

Idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga primjenom WaterCAD V8i i Urbano Hydra računalnih programa

Rogutić, Sabina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:157:227126>

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**

Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo

Hidrotehnika

Vodoopskrba i kondicioniranje voda

Sabina Rogutić

JMBAG: 0114030997

**Idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga
primjenom WaterCAD V8i i Urbano Hydra računalnih programa**

Diplomski rad

Rijeka, srpanj 2022.

IZJAVA

Diplomski rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i stručnom mentoricom 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.

Sabina Rogutić

U Rijeci, 05.07.2022.

IZJAVA

Diplomski rad nastao je kao rezultat rada u okviru projekta
**Unaprjeđenje modela stjecanja stručnih kompetencija učenjem uz rad kroz izradu
diplomskog rada (GraDiS)**

u sklopu UNIRI CLASS - A3 projekta pod nazivom Praktične kompetencije za budućnost

Voditelj projekta Izv. prof. dr. sc. Silvija Mrakovčić
Šifra projekta A3-21-6
Financijer projekta Sveučilište u Rijeci – programska linija A3 Praktične kompetencije za
budućnost
Pravna nadležnost Republika Hrvatska

U Rijeci, 05. srpnja 2022.

Mentor:



Doc. dr. sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Elvisu Žicu, dipl.ing.građ. na vremenu, trudu i razumijevanju prilikom izrade diplomskog rada. Također, veliko hvala stručnoj komentorici Karli Germanis, dipl.ing.građ. na strpljenju pruženom prilikom upoznavanja sa radom u programu Urbano Hydra 10.3.

Zahvaljujem se tvrtki StudioARS na pruženoj prilici rada, učenja i pisanja diplomskog rada u kreativnoj i poticajnoj radnoj atmosferi.

Naposljetku veliko hvala mojoj obitelji, prijateljicama i dečku Franku, bez čije podrške i razumijevanja pisanje ovog rada ne bi bilo moguće, a zadovoljstvo dijeljenja uspjeha nepotpuno.

Naslov rada: Idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga primjenom WaterCAD V8i i Urbano Hydra računalnih programa

Studentica: Sabina Rogutić

Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.

Studij: Sveučilišni diplomski studij građevinarstvo

Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda

SAŽETAK

Diplomski rad prikazuje idejno rješenje vodoopskrbnog sustava manjeg turističkog naselja, odnosno naselja Mošćenička Draga smještenog na istočnoj obali Istre. Prvi dio rada obuhvaća pregled osnovnih značajki analiziranog područja gdje su spomenuta važna obilježja navedenog naselja kao i definirane mjerodavne količine vode za različite potrošače. Proračun vodospreme i prekidne komore, te crpnih stanica također su prikazani na početku diplomskog rada. Drugi dio rada odnosi se na hidrauličku analizu vodoopskrbne mreže pri čemu su promatrana dva načina dotoka vode u vodospremu. Prvi način je gravitacijski dotok vode koji se trenutno koristi za isporuku vode na dano područje te su izrađena četiri scenarija s različito definiranim potrebama za vodom kako bi se uvidjele promjene pojedinih fizikalnih parametara u odnosu na godišnja doba i moguću pojavu požara. Dotok vode crpljenjem drugi je analizirani model gdje su predviđene tri dispozicije crpnih stanica koje se međusobno razlikuju obzirom na nadmorsku visinu i dužinu tlačnog cjevovoda te se promatra najpovoljniji položaj crpne stanice. Navedene analize izvršene su unutar Excel-a, a potom pomoću računalnih programa Urbano Hydra 10.3, te WaterCAD V8i. Pomoću Urbano Hydra 10.3 programa iscrtani su uzdužni profili, poprečni presjeci rovova i montažni plan čvorišta što je prikazano na kraju rada.

Ključne riječi: Mošćenička Draga, vodoopskrbni sustav, vodosprema, prekidna komora, crpna stanica, hidraulička analiza, fizikalni parametri, Urbano Hydra 10.3, WaterCAD V8i, uzdužni profil, poprečni presjek rova, montažni plan

Thesis title: Conceptual project of a water supply system of a settlement Mošćenička Draga using WaterCAD V8i and Urbano Hydra software packages

Student: Sabina Rogutić

Supervisor: Assistant Professor Elvis Žic, Ph.D.C.E.

Study: Graduate study of Civil Engineering

Course: Water supply and water conditioning system

ABSTRACT

The master thesis presents the conceptual solution of the water supply system of a small tourist settlement of Mošćenička Draga located on the eastern coast of Istria. The first part of the paper includes an overview of the basic features of the analyzed area and defined relevant amounts of water for different consumers. The calculation of the reservoir and break chamber and pumping stations are also shown at the beginning of the thesis. The second part of the paper refers to the hydraulic analysis of the water supply network, where two ways of water inflow into the water reservoir are observed. The first method is the gravitational inflow of water that is currently used to deliver water in a given area, and four scenarios with differently defined relevant quantities of water to see changes in certain physical parameters concerning to the seasons and possible fires. The inflow of water by pumping is the second analyzed model where three dispositions of pumping stations are observed, which differ from each other with regard to the height and length of the pressure pipeline and the most favorable position of the pumping station is observed. These analyzes were performed within Excel and then using computer programs Urbano Hydra 10.3, and WaterCAD V8i. Using the Urbano Hydra 10.3 program, longitudinal profiles, trench cross-sections and assembly plan of nodes were drawn, which is shown at the end of the work.

Key words: Mošćenička Draga, water supply system, water reservoir, break chamber, pumping station, hydraulic analysis, physical parameters, Urbano Hydra 10.3, WaterCAD V8i, longitudinal profiles, trench cross-sections, assembly plan of nodes

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	1
POPIS TABLICA.....	5
1. UVOD.....	6
2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA	8
2.1. Povijesni razvoj	8
2.2. Geografske i demografske značajke	11
2.3. Klimatske značajke.....	13
2.4. Geomorfološke i hidrogeološke značajke	17
2.5. Vodoopskrbni sustav na području Liburnije	19
3. PRORAČUN MJERODAVNIH KOLIČINA VODE	24
3.1. Mjerodavni potrošači na danom području	24
3.2. Potrošnja vode za kućanske potrebe	25
3.2.1. Određivanje broja stanovnika.....	25
3.2.2. Specifična potrošnja vode.....	26
3.2.3. Srednja dnevna potrošnja vode.....	27
3.2.4. Maksimalna dnevna potrošnja vode	28
3.2.5. Maksimalna satna potrošnja vode	29
3.3. Potrošnja vode za gašenje požara	30
3.4. Potrošnja vode za vlastite potrebe	31
3.5. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu	32
4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA	33
4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna.....	34
5. PRORAČUN VODOSPREME I PREKIDNE KOMORE	39
5.1. Općenito o vodospremi.....	39
5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu	42
5.2.1. Operativna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu.....	42
5.2.2. Protupožarna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu	45
5.2.3. Sigurnosna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu	46
5.2.4. Ukupni volumen vodospreme kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu.	47
5.3. Dotok vode u vodospremu crpljenjem.....	47
5.3.1. Operativna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem	47
5.3.2. Protupožarna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem.....	50

5.3.3. Sigurnosna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem.....	50
5.3.4. Ukupni volumen vodospreme kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem	51
5.4. Ukupni volumen vodospreme.....	51
5.5. Volumen prekidne komore	51
6. PRORAČUN CRPNE STANICE.....	52
6.1. Općenito o crpnoj stanici.....	52
6.2. Proračun crpne stanice za Varijantu 1	53
6.3. Proračun crpne stanice za Varijantu 2	60
6.4. Proračun crpne stanice za Varijantu 3	64
7. TRASIRANJE CJEVOVODA	68
8. URBANO HYDRA RAČUNALNI PROGRAM.....	69
8.1. Općenito o Urbano Hydra računalnom programu	69
8.2. Postavljanje vodoopskrbne mreže u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	70
8.3. Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	80
8.3.1. Zadavanje nivelete cijevi	80
8.3.2. Zadavanje promjera cijevi	82
8.3.3. Zadavanje okana.....	82
8.3.4. Zadavanje rova cijevi.....	83
8.3.5. Zadavanje gornjih slojeva cijevi.....	85
8.4. Uzdužni i poprečni profili.....	87
8.5. Montažne sheme čvorova i sheme okana	91
9. HIDRAULIČKA ANALIZA GRAVITACIJSKOG DOTOKA VODE U VODOSPEMU UNUTAR URBANO HYDRA 10.3 RAČUNALNOG PROGRAMA ..	94
9.1. Postavljanje hidrauličke opreme čvorova.....	94
9.2. Zadavanje potreba za vodom i optimizacija cijevi	98
9.3. Hidraulički proračun u vremenu za gravitacijski dotok	105
9.3.1. Scenarij „Ljeto“	107
9.3.2. Scenarij „Ljeto + Požar 1“	109
9.3.3. Scenarij „Ljeto + Požar 2“	112
9.3.4. Scenarij „Zima“	114
9.3.5. Usporedba scenarija.....	115
10. HIDRAULIČKA ANALIZA DOTOKA VODE U VODOSPEMU CRPLJENJEM UNUTAR URBANO HYDRA 10.3 RAČUNALNOG PROGRAMA.....	122
10.1. Varijanta 1 dispozicije crpne stanice	122
10.2. Varijanta 2 dispozicije crpne stanice	124
10.3. Varijanta 3 dispozicije crpne stanice	127

11. PRIMJENA WATERCAD V8i RAČUNALNOG PROGRAMA	131
11.1. Općenito o WaterCAD V8i računalnom programu	131
11.2. Postavljanje vodoopskrbne mreže unutar WaterCAD V8i računalnog programa	132
11.3. Hidraulički proračun za gravitacijski dotok vode u vodospremu unutar WaterCAD V8i računalnog programa	133
11.4. Hidraulički proračun za dotok vode crpljenjem u vodospremu unutar WaterCAD V8i računalnog programa	136
12. ZAKLJUČAK.....	138
13. LITERATURA	141
14. PRILOZI.....	143

POPIS SLIKA

Slika 1: Pozdrav iz Mošćeničke Drage 1883. godine [2]	8
Slika 2: Riva i hotel Armanda s legendarnim mostom na plaži tridesetih godina prošlog stoljeća [2]	9
Slika 3: Lukobran u izgradnji 1960. godine [2].....	9
Slika 4: Lokva na Petrebišćima za napajanje životinja [6].....	10
Slika 5: Granice Općine Mošćenička Draga i granice naselja [7].....	11
Slika 6: Poprečni profil kanjona Mošćenička Draga [8]	12
Slika 7: Srednja godišnja temperatura zraka [10].....	14
Slika 8: Srednja godišnja količina oborine [10]	15
Slika 9: Vlažnost zraka [10]	16
Slika 10: Srednja godišnja ukupna dozračena sunčana energija [10].....	17
Slika 11: Geologija promatranog područja - segment iz OGK Labin [12]	18
Slika 12: Regulirani tok bujice Mošćenička Draga [8]	19
Slika 13: Vodosprema Sv. Petar u Mošćeničkoj Dragi [Foto: Sabina Rogutić].....	21
Slika 14: Karta vodno-gospodarskog sustava Općine Mošćenička Draga [14]	23
Slika 15: Prikaz potrošača u vodoopskrbnom sustavu	24
Slika 16: Shema prstenaste i razdjelne (granaste) vodoopskrbne mreže [21]	33
Slika 17: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera D i protoka Q [18].....	36
Slika 18: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [18].....	37
Slika 19: Pojednostavljeni prikaz vodospreme i njezinih osnovnih dijelova [20]	40
Slika 20: Prekidna komora sa preljevom (lijevo) i sa zatvaračem i plovkom (desno) [22] 41	
Slika 21: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu	44
Slika 22: Dijagram oscilacija vode u vodospremi - gravitacijski dotok vode	45
Slika 23: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu crpljenjem.....	49
Slika 24: Dijagram oscilacija vode u vodospremi - dotok vode crpljenjem.....	50
Slika 25: Crpna stanica s horizontalnom aksijalnom centrifugalnom crpkom suhe izvedbe	52
Slika 26: Jednostepena centrifugalna crpka sa (a) spiralnim i (b) difuzorskim kućištem [22]	53
Slika 27: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 1	54
Slika 28: Q-H dijagram za odabir tipa crpki – Varijanta 1 [24].....	58
Slika 29: Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 - Varijanta 1 [24]	59
Slika 30: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 2	60
Slika 31: Q-H dijagram za odabir tipa crpke – Varijanta 2 [24]	62
Slika 32: Nomogram crpke 150 CVE 350-12/1 - Varijanta 2 [24]	63
Slika 33: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 3	64
Slika 34: Q-H dijagram za odabir tipa crpke - Varijanta 3 [24].....	66
Slika 35: Nomogram crpke 150 CVE 350-12/1 - Varijanta 3 [24]	67
Slika 36: Sučelje računalnog programa Urbano Hydra 10.3	70
Slika 37: Kreiranje predložka za vodovod u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu ...	71
Slika 38: Shape datoteke i DOF karte uvezene u računalni program Civil 3D (MAP).....	72
Slika 39: Kreiranje plohe terena u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	72
Slika 40: Uvoz točaka iz AutoCAD entiteta.....	73
Slika 41: Zadavanje visine terena unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	74

Slika 42: Postavke naredbe za crtanje elemenata unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	75
Slika 43: Urbano layeri kreirani unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa	76
Slika 44: Tablica "Pregledi" u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	77
Slika 45: Označavanje elemenata mreže na crtežu unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	78
Slika 46: Uređivanje čvorova u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	79
Slika 47: Oznake čvorova i potrošača u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	79
Slika 48: Oznake dionica u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	80
Slika 49: Zadavanje visine cijevi/nivelete unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa	81
Slika 50: Interaktivno crtanje nivelete unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa ..	81
Slika 51: Interaktivno zadavanje cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa .	82
Slika 52: Zadavanje okana unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa	83
Slika 53: Uređivanje kataloga rovova cijevi u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	84
Slika 54: Zadavanje rovova unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	85
Slika 55: Uređivanje kataloga gornjih slojeva cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	86
Slika 56: Zadavanje gornjih slojeva unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa	86
Slika 57: Uređivanje konfiguracija uzdužnog profila unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	87
Slika 58: Crtanje uzdužnog profila od čvora N1 do P101 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	88
Slika 59: Upravljanje uzdužnim profilima u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu...	89
Slika 60: Uređivanje poprečnog presjeka u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	89
Slika 61: Crtanje poprečnih presjeka u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	90
Slika 62: 3D prikaz cijevi i okana u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	91
Slika 63: Shema čvora N1 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	92
Slika 64: Crtanje fazonskih elemenata u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	93
Slika 65: Crtanje shema okana u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	93
Slika 66: Definiranje vodospreme unutar Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	95
Slika 67: Definiranje prekidne komore unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa .	96
Slika 68: Definiranje izvora vode unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	96
Slika 69: Definiranje FCV ventila unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	97
Slika 70: Definiranje pravila za rad FCV ventila u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	98
Slika 71: Kartica "Potrebe" u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	99
Slika 72: Zadavanje potreba za vodom za stanovništvo unutar Urbano Hydra 10.3 programa	100
Slika 73: Zadavanje potreba za vodom za turiste unutar Urbano Hydra 10.3 programa ..	100
Slika 74: Zadavanje potreba za vodom za velike potrošače unutar Urbano Hydra 10.3 programa.....	101
Slika 75: Zadavanje protupožarnih količina vode unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa.....	101
Slika 76: Hidraulički proračun prije optimizacije cijevi u Urbano Hydra 10.3 programu	102
Slika 77: Optimizacija cijevi u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu	103
Slika 78: Rezultat optimizacije cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa..	104

Slika 79: Raspon radnih tlakova u mreži nakon provedene optimizacije cijevi.....	104
Slika 80: Definiranje uzorka satne potrošnje vode za stanovništvo u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	106
Slika 81: Definiranje uzorka za potrošnju vode pri gašenju požara u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	106
Slika 82: Oscilacija protoka na dionici N1-N2 i tlaka u čvoru N1	107
Slika 83: Kota piezometarske linije od izvora do Hotela 2***** u 13 sati za scenarij „Ljeto“	109
Slika 84: Dijagram protoka i brzina na dionici N23_1 - H2***** za scenarij "Ljeto + Požar 1"	111
Slika 85: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru H2***** za scenarij "Ljeto + Požar 1"	111
Slika 86: Dijagram brzina na dionici N89-N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2"	113
Slika 87: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2"	113
Slika 88: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto"	116
Slika 89: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto +	117
Slika 90: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 2"	117
Slika 91: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Zima"	118
Slika 92: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto"	120
Slika 93: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 1"	120
Slika 94: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 2"	121
Slika 95: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Zima"	121
Slika 96: Dispozicija crpne stanice CS1 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 1	122
Slika 97: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 1 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	123
Slika 98: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 1 ..	124
Slika 99: Dispozicija crpne stanice CS2 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 2.....	125
Slika 100: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 2 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	126
Slika 101: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 2 ..	127
Slika 102: Dispozicija crpne stanice CS3 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 3.....	128
Slika 103: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 3 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.....	128
Slika 104: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 3 ..	130
Slika 105: Sučelje WaterCAD V8i računalnog programa.....	131
Slika 106: Prikaz importirane vodoopskrbne mreže u WaterCAD V8i računalnom programu	132
Slika 107: Uzorci satne potrošnje vode za stanovništvo i požar u WaterCAD V8i računalnom programu.....	133

Slika 108: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu	134
Slika 109: Oscilacija razine vode u vodospremi za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu.....	135
Slika 110: Prikaz promjena protoka unutar vodoopskrbnog sustava za vrijeme minimalne i maksimalne satne potrošnje vode u WaterCAD V8i programu	135
Slika 111: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 1 u WaterCAD V8i računalnom programu	137
Slika 112: Prikaz promjena protoka unutar vodoopskrbnog sustava za vrijeme prekida rada crpke u 08.30 h i rada crpke u 13 h u WaterCAD V8i programu.....	137

