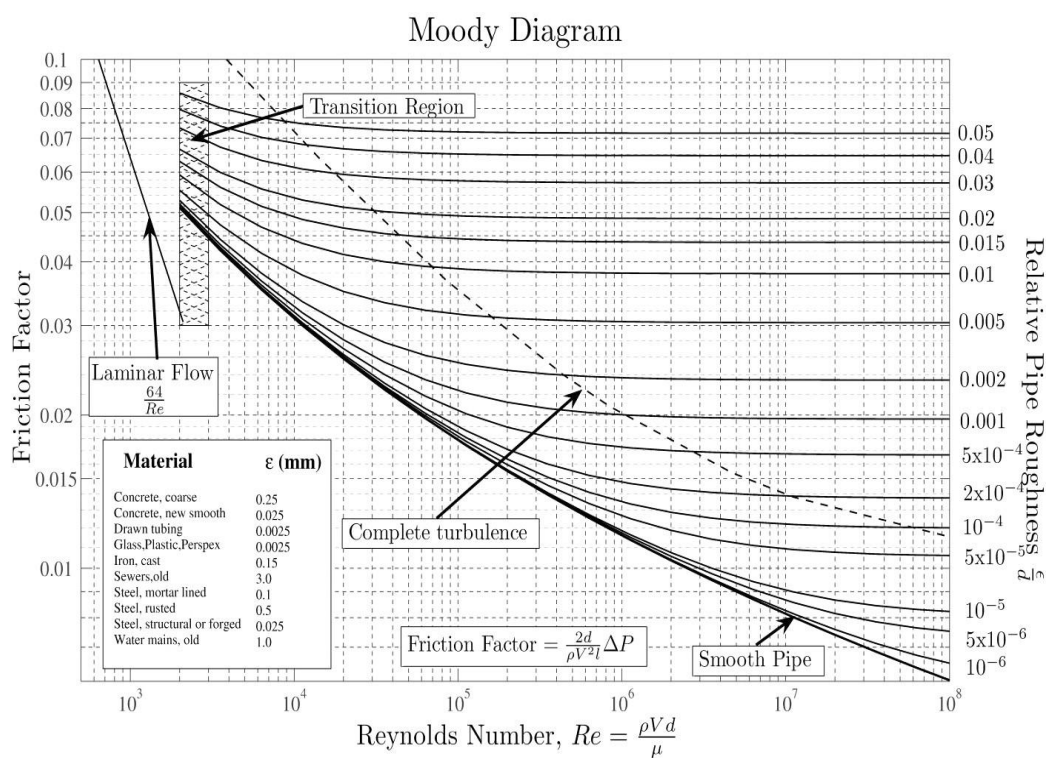
- $\Delta E$  pad piezometarske visine (m),  
 $\lambda$  koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi (/),  
 $L$  duljina osi cijevi između dva profila (m),  
 $v$  srednja brzina tečenja u presjeku (m/s),  
 $D$  promjer poprečnog presjeka cijevi (m).

Prije proračuna pada piezometarske visine potrebno je odrediti koeficijent trenja  $\lambda$  pomoću Moodyjevog dijagrama (Slika 11), u kojem je koeficijent trenja  $\lambda$  funkcija Reynoldsovog broja  $Re$  i relativne hrapavosti  $\varepsilon/D$ . Također, za izračun koeficijenta trenja  $\lambda$  može se primijeniti Haalandova jednadžba. Darcyjev koeficijent trenja u Haalandovoj jednadžbi određuje se prema izrazu:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1,8 \log \cdot \left( \left( \frac{\varepsilon}{D} \right)^{1,11} + \left( \frac{6,9}{Re} \right) \right) \quad (14)$$

gdje je:

- $\varepsilon$  hrapavost cjevovoda predmetne mreže (/),
- $D$  promjer cjevovoda na određenoj dionici mreže (mm),
- $Re$  Reynoldsov broj za određenu dionicu mreže (/).



Slika 11: Moodyjev dijagram [6].

### 2.1.5.1. Gašenje požara u blizini hidranta NH1 (1. scenarij)

Hidrant NH1 postavljen je u modelu mreže na visinskoj koti od 159 m n. m. U prijašnjem je poglavlju hidrant označen na čvoru koji se nalazi na kraju dionice VO3-NH1. Između postojećeg okna VO1, s unaprijed poznatom piezometarskom visinom od 75 m v. st. i hidranta NH1, postavljene su dionice mreže VO1-VO2 duljine 75 metara, VO2-VO3 duljine 8,21 metara te VO3-NH1 duljine 76 metara. U dionicama sustava potrebno je izračunati pad piezometarske visine prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi. Osim piezometarske visine potrebno je uzeti u obzir i brzinsku visinu u zadnjoj dionici vodoopskrbnog cjevovoda VO3-NH1, koja se spaja na promatrani hidrant. Potrebna količina za gašenje požara na lokaciji Dragi jednaka je 10 l/s, što je jednako potrošnji vode za gašenje jednog požara u naseljima do 5000 stanovnika.

U dionicama VO1-VO2, VO2-VO3 i VO3-NH1 određene su brzine strujanja  $v$  koje su kasnije bitne za izračun piezometarske visine  $h$ . Cjevovodi su kružna poprečna profila, izrađeni od duktila promjera DN 100 mm. Promjer je određen prema dijagramu odnosa promjera i protoka potrebnog za gašenje požara, koji je jednak 10 l/s. Brzina strujanja vode u dionici VO1-VO2  $v_{VO1-VO2}$  izračunata je prema izrazu:

$$v_{VO1-VO2} = \frac{4 \cdot Q_{VO1-VO2}}{(D_{VO1-VO2})^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,01}{0,1^2 \cdot \pi} = 1,27 \text{ m/s} \quad (15)$$

gdje je:

$Q_{VO1-VO2}$  protok vode na dionici VO1-VO2 (m<sup>3</sup>/s),  
 $D_{VO1-VO2}$  promjer cjevovoda na dionici VO1-VO2 (m).

Brzina strujanja vode u dionici VO2-VO3  $v_{VO2-VO3}$  određuje se prema izrazu:

$$v_{VO2-VO3} = \frac{4 \cdot Q_{VO2-VO3}}{(D_{VO2-VO3})^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,01}{0,1^2 \cdot \pi} = 1,27 \text{ m/s} \quad (16)$$

gdje je:

$Q_{VO2-VO3}$  protok vode na dionici VO2-VO3 (m<sup>3</sup>/s),  
 $D_{VO2-VO3}$  promjer cjevovoda na dionici VO2-VO3 (m).

Brzina strujanja vode u dionici VO3-NH1  $v_{VO3-NH1}$  određuje se prema izrazu:

$$v_{VO3-NH1} = \frac{4 \cdot Q_{VO3-NH1}}{(D_{VO3-NH1})^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,01}{0,1^2 \cdot \pi} = 1,27 \text{ m/s} \quad (17)$$

gdje je:

$Q_{VO3-NH1}$  protok vode na dionici VO3-NH1 (m<sup>3</sup>/s),  
 $D_{VO3-NH1}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH1 (m).



Reynoldsov broj u dionici VO1-VO2  $Re_{VO1-VO2}$  određuje se prema izrazu:

$$Re_{VO1-VO2} = \frac{\rho \cdot v_{VO1-VO2} \cdot D_{VO1-VO2}}{\mu} = \frac{1000 \cdot 1,27 \cdot 0,1}{1,308 \cdot 10^{-3}} = 97094 \quad (18)$$

gdje je:

$\rho$  gustoća vode (kg/m<sup>3</sup>),  
 $v_{VO1-VO2}$  brzina strujanja vode u dionici VO1-VO2 (m/s),  
 $D_{VO1-VO2}$  promjer cjevovoda na dionici VO1-VO2 (m),  
 $\mu$  dinamička viskoznost vode pri temperaturi od 10 °C (Pa·s).

Reynoldsov broj u dionici VO2-VO3  $Re_{VO2-VO3}$  određuje se prema izrazu:

$$Re_{VO2-VO3} = \frac{\rho \cdot v_{VO2-VO3} \cdot D_{VO2-VO3}}{\mu} = \frac{1000 \cdot 1,27 \cdot 0,1}{1,308 \cdot 10^{-3}} = 97094 \quad (19)$$

gdje je:

$\rho$  gustoća vode (kg/m<sup>3</sup>),  
 $v_{VO2-VO3}$  brzina strujanja vode u dionici VO2-VO3 (m/s),  
 $D_{VO2-VO3}$  promjer cjevovoda na dionici VO2-VO3 (m),  
 $\mu$  dinamička viskoznost vode pri temperaturi od 10 °C (Pa·s).

Reynoldsov broj u dionici VO3-NH1  $Re_{VO3-NH1}$  određuje se prema izrazu:

$$Re_{VO3-NH1} = \frac{\rho \cdot v_{VO3-NH1} \cdot D_{VO3-NH1}}{\mu} = \frac{1000 \cdot 1,27 \cdot 0,1}{1,308 \cdot 10^{-3}} = 97094 \quad (20)$$

gdje je:

$\rho$  gustoća vode (kg/m<sup>3</sup>),  
 $v_{VO3-NH1}$  brzina strujanja vode u dionici VO3-NH1 (m/s),  
 $D_{VO3-NH1}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH1 (m),  
 $\mu$  dinamička viskoznost vode pri temperaturi od 10 °C (Pa·s).

Darcyjev koeficijent trenja u dionici VO1-VO2  $\lambda_{VO1-VO2}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\lambda_{VO1-VO2} &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D_{VO1-VO2}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_{VO1-VO2}} \right) \right)^{-2} \\ &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{0,1}{3,7 \cdot 100} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{97094} \right) \right)^{-2} \\ &= 0,022\end{aligned}\quad (21)$$

gdje je:

$\lambda_{VO1-VO2}$  Darcyjev koeficijent trenja (/),  
 $\varepsilon$  hrapavost odabranog cjevovoda (/),  
 $D_{VO1-VO2}$  promjer cjevovoda na dionici VO1-VO2 (mm),  
 $Re_{VO1-VO2}$  Reynoldsov broj za dionicu VO1-VO2 (/).

Darcyjev koeficijent trenja u dionici VO2-VO3  $\lambda_{VO2-VO3}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\lambda_{VO2-VO3} &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D_{VO2-VO3}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_{VO2-VO3}} \right) \right)^{-2} \\ &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{0,1}{3,7 \cdot 100} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{97094} \right) \right)^{-2} \\ &= 0,022\end{aligned}\quad (22)$$

gdje je:

$\lambda_{VO2-VO3}$  Darcyjev koeficijent trenja (/),  
 $\varepsilon$  hrapavost odabranog cjevovoda (/),  
 $D_{VO2-VO3}$  promjer cjevovoda na dionici VO2-VO3 (mm),  
 $Re_{VO2-VO3}$  Reynoldsov broj za dionicu VO2-VO3 (/).

Darcyjev koeficijent trenja u dionici VO3-NH1  $\lambda_{VO3-NH1}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\lambda_{VO3-NH1} &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D_{VO3-NH1}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_{VO3-NH1}} \right) \right)^{-2} \\ &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{0,1}{3,7 \cdot 100} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{97094} \right) \right)^{-2} \\ &= 0,022\end{aligned}\quad (23)$$

gdje je:

$\lambda_{VO3-NH1}$  Darcyjev koeficijent trenja (/),  
 $\varepsilon$  hrapavost odabranog cjevovoda (/),  
 $D_{VO3-NH1}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH1 (mm),  
 $Re_{VO3-NH1}$  Reynoldsov broj za dionicu VO3-NH1 (/).

Za ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH1 izračunati su pojedini padovi dionica cijevi, u kojima voda teče do analiziranog hidranta. Na toj su mreži u cjevovodima VO1-VO2, VO2-VO3 i VO3-NH1 izračunati padovi piezometarske visine  $\Delta E$ . Pad je piezometarske visine na dionici VO1-VO2  $\Delta E_{VO1-VO2}$  izračunat prema izrazu:

$$\begin{aligned}\Delta E_{VO1-VO2} &= \lambda_{VO1-VO2} \cdot \frac{L_{VO1-VO2}}{D_{VO1-VO2}} \cdot \frac{(v_{VO1-VO2})^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,022 \cdot \frac{75}{0,1} \cdot \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} = 1,36 \text{ m}\end{aligned}\quad (24)$$

gdje je:

- $\Delta E_{VO1-VO2}$  pad piezometarske visine na dionici VO1-VO2 (m),  
 $\lambda_{VO1-VO2}$  koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi na dionici VO1-VO2 (/),  
 $L_{VO1-VO2}$  duljina cjevovoda na dionici VO1-VO2 (m),  
 $D_{VO1-VO2}$  promjer cjevovoda na dionici VO1-VO2 (m),  
 $v_{VO1-VO2}$  brzina strujanja vode na dionici VO1-VO2 (m/s),  
 $g$  gravitacijsko ubrzanje (m/s<sup>2</sup>).

Pad je piezometarske visine na dionici VO2-VO3  $\Delta E_{VO2-VO3}$  izračunat prema izrazu:

$$\begin{aligned}\Delta E_{VO2-VO3} &= \lambda_{VO2-VO3} \cdot \frac{L_{VO2-VO3}}{D_{VO2-VO3}} \cdot \frac{(v_{VO2-VO3})^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,022 \cdot \frac{8,2}{0,1} \cdot \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} = 0,148 \text{ m}\end{aligned}\quad (25)$$

gdje je:

- $\Delta E_{VO2-VO3}$  pad piezometarske visine na dionici VO2-VO3 (m),  
 $\lambda_{VO2-VO3}$  koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi na dionici VO2-VO3 (/),  
 $L_{VO2-VO3}$  duljina cjevovoda na dionici VO2-VO3 (m),  
 $D_{VO2-VO3}$  promjer cjevovoda na dionici VO2-VO3 (m),  
 $v_{VO2-VO3}$  brzina strujanja vode na dionici VO2-VO3 (m/s),  
 $g$  gravitacijsko ubrzanje (m/s<sup>2</sup>).

Pad je piezometarske visine na dionici VO3-NH1  $\Delta E_{VO3-NH1}$  izračunat prema izrazu:

$$\begin{aligned}\Delta E_{VO3-NH1} &= \lambda_{VO3-NH1} \cdot \frac{L_{VO3-NH1}}{D_{VO3-NH1}} \cdot \frac{(v_{VO3-NH1})^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,022 \cdot \frac{76}{0,1} \cdot \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} = 1,37 \text{ m}\end{aligned}\quad (26)$$

gdje je:

$\Delta E_{VO3-NH1}$	pad piezometarske visine na dionici VO3-NH1 (m),
$\lambda_{VO3-NH1}$	koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednačbi na dionici VO3-NH1 (/),
$L_{VO3-NH1}$	duljina cjevovoda na dionici VO3-NH1 (m),
$D_{VO3-NH1}$	promjer cjevovoda na dionici VO3-NH1 (m),
$v_{VO3-NH1}$	brzina strujanja vode na dionici VO3-NH1 (m/s),
$g$	gravitacijsko ubrzanje (m/s <sup>2</sup> ).

Ukupni je pad piezometarske visine u hidrantu NH1 određen prema izrazu:

$$\begin{aligned}\sum \Delta E_{NH1} &= \Delta E_{VO1-VO2} + \Delta E_{VO2-VO3} + \Delta E_{VO3-NH1} \\ &= 1,36 + 0,148 + 1,37 \\ &= 2,88 \text{ m}\end{aligned}\quad (27)$$

gdje je:

$\sum \Delta E_{NH1}$	ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH1 (m),
$\Delta E_{VO1-VO2}$	pad piezometarske visine na dionici VO1-VO2 (m),
$\Delta E_{VO2-VO3}$	pad piezometarske visine na dionici VO2-VO3 (m),
$\Delta E_{VO3-NH1}$	pad piezometarske visine na dionici VO3-NH1 (m).

Piezometarska kota u hidrantu NH1  $H_{NH1}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}H_{NH1} &= E_{VO1} - \sum \Delta E_{NH1} - \frac{(v_{VO3-NH1})^2}{2 \cdot g} \\ &= 208,25 - 2,88 - \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} \\ &= 205,29 \text{ m n. m.}\end{aligned}\quad (28)$$

gdje je:

$H_{NH1}$	piezometarska kota u hidrantu NH1 (m n. m.),
$E_{VO1}$	kota piezometarske linije u oknu VO1 (m n. m.),
$\sum \Delta E_{NH1}$	ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH1 (m),
$\frac{v_{VO3-NH1}^2}{2 \cdot g}$	brzinska visina u dionici VO3-NH1 (m).

Piezometarska visina u hidrantu NH1  $h_{NH1}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned} h_{NH1} &= H_{NH1} - z_{NH1} \\ &= 205,29 - 159 \\ &= 46,29 \text{ m v. st.} \end{aligned} \quad (29)$$

gdje je:

$H_{NH1}$  piezometarska kota u hidrantu NH1 (m n. m.),  
 $z_{NH1}$  geodetska kota terena hidranta NH1 (m n. m.).

#### 2.1.5.2. Gašenje požara u blizini hidranta NH2 (2. scenarij)

Hidrant NH2 postavljen je u modelu mreže na visinskoj koti od 146,83 m n. m. U prijašnjem je poglavlju hidrant označen na čvoru koji se nalazi na kraju dionice VO3-NH2. Između postojećeg okna VO1, s unaprijed poznatom piezometarskom visinom, i hidranta NH2, postavljene su dionice mreže VO1-VO2 duljine 75 metara, VO2-VO3 duljine 8,21 metara i VO3-NH2 duljine 74,5 metara.

U dionicama VO1-VO2, VO2-VO3 i VO3-NH2 određene su brzine strujanja  $v$ . Cjevovodi su kružnog poprečnog profila, izvedeni od duktila promjera DN 100 mm. Promjer je određen prema dijagramu odnosa promjera i količine vode (protoka) potrebne za gašenje požara, koji je jednak 10 l/s. Brzina strujanja vode u dionici VO3-NH2  $v_{VO3-NH2}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned} v_{VO3-NH2} &= \frac{4 \cdot Q_{VO3-NH2}}{(D_{VO3-NH2})^2 \cdot \pi} \\ &= \frac{4 \cdot 0,01}{0,1^2 \cdot \pi} \\ &= 1,27 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (30)$$

gdje je:

$Q_{VO3-NH2}$  protok vode na dionici VO3-NH2 (m<sup>3</sup>/s),  
 $D_{VO3-NH2}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH2 (m).

Reynoldsov broj u dionici VO3-NH2  $Re_{VO3-NH2}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned} Re_{VO3-NH2} &= \frac{\rho \cdot v_{VO3-NH2} \cdot D_{VO3-NH2}}{\mu} \\ &= \frac{1000 \cdot 1,27 \cdot 0,1}{1,308 \cdot 10^{-3}} \\ &= 97094 \end{aligned} \quad (31)$$

gdje je:

- $\rho$  gustoća vode ( $\text{kg/m}^3$ ),
- $v_{VO3-NH2}$  brzina strujanja vode u dionici VO3-NH2 (m/s),
- $D$  promjer cjevovoda u dionici VO3-NH2 (m),
- $\mu$  dinamička viskoznost vode pri temperaturi od 10°C (Pa·s).

Darcyjev koeficijent trenja u dionici VO3-NH2 određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned} \lambda_{VO3-NH2} &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D_{VO3-NH2}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_{VO3-NH2}} \right) \right)^{-2} \\ &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{0,1}{3,7 \cdot 100} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{97094} \right) \right)^{-2} \\ &= 0,022 \end{aligned} \quad (32)$$

gdje je:

- $\lambda_{VO3-NH2}$  Darcyjev koeficijent trenja (/),
- $\varepsilon$  hrapavost odabranog cjevovoda (/),
- $D_{VO3-NH2}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH2 (mm),
- $Re_{VO3-NH2}$  Reynoldsov broj za dionicu VO3-NH2 (/).

Pad piezometarske visine  $\Delta E_{VO3-NH2}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned} \Delta E_{VO3-NH2} &= \lambda_{VO3-NH2} \cdot \frac{L_{VO3-NH2}}{D_{VO3-NH2}} \cdot \frac{(v_{VO3-NH2})^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,022 \cdot \frac{74,5}{0,1} \cdot \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ m} \end{aligned} \quad (33)$$

gdje je:

- $\Delta E_{VO3-NH2}$  pad piezometarske visine na dionici VO3-NH2 (m),
- $\lambda_{VO3-NH2}$  koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi na dionici VO3 NH2 (/),
- $L_{VO3-NH2}$  duljina cjevovoda na dionici VO3-NH2 (m),
- $D_{VO3-NH2}$  promjer cjevovoda na dionici VO3-NH2 (m),
- $v_{VO3-NH2}$  brzina strujanja vode na dionici VO3-NH2 (m/s).

Ukupni je pad piezometarske visine u hidrantu NH2  $\sum \Delta E_{NH2}$  određen prema izrazu:

$$\begin{aligned}\sum \Delta E_{NH2} &= \Delta E_{VO1-VO2} + \Delta E_{VO2-VO3} + \Delta E_{VO3-NH2} \\ &= 1,36 + 0,148 + 1,35 \\ &= 2,86 \text{ m}\end{aligned}\quad (34)$$

gdje je:

$\sum \Delta E_{NH2}$  ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH2 (m),  
 $\Delta E_{VO1-VO2}$  pad piezometarske visine na dionici VO1-VO2 (m),  
 $\Delta E_{VO2-VO3}$  pad piezometarske visine na dionici VO2-VO3 (m),  
 $\Delta E_{VO3-NH2}$  pad piezometarske visine na dionici VO3-NH2 (m).

Piezometarska kota u hidrantu  $H_{NH2}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}H_{NH2} &= E_{VO1} - \sum \Delta E_{NH2} - \frac{(v_{VO3-NH2})^2}{2 \cdot g} \\ &= 208,25 - 2,86 - \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} \\ &= 205,31 \text{ m n. m.}\end{aligned}\quad (35)$$

gdje je:

$H_{NH2}$  piezometarska kota u hidrantu NH2 (m n. m.),  
 $E_{VO1}$  kota piezometarske linije u oknu VO1 (m n. m.),  
 $\sum \Delta E_{NH2}$  ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH2 (m),  
 $\frac{(v_{VO3-NH2})^2}{2 \cdot g}$  brzinska visina u dionici VO3-NH2 (m).

Piezometarska visina u hidrantu NH2 određena je prema izrazu:

$$h_{NH2} = H_{NH2} - z_{NH2} = 205,31 - 146,83 = 58,48 \text{ m v. st.}\quad (36)$$

gdje je:

$h_{NH2}$  konačna piezometarska visina u hidrantu NH2 (m v. st.),  
 $H_{NH2}$  piezometarska kota u hidrantu NH2 (m n. m.),  
 $z_{NH2}$  geodetska kota terena hidranta NH2 (m n. m.).

### 2.1.5.3. Gašenje požara u blizini hidranta NH3 (3. scenarij)

Hidrant NH3 postavljen je u modelu mreže na visinskoj koti od 142 m n. m. U prijašnjem je poglavlju hidrant označen na čvoru koji se nalazi na kraju dionice VO3-NH3. Između postojećeg okna VO,1 s unaprijed poznatom piezometarskom visinom, i hidranta NH2, postavljene su dionice mreže VO1-VO2 duljine 75 metara i VO2-NH3 duljine 50 metara.

Na dionicama VO1-VO2 i VO2-NH3 određene su brzine strujanja  $v$ . Cjevovod je na dionici VO1-VO2 su kružna poprečna profila, izvedeni od duktila DN 100 mm. Cjevovod na dionici VO2-NH3 izveden je od pocinčane cijevi DN 50 mm. Brzina strujanja vode u dionici VO2-NH3  $v_{VO2-NH3}$  određena je prema izrazu:

$$v_{VO2-NH3} = \frac{4 \cdot Q_{VO2-NH3}}{(D_{VO2-NH3})^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 0,01}{0,05^2 \cdot \pi} = 5,10 \text{ m/s} \quad (37)$$

gdje je:

$v_{VO2-NH3}$	brzina strujanja vode u cjevovodu VO2-NH3 (m/s),
$Q_{VO2-NH3}$	protok vode na dionici VO2-NH3 (m <sup>3</sup> /s),
$D_{VO2-NH3}$	promjer cjevovoda na dionici VO2-NH3 (m).

Reynoldsov broj  $Re$  određen je prema izrazu:

$$Re_{VO2-NH3} = \frac{\rho \cdot v_{VO2-NH3} \cdot D_{VO2-NH3}}{\mu} = \frac{1000 \cdot 5,10 \cdot 0,05}{1,308 \cdot 10^{-3}} = 194784 \quad (38)$$

gdje je:

$\rho$	gustoća vode (kg/m <sup>3</sup> ),
$v_{VO2-NH3}$	brzina strujanja vode u dionici VO2-NH3 (m/s),
$D_{VO2-NH3}$	promjer cjevovoda u dionici VO2-NH3 (m),
$\mu$	dinamička viskoznost vode pri temperaturi od 10 °C (Pa·s).



Darcyjev koeficijent trenja u dionici VO2-NH3 određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\lambda_{VO2-NH3} &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D_{VO2-NH3}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_{VO2-NH3}} \right) \right)^{-2} \\ &= \left( -1,8 \log \left( \left( \frac{0,1}{3,7 \cdot 50} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{194784} \right) \right)^{-2} \\ &= 0,024\end{aligned}\quad (39)$$

gdje je:

$\lambda_{VO2-NH3}$	Darcyjev koeficijent trenja (/),
$\varepsilon$	hrapavost odabranog cjevovoda (/),
$D_{VO2-NH3}$	promjer cjevovoda na dionici VO2-NH3 (mm),
$Re_{VO2-NH3}$	Reynoldsov broj za dionicu VO2-NH3 (/).

Pad piezometarske visine  $\Delta E_{VO2-NH3}$  na dionici VO2-NH3 određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\Delta E_{VO2-NH3} &= \lambda_{VO2-NH3} \cdot \frac{L_{VO2-NH3}}{D_{VO2-NH3}} \cdot \frac{(v_{VO2-NH3})^2}{2 \cdot g} \\ &= 0,024 \cdot \frac{48,8}{0,05} \cdot \frac{5,10^2}{2 \cdot 9,81} = 31,00 \text{ m}\end{aligned}\quad (40)$$

gdje je:

$\Delta E_{VO2-NH3}$	pad piezometarske visine na dionici VO2-NH3 (m),
$\lambda_{VO2-NH3}$	koeficijent trenja prema Darcy-Weisbachovoj jednadžbi na dionici VO2 NH3 (/),
$L_{VO2-NH3}$	duljina cjevovoda na dionici VO2-NH3 (m),
$D_{VO2-NH3}$	promjer cjevovoda na dionici VO2-NH3 (m),
$v_{VO2-NH3}$	brzina strujanja vode na dionici VO2-NH3 (m/s).

Ukupni je pad piezometarske visine  $\sum \Delta E_{NH3}$  u hidrantu NH3 određen prema izrazu:

$$\sum \Delta E_{NH3} = \Delta E_{VO1-VO2} + \Delta E_{VO2-NH3} = 1,36 + 31,00 = 32,36 \text{ m}\quad (41)$$

gdje je:

$\sum \Delta E_{NH3}$	ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH3 (m),
$\Delta E_{VO1-VO2}$	pad piezometarske visine na dionici VO1-VO2 (m),
$\Delta E_{VO2-NH3}$	pad piezometarske visine na dionici VO2-NH3 (m).

Piezometarska kota u hidrantu  $H_{NH3}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}
 H_{NH3} &= E_{VO1} - \sum \Delta E_{NH3} - \frac{(v_{VO2-NH3})^2}{2 \cdot g} \\
 &= 208,25 - 32,36 - \frac{5,10^2}{2 \cdot 9,81} \\
 &= 174,56 \text{ m n. m.}
 \end{aligned}
 \tag{42}$$

gdje je:

$H_{NH3}$	piezometarska kota u hidrantu NH3 (m n. m.),
$E_{VO1}$	kota piezometarske linije u oknu VO1 (m n. m.),
$\sum \Delta E_{NH3}$	ukupni pad piezometarske visine u hidrantu NH2 (m),
$\frac{(v_{VO2-NH3})^2}{2 \cdot g}$	brzinska visina u dionici VO2-NH3 (m).

Konačna piezometarska visina u hidrantu NH3 određena je prema izrazu:

$$h_{NH3} = H_{NH3} - z_{NH3} = 174,56 - 142 = 32,56 \text{ m v. st.}
 \tag{43}$$

gdje je:

$h_{NH3}$	piezometarska visina u hidrantu NH3 (m v. st.),
$H_{NH3}$	piezometarska kota u hidrantu NH3 (m n. m.),
$z_{NH3}$	geodetska kota terena hidranta NH3 (m n. m.).

Proračunom piezometarske visine u hidrantu NH3, ustanovljeno je da piezometarska visina u hidrantu iznosi 32,5 m v. st.. Taj iznos zadovoljava potreban minimum.

### **2.1.6. Hidraulički proračun s opskrbnom količinom i protupožarnim opterećenjem**

Prijašnjim proračunom piezometarskih visina u modelu dobiveni su iznosi za vrijeme potrebe količine vode za gašenje požara, opskrbna količina vode nije bila uračunata. Model mreže, izrađen u EPANET-u, u ovom proračunu sadrži količine vode potrebne za opskrbu stanovništva vodom i količinu vode potrebnu za gašenje požara. Proračun sadrži tri scenarija kao u prijašnjem proračunu za gašenje požara, hidrant NH1, hidrant NH2 i hidrant NH3. U svakom scenariju proračuna piezometarske visine, uračunata je protupožarna količina vode za gašenje požara u jednom od triju hidranta, uključujući i količine potrebne za opskrbu vodom.

### 2.1.6.1. Gašenje požara u blizini hidranta NH1 (1. scenarij)

Na Slici 12 prikazan je proračun piezometarske visine u mreži za vrijeme gašenja požara u blizini hidranta NH1. Prikazani su iznosi piezometarske visine u svim čvorovima za vrijeme simulacije u programu EPANET-u. Konačan iznos piezometarske visine za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH1 iznosi 45,97 m v. st., što zadovoljava potreban minimum.



Slika 12. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH1.

### 2.1.6.2. Gašenje požara u blizini hidranta NH2 (2. scenarij)

Na Slici 13 prikazan je proračun piezometarske visine u mreži za vrijeme gašenja požara u blizini hidranta NH2. Prikazani su iznosi piezometarske visine u svim čvorovima za vrijeme simulacije u programu EPANET-u. Konačna piezometarska visina, za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH2, iznosi 58,12 m v. st, što zadovoljava potreban minimum.



Slika 13. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH2.

### 2.1.6.3. Gašenje požara u blizini hidranta NH3 (3. scenarij)

Na Slici 14 prikazan je proračun piezometarskih visina u mreži za vrijeme gašenja požara u blizini hidranta NH3. Prikazani su iznosi piezometarske visine u svim čvorovima za vrijeme simulacije u programu EPANET-u. Konačna piezometarska visina za vrijeme simulacije iznosi 32,41 m v. st., što zadovoljava potreban minimum.



Slika 14. Piezometarske visine u mreži za vrijeme simulacije požara u blizini hidranta NH3.

### 2.1.7. Usporedba podataka

Zaključno, prikazani su podaci piezometarskih visina u analiziranim hidrantima za vrijeme strujanja vode potrebne isključivo za gašenje požara, te podaci piezometarskih visina za vrijeme gašenja požara i opskrbljivanja stanovništva vodom. Zbog veće količine vode (protoka) u promatranoj mreži za vrijeme tečenja vode za gašenje požara i opskrbljivanja stanovništva, dolazi do većih brzina i gubitaka u cjevovodu i samim time i piezometarska visina opada. U Tablici 6 prikazane su piezometarske visine za vrijeme potrošnje vode za gašenje požara i za vrijeme potrošnje vode radi opskrbljivanja stanovništva vodom zajedno s gašenjem požara.

Tablica 6. Usporedba piezometarskih visina u hidrantima.

hidranti	piezometarske visine za vrijeme gašenja požara (m v. st.)	piezometarske visine za vrijeme gašenja požara i opskrbe vodom (m v. st.)
NH1	46,29	45,97
NH2	58,48	58,12
NH3	32,56	32,41

## 2.2. Hidraulički proračun kanalizacijske mreže

Kanalizacijska mreža, odnosno sanitarni kolektor, treba biti projektiran tako da omogućuje nesmetanu odvodnju otpadnih voda u svakom trenutku [7]. Ukupne količine sanitarne otpadne vode u hidrauličkom proračunu moraju biti jednake proračunatoj maksimalnoj satnoj količini otpadnih voda stanovništva i privatnog smještaja. Režim je tečenja u projektiranom sanitarnom kolektoru sa slobodnim vodnim licem (tečenje pod djelovanjem gravitacije). Režim tečenja, osim slobodnim vodnim licem, u kanalizacijskoj mreži također može biti pod tlakom. Primjenjuje se u slučajevima kada nije moguće izvesti gravitacijsko tečenje zbog topografskih karakteristika terena.

### 2.2.1. Količina otpadnih voda

Određeno je projektno razdoblje  $R_p$  u trajanju od 20 godina. Projektno je razdoblje vremenski period za koji se planira sustav te period u kojem će sustav, uz pravilno upravljanje i redovito održavanje, ostvarivati svoju predviđenu funkciju [7].

Projektno razdoblje ovisi o sljedećim faktorima: (I) vijeku trajanja pojedinih objekata i opreme kanalizacijskog sustava (vijek trajanja pojedinih elemenata kanalizacijskog sustava propisan je zakonom), (II) mogućnosti potrebe za proširenjem objekata kanalizacijskog sustava (faznost gradnje), (III) ponašanju sustava u početnom razdoblju korištenja i (IV) porastu broja stanovnika i potrošnje, ukupnoj investiciji te promjeni vrijednosti novca. Analizu mjerodavnih količina otpadne vode potrebno je provesti za svaku kategoriju potrošača: (I) za sanitarne (kućanske) vode, (II) za industrijske vode i (III) za oborinske vode. U slučaju spomenutog kolektora mjerodavna količina  $Q_{uk}$  sadrži sanitarne i oborinske vode. Za proračun mjerodavne količine potrebno je poznavati: specifičnu potrošnju vode  $q_{sp}$  i broj stanovnika  $N_k$  [7].

Specifična potrošnja vode  $q_{sp}$  ovisi o stupnju sanitarno tehničke opremljenosti stana, kvaliteti i cijeni vode, uređenju naselja, postojanju kanalizacije, klimatskim prilikama. U Tablici 7 je prikazana specifična potrošnja vode prema međunarodnim iskustvima [7].

*Tablica 7. Količina otpadnih voda u kućanstvu [7].*

<b>tip otpadnih voda</b>	<b>količina (l/s)</b>
kuhinjske	od 20 do 40
sanitarne	od 35 do 95
tuševi	od 35 do 105
otpadne vode	od 30 do 60
ukupno	od 120 do 300

Najčešće se naselja računaju kao cjeline, pa se koriste podaci o otpadnim količinama koje uključuju kućanske otpadne vode, vode iz ustanova, servisa i sitne industrije ukupno izražene u l/dan po stanovniku. U prosjeku se uzima da količina otpadne vode po stanovniku iznosi 80-95% opskrbe norme (specifične potrošnje vode). U europskim se gradovima koristi koeficijent umanjenja  $k=0,95$  [7].

U proračunu količina otpadnih voda se također uzimaju u obzir koeficijenti neravnomjernosti prikazani u Tablici 8. Umnoškom srednje dnevne količine otpadnih voda i koeficijenta najveće dnevne neravnomjernosti dobiva se maksimalna dnevna količina otpadnih voda. Umnoškom maksimalne satne neravnomjernosti i maksimalne dnevne količine dobiva se maksimalna satna količina.

Tablica 8. Koeficijenti dnevne i satne neravnomjernosti [7].

kategorija potrošača	$k_{max.dn.}$	$k_{min.dn.}$	$k_{max.sat.}$	$k_{min.sat.}$
naselja seoskog tipa	2,00	0,10	3,00	0,20
naselja mješovitog tipa	1,70	0,50	2,40	0,10
<b>naselja gradskog tipa</b>				
do 10 000 stanovnika	1,50	0,60	1,80	0,25
od 10 do 50 000 stanovnika	1,40	0,65	1,60	0,30
od 50 do 100 000 stanovnika	1,30	0,70	1,50	0,30
preko 100 000 stanovnika	1,25	0,70	1,40	0,35
<b>turistički objekti</b>				
hotel A kategorija	1,40	0,60	2,50	0,25
ostale kategorije	1,60	0,60	2,20	0,25
privatni smještaj	1,80	0,50	2,20	0,25
kampovi	2,00	0,40	2,30	0,00
bolnice	1,50	0,60	2,20	0,00

Za stanovništvo, odnosno korisnike sanitarnog kolektora izračunat je konačni broj stanovnika na području naselja Drage, ulice Briga. Prognozirani broj stanovnika računa se prema izrazu:

$$N_k = N_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{R_p} = 20 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{20} = 25 \text{ stanovnika} \quad (44)$$

gdje je:

$N_k$	konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (/),
$N_0$	sadašnji broj stanovnika (/),
$p$	godišnji postotak prirasta stanovništva (%),
$R_p$	projektno razdoblje za koje se projektira sustav (godine).

Srednja dnevna količina otpadne vode za stanovništvo  $Q_{sr.stan.}$  određuje se prema izrazu:

$$Q_{sr.stan.} = q_{sp} \cdot N_k = 150 \cdot 25 = 3750 \text{ l/dan} \quad (45)$$

gdje je:

$Q_{sr.stan.}$	srednja dnevna količina za stanovništvo (l/dan),
$q_{sp}$	specifična količina vode za naselje Dragu (l/stan/dan),
$N_k$	konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (/).

Srednja dnevna količina otpadne vode za privatni smještaj  $Q_{sr.pr.smj.}$  određuje se prema izrazu:

$$Q_{sr.pr.smj.} = q_{sp} \cdot N_k = 300 \cdot 5 = 1500 \text{ l/dan} \quad (46)$$

gdje je:

$Q_{sr.pr.smj.}$  srednja dnevna količina vode za privatni smještaj (l/dan),  
 $q_{sp}$  specifična količina vode za naselje Dragu (l/stan/dan),  
 $N_k$  konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja za privatni smještaj (/).

Proračun maksimalne dnevne količine za stanovništvo  $Q_{max.dan.stan.}$  određen je prema izrazu:

$$Q_{max.dan.stan.} = k_{max.dan.stan.} \cdot Q_{sr.stan.} = 1,5 \cdot 3750 = 5625 \text{ l/dan} \quad (47)$$

gdje je:

$Q_{max.dan.stan.}$  maksimalna dnevna količina za stanovništvo (l/dan),  
 $k_{max.dan.stan.}$  koeficijent neravnomjernosti maksimalne dnevne količine za stanovništvo (/),  
 $Q_{sr.stan.}$  srednja dnevna količina za stanovništvo (l/dan).

Proračun maksimalne dnevne količine za privatni smještaj  $Q_{max.dan.pr.smj.}$  određen je prema izrazu:

$$Q_{max.dan.pr.smj.} = k_{max.dan.pr.smj.} \cdot Q_{sr.pr.smj.} = 1,8 \cdot 1500 = 2700 \text{ l/dan} \quad (48)$$

gdje je:

$Q_{max.dan.pr.smj.}$  maksimalna dnevna količina za privatni smještaj (l/dan),  
 $k_{max.dan.pr.smj.}$  koeficijent neravnomjernosti maksimalne dnevne količine za privatni smještaj (/),  
 $Q_{sr.pr.smj.}$  srednja dnevna količina za privatni smještaj (l/dan).



Ukupna maksimalna dnevna količina  $\Sigma Q_{max,dan}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}\Sigma Q_{max,dan} &= Q_{max,dan.stan.} + Q_{max,dan.pr.smj.} \\ &= 5625 + 2700 \\ &= 8325 \text{ l/dan} \\ &= 8,33 \text{ m}^3/\text{dan} \\ &= 0,096 \text{ l/s}\end{aligned}\tag{49}$$

gdje je:

$\Sigma Q_{max,dan}$  ukupna maksimalna dnevna količina (l/dan),  
 $Q_{max,dan.stan.}$  maksimalna dnevna količina za stanovništvo (l/dan),  
 $Q_{max,dan.pr.smj.}$  maksimalna dnevna količina za privatni smještaj (l/dan).

Proračun maksimalne satne količine za stanovništvo  $Q_{max.sat.stan.}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}Q_{max.sat.stan.} &= \frac{k_{max.sat.stan.} \cdot Q_{max,dan.stan.}}{24} \\ &= \frac{1,8 \cdot 5625}{24} \\ &= 421,875 \text{ l/h} \\ &= 0,117 \text{ l/s}\end{aligned}\tag{50}$$

gdje je:

$Q_{max.sat.stan.}$  maksimalna satna količina za stanovništvo (l/h),  
 $k_{max.sat.stan.}$  koeficijent neravnomjernosti najveće satne količine za stanovništvo (/),  
 $Q_{max,dan.stan.}$  maksimalna dnevna količina za stanovništvo (l/dan).

Proračun maksimalne satne količine za privatni smještaj  $Q_{max.sat.pr.smj}$  određen je prema izrazu:

$$\begin{aligned}
 Q_{max.sat.pr.smj} &= \frac{k_{max.sat.pr.smj} \cdot Q_{max.dan.pr.smj}}{24} \\
 &= \frac{2,2 \cdot 2700}{24} \\
 &= 247,5 \text{ l/h} \\
 &= 0,07 \text{ l/s}
 \end{aligned}
 \tag{51}$$

gdje je:

$Q_{max.sat.pr.smj}$  maksimalna satna količina za privatni smještaj (l/s),  
 $k_{max.sat.pr.smj}$  koeficijent neravnomjernosti maksimalne satne količine za privatni smještaj (/),  
 $Q_{max.dan.pr.smj}$  maksimalna dnevna količina za privatni smještaj (l/dan).