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kretanje stanovništva Općine Mošćenička Draga po naseljima od 1900. do 2021. godine [9].....	13
Tablica 2. Specifična potrošnja vode ovisno o opremljenosti zgrade sanitarno-tehničkim uređajima [18].....	26
Tablica 3. Specifične potrošnje vode za pojedine kategorije potrošača [18]	27
Tablica 4. Koeficijent neravnomjernosti maksimalne dnevne potrošnje [18].....	28
Tablica 5. Koeficijent neravnomjernosti maksimalne satne potrošnje vode [18]	29
Tablica 6. Parametri za proračun protupožarne količine vode za potrebe naselja [19].....	31
Tablica 7. Dubina vode u vodnoj komori u ovisnosti o volumenu vodospreme [18]	40
Tablica 8. Proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu	43
Tablica 9. Proračun operativne rezerve za dotok vode u vodospremu crpljenjem.....	48
Tablica 10. Apsolutna hrapavost cijevi obzirom na vrstu cijevi [18].....	57
Tablica 11. Neravnomjernost satne potrošnje vode i pripadajući multiplikatori, uzorak potrošnje vode za stanovništvo.....	105
Tablica 12. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto"	108
Tablica 13: Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij „Ljeto“	108
Tablica 14. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 1"	110
Tablica 15. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 1"	110
Tablica 16. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2"	112
Tablica 17. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2"	114
Tablica 18. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Zima"	115
Tablica 19. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Zima"	115
Tablica 20. Maksimalne brzine za deset ogranaka i različite scenarije u vrijeme maksimalne satne potrošnje	116
Tablica 21. Deset čvorova s najmanjim vrijednostima tlaka za različite scenarije u vremenu maksimalne satne potrošnje.....	119
Tablica 22. Deset čvorova s najvećim vrijednostima tlaka za različite scenarije u vremenu maksimalne satne potrošnje.....	119
Tablica 23. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 1.....	124
Tablica 24. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 2.....	126
Tablica 25. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 3.....	129
Tablica 26. Dionice s najvećim brzinama toka vode u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu	134
Tablica 27. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode u 13 sati za varijantu 1 dotoka vode crpljenjem u WaterCAD V8i programu.....	136

1. UVOD

Osiguravanje potrebnih količina vode odgovarajuće kvalitete za različite namjene, odnosno korištenje voda temelj je dobrog gospodarenja vodama. Spoznaja da je voda neophodna za život poznata je ljudima već od davnina. Stoga je i danas jednako važno pravilno i racionalno koristiti vodne zalihe te odražavati postojeće vodoopskrbne sustave kako bi se gubitci, koji na pojedinim područjima Hrvatske iznose i preko 70%, sveli na minimum.

Izrada i analiza vodoopskrbnog sustava provedena je za naselje Mošćenička Draga, smješteno na istočnoj obali Istre i dobro znano turističko odredište već dugi niz godina. No, prije samog projektiranja spomenutog sustava potrebno je sagledati osnovne značajke područja, u vidu demografskih, geografskih, klimatskih i geomorfoloških podataka, a sve sa ciljem odabira što realnijih parametara za projektiranje. Popis stanovništva iz 2021. godine kao i praćenje kretanja stanovništva pokazalo je kako Mošćenička Draga ima tendenciju stalnog pada broja stanovnika pa je konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja jednak sadašnjem broju koji iznosi 453. Međutim, tijekom ljetnih mjeseci broj korisnika vodne usluge povećava se čak do deset puta pa je važno sustav dimenzionirati tako da može isporučiti potrebne količine vode. Definiranje mjerodavnih količina vode prethodi svakom idejnom rješenju vodoopskrbnog sustava, a pri čemu se u obzir uzimaju parametri poput broja stanovnika i turista, protupožarnih količina, gubitaka u sustavu, te postojanju industrije. Tako definirane količine ulazni su parametar za provedbu hidrauličke analize čiji je cilj racionalno dimenzioniranje cjevovoda i zadovoljavanje radnih tlakova na svakom potrošaču. U konkretnom slučaju, a kako bi radni tlakovi u sustavu bili unutar dopuštenih vrijednosti, potrebno je postaviti prekidnu komoru na 60 mn.m. koja smanjuje prevelike tlakove. U diplomskom radu, a u skladu s prethodno navedenim, provedene su hidrauličke analize za različite načine dotoka vode u vodospremu. Prvi način podrazumijeva gravitacijski dotok vode u vodospremu, pri čemu su u proračunu promatrani različiti scenariji kojima se nastoji prikazati oscilacije protoka i drugih fizikalnih veličina u odnosu na godišnje doba i moguće požarno opterećenje. Dotok vode crpljenjem u vodospremu predstavlja alternativni način koji u slučaju prekida gravitacijskog dotjecanja vode ima funkciju osiguravanja kontinuirane isporuke vode u sustav. Tri varijante dispozicija crpnih stanica, koje se razlikuju u položaju izvorišta i dužini tlačnog cjevovoda, sagledavaju se kao moguće opcije, pri čemu se odabire najekonomičnije rješenje. Proračuni volumena vodospreme i prekidne komore, te crpnih stanica također su obrađeni u ovom radu.

Moderni i sofisticirani programski paketi omogućuju kvalitetno i pouzdano projektiranje vodoopskrbne mreže te moguću validaciju i optimizaciju dobivenih rezultata. Korištena su dva računalna programa, Urbano Hydra 10.3 i WaterCAD V8i. Unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa modelirana je cijela vodoopskrbna mreža sa pripadajućim elementima i definiranim potrošačima u sustavu. Hidraulička analiza u vremenu izvršena je za gravitacijski dotok vode u vodospremu i četiri različita scenarija. Dobivene vrijednosti međusobno se uspoređuju kako bi se uvidjele promjene karakterističnih fizikalnih parametara. Vremenska simulacija koristi se i prilikom analize tri varijante crpljenja vode u vodospremu sa različitim dispozicijama i karakteristikama crpnih stanica. Tablični i grafički prikazi, kao i brojne mogućnosti pregleda rezultata proračuna unutar Urbano Hydra 10.3 programa dodatno doprinose boljem sagledavanju ponašanja vodoopskrbnog sustava. Također, unutar programa izrađuju se uzdužni i poprečni profili te montažni plan čvorova.

WaterCAD V8i računalni program koristi se za kontrolu rezultata dobivenih u Urbano Hydra 10.3 programu, te je u njemu provedena hidraulička analize za oba načina dotoka vode u vodospremu.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA

2.1. Povijesni razvoj

Područje današnje općine Mošćenička Draga bilo je naseljeno još u prapovijesti što je vidljivo iz ostataka tadašnjih naselja i gradina smještenih na obali, ali i na uzvisinama. Zbog geografskih i geomorfoloških značajki, naselja su se gradila na padinama ili uz rub polja kako bi ostalo što više obradivog tla. Područje je poznato pod imenom Liburnija jer su ga naselili stočari i moreplovci Liburni. Dolaskom Rimljana započinju borbe u kojima su Liburni poraženi i postaju dijelom Rimske vlasti za čije vladavine se proširuju postojeća i grade nova naselja. U 7. stoljeću Liburniju naseljavaju Hrvati, a sto godina kasnije postaje dijelom hrvatske države. Nakon propasti hrvatske države početkom 12. stoljeća, Liburnija je pod vlašću njemačkog carstva sve do 15. stoljeća kada krajem vlada obitelj Habsburgovaca. Godina 1848. označava kraj feudalnih odnosa, a područje doživljava procvat tijekom vladavine Austro-Ugarskog carstva. Talijanska okupacija tijekom 2. svjetskog rata trajala je do 1945. godine kada liburnijsko područje postaje dijelom Jugoslavije, a 1991. godine dijelom Republike Hrvatske [1].

Nastanak naselja Mošćenička Draga započinje u 19. stoljeću kada se stanovništvo srednjovjekovnih Mošćenica i okolnih mjesta doselilo na obalu i počelo baviti ribarstvom (*Slika 1.*). Mjesto se razvijalo kao ribarska lučica grada Mošćenice podno kojeg se ono nalazi [2].



Slika 1: Pozdrav iz Mošćeničke Drage 1883. godine [2]

Nakon 2. svjetskog rata, turisti s Opatijske rivijere počeli su kočijama dolaziti na izlete u Mošćeničku Dragu. Prvi gosti noćili su u mnogobrojnim vilama, a početak turizma obilježila je obitelj Armanda u čijem je vlasništvu bio istoimeni hotel u centru Mošćeničke Drage (Slika 2.). Na temeljima tog povijesnog hotela podignut je današnji hotel Mediteran. Uz hotel Armanda, važnu ulogu za turizam imao je Pansion Alla Marina na samoj plaži [3].



Slika 2: Riva i hotel Armanda s legendarnim mostom na plaži tridesetih godina prošlog stoljeća [2]

Razvojem turizma ukazuje se potreba za prometnom povezanošću sa većim gradovima poput Rijeke i Pule, pa je početkom 20. stoljeća izgrađena manja luka. Šezdesetih godina prošlog stoljeća izgrađen je i lukobran kako bi se zaštitilo postojeću lučicu od vjetrova i štete koju je nevišnje sa sobom donosilo (Slika 3.). Danas su u maloj lučici smješteni ribarski brodovi i manje barke, a u ljetnim mjesecima služi i kao mala marina za turističke brodice [2,4].



Slika 3: Lukobran u izgradnji 1960. godine [2]

Urbanistička cjelina naselja Mošćenička Draga oko pristaništa i dio naselja uz obalu prema jugu zaštićena je kao spomenik kulture. Najstariji kulturno-povijesni spomenik u samom naselju je kapela sv. Marine koja se spominje u zapisima iz 1437. godine. Na ruševinama kapele 1886. godine izgrađena je istoimena crkva, a blagdan sv. Marine, koja je zaštitnica Mošćeničke Drage, slavi se i kao dan općine. Osim Mošćeničke Drage, status zaštićenih spomenika kulturno-povijesne baštine na području općine imaju i stari gradovi Mošćenice i Brseč te etnografsko područje Zagore [2,4].

Analizirano područje karakterizira hidrogeološki profil krša koji još od davnina diktira životne potrebe stanovnika liburnijskog kraja. Izvori vode temelji su za razvoj agrokulture i stočarstva čime su se u povijesti bavili naseljenici. Na pojedinim lokacijama voda se prirodno nakupljala u ponikvama pa su ljudi nastojali pospješiti vodonepropusnost takve akumulacije pomoću gline ili ilovače što predstavlja primitivne oblike vodozahvatnih objekata. Tijekom sušnih razdoblja istom vodom koristili su se ljudi i životinje na napajalištima na području općine (*Slika 4.*). Površinski izvori veće izdašnosti poput Male Učke i Vele Učke predstavljali su pojilišta za stoku u obliku duguljastih i plitkih korita, perila za pranje rublja i vodozahvatne objekte za opskrbu tzv. „živom vodom“. Imućniji stanovnici gradili su privatne cisterne (šterne), odnosno ukopane objekte u koje je voda otjecala s krovova kuća [5].



Slika 4: Lokva na Petrebišćima za napajanje životinja [6]

2.2. Geografske i demografske značajke

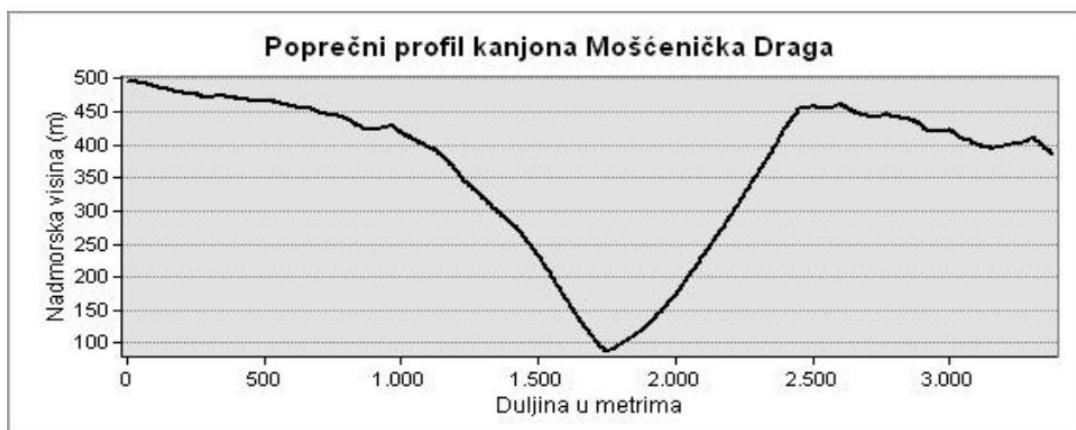
Naselje Mošćenička Draga nalazi se na istočnoj obali Istre i središte je istoimene općine u Primorsko-goranskoj županiji. Općina Mošćenička Draga proteže se od Medveje (uvala Cesara) do Zagorja (uvala Stepča) i uz samu Dragu obuhvaća naselja: Brseč, Kraj, Golovik, Kalac, Mala Učka, Martina, Mošćenice, Obrš, Sučići, Sv. Anton, Sv. Jelena i Zagore (Slika 5.) [7]



Slika 5: Granice Općine Mošćenička Draga i granice naselja [7]

Područje Općine Mošćenička Draga obuhvaća prostor od 46,62 km² na kopnu (oko 1,29% kopnene površine Primorsko-goranske županije) i 50,39 km² u akvatoriju Kvarnerskog zaljeva (oko 1,14 % morske površine Primorsko-goranske županije) što sveukupno iznosi 97,01 km². Od ukupno 14 naselja samo je Mošćenička Draga smještena uz obalu, dok se ostala naselja nalaze dalje od obale, na padinama južnog dijela grebena Učke. Padine se

strmo spuštaju do morske obale, s jednim kanjonom na kojem je Mošćenička Draga formirana. Na mnogim mjestima u padinama usječene su dublje ili pliće bujične udoline, a najveća bujična usjeklina sa vrlo strmim stranama je Mošćenička Draga koja završava morskim žalom na dnu udoline (Slika 6.). Najviši dijelovi općine nalaze se podno Učkinog vrha Argun na oko 1000 metara nadmorske visine. Morska obala nije jako razvedena, sadrži brojne visoke litice kao i uvale s prirodnim šljunčanim žalima [7].



Slika 6: Poprečni profil kanjona Mošćenička Draga [8]

Primarni prometni pravac općine je državna cesta D66 (Pula /D3/ - Labin - Matulji /D8), ali ista ne zadovoljava sve potrebne tehničke i sigurnosne zahtjeve posebno tijekom ljetnih mjeseci kada je prometno opterećenje povećano. Osim državne ceste, područje povezuju županijska cesta Ž 5082 (Mošćenička Draga - /D66/ - Mošćenice), lokana cesta L 58064 (Mošćenice /Ž 5082/ - Sv. Jelena - Brseč /D66/) i 57 nerazvrstanih cesta [7].

Prema popisu stanovništva iz 2021. Općina Mošćenička Draga ima ukupno 1292 stanovnika što ukazuje na tendenciju stalnog pada. Prvi pad vidljiv je nakon I. svjetskog rata kada je uslijed nepovoljnih gospodarskih prihoda, uzrokovanih niskim poljoprivrednim prinosima, stanovništvo emigriralo u prekomorske zemlje. Zbog nastavka iseljavanja i negativnih posljedica II. svjetskog rata pad broja stanovnika bilježi se sve do danas. Naselje Mošćenička Draga ima 453 stanovnika što je oko 35% ukupnog broja stanovnika cijele općine. Prema broju stalnih stanovnika 2021. godine, naselja na području općine mogu se podijeliti u četiri grupe:

- naselja sa 0 - 50 stanovnika: 7 naselja (Grabrova, Kalac, Mala Učka, Martina, Obrš, Sučići, Sv. Anton),
- naselja sa 51 - 100 stanovnika: 3 naselja (Golovik, Kraj, Zagore),

- naselja sa 101 - 200 stanovnika: 2 naselja (Brseč, Sveta Jelena),
- naselja sa 201 - 500 stanovnika: 2 naselja (Mošćenice, Mošćenička Draga).

Iz navedenog je vidljivo kako prevladavaju naselja s manje od 100 stanovnika, ukupno njih 10 ili 71,43 %. Kretanje stanovništva na području općine od 1900. do 2021. godine prikazano je u *Tablici 1.* [7,9].