Maksimalna satna količina za stanovništvo i privatni smještaj  $Q_{max.sat(st.+pr.smj)}$  određena je prema izrazu:

$$\begin{aligned}
 Q_{max.sat(st.+pr.smj)} &= Q_{max.sat.stan} + Q_{max.sat.pr.smj} \\
 &= 0,34 + 0,07 \\
 &= 0,41 \text{ l/s}
 \end{aligned}
 \tag{52}$$

gdje je:

$Q_{max.sat(st.+pr.smj)}$  maksimalna satna količina za stanovništvo i privatni smještaj (l/s),  
 $Q_{max.sat.stan}$  maksimalna satna količina za stanovništvo (l/s),  
 $Q_{max.sat.pr.smj}$  maksimalna satna količina za privatni smještaj (l/s).

### 2.2.2. Količina oborinskih voda

Određivanje količine oborinskih voda koja dotječe u odvodni sustav predstavlja prepreku za koju je potrebno odrediti maksimalni protok i cjelokupni hidrogram otjecanja. Vršni je protok mjerodavan za dimenzioniranje jedne dionice, a cjelokupni hidrogram za dimenzioniranje objekata koji se nalaze unutar sustava odvodnje. Pojedine komponente u sklopu ciklusa otjecanja ovise o hidrogeološkim i hidrološkim karakteristikama područja [8]. Vršni se protok  $Q_{max}$  proračunava pomoću racionalne metode:

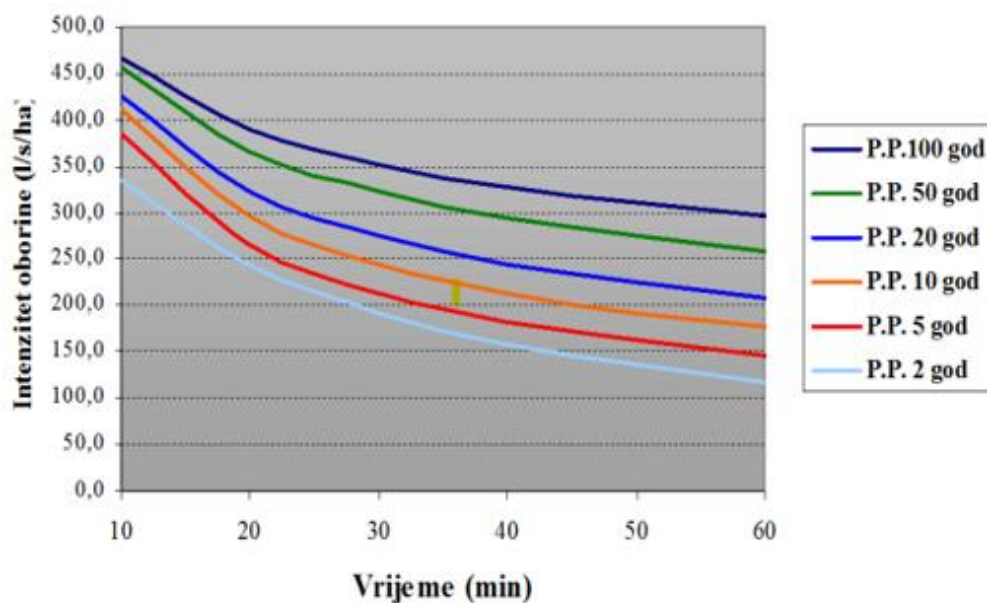
$$Q_{max} = C \cdot i \cdot A \quad (53)$$

gdje je:

- $Q_{max}$  vršni protok (l/s),
- $i$  intenzitet oborina (l/s/ha),
- $C$  koeficijent otjecanja (1),
- $A$  slivna površina (ha).

Racionalna je metoda optimalna za primjenu kod malih slivova površine do 10 km<sup>2</sup>. Ovom se metodom pretpostavlja da je otjecanje u promatranom profilu maksimalno kada cijela površina sudjeluje u njegovom formiranju. Također se pretpostavlja da je u cijelome slivu intenzitet oborina jednak [8].

Vršni se protok prema racionalnoj metodi svodi na određivanje koeficijenta otjecanja  $C$ , intenziteta oborina  $i$ , dobivenog pomoću ITP krivulje za predmetno područje, i površine  $A$ . Intenzitet oborina u funkciji je njihovog trajanja, odnosno vremena koncentracije  $t_c$  i povratnog perioda  $PR$ , koji u ovom projektu iznosi 20 godina povratnog perioda za projektirani sanitarni kolektor [8]. Odnos intenziteta, ponavljanja i trajanja prikazan je ITP krivuljom na Slici 15. U Tablici 9 su prikazani podaci intenziteta oborina za područje grada Rijeke.



Slika 15. ITP krivulja za područje grada Rijeke [9].

Tablica 9. Intenzitet oborina.

vrijeme	povratni period					
	2 god.	5 god.	10 god.	20 god.	50 god.	100 god.
10 min	335,60	384,90	411,40	424,80	457,50	465,80
20 min	245,10	265,10	296,60	322,40	367,00	390,90
30 min	192,40	213,10	245,00	274,30	322,60	352,80
40 min	158,60	182,60	213,90	244,60	294,40	328,10
50 min	135,20	161,90	192,50	223,80	274,20	310,10
60 min	118,00	146,80	176,60	208,20	258,80	296,10

Za proračun treba uzeti u obzir vrijeme koncentracije  $t_c$ , koje je potrebno vrijeme da količina pale oborine s najudaljenije točke sliva dospije do točke opažanja. Ukratko, to je zbroj vremena potrebnog da voda uđe u kanalizaciju i vremena tečenja kanalizacijom [8]. Vrijeme se koncentracije  $t_c$  određuje prema izrazu:

$$t_c = t_1 + t_2 \quad (54)$$

gdje je:

- $t_c$  vrijeme koncentracije (min),
- $t_1$  vrijeme potrebno do ulaska u kanalizaciju (min),
- $t_2$  vrijeme tečenja u oborinskoj kanalizaciji (min).

Vrijeme tečenja u kanalizaciji  $t_2$  računa se prema izrazu:

$$t_2 = \frac{L}{60 \cdot v_{sr}} \quad (55)$$

gdje je:

$t_2$  vrijeme tečenja kroz oborinsku kanalizaciju (min),

$L$  dužina oborinske kanalizacije (cijevi) (m),

$v_{sr}$  brzina tečenja u kanalizacijskoj cijevi (m/s).

Izbor povratnog perioda  $PR$  temelji se na ekomoskoj analizi uspoređivanja šteta i troškova izgradnje. U praksi se uglavnom se koristi sljedeće: sekundarna mreža ( $PR = 1$  godina), glavna mreža ( $PR = 2$  godine), glavni kanal ( $PR = 5$  godina), važni dijelovi grada ( $PR = 5 - 50$  godina). Koeficijent otjecanja  $C$  predstavlja odnos efektivne oborine i ukupne pale oborine na slivno područje. Ono ovisi o karakteristikama područja (Tablica 10) [8].

Tablica 10. Koeficijent otjecanja [8].

vrsta slivne površine	koeficijent otjecanja $C$
metalni krovovi, crijepovi	0,95
obični pokrovi i pokrov ljepenkom	0,9
asfaltni krovovi potpuno pokriveni hodnici	od 0,85 do 0,90
stari, gusto izgrađeni dijelovi grada	od 0,70 do 0,90
kameni ili drveni pločnici bez spojnica	od 0,80 do 0,85
kameni ili drveni pločnici sa spojnicama	od 0,70 do 0,80
drveni ili cementni krovovi	od 0,50 do 0,70
dijelovi grada sa zatvorenom, blokovskom izgradnjom	od 0,50 do 0,70
razne vrste pločnika (mozaik, kamen)	od 0,40 do 0,50
dijelovi grada otvorene izgradnje	od 0,25 do 0,50
kolovozi od tucanika	od 0,25 do 0,45
šljunčani putevi	od 0,15 do 0,30
sportska igrališta	od 0,10 do 0,25
neizgrađene površine	od 0,10 do 0,15
parkovi, zelene površine, vrtovi, livade, oranice i sl.	od 0,05 do 0,10
šumske površine koje se odvodnjavaju prema gradu	od 0,01 do 0,10

Za predmetni sanitarni kolektor uzeti su u obzir potrošači, odnosno slivna površina u koju ulazi stanovništvo za sanitarne otpadne vode. Slivna površina  $A$  za mješoviti sustav kolektora jednaka je 0,2 hektara (ha).

### 2.2.3. Dimenzioniranje cjevovoda

Za dimenzioniranje kolektora za ulazni podatak je potrebno imati protok, koji je u ovom slučaju jednak zbroju protoka oborinskih voda i otpadnih sanitarnih voda [9]. Određivanje pada kolektora  $I_{kol}$  računa se prema izrazu:

$$I_{kol} = \frac{H_{p.k.} - H_{k.k.}}{L_{dionice}} = \frac{158,30 - 152,34}{32,61} \cdot 1000 = 0,183 \cdot 1000 = 183 \text{ ‰} \quad (56)$$

gdje je:

- $I_{kol}$  pad kolektora (‰),
- $H_{p.k.}$  kota kolektora na početku (m n. m.),
- $H_{k.k.}$  kota kolektora na kraju (m n. m.),
- $L_{dionice}$  ukupna duljina dionice (m).

Prethodnim idejnim projektom predmetnog područja odabran je profil DN 250 mm kao optimalan promjer za kolektor. Nadalje, potrebno je odrediti minimalni i maksimalni pad kolektora. Provjera pada kolektora računa se prema izrazima:

$$I_{min} = \frac{1}{D(\text{mm})} \cdot 1000 = \frac{1}{250} \cdot 1000 = 4 \text{ ‰} \quad (57)$$

$$I_{max} = \frac{1}{D(\text{cm})} \cdot 1000 = \frac{1}{25} \cdot 1000 = 40 \text{ ‰} \quad (58)$$

$$I_{min} < I_{kol} < I_{max}$$

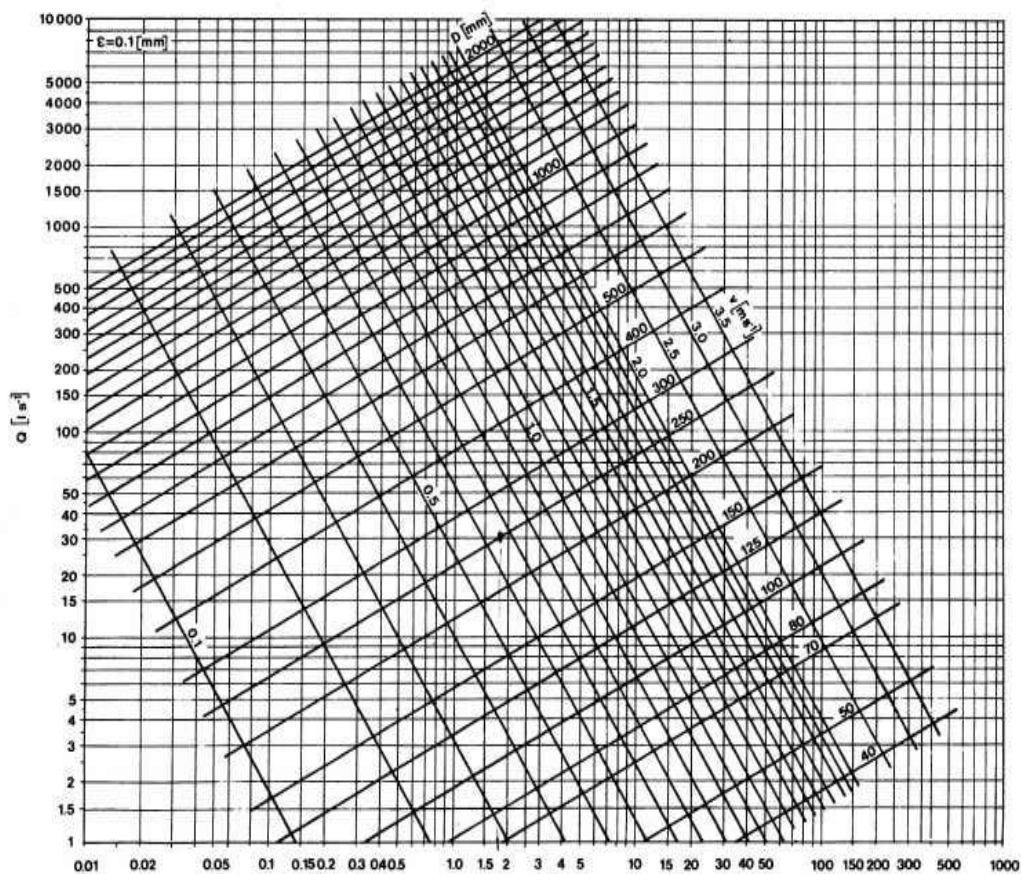
$$4 \text{ ‰} < 183 \text{ ‰} > 40 \text{ ‰}$$

uvjet nije ispunjen

gdje je:

- $I_{min}$  minimalni dopušteni pad (‰),
- $I_{max}$  maksimalni dopušteni pad (‰),
- $D$  profil cijevi izražen u milimetrima (mm),
- $D$  profil cijevi izražen u centimetrima (cm),
- $I_{kol}$  pad kolektora (‰).

U ovom je slučaju pad kolektora prevelik. Stoga je potrebno usvojiti maksimalni dopušteni pad te tim novim padom i prethodno izračunatim ukupnim protokom  $Q_{uk} = 70,66$  l/s u nomogramu (Slika 16) odabrati profil ili provjeriti zadovoljava li prijašnji profil. Prema nomogramu, ustanovljeno je kako je trenutni profil DN 250 mm optimalan za projektiranu dionicu kolektora.



Slika 16. Nomogram [9].

Nagib kolektora U <sup>‰</sup>	cm																									
	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130													
	V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>		V <sub>ppr.</sub>													
I/s m/s	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>	C <sub>ppr.</sub>													
	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>	V <sub>ppr.</sub>													
0.2					59.6	0.30	97	0.34	148	0.38	207	0.41	283	0.45	373	0.48	480	0.51	603	0.53	745	0.56				
0.25				37.2	0.30	67.2	0.34	109	0.39	163	0.42	233	0.46	317	0.50	419	0.53	539	0.57	677	0.60	835	0.63			
0.3			19.1	0.27	40.9	0.33	74	0.38	120	0.42	180	0.47	256	0.51	349	0.55	461	0.59	592	0.62	744	0.66	913	0.69		
0.4		13.6	0.28	22.2	0.31	47.6	0.38	86	0.44	139	0.49	209	0.54	297	0.59	406	0.64	534	0.68	688	0.72	862	0.76	1064	0.80	
0.5		15.3	0.31	24.9	0.35	53.5	0.43	96.5	0.49	156	0.55	234	0.61	333	0.66	454	0.71	599	0.76	769	0.81	967	0.86	1192	0.90	
0.6	9.5	0.3	16.9	0.34	27.4	0.39	58.8	0.47	106	0.54	172	0.61	258	0.67	366	0.73	499	0.78	658	0.84	845	0.89	1061	0.94	1309	0.99
0.8	10.8	0.35	19.6	0.40	31.9	0.45	68.3	0.54	123	0.63	199	0.70	299	0.78	424	0.84	578	0.91	762	0.97	975	1.03	1229	1.09	1518	1.14
1	12.2	0.39	21.1	0.43	35.8	0.51	76.6	0.61	138	0.70	223	0.79	335	0.87	476	0.95	646	1.02	854	1.09	1096	1.15	1377	1.22	1698	1.28
1.25	13.7	0.44	24.8	0.51	40.2	0.57	85.9	0.68	155	0.79	250	0.88	375	0.97	533	1.06	726	1.14	957	1.22	1228	1.29	1543	1.37	1902	1.43
1.5	15.1	0.48	27.2	0.55	44.1	0.62	94.4	0.75	170	0.87	275	0.97	412	1.07	585	1.16	797	1.25	1050	1.34	1348	1.42	1692	1.50	2087	1.57
2	17.5	0.56	31.6	0.64	51.2	0.72	109	0.87	197	1.00	318	1.13	477	1.24	677	1.35	922	1.45	1215	1.55	1559	1.64	1958	1.73	2414	1.82
2.5	19.6	0.62	35.4	0.72	57.4	0.81	123	0.98	221	1.13	356	1.26	534	1.39	758	1.51	1033	1.62	1361	1.73	1746	1.84	2192	1.94	2703	2.04
3	21.5	0.69	38.9	0.79	63	0.89	135	1.07	242	1.23	391	1.38	586	1.52	832	1.66	1133	1.78	1492	1.90	1915	2.02	2404	2.13	2964	2.23
4	25	0.8	45.1	0.92	73	1.03	156	1.24	280	1.43	453	1.60	678	1.76	962	1.91	1310	2.06	1726	2.20	2215	2.33	2780	2.46	3427	2.58
5	28	0.89	50.6	1.03	81.8	1.16	175	1.39	314	1.60	507	1.79	759	1.97	1077	2.14	1467	2.31	1932	2.46	2479	2.61	3112	2.75	3835	2.89
6	30.8	0.98	55.5	1.13	89.8	1.27	192	1.53	344	1.75	556	1.97	833	2.17	1181	2.35	1608	2.53	2118	2.70	2718	2.86	3411	3.02	4204	3.17
7	33.3	1.06	60	1.22	97.1	1.37	207	1.65	372	1.90	601	2.13	900	2.34	1277	2.54	1738	2.73	2288	2.92	2937	3.08	3667	3.26	4544	3.43
8	35.6	1.13	64.2	1.31	104	1.47	222	1.77	398	2.03	643	2.28	963	2.50	1366	2.72	1859	2.92	2449	3.12	3142	3.31	3943	3.49	4860	3.66
10	39.9	1.27	72	1.47	118	1.67	248	1.97	446	2.27	720	2.55	1078	2.80	1529	3.04	2080	3.27	2740	3.49	3515	3.70	4412	3.90	5433	4.10
12	43.8	1.39	78.9	1.61	128	1.81	274	2.18	489	2.49	788	2.79	1181	3.07	1678	3.34	2280	3.59	3004	3.83	3853	4.06	4836	4.28	5960	4.49
14	47.3	1.51	85.3	1.74	138	1.95	294	2.34	528	2.70	853	3.02	1277	3.32	1811	3.60	2464	3.88	3246	4.14	4184	4.40	5226	4.62	6440	4.85
16	50.7	1.61	91.3	1.86	148	2.09	315	2.51	565	2.88	912	3.23	1366	3.55	1937	3.86	2636	4.15	3471	4.42	4453	4.69	5588	4.94	6887	5.19
18	53.8	1.71	96.9	1.98	157	2.22	334	2.66	600	3.06	968	3.43	1449	3.77	2055	4.09	2797	4.40	3683	4.69	4724	4.97	5929	5.25		
20	56.7	1.81	102	2.08	165	2.34	362	2.80	633	3.23	1020	3.61	1528	3.97	2167	4.31	2949	4.64	3883	4.95	4981	5.24				
22	59.5	1.9	107	2.18	173	2.45	370	2.95	664	3.38	1071	3.79	1603	4.17	2273	4.52	3093	4.86	4074	5.19						
24	62.2	1.98	112	2.28	181	2.56	386	3.07	694	3.54	1119	3.96	1675	4.35	2375	4.73	3232	5.08								
26	64.8	2.06	117	2.38	189	2.68	402	3.20	722	3.68	1164	4.12	1744	4.53	2473	4.92	3364	5.29								
28	67.3	2.14	121	2.47	196	2.77	417	3.32	750	3.82	1209	4.28	1810	4.71	2566	5.11										
30	69.7	2.22	125	2.55	203	2.87	432	3.44	776	3.95	1251	4.43	1874	4.87												
32	72	2.29	130	2.65	210	2.97	448	3.57	802	4.09	1293	4.58	1935	5.03												
34	74.2	2.38	134	2.73	216	3.06	460	3.66	826	4.21	1333	4.72														
36	76.4	2.43	138	2.81	222	3.14	474	3.77	851	4.34	1371	4.85														
38	78.5	2.5	141	2.87	228	3.23	487	3.88	874	4.45	1409	4.99														
40	80.8	2.58	145	2.96	234	3.31	499	3.97	897	4.57	1445	5.11														
42	82.6	2.63	149	3.04	240	3.40	512	4.08	919	4.68																
44	84.5	2.69	152	3.10	246	3.48	524	4.17	941	4.79																
46	86.4	2.75	158	3.22	252	3.57	536	4.27	962	4.90																
48	88.3	2.81	159	3.24	257	3.64	547	4.36	983	5.01																
50	90.2	2.87	162	3.30	262	3.71	559	4.45																		

Slika 17. Protoci i brzine kod punih profila [9].



$\frac{Q_d}{Q_p}$	$\frac{h}{D}$	$\frac{v_d}{v_p}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{b}{D}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{O}{D}$
0.410	0.445	0.95	0.33781	0.9939	0.2313	1.4606
0.420	0.451	0.96	0.34378	0.9952	0.2334	1.4726
0.430	0.458	0.96	0.35075	0.9965	0.2359	1.4867
0.440	0.464	0.97	0.35673	0.9974	0.2380	1.4987
0.450	0.470	0.97	0.36272	0.9982	0.2401	1.5108
0.460	0.476	0.98	0.36871	0.9988	0.2420	1.5228
0.470	0.482	0.99	0.37470	0.9994	0.2441	1.5348
0.480	0.488	0.99	0.38070	0.9997	0.2461	1.5468
0.490	0.494	1.00	0.38670	0.9999	0.2481	1.5588
0.500	0.500	1.00	0.39270	1.0000	0.2500	1.5708
0.510	0.506	1.00	0.39870	0.9999	0.2519	1.5828
0.520	0.512	0.01	0.40470	0.9997	0.2538	1.5948
0.530	0.519	0.01	0.41169	0.9993	0.2559	1.6088
0.540	0.525	0.02	0.41769	0.9987	0.2577	1.6208
0.550	0.531	0.02	0.42368	0.9981	0.2595	1.6328
0.560	0.537	0.02	0.42967	0.9973	0.2612	1.6449
0.570	0.543	0.03	0.43565	0.9963	0.2629	1.6569
0.580	0.550	0.03	0.44262	0.9950	0.2649	1.6710
0.590	0.556	0.03	0.44858	0.9937	0.2665	1.6830
0.600	0.562	1.04	0.45454	0.9923	0.2681	1.6951
0.610	0.568	1.04	0.46049	0.9907	0.2697	1.7072
0.620	0.575	1.04	0.46742	0.9887	0.2715	1.7214
0.630	0.581	1.05	0.47334	0.9868	0.2731	1.7335
0.640	0.587	1.05	0.47926	0.9847	0.2745	1.7457
0.650	0.594	1.05	0.48614	0.9822	0.2762	1.7599
0.660	0.600	1.05	0.49203	0.9798	0.2776	1.7722
0.670	0.607	1.06	0.49888	0.9768	0.2793	1.7865
0.680	0.613	1.06	0.50473	0.9741	0.2806	1.7988
0.690	0.620	1.06	0.51154	0.9708	0.2821	1.8132
0.700	0.626	1.06	0.51735	0.9677	0.2834	1.8255
0.710	0.633	1.06	0.52411	0.9640	0.2848	1.8400
0.720	0.640	1.07	0.53085	0.9600	0.2862	1.8546
0.730	0.646	1.07	0.53660	0.9564	0.2874	1.8671
0.740	0.653	1.07	0.54328	0.9520	0.2887	1.8818
0.750	0.660	1.07	0.54992	0.9474	0.2900	1.8965
0.760	0.667	1.07	0.55654	0.9426	0.2912	1.9113
0.770	0.675	1.07	0.56406	0.9367	0.2925	1.9284
0.780	0.682	1.07	0.57060	0.9314	0.2936	1.9434
0.790	0.689	1.07	0.57710	0.9258	0.2947	1.9584
0.800	0.697	1.07	0.58448	0.9191	0.2958	1.9758
0.805	0.701	1.08	0.58815	0.9156	0.2964	1.9845
0.810	0.705	1.08	0.59180	0.9121	0.2969	1.9933
0.815	0.709	1.08	0.59544	0.9084	0.2974	2.0020
0.820	0.713	1.08	0.59907	0.9047	0.2979	2.0109
0.825	0.717	1.08	0.60268	0.9009	0.2984	2.0197
0.830	0.721	1.08	0.60628	0.8970	0.2989	2.0286
0.835	0.725	1.08	0.60986	0.8930	0.2993	2.0376
0.840	0.729	1.07	0.61342	0.8890	0.2997	2.0465
0.845	0.734	1.07	0.61785	0.8837	0.3002	2.0578
0.850	0.738	1.07	0.62138	0.8794	0.3006	2.0669
0.855	0.742	1.07	0.62489	0.8751	0.3010	2.0760
0.860	0.747	1.07	0.62925	0.8695	0.3014	2.0875
0.865	0.751	1.07	0.63272	0.8649	0.3018	2.0967
0.870	0.756	1.07	0.63703	0.8590	0.3022	2.1083

Slika 18. Tabelarni prikaz hidrauličkih parametara kanalizacijskih cijevi [9].

Sljedeći je korak za dimenzioniranje kanalizacijskog cjevovoda očitavanje brzine i protoka pri punom profilu kružne kanalizacijske cijevi (Slika 17). Prema odabranom padu kolektora od 40 ‰ i odabranom profilu cjevovoda od 250 mm, protok pri punom profilu  $Q_{ppr}$  iznosi 145 l/s, a brzina u cjevovodu pri punom profilu  $v_{ppr}$  iznosi 2,96 m/s.

Zatim slijedi proračun, odnosno određivanje omjera djelomičnog i punog profila  $h/D$  i omjera djelomične brzine te brzine punog profila  $v_{dj}/v_{ppr}$ . Za određivanje ovih parametara potrebno je imati izračunat omjer ukupnog protoka u kolektoru i protoka pri punom profilu  $Q_{uk}/Q_{ppr}$  kako bi se spomenuti parametri mogli odrediti tablično. Iz Slike 18, za omjer  $Q_{uk}/Q_{ppr} = 70,66/145 = 0,49$ , proizlazi iznos:  $h/D = 0,494$  i  $v_{dj}/v_{ppr} = 1,00$ .

Dobiveni su podaci potrebni za izračun stvarne brzine u kolektoru  $v_{stv}$  i stvarne visine vode u kolektoru  $h_{stv}$ . Stvarna brzina vode u kolektoru računa se prema izrazu:

$$v_{stv} = \frac{v_{dj}}{v_{ppr}} \cdot v_{ppr} = 1 \cdot 2,96 = 2,96 \text{ m/s} \quad (59)$$

gdje je:

$v_{stv}$	stvarna brzina u kolektoru (m/s),
$\frac{v_{dj}}{v_{ppr}}$	omjer djelomične brzine i brzine punog profila (/),
$v_{ppr}$	brzina pri punom profilu (m/s).

Stvarna visina vode u kolektoru računa se prema izrazu:

$$h_{stv} = \frac{h}{D} \cdot \Phi_{kol} = 0,494 \cdot 25 = 12,4 \text{ cm} \quad (60)$$

gdje je:

$h_{stv}$	stvarna visina vode u kolektoru (cm),
$\frac{h}{D}$	omjer djelomičnog i punog profila (/),
$\Phi_{kol}$	promjer(profil) kolektora (cm).

Dobivenim rezultatima pokazano je kako su brzina i visina vode u kolektoru zadovoljavajućih vrijednosti. Prema pravilniku, optimalna brzina vode u kanalizacijskoj mreži varira između 0,9 i 3,0 m/s, što znači da je dobivena vrijednost stvarne brzine u kolektoru  $v_{stv}$  zadovoljavajuća. Također potrebno je provjeriti je li stvarna visina vode zadovoljavajuća. Prema pravilniku, preporučena vrijednost visine punjenja kanala  $h_{vp}$  je izračunata prema izrazu:

$$h_{vp} = 0,6 \cdot D = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ cm} \quad (61)$$

gdje je:

$h_{vp}$  visina punjenja kanala (cm),  
 $D$  promjer cjevovoda (cm).

Stvarna je visina punjenja  $h_{stv}$  manja od maksimalne visine punjenja  $h_{vp}$  za promjer od 250 milimetara. Stoga je i ona zadovoljavajuća. Važno je napomenuti kako je potrebno imati slobodan prostor iznad proračunske stvarne visine punjenja zbog održavanja slobodnog tečenja, sprječavanja nastanka zračnih jastuka te zbog toga što navedeni prostor služi kao ventilacija i rezerva. U Tablici 11 prikazan je hidraulički proračun sanitarne otpadne vode i oborinske vode. U Tablici 12 prikazano je dimenzioniranje sanitarnog kolektora.

Tablica 11. Hidraulički proračun sanitarne i oborinske vode.

sanitarne vode	ukupni protok	$Q_{vl.san.}$ (l/s)	10	0,186
	specifična potrošnja po metru dužnom	$q_{spec}$ l/s/m'	9	0,006
oborinska voda	ukupni protok	$Q_{uk.ob.}$ (l/s)	8	70,48
	intenzitet	$i$ (l/s/ha)	7	335,6
	vrijeme koncentracije	$t_c$ (min)	6	10,18
		$t_2$ (min)	5	0,18
		$t_1$ (min)	4	10
	koeficijent otjecanja	$C$	3	0,7
	pripadna površina	$A$ (ha)	2	0,21
dužina dionice	$L$ (m)	1	32,61	
dionica od RO1 do RO2				

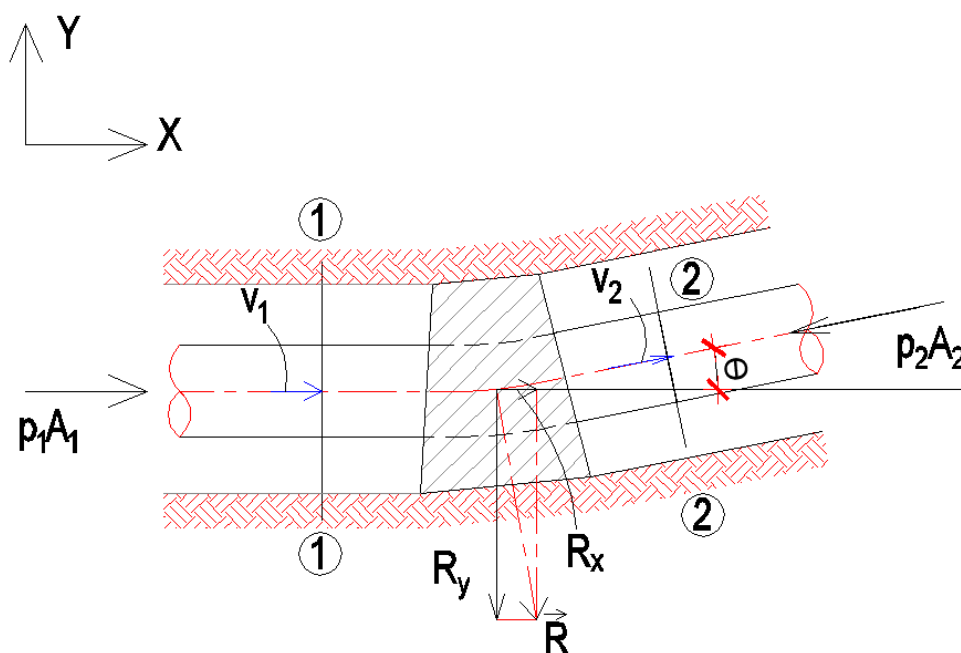
Tablica 12. Dimenzioniranje kolektora.

dimenzioniranje kolektora	suhi dotok	$v_{stv}$ (m/s)	25	0,5
		$h_{stv}$ (cm)	24	0,58
		$v_{dj}/v_{ppr}$ (/)	23	0,17
		$h/D$ (/)	22	0,023
		$Q_{uk.san}/Q_{ppr}$ (/)	21	0,001
	oborinski dotok	$v_{stv}$ (m/s)	20	2,96
		$h_{stv}$ (cm)	19	12,35
		$v_{dj}/v_{ppr}$ (/)	18	1
		$h/D$ (/)	17	0,494
		$Q_{uk}/Q_{ppr}$ (/)	16	0,487
	brzina punog profila	$v_{ppr}$ (m/s)	15	2,96
	protok punog profila	$Q_{ppr}$ (l/s)	14	145
	promjer cijevi	$\phi_{kol}$ (cm)	13	25
	pad dna kanala	$I_{kol}$ (‰)	12	6,37
	ukupni protok	$Q_{uk}$ (l/s)	11	70,66

### 2.3. Statički proračun uporišnih blokova

Analiza opterećenja uporišnih blokova provodi se u svrhu kvantifikacije rezultantne sile na horizontalnim i vertikalnim koljenima trase cjevovoda te se provodi primjenom zakona očuvanja količine gibanja. Koljeno predstavlja kut skretanja trase cjevovoda zbog kojeg dolazi do promjene pravca kretanja vode. Proračun se svodi na definiranje komponenti  $R_x$  i  $R_y$  rezultantne sile  $\vec{R}$ . Za slučaj horizontalnog koljena cjevovoda, komponente  $R_x$  i  $R_y$  su položene u horizontalnoj ravnini (okomitoj na vektor ubrzanja sile teže  $\vec{g}$ ) te su za slučaj vertikalnog koljena položene u vertikalnoj ravnini (kroz koju prolazi vektor gravitacijskog ubrzanja  $\vec{g}$ ).

U svrhu određivanja komponenti  $R_x$  i  $R_y$ , postavljaju se jednadžbe očuvanja količine gibanja za  $x$  smjer koordinatne osi, koja leži u toj ravnini, i za  $y$  smjer ortogonalne koordinatne osi u istoj ravnini. Korisno je promotriti generički slučaj sidrenog bloka prikazan na Slici 19.



Slika 19. Prikaz koljena trase cjevovoda i svih veličina.

Koristeći oznake sa slike 19, mogu se opisati jednadžbe očuvanja količine gibanja za  $x$  i  $y$  komponentu brzine toka. Dimenzije bloka određuju se tako da se da se spriječe deformacije cijevi na mjestima gdje se mijenja pravac kretanja, u kojem djeluje reaktivna sila  $\vec{R}$  koja nastaje uslijed promjene količine gibanja. Cijev je istog poprečnog presjeka prije i nakon koljena, no brzina toka mijenja smjer. Stoga je potrebno odrediti reaktivnu silu  $\vec{R}$  primjenom drugog Newtonovog zakona:

$$m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = \Sigma \vec{f} \quad (62)$$

gdje je:

- $m$  masa tijela (kg),
- $d\vec{v}$  promjena brzine (m/s),
- $dt$  promjena vremena (s),
- $\Sigma \vec{f}$  suma sila (N).

Na desnoj strani prikazuju se sve komponente sila (suma komponenta sila) koje uzrokuju promjenu količine gibanja, a na lijevoj strani narednih jednadžbi navodi se primjena količine gibanja u jedinici vremena za pripadajući smjer komponente brzine toka [10]. Primjena jednadžbe drugog Newtonovog zakona za taj slučaj toka u cijevima će za  $x$  smjer koordinatnog sustava rezultirati jednadžbom:

$$x: \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot \cos \theta - v_1) = p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2 \cdot \cos \theta + R_x \quad (63)$$

gdje je  $x$  smjer koaksijalan s osi cijevi profila 1, dok će za  $y$ -os koordinatnog sustava vrijediti jednadžba:

$$y: \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot \sin \theta - 0) = -p_2 \cdot A_2 \cdot \sin \theta - R_y \quad (64)$$

gdje je:

- $p_1$  tlak ispred koljena cjevovoda (Pa),
- $p_2$  tlak nakon koljena cjevovoda (Pa),
- $A_1$  površina poprečnog presjeka cijevi ispred koljena cjevovoda (m<sup>2</sup>),
- $A_2$  površina poprečnog presjeka cijevi nakon koljena cjevovoda (m<sup>2</sup>),
- $\theta$  kut skretanja trase cjevovoda (°),
- $R_x$   $x$  komponenta rezultantne sile (N),
- $R_y$   $y$  komponenta rezultantne sile (N),
- $\rho$  gustoća vode (kg/m<sup>3</sup>),
- $Q$  protok u stacionranom strujanju (m<sup>3</sup>/s),
- $v_1$  brzina toka ispred koljena (m/s),
- $v_2$  brzina toka nakon koljena (m/s).

Nakon uređivanja jednadžbi, nepoznate se komponente sile  $R_x$  i  $R_y$  mogu izlučiti u eksplicitnom obliku prema izrazu:

$$R_x = \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot \cos \theta - v_1) - p_1 \cdot A_1 + p_2 \cdot A_2 \cdot \cos \theta \quad (65)$$

$$R_y = -p_2 \cdot A_2 \cdot \sin \theta - \rho \cdot Q \cdot (v_2 \cdot \sin \theta - 0) \quad (66)$$

U konačnosti, rezultantna sila  $\vec{R}$  određuje se prema izrazu:

$$\vec{R} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (67)$$

gdje je:

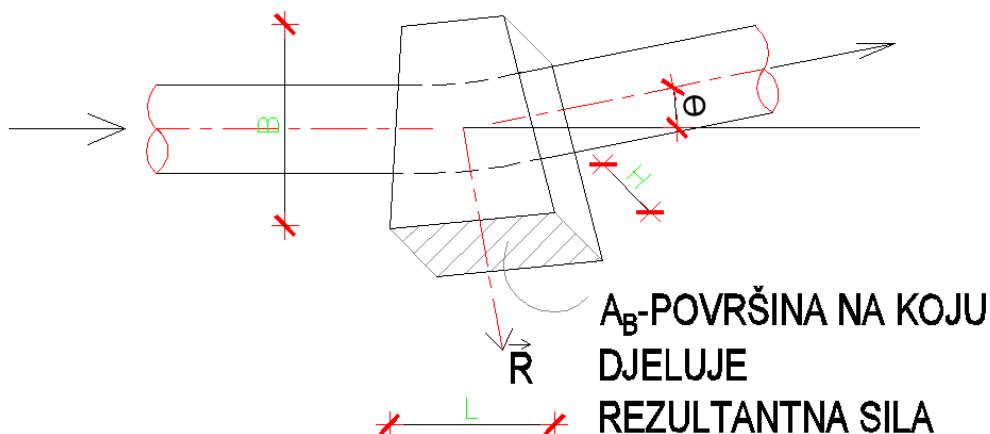
$\vec{R}$  rezultantna sila (N).

Rezultantna sila, uz statičko opterećenje, prenosi se na bočni vanjski dio uporišnog bloka, koji stabilizira cjevovod u koljenu pri djelovanju rezultantne sile  $\vec{R}$ . Potrebno je uzeti u obzir i dodirnu plohu između uporišnog bloka i temeljnog tla, za koje se uzimaju dopuštena naprezanja u tlu. U tu se svrhu prilaže Tablica 13, na kojoj su navedena dopuštena naprezanja za različite vrste tla. Koristeći podatke s priložene tablice o dopuštenim naprezanjima  $\sigma_T$  i izračunate rezultantne sile  $\vec{R}$ , moguće je odrediti dodirnu površinu uporišnog bloka  $A_b$  na konkavnoj strani cjevovoda. Površina koja se računa prikazana je na Slici 20.

*Tablica 13. Dopuštena naprezanja ovisno o vrsti tla [11].*

nevezana tla (šljunak, pijesak)	$\sigma_{dop,tla} = 100 \text{ kN/m}^2$
vezana tla (ilovača, lapor)	$\sigma_{dop,tla} = 80 \text{ kN/m}^2$
vezana tla (šluf ili mršava glina, teško gnječiva glina)	$\sigma_{dop,tla} = 40 \text{ kN/m}^2$





Slika 20. Shema uporišnog betonskog bloka u koljenu cjevovoda.

Pritom, u svrhu uvođenja faktora sigurnosti, resultantna sila  $\vec{R}$  uvećava se za 20%. Osim toga, za naprezanje je uzet, zbog nepoznatih karakteristika tla (nema podataka o geotehničkim istražnim radovima) najnepovoljniji slučaj tla. To je glineno tlo (vezana tla) umanjeno za 30 % dopuštena iznosa naprezanja, zbog strane sigurnosti pri dimenzioniranju. Uzima se u obzir da je ploha rova potpuno glatka, što u realnosti nije. Pri djelovanju sile na koljenu cjevovoda dolazi do pružanja otpora uporišnog bloka, koji je upravo i dimenzioniran za to, no svejedno dolazi do pojave pomaka u smjeru djelovanja resultantne sile. Osim uporišnog bloka, otpor pruža i hrapavost tla, u kojoj dolazi do sile trenja koja ima smjer suprotan magnitudi resultantne sile. Međutim, u tom slučaju te sile nisu uzete u obzir upravo iz razloga jer imaju povoljno djelovanje (idu u korist stabilnosti bloka) na proračun površine. Stoga, može se reći kako površina uporišnog bloka  $A_b$  predstavlja dovoljnu veličinu kako bi koljeno u cjevovodu bilo stabilno i kako bi dimenzije bloka bile zadovoljavajuće. Time rečeno, površina bloka  $A_b$  se računa prema izrazu:

$$A_{b,min} = \frac{1,2 \cdot \vec{R}}{\sigma_T} \quad (68)$$

gdje je:

$A_{b,min}$  površina naslanjanja sidrenog bloka na tlo (m<sup>2</sup>),

$\vec{R}$  resultantna sila (N),

$\sigma_T$  dopušteno naprezanje u tlu (N/m<sup>2</sup>).

S poznatom minimalnom površinom oslanjanja  $A_{b,min}$ , određuje se volumen sidrenog bloka koji mora biti takav da rezultirajuća sila teža sidrenog bloka  $m \cdot \vec{g}$ , gdje je  $m$  masa sidrenog bloka jednaka umnošku gustoće i volumena uporišnog bloka, bude barem 20% veća od resultantne sile  $\vec{R}$ . Kratka napomena, za gustoću betona uporišnog bloka klase C30/37, uzet je iznos približno jednak 3000 kg/m<sup>3</sup>. Povećanje se gustoće postiže korištenjem aditiva za povećanje gustoće i poboljšanjem  $v/c$  (vodocementnog) omjera. Na temelju istraživanja i proizvodnje betona koje provodi Otto i dr., izmjerena je gustoća betona s agregatom magnetita koji imaju  $v/c$  omjer jednak 0,5 i ona iznosi 2,97 g/cm<sup>3</sup>, što je cca. 3000 kg/m<sup>3</sup> [13]. Time rečeno, iz jednakosti  $m \cdot \vec{g} = 1,2 \cdot \vec{R}$  može se odrediti volumen betonskog bloka  $V_b$  prema izrazu:

$$V_b = \frac{1,2 \cdot \vec{R}}{\rho_b \cdot \vec{g}} \quad (69)$$

gdje je:

- $\rho_b$       gustoća betona (kg/m<sup>3</sup>),
- $\vec{R}$         resultantna sila (N),
- $\vec{g}$         gravitacijsko ubrzanje (m/s<sup>2</sup>).

Za slučaj horizontalnih koljena, sidreni blokovi izvode se ugradnjom betona u obliku podloge za MMK fazonske komade te na taj način njihov tlocrtni oblik nije pravokutan, nego trapezan, s duljinom  $L$  većom na konkavnoj strani. Vertikalna će se koljena kompenzirati montažom cijevi. Za početak dimenzioniranja određuje se minimalna širina sidrenog bloka  $B_{min}$  odnosom minimalnog volumena  $V_{b,min}$  i minimalne površine  $A_{b,min}$ . Za minimalnu se širinu  $B_{min}$  zbog praktičnosti izvedbe usvaja širina cijelog rova, koja iznosi 1 metar. Nadalje, proračunate su sile u svim koljenima cijevi unutar podsustava pomoću već objašnjenih izraza za dobivanje protusile koja je okomita na tok vode. Time se određuju visina  $H$  i duljina bloka  $L$  tako da zadovoljava minimalnu potrebnu površinu nalijeganja  $A_{bmin}$  koja je proračunata prijašnjim izrazom (68). Nakon izračuna površine, proračunava se minimalan potreban volumen sidrenog bloka  $V_{b,min}$ , s usvojenom širinom  $B$  u iznosu širine rova, visinom  $H$  i duljinom  $L$ , tako da je veći ili jednak minimalno potrebnom volumenu  $V_{bmin}$ .

U idućim tablicama (od Tablice 14 do Tablice 17) prikazane su stacionaže svih koljena u sustavu vodovoda, sa izračunatim kutovima koljena i ugrađenim MMK fazonskim komadima koji su potrebni ovisno o kutu koljena. Također su prikazane raspoređene stacionaže s odgovarajućim fazonskim komadima, protokom  $Q$  u toj stacionaži, tlakom  $p$  i brzinom strujanja vode  $v$  (Tablica 18). U konačnosti, u idućim tablicama (od Tablice 19 do Tablice 26) prikazani su proračuni betonskih uporišnih blokova za sva koljena cjevovoda. Tako se postavljeni proračunski model može koristiti i za izračun rezultatne sile za slučaj promjene profila cjevovoda, odnosno kod proširenja i redukcija poprečnog presjeka cjevovoda bez prisustva vertikalnog ili horizontalnog koljena trase.

*Tablica 14. Horizontalna i vertikalna koljena cjevovoda VC-1.*

stacionaža	hor. koljeno	ver. koljeno	fazonski komad
0+003,73	19°	-3°	MMK 22°
0+023,75	37°	+1°	MMK22°+MMK11°
0+036,54	21°	+1°	MMK 22°
0+047,64	8°	+2	MMK 11°
0+063,38	15°	+1°	MMK 11°
0+077,32	15°	-4°	MMK 11°
0+093,28	4°	+1°	/

*Tablica 15. Horizontalna koljena cjevovoda VC-2.*

stacionaža	hor. koljeno	ver. koljeno	fazonski komad
0+000,00	4°	+1°	/
0+010,43	9°	/	MMK 11°
0+027,55	17°	+1°	MMK 22°
0+045,34	6°	-3	MMK 11°
0+062,48	11°	-6°	MMK 11°

*Tablica 16. Horizontalna koljena cjevovoda VC-3.*

stacionaža	hor. koljeno	ver. koljeno	fazonski komad
0+021,90	12°	+1°	MMK 11°
0+045,17	1°	-2°	/
0+063,93	5°	+4°	MMK 11°

Tablica 17. Horizontalna koljena cjevovoda VC-4.

stacionaža	horizontalno koljeno	vertikalno koljeno	fazonski komad
0+005,52	11°	-4°	MMK 11°
0+014,77	7°	+6°	MMK 11°
0+025,46	8°	-5°	MMK 11°
0+041,93	27°	-4°	MMK 30°

Tablica 18. Podjela stacionaža koljena u sustavu ovisno o fazonskom komadu, protoku  $Q$ , tlaku  $p$  i brzini strujanja  $v$ .

ogranak VC-1

MMK 11, $Q=10,76$ l/s, $p=6,21$ bar, $v=1,27$ m/s	0+047,64 0+063,38 0+077,32
MMK 22, $Q=10,76$ l/s, $p=6,21$ bar, $v=1,27$ m/s	0+03,72 0+036,54
MMK 22 + MMK 11, $Q=10,76$ l/s, $p=6,21$ bar, $v=1,27$ m/s	0+023,75

ogranak VC-2

MMK 11, $Q=10,20$ l/s, $p=4,6$ bar, $v=1,27$ m/s	0+010,43 0+045,34 0+062,48
MMK 22, $Q=10,20$ l/s, $p=4,6$ bar, $v=1,27$ m/s	0+027,55

ogranak VC-3

MMK 11, $Q=10,20$ l/s, $p=5,81$ bar, $v=1,27$ m/s	0+021,90 0+063,93
---	----------------------

ogranak VC-4

MMK 11, $Q=10,13$ l/s, $p=3,21$ bar, $v=5,10$ m/s	0+05,52; 0+014,77; 0+025,46
MMK 30, $Q=10,13$ l/s, $p=3,21$ bar, $v=5,10$ m/s	0+041,93

Tablica 19. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+003,72.

ogranak VC-1	odabran komad MMK 22		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	22	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	621300	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	621300	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,01076	m <sup>3</sup> /s
komponenta x	$R_x$	-356,1	N
komponenta y	$R_y$	-1832,15	N
magnituda rezultantne sile	$\vec{R}$	1866,4	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
minimalna površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,07	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000	kg/m <sup>3</sup>
minimalni volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,07	m <sup>3</sup>
minimalna potrebna širina bloka	$B_{min}$	1,03	m
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,30	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,09	m <sup>3</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,09	m <sup>3</sup>

Tablica 20. Proračun uporišnog bloka 0+023,75.

ogranak VC-1	odabran komad MMK 22+MMK 11		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	33	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	621300	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	621300	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,01076	m <sup>3</sup> /s
komponenta x	$R_x$	-789,0	N
komponenta y	$R_y$	-2663,76	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	2778,2	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
minimalna površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,11	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000,00	kg/m <sup>3</sup>
minimalni volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,11	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,03	m
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,40	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,12	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,12	m <sup>3</sup>

Tablica 21. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+047,64.

ogranak VC-1	odabran komad MMK 11		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	11	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	617000	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	617000	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,01076	m <sup>3</sup> /s
komponenta x	$R_x$	-89,2	N
komponenta y	$R_y$	-926,78	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	931,1	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
minimalna površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,04	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000,00	kg/m <sup>3</sup>
minimalni volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,04	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,03	m
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,20	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,06	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,06	m <sup>3</sup>

Tablica 22. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+010,43.

ogranak VC-2	odabran komad MMK 11		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	11	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	459700	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	459700	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,0102	m <sup>3</sup> /s
komponenta x	$R_x$	-66,5	N
komponenta y	$R_y$	-691,03	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	694,2	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
proračunska površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,03	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000,00	kg/m <sup>3</sup>
minimalan volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,11	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,00	m
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m <sup>2</sup>
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,4	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,12	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,12	m <sup>3</sup>



Tablica 23. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+027,55.

ogranak VC-2	odabran komad MMK 22		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	22	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	459700	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	459700	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,0102	m <sup>3</sup> /s
komponenta $x$	$R_x$	-263,7	N
komponenta $y$	$R_y$	-1356,67	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	1382,1	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
površina nalijeganja	$A_{bmin}$	0,054	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	9,81	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3540,00	kg/m <sup>3</sup>
potreban volumen uporišnog bloka	$V_{bmin}$	0,048	m <sup>3</sup>
potrebna površina nalijeganja	$B_{min}$	0,89	m <sup>2</sup>
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,18	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,054	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,054	m <sup>3</sup>

Tablica 24. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+021,90.

ogranak VC-3	odabran komad MMK 11		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	11	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	581200	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	581200	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00785	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00785	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,1	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,1	m
brzina prije koljena	$v_1$	1,27	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	1,27	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,0102	m <sup>3</sup> /s
komponenta $x$	$R_x$	-84,1	N
komponenta $y$	$R_y$	-873,02	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	877,1	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
proračunska površina nalijeganja	$A_{bmin}$	0,034	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000	kg/m <sup>3</sup>
potreban volumen uporišnog bloka	$V_{bmin}$	0,035	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,03	m <sup>2</sup>
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,30	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,20	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,06	m
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,06	m <sup>3</sup>

Tablica 25. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+005,52.

ogranak VC-4	odabran komad MMK 11		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	11	°
gustoća betona	$\rho_b$	2400	kg/m <sup>3</sup>
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	324100	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	324100	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00196	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00196	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,05	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,05	m
brzina prije koljena	$v_1$	5,1	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	5,1	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,01013	m <sup>3</sup> /s
komponenta $x$	$R_x$	-12,6	N
komponenta $y$	$R_y$	-131,22	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	131,8	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	30769,23	N/m <sup>2</sup>
proračunska površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,01	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000,00	kg/m <sup>3</sup>
potreban volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,01	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,03	m <sup>2</sup>
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,20	m
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,10	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,02	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,02	m <sup>3</sup>

Tablica 26. Proračun uporišnog bloka na stacionaži 0+041,93.

ogranak VC-4	odabran komad MMK 30		
	oznaka	iznos	mjerna jedinica
kut zaokreta	$\theta$	30	°
gustoća vode	$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>
tlak ispred koljena	$p_1$	324100	Pa
tlak nakon koljena	$p_2$	324100	Pa
površina ispred koljena	$A_1$	0,00196	m <sup>2</sup>
površina nakon koljena	$A_2$	0,00196	m <sup>2</sup>
promjer cijevi ispred koljena	$D_1$	0,05	m
promjer cijevi nakon koljena	$D_2$	0,05	m
brzina prije koljena	$v_1$	5,1	m/s
brzina nakon koljena	$v_2$	5,1	m/s
protok pri stacionarnom strujanju	$Q$	0,01013	m <sup>3</sup> /s
komponenta x	$R_x$	-92,15	N
komponenta y	$R_y$	-343,85	N
rezultantna sila	$\vec{R}$	356,0	N
dopušteno opterećenje tla	$\sigma_T$	100000	N/m <sup>2</sup>
površina nalijeganja	$A_{b,min}$	0,004	m <sup>2</sup>
gravitacijsko ubrzanje	$g$	10,00	m/s <sup>2</sup>
gustoća betona (C30/37)	$\rho_b$	3000,00	kg/m <sup>3</sup>
minimalan volumen uporišnog bloka	$V_{b,min}$	0,02	m <sup>3</sup>
minimalna širina uporišnog bloka	$B_{min}$	1,03	m
odabrana visina uporišnog bloka	$H$	0,20	m <sup>2</sup>
odabrana duljina uporišnog bloka	$L$	0,10	m
odabrana širina uporišnog bloka	$B$	1,00	m
odabrana površina nalijeganja	$A_b$	0,02	m <sup>2</sup>
odabran volumen uporišnog bloka	$V$	0,02	m <sup>3</sup>

#### 2.4. Statički proračun okana

Za statičke je proračune, osim koljena u cjevovodu, potrebno izvesti i proračun vodovodnih okana unutar vodoopskrbnog sustava. Vodovodni sustav sadrži tri okna: VO1 okno na stacionaži 0+000,00, VO2 okno na stacionaži 0+085,07 i VO3 na stacionaži 0+093,28. Proračun spomenutih okana provodi se u programu Toweru. Okno VO1 postojeće je okno te nije potrebno izvoditi novo pri rekonstrukciji vodoopskrbnog cjevovoda, iz tog razloga nije ni potreban statički proračun za postojeću konstrukciju. Predmet ovog dijela projekta je proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti nosivih novih konstrukcija vodoopskrbnog sustava Drage. To su okno VO2 tlocrtnih svjetlih dimenzija 1,2·1,2 m i okno VO3 tlocrtnih svjetlih dimenzija 1,2·1,4 m. Svijetla visina obaju okana iznosi 1,90 metara.

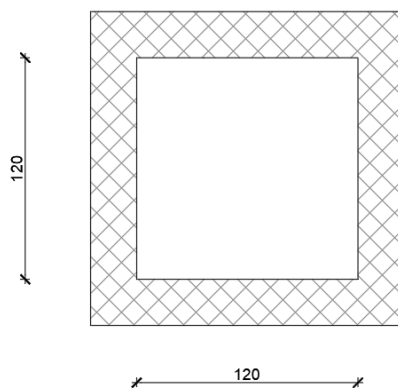
U konstruktivnom smislu navedene konstrukcije krute su građevine koje se sastoje od armiranobetonskih vertikalnih zidova, koji zajedno s pločom čine cjelinu otpornu na djelovanja vertikalnih i horizontalnih opterećenja. Horizontalna nosiva konstrukcija stropne ploče preuzima sva gravitacijska djelovanja i prenosi ih putem nosivih zidova na nosivo tlo. Glavne vertikalne nosive elemente čine armiranobetonski zidovi. Dimenzije konstruktivnih elemenata prilažu se u grafičkim prikazima. Proračun nosivosti i uporabljivosti prikazuje se u nastavku i sadrži: (I) podatke o predviđenim djelovanjima i utjecajima na građevinu, (II) mehaničku otpornost i stabilnost konstrukcije (analiza krajnjeg graničnog stanja KGS i graničnog stanja uporabivosti GSU na stalno i uporabno opterećenje) i (III) proračun nosivosti i uporabljivosti betonske konstrukcije za predvidiva djelovanja i utjecaje (proračun ploče i zidova).

Razred čvrstoće betona za konstrukciju okana je C30/37. Armatura je mrežasta i rebrasta (zavarena) B500B. Glatka armatura nije dopuštena za primjenu. Proračun se provodi za okno VO2 (Slika 21), a vrijedi i za okno VO3 (Slika 22) radi male razlike tlocrtnih dimenzija. Potrebni podatci koje treba spomenuti su računski čvrstoća betona  $f_{cd}$ , koja se računa prema izrazu:

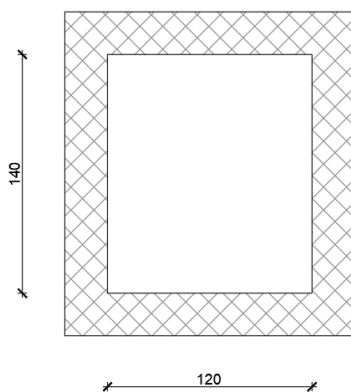
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} \quad (70)$$

gdje je:

$f_{ck}$  karakteristična čvrstoća betona (MPa),  
 $\gamma_c$  parcijalni faktor sigurnosti za beton (/).



Slika 21. Tlocrtne dimenzije okna VO2.



Slika 22. Tlocrtne dimenzije okna VO3.

Također je potrebno odrediti računsku granicu popuštanja armature  $f_{yd}$  za klasu armature B 500 B prema izrazu:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_S} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa} \quad (71)$$

gdje je:

$f_{yk}$  karakteristična granica popuštanja za armaturu (MPa),  
 $\gamma_S$  parcijalni faktor sigurnosti za armaturu (/).

### 2.4.1. Analiza opterećenja

Opterećenja su u oknima, prema sljedećoj analizi, podijeljena na stalna i uporabna djelovanja. Za stalno su djelovanje uzeti u obzir slojevi tampona i asfaltne mješavine. Vlastita je težina konstrukcije automatski uzeta u program. Time rečeno, prvo se proračunava stalno djelovanje na oknima  $g_s$  izrazom:

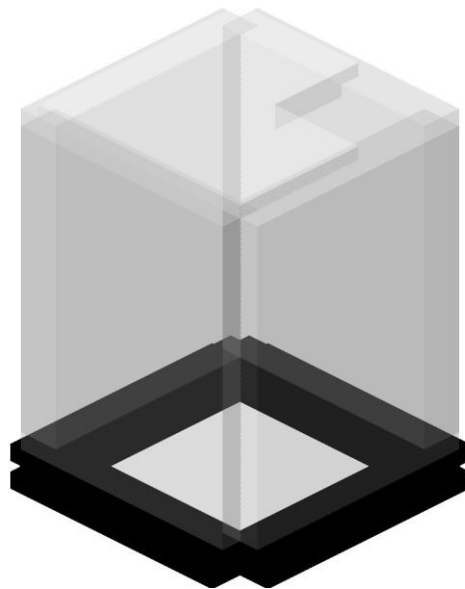
$$g_s = \gamma_T \cdot d_T + \gamma_A \cdot d_A = 21,0 \cdot 0,3 + 24 \cdot 0,10 = 6,3 + 2,4 = 8,7 \text{ kN/m}^2 \quad (72)$$

gdje je:

- $\gamma_T$       specifična težina tamponskog sloja ( $\text{kN/m}^3$ ),
- $d_T$       debljina tamponskog sloja (m),
- $\gamma_A$       specifičan težina asfaltnog sloja ( $\text{kN/m}^3$ ),
- $d_A$       debljina asfaltne mješavine (m).

Uporabno se prometno opterećenje usvaja iz pravilnika. U ovom slučaju, za sporednu prometnicu, u kojoj nema čestog prometa teških vozila, jednaka je:  $q_u = 40 \text{ kN/m}^2$ . Uporabno - prometno opterećenje:

- $q_u = 40,0 \text{ kN/m}^2$



Izometrija

Slika 23. 3D prikaz modela okna VO3.

### 2.4.2. Osnovni i ulazni podaci

Prije proračuna modela potrebno je u programu Toweru definirati ulazne i osnovne podatke za konstrukciju. Kod proračuna za model uzima se u obzir teorija 1. reda (modalna analiza, stabilnost). Nadalje je u Toweru definirana veličina modela (Tablica 27), jedinice mjera (Tablica 28) i ulazni podaci konstrukcije okna (Tablica 29), u kojoj su definirane debljine gornje ploče i zidova (okvira) okana (Tablica 30) te karakteristike betona klase C30/37.

Tablica 27. Veličina modela.

broj čvorova:	632
broj pločastih elemenata:	604
broj grednih elemenata:	0
broj graničnih elemenata:	240
broj osnovnih slučajeva opterećenja:	2
broj kombinacija opterećenja:	7

Tablica 28. Mjerne jedinice.

dužina:	m (cm, mm)
sila:	kN
temperatura:	°C

Tablica 29. Ulazni podaci za proračun okana.

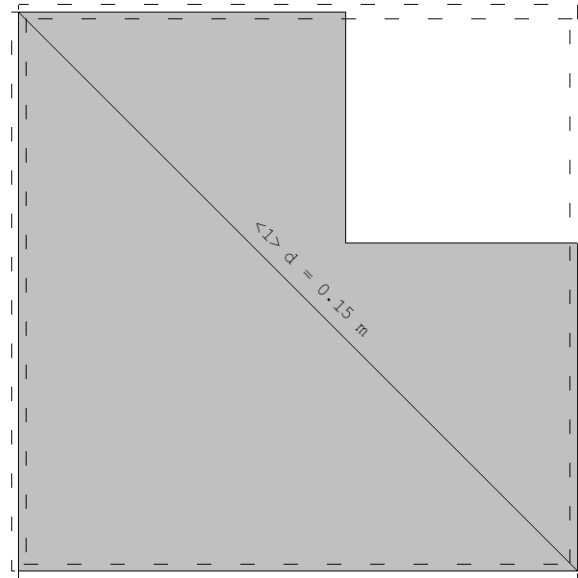
tablica materijala						
naziv materijala	$E$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu$	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\alpha_t$ (1/C°)	$E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\mu_m$
C 30/37	$3,2 \cdot 10^7$	0,2	25,00	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^7$	0,20

Tablica 30. Setovi ploča.

setovi ploča					
red. br.	d (m)	e (m)	materijal	tip	ortotropija
1	0,150	0,075	1	tanka ploča	izotropna
2	0,250	0,125	1	tanka ploča	izotropna

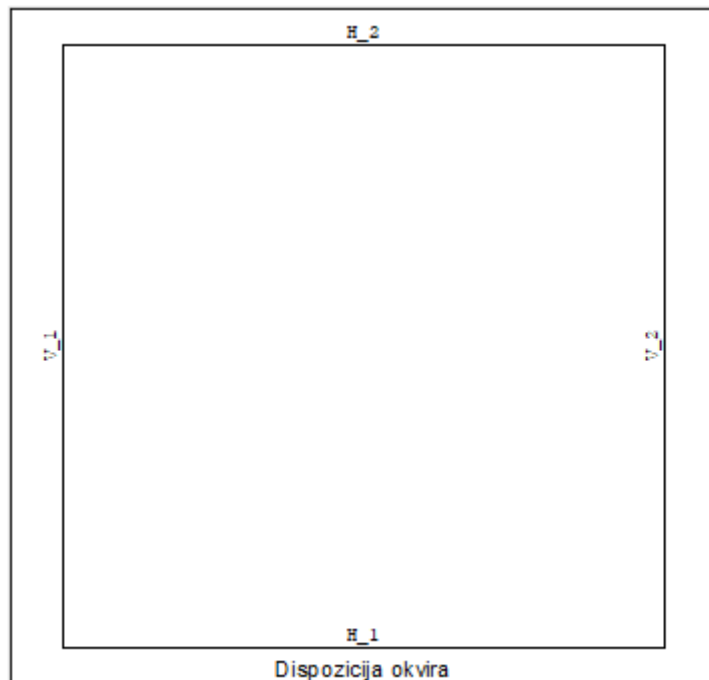
Nakon definiranja ulaznih podataka za konstrukciju, u Toweru se izvodi grafički dio proračuna, za koji je definiran tlocrt gornje ploče okna (Slika 24), dispozicija okvira (Slika 25) i nacrti okvira okana (Slika 26 i Slika 27), koji će kasnije biti potrebni za dimenzioniranje.



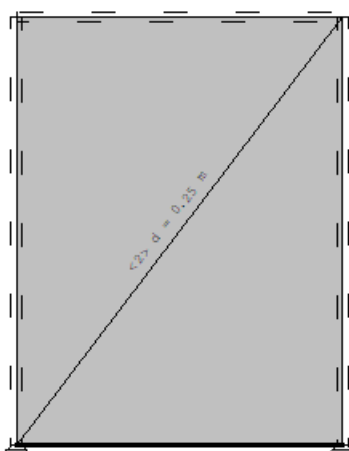


Nivo: [1.90 m]

Slika 24. Tlocrt gornje ploče.

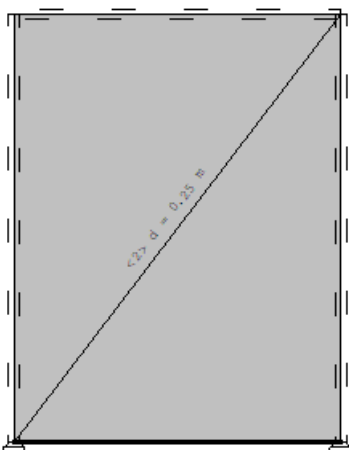


Slika 25. Dispozicija.



Okvir: H\_1

Slika 26. Prikaz okvira duljine 1,4 metra i visine 1,9 metara.



Okvir: V 1

Slika 27. Prikaz analiziranog okvira duljine 1,2 metra i visine 1,9 metara.

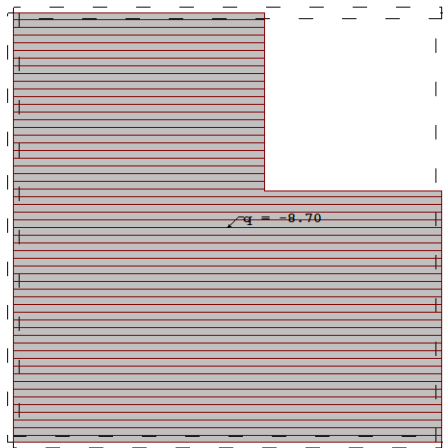
### ***2.4.3. Ulazni podaci za opterećenja***

Za ulazne je podatke potrebno definirati kombinacije opterećenja, odnosno sve slučajeve opterećenja (Tablica 31). Time se na izvedene nacрте okana u Toweru definiraju opterećenja koja djeluju na okna, i to posebno za ploču (Slika 28 i Slika 29) i okvire H\_1 (Slika 30) i V\_1 (Slika 31).

Tablica 31. Lista slučajeva opterećenja.

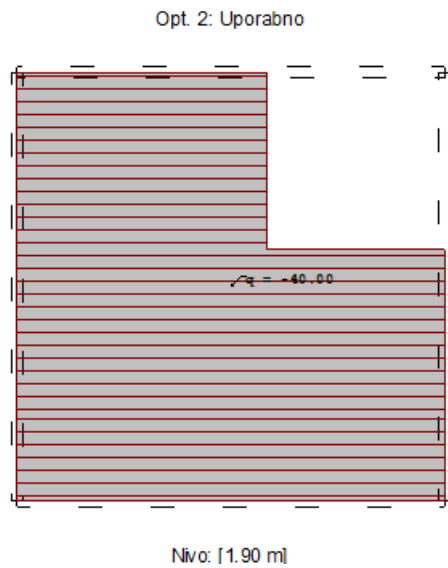
red. br.	naziv
1	stalno (g): I
2	uporabno: II
3	kombinacija: I
4	kombinacija: II
5	kombinacija: I+II
6	kombinacija: $1.35 \cdot I + 1.5 \cdot II$
7	kombinacija: $I + 1.5 \cdot II$
8	kombinacija: $1.35 \cdot I$
9	kombinacija: I

Opt. 1: Stalno (g)

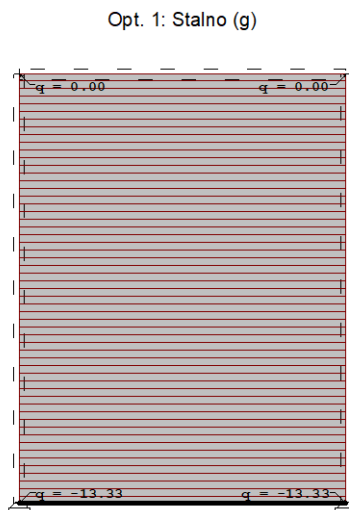


Nivo: [1.90 m]

Slika 28. Prikaz stalnog djelovanja u tlocrtu.

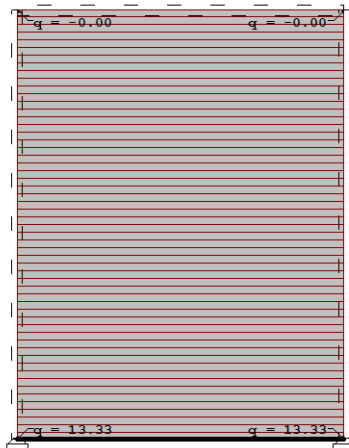


Slika 29. Prikaz uporabnog djelovanja u tlocrtu.



Slika 30. Stalno djelovanje u okviru H\_1.

Opt. 1: Stalno (g)



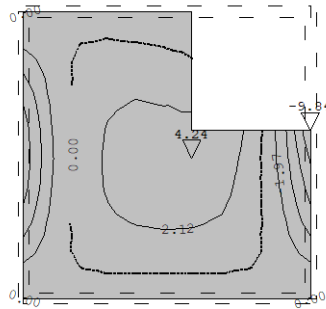
Okvir: V\_1

Slika 31. Stalno djelovanje u okviru V-1.

#### ***2.4.4. Rezultati – statički proračun***

Prema prikazanim dijagramima djelovanja u okvirima H\_1 i V\_1, ustanovilo se kako su iznosi djelovanja jednaki u objema okvirima, stoga se u daljnjem proračunu, odnosno dimenzioniranju okana primjenjuje samo okvir H\_1, i u konačnom se odabiru armature uzima ista vrijednost za oba okvira. U nastavku su prikazani dijagrami momenata oko  $x$ -osi i  $y$ -osi za ploču okana (Slika 32 i Slika 33) i okvir H\_1 (Slika 34 i Slika 35). Za proračun momentnog dijagrama uzet je u obzir najnepovoljniji slučaj opterećenja definiran u tablici 29, što je slučaj 6.

Opt. 6: 1.35xI+1.5xII

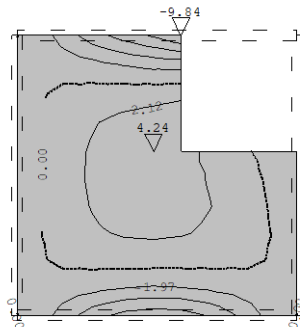


Nivo: [1.90 m]

Utjecaji u ploči: max  $M_x = 4.24$  / min  $M_x = -9.84$  kNm/m

Slika 32. Dijagram momenata u  $x$ -smjeru za ploču.

Opt. 6: 1.35xI+1.5xII

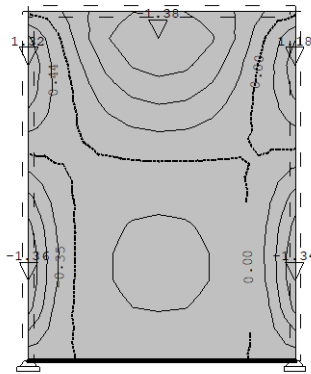


Nivo: [1.90 m]

Utjecaji u ploči: max  $M_y = 4.24$  / min  $M_y = -9.84$  kNm/m

Slika 33. Dijagram momenata u  $y$ -smjeru za ploču.

Opt. 6: 1.35xl+1.5xll

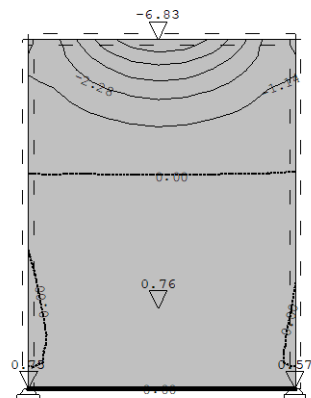


Okvir: H\_1

Utjecaji u ploči: max  $M_x = 1.32$  / min  $M_x = -1.38$  kNm/m

Slika 34. Dijagram momenata oko  $x$ -osi u okviru H\_1.

Opt. 6: 1.35xl+1.5xll



Okvir: H\_1

Utjecaji u ploči: max  $M_y = 0.76$  / min  $M_y = -6.83$  kNm/m

Slika 35. Dijagram momenata oko  $y$ -osi u okviru H\_1.

Iz prikazanog dijagrama momenata može se uočiti kako je maksimalni moment savijanja prisutan na mjestu ruba ploče, odnosno na kontaktu s otvorom. Radi maksimalnog momenta u oba smjera na rubu ploče, potrebno je ugraditi dodatno ojačanje zbog momenta torzije  $M_{x,y}$ . Stoga će se u oba smjera izvesti armatura u tlačnoj i vlačnoj zoni ploče (šipke  $\phi 12$  u vlačnoj i šipke  $\phi 8$  u tlačnoj zoni).

#### 2.4.5. Rezultati dimenzioniranja (beton)

Za dimenzioniranje betona prethodno su definirani slučajevi opterećenja (Tablica 32), odnosno kombinacije stalnog i povremenog djelovanja (Tablica 33 i Tablica 34) zajedno s faktorom sigurnosti za promjenjivo djelovanje i armaturu (Tablica 35). U konačnosti, dobivenim se momentnim dijagramima u Toweru može odrediti, odnosno definirati potrebna površina armature  $A_a$  u ploči, posebno u donjoj zoni (Slika 36) i gornjoj zoni (Slika 37) konstrukcije. Osim ploče određuje se potrebna površina armature za okvir H\_1, koja vrijedi isto za okvir V\_1, u donjoj zoni (Slika 38) i gornjoj zoni (Slika 39).

Tablica 32. Slučajevi opterećenja.

I. stalno (g) – stalno (dugotrajno)
II. uporabno - povremeno (kratkotrajno) ( $\Psi_0=1.00, \Psi_1=1.00, \Psi_2=1.00$ )

Tablica 33. Kombinacije opterećenja iz sheme kombinacija.

red. br.	naziv
1	(SP) 1.35·I+1.50·II
2	(SP) I+1.50·II
3	(SP) 1.35·I
4	(SP) I

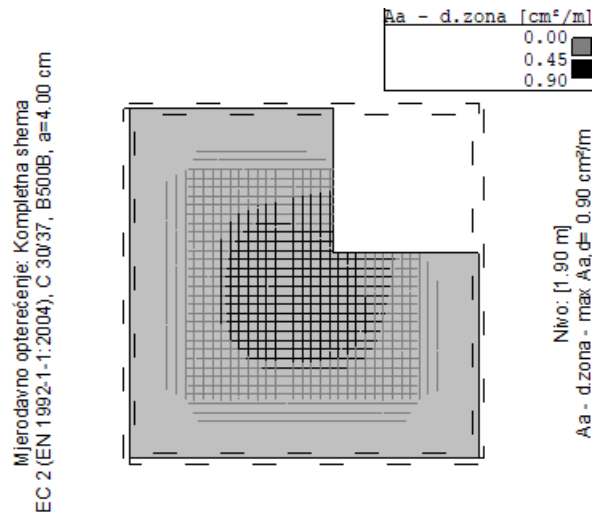
Tablica 34. Korisnički definirane kombinacije opterećenja.

red. br.	naziv
1	(SP) I
2	(SP) II
3	(SP) I+II
4	(SP) 1.35·I+1.50·II
5	(SP) I+1.50·II
6	(SP) 1.35·I
7	(SP) I

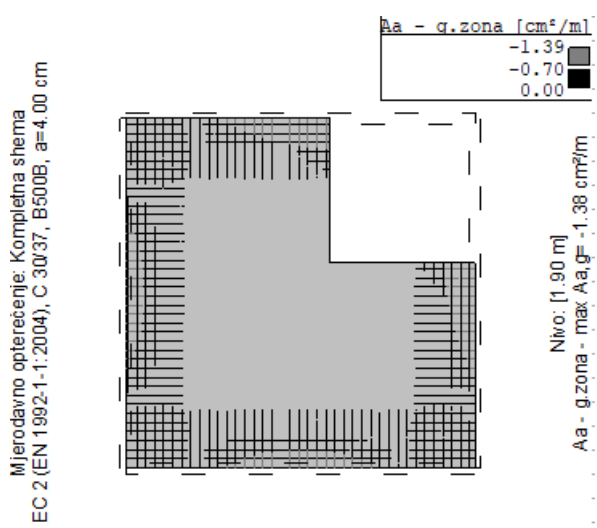
Tablica 35. Faktori sigurnosti.

(SP) stalne i povremene kombinacije: $\gamma_C=1.50, \gamma_S=1.15$
(SE) potresne kombinacije: $\gamma_C=1.50, \gamma_S=1.15$
(IN) izvanredne kombinacije: $\gamma_C=1.20, \gamma_S=1.00$

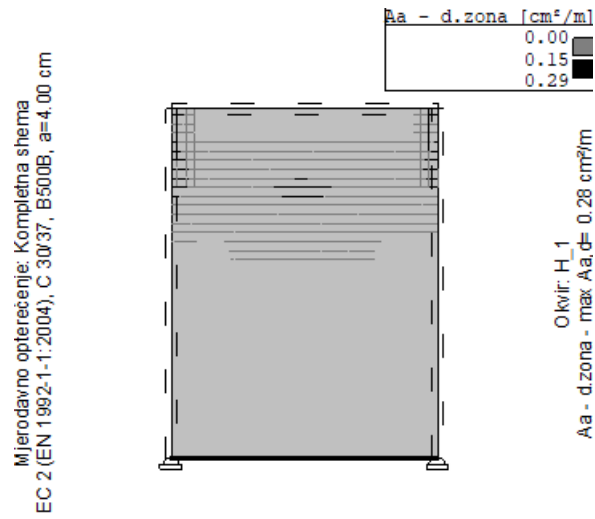




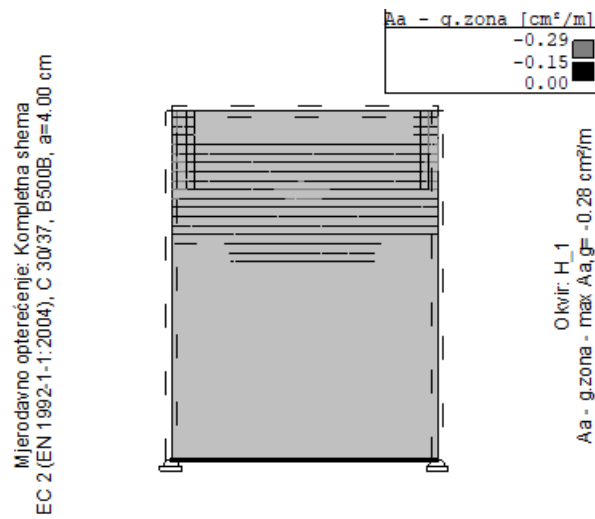
Slika 36. Potrebna površina armature u donjoj zoni.



Slika 37. Potrebna površina armature u gornjoj zoni.



Slika 38. Potrebna površina armature u donjoj zoni za okvir H\_1.



Slika 39. Potrebna površina armature u gornjoj zoni za okvir H\_1.

U konačnosti, proračunava se minimalna i maksimalna površina armature. Minimalna  $A_{a,min}$  i maksimalna  $A_{a,max}$  površina armature za gornju ploču su prikazane izrazima:

$$A_{a,min} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot 4,9 \cdot 100 \cdot \frac{15}{500} = 3,8 \text{ cm}^2 \quad (73)$$

$$A_{a,max} = 0,022 \cdot b \cdot d = 0,022 \cdot 100 \cdot 15 = 33 \text{ cm}^2 \quad (74)$$

usvaja se: Q503 ( $A_{a,ploča} = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

gdje je:

- $f_{ctm}$  srednja vlačna čvrstoća betona klase C30/37 (MPa),
- $f_{yk}$  karakteristična granica razvlačenja armature (MPa),
- $b_t$  srednja širina ploče (cm),
- $d$  debljina ploče (cm).

Isti izrazi vrijede i za okvir (zidove) okana. Jedina je razlika u tome što kod okvira debljina elementa  $d$  koja iznosi 25 cm. Time rečeno, minimalna i maksimalna površina armature za okvir računa se prema izrazima:

$$A_{a,min} = 0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot \frac{d}{f_{yk}} = 0,26 \cdot 4,9 \cdot 100 \cdot \frac{25}{500} = 6,37 \text{ cm}^2 \quad (75)$$

$$A_{a,max} = 0,022 \cdot b \cdot d = 0,022 \cdot 100 \cdot 25 = 55 \text{ cm}^2 \quad (76)$$

usvaja se: Q785 ( $A_{a,okvir} = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ).

Određenim je minimalnim i maksimalnim površinama armature ustanovljeno da je površina za gornju ploču i okvir manja od minimalne potrebne armature  $A_{a,min}$ , stoga se usvaja njezin iznos za gornju ploču i za okvire. Za odabir armature se iz Tablice 36 očitava potrebna armatura za gornju ploču i okvir. Za gornju se ploču uzima standardna mreža, obostrano nosiva klase Q503, a za okvir se uzima Q785.

Tablica 36. Standardne mreže obostrano nosive (tip Q) [15].

tip mreže	promjer žica (mm)	razmak žica (mm)	masa	
			kg/kom	kg/m <sup>2</sup>
Q69	4,2·4,2	200·200	14,20	1,10
Q84	4,0·4,0	150·150	18,50	1,44
Q92	4,2·4,2	150·150	19,40	1,50
Q131	5,0·5,0	150·150	27,40	2,10
Q139	4,2·4,2	100·100	28,80	2,19
Q166	4,6·4,6	100·100	34,30	2,60
Q188	6,0·6,0	150·150	39,50	3,03
Q196	5,0·5,0	100·100	40,60	3,09
Q221	6,5·6,5	150·150	46,20	3,58
Q257	7,0·7,0	150·150	53,70	4,11
Q283	6,0·6,0	100·100	58,50	4,44
Q335	8,0·8,0	150·150	70,20	5,33
Q385	7,0·7,0	100·100	79,60	6,04
Q424	9,0·9,0	150·150	88,90	6,73
Q503	8,0·8,0	100·100	104,20	7,90
Q524	10,0·10,0	150·150	110,80	8,32
Q636	9,0·9,0	100·100	131,80	9,98
Q785	10,0·10,0	100·100	162,70	12,34

### **3. PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE**

U ovom se dijelu navode bitne stavke kojih se treba pridržavati pri izvođenju projektiranih dijelova građevine, a to su sljedeće: (I) svojstva i važne značajke koje moraju imati građevni proizvodi te tehnički uvjeti koje moraju ispuniti drugi proizvodi koji se ugrađuju u projektirani dio građevine, (II) potrebna ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti građevnih i drugih proizvoda za one proizvode koji su izgrađeni na gradilištu pojedinačne građevine u koju će biti ugrađen, (III) Potrebna ispitivanja i postupci dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine, (IV) zahtjevi koji moraju biti ispunjeni tijekom izvođenja projektiranog dijela građevine, a koji imaju utjecaj na postizanje projektiranih odnosno propisanih tehničkih i/ili funkcionalnih svojstava tog dijela građevine, te na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu u cjelini, (V) postupci ispitivanja projektiranih i izvedenih dijelova građevine koji se provode tijekom građenja građevine, prije početka njezine uporabe te postupke koji se provode tijekom uporabe građevine prilikom pune zaposjednutosti, (VI) detaljan opis pokusnog rada kojim se mora prikazati potrebna ispitivanja i/ili postupci dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, predviđene rezultate ispitivanja odnosno dokaznih postupaka i predviđeno vrijeme trajanja pokusnog rada, ako za projektirani dio građevine postoji potreba za pokusnim radom, (VII) popis propisa i normi.