Tablica 1. Kretanje stanovništva Općine Mošćenička Draga po naseljima od 1900. do 2021. godine [9]

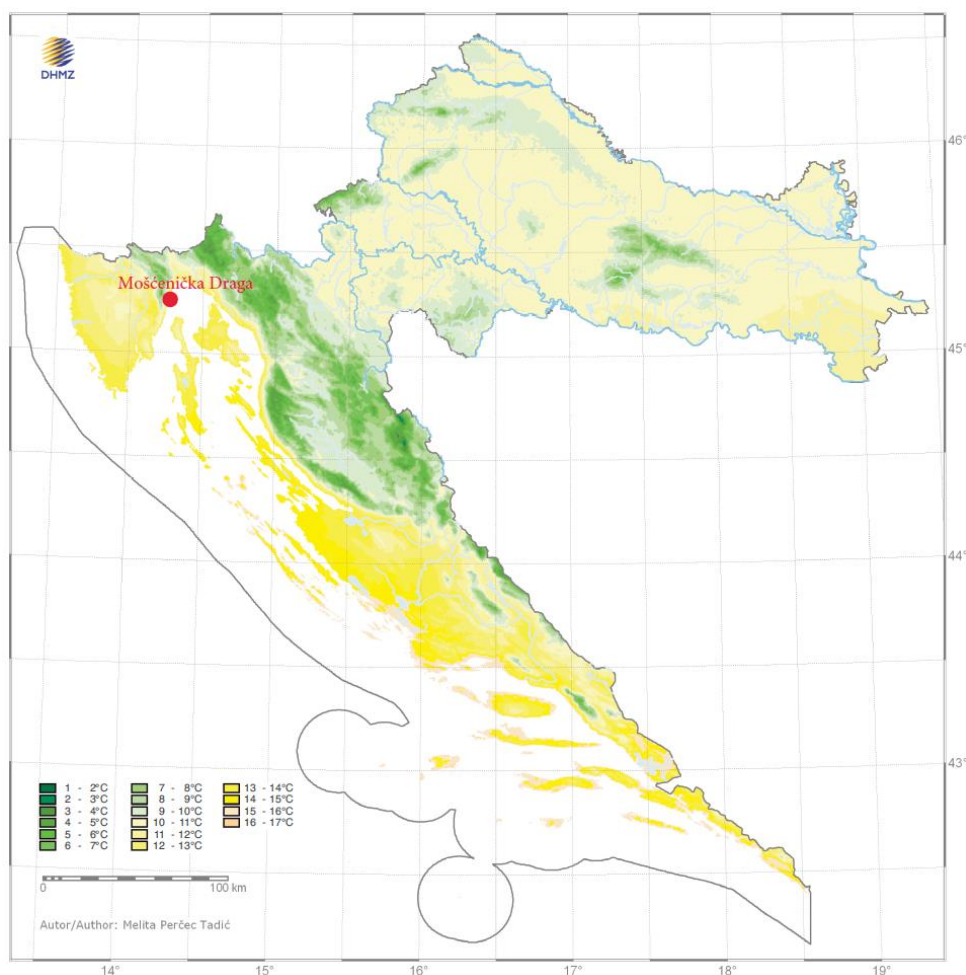
Naselje	Godina popisa												
	1900.	1910.	1921.	1931.	1948.	1953.	1961.	1971.	1981.	1991.	2001.	2011.	2021.
Brseč	257	264	504	432	191	201	205	189	143	121	131	126	123
Golovik	269	240	-	-	138	154	148	133	102	90	81	80	58
Grabrova (+ Mala Učka do 2006.)	153	139	-	-	112	95	77	47	17	10	6	13	6
Kalac	327	292	481	426	178	177	126	92	61	43	39	26	25
Kraj	145	119	732	666	108	98	107	123	105	119	103	99	75
Mala Učka (2006.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Martina	150	146	489	490	135	115	96	84	58	54	44	50	42
Mošćenice	399	452	236	203	310	313	330	304	302	325	310	297	280
Mošćenička Draga	428	442	618	586	294	348	416	456	498	472	439	595	453
Obrš	157	159	-	-	141	127	97	60	31	24	19	15	12
Sučići	239	250	-	-	158	157	136	78	70	51	44	45	33
Sveta Jelena	172	190	-	-	143	146	120	94	109	102	94	96	102
Sveti Anton	157	140	-	-	91	90	59	44	29	9	11	8	5
Sveti Petar	69	85	-	-	113	102	102	122	151	202	223	-	-
Zagore	297	246	-	-	202	190	183	153	119	101	97	86	76
Općina Mošćenička Draga	3219	3164	3060	2803	2314	2313	2202	1979	1795	1723	1641	1536	1292

2.3. Klimatske značajke

Prilikom projektiranja i građevinskih zahvata na bilo kojem području važno je poznavati klimatske značajke lokacije na kojoj će se zahvat izvoditi. Stoga je u ovom dijelu rada dan kratak opis i podaci potrebni za razumijevanje klime i klimatoloških podataka. Općina Mošćenička Draga, prema Koppenovoj klasifikaciji, nalazi se u području umjereno tople kišne klime sa suhim vrućim ljetima, dok su ostala godišnja doba vlažna, osobito početak zime. Prema Thornthwaiteovoj klasifikaciji klime, baziranoj na odnosu količine vode potrebne za potencijalnu evapotranspiraciju i oborinske vode, analizirano područje svrstava se u perhumidnu (izrazito vlažnu) klimu. Na području općine nema meteorološke postaje pa su mjerodavni podaci s meteorološke postaje u Rijeci [7].

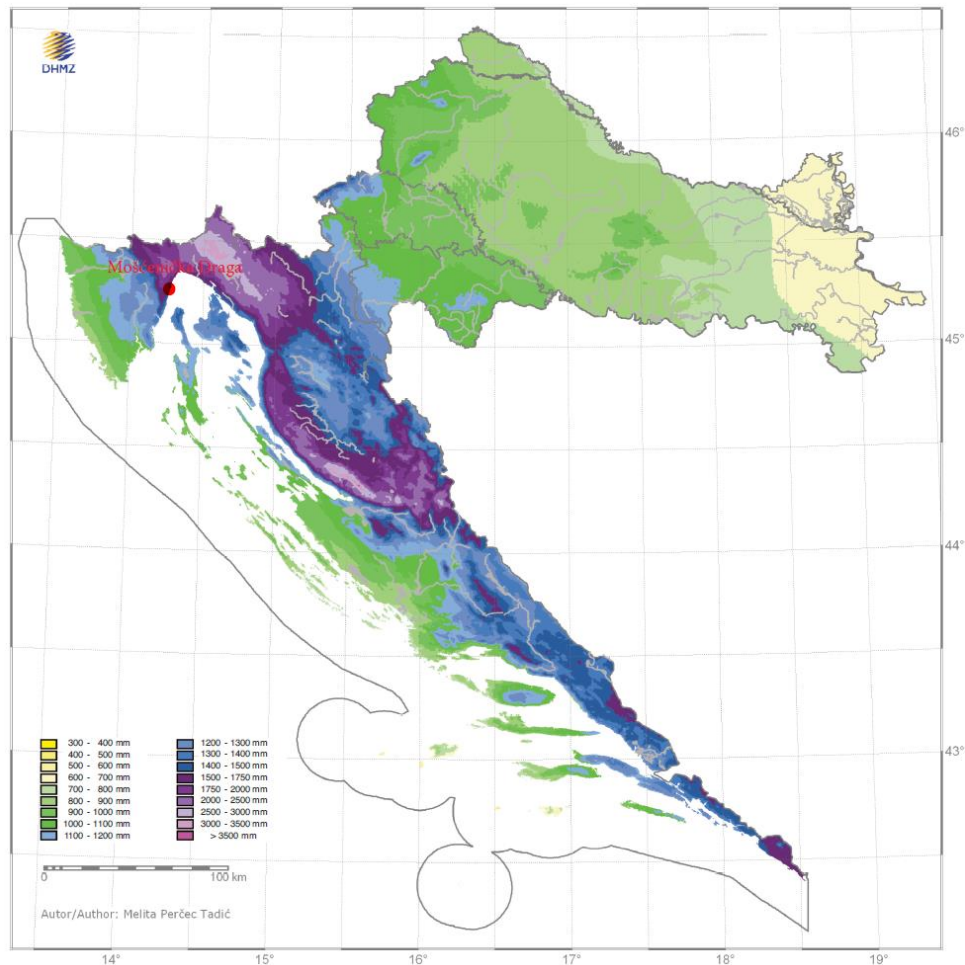
Temperatura zraka, prema standardima Svjetske meteorološke organizacije, mjeri se tri puta dnevno (7h, 14 h i 21 h) u termometrijskoj kućici na visini 2 m iznad tla. Srednja godišnja temperatura zraka za Rijeku iznosi 13,8 °C (*Slika 7.*). Najveća srednja temperatura zraka je ljeti (22,1 °C), a najniža zimi (6,2 °C). Najveća apsolutna maksimalna temperatura zraka

izmjerena je ljeti ($34,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), a apsolutna minimalna temperatura zraka izmjerena je zimi ($-12,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Srednji godišnji broj hladnih dana ($t_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) iznosi 19,2, dok srednji broj studenih dana ($t_{\max} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) iznosi 1,5. Srednji godišnji broj vrućih dana ($t_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) iznosi 18,9, dok srednji broj dana s toplim noćima ($t_{\min} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) iznosi 23,8 [7,10].



Slika 7: Srednja godišnja temperatura zraka [10]

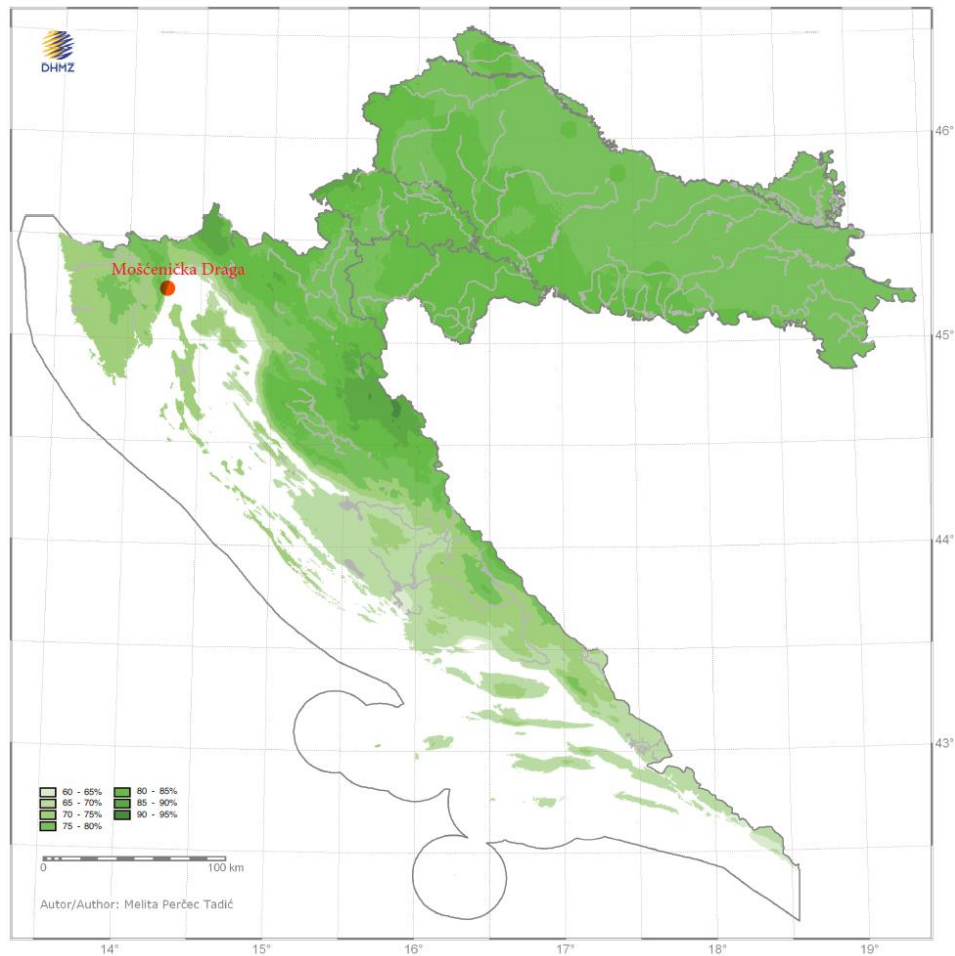
Oborina koja padne na području Hrvatske posljedica je prolaska ciklona, a količina oborina ovisi o vlažnosti, intenzitetu i smjeru zračne struje te o vertikalnoj komponenti gibanja struje koju lokalni čimbenici mogu modificirati. U široj riječkoj regiji uz ciklogeničko djelovanje poseban utjecaj na velike količine oborina ima planinsko zaleđe s orografskim efektom intenzifikacije oborine. Srednja godišnja količina oborina na području Mošćeničke Drage kreće se između 1500 i 1700 mm (Slika 8.). Najveći dio oborina ostvari se u jesenskom i zimskom dijelu godine (400-500 mm). Srednji godišnji broj dana s kišom, tj. količinom oborina većom od 1 mm iznosi oko 100 dana, dok je srednji broj dana sa snijegom gotovo beznačajan i iznosi manje od 5 [7,10].



Slika 8: Srednja godišnja količina oborine [10]

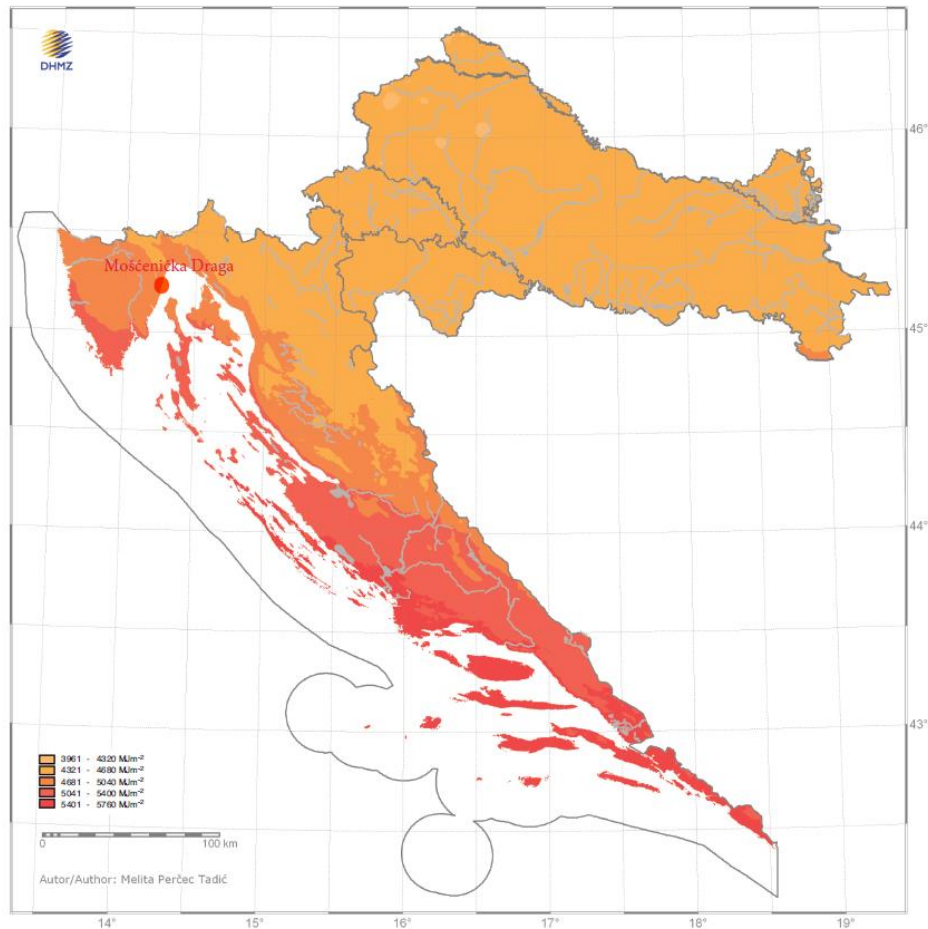
Podaci o potencijalnoj evapotranspiraciji važni su ne samo za meteorologiju već i za agronomiju prilikom izrade vodne bilance. Ukoliko je količina oborina manja nego što je potreba biljaka za isparavanje, dolazi do manjka koji se nadoknađuje trošenjem zaliha vode iz tla. Ukoliko takvo stanje potraje dolazi do suša koje mogu imati katastrofalnu štetu. Na području promatranja oborinski deficit javlja se uglavnom tokom ljetnih mjeseci [10].

Na primorskom području, kao što je Mošćenička Draga prosječne godišnje vrijednosti tlaka vodene pare uglavnom su 11-13 hPa. Iako je količina vodene pare velika, zrak u ovakvim područjima je najmanje zasićen vodenom parom zbog visokih temperatura zraka i utjecaja bure koja ga dodatno isušuje. Takva područja imaju najmanju relativnu vlažnost zraka s prosječnim godišnjim vrijednostima između 65% i 70% (Slika 9.) [10].



Slika 9: Vlažnost zraka [10]

Za područje Hrvatske formirano je pet razreda dozračne sunčane energije u rasponu od 3961 – 5760 MJm^{-2} s intervalom od 360 MJm^{-2} . Analiza podataka srednje godišnje ukupne dozračne sunčane energije pokazuje da se u primorskom dijelu energija povećava od sjeverozapada prema jugoistoku s minimumom u Rijeci (4807 MJm^{-2}) uslijed veće naoblake na sjevernom dijelu Jadrana (Slika 10.). U prosincu Rijeka prima prosječno do 165 MJm^{-2} , dok u srpnju energija dostiže vrijednost do 807 MJm^{-2} . Osunčavanje ili trajanje sijanja Sunca važan je klimatski element o kojem ovise mnoge ljudske djelatnosti, od poljoprivrede do građevine. Ukupno godišnje trajanje insolacije pokazuje kako je Hrvatska vrlo sunčana zemlja, a duž cijelog Jadrana godišnje trajanje sijanja Sunca je veće od 2000 sati. Rijeka prosječno na dan prima 5,9 sati sijanja Sunca [10].