Program kontrole i osiguranja kvalitete treba sadržavati pregled i specificirana svojstva svih građevnih i drugih proizvoda te predgotovljenih elemenata koji se ugrađuju u građevinu, kao i opis potrebnih ispitivanja i/ili postupaka i zahtjevanih rezultata kojima se dokazuje sukladnost s propisima i s projektom, ispunjavanje temeljnih zahtjeva i tražena kvaliteta.

### **3.1. Bitne značajke građevnih i drugih proizvoda koji se ugrađuju u projektirani dio građevine vodoopskrbne mreže**

Svi dijelovi od kojih se sastoji projektirana građevina vodoopskrbnog sustava su navedeni u nastavku, također se navode i norme prema kojima su proizvedeni. Materijali su podijeljeni na sljedeći način

#### (1.) Osnovni materijali

##### (1. 1.) Cijevi

###### (1. 1. 1.) Duktilne željezne cijevi DN 100

- proizvedene prema HRN EN 545
- vanjski promjer 118 mm

###### (1. 1. 2.) Pocinčane cijevi od čelika (PCČ) DN 50

- dimenzija, mase i tolerancije prema EN 10226-1,
- tehnički zahtjevi sukladno EN 10255, EN10240
- vanjski promjer 60,3 mm

##### (1. 2.) Dodatna oprema (poklopci, penjalice...)

###### (1. 2. 1.) INOX AISI 316 L – ljestve

###### (1. 2. 2.) INOX AISI 316 – sajla

###### (1. 2. 3.) Kompozitni poklopci

#### (2.) Spojni dijelovi (materijali)

##### (2. 1.) Brtve

###### (2. 1. 1.) Elastomjerne brtve

###### (2. 1. 2.) Klingerit

##### (2. 2.) Vijci

###### (2. 2. 1.) Izrada, isporuka, oblik i mjere

###### (2. 2. 2.) Zaštita od odvrtnja: elastične podložne pločice, oštećenje navoja ili dvostruke matice, sigurnosne matice

##### (2. 3.) Sidreni vijci (odgovaraju osnovnom materijalu)

#### (3.) Sredstva za podmazivanje

(4) Armature

(4.1.) Eliptični zasuni s ručnim kolom

ugradbene dimenzije prema EN 558-1  
zaporno tijelo iz nehrđajućeg čelika  
prirubnice bušene prema EN 1092-2  
tehnički uvjeti isporuke prema EN 1074

(4.2.) Nepovratni ventili s kuglom

ugradbena duljina prema EN 558-1  
završno ispitivanje prema EN 12266  
kućište i poklopac od nodularnog lijeva  
kugla od aluminija obložena NBR-om

(4.3.) Montažno demontažni komad tip MDK

prirubnice prema EN 1092-2

(5.) Svi fazonski komadi moraju biti proizvedeni prema normi EN 10253-3

(6.) Čelične prirubnice od nehrđajućeg čelika

leteće prirubnice sa nastavkom za zavarivanje prema EN 1092-1

(7.) Zavarivanje

Za sve se zavarene konstrukcije treba isporučiti:

atest osnovnog materijala  
atest upotrijebljenih materijala  
atest osoba koje su izvodile radove  
izvještaj o provedenoj unutrašnjoj kontroli i provedenim ispitivanjima  
izvještaj o izvršenim popravcima

### ***3.1.1.. Zemljani radovi***

Pod zemljane radove spadaju: (I) izrada posteljice i obloge cjevovoda, (II) zatrpavanje rova, (III) izrada nosivog sloja od mehanički zbijena zrnata kamena materijala.

Za izradu posteljice i obloge cijevi koriste se anorganske vrste kao što su pijesak, šljunak i kameni materijal. Ne smiju se ugrađivati organske vrste, gline i prah, organski otpaci, korijenje i busenje i ostali materijali koji s vremenom mijenjaju svoja mehaničko-fizikalna svojstva. Nakon provjere nosivosti tla i finog planiranja dna rova, u dno rova ugrađuje se podloga od šljunka ili pijeska, debljine sloja prema projektu. Ukoliko sraslo tlo ne zadovoljava potrebne uvjete nosivosti, utoliko je potrebno poboljšati njegova svojstva mehaničkim zbijanjem ili zamjenom materijala. Posteljica se ne smije izvoditi kada je tlo smrznuto. Na posteljici ne smije biti snijega ili leda te također treba spriječiti svako nekontrolirano protjecanje vode u rovu, kako ne bi došlo do ispiranja pojedinih frakcija u materijalu tla. Posteljica se ugrađuje na pripremljenu podlogu dna rova. Debljina je posteljice 10 cm i izvodi se u cijeloj širini dna rova. Priprema se tako da cijev naliježe na nju duljinom isječka kružnog luka od 90° mjereno od osi cijevi kolektora.

Materijali su koji se primjenjuju za zatrpavanje rova nisko do visoke plastične gline, nisko do visoko plastični prah, pijesak, šljunak i kameni materijal. Ne smiju se ugrađivati isti materijali koji se primjenjuju za sloj posteljice. Pod zatrpavanjem rova podrazumijeva se sve od ugradnje materijala na oblogu cijevi pa do sljedeće vrste sloja ili do vrha rova. Zatrpavanje se izvodi u više slojeva, sve do visine koja ne ugrožava stabilnost cjevovoda, tako da nasip može biti dovoljno zbijen. Izbor stroja za zbijanje ovisi o stanju tla. Upotreba teških strojeva i vibronabijača nije dopuštena ako je nadsloj, to jest sloj iznad tjemena cijevi, manji od jednog metra, a u slučaju upotrebe treba se proračunom dokazati mogućnost njegove primjene. Zatrpavanje rova izvodi se tako da kvaliteta i zbijenost materijala budu ujednačeni. Zatrpavanje se rova ne smije izvoditi kada je tlo smrznuto ili ako je materijal smrznut.

Za izradu se nosivog sloja primjenjuju: prirodni šljunak, drobljeni kameni materijal, mješavina prirodnog šljunka i drobljenog kamenog materijala i mješavina sastavljena od više frakcija. Svaki od tih materijala mora zadovoljavati određene zahtjeve u pogledu fizičko mehaničkih i mineraloško-petrografskih svojstava zrna (Tablica 37), granulometrijskog sastava ukupnog materijala (Tablica 38), nosivosti te udjela organskih tvari i lakih čestica.



*Tablica 37. Zahtijevana fizikalno - mehanička svojstva materijala.*

<b>svojstvo i uvjet</b>	<b>zahtjev (%)</b>
oblik zrna – udio zrna nepovoljnog oblika (3:1), najviše % (m/m)	40
upijanje vode, najviše %	1,6
trošna nekvalitetna zrna, najviše %	7
otpornost prema smrzavanju natrijevim sulfatom, gubitak mase nakon 5 ciklusa, najviše %	12
otpornost prema drobljenju i habanju, metoda Los Angeles. najviše %	45

*Tablica 38. Granulometrijski zahtjevi za materijal.*

<b>otvor (kvadratni) sita (mm)</b>	<b>prolaz kroz sito (%)</b>
63	100
50	90
31,5	73-100
16	54-90
8	40-75
4	29-60
2	20-48
1	13-38
0,5	7-28
0,2	3-20
0,1	2-15

Pored uvjeta danih u prijašnjim tablicama, zrnati materijal mora zadovoljavati i ove granulometrijske uvjete: (I) udio zrna manje veličine od 0,2 milimetra ne smije biti veći od 3 %, (II) stupanj neravnomjernosti za šljunak treba se kretati u granicama  $U=15$  do 100, a za drobljeni materijal  $U=15$  do 50. Materijal s ovakvim svojstvima može se dobiti izborom prirodnog materijala pravilna granulometrijskog sastava, korekcijom granulometrijskog sastava prirodnog materijala i miješanjem s odgovarajućom frakcijom drugog zrnata materijala te sastavljanjem iz više frakcija. Miješanje frakcije za korekciju s osnovnim materijalom ili miješanje više frakcija ne smije se nikako obavljati na mjestu ugradnje, nego u postrojenju za miješanje, kako bi se zagarantirala potrebna homogenost sastava. Neprihvatljivo je da zrnati materijal sadrži više od 50 % lakih čestica i organskih tvari.

### **3.1.2. Betonski radovi**

Svi betonski i armiranobetonski radovi i materijali moraju se izvršiti stručno i kvalitetno u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije. Upotrijebljeni materijal mora biti u skladu s važećim normama.

#### **3.1.2.1. Beton**

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije. Za projektirani beton, u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće i to kao karakteristična vrijednost 95 postotne vjerojatnosti, s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206. Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se dodaju pri proizvodnji, moraju ispunjavati zahtjeve normi, na koje upućuje norma HRN EN 206, te zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije. Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata radi ubrzanog građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

Beton se nakon ugradbe mora održavati vlažnim najmanje sedam dana, kako bi se osigurala zadovoljavajuća hidratacija i spriječilo oštećenje uslijed ranog i brzog skupljanja. Ukoliko se beton ugrađuje na nižoj temperaturi od + 50 °C, utoliko je potrebno poduzeti posebne mjere. Nužna je njega ugrađenog betona kako se ne bi pojavile štetne pukotine, sve prema važećim propisima i pravilima struke.

Konstruktivski beton, odnosno njegove vanjske plohe, bit će izložen većem broju djelovanja iz okoliša. Navedena djelovanja specificirana su u priloženoj Tablici 39. Ovisno se o razredu izloženosti moraju poštivati granične vrijednosti sastava i svojstava betona specificirane u HRN EN 206. Ukoliko se betonske konstrukcije nalaze u razredima izloženosti: XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS14, XS2, XS3, XF1, XF2, XF3 i XF4, utoliko nije dopuštena ugradnja betona koji sadrži cimente vrste CEM III/C i glavnog tipa CEM IV i CEM V. Ukoliko se koristi beton C16/20, utoliko se može proizvoditi s cementom tipa CEM ili CEM II, s minimalnom količinom cementa od 260 kg/m<sup>3</sup>. Svi su ostali betoni projektirani betoni.

Tablica 39. Zahtjevi za projektirani beton.

element konstrukcije	osnovna svojstva					dodatna svojstva
	maksimalno nominalno zrno (mm)	klasa tlačne čvrstoće	klasa izloženosti	razred sadržaja klorida	vodonepropusnost	otpornost na habanje
beton za izradu ploča okana	16	C30/37	XC2	Cl 0.40	/	/
beton za izradu podnih ploča i zidova AB okana	32	C30/37	XC2	Cl 0.40	/	/
beton za izradu pokrovnih ploča fekalnih okana	16	C30/37	XC2	Cl 0.40	/	/
beton za izradu temeljnih pokrovnih ploča fekalnih okana	16	C30/37	XC2	Cl 0.40	/	/
beton za ukrute	32	C20/25	XC2	Cl 0.40	/	/

### 3.1.2.2. Betonski čelik (armatura)

Tehnička svojstva armature moraju ispunjavati opće i posebne uvjete bitne za krajnju namjenu i ovisno o vrsti čelika, moraju biti specificirana prema tehničkom propisu za betonske konstrukcije. Preklopi i zavari armature se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima. Sva je armatura klase B 500B, u obliku šipki ili mreža.

### 3.1.2.3. Ostali materijali

Materijali i proizvodi postavljaju se u objekt pod uvjetom da su kvalitetni i trajni te da zadovoljavaju propise, pravila i norme. Za sve se upotrijebljene materijale provode ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Svakim odstupanjem gotova proizvoda od projekta traži se suglasnost odgovornih osoba.

### ***3.1.3. Vodovodni radovi***

Pod ovu vrstu radova obuhvaćena je ugradnja cijevi i spojeva za vodoopskrbne ogranke te izvedba okana na trasama projektiranog vodovodnog sustava.

#### **3.1.3.1 Cijevi**

Za izgradnju vodoopskrbnog cjevovoda predviđa se ugradnja duktilnih cijevi DN 100, i pocinčanih cijevi DN 50. Cijevi se međusobno s lijevanoželjeznim fazonskim komadima spajaju vijcima i na kraju čvora slobodnim prirubnicama, a na koljenima cjevovoda spajaju se MMK fazonskim komadima. U postojećem oknu novi vodoopskrbni sustav spaja se na postojeći vodovod pomoću spojnog komada s prirubnicom i kolčakom. Materijal od kojeg će se izvesti cijevi i spojevi mora imati sljedeća svojstva: (I) dobra hidraulička svojstva, (II) trajnost, (III) lako održavanje (IV) čvrstoću i (V) protočnost.

#### **3.1.3.2. Fazonski komadi i armature**

Kada se fazonski komadi ugrađuju u cjevovod, u oknima ili izvan njih, bitno je provjeriti jesu li oni prethodno izrađeni prema propisanim normama, s optimalnim dimenzijama za odgovarajući spoj u sustavu. Fazonski komadi trebaju biti izvana zaštićeni antikoroziivno, cinčanom prevlakom od minimalno 200 gr/m<sup>2</sup>, s bitumenskom prevlakom, a unutarnja je obloga cijevi zaštićena cementnim mortom. Armature moraju biti antikoroziivno zaštićene iznutra i izvana epoksi spojem debljine 250 µm. Zasuni koji se ugrađuju u sustav također imaju posebna svojstva, a to su sljedeća: (I) unutrašnji vanjski ili epoksidni premaz, (II) meko brtvljenje, (III) vreteno od nehrđajućeg čelika, (IV) ugradbene duljine, (V) klin u cijelosti vulkaniziran i (VI) kućište sa klinom i poklopcem.

### ***3.1.4. Kanalizacijski radovi***

Na osnovu Zakona o gradnji izrađen je program kontrole i osiguranja kakvoće za izvedbu sanitarnog kolektora. Spomenuti kolektor je mješovitog tipa. Namijenjen je za odvodnju fekalnih voda i oborinskih voda s gravitacijskim tečenjem. Radi postizanja tehničkih svojstava bitnih za građevinu, građevinski materijali, proizvodi i oprema mogu se upotrebljavati odnosno ugrađivati samo ako je njihova kakvoća i kvaliteta dokazana certifikatom sukladnosti.

Kontrola kakvoće za sanitarni kolektor mora biti organizirana kao proizvodna, koju provodi osnovni proizvođač materijala, proizvoda i opreme, i kao dokazana koju provode nadležne ovlaštene institucije i poduzeća. Proizvodna kontrola mora se temeljiti prvenstveno na preventivnoj kontroli osnovnih materijala te kontroli ispravnosti i kakvoće pojedinih aktivnosti i procesa u proizvodnji, transportu i ugradnji, a da je dokazana na kontroli i vrednovanju konačnih svojstva materijala i kakvoći izvedenih radova.

### 3.1.4.1. Cijevi

Osnovni materijal za projektirani sanitarni kolektor GK-1 jesu PEHD cijevi nazivnog promjera 250 milimetara (DN 250), s integriranim naglavkom i brtvom. Međusobno spajanje cijevi izvodi se u rovu preko naglavka. Izrađene su od polietilena visoke gustoće. Odlikuju je odlična fizička i kemijska svojstva. Povoljna je za rukovanje i polaganje zbog male specifične težine te vrlo visoke savitljivosti i fleksibilnosti. Također, ima glatku stjenku koja sprječava taloženje i zadržavanje krutina i naslaga. Po strukturi su vodonepropusne, otporne na kemikalije i kiseline te imaju solidnu otpornost na udarce. Sve osnovne značajke materijala od kojeg se proizvode navedene polietilenske cijevi (PEHD DN 250) su prikazane u Tablici 40 [16].

Tablica 40. Osnovne značajke polietilena visoke kakvoće [16].

svojstvo	mjerna jedinica	vrijednost	
		PE 80	PE 100
gustoća	kg/m <sup>3</sup>	930-950	>950
maseni protok taline	g/10min	0,4-1,3	0,2-0,5
čvrstoća	N/mm <sup>2</sup>	>18	>23
modul elastičnosti	N/mm <sup>2</sup>	>600	>1000
toplinska rastezljivost	K <sup>1</sup>	(1,3-2)·10 <sup>-4</sup>	(1,3-2)·10 <sup>-4</sup>
toplinska provodljivost	W/mK	0,4	0,4
površinski električni otpor	Ω	>10 <sup>13</sup>	>10 <sup>13</sup>

### 3.1.4.2. Revizijska okna DN 1000

Predviđena je ugradnja PP revizijskog okna, unutarnjeg profila DN 1000 mm koje mora biti usklađeno s normom HRN EN 476. Spomenuti dio građevine sastoji se od dna i tijela (predgotovljeni element). Dno baze okna mora biti ravno, tako da okno cijelom svojom donjom površinom naliže na posteljicu kanalskog rova zbog pravilnog niveliranja i ispravnog funkcioniranja sustava. Kontrola točnosti izvedbe okna provjerava se geodetskom izmjerom i svako odstupanje od zadanih kota veće ili manje od 1 centimetra treba popraviti.

Točnost izvedbe poklopca prati se i kontrolira geodetskom snimkom visine ugrađenog poklopca i svako odstupanje od projektom zadanih mjera i kota veće od ±1 centimetra treba popraviti. Ako je poklopac ugrađen u kolniku, dopušteno je odstupanje od visine završnog sloja ±5 milimetara.

Ispitivanje vodoodrživosti i strukturalne stabilnosti okna izvodi se zajedno sa ispitivanjem cijevi i spojnice. U oknima DN 1000 mm ugrađuju se penjalice na vertikalnom razmaku od maksimalno 30 cm. Revizijska se okna ugrađuju na pripremljenu posteljicu sukladno preporuci ili propisanom zahtjevu proizvođača revizijskog okna.

Spoj kanalizacionih cijevi i okna treba biti izveden odgovarajućim spojnica, koje osiguravaju vodonepropusnost i prilagodljivost spoja kod velikih opterećenja i slijeganja. Sustav spajanja pojedinih dijelova samog okna, kao i cijevi s revizijskim oknom, treba osigurati jednostavnu montažu, sigurnost na djelovanje uzgona, statičku sigurnost i vodonepropusnost. Svi elementi okna moraju biti tvornički predgotovljeni i na gradilištu je dopuštena samo izvedba priključaka. Konstrukcija poklopca treba osigurati prenošenje statičkih i dinamičkih opterećenja, koja uzrokuje promet na podlogu. Poklopac mora dobro nalijegati cijelim obodom te nije dopušteno da se zbog netočne izvedbe poklopca ljulja prilikom nesimetrična pritiska.

### ***3.1.5. Asfalterski radovi***

Svi radovi na pripremi, dopremi i ugradnji asfaltne mješavine predviđeni u projektu moraju se izvoditi u skladu s Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama.

## **3.2. Kontrolna ispitivanja i postupci dokazivanja uporabljivosti ugrađenih proizvoda**

### ***3.2.1. Kontrolna ispitivanja***

Kontrolna se ispitivanja obavljaju radi kontrole procesa gradnje. Posebno se za sve radove na objektu izvode kontrolna ispitivanja. Za zemljane radove izvodi se kontrola temeljnog tla. Za betonske i armirano betonske radove izvodi se vizualna kontrola postavljene armature prije betoniranja. Kod vodovodnih i kanalizacionih radova izvodi se geodetska kontrola nivelete kanala, trase cjevovoda i položaja objekata prema nacrtima te vizualna kontrola ispravnosti cijevi i okana pri ugradbi. Ispitivanje kolničke konstrukcije sadrži ispitivanje ravnosti kolnika na svakom poprečnom profilu ili po statističkoj metodi slučajnih brojeva letvom duljine 4 m i tekuće kontrole osiguranja kakvoće asfalterskih radova.

### **3.2.2. Dokazivanje uporabljivosti ugrađenih proizvoda**

Dokazivanje uporabljivosti građevinskih proizvoda dokazuje se prethodnim laboratorijskim ispitivanjima. Svojstva materijala moraju zadovoljiti zahtjeve tehničkih uvjeta. Uzorkovanje i ispitivanje obavlja tvrtka registrirana za kontrolu kvalitete. Proizvodi koji se ugrađuju trebaju biti izvedeni, ispitani i popraćeni dokumentima o sukladnosti prema pravilnicima i standardima važećima za tu vrstu proizvoda. Također, uz proizvode treba isporučiti i tehničke upute za ugradnju i uporabu te garantne listove.

### **3.3. Ispitivanja i postupci dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine**

Ispitivanje se obavlja radi provjere usklađenosti kvalitete dijela građevine sa svojstvima i karakteristikama propisanim tehničkim uvjetima. Ispitivanja može obavljati jedino tvrtka za kontrolu kvalitete, koja obavlja i uzorkovanje materijala i kontrolu radova. Učestalost i vrste ispitivanja propisani su tehničkim uvjetima, ovisno o vrsti materijala i radova. Za materijale i radove kojima je potreban atest Republičkog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo, uzorkovanje i ispitivanje radi izdavanja tog atesta isključivo obavlja ovlaštena tvrtka.

Što se tiče zemljanih radova, potrebno je ispitati zbijenost posteljice prometnice (svakih 1000 m<sup>2</sup>, odnosno po komadu prekopa), standardnim Proctorovim postupkom na mjestima gdje se zadire u prostor prometnice. Na svakih 500 m ispituje se zbijenost posteljice i obloge cijevi, odnosno modul stišljivosti ( $M_s=15$  MN/m<sup>2</sup>). Posteljica bankine provjerava se svakih 200 m (modul stišljivosti  $M_s$ ) na mjestima gdje se zadire u prostor bankine prometnice.

Betonske proizvode na objektu treba ispitati prema važećem tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/2017). Taj se proces obavlja uzimanjem uzoraka betona, pripremom ispitnih uzoraka i krajnjim ispitivanjem svojstava svježeg betona prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrnulog betona prema normama niza HRN EN 12390. Što se tiče čelika (armature) u betonskim proizvodima, provode se ispitivanja prema važećem tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/2017). Norme za opterećenja su: (I) HRN EN 1991-2-1 (stalno opterećenje i uporabno opterećenje), (II) HRN ENV 1991-2-3 (opterećenje snijegom) i (III) HRN ENV 1991-2-4 (opterećenje vjetrom).

Ispitivanje vodonepropusnosti vodovodnog cjevovoda izvodi se sukladno normi Opskrba vodom- zahtjevi za sustave i dijelove izvan zgrada HNR EN 805. Vodonepropusnost je svojstvo koje se može desiti i u gravitacijskim sanitarnim kolektorima. To je svojstvo vode da istječe iz građevina u okoliš ili svojstvo vanjskog prodora podzemne vode ili u građevine za javnu odvodnju otpadnih voda. Građevine za odvodnju otpadnih voda moraju se tijekom uporabe kontrolirati na vodonepropusnost i to uključuje cjevovode sa slobodnim vodnim licem (gravitacijski) sukladno normi Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala HRN EN 1610. Za ispitivanje kolničke konstrukcije provodi se ispitivanje modula stišljivosti nosivog sloja obnovljene kolničke konstrukcije na prekopima i ispitivanje fizičko mehaničkih svojstava i debljina sloja ugrađene asfaltne mase.

#### **3.4. Dokumentacija o izvršenim ispitivanjima**

O izvršenim ispitivanjima vodi se dokumentacija i izvješće o pogodnosti primjene i ugradnje materijala prema određenim normama. Spomenuto izvješće mora sadržavati naziv materijala, laboratorijsku oznaku uzorka, količinu uzorka, namjenu materijala mjesto i datum uzimanja uzoraka te izvršenih ispitivanja, podatke o proizvođaču i investitoru te podatke o građevini za koju se uzimaju uzorci odnosno za koje se vrši ispitivanje. Nadalje, izvješće sadrži prikaz svih rezultata laboratorijskih i terenskih ispitivanja za koje se izdaje izvješće u skladu s važećim propisima i ocjenu rezultata, mišljenje o pogodnosti materijala za primjenu na navedenoj građevini te rok do kojega to izvješće vrijedi. Rezultati svih laboratorijskih ispitivanja upisuju se u laboratorijsku dokumentaciju. Proizvođač je dužan, uz dokumentaciju isporuke proizvoda, priložiti rezultate tekućeg ispitivanja za isporučene količine. Za materijale koji podliježu ispitivanju izdaje se dokumentacija prema propisima.

#### **3.5. Ispitivanje prije uporabe i kod pune zaposjednutosti**

Provedba tlačnih proba vodovodnih cjevovoda, provjera propusnosti cjevovoda, punjenje i dezinfekcija, ispiranje cjevovoda i analize uzorka vode provode se u okviru ispitivanja i dokazivanja tehničke i funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine. Za predmetnu građevinu nisu predviđena dodatna ispitivanja prije uporabe kod pune zaposjednutosti. Za sanitarni kolektor provodi se vodonepropusnost u okviru ispitivanja i dokazivanja tehničke i funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine.



### **3.6. Detaljan opis pokusnog rada kojim se mora prikazati potrebna ispitivanja i postupci dokazivanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu**

#### ***3.6.1. Detaljan opis pokusnog rada na vodoopskrbnom cjevovodu***

Uporabljivost novog vodovodnog cjevovoda dokazuje se snimanjem izvedenog stanja, tlačnom probom, provjerom propusnosti cjevovoda (CCTV), punjenjem i dezinfekcijom, ispiranjem cjevovoda, bakteriološkim uzorkovanjem i ishođenjem atesta o sanitarnoj ispravnosti te tehničkim pregledom.

Snimka je izvedenog stanja potrebna podloga za tehnički pregled vodoopskrbnog cjevovoda. Sastoji se od geodetskog snimka s ucrtanim i kotiranim zasunskim komorama i hidrantima te popisom pruge. Popis pruge tablični je popis sa stacionažom ugrađenih cijevi, fazonskih komada i armatura, uz grafički prilog u obliku montažerske sheme izvedenog stanja.

Tlačnom probom dokazuje se nepropusnost vodoopskrbnog cjevovoda. Tlačna proba cjevovoda provodi se temeljem HRN EN 805 te ako se propiše odgovarajuće tehničko pravilo (npr. DVGW W 400-2).

Ispitivanje na tlak vremenski je ograničeno tlakom, koji je obično veći od nazivnog pritiska. Ispitivanje se dijeli na kratko ispitivanje, prethodno ispitivanje, glavno ispitivanje, skupno ispitivanje. Ako cjevovod nije moguće ispitati odjednom, ispituje se u dionicama. U tom se slučaju spojna mjesta između pojedinih dionica trebaju ispitati na nepropusnost skupnim ispitivanjem. Kod cjevovoda bez međuspojeva dovoljno je kratko ispitivanje. Ispitivanje se uglavnom izvodi na dionicama dužine do 500 metara. Ako se javljaju velike visinske razlike, trebaju se izabrati takve dužine dionica da se prilikom ispitivanja u najvišoj točki cjevovoda ostvari barem radni tlak. Prije punjenja vodom, cjevovod treba biti kompletno usidren horizontalnim i vertikalnim krivinama, koljenima i račvama, kako bi se smanjilo pomicanje, a time i mogućnost propuštanja na spojevima za vrijeme ispitivanja i u kasnijoj eksploataciji cjevovoda. Sidrenje treba biti prilagođeno ispitivanom tlaku. Razupirači na krajevima cjevovoda ne skidaju se prije nego li se spusti tlak. Svi spojevi na cjevovodu trebaju biti slobodni (nezatrpani). Cjevovod se mora napuniti vodom i iz njega mora biti ispušten sav zrak. Za ispitivanje se upotrebljavaju provjereni manometri koji imaju takvu podjelu, kako bi se mogla očitati promjena tlaka od 0,1 kp/cm<sup>2</sup>. Preporučaju se dva mjerna instrumenta, od kojih jedan registrira tlak, a drugi ga kontrolira. Manometar se obično postavlja na najnižoj točki ispitane dionice. Ako se na ispitnim dionicama cjevovoda pokažu mjesta koja popuštaju na spojevima (kapljice, mlazovi i slično), ispitivanje se treba prekinuti i dionice isprazniti. Ispitivanje se može ponoviti nakon otklanjanja nedostataka.

Početno ispitivanje cjevovoda na tlak, kratko ispitivanje, se dijeli na nekoliko faza, a to su: I. faza, II. faza i III. faza. I. faza kratkog ispitivanja obuhvaća ispitivanje na kratkim cjevovodima, približno petnaest metara dužine (kućni priključci) bez međuspojeva. Pregled cjevovoda i spojeva provodi se pod radnim tlakom.

II. faza kratkog ispitivanja obuhvaća ispitivanje cjevovoda od približno 30 metara dužine i DN 63 mm). Cjevovod se treba podvrgnuti tlaku u iznosu 1,5·radni tlak. Nakon trideset minuta počinje ispitivanje tlaka bez ikakva prethodna podizanja, ako je u tih trideset minuta tlak pao. Od početka ispitivanja tlaka u cjevovodu, u tijekom svakih pet minuta tlak ne smije pasti za više od 0,2 bara. Ispitivanje traje sveukupno šezdeset minuta.

III. faza ispitivanja obuhvaća ispitivanje cjevovoda bez međuelemenata (spojevi, fazonski komadi, armature) dužine više od trideset metara. Cjevovod se treba podvrgnuti tlaku 50 % većem od radnog tlaka (1,5 · radni tlak). Nakon 2 sata tlak koji je pao u tom vremenu treba podići za 30 % radnog tlaka (1,3 · radni tlak). Nakon sljedećih dvaju sati započinje ispitivanje, bez ponovnog podizanja tlaka. Od početka ispitivanja može se računati sa opadanjem tlaka za 0,2 bara po satu. Trajanje ispitivanja je trideset minuta za svakih započetih sto metara cjevovoda, a najmanje dva sata.

U sljedećoj kategoriji ispitivanja, fazi koja se naziva prethodno ispitivanje, provode se ispitivanja na cjevovodima s međuelementima (fazonski komadi, armatura i spojevi) dužine do 500 metara. Tlak ispitivanja je 30 % veći od radnog tlaka (1,3· radni tlak). Prethodno ispitivanje traje najmanje dvanaest sati. U pravilnim vremenskim razmacima (naprimjer svaka dva sata) cjevovod se dopunjava vodom do tlaka ispitivanja. Porast temperature prouzrokuje pad tlaka i to za 100 °C, a tlak se promijeni za 0,5 do 1 bar. Pri kraju prethodnog ispitivanja može pad tlaka iznositi 0,1 do 0,2 bara po satu, iako je cjevovod nepropustan na svim mjestima. Nakon toga prelazi se na glavno ispitivanje ne puštajući pritom tlak.

Nakon prethodna ispitivanja, slijedi glavno ispitivanje, koje se može započeti ako se u tijeku prethodna ispitivanja na cijevima, spojevima i armaturama nije pokazalo propuštanje vode, te ako se zapremina cjevovoda povećala kao što je predviđeno, odnosno izračuna. Tlak je isti kao i na kraju prethodna ispitivanja. Ispitivanje traje trideset minuta za svakih sto metara cjevovoda, a najmanje dva sata. Za vrijeme glavne probe potrebno je paziti na razvlačenje cjevovoda, koje još nije potpuno završeno. Preporuča se da glavno ispitivanje počne dva sata nakon posljednjeg podizanja tlaka u prethodnom ispitivanju. Ispitivanje je završeno, ako se ne pojavi padanje tlaka veće od 0,1 do 0,2 bara na sat.

Posljednje ispitivanje na cjevovodu, skupno ispitivanje, obuhvaća ispitivanje spojnih mjesta između prethodno ispitanih dionica, a veže glavna i kratka ispitivanja. Spojna mjesta ne smiju biti pokrivena. Tlak kojim se cjevovod ispituje jednak je radnom tlaku uvećanim za 30 % ( $1,3 \cdot$  radni tlak). Ispitivanje traje dva sata. Ispitivanje je završeno ako su sva spojna mjesta između pojedinih dionica nepropusna. Nakon uspješno izvršenog ispitivanja na tlak cjevovod se ispire od mehaničkih nečistoća, te se vrši dezinfekcija cjevovoda odgovarajućim klornim rastvorom.

Dezinfekcija se vodoopskrbnog cjevovoda provodi kako bi se stekli uvjeti za atestiranje cjevovoda na sanitarnu ispravnost pitke vode. Dezinfekciju cjevovoda provodi obučeno osoblje temeljem uputa nadležne osobe za dezinfekciju iz vodovodnog poduzeća. Sukladno veličini cjevovoda i terenskim uvjetima, odnosno smanjenju količina utrošene vode, nadležna osoba za klor može zahtijevati i neutralizaciju klorirane vode prije ispuštanja u recipijent kako bi se zadovoljili standardi ispuštanja. Ispiranje cjevovoda provodi se kako bi cjevovod bio ispran od ostataka sredstava za dezinfekciju kao što je klor. Nakon provedenog ispiranja provodi se atestiranje na sanitarnu ispravnost vodoopskrbnog cjevovoda.

### ***3.6.2. Detaljan opis pokusnog rada na sanitarnom kolektoru***

Građevina sanitarnog kolektora na lokaciji Dragi, u ulici Brigu, treba biti sposobna izdržati sva predvidiva djelovanja koja se javljaju pri svakodnevnoj, uobičajenoj uporabi tijekom predviđenog vremena njezinog trajanja uz zadržavanje svih bitnih tehničkih karakteristika. Izgradnjom i korištenjem ne smiju se ugroziti ni oštetiti prometne površine, komunalne i druge instalacije, okoliš uz lokaciju i trasu građevina te stabilnost tla. Navedene osobine građevine postižu se pravilnom ugradbom i odabirom nosive konstrukcije u potpunosti poštujući statički proračun kojim se građevina osigurava od rušenja, deformacija nosive konstrukcije te nerazmjerno velikih oštećenja. Svi građevinski materijali i oprema moraju zadovoljiti tražene uvjete prema specifikacijama iz prethodnih radova i troškovnika.

Ispitivanje vodonepropusnosti kolektora u uvjetima tečenja sa slobodnim vodnim licem obavlja se ispitnim tlakom od 0,5 bara na najdubljem dijelu dna kanala. Pri tome ispitni tlak niti na jednom mjestu dna kanala ne smije iznositi manje od 0,3 bara. Kad su cjevovod i okno ispunjeni vodom, a potrebni ispitni tlak dosegnut, potrebno je držati se pripremnog vremena od jednog sata. Ispitivanje traje 30 minuta. Za to vrijeme potrebno je održavati ispitni tlak unutar 0,01 bara dodavanjem vode. Ukupno se dodani volumen vode bilježi. Ispitana se dionica cjevovoda smatra vodonepropusnom ako je za vrijeme ispitivanja dodana količina vode manja od  $0,05 \text{ l/m}^2$  omočene unutarnje površine. Granica je pogreške 4% od ukupno dopuštenog dodavanja vode.

### **3.7. Popis propisa i normi**

Kako bi se osigurala kvaliteta projektirane građevine, zahtijevana tehnička svojstva materijala i izvedba pojedinih radova treba biti u skladu s posebnim tehničkim uvjetima gradnje, normama prethodno navedenim u ovom poglavlju, te slijedećim važećim normama:

#### **Zemljani radovi**

HRN EN 13331-1:2004	Sustavi za podgrađivanje rovova - 1. dio: Specifikacije za proizvod
HRN EN 13331-2:2004	Sustavi za podgrađivanje rovova – 2. dio: Dokazivanje proračunom ili ispitivanjem
HRN EN 14653-1:2008	Ručno postavljeni hidraulički sustavi za razupiranje iskopa – 1. dio: Specifikacije proizvoda
HRN EN 14653-2:2008	Ručno postavljeni hidraulički sustavi za razupiranje iskopa – 1. dio: Ocjenjivanje proračunom ili ispitivanjem

#### **Betonski radovi**

HRN EN 13670:2010	Izvedba betonskih konstrukcija
HRN EN 206:2021	Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost
HRN EN 197-1:2012	Cement – 1. dio: Sastav, specifikacije i kriteriji sukladnosti cementa opće namjene
HRN EN 10080:2012	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik: Općenito

#### **Vodovodni radovi**

HRN EN 805:2005	Opskrba vodom – Zahtjevi za sustave i dijelove izvan zgrada
HRN EN 1508:2007	Opskrba vodom – Zahtjevi za sustave i dijelove sustava za pohranu vode

HRN EN 545:2010	Duktilne željezne cijevi, spojni dijelovi, pribor i njihovi spojevi i njihovi spojevi za cjevovode za vodu – Zahtjevi i metode ispitivanja
<b>Kanalizacijski radovi</b>	
HRN EN 476:2022	Opći zahtjevi za dijelove koji se upotrebljavaju u odvodnji i kanalizaciji
HRN EN 681-1:2003	Elastomjerne brtve - -Zahtjevi za materijal brtva za cjevovode namijenjene za transport vode i odvodnju – 1. dio: Vulkanizirana guma
HRN EN 1610:2015	Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala
HRN EN 12666-1:2011	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Polietilen. 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav
HRN EN 13476-1:2018	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog polivinil klorida (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 1. dio: Opći zahtjevi i svojstva
HRN EN 13476-2:2018	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog polivinil klorida (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 2. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutarnjom i vanjskom površinom i sustav tip A
HRN EN 13476-3:2018	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog polivinil klorida (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 3. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutarnjom i profiliranom vanjskom površinom i sustav tip B

HRS CEN/TS 13476-4:2013	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog polivinil klorida (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) – 4. dio: Upute za ocjenu sukladnosti
HRN EN 13508-1:2013	Uvjeti sustava odvodnje izvan zgrada – 1. dio: Opći zahtjevi
HRN EN 13508-2:2011	Uvjeti sustava odvodnje izvan zgrada – 2. dio: Sustav kodiranja optičkog nadzora
HRN EN 13598-1:2020	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Neomekšani polivinil klorid (PVC-U), polipropilen (PP) i polietilen (PE) – 1. dio: Specifikacije za pomoćne spojnice i plitke kontrolne komore
HRN EN 13598-2:2020	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju – Neomekšani polivinil klorid (PVC-U), polipropilen (PP) i polietilen (PE) – 2. dio: Specifikacije za kontrolna okna i kontrolne komore
HRN EN 14802:2007	Plastični cijevni sustavi – Plastomjerna tijela ili sastavnice za kontrolne komore i kontrolna okna. Određivanje otpornosti na površinsko i prometno opterećenje
HRN EN 14830:2007	Plastomjerna podnožja kontrolnih komora i kontrolnih okana – Ispitna metoda otpornosti na izvijanje
HRN EN 14982:2010	Plastični cijevni kanalni sustavi – Plastomjerna tijela ili sastavnice za kontrolne komore i kontrolna okna – Određivanje obodne krutosti

### **Oprema**

HRN EN 124:2015	Poklopci za slivnike i kontrolna okna za prometne i pješačke površine – Konstrukcijski zahtjevi, način ispitivanja, označivanje, upravljanje kakvoćom
HRN EN 13101:2007	Stepenice za pristup čovjeka u podzemne komore – Zahtjevi, označivanje, ispitivanje i procjena sukladnosti
HRN EN 14396:2008	Učvršćene ljestve za okna

### **Asfalterski radovi**

HRN EN12697-29:2020 Bitumenske mješavine – Ispitne metode za asfalt proizveden vrućim postupkom – 29. dio: Određivanje dimenzija asfaltnog uzorka

### **Betonski kolnici**

HRN EN 13877-1:2023 Betonski kolnici – 1. dio: Materijali

HRN EN 13877 -2:2023 Betonski kolnici – 2. dio: Funkcionalni zahtjevi za betonske kolnike

### **Regulacija prometa**

HRN EN 12352:2007 Oprema za regulaciju prometa – Upozoravajuće i sigurnosne svjetlosne naprave

HRN EN 12368:2024 Oprema za regulaciju prometa – Prometna svjetla

HRN EN 12966-1:2011 Vertikalna prometna signalizacija – Promjenjivi prometni znakovi – 1. dio: Norma za proizvod

### **Zaštita od požara**

HRN EN 14384:2007 Nadzemni hidranti za gašenje požara

HRN DIN 4102-16:2000 Ponašanje građevnih materijala i elemenata u požaru: 16. dio: Provedba ispitivanja u požarnom oknu

## **4. POSEBNI UVJETI TIJEKOM GRAĐENJA**

### **4.1. Posebni tehnički uvjeti građenja**

U nastavku se prikazuju tehnička rješenja kojima se ispunjavaju posebni uvjeti:

(I) Vodopravni uvjeti (Hrvatske vode) kojima se ispunjava sljedeće: projekt mora biti usklađen s postojećom projektnom dokumentacijom i prostorno planskom dokumentacijom, trase cjevovoda se polažu izvan korita vodotoka i kanala, za vrijeme iskopa, iskopani materijal se nikako ne odlaže na česticu javnog vodnog dobra.

(II) Prethodna elektroenergetska suglasnost (HEP) kojom se ispunjava: pribavljanje geodetske snimke podzemnih elektroinstalacija i izvršavanje njihove identifikacije, poštivanje svih tehničkih propisa križanja i paralelnog polaganja cjevovoda sa ostalom komunalnom infrastrukturom u projektu.

(III) Izjava o položaju infrastrukture (HAKOM) kojom se zatraženi i dobiveni podaci o položaju elektroničke komunikacijske infrastrukture. Cjevovod se polaže na način da svjetli horizontalni razmak bude minimalno 50 cm te da svjetli vertikalni razmak bude minimalno 30 cm kod križanja. Elektroničko komunikacijsku infrastrukturu je potrebno osigurati kako se ne bi ugrozila za vrijeme građevinskih radova.

(IV) Mišljenje županije kojim se potvrđuje da projektirani cjevovod nema loš utjecaj na okoliš.

(V) Posebni uvjeti MUP-a.

Za gašenje požara se predviđaju tri hidranta. Hidranti se raspoređuju na maksimalnom razmaku od 300 metara, pošto lokacija na kojoj se projektira građevina sadrži samostojeće obiteljske kuće.

### **4.2. Zaštita od požara**

Građevina sustava Drage projektira se tako da u slučaju požara bude očuvana nosivost konstrukcije tijekom propisanog vremena, spriječeno širenje vatre i dima unutar građevine te na susjedne građevine. Građevina je locirana tako da je omogućen pristup i djelovanje vatrogasaca sa svih strana, kao i njihova zaštita od provjerenih materijala.



### **4.3. Higijena, zdravlje i zaštita okoliša**

Građevina je projektirana tako da nije ugrožena higijena i niti je ugroženo zdravlje ljudi, radni i životni okoliš, posebice zbog oslobađanja opasnih plinova, para i slično (onečišćenje zraka), opasnih zračenja, onečišćenja voda i tla, neodgovarajućeg odvođenja otpadnih voda, dima, plinova i tekućeg otpada, nepropisnog postupanja s krutim otpadom, sakupljanja vlage u dijelovima građevine ili na površinama unutar građevine. Većina potencijalnih opasnosti izbjegava se pravilnim načinom korištenja, odabranim materijalima za građenje, upotrebom (projektirane) odgovarajuće hidromehaničke opreme, automatskog rada i upravljanja, uz što manji kontakt otpada sa zaposlenima.

### **4.4. Zaštita od buke**

S obzirom na to da građevina nije namijenjena za boravak ljudi u njoj, ona se projektira tako da zvuk što ga zamjećuju osobe koje borave u blizini građevine, nije na onoj razini koja ugrožava zdravlje, te da se osigura noćni mir i zadovoljavajući uvjeti za odmor i rad. To se postiže ugradnjom odgovarajućih materijala i opreme.

### **4.5. Ušteda energije i toplinska zaštita**

Građevina se projektira tako da bude u potpunoj usklađenosti sa zahtjevima za odgovarajuću (projektiranu) opremu, kojom će biti postignut najveći učinak uz racionalnu potrošnju energije. Građevina je tehnološkog karaktera te grijanje prostora nije predviđeno, s obzirom da u njoj nije predviđen boravak ljudi.

### **4.6. Gospodarenje otpadom**

Zbrinjavanje otpada, bilo građevnog ili opasnog, mora biti u skladu s propisima. Prema Zakonu o otpadu građevni se otpad ubraja pod inertni otpad iza razloga što ne sadrži ili ne sadrži tvari koje su podložne fizikalnoj, kemijskoj i biološkoj razgradnji. Stoga građevni otpad ne ugrožava okoliš. Nakon završetka radova gradilište se mora počistiti od otpada i suvišnog materijala na način da se teren dovede u prvobitno stanje. Pravilnikom se o vrstama otpada određuje da se otpad na gradilištu, čija se sredstva mogu iskoristiti, odvojeno skuplja po vrstama i skladišti radi ponovne obrade. Vrste obrada su: kemijsko – fizikalna obrada, biološka obrada, termička obrada, kondicioniranje i odlaganje otpada.

Kemijsko fizikalna obrada je metoda obrade otpada kemijsko – fizikalnim putem kako bi se promijenila biološka svojstva. To može biti: neutralizacija, taloženje oksidacije, redukcija, dezinfekcija, filtracija, sedimentacija, reverzna osmoza. Biološkom se obradom postižu promjene kemijskih, fizikalnih i bioloških svojstava. Biološka obrada može biti: aerobna i anaerobna razgradnja. Pod termičku obradu spadaju: spaljivanje, isparavanje, destilacija, sinteriranje, žarenje, piroliza. Kondicioniranje otpada je način pripreme za određeni način obrade otpada, a može biti: usitnjavanje, ovlaživanje, pakiranje, odvodnjavanje, očvršćivanje te postupci kojima se smanjuje utjecaj štetnih tvari u otpadu.

Što se tiče građevnog otpada, kojim se postupa u skladu s Pravilnikom o uvjetima za postupanje otpadom, može se vršiti termička obrada za: drvo, plastiku, asfalt koji sadrži katran i ostali proizvodi koji u sebi sadrže katran. Kondicioniranjem se obrađuje: materijali na bazi azbesta, asfalt sa i bez katrana, katran, izolacijski materijal koji u sebi sadrži azbest i miješani građevni otpad. Najveći se dio građevnog otpada, bio on obrađen ili neobrađen, može odvesti u javno odlagalište otpada.

## 5. ZAKLJUČAK

Za potrebe izrade diplomskog rada izrađen je prijedlog glavnog projekta vodovoda i kolektora u naselju Dragi, u ulici Brigu. Projektnim rješenjem se nastoji unaprijediti postojeće stanje vodoopskrbnog i kanalizacijskog sustava na predmetnoj lokaciji. U tu svrhu predviđen je vodoopskrbni cjevovod ukupne dužine od 233 metra izveden od duktilnih cijevi promjera DN 100 mm i 49 metara izveden od pocinčanih cijevi promjera DN 50 mm. Za zaštitu područja od požara u blizini sustava predviđena su tri nadzemna hidranta na krajevima ogranaka VC-2, VC-3 i VC-4. Za hidrante je ovim projektom zadan protok za gašenje požara. Potrebna količina za gašenje jednog istovremenog požara u blizini hidranta, u trajanju od 1 sata, iznosi 10 l/s. Time rečeno, proveden je proračun piezometarskih visina u sustavu s unaprijed poznatom ulaznom piezometarskom visinom u postojećem oknu VO1, koja iznosi 75 m v. st.. Proračun je pokazao da piezometarske visine u čvorovima zadovoljavaju potrebnu minimalnu vrijednost i ne prelaze maksimalnu vrijednost za vrijeme opskrbljivanja stanovništva vodom, gašenja požara i kombinacije oba. Također je proveden i statički proračun za uporišne blokove koji se izvode na koljenima trase vodovoda. Proračun je proveden u svrhu dimenzioniranja uporišnih blokova kojima je osigurana stabilnost koljena za vrijeme promjene pravca kretanja vode. Predviđena je izvedba novih okana VO2 i VO3 na mjestu spajanja ogranaka VC-1 i VC-4 te na mjestu spajanja ogranaka VC-1 i VC-3. Spomenuta okna omogućuju pristup cjevovodu za održavanje funkcionalnosti i sigurnosti cijelog vodovodnog sustava. Za nova okna je proveden statički proračun. Svrha tog proračuna je određivanje potrebne površine armature koja će se ugraditi u okna. Za unaprjeđenje sustava odvodnje, predviđen je sanitarni kolektor mješovitog tipa, koji se priključuje na postojeću kanalizaciju, odnosno na postojeće revizijsko okno. Dužina cijevi sanitarnog kolektora iznosi 32,6 metara. Za kolektor su odabrane PEHD cijevi promjera DN 250 mm. Ukupni protok dobiven hidrauličkim proračunom iznosi 70,66 l/s. Minimalni proračunati pad kolektora cijevi je 4 ‰, a maksimalni pad kolektora je 40 ‰. Brzina vode u kolektoru iznosi 2,96 m/s, što je zadovoljavajuća vrijednost za režim tečenja sa slobodnim vodnim licem. Na početku se trase kolektora ugrađuje predgotovljeno revizijsko okno unutarnjeg profila DN 1000 mm. Svrha revizijskog okna je da omogućiti pregled kanalizacijskih cijevi, održavanje cijevi, ventilaciju i pristup za spajanje novih cijevi. Za osiguranje kvalitete projektirane građevine dodano je poglavlje Program kontrole i osiguranja kvalitete u kojem se navode bitne stavke i specificirana svojstva svih građevnih i drugih proizvoda koji se ugrađuju u građevinu. Također je, za ispunjavanje posebnih uvjeta, dodano poglavlje Posebni uvjeti tijekom građenja, kojim se definiraju zahtjevi kojih se treba pridržavati tijekom građenja.

## 6. LITERATURA

- [1] Informacije o mjesnom odboru Draga (<https://www.rijeka.hr/mjesni-odbori/draga/zanimljivosti/saznajte-vise-o-mjesnom-odboru-draga/>), pristup: (08.03.2024.)
- [2] Zakon o gradnji, (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19), link: (<https://www.zakon.hr/z/690/Zakon-o-gradnji>) pristup: (11.03.2024.)
- [3] Pravilnik o održavanju građevina, (NN 122/14, 98/19), (<https://www.zakon.hr/cms.htm?id=41223>), pristup: (11.03.2024.)
- [4] Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevine (NN 118/19, 65/20), članak 27, pristup: (11.03.2024.)
- [5] Žic E., Vodoopskrba i kondicioniranje voda, kopija materijala za rješavanje programa: Proračun mjerodavnih količina vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2023.
- [6] Vidoš B, Dubinske hidrauličke štapne crpke s primjerom proračuna podizanja kapljevine, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2018.
- [7] Karleuša B., Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda, kopija materijala za rješavanje programa: Mjerodavne količine, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2023.
- [8] Karleuša B. i Volf G., Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda, kopija materijala za rješavanje programa: Određivanje količina oborinske vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2023.
- [9] Volf G., Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda, kopija materijala za rješavanje programa: Dimenzioniranje: detaljan primjer, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2023.
- [10] Vuković Ž. Osnove Hidrotehnike, prvi dio, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1996.
- [11] Saint-Gobain Gussrohr, Vodovodna tehnika, GUSSROHR GmbH & Co, Saarbrücker Straße 51, 2003.

[12] Margeta J. Kanalizacija naselja: odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda, Sveučilište u Splitu, Split, 2009.

[13] Građevinar: Ispitivanje mehaničkih svojstava i svojstava smanjenja zračenja običnog i teškog betona s različitim agregatima i vodocementnim omjerima, (<https://hrcak.srce.hr/file/410974>), pristup: (17.5.2024.)

[14] Hrvatske vode, Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, Zagreb, ([https://www.voda.hr/hr/opci-tehnicki-uvjeti-za-radove-u-vodnom gospodarstvu](https://www.voda.hr/hr/opci-tehnicki-uvjeti-za-radove-u-vodnom-gospodarstvu)), pristup: (13.05.2024.)

[15] Armaturne mreže, BIDD - Samobor, Samobor, link: (<https://www.bidd-samobor.hr/proizvodi/armaturne-mreze/>) pristup: (23.05.2024.)

[16] Osnovne značajke materijala (PEHD CIJEVI-katalog-NOVI za PDF ([alpro-att.hr](http://alpro-att.hr)), pristup (21.05.2024.)

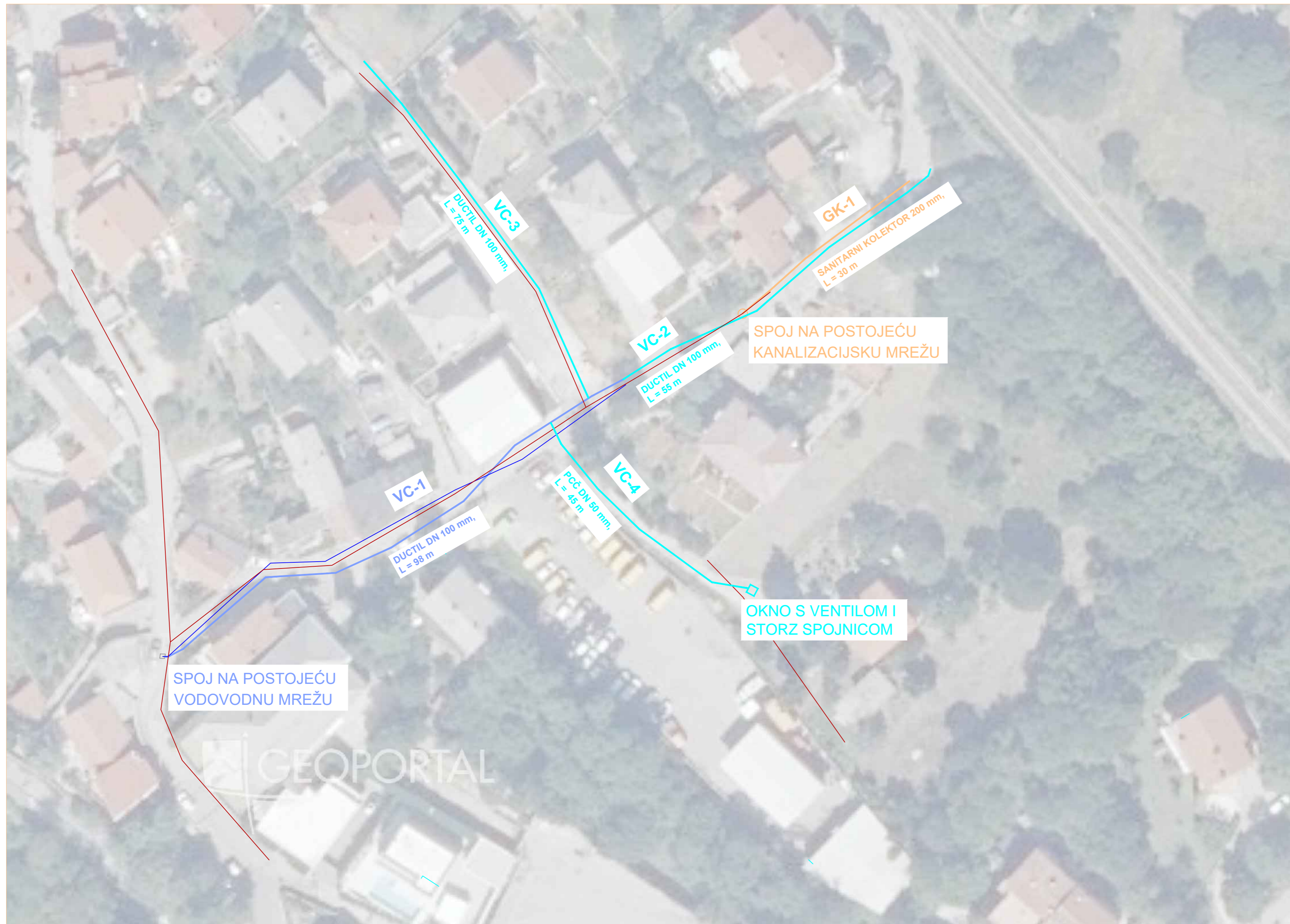
## **7. GRAFIČKI PRILOZI**

- 7.1. Generalna situacija M 1:10000
- 7.2. Pregledna situacija na DOF-u M 1:500
- 7.3. Detaljna situacija građevine M 1:250
- 7.4. Uzdužni profili ogranka VC-1 M 1:1000/100
- 7.5. Uzdužni profil ogranka VC-2 M 1:1000/100
- 7.6. Uzdužni profil ogranka VC-3 M 1:1000/100
- 7.7. Uzdužni profil ogranka VC-4 M 1:1000/100
- 7.8. Uzdužni profil sanitarnog kolektora GK-1 M 1:1000/100
- 7.9. Detalj tipskog revizijskog PE-okna DN 250 M 1:25
- 7.10. Detalj vodoopskrbnog okna VO-1 M 1:20
- 7.11. Detalj vodoopskrbnog okna VO-2 M 1:20
- 7.12. Detalj vodoopskrbnog okna VO-3 M 1:20
- 7.13. Detalj hidranta NH1 i NH2 M 1:20
- 7.14. Detalj nadzemnog hidranta NH3 M 1:20
- 7.15. Poprečni presjek vodovoda, kolektora i struje M 1:25
- 7.16. Karakteristični poprečni presjek rova vodovoda i sanitarne odvodnje M 1:25
- 7.17. Karakteristični poprečni presjek rova vodoopskrbnog ogranka M 1:25
- 7.18. Karakteristični poprečni presjek rova za sanitarni cjevovod M 1:25
- 7.19. Detalj križanja sa postojećom infrastrukturom M 1:50
- 7.20. Moneterska shema okna VO-1
- 7.21. Moneterska shema okana VO-2 i VO-3
- 7.22. Moneterska shema ogranka VC-1
- 7.23. Moneterska shema ogranka VC-2
- 7.24. Moneterska shema ogranka VC-3
- 7.25. Moneterska shema ogranka VC-4
- 7.26. Detalj ukrućenja vodoopskrbnog cjevovoda M 1:25
- 7.27. Plan armature za okna VO-2 i VO-3 M 1:25



GENERALNA SITUACIJA  
mj. 1 :10000

<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>GENERALNA SITUACIJA</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>	Datum: <b>III. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:10000</b>	List: <b>1</b>




**LEGENDA**

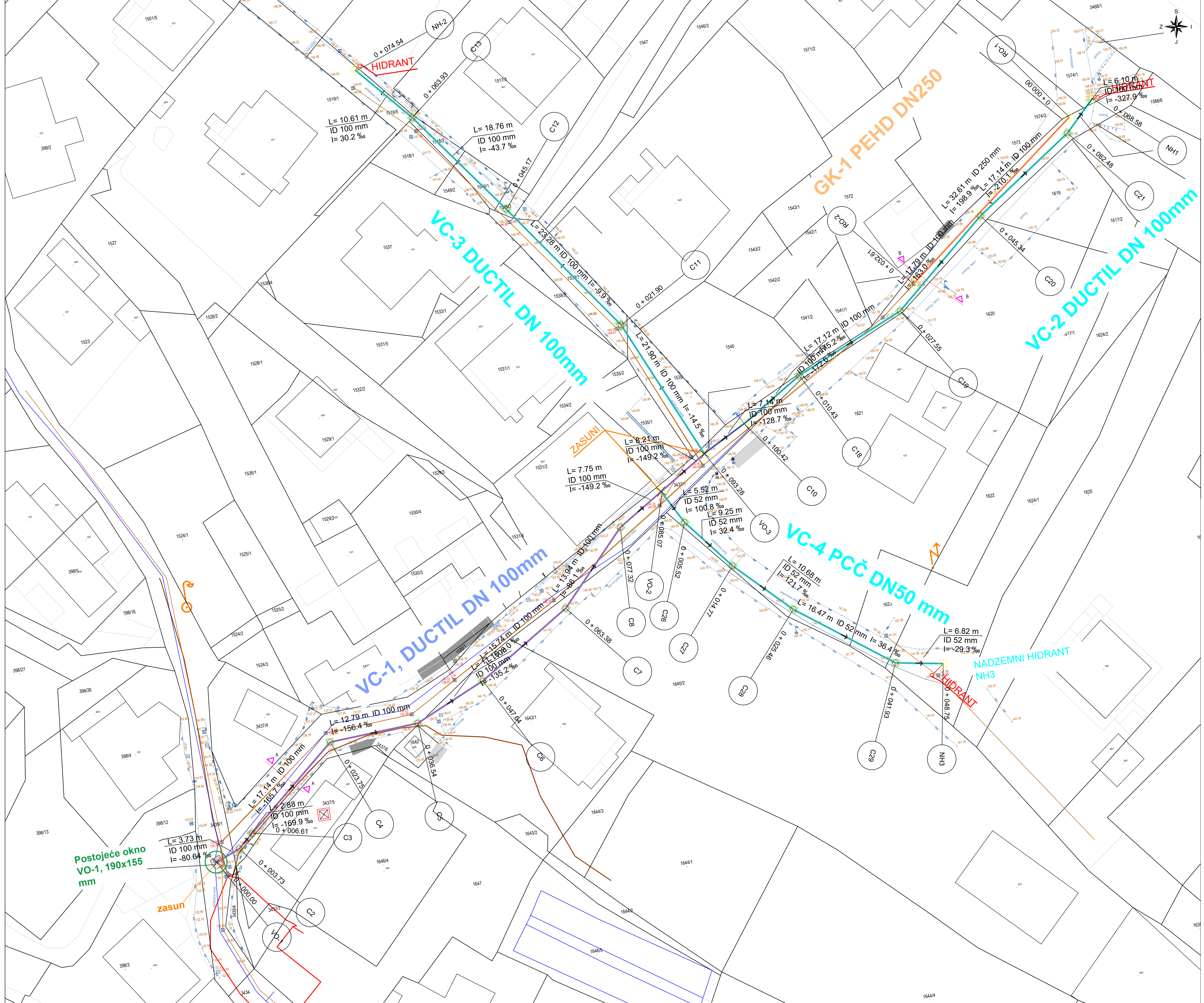
- VC-1 REKONSTRUKCIJA POSTOJEĆEG VODOVODA
- VC-1 NOVI CJEVOVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- VC-2 NOVI CJEVOVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- VC-3 NOVI CJEVOVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- VC-4 NOVI CJEVOVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- GK-1 NOVI SANITARNI KOLEKTOR

**PREGLEDNA SITUACIJA NA  
DOF-U  
mj. 1 :500**

GEOPORTAL

 <b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>PREGLEDNA SITUACIJA NA DOF-U</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>		Datum: <b>III. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:500</b>
		List: <b>2</b>	





**LEGENDA:**

Linijske građevine:

- VC-1 REKONSTRUKCIJA POSTOJEĆEG VODOVODA
- VC-2 NOVI CJEVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- VC-3 NOVI CJEVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- VC-4 NOVI CJEVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- GK-1 NOVI SANITARNI KOLEKTOR
- POSTOJEĆI CJEVOD VODOOPSKRBNNE MREŽE
- POSTOJEĆI SANITARNI KOLEKTOR

Geodetsko katastarska podloga:

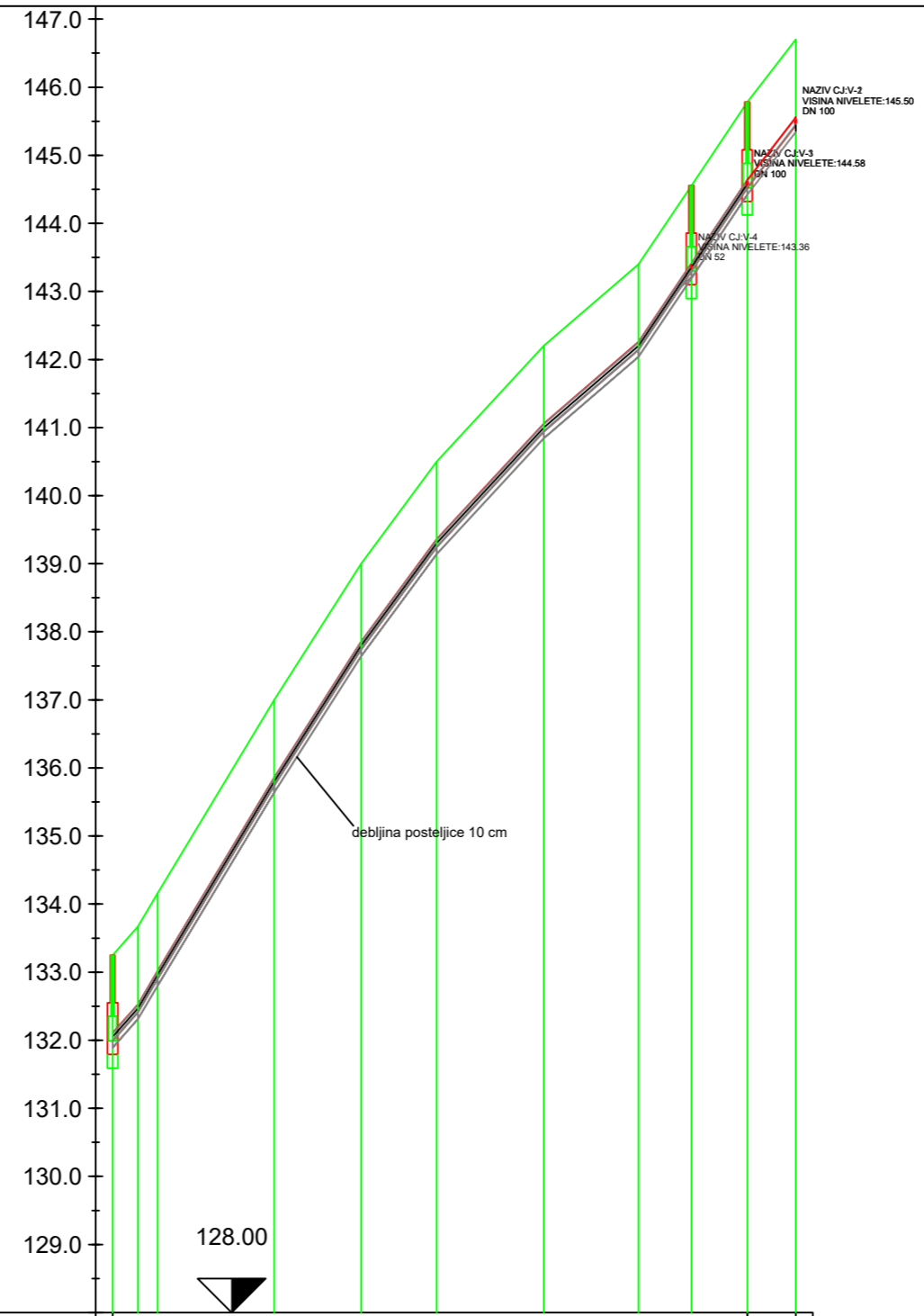
- situacija na terenu
- katastarski plan
- vod kanalizacije
- 143.49 visinska kota terena
- 142.24 visinska kota voda

Postojeće okno  
VO-1, 190x155  
mm

NADZEMNI HIDRANT  
NH3

GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacrt: DETALJNA SITUACIJA GRAĐEVINE	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:250	List: 3

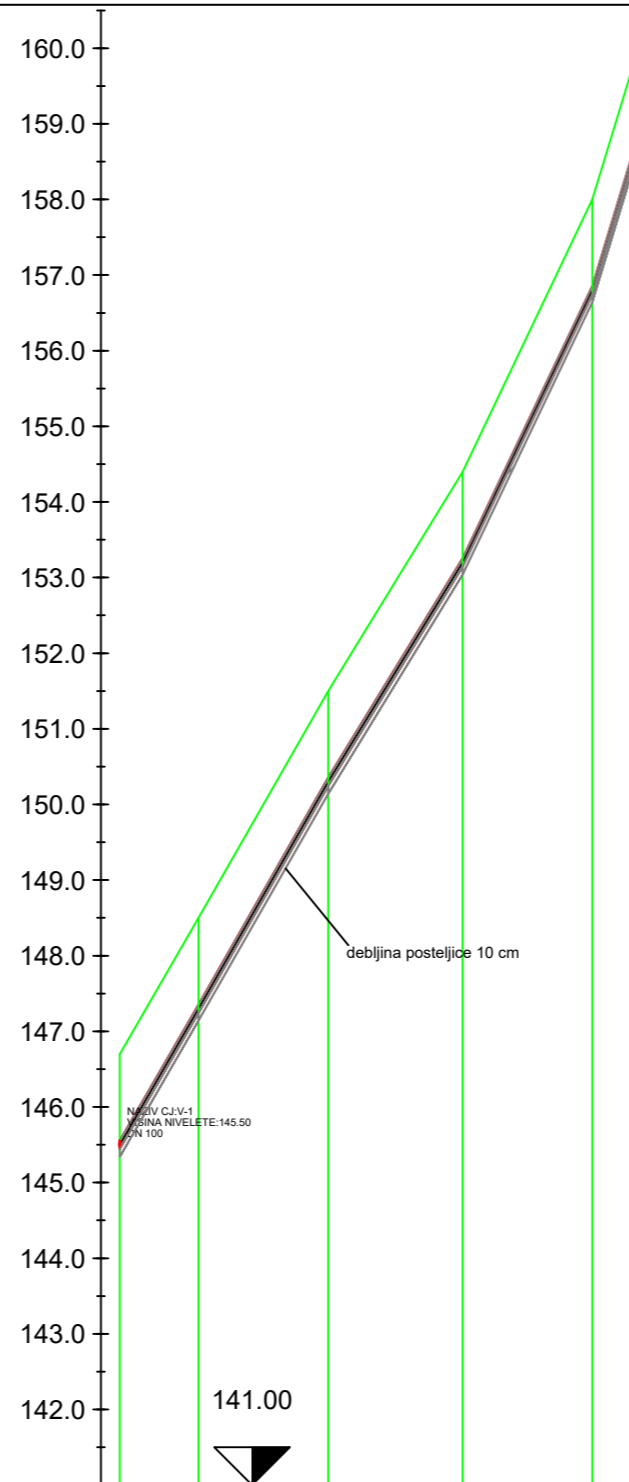
# OGRANAK VC-1 VO-1 - C10 M:1:1000/100



VRSTA I PROFIL CIJEVI	DN 100mm L=93.3m										
OZNAKA TOČKE	VO-1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	VO-2	VO-3	C10
PAD NIVELETE	-12.70 3.73m	-169.95 2.88m	-165.69 17.14m	-156.36 12.79m	-135.19 11.10m	-107.99 15.74m	-86.07 13.94m	-149.19 15.96m			
VISINA TERENA (mn.m.)	133.25	133.67	134.16	137.00	139.00	140.50	142.20	143.40	144.56	145.78	146.70
VISINA NIVELETE (mn.m.)	132.05	132.47	132.96	135.80	137.80	139.30	141.00	142.20	143.36	144.56	
DUBINA NIVELETE (m) - OS CIJEVI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
VER.KUT		3°13' -0°14'		-0°31'	-1°11'	-1°32'	-1°15'	3°34'	0°0'		
HOR.KUT		19°22' -0°45'		-37°14'	20°53'	8°9'	14°47'	-14°45'	0°0'	-4°11'	
PARC. DULJINA	3.73	2.88	17.14	12.79	11.10	15.74	13.94	7.75	8.21	7.14	
STACIONAŽA	0+000.00	0+003.73	0+006.61	0+023.75	0+036.54	0+047.64	0+063.38	0+077.32	0+085.07	0+093.28	0+100.42

<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE          VODOVODNOG I          KANALIZACIJSKOG OGRANKA U          NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>UZDUŽNI PROFIL OGRANKA          VC-1</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>		Datum: <b>III. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:1000/100</b>
		List: <b>4</b>	

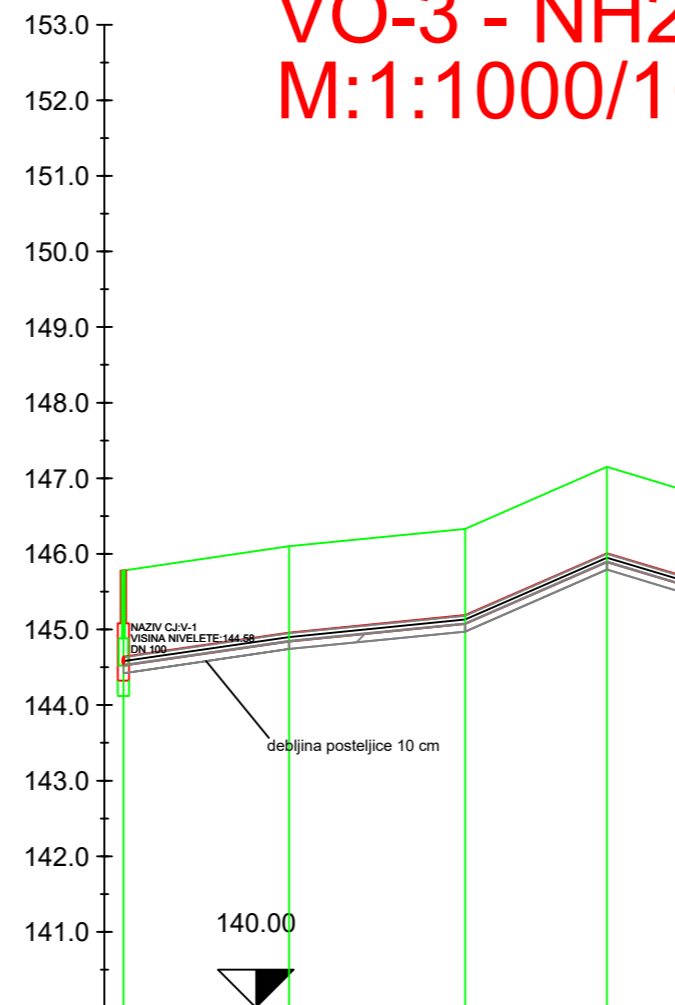
**OGRANAK VC-2  
C10 - NH1  
M:1:1000/100**



VRSTA I PROFIL CIJEVI	DN 100mm L=68.6m					
OZNAKA TOČKE	C10	C18	C19	C20	C21	NH1
PAD NIVELETE	-172.60 10.43m	-175.21 17.12m	-163.00 17.79m	-210.08 17.14m	-327.81 6.10m	
VISINA TERENA (mn.m.)	146.70	148.50	151.50	154.40	158.00	160.00
VISINA NIVELETE (mn.m.)	145.50	147.30	150.30	153.20	156.80	158.80
DUBINA NIVELETE (m) - OS CIJEVI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
VER.KUT		0°9'	-0°41'	2°36'	6°17'	
HOR.KUT		-8°31'	17°15'	-6°17'	10°47'	
PARC. DULJINA	10.43	17.12	17.79	17.14	6.10	
STACIONAŽA	0+000.00	0+010.43	0+027.55	0+045.34	0+062.48	0+068.58

<b>G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>UZDUŽNI PROFIL OGRANKA VC-2</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>	Datum: <b>III. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:1000/100</b>	List: <b>5</b>

# OGRANAK VC-3 VO-3 - NH2 M:1:1000/100



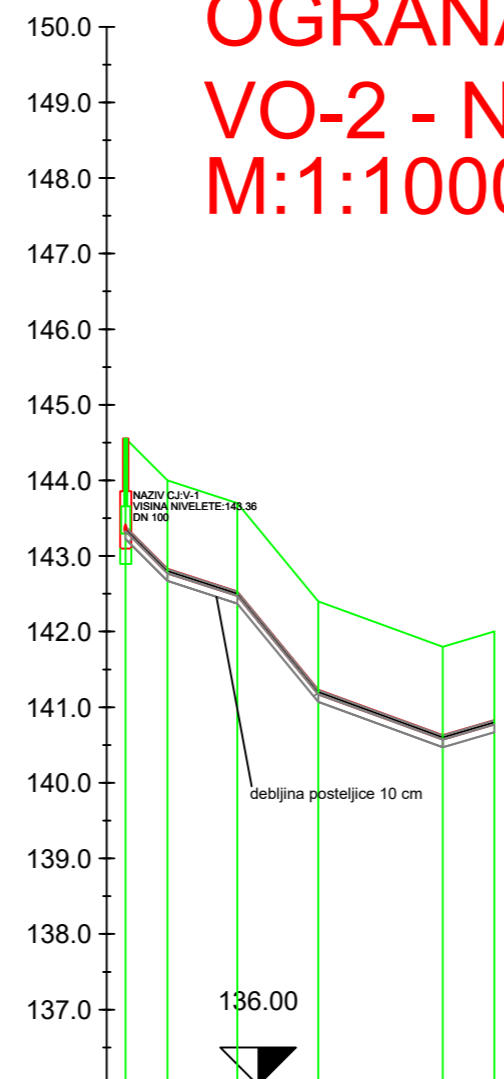
VRSTA I PROFIL CIJEVI	DN 100mm L=74.5m				
OZNAKA TOČKE	VO-3	C11	C12	C13	NH-2
PAD NIVELETE	-14.55 21.90m	-9.88 23.28m	-43.71 18.76m	30.17 10.61m	
VISINA TERENA (mn.m.)	145.78	146.10	146.33	147.15	146.83
VISINA NIVELETE (mn.m.)	144.58	144.90	145.13	145.85	145.63
DUBINA NIVELETE (m) - OS CIJEVI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
VER.KUT		-0°16'	1°56'	-4°14'	
HOR.KUT		11°53'	0°58'	4°29'	
PARC. DULJINA		21.90	23.28	18.76	10.61
STACIONAŽA	0+000.00	0+021.90	0+045.17	0+063.93	0+074.54

<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacrt: UZDUŽNI PROFIL OGRANKA VC-3	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš		Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:1000/100
		List: 6	

# OGRANAK VC-4

## VO-2 - NH3

### M:1:1000/100

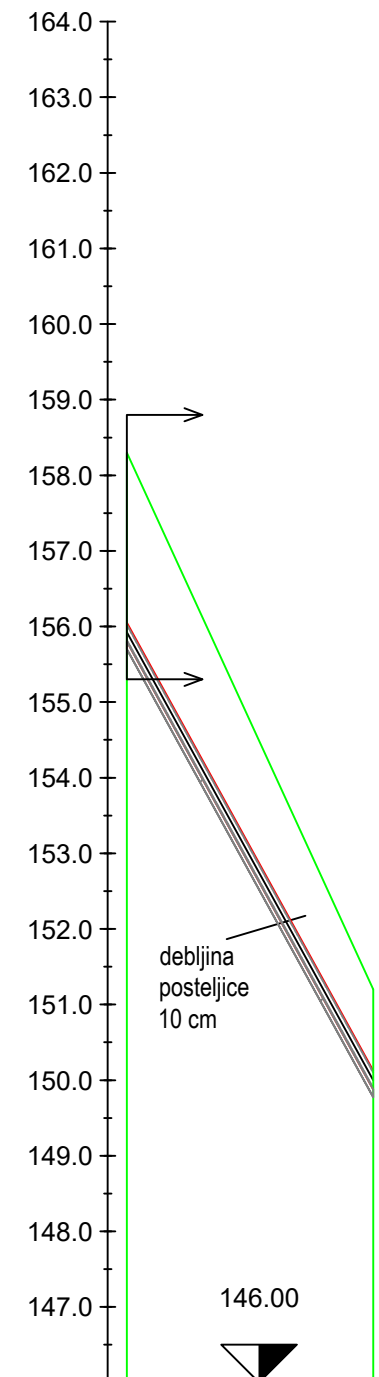


VRSTA I PROFIL CIJEVI	DN 52mm L=48.8m					
OZNAKA TOČKE	VO-2	NH-3	C27	C28	C29	NH-3
PAD NIVELETE	100.76 5.52m	32.44 9.25m	121.67 10.68m	36.42 16.47m	-29.31 6.82m	
VISINA TERENA (mn.m.)	144.56	144.00	143.70	142.40	141.80	142.00
VISINA NIVELETE (mn.m.)	143.36	142.80	142.50	141.20	140.60	140.80
DUBINA NIVELETE (m) - OS CIJEVI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
VER.KUT		3°54'	-5°5'	4°51'	3°46'	
HOR.KUT		10°35'	6°32'	7°58'	26°47'	
PARC. DULJINA	5.52	9.25	10.68	16.47	6.82	
STACIONAŽA	0+000.00	0+005.52	0+014.77	0+025.46	0+041.93	0+048.75

<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: UZDUŽNI PROFIL OGRANKA VC-4	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš		Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:1000/100
		List: 7	

# GK-1

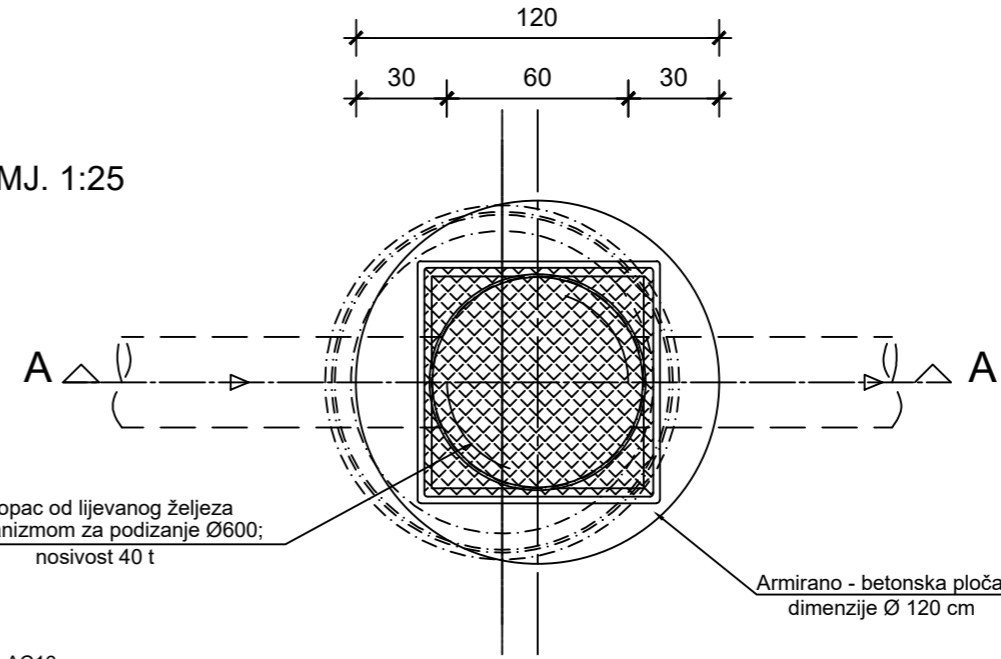
## M:1:1000/100



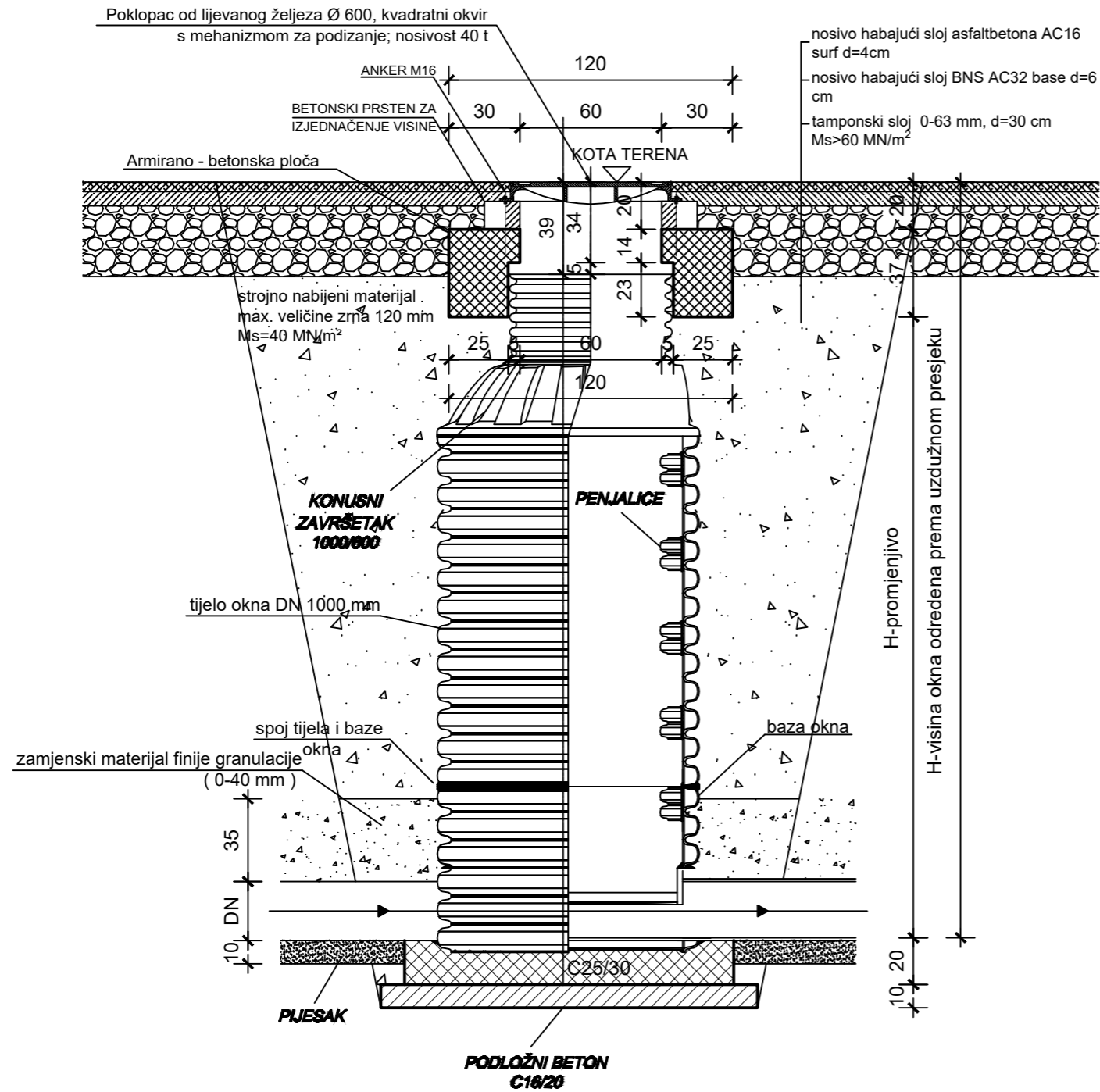
VRSTA I PROFIL CIJEVI	DN 250mm L=32.6m	
OZNAKA TOČKE	RO-1	RO-2
PAD NIVELETE	198.89	32.61m
VISINA TERENA (mn.m.)	158.30	151.20
VISINA NIVELETE (mn.m.)	155.93	150.00
DUBINA NIVELETE (m) - OS CIJEVI	2.37	1.20
VER.KUT		
HOR.KUT		
PARC. DULJINA	32.61	
STACIONAŽA	0+00.00	0+32.61