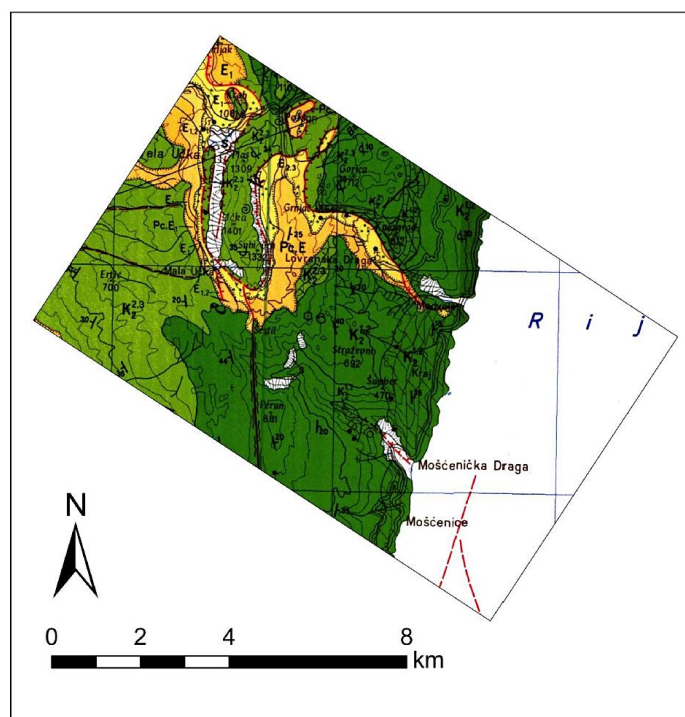
Slika 10: Srednja godišnja ukupna dozračena sunčana energija [10]

Naoblaka je vrlo važan klimatski element koji se procjenjuje vizualno i predstavlja količinu oblaka koji pokriva nebo. Naoblaka se u pravilu smanjuje od obale prema moru i od sjevera prema jugu. Od studenog do veljače traje zimski režim naoblake kada oblačnih dana ima znatno više nego vedrih, a sredinom lipnja nastupa ljetna vedrina. Prosječna naoblaka zimi oko 6 desetina, a ljeti oko 4,5 desetina [10].

2.4. Geomorfološke i hidrogeološke značajke

Poznavanje geološke karte nekog područja ima veliki značaj pri razumijevanju procesa geološke evolucije određenog prostora. Tip i vrsta tla ili stijene uvjetuju zalihe pitke vode, što je od strateškog značaja za vodoopskrbu nekog područja. Osnovna geološka karta 1:100000 list Labin (Slika 11.), obuhvaća područje općine i temeljna je podloga za opis geološke građe [11,12].

Kopneni i podmorski dio općine sastoji se od naslaga isključivo sedimentnog tipa koje prema geološkoj starosti pripadaju kredi, paleogenu i kvartaru. Naslage gornje krede cenomana do turona ($K2^{1,2}$) pokrivaju površinski najveći dio teritorija općine, dok se naslage gornje krede turona do senona ($K2^{2,3}$) nalaze na površini grebena Sisol. Paleogenski foraminiferski vapnenci ($PC_3 E^{1,2}$) protežu se u uskom isprekidanom pojasu južno od grebena Učke. Paleogenski klastiti, odnosno naslage fliša ($E_{1,2}$) nalaze se na pojedinim površinskim mjestima, u podnožju grebena Učka, na zaravni zapadno od Brseča i pokraj naselja Martina. Eocensko-oligocenske breče ($E_3 Ol_1$) povremeno se uočavaju na starijim karbonatnim stijenama. Naslage kvartarne starosti raznolikog su litološkog sastava i geneze, a odnose se na crvenicu, deluvijalni nanos, aktivni sipar i potočni nanos. Crvenica (ts) je često vidljiva kao smeđe-crveni pokrivač različitih debljina na karbonatnim naslagama, posebice vapnencima. Na promatranom području nalazi se u uvalama i ponikvama, uglavnom u okolici Mošćenica i Brseča. Koluvijalno-deluvijalni (d) nanos raširen je na matičnim stijenama fliša, raznolikog sastava, a debljine nanosa u podnožju litica mogu biti višemeterske. Aktivni sipar (s) uočava se na strmim karbonatnim padinama iznad Mošćeničke Drage, u čijem se podnožju sipar formira. Sastoji se od odlomaka i blokova različite veličine te je lako pokretljiv. Potočni nanos (pr) ustanovljen je u hipsometrijskim nižim i zaravnjenim dijelovima doline u Mošćeničkoj Dragi [7, 12, 13].



Slika 11: Geologija promatranog područja - segment iz OGK Labin [12]

Kanjon Mošćenička Draga oblikovan je radom tekućica, djelovanjem padinskih procesa i okršavanjem tijekom bliže geološke prošlosti, ali i tektonskom aktivnošću, promjenom klime i morske razine. Dimenzije kanjona daju naslutiti kako su u prošlosti vodeni tokovi bili izdašniji nego danas, a moguće izvorište vode bili su ledenjaci ili humidnija klima [8].

Promatrano područje pretežno izgrađuju vodopropusni karbonatni kompleks stijena, a u manjoj mjeri i vodonepropusni flišni kompleks. Tipični krški reljef ima brojne ponikve i jame bez površinskih vodotoka, a sve se oborine vrlo brzo infiltriraju u podzemlje te se dinamika voda odbija u dubokom krškom podzemlju. Dreniranje podzemne vode prema mjestima stalnog ili povremenog izviranja odvija se u skladu s vodopropusnošću naslaga te rasporedu rasjednih zona i njihovih pukotina. Izraženi reljef obiluje dubokim i plitkim jarugama u kojima se za vrijeme kiša javljaju kratkotrajni bujični vodotoci. Na području općine ima 15 značajnih bujičnih tokova, a to su: Cesara, Lučica, Mošćenička Draga, Sveti Ivan, Tatinovo, Uboka, Jelenščica, Potočić, Drapci, Golovski potok, Klančac, Sadrišće I, Središće II, Stupova i Slatina. Najznačajnija je bujica Mošćenička Draga, čiji je tok i djelomično reguliran uslijed nepovoljnih utjecaja tijekom jakih kiša (*Slika 12.*) [14].



Slika 12: Regulirani tok bujice Mošćenička Draga [8]

2.5. Vodoopskrbni sustav na području Liburnije

Opskrbu pitke vode na području Općine Mošćenička Draga provodi tvrtka Liburnijske vode d.o.o. koja održava sustav vodoopskrbe i odvodnje na području još tri jedinice lokalne samouprave, a to su Grad Opatija, Općina Matulji i Općina Lovran s ukupno 26 000

stanovnika što čini 9,86% ukupnog stanovništva Primorsko-goranske županije. U vlasničkoj strukturi društva sudjeluju i spomenute lokane samouprave, a tijela društva su skupština, nadzorni odbor i uprava. Sustavnim širenjem i razvojem mreže pokrivenost na području Liburnije je 99%, a nastoji se optimizirati gubitke pitke vode u skladu s visokim standardima 21. stoljeća. Voda iz liburnijskog sustava vodoopskrbe zadovoljava svjetske kriterije kvalitete, a 2005. godine dobiven je ISO standard 22000 kao i HACCP sustav kontrole kvalitete [15].

Kaptiranje izvora na Učki započelo je još 1903. godine kada su zahvaćeni izvori Vela i Mala Učka te Rečina. Nešto kasnije kaptirani su izvori Lepa Bukva, Griža i Vela Ravan. Voda nabrojanih izvora prikuplja se u komori Sredić odakle gravitacijskim putem opskrbljuje vodoopskrbni sustav Mošćeničke Drage. Tijekom proboja cestovnog tunela Učka naišlo se na podzemni špiljski sustav, čije su podzemne vode 1982. godine zahvaćene, kaptirane i uključene u vodoopskrbni sustav Opatije i njenih pratećih naselja. Iz izvora tunela Učka tijekom visokih razina podzemne vode može se očekivati protok 60 l/s, a kaptaze Mala i Vela Učka u takvim uvjetima daju 45 l/s. Izvori Lepa Bukva, Griža i Vela Ravan daju oko 10 l/s. No, tijekom sušnih ljetnih mjeseci izdašnost izvora se smanji, pa tako kaptaza u tunelu Učka daje 10 l/s, kaptaze Mala i Vela Učka ukupno 20 l/s, a izvorišta Sredić i Rečina oko 2-3 l/s. Tada dodatne količine vode dolaze iz Ilirske Bistrice i Rijeke. Od navedenih izvora sa područja Učke jedino se kaptaza Sredić sa svojim izvorima nalazi na području Općine Mošćenička Draga [16].

Godine 1997. započela je izgradnja transportnog cjevovoda promjera DN 250 mm od vodospreme Medveja II (80 mn.m.) do vodospreme Mošćeničke Drage (58 mn.m.) duljine 3 260 m te cjevovoda DN 150 mm od vodospreme Mošćenička Draga do Mosta (Sv. Petar) duljine 1 010 m. Od 1999. godine u upotrebi su oba cjevovoda, a iste je godine ugovorena izgradnja vodoopskrbnog sustava Visoke zone Općine Mošćenička Draga, planirana u dvije etape. U I. etapi gradi se kaptaza Srednja voda i vodovod do prekidne komore Sredić duljine 1 710 m, prekidna komora Sredići na koti 835 mn.m., prekidna komora Oskoruša na koti 650 mn.m. te se rekonstruira transportni cjevovod od prekidne komore Sredići do čvora 2 duljine 2 371 m kao i prekidna komora Grabrova na koti 560 mn.m. U II. etapi izgrađena je vodosprema Perun volumena 600 m³ na koti 609,9 mn.m. čija je namjena akumulacija vode i smanjenje tlaka u vodovodnoj mreži. Tijekom ove etape izgrađena je i vodosprema Sv. Petar zapremnine 250 m³ na koti 112 mn.m. (Slika 13.) za čije se potrebe planira gradnja crpne stanice Sv. Petar [17].



Slika 13: Vodosprema Sv. Petar u Mošćeničkoj Dragi [Foto: Sabina Rogutić]

Danas, područje Općine Mošćenička Draga opskrbljuju dva vodoopskrbna sustava:

- vodoopskrbni sustav Visoka zona obuhvaća naselja i dijelove naselja koji se pružaju uz cjevovod od zone izvorišta do naselja Mošćenice i Mošćenička Draga po jednom ogranku (PK Sredić, PK Oskoruša, VS Perun, VS Grabrova, VS Mošćenice i VS Sveti Petar) i do naselja Zagorje po drugom ogranku (PK Sredić, PK Oskoruša, VS Perun, VS Grabrova, PK Sveta Jelena, PK Golovik, VS Brseč i PK Krsonjin),
- vodoopskrbni sustav naselja Mošćenička Draga i Kraj dio su vodoopskrbnog sustava Liburnijske rivijere (Opatija – Lovran – Medveja – Mošćenička Draga) sa vodospremom VS Mošćenička Draga [14].

Prema Elaboratu zaštite okoliša: Sustav javne vodoopskrbe – Područje Liburnije (2016.) utvrđeno je da postojeće stanje vodovoda nije zadovoljavajuće. Pojedine dionice gdje su profili DN < 50 imaju za posljedicu negativne tlakove u sustavu te je iste potrebno rekonstruirati. Također je potrebno doraditi dijelove sustava i stvoriti prstenastu mrežu koja

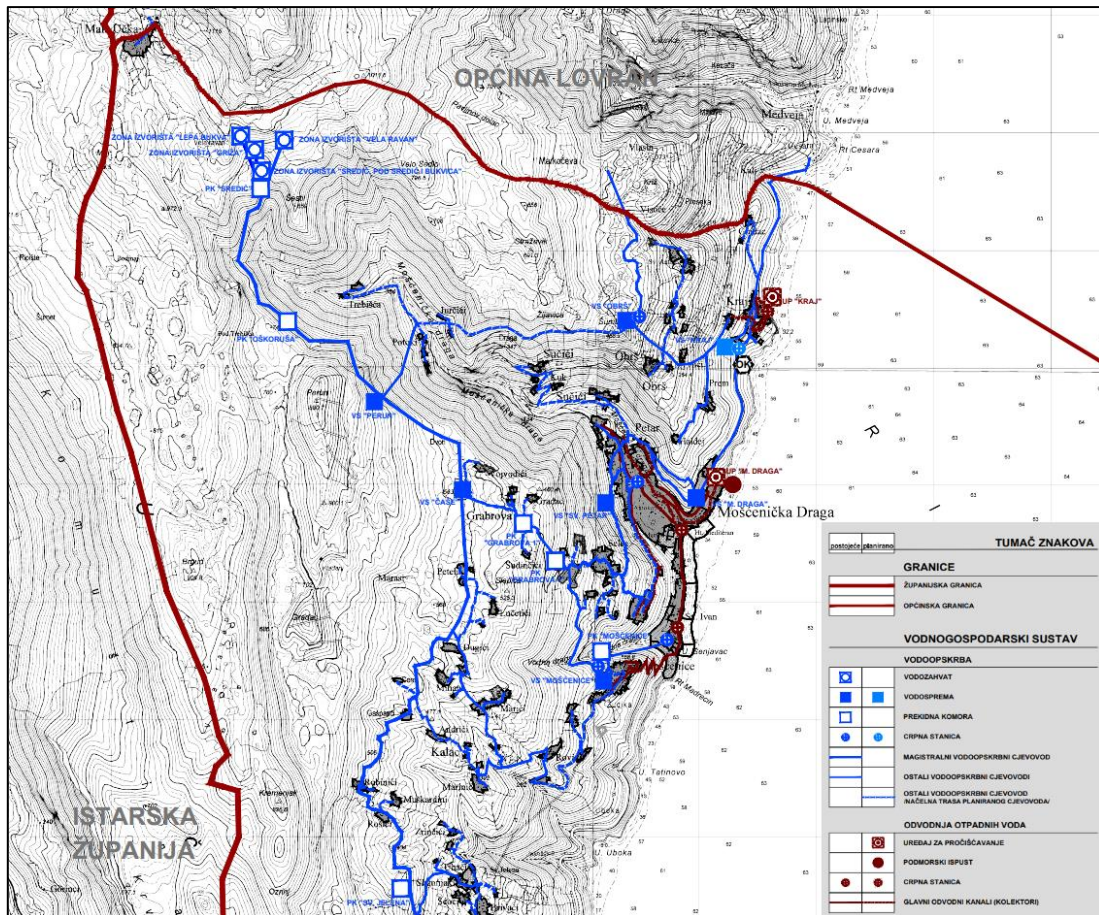
bi osigurala dovod vode iz različitih smjerova i time omogućila nesmetanu distribuciju vode. Zahvati u vodoopskrbnom sustavu za koje je izgrađena projektna dokumentacija i dobivene su građevinske dozvole na području Općine Mošćenička Draga su:

- proširenje i rekonstrukcija mreže za dio naselja Mošćenice i Mošćenička Draga,
- proširenje i rekonstrukcija za naselje Kraj,
- izgradnja crpne stanice Sv. Petar.

Uz to, planiraju se i sljedeći zahvati:

- proširenje vodoopskrbne mreže sa pripadajućim objektima naselja Sučići, Sv. Anton i Obrš na način da se osigura transport vode gravitacijom iz Učke ili tlačenjem iz Medveje,
- izgradnja vodospreme Sv. Anton,
- planiranje zahvata na daljnjem dizanju vode od obale prema Visokoj zoni Općine kako bi veći dio Općine Mošćenička Draga ima mogućnost sigurne vodoopskrbe u toku čitave godine (vodom iz smjera Opatije) – izgradnja nove vodospreme Grabrova, rekonstrukcija/dogradnja crpne stanice u sklopu postojeće vodospreme Sv. Petar, izgradnja tlačno-gravitacijskog cjevovoda VS Grabrova – VS Sv. Petar,
- planiranje zahvata na sanaciji i rekonstrukciji dijela vodoopskrbne mreže s obzirom na relativnu starost cjevovoda radi smanjenja gubitaka i bolje sigurnosti vodoopskrbe.

Navedeni zahvati nalaze se u Prostornom planu uređenja Općine Mošćenička Draga (2019.) te su pokazatelj da je vodoopskrbni sustav potrebno rekonstruirati i dograditi u skladu sa zakonskom regulativom. Na *Slici 14.* prikazana je karta postojećeg i planiranog vodno-gospodarskog sustava Općine.

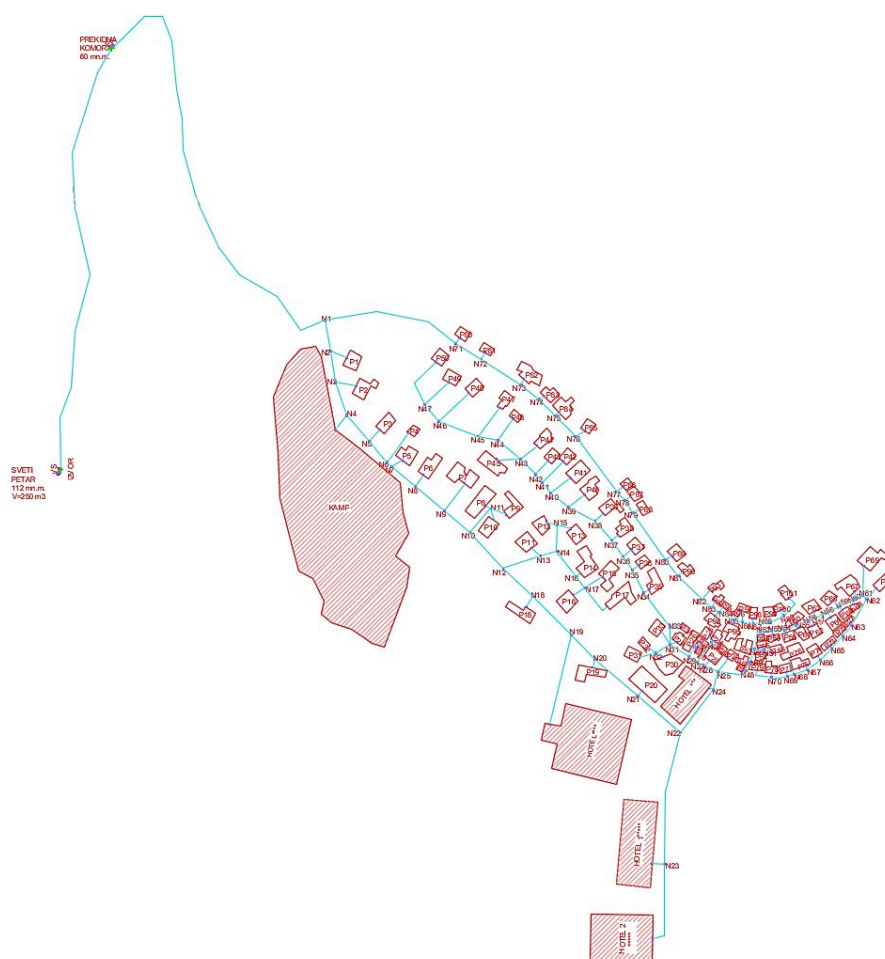


Slika 14: Karta vodno-gospodarskog sustava Općine Mošćenička Draga [14]

3. PRORAČUN MJERODAVNIH KOLIČINA VODE

3.1. Mjerodavni potrošači na danom području

Prilikom proračuna mjerodavnih količina vode potrebnih za dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava važno je definirati kategorije potrošača na danom području. Kako je naselje Mošćenička Draga turistički orijentirano i tijekom ljetnih mjeseci ondje se nalazi veliki broj turista smještenih u hotelima (dva postojeća i dva nova), privatnom smještaju ili kampu, potrebno je osigurati dostatne količine vode za njihove potrebe. Naravno, u obzir je potrebno uzeti potrebe lokalnog stanovništva, ali i razmotriti potrebne količine vode za gašenje požara i održavanje vodoopskrbnog sustava. Proračun mjerodavnih količina vode po kategorijama potrošnje vode biti će prikazan u narednim poglavljima, a na situacijskom prikazu vodoopskrbne mreže dan je prikaz raspodjele potrošača za koje će dimenzioniranje sustava biti provedeno.