<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacrt: UZDUŽNI PROFIL SANITARNOG KOLEKTORA GK-1	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: 1:1000/100	List: 8

TLOCRT MJ. 1:25

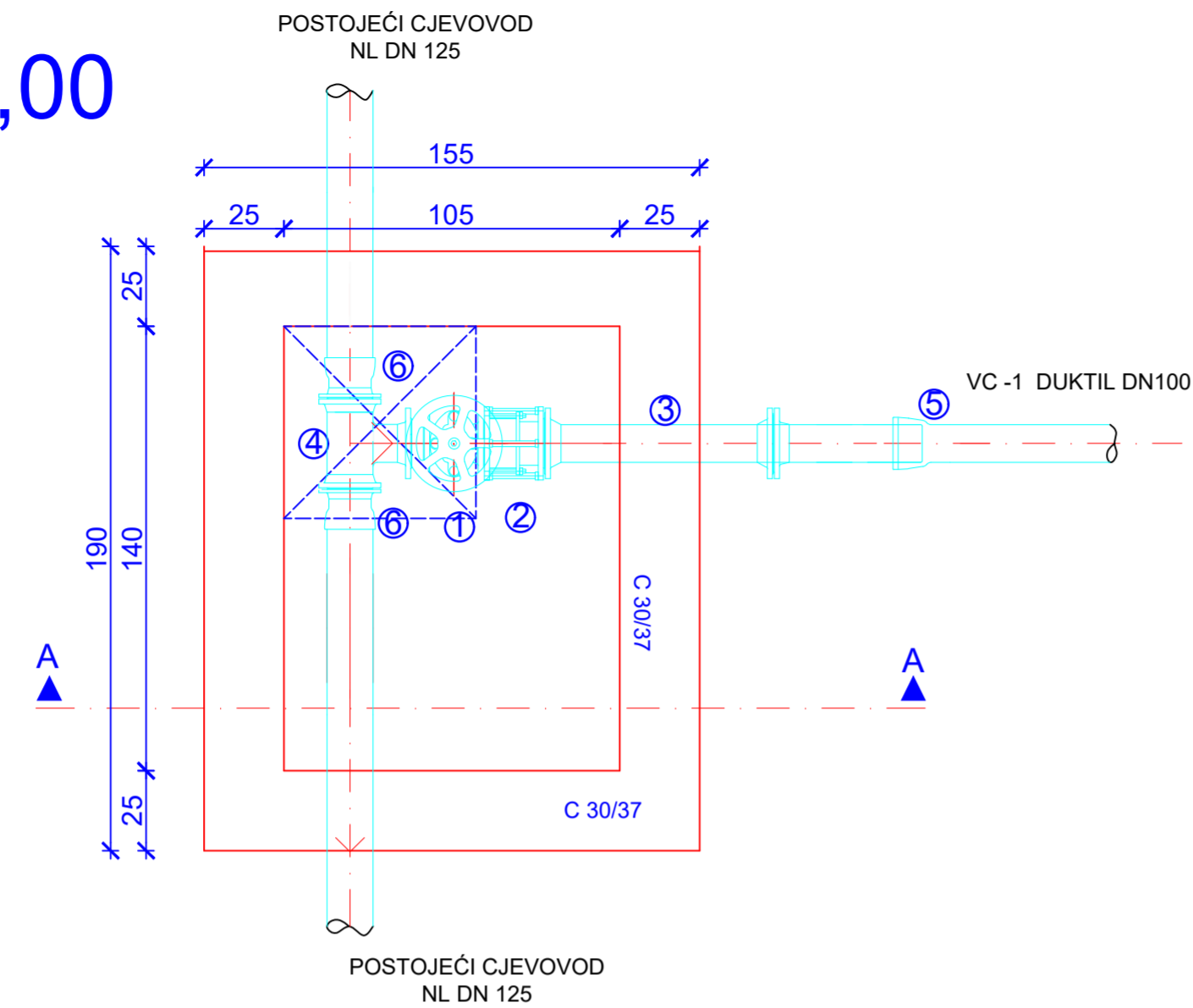


PRESJEK A-A MJ. 1:25



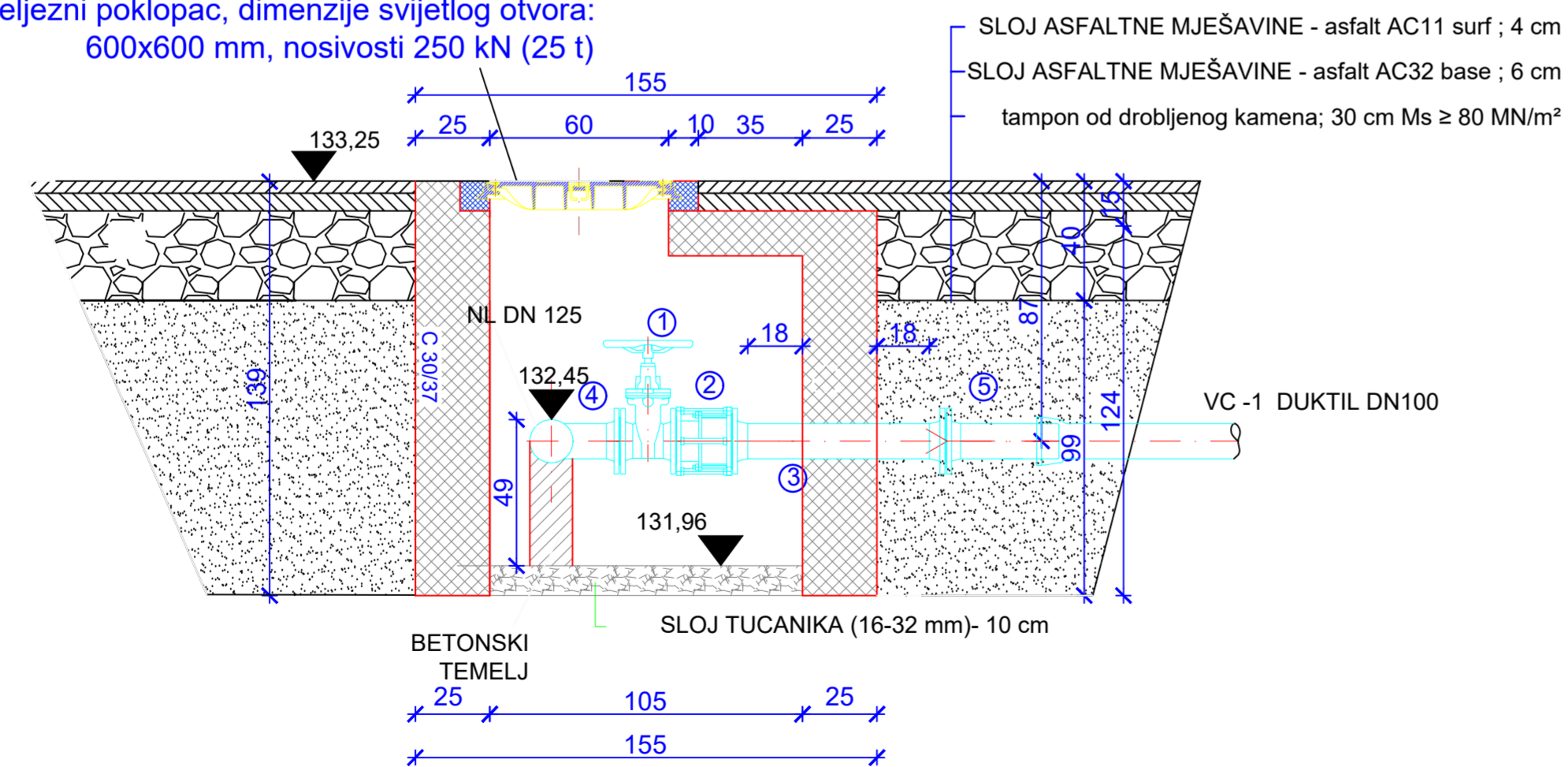
<b>G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>DETALJ TIPSKOG REVIZIJSKOG PE OKNA</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>	Datum: <b>V. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:25</b>	List: <b>9</b>

# OKNO VO-1 NA STAC. 0+000,00



## PRESJEK A-A

Lijevano-željezni poklopac, dimenzije svjetlog otvora:  
600x600 mm, nosivosti 250 kN (25 t)



## SPECIFIKACIJA FAZONSKIH KOMADA I ARMATURA

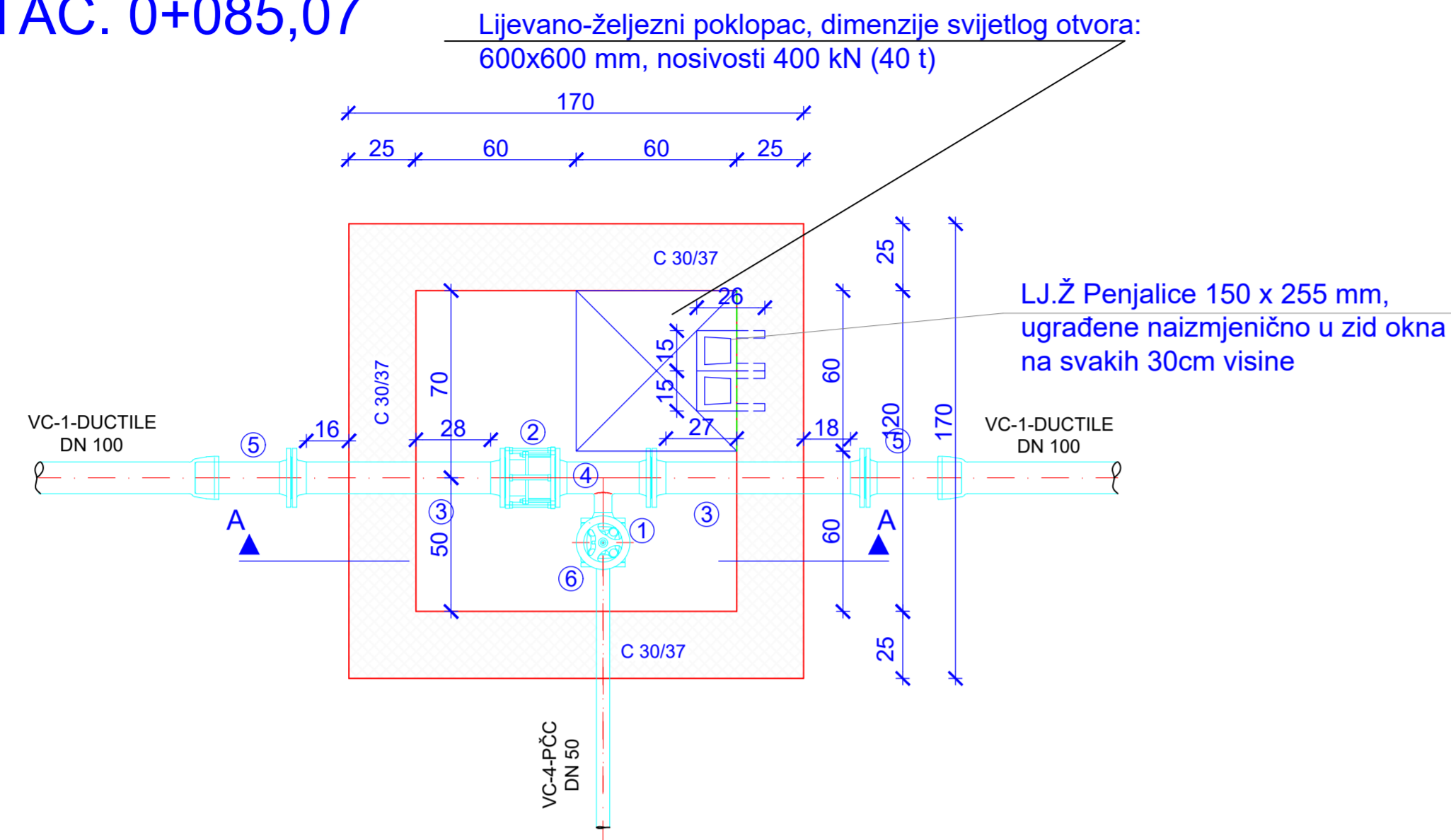
POZ	OZNAKA	PROFIL	DUŽINA KUT	KOM.	NP.	TEŽINA (KG)
<b>ARMATURA</b>						
1	ELIPTIČNI ZASUN S RUČNIM KOLOM	100	190	1	16	27.8
2	MONTAŽNO DEMONTAŽNI KOMAD TIP "MDK"	100	250/300	1	16	28
				<b>UKUPNO:</b>	<b>2</b>	<b>55.8</b>
<b>FAZONSKI KOMADI</b>						
3	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (FFG)	100	800	1	16	23
4	OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (T)	125/100	360/180	1	16	16.6
5	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM (F)	100	400	1	16	9.7
6	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM I KOLČAKOM (EU)	125	130	2	16	18.2
				<b>UKUPNO:</b>	<b>5</b>	<b>49.3</b>

<b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: DETALJ VODOOPSKRBNOG OKNA VO-1	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: 1:20	List: 10

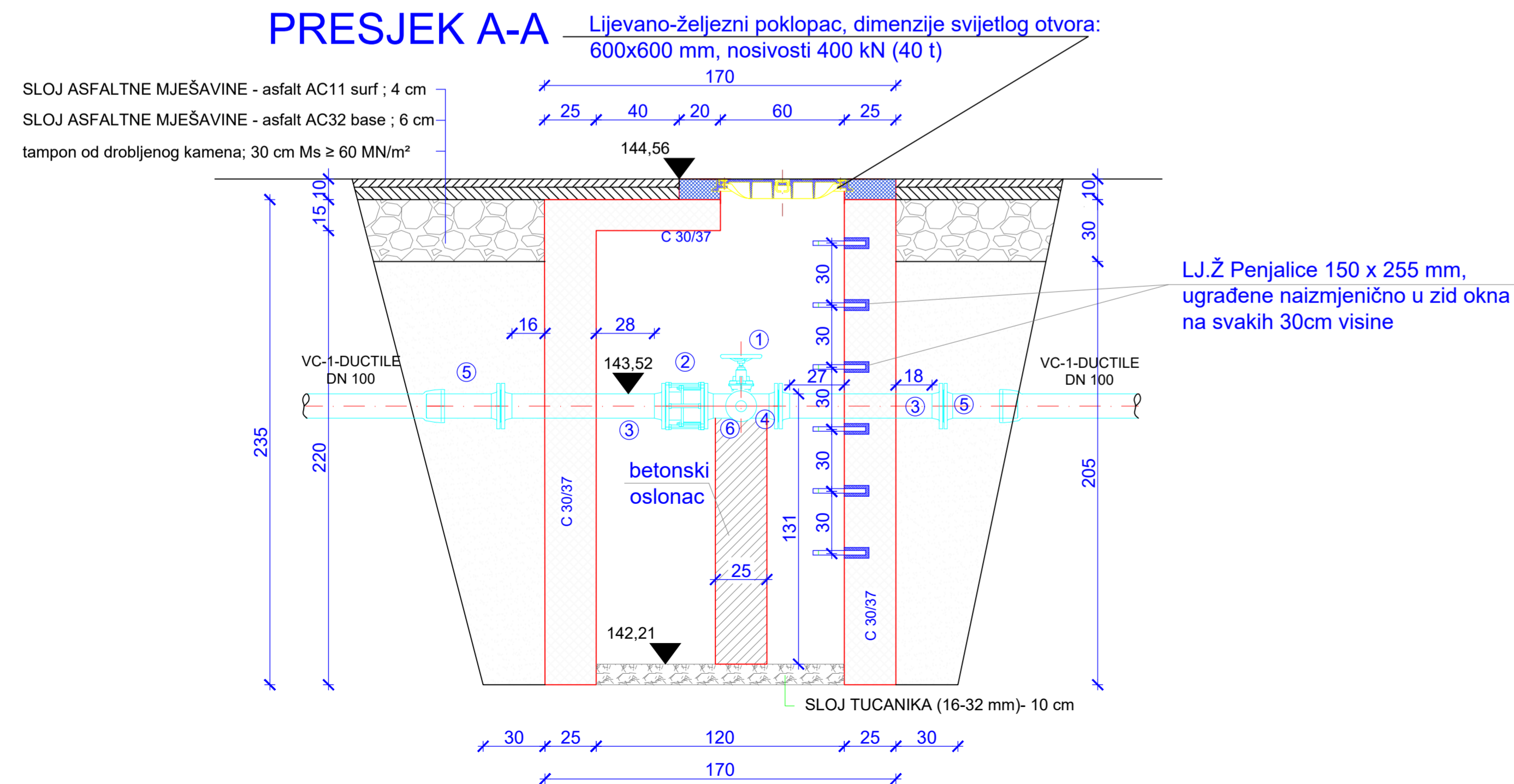


# OKNO VO-2 NA STAC. 0+085,07

## TLOCRT



## PRESJEK A-A



### V-1.11.2.1 VO-2 u stac. 0+085,07

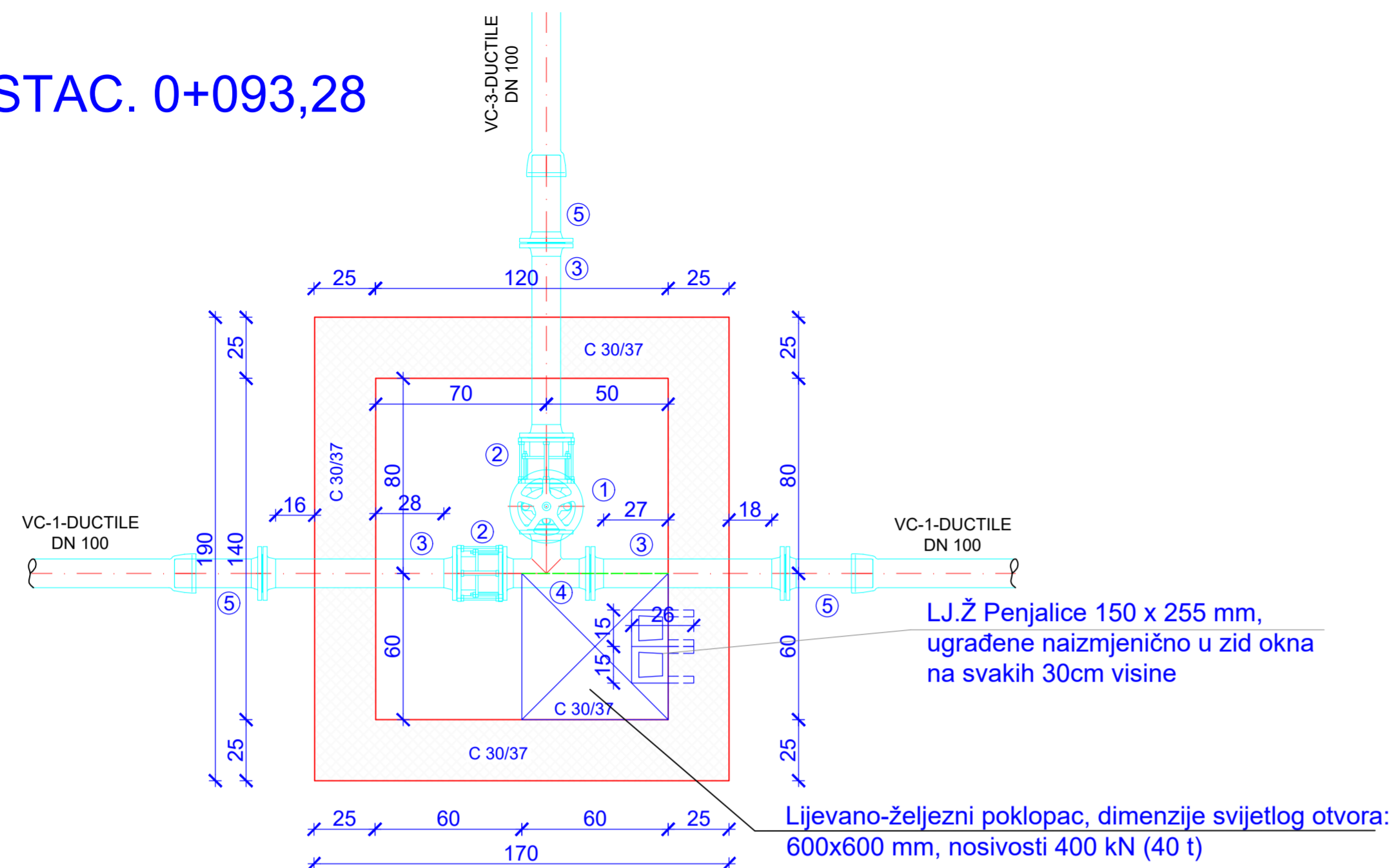
SPECIFIKACIJA FAZONSKIH KOMADA I ARMATURA						
POZ	OZNAKA	PROFIL	DUŽINA KUT	KOM.	NP.	TEŽINA (KG)
ARMATURA						
1	ELIPTIČNI ZASUN S RUČNIM KOLOM	50	150	1	16	13.1
2	MONTAŽNO DEMONTAŽNI KOMAD TIP "MDK"	100	250/300	1	16	28
				UKUPNO:	2	41.1

FAZONSKI KOMADI						
3	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (FFG)	100	800	2	16	46
4	OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (T)	100/50	350/170	1	16	16.6
5	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM (F)	100	400	2	16	19.4
6	ČELIČNA PRIRUBNICA SA NAVOJNIM SPOJEM	100/50	18	1	16	2.8
				UKUPNO:	6	84.8

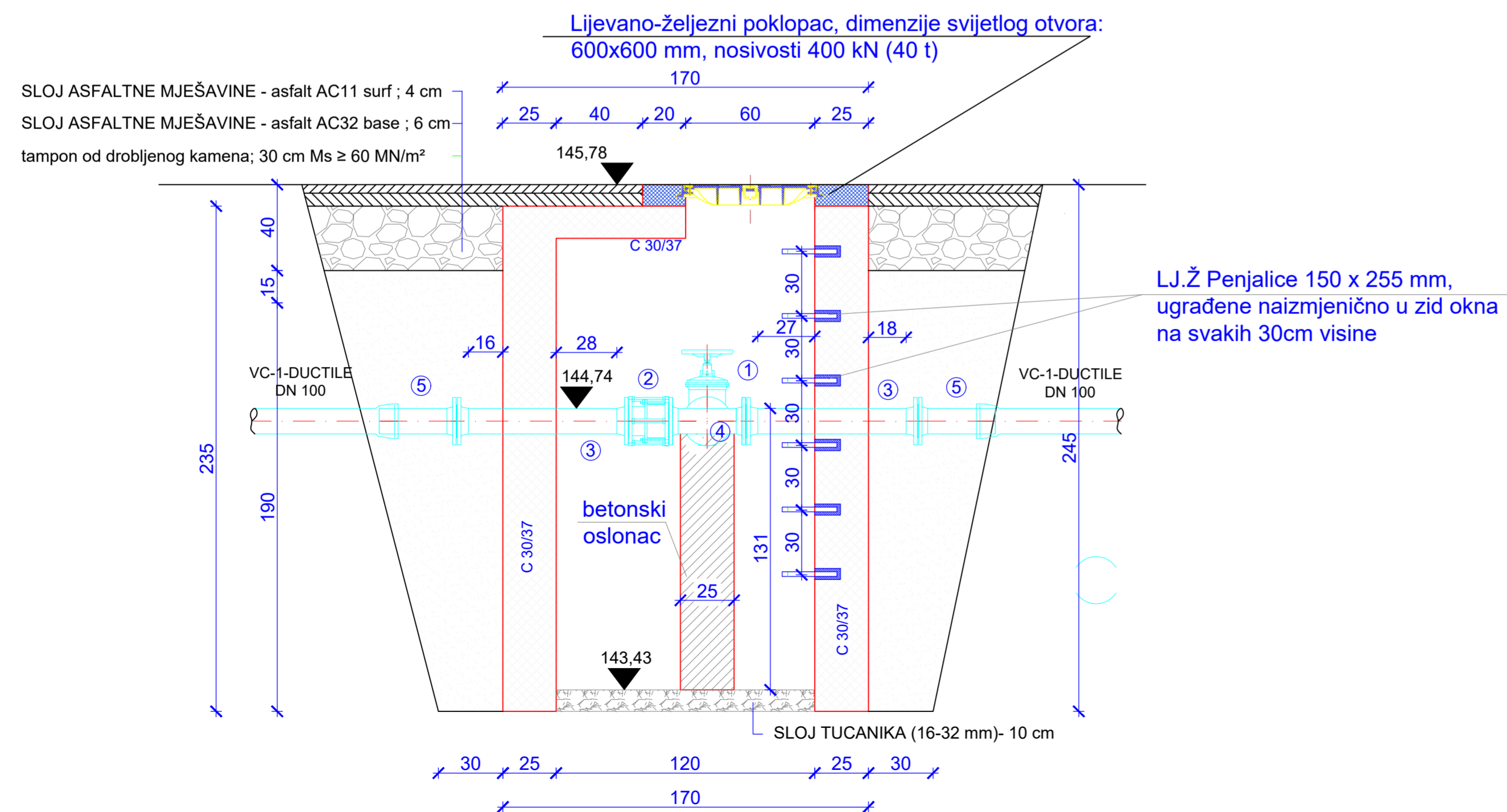
G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: DETALJ VODOOPSRBNOG OKNA VO-2	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: 1:20	List: 11

# OKNO VO-3 NA STAC. 0+093,28

## TLOCRT



## PRESJEK A-A

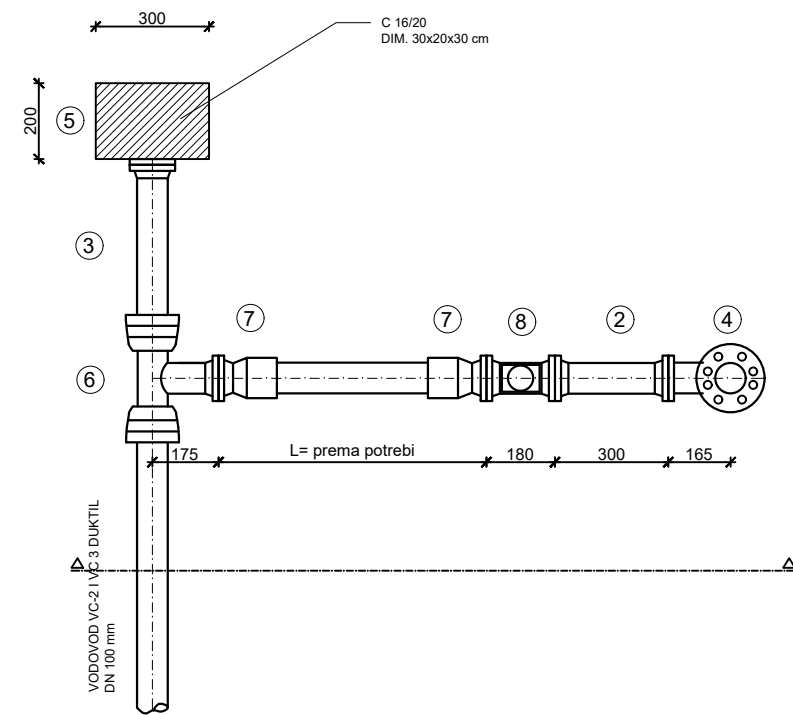


### V-1.11.2.1 VO-3 u stac. 0+093,28

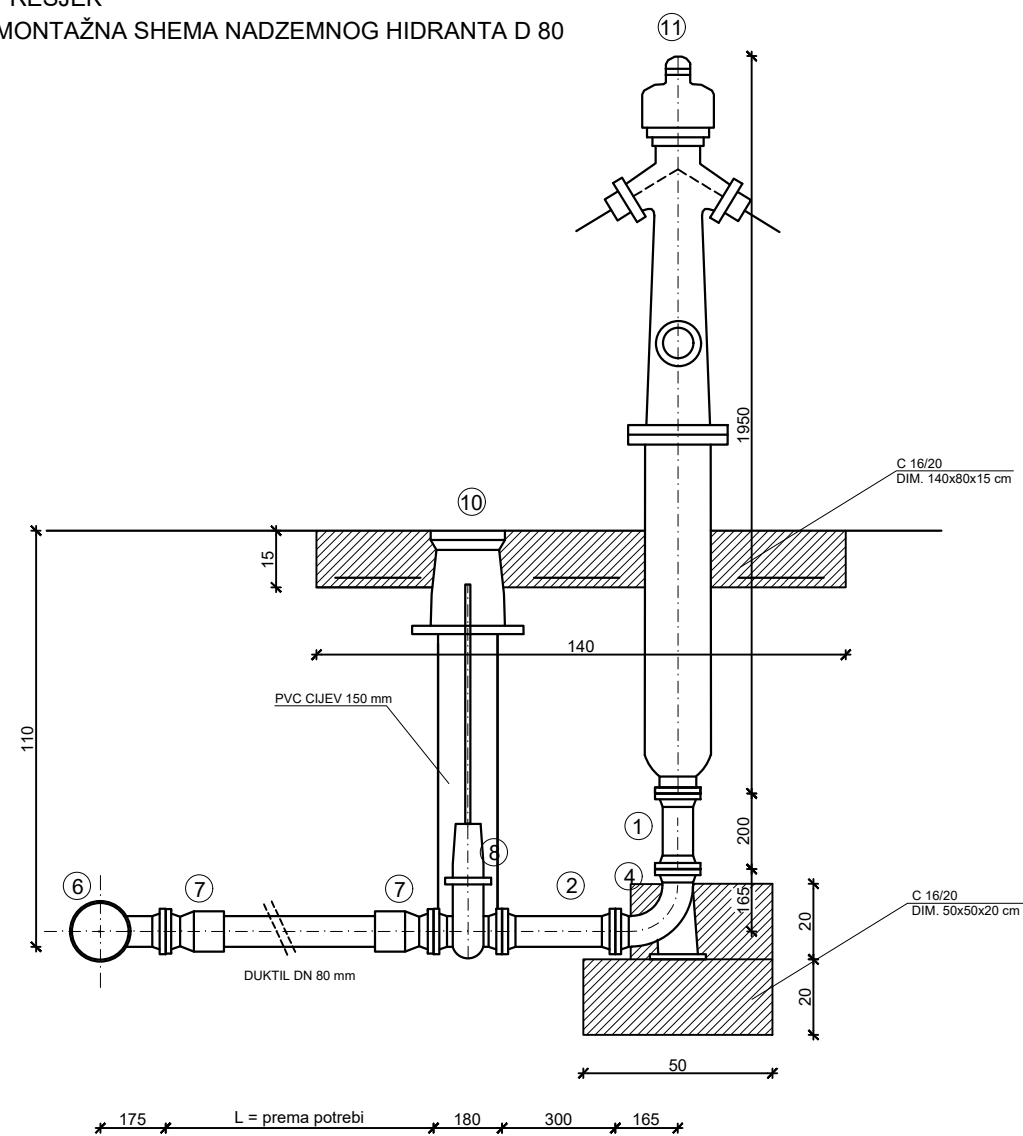
SPECIFIKACIJA FAZONSKIH KOMADA I ARMATURA						
POZ	OZNAKA	PROFIL	DUŽINA KUT	KOM.	NP.	TEŽINA (KG)
ARMATURA						
1	ELIPTIČNI ZASUN S RUČNIM KOLOM	100	190	1	16	27.8
2	MONTAŽNO DEMONTAŽNI KOMAD TIP "MDK"	100	250/300	2	16	56
				<b>UKUPNO:</b>	<b>3</b>	<b>83.8</b>

FAZONSKI KOMADI						
3	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (FFG)	100	800	3	16	69
4	OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA (T)	100/100	360/180	1	16	16.6
5	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM (F)	100	400	3	16	29.1
				<b>UKUPNO:</b>	<b>7</b>	<b>114.7</b>

TLOCRT  
MONTAŽNA SHEMA NADZEMNOG HIDRANTA D 80



PRESJEK  
MONTAŽNA SHEMA NADZEMNOG HIDRANTA D 80

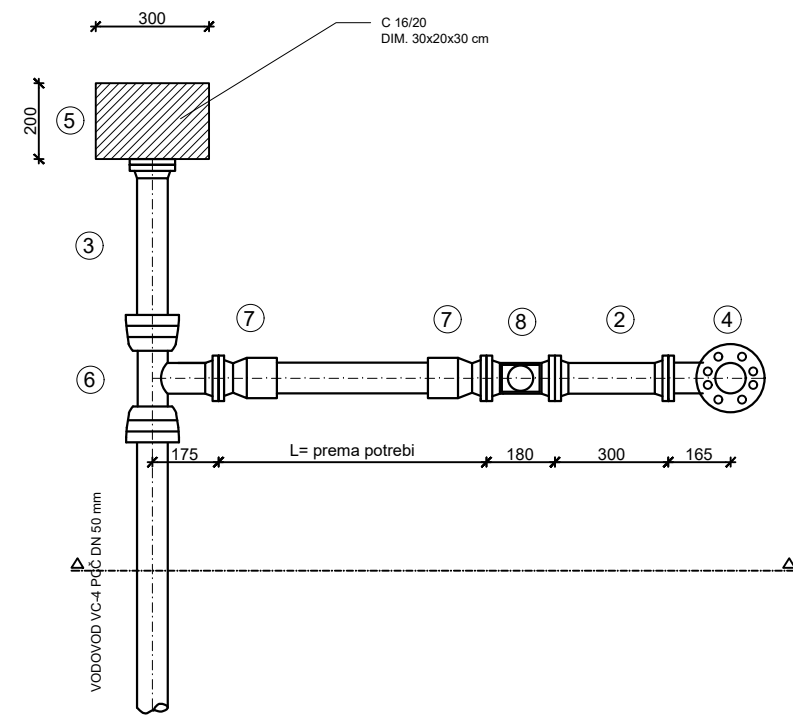


DETALJ HIDRANTA NH1 I NH2  
MJ 1 : 20

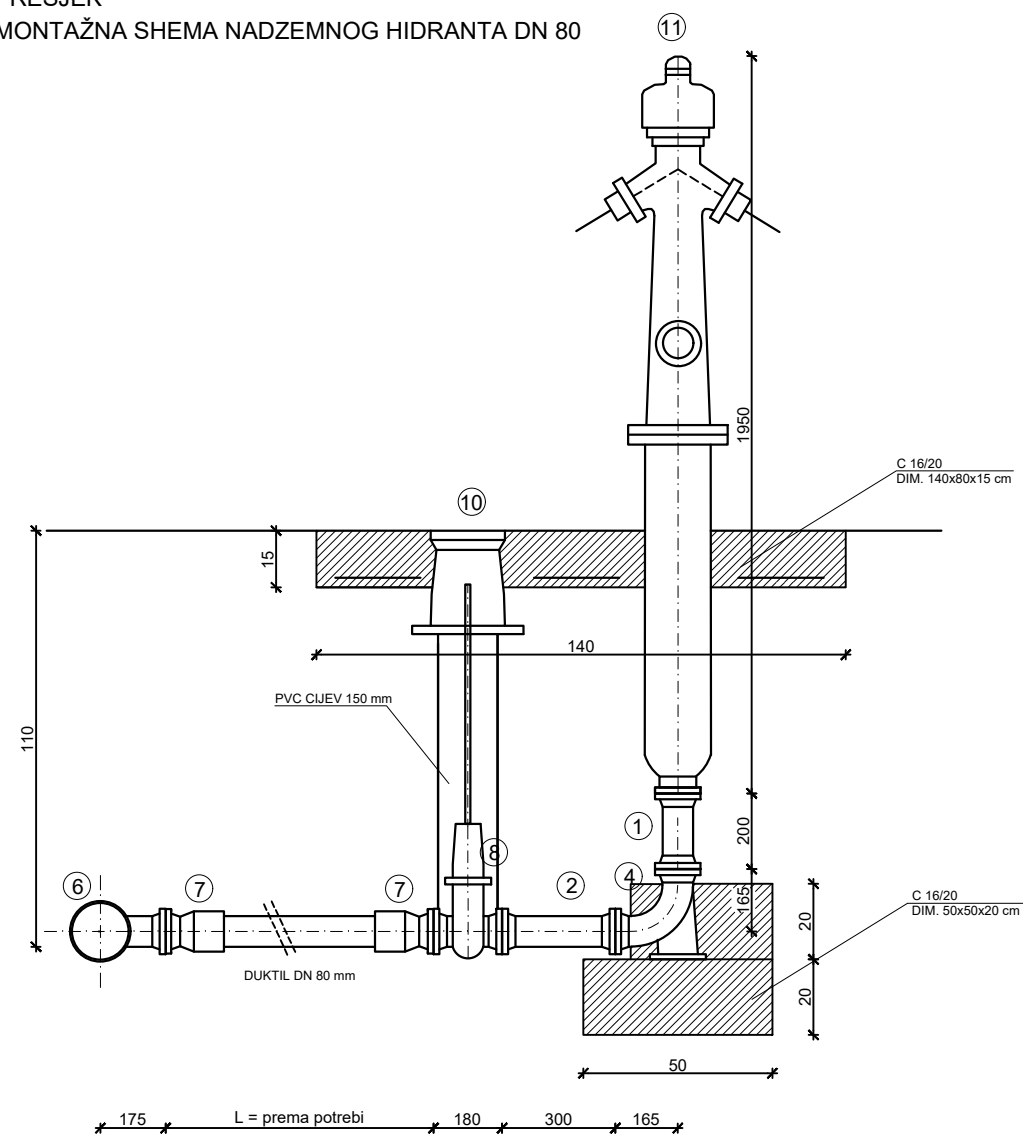
SPECIFIKACIJA FAZONSKIH KOMADA I ARMATURA					
POZ	OZNAKA	PROFIL	DUŽINA KUT	KOM.	NP.
FAZONSKI KOMADI					
1	FFG	80	200	1	16
2	FFG	80	300	1	16
3	F	100	360	1	16
4	N	80	165	1	16
5	X	100	-	1	16
6	MMA	100/80	345	1	16
7	EU	80	130	2	16
UKUPNO:				8	
8	ELIPTIČNI ZASUN BEZ RUČNOG KOLA	80	180	1	16
9	TELESKOPSKA UGRADBENA GARNITURA ZA ARMATURE	80	1000-1400	1	-
10	ULIČNA KAPA ZA UGRADBENU GARNITURU	-	-	1	-
11	NADZEMNI HIDRANT Rd=1,00 m	80	1950	1	16
UKUPNO:				4	

G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: DETALJI HIDRANTA NH1 I NH2	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: 1:20	List: 13