Slika 15: Prikaz potrošača u vodoopskrbnom sustavu

3.2. Potrošnja vode za kućanske potrebe

Prilikom određivanja potrošnje vode za kućanske potrebe potrebno je odrediti:

- broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (N_k) i
- normu potrošnje vode izraženu specifičnom potrošnjom vode ($q_{sp.}$) izraženu u l/stan/dan [18].

3.2.1. Određivanje broja stanovnika

Broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja (konačni broj stanovnika) vremenski je promjenjiv podatak koji prije svega ovisi o lokalnim i socijalno-ekonomskim prilikama područja za koji se vodoopskrbni sustav projektira. Određuje se na temelju projektnog razdoblja (R_p) koje ovisi o brojnim faktorima, kao što su:

- vijek trajanja objekata ili opreme vodoopskrbnog sustava,
- mogućnost proširenja vodoopskrbnog sustava,
- ponašanje sustava na početku dok još nije potpuno iskorišten,
- porast broja stanovnika i potrošnje,
- kamata i otplata vrijednosti investicije te
- promjena vrijednosti novca [18].

Projektno razdoblje na koje dimenzioniramo sustav u praksi iznosi 25 – 30 godina (maksimalno 50 godina) i ovisno je o godišnjem prirastu stanovništva (p). U konačnici, problem dimenzioniranja vodoopskrbnog sustava svodi se na određivanje broja stanovnika za usvojeno projektno razdoblje temeljem godišnjeg prirasta stanovništva. Ukoliko u prostornim planovima nema traženih podataka ili prognoze broja stanovništva ne postoje, tada se konačni broj stanovnika određuje prema sljedećem geometrijskom prirastu:

$$N_k = N_0 \left(\frac{p}{100} + 1 \right)^{R_p} \quad (1)$$

gdje je:

N_0 – sadašnji broj stanovnika [stanovnici],

p – godišnji postotak prirasta stanovništva [%],

R_p – projektno razdoblje [godine], [18].

Vodoopskrbni sustav naselja Mošćenička Draga projektirat će se na vremenski period od 30 godina. Iz podataka o prirodnom kretanju stanovništva Republike Hrvatske u 2020. godini vidljivo je kako je stopa prirodnog prirasta negativna i iznosi -1,5 % za Općinu Mošćenička Draga. Ipak, u proračun će se ući sa optimističnijim vrijednostima, pa će godišnji postotak prirasta stagnirati, odnosno iznositi će 0%. Stoga je konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja jednak sadašnjem i iznosi 453 stanovnika (iz *Tablice 1.*). Broj turista koji borave na ovom području iznosi 3870 (podatak iz TZ Mošćenička Draga [4]), od čega se 360 turista može smjestiti u postojeći hotel Marina ****, 135 u hotel Mediteran ***, 700 u hotel Novi 1 *****, 800 u hotel Novi 2 *****, 375 u kamp i 1500 u privatni smještaj.

3.2.2. Specifična potrošnja vode

Specifična potrošnja vode q_{sp} izražava se kao potrošnja vode po jednom stanovniku u roku od jednog dana (l/stan/dan). Ovisi o stupnju sanitarno-tehničke opremljenosti stanova, kvaliteti i cijeni vode, uređenju naselja, postojanju kanalizacijskog sustava, klimatskim značajkama itd. Uobičajeno se za njezino određivanje koriste strani propisi, ali valja naglasiti kako su to orijentacijski podaci te ih treba kritički razmotriti prije korištenja u proračunu. U *Tablici 2.* prikazana je specifična potrošnja vode u ovisnosti o karakteru opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima [18].

Tablica 2. Specifična potrošnja vode ovisno o opremljenosti zgrade sanitarno-tehničkim uređajima [18]

Karakter opreme zgrade sanitarno-tehničkim uređajima	Specifična potrošnja q_{sp} [l/stan/dan]
Naselje sa zgradama koje nisu opremljene vodovodom i kanalizacijom	30 do 50
Naselje sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom i kanalizacijom bez kupaonice	125 do 150
Naselje sa zgradama opremljenim vodovodom, kanalizacijom i kupaonicom	150 do 230
Naselje sa zgradama opremljenim unutarnjim vodovodom, kanalizacijom i sistemom centralne opskrbe toplom vodom	250 do 400

Potrošnja vode razlikuje se prema kategorijama potrošača pa je specifičnu potrošnju vode potrebno odrediti za svaku kategoriju ponaosob. Stoga je u *Tablici 3.* prikazana specifična potrošnja vode za turiste ovisno o tipu smještaja u kojem se nalaze.

Tablica 3. Specifične potrošnje vode za pojedine kategorije potrošača [18]

Kategorije potrošača	Specifična potrošnja q_{sp} . [l/turistu/dan]
Hotel *****	500
Hotel ****	400
Hotel ***	300
Kamp A kategorija	180
Kamp B kategorija	120
Kamp C kategorija	80
Privatni smještaj	300
Odmarališta	200

Usvojene specifične potrošnje vode prema kategorijama potrošača za projektiranu vodoopskrbnu mrežu su sljedeće:

- specifična potrošnja vode stanovništva (453): $q_{sp.stan.} = 250$ l/stan/dan
- specifična potrošnja vode Hotela*** (135): $q_{sp.hot.***} = 300$ l/tur/dan
- specifična potrošnja vode Hotela**** (360): $q_{sp.hot.****} = 400$ l/tur/dan
- specifična potrošnja vode Hotela1***** (700): $q_{sp.hot1.*****} = 500$ l/tur/dan
- specifična potrošnja vode Hotela2***** (800): $q_{sp.hot2.*****} = 500$ l/tur/dan
- specifična potrošnja vode kamp B. kat. (375): $q_{sp.kamp} = 120$ l/tur/dan
- specifična potrošnja vode u privatnom smještaju (1500): $q_{sp.ps.} = 300$ l/tur/dan.

3.2.3. Srednja dnevna potrošnja vode

Na temelju podataka o konačnom broju stanovnika na kraju projektnog razdoblja (N_k), broju turista koji će boraviti na analiziranom području i specifičnoj potrošnji vode q_{sp} . moguće je izračunati srednju dnevnu potrošnju vode prema izrazu:

$$Q_{sr.dn.} = q_{sp.} * N_k \quad [l/dan] \quad (2)$$

- $Q_{sr.dn.stan.} = 250 * 453 = 113\,250$ l/dan = 113,25 m³/dan = 1,31 l/s
- $Q_{sr.dn.hot.***} = 300 * 135 = 40\,500$ l/dan = 40,50 m³/dan = 0,47 l/s
- $Q_{sr.dn.hot.****} = 400 * 360 = 144\,000$ l/dan = 144,00 m³/dan = 1,67 l/s
- $Q_{sr.dn.hot1.*****} = 500 * 700 = 350\,000$ l/dan = 350,00 m³/dan = 4,05 l/s
- $Q_{sr.dn.hot2.*****} = 500 * 800 = 400\,000$ l/dan = 400,00 m³/dan = 4,63 l/s
- $Q_{sr.dn.kamp} = 120 * 375 = 45\,000$ l/dan = 45,00 m³/dan = 0,52 l/s
- $Q_{sr.dn.priv.smj.} = 300 * 1500 = 450\,000$ l/dan = 450,00 m³/dan = 5,21 l/s

Ukupna srednja dnevna potrošnja vode dobije se zbrajanjem srednje dnevne potrošnje vode svakog od potrošača:

$$Q_{uk.sr.dn.} = \sum Q_{sr.dn.} \quad [l/dan] \quad (3)$$

$$Q_{uk.sr.dn.} = Q_{sr.dn.stan.} + Q_{sr.dn.hot.***} + Q_{sr.dn.hot.****} + Q_{sr.dn.hot1.*****} + Q_{sr.dn.hot2.*****} + Q_{sr.dn.kamp} + Q_{sr.dn.priv.smj.} = 1\,542\,750 \text{ l/dan} = 1542,75 \text{ m}^3/\text{dan} = 17,86 \text{ l/s}$$

3.2.4. Maksimalna dnevna potrošnja vode

Maksimalna dnevna potrošnja vode $Q_{max.dn}$ [l/dan] predstavlja količinu vode koja se troši u danu najveće potrošnje. Mjerodavna je za dimenzioniranje vodozahvata, crpnih stanica, uređaja za kondicioniranje vode, vodospreme i glavnih dovodnih cjevovoda. Njezina vrijednost se dobije kao umnožak srednje dnevne potrošnje i koeficijenta neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje prema izrazu:

$$Q_{max.dn.} = Q_{sr.dn.} * k_{max,dn} \quad [l/dan] \quad (4)$$

Vrijednosti koeficijenta neravnomjernosti maksimalne dnevne potrošnje prikazani su u *Tablici 4.*

Tablica 4. Koeficijent neravnomjernosti maksimalne dnevne potrošnje [18]

Kategorije potrošača	$k_{max,dn}$
Naselje seoskog tipa	2,00
Naselje mješovitog tipa	1,70
Naselje gradskog tipa	
do 10 000 stanovnika	1,50
od 10 000 do 50 000 stanovnika	1,40
od 50 000 do 100 000 stanovnika	1,30
preko 100 000 stanovnika	1,25
Turistički objekti	
S 4 i 5 zvjezdica	1,40
Ostale kategorije	1,60
Privatni smještaj	1,80
Kampovi	2,00

Područje za koje se vodoopskrbni sustav projektira spada u naselje mješovitog tipa, te koeficijent neravnomjernosti maksimalne dnevne potrošnje iznosi 1,70:

- $Q_{max.dn.stan.} = 1,7 * 113\,250 = 192\,525 \text{ l/dan} = 192,53 \text{ m}^3/\text{dan} = 2,23 \text{ l/s}$
- $Q_{max.dn.hot.***} = 1,6 * 40\,500 = 64\,800 \text{ l/dan} = 64,80 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,75 \text{ l/s}$

- $Q_{\max.\text{dn.hot.***}} = 1,4 * 144\ 000 = 201\ 600\ \text{l/dan} = 201,60\ \text{m}^3/\text{dan} = 2,33\ \text{l/s}$
- $Q_{\max.\text{dn.hot1.****}} = 1,4 * 350\ 000 = 490\ 000\ \text{l/dan} = 490,00\ \text{m}^3/\text{dan} = 5,67\ \text{l/s}$
- $Q_{\max.\text{dn.hot2.*****}} = 1,4 * 400\ 000 = 560\ 000\ \text{l/dan} = 560,00\ \text{m}^3/\text{dan} = 6,48\ \text{l/s}$
- $Q_{\max.\text{dn.kamp}} = 2,0 * 45\ 000 = 90\ 000\ \text{l/dan} = 90,00\ \text{m}^3/\text{dan} = 1,04\ \text{l/s}$
- $Q_{\max.\text{dn.priv.smj.}} = 1,8 * 450\ 000 = 810\ 000\ \text{l/dan} = 810,00\ \text{m}^3/\text{dan} = 9,38\ \text{l/s}$

Izračun ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode računa se prema izrazu:

$$Q_{\text{uk.max.dn.}} = \sum Q_{\max.\text{dn.}} \quad [\text{l/dan}] \quad (5)$$

$$Q_{\text{uk.max.dn.}} = Q_{\max.\text{dn.stan.}} + Q_{\max.\text{dn.hot.***}} + Q_{\max.\text{dn.hot.****}} + Q_{\max.\text{dn.hot1.*****}} + Q_{\max.\text{dn.hot2.*****}} + Q_{\max.\text{dn.kamp}} + Q_{\max.\text{dn.priv.smj.}} = 2\ 408\ 925\ \text{l/dan} = 2408,93\ \text{m}^3/\text{dan} = 27,88\ \text{l/s}$$

3.2.5. Maksimalna satna potrošnja vode

Maksimalna satna potrošnja vode $Q_{\max.\text{sat.}}$ [l/sat] predstavlja najveću potrošnju vode tijekom jednog sata zabilježenu u danu najveće potrošnje. Mjerodavna je za dimenzioniranje crpnih stanica (kod potisnih sustava), glavnih opskrbnih i dovodno-opskrbnih cjevovoda te razdjelne mreže. Određuje se kao umnožak maksimalne dnevne potrošnje i koeficijenta neravnomjernosti najveće satne potrošnje prema izrazu:

$$Q_{\max.\text{sat.}} = k_{\max,\text{sat.}} * Q_{\max.\text{dn.}}/24 \quad [\text{l/sat}] \quad (6)$$

Vrijednosti koeficijenta neravnomjernosti najveće satne potrošnje vode prikazani su u *Tablici 5.*

Tablica 5. Koeficijent neravnomjernosti maksimalne satne potrošnje vode [18]

Kategorije potrošača	$k_{\max.\text{sat.}}$
Naselje seoskog tipa	3,00
Naselje mješovitog tipa	2,40
Naselje gradskog tipa	
do 10 000 stanovnika	1,80
od 10 000 do 50 000 stanovnika	1,60
od 50 000 do 100 000 stanovnika	1,50
preko 100 000 stanovnika	1,40
Turistički objekti	
S 4 i 5 zvjezdica	2,50
Ostale kategorije	2,20
Privatni smještaj	2,20
Kampovi	2,30

Uvrštavanjem koeficijenta maksimalne satne potrošnje vode i ranije izračunatih maksimalnim dnevnih potrošnji vode u izraz (6) dobivaju se maksimalne satne potrošnje vode pojedinih potrošača unutar vodoopskrbe:

- $Q_{\max.\text{sat.stan.}} = 2,4 * 192\ 525 / 24 = 19\ 252,5 \text{ l/sat} = 5,35 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.hot.***}} = 2,2 * 64\ 800 / 24 = 5\ 940 \text{ l/sat} = 1,65 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.hot.****}} = 2,5 * 201\ 600 / 24 = 21\ 000 \text{ l/sat} = 5,83 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.hot1.*****}} = 2,5 * 490\ 000 / 24 = 51\ 041,67 \text{ l/sat} = 14,18 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.hot2.*****}} = 2,5 * 560\ 000 / 24 = 58\ 333,33 \text{ l/sat} = 16,20 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.kamp}} = 2,3 * 90\ 000 / 24 = 8\ 625 \text{ l/sat} = 2,40 \text{ l/s}$
- $Q_{\max.\text{sat.priv.smj.}} = 2,2 * 810\ 000 / 24 = 74\ 250 \text{ l/sat} = 20,63 \text{ l/s}$

Izračun ukupne maksimalne satne potrošnje vode računa se prema izrazu:

$$Q_{\text{uk.max.sat}} = \sum Q_{\text{max.sat}} \quad [\text{l/sat}] \quad (7)$$

$$Q_{\text{uk.max.sat}} = Q_{\text{max.sat.stan.}} + Q_{\text{max.sat.hot.***}} + Q_{\text{max.sat.hot.****}} + Q_{\text{max.sat.hot1.*****}} + Q_{\text{max.sat.hot2.*****}} + Q_{\text{max.sat.kamp}} + Q_{\text{max.sat.priv.smj.}} = 238\ 442,50 \text{ l/sat} = 66,23 \text{ l/s}$$

3.3. Potrošnja vode za gašenje požara

Unutar proračuna mjerodavnih količina vode za dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava nužno je u obzir uzeti protupožarne količine vode ukoliko na području postavljenog sustava dođe do požara. Količina vode s kojom će se požar gasiti određivat će i volumen vodospreme (tzv. protupožarna rezerva) jer ista mora biti dostupna u svakom trenutku osim ako je predviđena iz drugog izvora. Pravilnikom o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/06) propisani su zahtjevi za hidrantske mreže za gašenje požara i slučajevi u kojima se za zaštitu od požara obvezno primjenjuje hidrantska mreža za gašenje požara. Hidrantska mreža za gašenje požara sastoji se od unutarnje i vanjske mreže. Unutarnje gašenje požara vrši se posredstvom požarnih ventila instaliranih na unutarnjim vodovodnim cijevima uz siguran izvor vode najmanje 60 minuta, dok se za vanjsko gašenje požara predviđa korištenje podzemnih i nadzemnih hidranata uz siguran izvor vode u trajanju minimalno 120 minuta. Pravilnikom je propisana udaljenost bilo koje vanjske točke građevine ili neke točke štíćenog prostora i najbližeg hidranta koja mora biti veća od 5 m i manja od 80 m. Također je propisana i maksimalna udaljenost od 150 m između dva susjedna vanjska hidranta, dok u naseljima sa samostojećim kućama ta udaljenost može biti do 300 m. Na svim dijelovima vodoopskrbne mreže potrebno je osigurati minimalne tlakove od 2,5 bara, a preporuča se da

maksimalni tlakovi ne premašuju iznos od 7,5 bara. Za zaštitu naselja vanjskom hidrantskom mrežom potrebno je osigurati minimalnu protočnu količinu vode od 10 l/s. Potrošnja vode za gašenje požara, broj istovremenih požara u naselju i minimalno trajanje gašenja požara ovisit će o veličini naselja (broju stanovnika i turista), otpornosti objekata na požar te zbijenosti i karakteru izgrađenosti. Opisani parametri propisani su Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara (NN 53/91) i prikazani u *Tablici 6.* [19].

Tablica 6. Parametri za proračun protupožarne količine vode za potrebe naselja [19]

Veličina naselja	Broj istovremenih požara	Minimalno trajanje gašenja požara [h]	Potrošnja vode po jednom požaru qp [l/s]
Sela ispod 1000 stanovnika	1	2	5
Manja naselja do 5000 stanovnika	1	2	10
Naselja od 6000 do 10 000 stanovnika	1	2	15
Gradovi od 11 000 do 25 000 stanovnika	2	2	15
Gradovi od 26 000 do 50 000 stanovnika	2	2	25
Gradovi od 51 000 do 100 000 stanovnika	2	2	35
Gradovi od 101 000 do 200 000 stanovnika	3	2	40
Gradovi od 201 000 do 300 000 stanovnika	3	2	50
Gradovi od 301 000 do 400 000 stanovnika	3	2	60
Gradovi od 401 000 do 500 000 stanovnika	3	2	70
Gradovi od 501 000 do 600 000 stanovnika	3	2	75
Gradovi od 601 000 do 700 000 stanovnika	3	2	80
Gradovi od 701 000 do 800 000 stanovnika	3	2	85
Gradovi od 801 000 do 1 000 000 stanovnika	3	2	90
Gradovi od 1 001 000 do 2 000 000 stanovnika	4	2	90

Broj stanovnika i turista u naselju Mošćenička Draga zajedno iznosi 4323, pa isto spada u manje naselje do 5000 stanovnika s jednim istovremenim požarom, minimalnim trajanjem gašenja požara od 2 sata prilikom čega se potroši 10 l/s vode. Potrošnja vode za gašenje požara u naselju iznosi:

$$Q_{\text{požar}} = 1 * 2 * 10 * 60 * 60 = 72\,000 \text{ l/dan} = 72,00 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Prilikom dimenzioniranja dionica vodoopskrbnog sustava mjerodavan protok biti će veća vrijednost između ukupnog protoka i potrebnog protoka za gašenje požara (za svaku dionicu zasebno).

3.4. Potrošnja vode za vlastite potrebe

Potrošnja vode za vlastite potrebe podrazumijeva količinu vode potrebne za pranje (ispiranje) vodoopskrbnog sustava i izvedbu vodoopskrbnih objekata. Ne postoji zakonska regulativa kojom se određuje potrebna količina vode za vlastite potrebe sustava, već se te količine određuju na temelju iskustva i karakteristika samog sustava. U praksi, potrebe za

održavanje i ispiranje sustava možemo dobiti temeljem poznavanja srednje ili maksimalne dnevne potrošnje na dva načina:

- 1. način $Q_{vl.pot.} = 5 - 10\% Q_{uk.sr.dn.}$ (8)

$$Q_{vl.pot.} = 0,1 * 1\,542,75 = 154,28 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,79 \text{ l/s}$$

- 2. način $Q_{vl.pot.} = 1 - 2\% [Q_{uk.max.dn.} + Q_{ind}]$ (9)

$$Q_{vl.pot.} = 0,02 * [2428,05 + 0] = 48,18 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,56 \text{ l/s}$$

Kao mjerodavna vrijednost uzima se ona veća, odnosno 1. način, pa potrošnja vode za vlastite potrebe iznosi 154,28 m³/dan [18].

3.5 . Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu

Gubici vode javljaju se u svim vodoopskrbnim sustavima pri čemu se razlikuju stvarni i prividni gubici. Stvarni gubici nastaju zbog prekomjerne starosti sustava, loše izvedbe ili lokalnih utjecaja te se javljaju u vidu pukotina ili propuštanja vode na spojevima cijevi i vodovodne armature. Prividni gubici posljedica su ilegalnog priključenja na mrežu, pogrešnog mjerenja potrošnje i sl. [20]. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu kreću se u granicama:

- do 20 % $Q_{uk.max.dn.}$ za izvrstan vodovod,
- 20 - 40 % $Q_{uk.max.dn.}$ za dobar vodovod te
- preko 40 % $Q_{uk.max.dn.}$ za loš vodovod [18].

Obzirom da se izrađuje idejni projekt novog vodoopskrbnog sustava, pretpostavljeni gubici iznositi će 20% ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode, pa je ukupna količina gubitaka vode jednaka:

$$Q_{gubici} = 20\% Q_{uk.max.dn.} = 0,2 * 2408,93 = 481,79 \text{ m}^3/\text{dan} = 5,58 \text{ l/s}$$

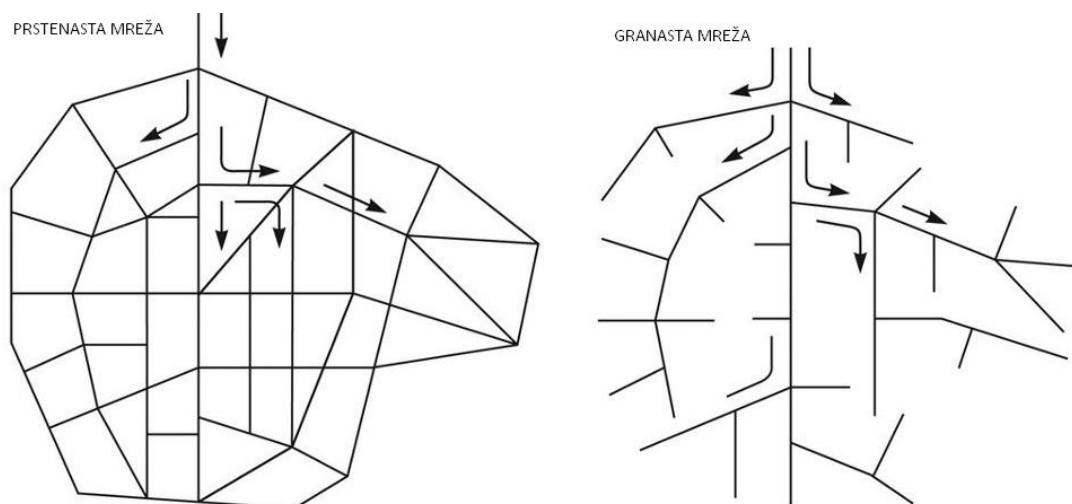
4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA

Nakon proračuna mjerodavnih količina vode, postavljene situacije vodoopskrbnog sustava sa dispozicijom potrošača i prikaza referentnog terena s odgovarajućim kotama potrebno je provesti hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava i to tako da su u svakom trenutku zadovoljene potrebne količine vode kao i radni tlakovi. Hidrauličkim proračunom dimenzionira se cjevovod, određuju raspoloživi tlakovi u sustavu te optimizira gubitke i brzine tečenja u cjevovodima. Obzirom na režim tečenja, razlikuju se dva načina proračuna:

- hidraulički proračun tečenja sa slobodnim vodnim licem i
- hidraulički proračun tečenja pod tlakom [18].

Tečenje sa slobodnim vodnim licem odnosi se na glavne dovodne provodnike koji se izvode kao otvoreni kanali ili cjevovodi. Režim tečenja sa slobodnim vodnim licem rijetko se primjenjuje zbog velikih investicijskih troškova, ali i zbog potrebe za osiguravanjem zadovoljavajućeg opskrbnog tlaka iza vodospreme [18].

Hidraulički proračun tečenja pod tlakom najčešće se primjenjuje u praksi i odnosi se na cijelu vodoopskrbnu mrežu, tj. na glavne opskrbe, opskrbo-dovodne cjevovode i razdjelnu mrežu. Tečenje pod tlakom može biti gravitacijsko ili kombinirano (gravitacijsko-potisno). Razdjelna (distributivna) mreža može biti granasta ili prstenasta (Slika 16.) [18].



Slika 16: Shema prstenaste i razdjelne (granaste) vodoopskrbne mreže [21]

Za granastu mrežu karakteristično je tečenje vode u jednom smjeru od vodospreme prema potrošačima, pri čemu se javljaju linijski gubici. Zbog tečenja u jednom smjeru duljina

cjevovoda je manja, a samim time i povoljnija od prstenaste mreže. No, u slučaju kvara ili puknuća cijevi cijelo područje iza mjesta kvara ostaje bez vode, a moguća je pojava ustajale vode na brojnim krajevima u sustavu. Prstenasta mreža pogodna je zbog dotoka vode prema potrošačima iz više smjerova, pa prilikom kvara ne dolazi do prekida vodoopskrbe. Ovakav tip mreže ima veće investicijske troškove, a hidraulički proračun provodi se primjenom Hardy-Crossove metode [22].

Hidraulički proračun pod tlakom provodi se pod pretpostavkom stacionarnog tečenja u cjevovodima promjenjivog promjera. Zbog toga se uvodi jednadžba kontinuiteta koja se primjenjuje kod proračuna protoka mjerodavnih za dimenzioniranje cijevi i srednje brzine toka vode za odabrane profile cijevi. Kod hidrauličkog proračuna se primjenjuje i Bernoullijeva jednadžba za određivanje hidrodinamičkog tlaka i piezometričkih visina, prilikom čega se lokalni gubitci zanemaruju [22].

4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna

Idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga izvesti će se kao gravitacijsko, a razdjelna mreža napravljena je prema granastoj shemi. Napravljen je situacijski prikaz sustava pri čemu su označeni i numerirani svi čvorovi (pr. N10), dionice (pr. N2-P2), potrošači (pr. P100) i veliki potrošači (pr. H***, KAMP). Također je označen smjer tečenja vode, dispozicija vodospreme, prekidne komore i hidranata. Nakon što je vodoopskrbni sustav definiran te su određene vrijednosti mjerodavnih količina vode za pojedine kategorije potrošača može se krenuti u hidraulički proračun vodoopskrbne mreže. U *Prilogu 1.* dan je tabelarni prikaz hidrauličkog proračuna, a u nastavku će biti objašnjeno kako su rezultati dobiveni.

Prvi korak prilikom hidrauličkog proračuna je odrediti specifičnu potrošnju vode po metru dužnom $q_{spec.}$ (l/s/m') prema izrazu:

$$q_{spec.} = \frac{Q_{max.sat(stan+priv.smj)}}{\Sigma L'} \quad [l/s/m'] \quad (10)$$

pri čemu je:

$Q_{max.sat(stan+priv.smj)}$ – suma maksimalne satne potrošnje vode za stanovništvo i privatni smještaj [l/s],

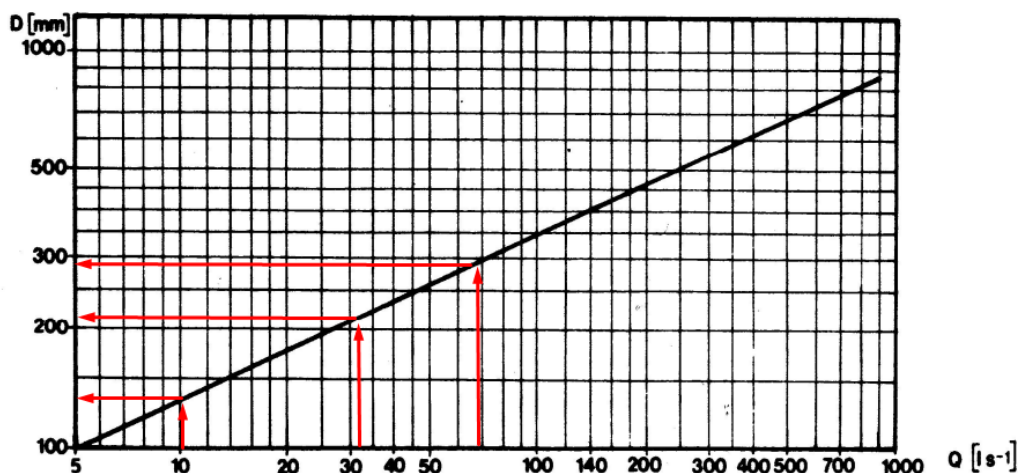
$\Sigma L'$ – ukupna duljina cjevovoda (računajući od vodospreme koja počinje opskrbljivati naselje bez dionica na kojima se nalaze kamp i hoteli te dovod vode iz vodospreme u prekidnu komoru) [m] [18].

Specifični protok pokazuje vrijednost potrošnje vode za opskrbu stanovništva po metru dužnom. Potrošnja vode na potrošačima za stanovništvo i privatni smještaj nije poznata, već ju računamo tako što specifični protok po metru dužnom ($q_{spec.}$) pomnožimo sa virtualnom dužinom pojedine dionice. Virtualnu dužinu dobijemo kada stvarne dužine dionica (L) množimo sa koeficijentom opterećenosti pojedine dionice u odnosu na druge (K) koji se primjenjuje kod potrošača vezanih za stanovništvo i privatni smještaj. Virtualne dužine jednake su stvarnim dužinama jer je vrijednost $K=1$ za sve dionice cjevovoda. U konačnici valja provjeriti ako je suma vlastitih protoka dionica na kojima su stanovništvo i privatni smještaj ($ST. + P.S.$) jednaka sumi maksimalne satne potrošnje stanovništva i privatnog smještaja ($Q_{max.sat(stan+priv.smj)}$). Na dionicama gdje se nalaze veliki potrošači (hoteli, kamp) znamo vlastite protoke koji predstavljaju njihove maksimalne satne potrošnje te iste upisujemo pokraj dionica: N4-KAMP, N19-H****, N23-H1****, N23-H2**** i N24-H***. U stupac vlastiti protoci prepisuje se kolona s vlastitim protocima stanovništva i privatnog smještaja ($ST.+P.S.$) i nadodaju se vrijednosti vlastitih protoka za velike potrošače ($HOTELI, KAMP$). Dionica PK-V nema vlastiti protok jer se njome vrši samo transport vode iz vodospreme do prekidne komore i ne dolazi do potrošnje vode. Tranzitni protok dionice predstavlja protok koji mora prolaziti tom dionicom kako bi se zadovoljile potrebe opskrbe nizvodnih dionica. Primjerice za dionicu N24-N25 tranzitni protok iznosi:

$$\begin{aligned} Q_{tran.N24-N25} &= Q_{vl.N25-N26} + Q_{tran.N25-N26} + Q_{vl.N25-P21} + Q_{vl.N25-N48} + Q_{tran.N25-N48} \\ &= 0,096 + 6,134 + 0,109 + 0,209 + 3,234 = 9,905 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Nakon što su svi tranzitni protoci izračunati vrši se kontrola pri kojoj tranzitni protok prve dionice ispod vodospreme ($Q_{tran.PK-V}$) mora biti jednak maksimalnom satnom protoku ($Q_{uk.max.sat}$) za opskrbu svih potrošača (stanovništva, privatnog smještaja, hotela i kampa). Zbroj vlastitog i tranzitnog protoka daje ukupni protok odgovarajuće dionice. Mjerodavni protok za gašenje požara ($Q_{pož.}$) u naselju određen je prilikom proračuna potrošnje vode za gašenje požara gdje je vidljivo kako za manje naselje do 5000 stanovnika možemo očekivati jedan istovremeni požar za čije je gašenje predviđeno 10 l/s. Mjerodavni protok ($Q_{mjer.}$), prema kojem će se dionice dimenzionirati, je veća vrijednost između ukupnog protoka i potrebne količine vode za gašenje požara. Kada je mjerodavni protok usvojen moguće je

odrediti potreban promjer cjevovoda D [mm] preko dijagrama ovisnosti unutarnjeg promjera cjevovoda i protoka prikazanog na *Slici 17*.



Slika 17: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera D i protoka Q [18]

Za mjerodavni protok od 10 l/s promjer cijevi iznosi 150 mm, za protok od 31,259 l/s promjer iznosi 250 mm, dok za protok od 66,234 l/s promjer cijevi biti će 350 mm. Mjerodavni promjeri projektiranog cjevovoda kreću se u granicama od 150 do 350 mm, pri čemu udio promjera cijevi od 150 mm najveći i iznosi 89,78%. Cijevi od 200 mm je 1,02%, od 250 mm 2,05%, od 300 mm 6,13% i od 350 mm 1,02% od ukupnog udjela cijevi u sustavu.