TLOCRT  
MONTAŽNA SHEMA NADZEMNOG HIDRANTA DN 80



PRESJEK  
MONTAŽNA SHEMA NADZEMNOG HIDRANTA DN 80



SPECIFIKACIJA FAZONSKIH KOMADA I ARMATURA

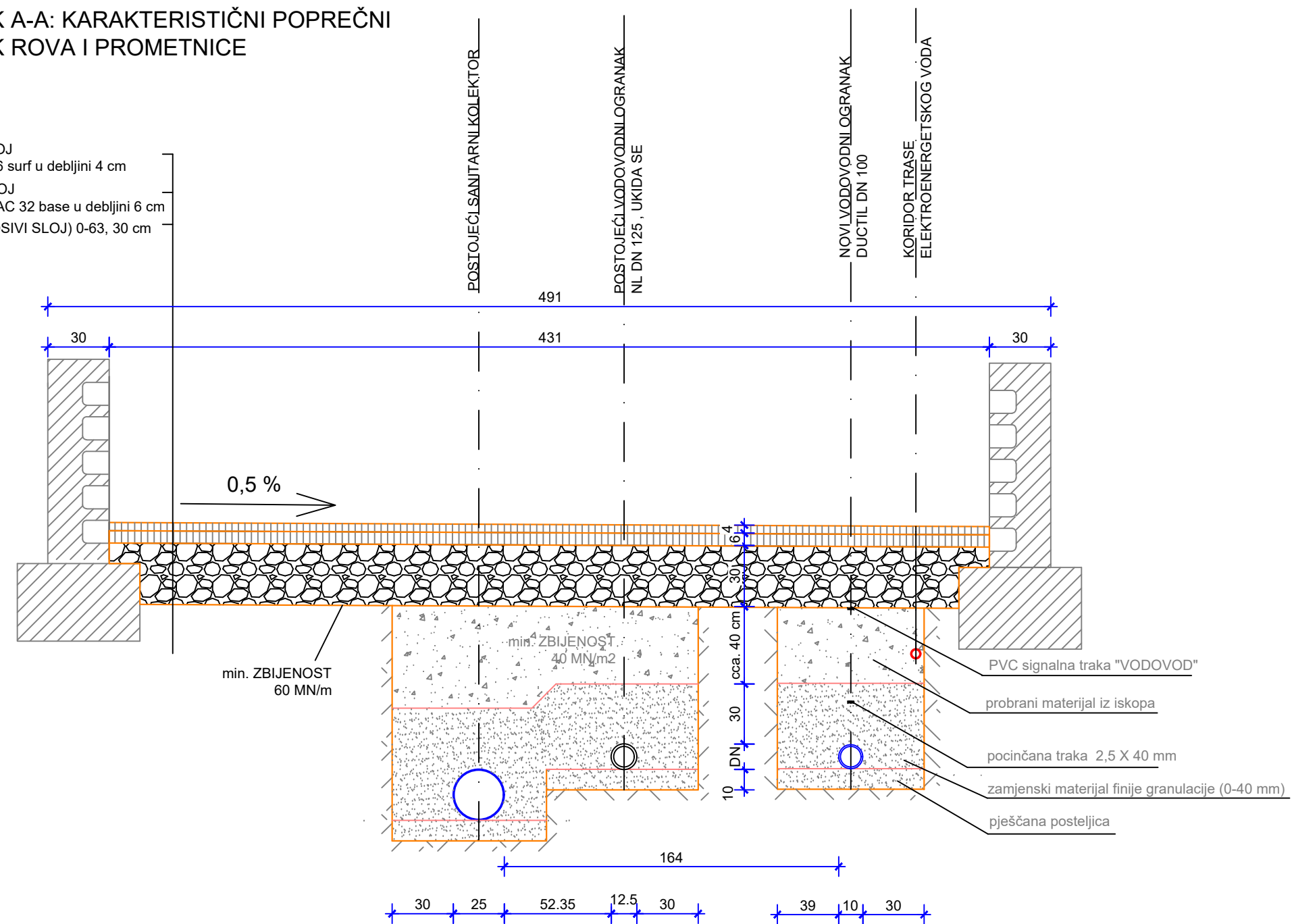
POZ	OZNAKA	PROFIL	DUŽINA KUT	KOM.	NP.
FAZONSKI KOMADI					
1	FFG	80	200	1	16
2	FFG	80	300	1	16
3	F	50	360	1	16
4	N	80	165	1	16
5	X	50	-	1	16
6	MMA	50/80	345	1	16
7	EU	80	130	2	16
UKUPNO:				8	
8	ELIPTIČNI ZASUN BEZ RUČNOG KOLA	80	180	1	16
9	TELESKOPSKA UGRADBENA GARNITURA ZA ARMATURE	80	1000-1400	1	-
10	ULIČNA KAPA ZA UGRADBENU GARNITURU	-	-	1	-
11	NADZEMNI HIDRANT Rd=1,00 m	80	1950	1	16
UKUPNO:				4	

DETALJ NADZEMNOG HIDRANTA NH3  
MJ 1 : 20

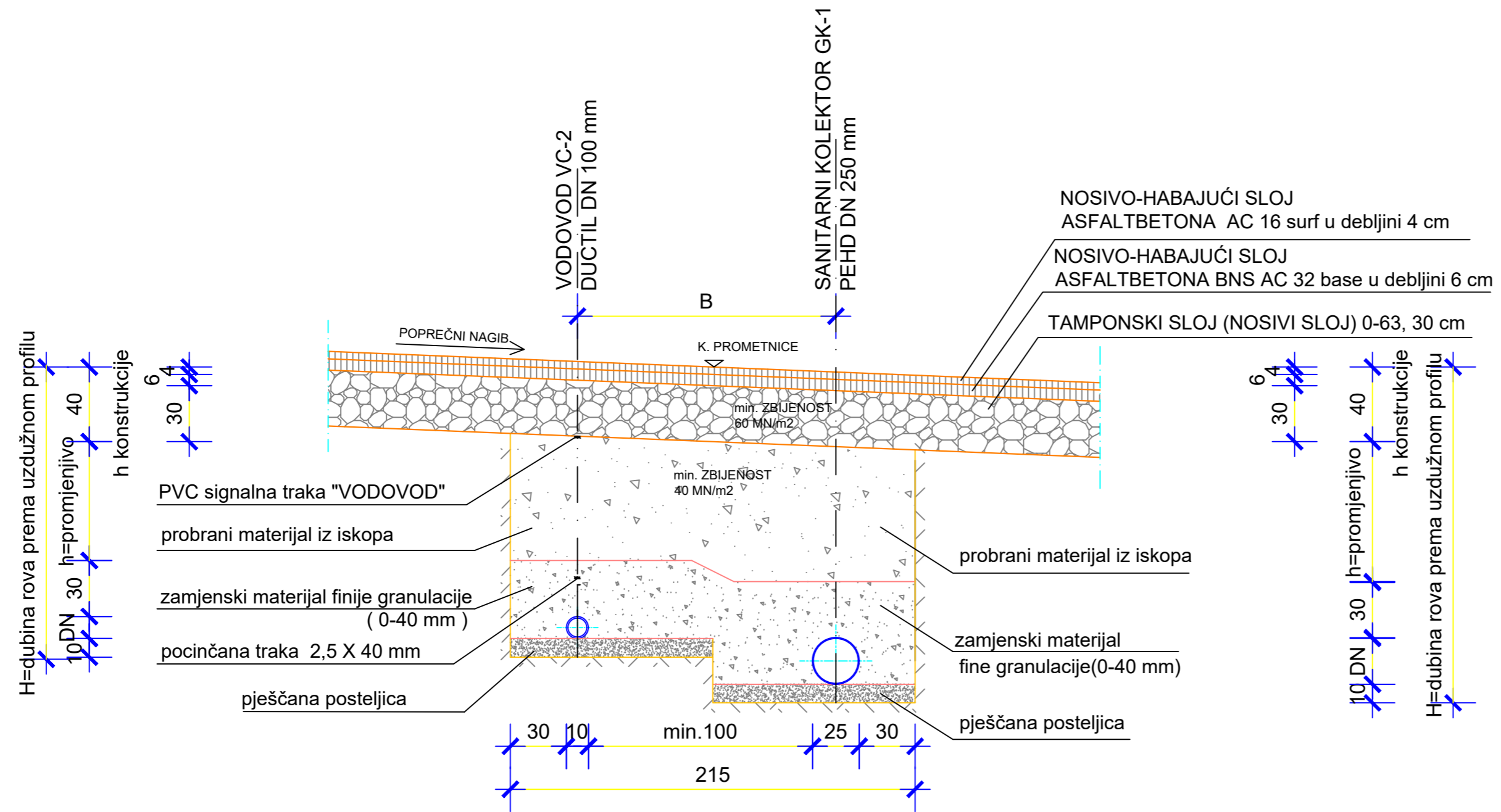
<b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: DETALJ NADZEMNOG HIDRANTA NH3	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: 1:20	List: 14

PRESJEK A-A: KARAKTERISTIČNI POPREČNI  
PRESJEK ROVA I PROMETNICE

NOSIVO-HABAJUĆI SLOJ  
ASFALTBETONA AC 16 surf u debljini 4 cm  
NOSIVO-HABAJUĆI SLOJ  
ASFALTBETONA BNS AC 32 base u debljini 6 cm  
TAMPONSKI SLOJ (NOSIVI SLOJ) 0-63, 30 cm

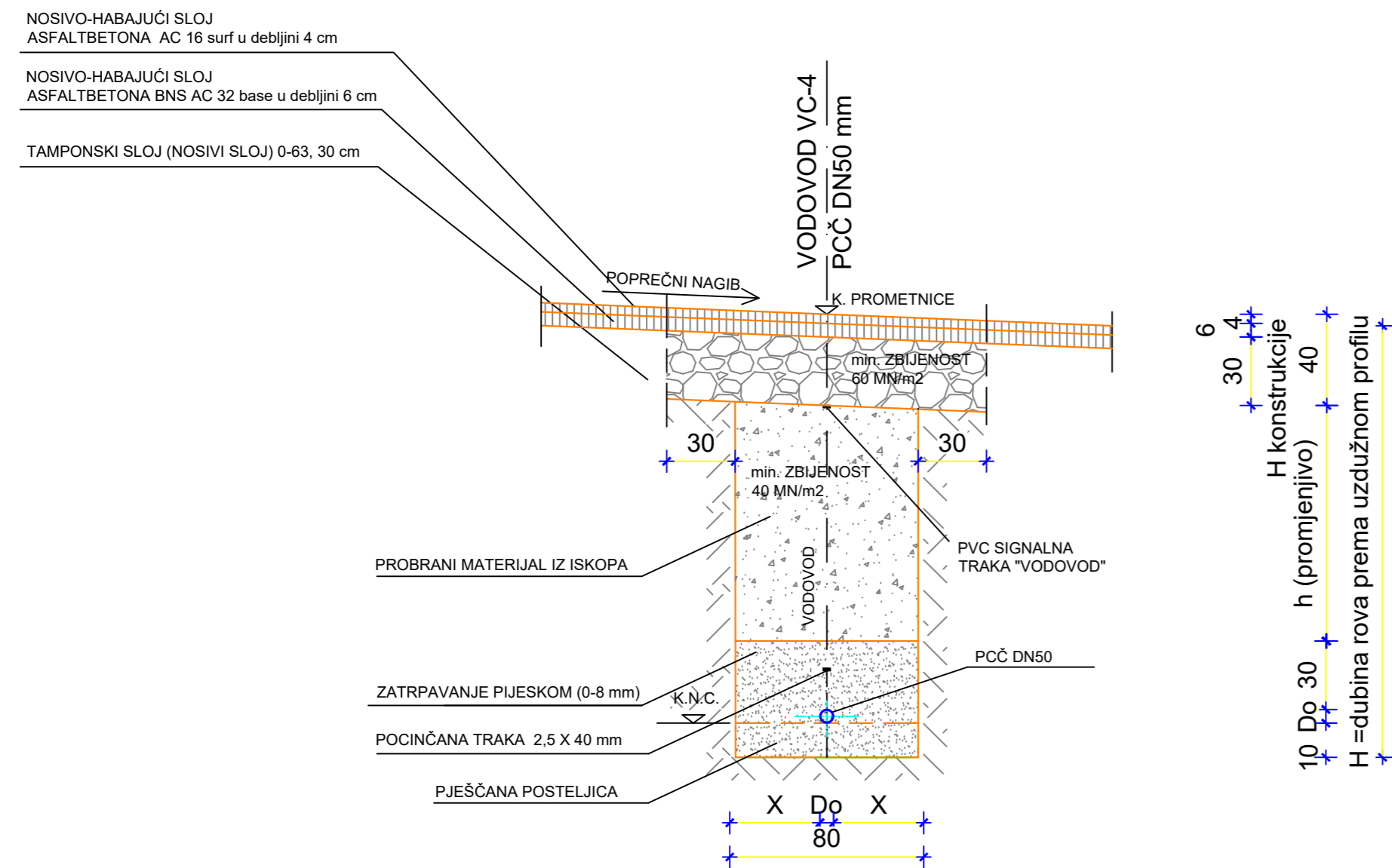


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: POPREČNI PRESJEK VODOVODA, KOLEKTORA I STRUJE	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:25	List: 15

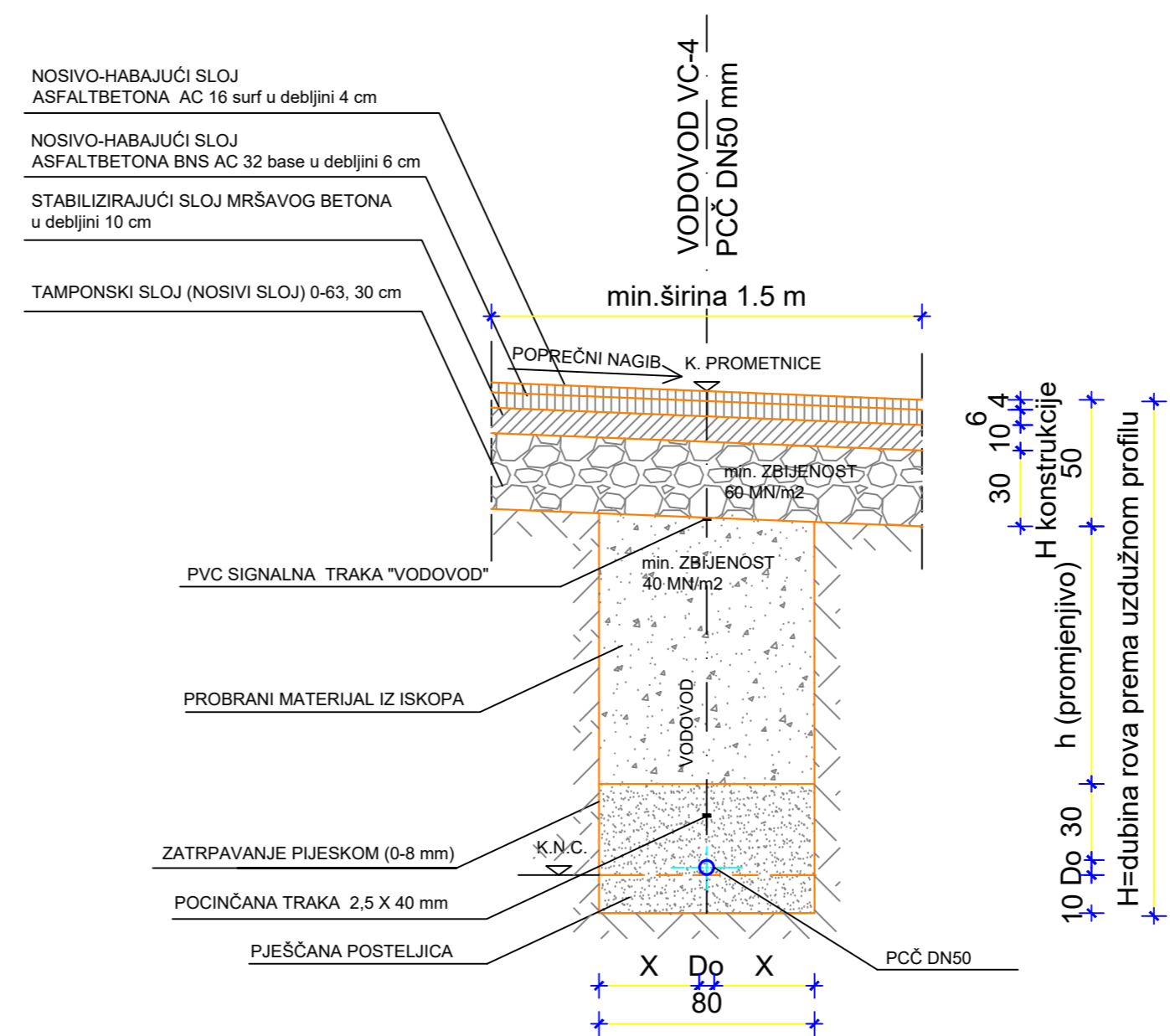


G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacrt: KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA VODOVODA I SANITARNE ODVODNJE	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:25	List: 16

### UZDUŽNI PRESJEK ROVA NA NERAZVRSTANOJ CESTI

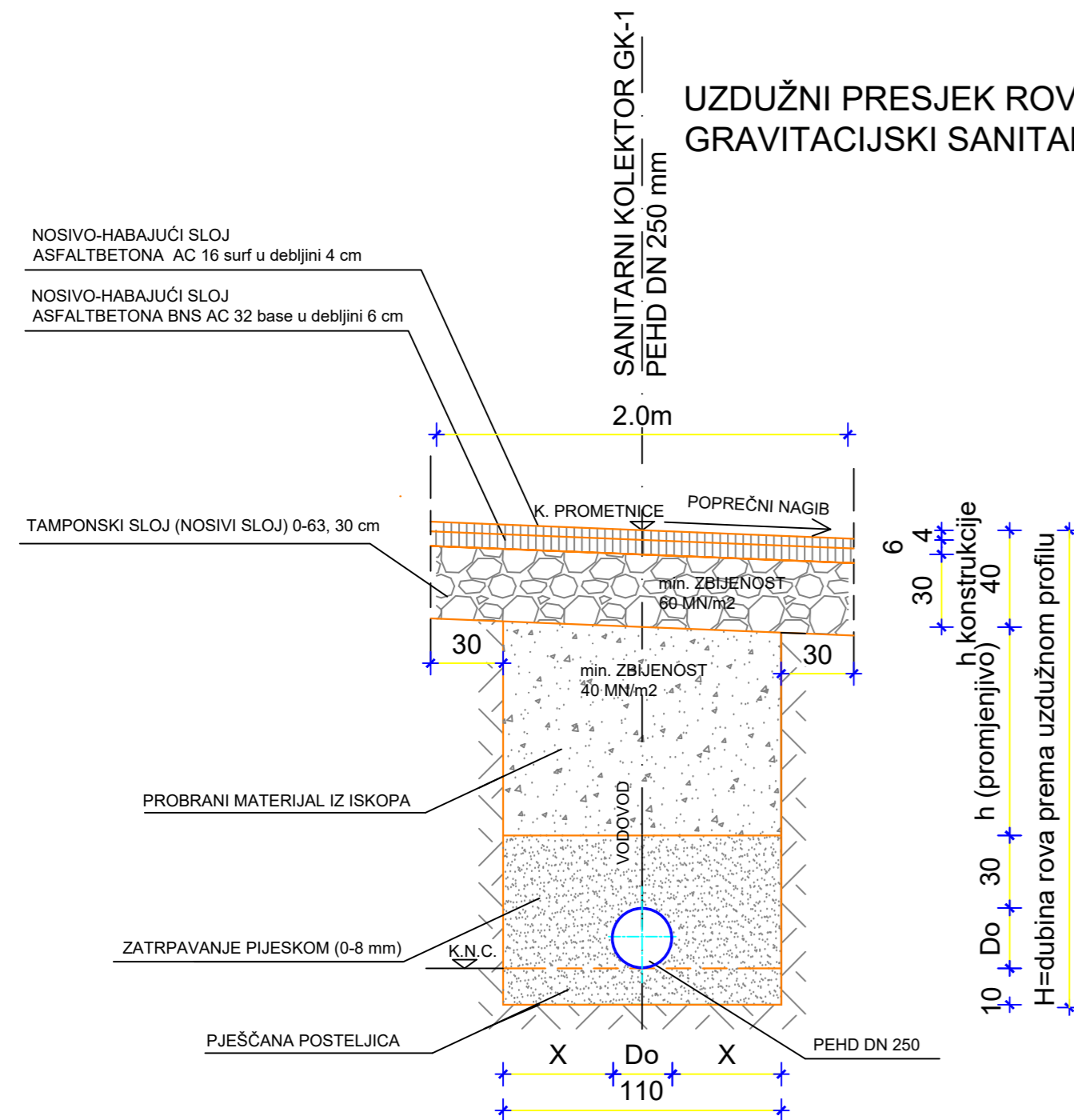


### POPREČNI PRESJEK ROVA NA NERAZVRSTANOJ CESTI

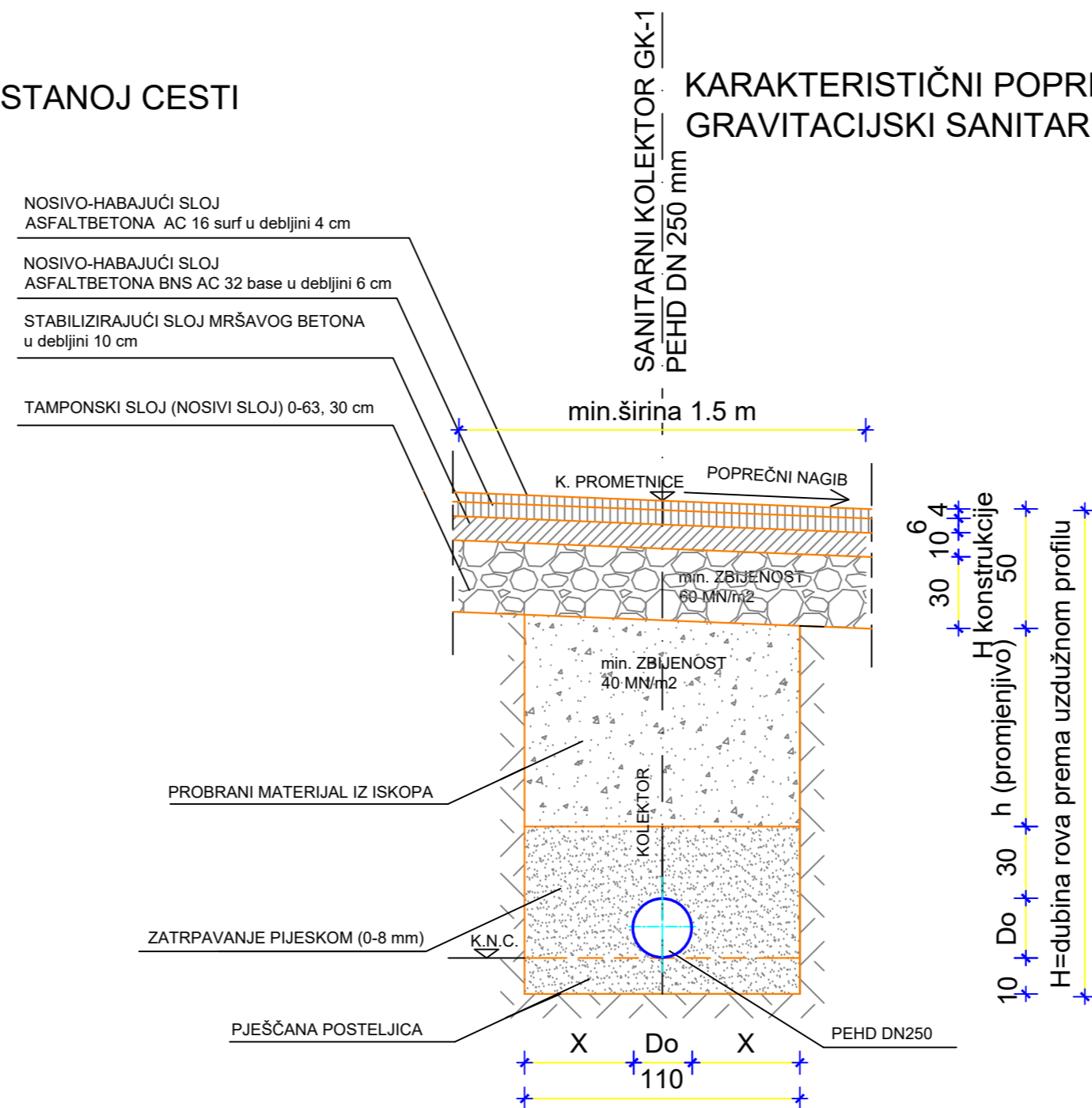


<b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE                  VODOVODNOG I                  KANALIZACIJSKOG OGRANKA U                  NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>KARAKTERISTIČNI POPREČNI                  PRESJEK ROVA                  VODOOPSKRBNOG OGRANKA</b>	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:25	List: 17

UZDUŽNI PRESJEK ROVA NA NERAZVRSTANOJ CESTI  
GRAVITACIJSKI SANITARNI CJEVOVOD



KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA  
GRAVITACIJSKI SANITARNI CJEVOVOD

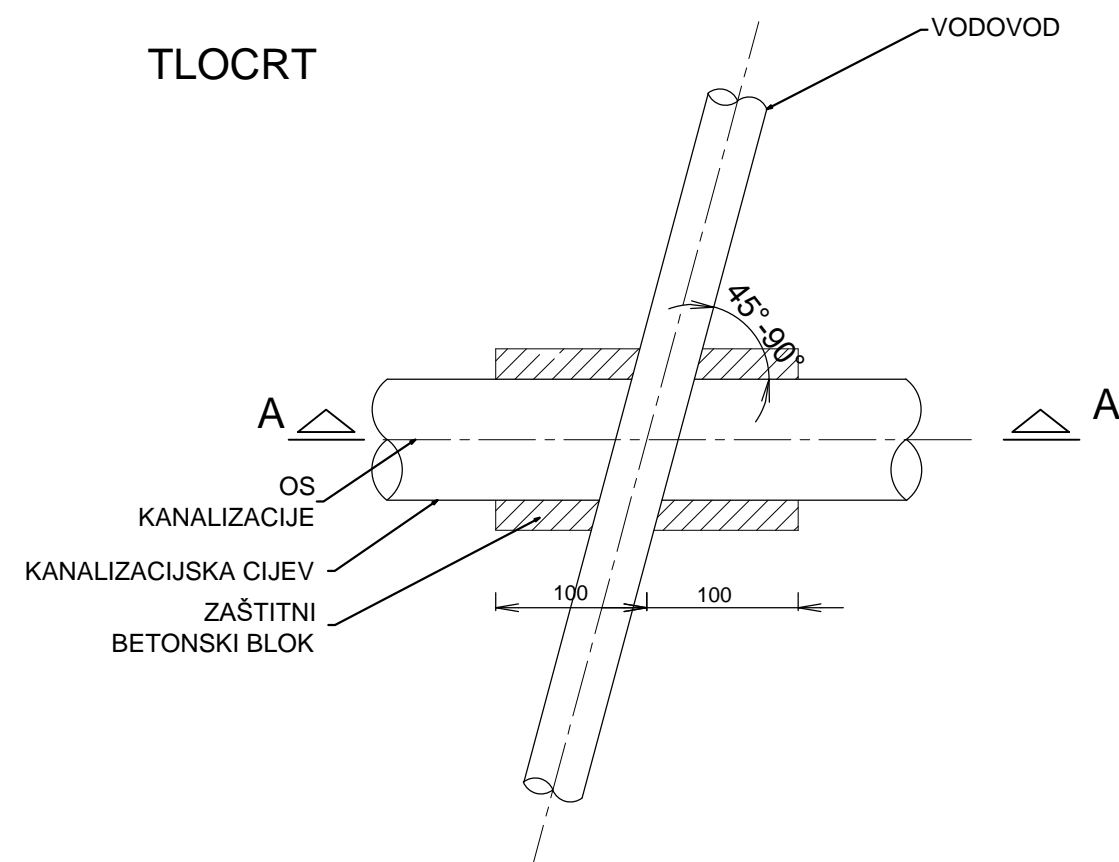


<b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE                  VODOVODNOG I                  KANALIZACIJSKOG OGRANKA U                  NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacrt: <b>KARAKTERISTIČNI POPREČNI                  PRESJEK ROVA ZA SANITARNI                  CJEVOVOD</b>	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš		Datum: III. 2024	Mjerilo: 1:25
		List: 18	

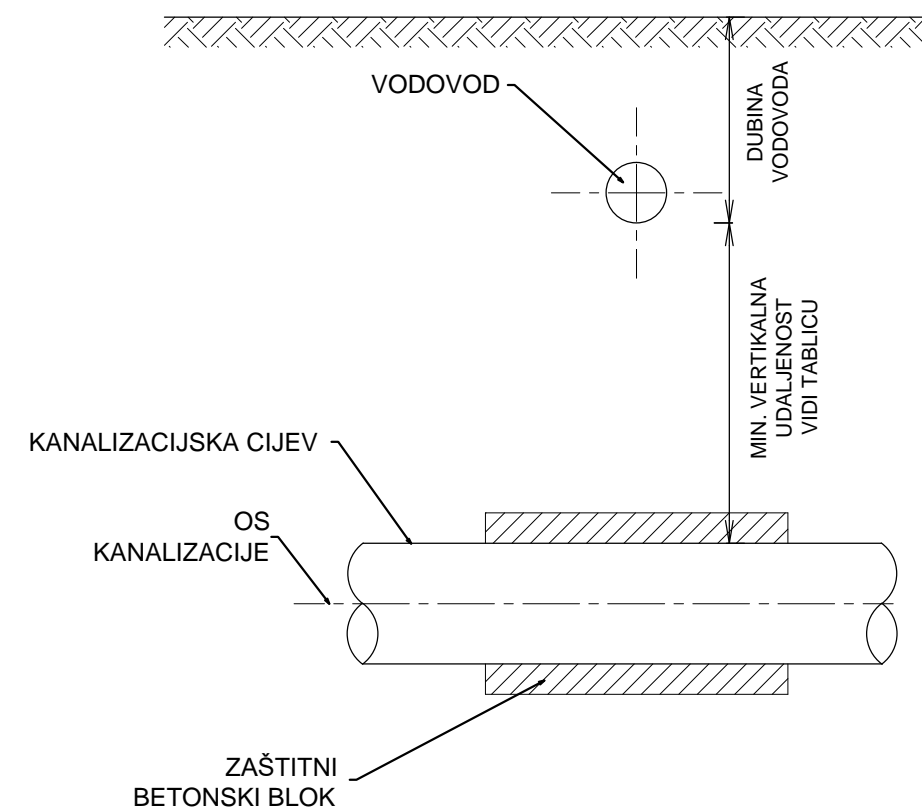


## KRIŽANJE KANALIZACIJE S VODOVODOM

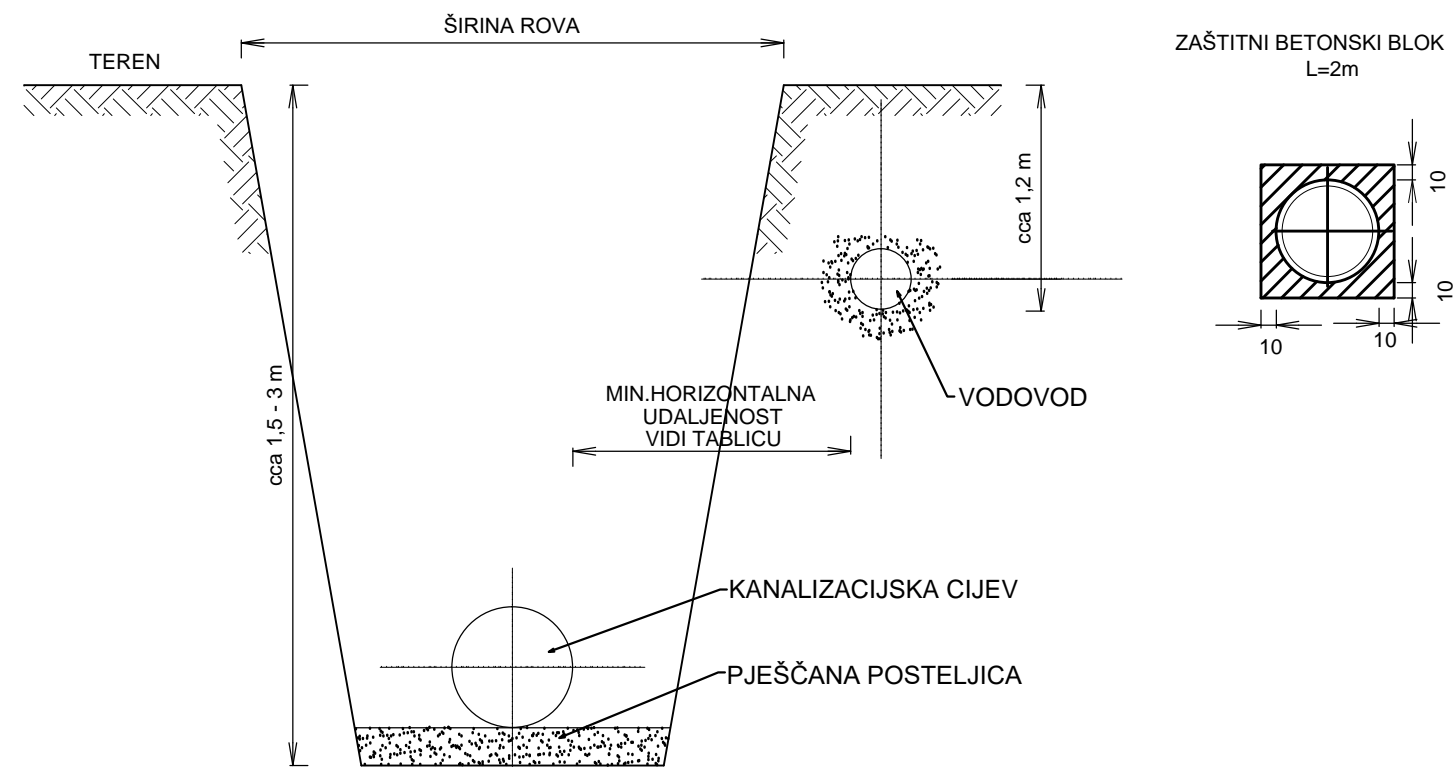
TLOCRT



PRESJEK A-A



## PARALELNO VOĐENJE KANALIZACIJE S VODOVODOM



MINIMALNA UDALJENOST VODOVODA I KANALIZACIJE		
PODZEMNA INSTALACIJA	PARALELNO VOĐENJE TRASA MINIMALNA HORIZONTALNA UDALJENOST	KRIŽANJE TRASA MINIMALNA VERTIKALNA UDALJENOST
KANALIZACIJSKE CIJEVI	2,0 m ( 1,0 m)* 0,5 m **	najmanje 0,3 m

NAPOMENA:

- NA MJESTU KRIŽANJA MORA BITI KANALIZACIJSKA CIJEV POLOŽENA ISPOD VODOVODA
- UDALJENOSTI SE MJERE IZMEĐU VANJSKIH STIJENKI CIJEVI
- AKO JE VERTIKALNA UDALJENOST CIJEVI KOD KRIŽANJA ILI PARALELNOG VOĐENJA MANJA OD 50 CM, KANALIZACIJSKA CIJEV SE STAVLJA U ZAŠTITNI BETONSKI BLOK DUŽINE 100CM NA SVAKU STRANU OD KRIŽANJA ILI NA CIJELOM POTEZU PARALELNOG VOĐENJA TRASA

-MINIMALNA UDALJENOST VODOVODA I KANALIZACIJE :

\* sukladno *VodovodDim uvjetima Broj: 750/2/2017- MP*; izdani od **VODOVOD d.o.o. Zadar** u Zadru, 12. rujna 2017.g.

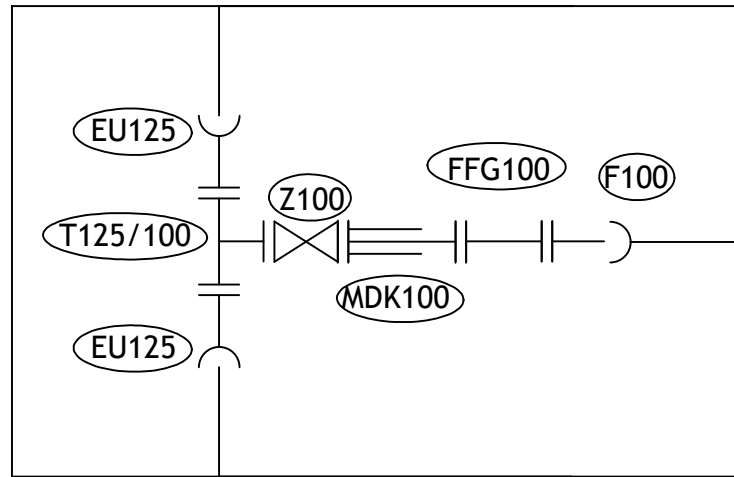
\*\* sukladno *Dopuni vodovodDim uvjeta Broj: 750/3/2017- MP*; izdani od **VODOVOD d.o.o. Zadar** u Zadru, 24. listopada 2017.g.