Kada su poznati protoci i promjeri moguće je odrediti mjerodavne brzine toka vode po dionicama koristeći formulu:

$$v = \frac{Q_{mjer.} * 4000}{D^2 * \pi} \text{ [m/s]} \quad (11)$$

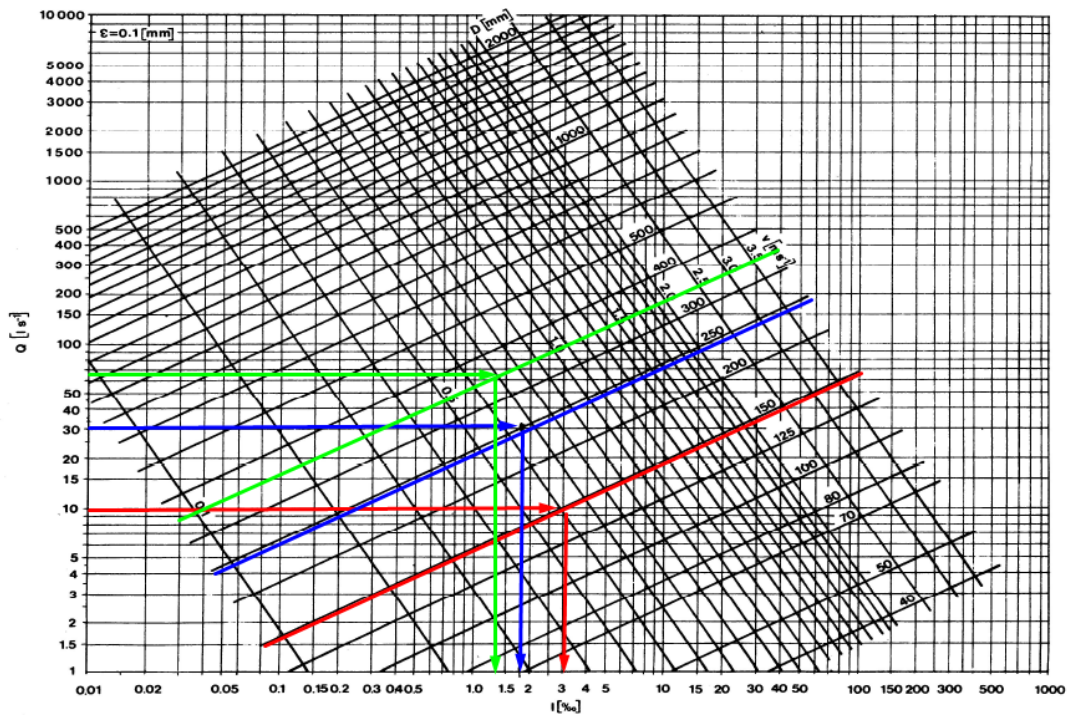
gdje je:

Q_{mjer} – mjerodavni protok [l/s] i

D – mjerodavni promjer [mm] [18].

Brzinu je moguće odrediti i pomoću nomograma na *Slici 18*. međutim točnije je koristeći formulu (11).

Uzdužni pad pojedine dionice I [%] određuju se iz nomograma hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi (*Slika 18*.) tako da na mjestu gdje nam se sijeku mjerodavni protok i promjer spustimo vertikalno do apcise i očitamo vrijednost pada.



Slika 18: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [18]

Ukoliko mjerodavni protok iznosi 10 l/s, a promjer 150 mm tada će uzdužni pad cijevi biti 3 ‰, dok će kod protoka od 66,234 l/s i promjera 350 mm pad biti 1,4 ‰.

Linijski gubitci pojedine dionice određuju se prema Dracy – Weisbachovom izrazu:

$$\Delta h_{tr.} = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \text{ [m]} \quad (12)$$

gdje je:

λ – koeficijent otpora tečenja zbog trenja [1],

L – dužina cijevi pojedine dionice [m],

D – promjer cijevi [mm],

v – brzina tečenja vode u cijevi [m/s] i

g – gravitacijska konstantu koja iznosi 9,81 m/s² [18].

Moguće je izračunati linijske gubitke kao umnožak uzdužnog pada cijevi I i duljine pojedine dionice L , prema izrazu:

$$\Delta h_{tr.} = I * L \text{ [m]} \quad (13)$$

Brzinske visine zanemarivo su male u odnosu na linijske gubitke, pa se često izostavljaju prilikom proračuna potrebnih tlakova na potrošačima, a određuju se kao $\frac{v^2}{2g}$ [m] za svaku pojedinu dionicu.

Na kraju hidrauličkog proračuna potrebno je provjeriti radne tlakove u vodoopskrbnom sustavu. Minimalni radni tlak iznosi 2,5 bara, odnosno 25 metara vodnog stupca (mv.st.), dok maksimalni radni tlak iznosi 6 bara, tj. 60 mv.st. Ukoliko tlakovi ne zadovolje potrebno je upotrijebiti reducir ventile (za smanjenje radnih tlakova) ili hidrofore (za podizanje radnih tlakova). Radni (hidrodinamički) tlak dobije se tako da se od kote piezometarske linije, koja se računa na način da se od maksimalne razine vode u vodospremi oduzmu svi linijski gubitci do potrošača i brzinska visina na mjestu samog potrošača, oduzme kota terena na kojoj je smješten potrošač. Proračunom je utvrđeno kako minimalni radni tlak iznosi 32,38 mv.st. (3,24 bara), a maksimalni 58,30 mv.st. (5,83 bara) što zadovoljava uvjete. Proračun radnih tlakova na pojedinim potrošačima/čvorovima vodoopskrbne mreže za gravitacijski dotok vode prikazan je u *Prilogu 1*.

5. PRORAČUN VODOSPREME I PREKIDNE KOMORE

5.1. Općenito o vodospremi

Vodosprema je građevina koja u vodoopskrbnom sustavu ima tri osnovne uloge, a to su spremanje (akumuliranje) vode, osiguranje potrebnog tlaka u mreži i sigurnost opskrbe vodom. Uz to, vodosprema mora osigurati traženu količinu vode, kontinuiranu opskrbu vodom te proizvodnu kakvoću vode. Kao i svaka građevina mora biti ekonomski prihvatljiva za gradnju, održavanje i rad te mora udovoljiti zahtjevima vodonepropusnosti. Ulaz vode u vodospremu moguće je kontrolirati, dok izlaz vode iz nje ovisi o navikama i standardu stanovništva te ga nije moguće kontrolirati [23].

Postoji više podjela vodosprema ovisno o raznim kriterijima, a u nastavku će neki biti navedeni. Ukoliko vršimo podjelu prema namjeni, vodospreme mogu biti sabirne ili glavne opskrbne. Razlika je i u kakvoći vode koju skupljaju, pa tako sabirna vodosprema skladišti sirovu neobrađenu vodu i smještena je neposredno uz izvorište ili uređaj za kondicioniranje, dok glavna opskrbna vodosprema skladišti čistu pitku vodu i smještena je iza ili ispred područja potrošnje. U pogonskom pogledu vodosprema može biti visinska i nizinska. Visinske vodospreme su one kod kojih je razina vode u vodospremi na većoj razini u odnosu na potrošače, stoga voda prema njima teče gravitacijski. Mogu se graditi kao ukopane i tunelske vodospreme ili vodotornjevi. Nizinske vodospreme su one kod kojih je razina vode u vodospremi na manjoj visini u odnosu na potrošače te se voda prema njima distribuira pomoću crpki. Vodospreme se mogu graditi od armiranog betona, prednapetog betona ili čelika, a male vodospreme iznimno od nearniranog betona ili kamena u cementnom mortu. Također mogu se izgraditi na licu mjesta ili dovesti na gradilište u vidu montažnih elemenata [20, 22].

Osnovni elementi vodospreme su funkcionalni i konstrukcijski. Dva funkcionalna elementa koja mora imati svaka vodosprema su vodna (rezervoarska) i zasunska (manipulativna) komora. Vodna komora služi za skladištenje rezervnih količina vode, a ovisno o volumenu vodospreme izvode se kao jedno ili više komorne. Dvije komore gotovo uvijek su nužne zbog osiguranja kontinuiteta opskrbe vodom, jer tijekom čišćenja jedne, druga komora može raditi. Najčešće je okruglog tlocrtnog oblika kod ukopanih vodosprema, ali može biti pravokutna ili spiralna. Prema kapacitetu, vodne komore se dijele na male ($V < 1000 \text{ m}^3$), srednje ($1000 < V < 10000 \text{ m}^3$) i velike ($V > 10000 \text{ m}^3$). Dubina vode u vodnoj komori

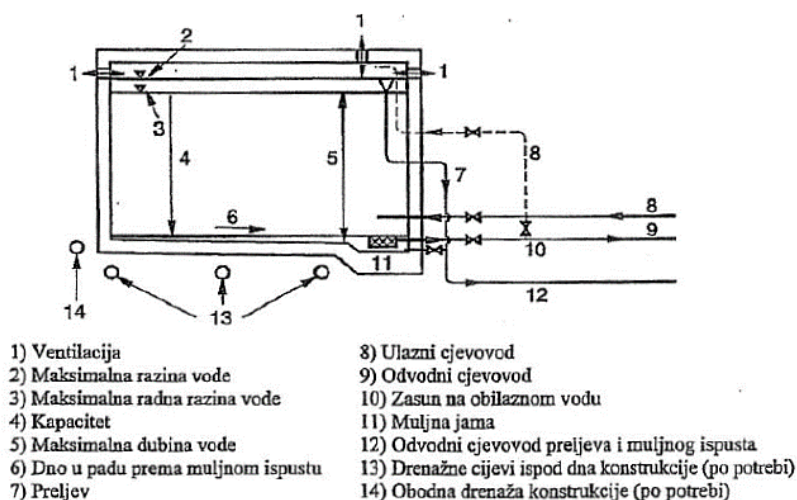
ovisna je o ukupnom volumenu vodospreme, pa su u *Tablici 7.* prikazane preporučene dubine vode [18].

Tablica 7. Dubina vode u vodnoj komori u ovisnosti o volumenu vodospreme [18]

Veličina vodospreme	Volumen [m ³]	Dubina vode [m]	Preporučena dubina vode [m]
Vrlo male vodospreme	< 100	2,00 - 2,50	2,50
Male vodospreme	100 - 200	2,75 - 3,50	3,00
Vodospreme srednje veličine	200 - 500	3,00 - 4,00	4,00
Veće vodospreme	500 - 2000	5,00 - 6,50	5,00
Velike vodospreme	> 2000	6,00 - 8,00	6,00

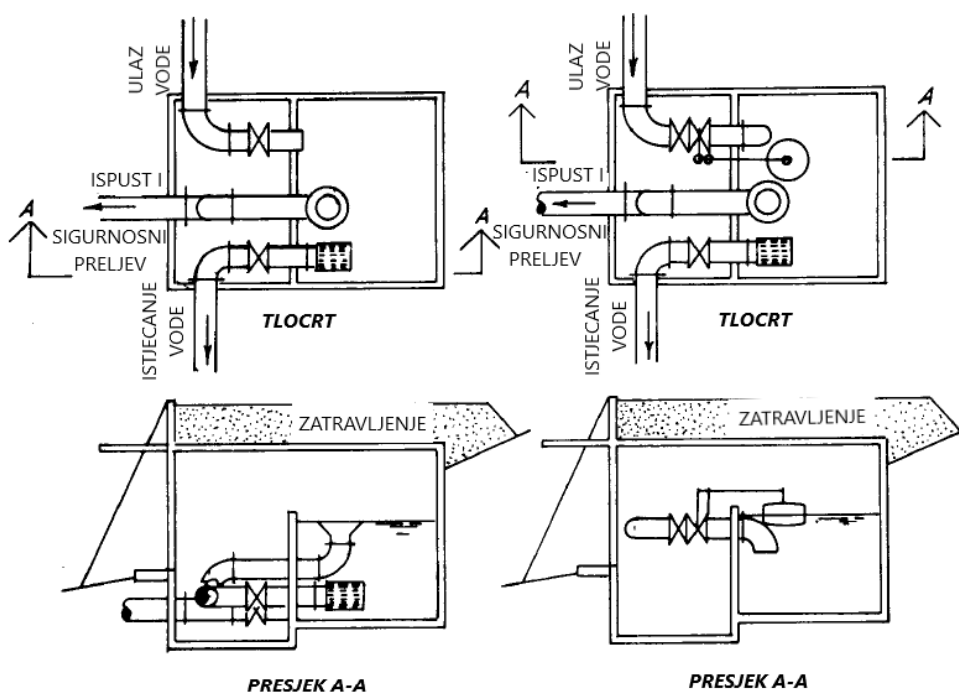
Izbor dubine vode u vodnoj komori ne mora nužno ovisiti o volumenu vodospreme, već se prilikom izbora u obzir može uzeti raspoloživa veličina parcele, vrsta terena, tip konstrukcije vodospreme ili njezin visinski položaj prema opskrbnom području. Vodna komora naslanja se na zasunsku komoru u kojoj se nalaze vodovodne armature, kraj dovodnog i početak odvodnog cjevovoda, isпуст, preljev i indikatori razine vode [18].

Konstruktivsko oblikovanje vodospreme može biti jako raznoliko, a elementi kojima se oblikovanje postiže su dno, vertikalni zidovi i stupovi, grede i pokrovnna ploča te sama nosiva konstrukcija. No, kakvo god bilo oblikovanje vodospreme važno je, osim vodonepropusnosti, osigurati cirkulaciju vode unutar vodne komore pomoću pregradnih zidova, prozračivanje, pad dna prema isпустu zbog čišćenja vodospreme te vanjsku toplinsku i hidro-izolaciju. Oko ukopanih vodosprema mogu se postaviti drenaže koje skupljaju i odvođe oborinsku vodu i štite od prodora vode u vodnu komoru [22].



Slika 19: Pojednostavljeni prikaz vodospreme i njezinih osnovnih dijelova [20]

Zbog zadovoljavanja radnih tlakova u mreži, vodospremu je potrebno postaviti na odgovarajuću nadmorsku visinu, pritom izbjegavajući njezinu direktnu izloženost prema suncu. Nerijetko se iznad ukopanih vodosprema nasipava sloj zemlje i humusa kao i toplinska izolacija koja osigurava optimalnu temperaturu vode kojom se naselje opskrbljuje. U slučaju kada položaj vodospreme ne može zadovoljiti optimalne radne tlakove, grade se prekidne komore (preveliki tlak) ili vodotornjevi (pre mali tlak). Za opskrbu naselja Mošćenička Draga potrebno je izgraditi prekidnu komoru koja predstavlja mali bazen u kojeg voda dotječe sa uzvodne dionice i slobodno se u njega izljeva. Voda u prekidnoj komori nalazi se na nekoj razini koja direktno utječe na tlakove u nizvodnim dionicama. Prekidne komore mogu biti s neprekidnim dotjecanjem i preljevom kojim se višak vode odvodi van komore ili sa zatvaračem i plovkom koji regulira i izjednačava dotjecanje i istjecanje iz komore (Slika 20.). Za disipaciju energije vode koja dotječe u komoru sa uzvodne dionice koristi se regulacijski zatvarač ili regulacijski ventil. Uz to komora mora biti projektirana tako da izdrži sve statičke i dinamičke sile vode [22].



Slika 20: Prekidna komora sa preljevom (lijevo) i sa zatvaračem i plovkom (desno) [22]

Proračun vodospreme i njezin ukupni volumen za gravitacijski dotok vode u vodospremu i za dotok vode u vodospremu crpljenjem prikazan je u nastavku. Osnova hidrauličkog proračuna vodospreme je određivanje volumena vodne komore koji ovisi o režimu potrošnje

i dotoka vode. Vodosprema Sv. Petar nalazi se na visini 112 mn.m., a prekidna komora na koti 60 mn.m.

5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu

5.2.1. Operativna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

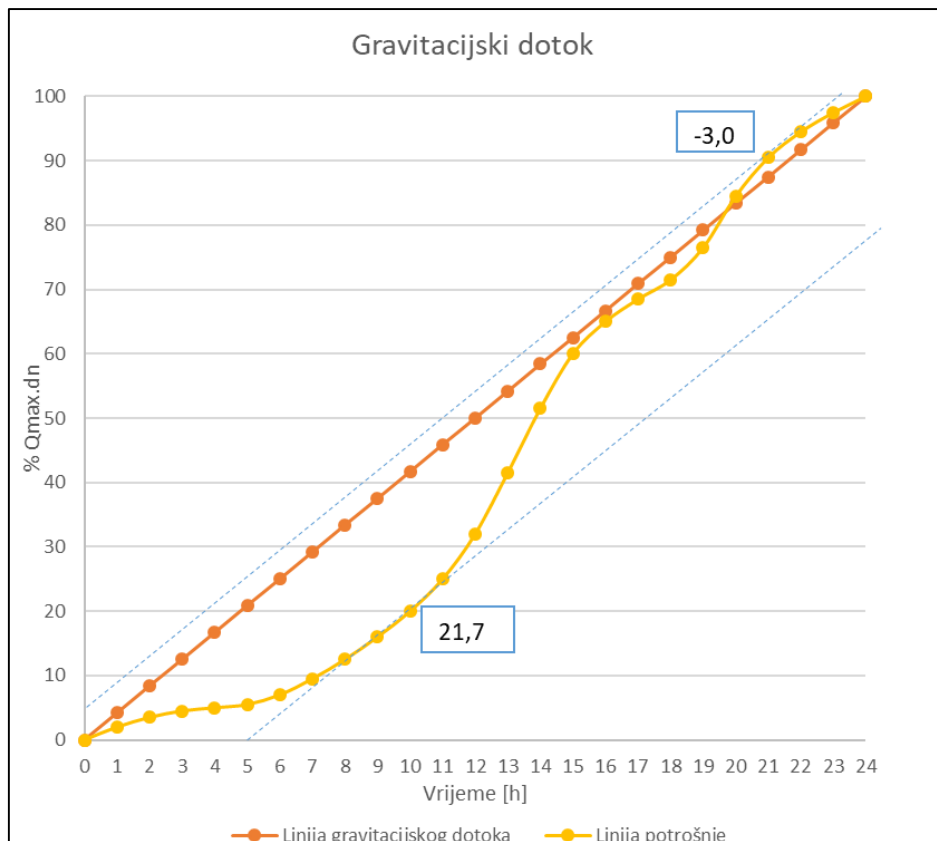
Operativna rezerva vode (V_{RO}) potrebna je za ujednačavanje protoka koji dotječe u vodnu komoru vodospreme i količine koje se troše na opskrbnom području. Odnosno, višak vode sprema se u vodospremu, te se troši kada se pojave negativne razlike između dotjecanja i potrošnje. Potrošnja vode u naselju je promjenjiva što znači da se voda troši varijabilno iz sata u sat. Proračun operativne rezerve provodi se pod pretpostavkom dnevnog izravnjanja gdje je dnevni dotok jednak dnevnoj potrošnji koja se iskazuje u postocima maksimalne dnevne potrošnje u pojedinim satima ($\% Q_{max.dn.}$) [18].