G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacрта: <b>DETALJ KRIŽANJA S POSTOJEĆOM INFRASTRUKUROM</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>	Datum: <b>V. 2024</b>	Mjerilo: <b>1:50</b>	List: <b>19</b>

PODSUSTAV DRAGA

UZD. PROF.	SHEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
------------	-------------	-------	-----

VO-1 u stac. 0+000,00



	FAZONSKI KOMADI I ARMATURA	
EU125	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM I KOLČAKOM DN 125	2
T125 /100	OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN 125/100	1
Z100	ELIPTIČNI ZASUN S RUČNIM KOLOM	1
MDK100	MONTAŽNO DEMNONTAŽNI KOMAD	1
FFG100	OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN100	1
F100	SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM DN 100	1

VC-1

G F GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI		Sadržaj nacрта: MONTERSKA SHEMA OKNA VO-1	
Student: Aleksandar Zvijerac		Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA	
Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš	Datum: V. 2024	Mjerilo: /	List: 20

PODSUSTAV DRAGA

UZD. PROF.	SHEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
VC-1	<p><u>VO-3 u stac. 0+093,28</u></p>	<p>FAZONSKI KOMADI I ARMATURA</p> <p>Z100 ZASUN S RUČNIM KOLOM DN100</p> <p>T100/100 OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN 100/100</p> <p>MDK100 KOMPENZACIJSKI KOMAD DN100</p> <p>FFG100 SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN100</p> <p>F100 SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM DN100</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>3</p>
VC-1	<p><u>VO-2 u stac. 0+085,07</u></p>	<p>F100 SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICOM DN100</p> <p>FFG100 SPOJNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN100</p> <p>MDK100 KOMPENZACIJSKI KOMAD DN100</p> <p>T100/50 OTCJEPNI KOMAD S PRIRUBNICAMA DN 100/50</p> <p>Z50 ZASUN S RUČNIM KOLOM DN100</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>

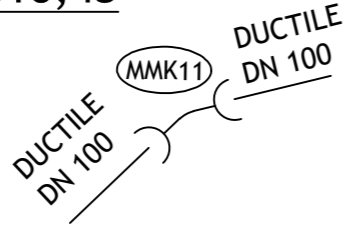
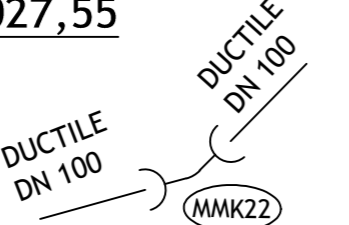
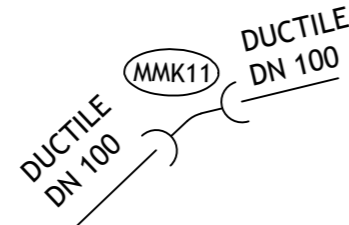
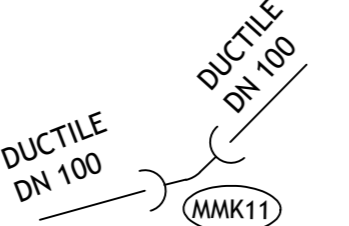
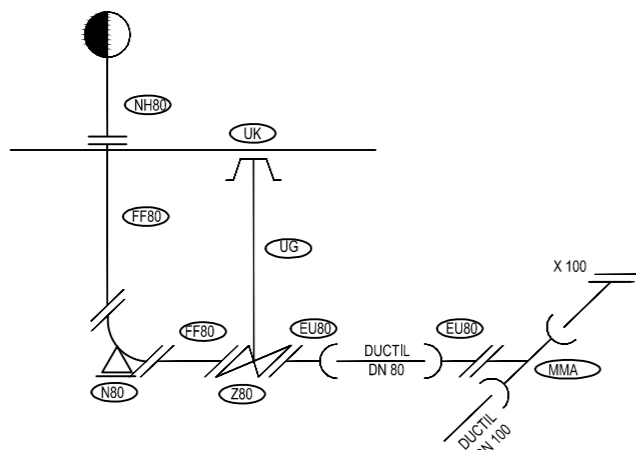
<p><b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</p>		<p>Sadržaj nacрта: MONTERSKA SHEMA OKANA VO-2 I VO-3</p>	
<p>Student: Aleksandar Zvijerac</p>		<p>Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA</p>	
<p>Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš</p>		<p>Datum: V. 2024</p>	<p>Mjerilo: /</p> <p>List 21</p>

PODSUSTAV DRAGA- OGRANAK VC-1

UZD. PROF.	HEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
VC-1	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+003,73</u></p>	<p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>⊙ - MMK 22° DN 100</p>	1
VC-1	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+023,75</u></p>	<p>⊙ - MMK 11° DN 100</p> <p>⊙ - MMK 22° DN 100</p>	1 1
VC-1	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+036,54</u></p>	<p>⊙ - MMK 22° DN 100</p>	1
VC-1	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+047,64</u></p>	<p>⊙ - MMK 11° DN 100</p>	1
VC-1	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+063,38</u></p>	<p>⊙ - MMK 11° DN 100</p>	1
VC-1	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+077,32</u></p>	<p>⊙ - MMK 11° DN 100</p>	1

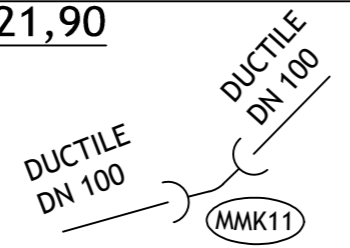

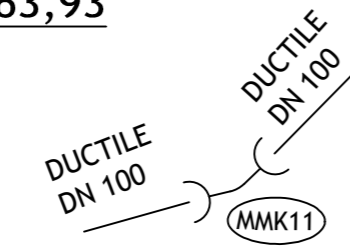

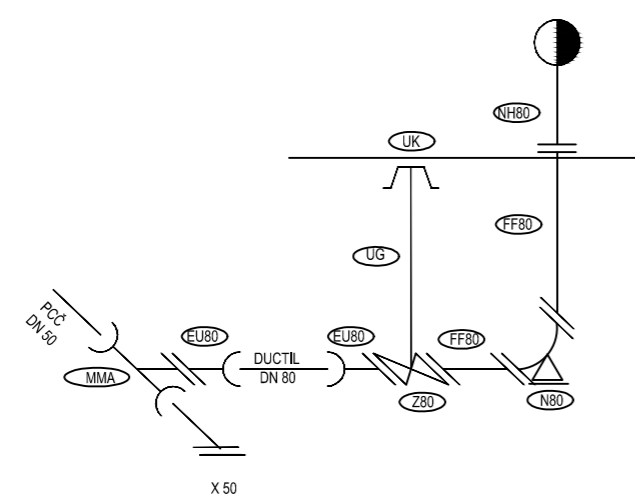
<p><b>GF</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</p>		<p>Sadržaj nacрта: MONTERSKA SHEMA OGRANKA VC-1</p>	
<p>Student: Aleksandar Zvijerac</p>		<p>Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA</p>	
<p>Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš</p>		<p>Datum: V. 2024</p>	<p>Mjerilo: /</p>
			<p>List: 22</p>


PODSUSTAV DRAGA- OGRANAK VC-2

UZD. PROF.	HEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
VC-2	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+010,43</u></p> 	<p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMK - MMK 11° DN 100</p>	1
VC-2	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+027,55</u></p> 	<p>MMK - MMK 22° DN 100</p>	1
VC-2	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+045,34</u></p> 	<p>MMK - MMK 11° DN 100</p>	1
VC-2	<p><u>HOR. LOM u stac. 0+062,48</u></p> 	<p>MMK - MMK 11° DN 100</p>	1
VC-2	<p><u>NADZEMNI HIDRANT NH1 u stac. 0+068,58</u></p> 	<p>ARMATURA</p> <p>Z ELIPTIČNI ZASUN DN80 1</p> <p>UG UGRADBENA GARNITURA 1</p> <p>UK ULIČNA KAPA 1</p> <p>NH80 NADZEMNI HIDRANT DN 80 1</p> <p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMA DN 100/80 1</p> <p>FF DN 80, L=300 1</p> <p>FF DN 80, L=200 1</p> <p>F DN 100 1</p> <p>X100 X KOMAD DN 100 1</p> <p>EU DN80 1</p> <p>N DN80 1</p>	

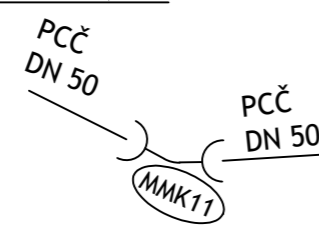
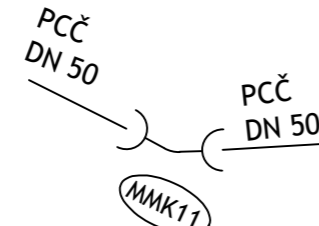
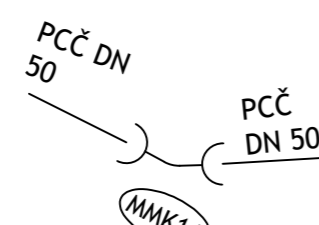
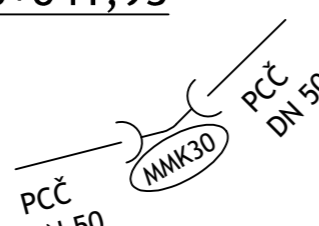
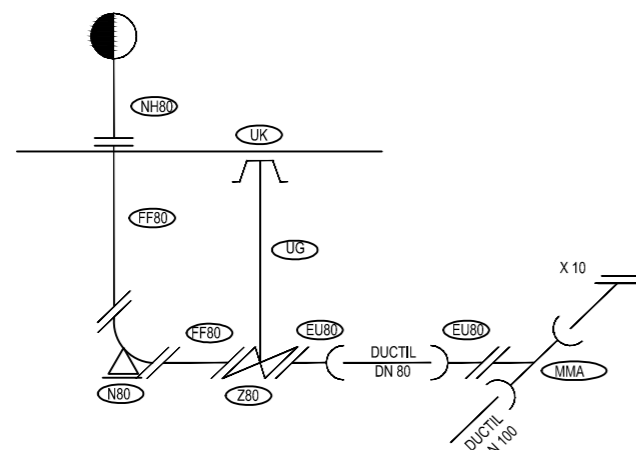
<p><b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</p>		<p>Sadržaj nacрта: MONTERSKA SHEMA OGRANKA VC-2</p>	
<p>Student: Aleksandar Zvijerac</p>		<p>Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA</p>	
<p>Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš</p>		<p>Datum: V. 2024</p>	<p>Mjerilo: /</p>
			<p>List: 23</p>

PODSUSTAV DRAGA- OGRANAK VC-3

UZD. PROF.	SHEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
VC-3	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+021,90</u></p> 	 - MMK 11° DN 100	1
VC-3	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+063,93</u></p> 	 - MMK 11° DN 100	1
VC-3	<p><u>NADZEMNI HIDRANT NH2 u stac. 0+074,54</u></p> 	<p>ARMATURA</p> <p>Z ELIPTIČNI ZASUN DN80 1</p> <p>UG UGRADBENA GARNITURA 1</p> <p>UK ULIČNA KAPA 1</p> <p>NH80 NADZEMNI HIDRANT DN 80 1</p> <p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMA DN 50/80 1</p> <p>FF DN 80, L=300 1</p> <p>FF DN 80, L=200 1</p> <p>F DN 50 1</p> <p>X50 X KOMAD DN 50 1</p> <p>EU DN80 1</p> <p>N DN80 1</p>	

 <b>GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</b>			
Diplomski rad: <b>PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</b>		Sadržaj nacrtā: <b>MONTERSKA SHEMA OGRANKA VC-3</b>	
Student: <b>Aleksandar Zvijerac</b>		Kolegij: <b>RAČUNARSKA HIDRAULIKA</b>	
Mentor: <b>prof. dr. sc. Vanja Travaš</b>		Datum: <b>V. 2024</b>	Mjerilo: /
		List: <b>24</b>	

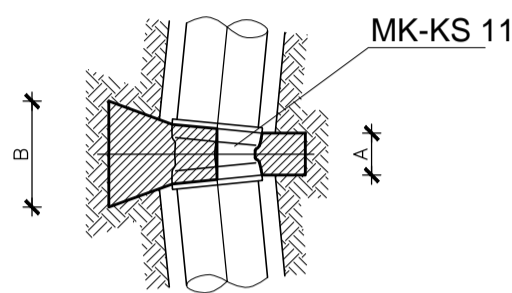
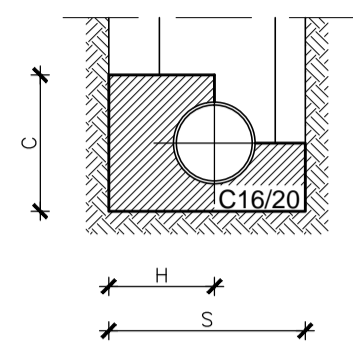
PODSUSTAV DRAGA- OGRANAK VC-4

UZD. PROF.	SHEMA ČVORA	ISKAZ	KOM
VC-4	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+005,52</u></p> 	<p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMK - MMK 11° DN 50</p>	1
VC-4	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+014,77</u></p> 	<p>MMK - MMK 11° DN 50</p>	1
VC-4	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+025,46</u></p> 	<p>MMK - MMK 11° DN 50</p>	1
VC-4	<p><u>HOR.LOM u stac. 0+041,93</u></p> 	<p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMK - MMK 30° DN50</p>	1
VC-4	<p><u>NADZEMNI HIDRANT NH3 u stac. 0+048,75</u></p> 	<p>ARMATURA</p> <p>Z ELIPTIČNI ZASUN DN80 1</p> <p>UG UGRADBENA GARNITURA 1</p> <p>UK ULIČNA KAPA 1</p> <p>NH80 NADZEMNI HIDRANT DN 80 1</p> <p>FAZONSKI KOMADI</p> <p>MMA DN 100/80 1</p> <p>FF DN 80, L=300 1</p> <p>FF DN 80, L=200 1</p> <p>F DN 100 1</p> <p>X100 X KOMAD DN 100 1</p> <p>EU DN80 1</p> <p>N DN80 1</p>	

<p><b>G F</b> GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI</p>			
<p>Diplomski rad: PROJEKTNO RJEŠENJE VODOVODNOG I KANALIZACIJSKOG OGRANKA U NASELJU DRAGA U RIJECI</p>		<p>Sadržaj nacrtā: MONTERSKA SHEMA OGRANKA VC-4</p>	
<p>Student: Aleksandar Zvijerac</p>		<p>Kolegij: RAČUNARSKA HIDRAULIKA</p>	
<p>Mentor: prof. dr. sc. Vanja Travaš</p>		<p>Datum: V. 2024</p>	<p>Mjerilo: /</p>
			<p>List: 25</p>

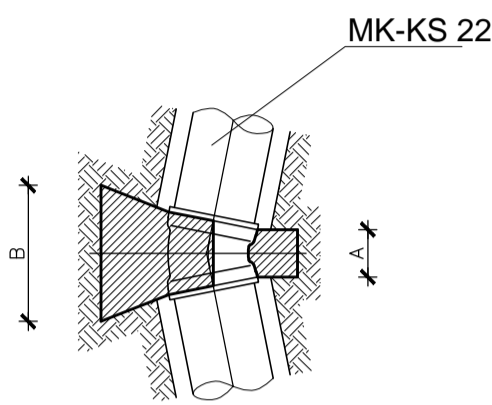
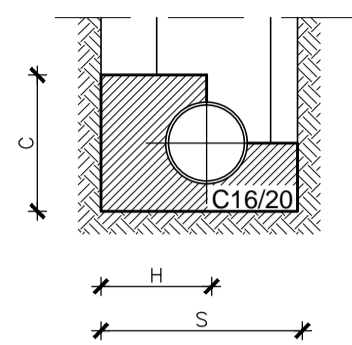
BETONSKA UPORIŠTA NA LOMOVIMA  
TRASE - HORIZONTALNA

$\alpha = 11^\circ$



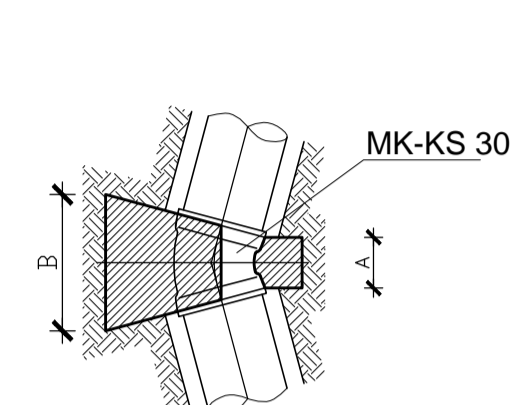
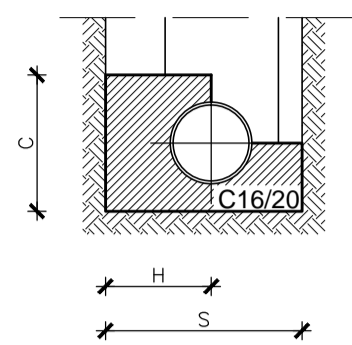
BR.	DN	A	H	B	C	S	B*C
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>
1	100	15	50	20	40	100	800
2	125	15	45	20	40	80	800
3	150	15	45	20	40	85	800
4	200	20	45	30	40	90	1200
5	250	20	45	30	40	95	1200
6	300	25	50	50	50	100	2500
7	400	25	50	50	60	100	3000

$\alpha = 22^\circ$



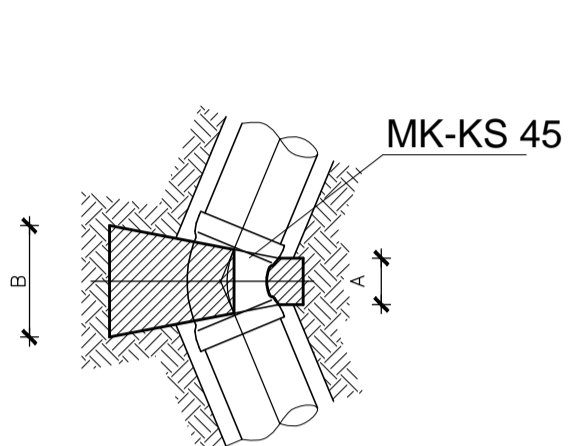
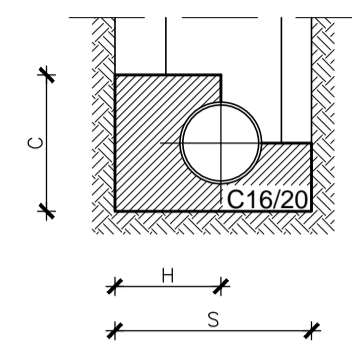
BR.	DN	A	H	B	C	S	B*C
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>
1	100	15	50	20	40	100	800
2	125	15	45	20	40	80	800
3	150	15	45	25	40	85	1000
4	200	20	45	30	40	90	1200
5	250	30	45	50	40	95	2000
6	300	35	50	55	50	100	2750
7	400	40	50	55	60	100	3300

$\alpha = 30^\circ$



BR.	DN	A	H	B	C	S	B*C
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>
1	100	15	50	20	40	100	800
2	125	15	45	20	40	80	1600
3	150	20	45	40	40	85	1600
4	200	30	45	45	40	90	1800
5	250	30	45	50	50	95	2500
6	300	40	50	55	50	100	2750
7	400	40	50	55	60	100	3300

$\alpha = 45^\circ$

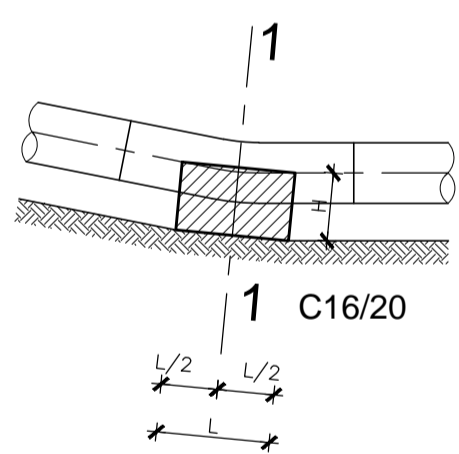


BR.	DN	A	H	B	C	S	B*C
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>
1	100	15	50	20	40	100	800
2	125	15	45	25	40	80	1000
3	150	20	45	40	50	85	2000
4	200	30	45	50	50	90	2500
5	250	40	45	75	50	95	3750
6	300	50	50	85	50	100	4250
7	400	60	50	85	60	100	5100

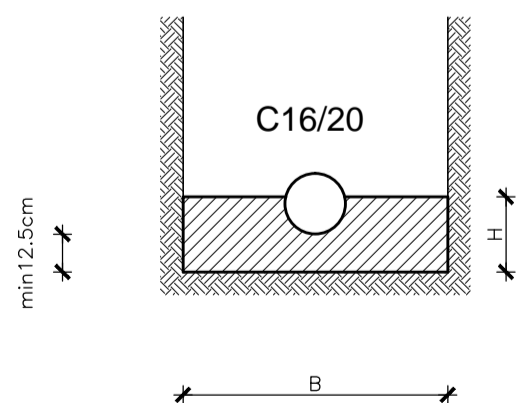
VERTIKALNI LOM PREMA DOLJE

KUT 11.25° | 22.5°

TLOCRT UPORIŠTA M 1:25



PRESJEK 1-1 M 1:25

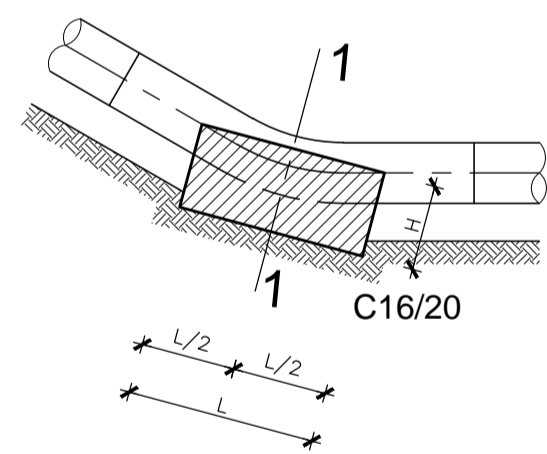


Preporučene dimenzije

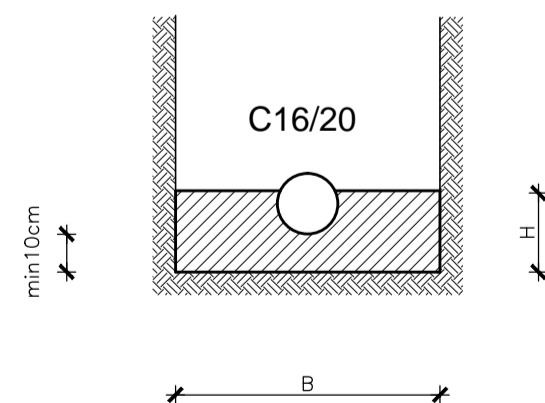
Kut loma (alfa) = 11.25   22.5 [°] P=1.5 bara				
NAZIVNI PROFIL	ŠIRINA B	DUŽINA L	VISINA H	
DN	m'	m'	m'	m'
50	0.6	0.3	0.2	
65	0.6	0.3	0.2	
80	0.6	0.3	0.2	
100	0.7	0.3	0.2	
125	0.7	0.3	0.3	
150	0.7	0.3	0.3	
200	0.7	0.3	0.3	
250	0.7	0.3	0.3	
300	1	0.3	0.4	
400	1	0.3	0.4	

KUT 30° | 45°

TLOCRT UPORIŠTA M 1:25



PRESJEK 1-1 M 1:25



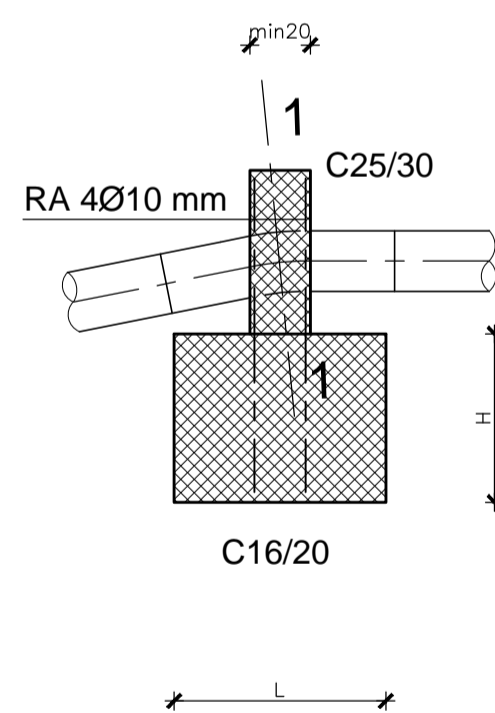
Preporučene dimenzije

Kut loma (alfa) = 30   45 [°] P=1.5 bara				
NAZIVNI PROFIL	ŠIRINA B	DUŽINA L	VISINA H	
DN	m'	m'	m'	m'
50	0.6	0.3	0.2	
65	0.6	0.3	0.2	
80	0.6	0.3	0.2	
100	0.7	0.3	0.2	
125	0.7	0.3	0.3	
150	0.7	0.3	0.3	
200	0.7	0.3	0.4	
250	0.7	0.3	0.5	
300	1	0.3	0.5	
400	1	0.3	0.5	

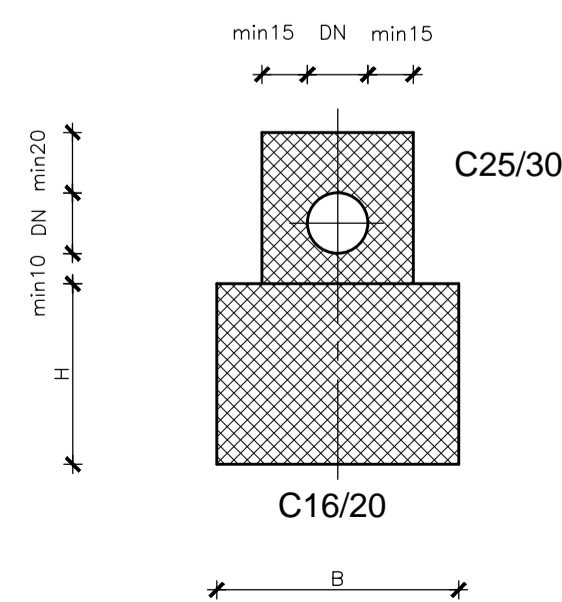
VERTIKALNI LOM PREMA GORE

KUT 11.25° | 22.5°

TLOCRT UPORIŠTA M 1:25



PRESJEK 1-1 M 1:25

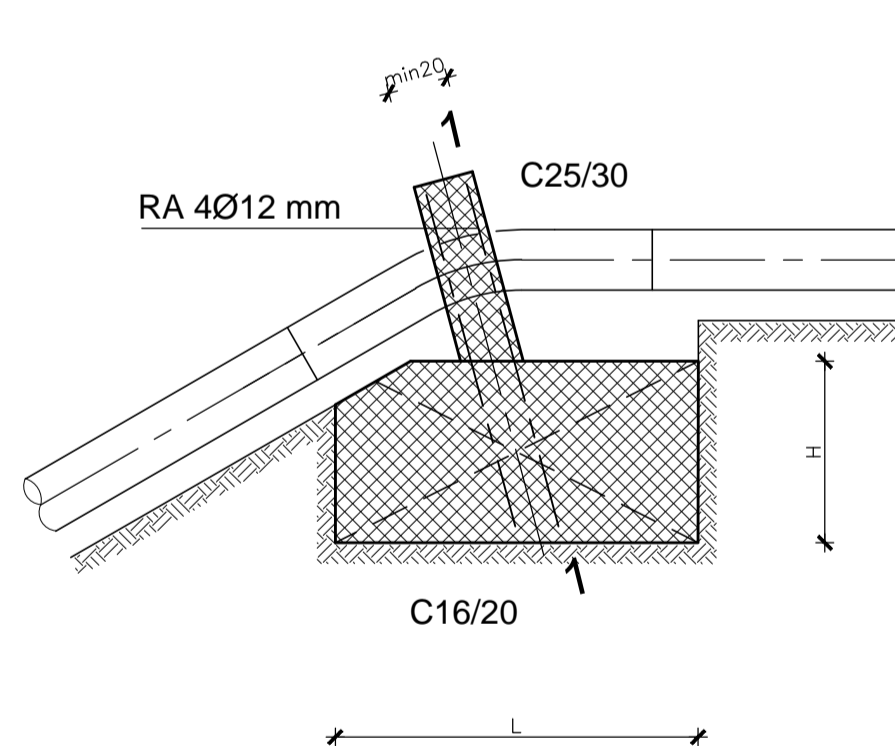


Preporučene dimenzije

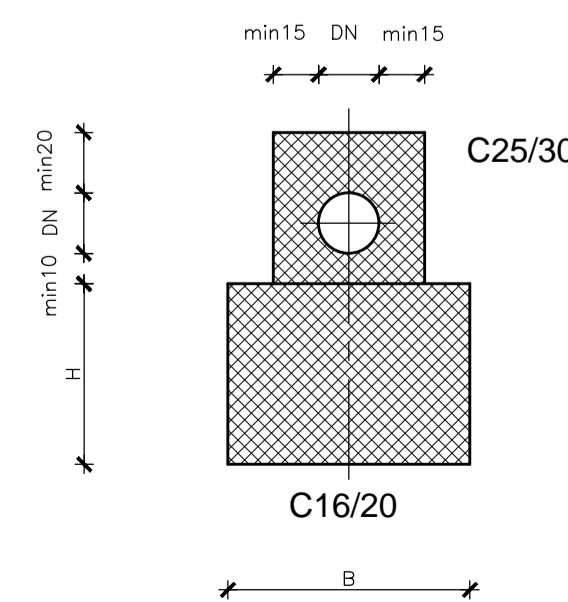
Kut loma (alfa) = 11.25 [°] P=1.5 bara				
NAZIVNI PROFIL	ŠIRINA B	DUŽINA L	VISINA H	
DN	m'	m'	m'	m'
50	0.6	0.5	0.3	
65	0.6	0.5	0.4	
80	0.6	0.5	0.5	
100	0.7	0.5	0.6	
125	0.7	0.7	0.7	
150	0.7	0.7	0.8	
200	1	1	0.9	
250	1	1.3	1	
300	1	1.3	1	
400	1	1.3	1	

KUT 30° | 45°

TLOCRT UPORIŠTA M 1:25



PRESJEK 1-1 M 1:25

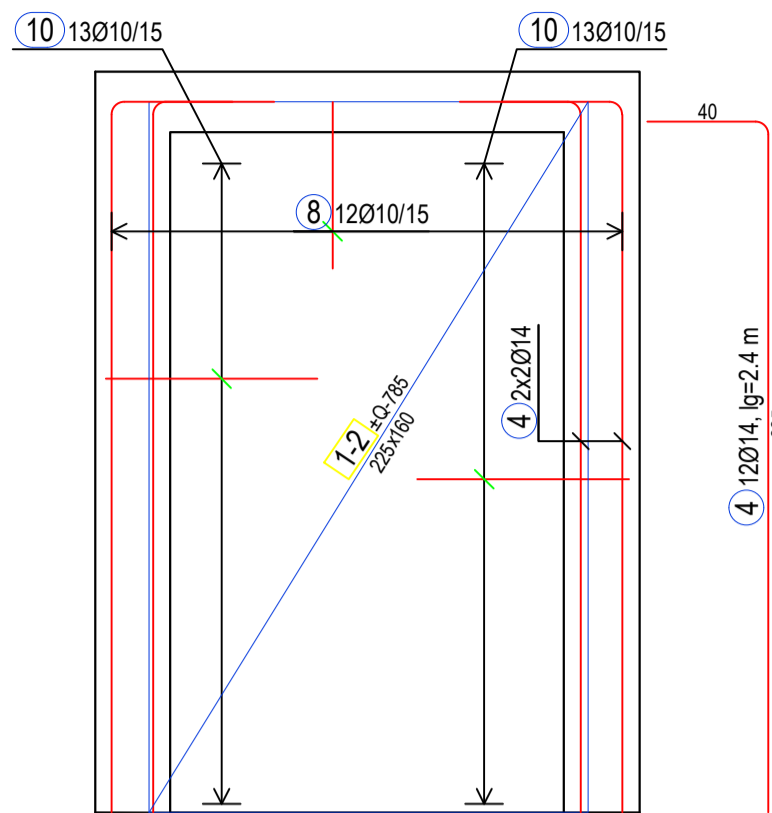


Preporučene dimenzije

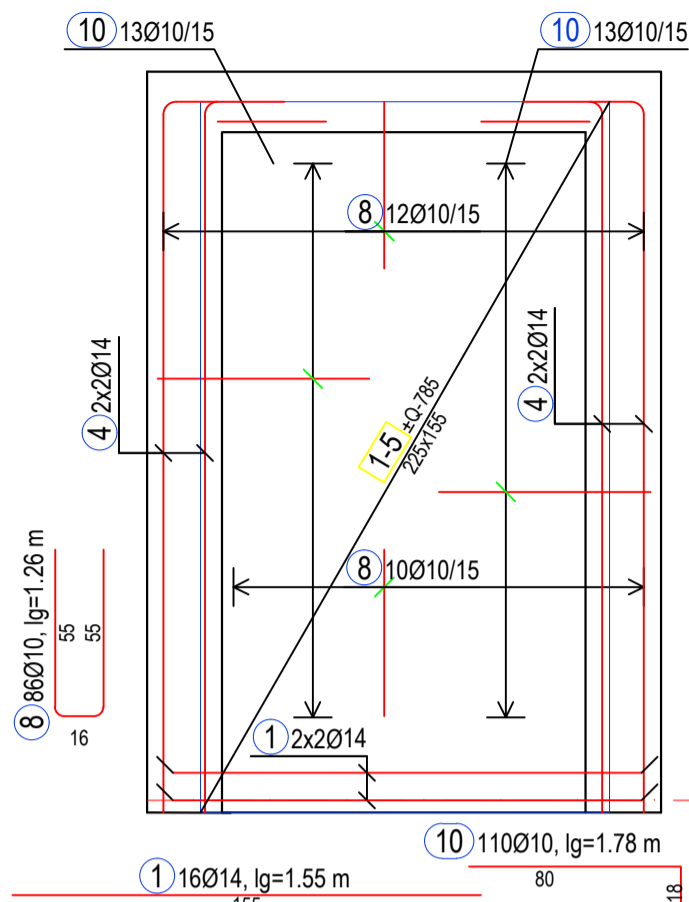
Kut loma (alfa) = 30 [°] P=1.5 bara				
NAZIVNI PROFIL	ŠIRINA B	DUŽINA L	VISINA H	
DN	m'	m'	m'	m'
50	0.7	0.5	0.5	
65	0.7	0.5	0.5	
80	0.7	0.7	0.5	
100	1	0.7	0.6	
125	1	1	0.7	
150	1.2	1.2	0.8	
200	1.2	1.2	1	
250	1.5	1.5	1	
300	1.5	1.5	1	
400	1.5	1.5	1	



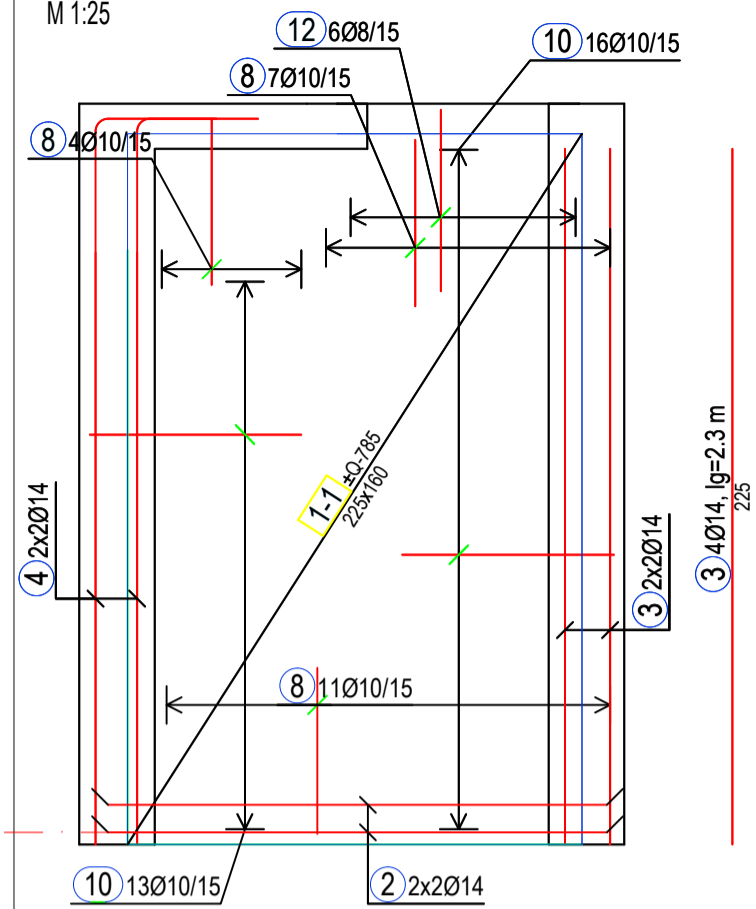
ZID Z1, d = 25 cm Cnom = 35 mm M 1:25



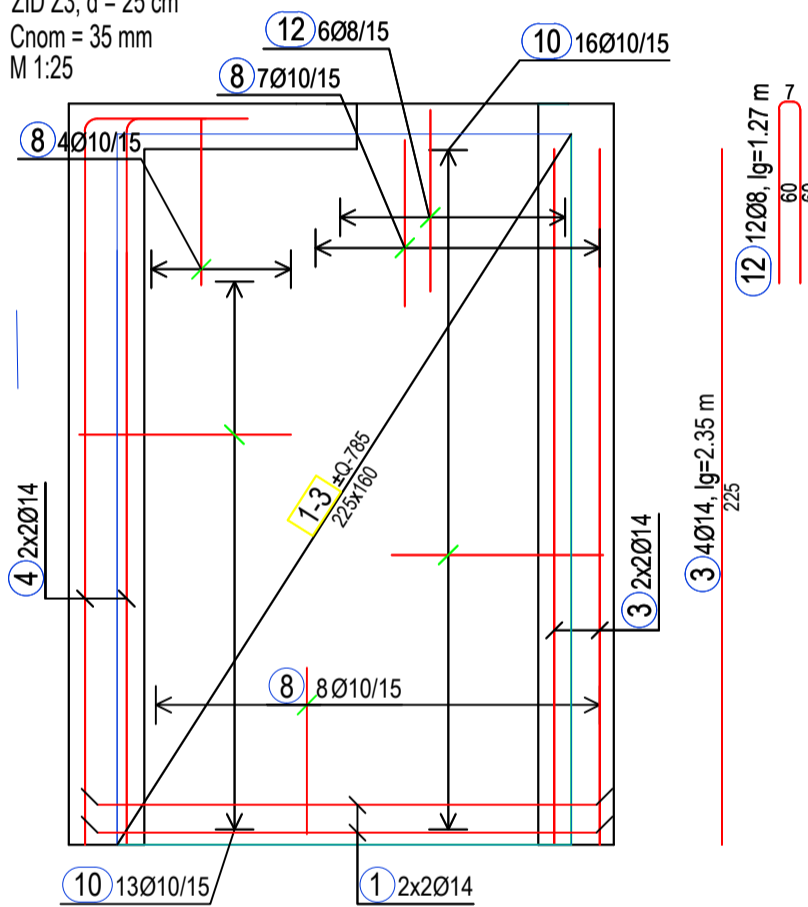
ZID Z2, d = 25 cm Cnom = 35 mm M 1:25



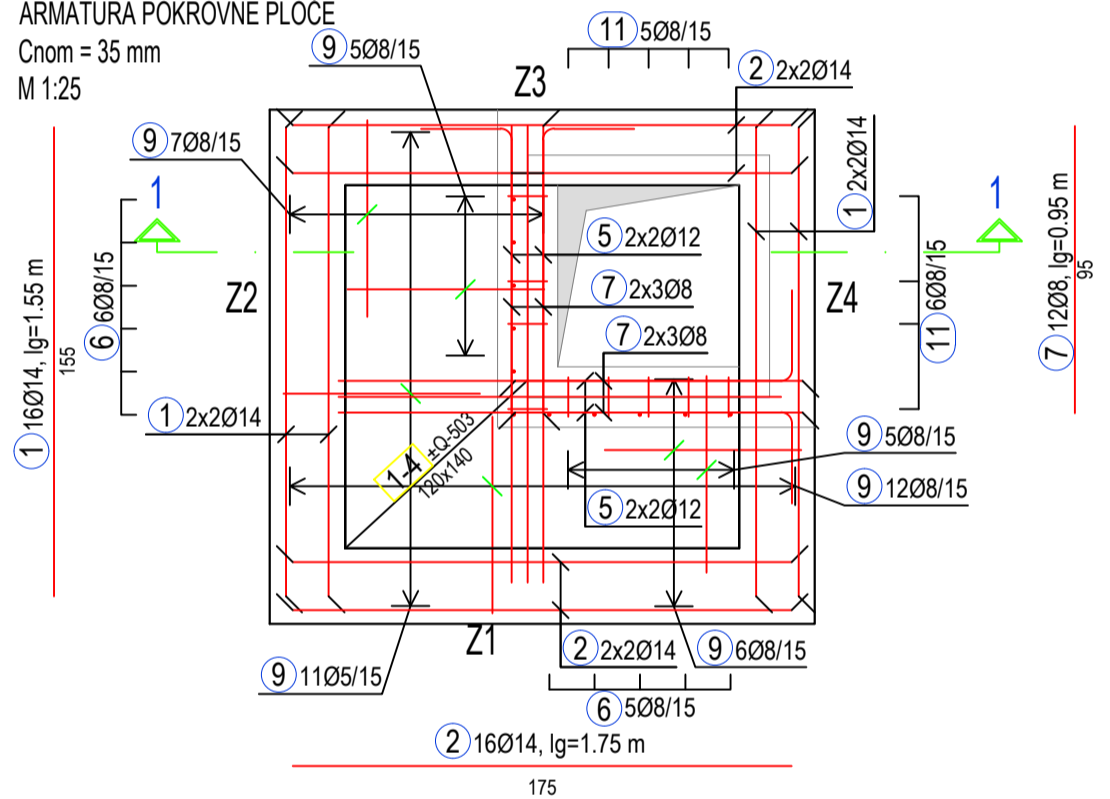
ZID Z3, d = 25 cm Cnom = 35 mm M 1:25



ZID Z3, d = 25 cm Cnom = 35 mm M 1:25



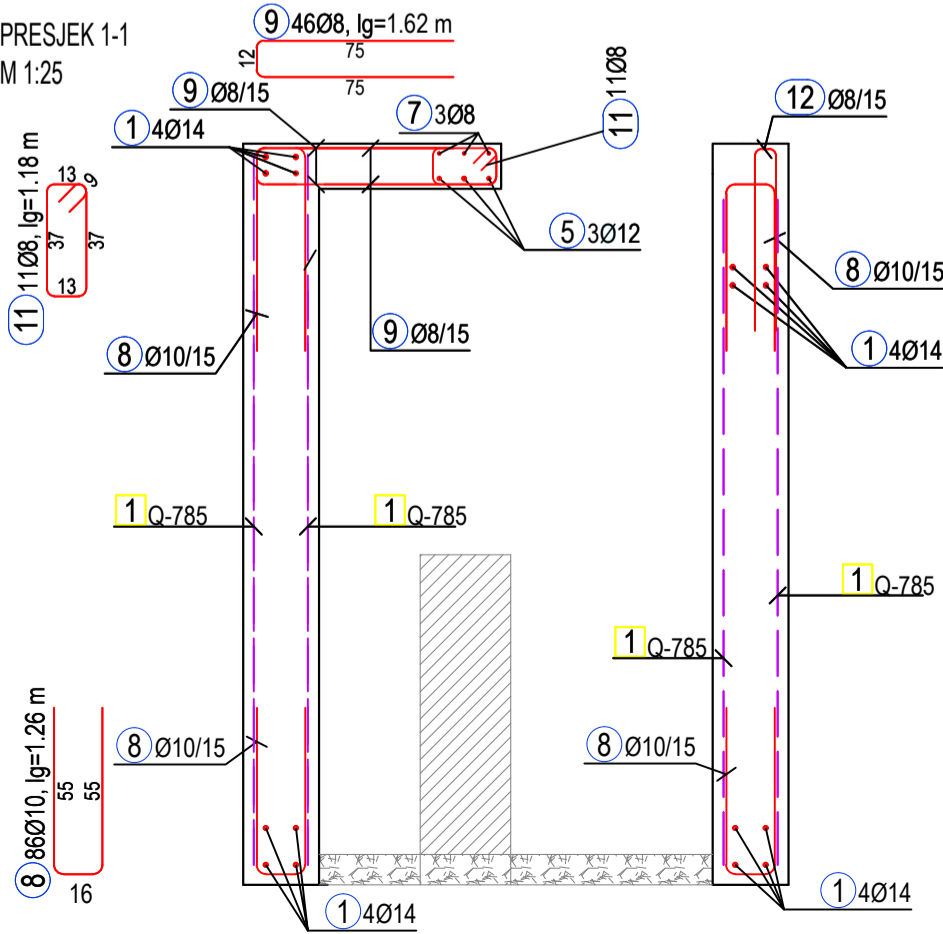
ARMATURA POKROVNE PLOČE  
Cnom = 35 mm M 1:25



Šipke - specifikacija

ozn	Ø	Oblik i mjere	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
B500B					
1	14	155	1.55	16	24.80
2	14	175	1.75	16	28.00
3	14	225	2.25	4	9.00
4	14	225	2.65	12	31.80
5	12	160	1.90	8	15.20
6	8	40	0.40	11	4.40
7	8	105	1.05	12	12.60
8	10	55	1.26	86	108.36
9	8	75	1.62	46	74.52
10	10	80	1.78	110	195.80
11	8	37	1.18	11	12.98
12	8	60	1.27	12	15.24

PRESJEK 1-1  
M 1:25



Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m]	Težina [kg]
B500B			
8	119.74	0.395	47.30
10	304.16	0.617	187.67
12	15.20	0.888	13.50
14	93.60	1.210	113.26
Ukupno			358.34

Mreže - specifikacija

Pozicija	n	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	Jedinična težina [kg/m²]	Ukupna težina [kg]
B500B						
1-1	2	Q-785	160	235	12.34	92.80
1-2	2	Q-785	160	235	12.34	92.80
1-3	2	Q-785	160	235	12.34	92.80
1-4	2	Q-503	140	120	7.90	26.54
1-5	2	Q-785	155	235	12.34	89.90
Ukupno						394.84

GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI

Diplomski rad:  
PROJEKTNO RJEŠENJE  
VODOVODNOG I  
KANALIZACIJSKOG OGRANKA U  
NASELJU DRAGA U RIJECI

Sadržaj nacrt:  
PLAN ARMATURE ZA OKNA  
VO-2 I VO-3

Student:  
Aleksandar Zvijerac

Kolegij:  
RAČUNARSKA HIDRAULIKA

Mentor:  
prof. dr. sc. Vanja Travaš

Datum:  
V. 2024

Mjerilo:  
1:25

List:  
27