U *Tablici 8.* prikazan je analitički proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu, a proračunat je za satnu potrošnju manjeg stambeno-turističkog naselja bez industrije. Satne potrošnje izražene su u postocima maksimalne dnevne potrošnje koja ovisi o razvijenosti naselja, navikama stanovništva i industriji. Kako na području Mošćeničke Drage nema industrije, vrijednost satne potrošnje vode uzeta je za manje naselje [18] i upisana u stupcu 2. Satni dotok vode dobije se dijeljenjem 100% i 24 h te je zapisan s manjim odstupanjima u prvoj decimali. Satne razlike potrošnje i dotoka zapisane su u stupcu kao manjak, a satne razlike dotoka i potrošnje izračunate su kao višak. Postotne vrijednosti manjka i viška vode moraju biti jednake zbog dnevnog izravnjanja. Na kraju proračuna odredi se maksimalna i minimalna količina vode u vodnoj komori izražena u postocima maksimalne dnevne potrošnje vode.

Tablica 8. Proračun operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu

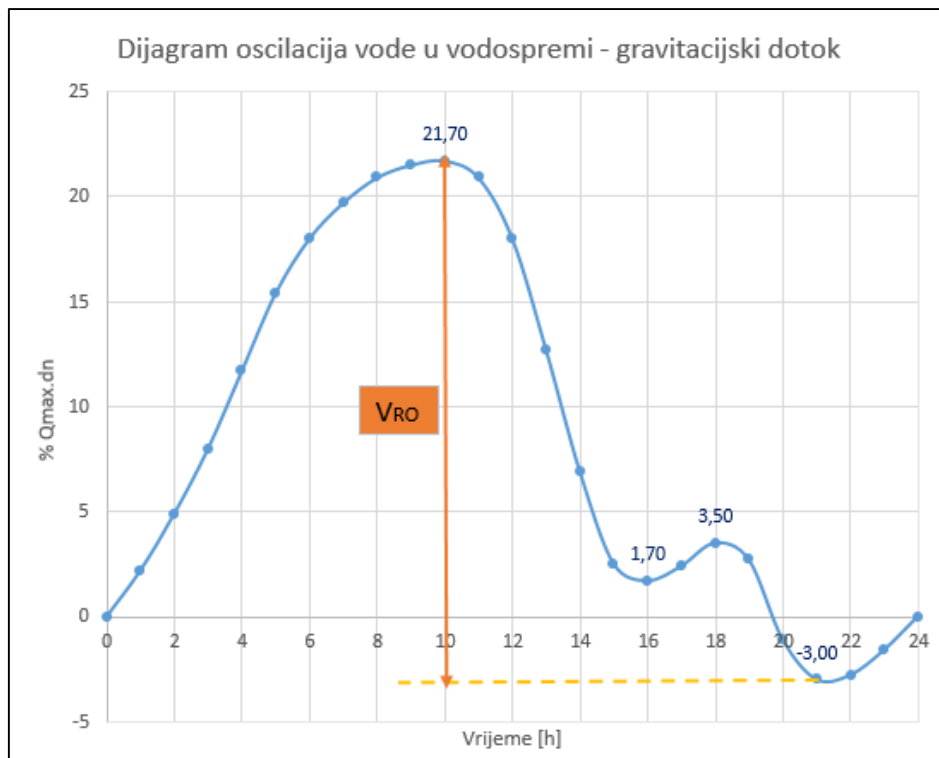
Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	GRAVITACIJSKI DOTOK			
		Dotok [%]	Manjak [%]	Višak [%]	Suma [%]
0 1	2,0	4,2	-	2,2	2,2
1 2	1,5	4,2	-	2,7	4,9
2 3	1,0	4,1	-	3,1	8,0
3 4	0,5	4,2	-	3,7	11,7
4 5	0,5	4,2	-	3,7	15,4
5 6	1,5	4,1	-	2,6	18,0
6 7	2,5	4,2	-	1,7	19,7
7 8	3,0	4,2	-	1,2	20,9
8 9	3,5	4,1	-	0,6	21,5
9 10	4,0	4,2	-	0,2	21,7
10 11	5,0	4,2	0,8	-	20,9
11 12	7,0	4,1	2,9	-	18,0
12 13	9,5	4,2	5,3	-	12,7
13 14	10,0	4,2	5,8	-	6,9
14 15	8,5	4,1	4,4	-	2,5
15 16	5,0	4,2	0,8	-	1,7
16 17	3,5	4,2	-	0,7	2,4
17 18	3,0	4,1	-	1,1	3,5
18 19	5,0	4,2	0,8	-	2,7
19 20	8,0	4,2	3,8	-	-1,1
20 21	6,0	4,1	1,9	-	-3,0
21 22	4,0	4,2	-	0,2	-2,8
22 23	3,0	4,2	-	1,2	-1,6
23 24	2,5	4,1	-	1,6	0,0
24	100,0	100,0	26,50	26,50	

Nakon analitičkog proračuna izrađuje se grafoanalitičko rješenje gdje se dobiva grafički prikaz gravitacijskog dotoka vode u vodnu komoru vodospreme i satne potrošnje naselja. Linija gravitacijskog dotoka je u ovisnosti postotka dotoka i vremena u satima, a linija potrošnje vode je u ovisnosti postotka satne potrošnje opskrbnog naselja i vremena u satima. Volumen operativne rezerve dobijemo tako da liniju dotoka paralelno spustimo i dignemo na način da nam tangira liniju potrošnje. Grafoanalitičko rješenje prikazano je na *Slici 21*. te je vidljivo kako na početku dana u vodospremi treba biti 3% najveće dnevne potrošnje, što osigurava da će se do 10 sati nakupiti $3 + 21,7 = 26,50 \% Q_{max.dn}$.



Slika 21: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Dijagram oscilacija razine vode u vodospremi je u ovisnosti postotka manjak/viška vode u vodospremi u određenom trenutku tijekom dana i prikazan je na Slici 22. Moguće je uočiti kako se višak vode akumulira u periodu od 0 do 10 sati nakon čega se spremljena voda počinje trošiti. Maksimum maksimalne dnevne potrošnje vode iznosi 21,7 %, a minimum iznosi 3%.



Slika 22: Dijagram oscilacija vode u vodospremi - gravitacijski dotok vode

Volumen operativne rezerve vodospreme dobije se kao zbroj minimuma i maksimuma pomnoženog s maksimalnom dnevnom potrošnjom vode, odnosno:

$$V_{RO} = \frac{\max.\%Q_{\max.dn} + |\min.\%Q_{\max.dn}|}{100} * Q_{\max.dn} \quad [\text{m}^3] \quad (14)$$

$$V_{RO} = \frac{21,7+3,0}{100} * 2408,925 = 595,00 \text{ m}^3$$

5.2.2. Protupožarna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Volumen protupožarne rezerve V_{PR} reguliran je protupožarnom zaštitom, odnosno Pravilnikom o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara (NN 8/06). Protupožarna rezerva koristi se ukoliko dođe do požara u naselju i mora uvijek biti dovoljno vode u rezervi kako bi se eventualni požar mogao ugasiti, a računa se bez ili sa neutralizacijom požara, posebno za stanovništvo i industriju. Kako na projektiranom području nema industrije računati će se samo za naselje i to tako da množimo broj istovremenih požara s minimalnim vremenom gašenja požara od 2 sata i specifičnom potrošnjom vode za gašenje jednog požara prema izrazu (15). Ukoliko se računa

protupožarna rezerva sa neutralizacijom požara tada se ranije spomenutom umnošku pridodaje i količina vode potrebna za neutralizaciju požara, izraz (16). Specifična potrošnja vode za gašenje određena je u *Potpoglavlju 3.3.* i iznosi 10 l/s s jednim istovremenim požarom [18].

Volumen protupožarne rezerve vodospreme (bez neutralizacije požara):

$$V_{RP} = V_{RPnasilje} = \text{broj istovremenih požara} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p(\text{stan.})} \text{ [m}^3\text{]} \quad (15)$$

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 = 72,00 \text{ m}^3$$

Volumen protupožarne rezerve vodospreme (sa neutralizacijom požara):

$$V_{RP} = V_{RPnasilje} = \text{broj istovremenih požara} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p(\text{stan.})} + \\ + \text{broj istovremenih požara} * 2 \text{ sata} * 3600 * q_{p(\text{stan.})}/2 \text{ [m}^3\text{]} \quad (16)$$

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * 5 = 108,00 \text{ m}^3$$

5.2.3. Sigurnosna rezerva kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Sigurnosna rezerva vodospreme potrebna je jer u slučaju prekida dotoka vode u vodospremu osigurava kontinuiranost opskrbe potrošača. Koristi se samo prilikom pojave incidentnih situacija da naselje ne ostane bez pitke vode. Postoje dva načina izračuna sigurnosne rezerve. Prvi način predviđa kako volumen sigurnosne rezerve vodne komore iznosi 25 % zbroja operativne i protupožarne rezerve bez neutralizacije požara, dok u drugom načinu taj volumen iznosi 10 % zbroja operativne i protupožarne rezerve vodne komore sa neutralizacijom požara.

Volumen sigurnosne rezerve vodospreme (bez neutralizacije požara):

$$V_{RS} = 0,25 * (V_{RO} + V_{RP(\text{bez neutralizacije})}) \text{ [m}^3\text{]} \quad (17)$$

$$V_{RS} = 0,25 * (595,00 + 72,00) = 166,75 \text{ m}^3$$

Volumen sigurnosne rezerve vodospreme (sa neutralizacijom požara):

$$V_{RS} = 0,10 * (V_{RO} + V_{RP(\text{sa neutralizacijom})}) \text{ [m}^3\text{]} \quad (18)$$

$$V_{RS} = 0,10 * (595,00 + 108,00) = 70,30 \text{ m}^3$$

5.2.4. Ukupni volumen vodospreme kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Ukupni volumen vodospreme V_{RU} sastoji se od operativne rezerve V_{RO} , protupožarne rezerve V_{RP} i sigurnosne rezerve V_{RS} . Računa se prema sljedećim izrazima:

– 1. način: $V_{RU} = V_{RO} + V_{RS} + V_{RP} = 1,25 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (bez neutralizacije)}) \text{ [m}^3\text{]} \text{ (19)}$

$$V_{RU} = 1,25 * (595,00 + 72,00) = 833,75 \text{ m}^3$$

– 2. način: $V_{RU} = V_{RO} + V_{RS} + V_{RP} = 1,10 * (V_{RO} + V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom)}) \text{ [m}^3\text{]} \text{ (20)}$

$$V_{RU} = 1,10 * (595,00 + 108,00) = 773,30 \text{ m}^3$$

Mjerodavni volumen vodospreme za gravitacijski dotok vode u vodnu komoru iznosi 833,75 m³. Usvaja se volumen vodne komore zapremnine 1000 m³.

5.3. Dotok vode u vodospremu crpljenjem

5.3.1. Operativna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem

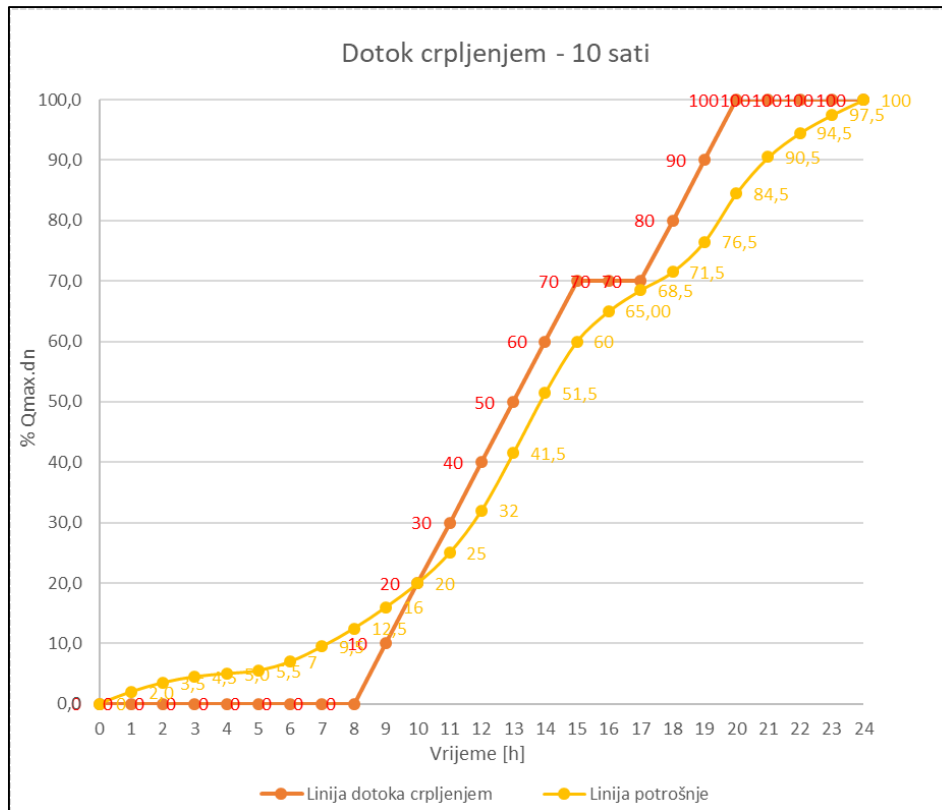
Operativna rezerva kod dotoka vode crpljenjem određuje se na isti način kao i za slučaj gravitacijskog dotoka vode u vodospremu. Režim dotoka ovisi o radu crpki koje potiskuju vodu 10 sati dnevno i to u periodu od 9 do 16 sati i od 18 do 21 sat kada je i satna potrošnja najveća.

U *Tablici 9.* prikazan je analitički proračun za dotok vode crpljenjem. Kako je crpljenje desetosatno tijekom dana, ono se dijeli sa ukupno 100% čime se dobije 10 % dotoka vode u odnosu na maksimalnu dnevnu količinu vode. Manjak i višak vode računaju se na isti način kao što je opisano u poglavlju sa gravitacijskim dotokom.

Tablica 9. Proračun operativne rezerve za dotok vode u vodospremu crpljenjem

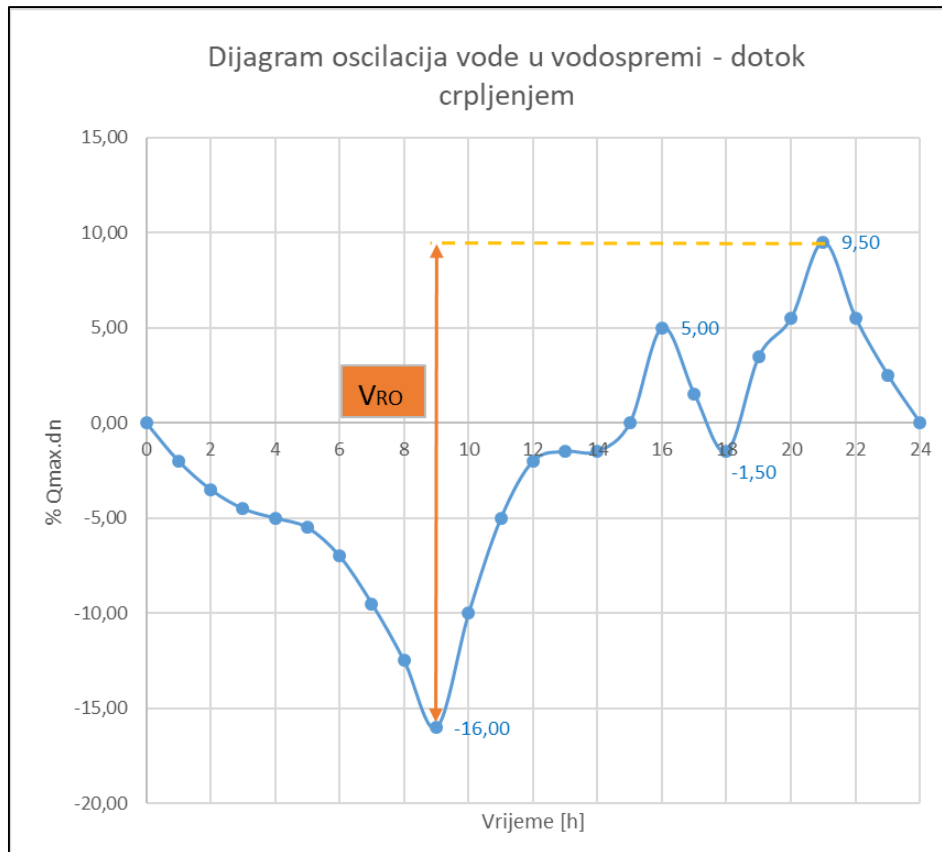
		DOTOK CRPLJENJEM Tc = 10 h			
Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	Dotok [%]	Manjak [%]	Višak [%]	Suma [%]
0 1	2,0	-	2,0	-	-2,0
1 2	1,5	-	1,5	-	-3,5
2 3	1,0	-	1,0	-	-4,5
3 4	0,5	-	0,5	-	-5,0
4 5	0,5	-	0,5	-	-5,5
5 6	1,5	-	1,5	-	-7,0
6 7	2,5	-	2,5	-	-9,5
7 8	3,0	-	3,0	-	-12,5
8 9	3,5	-	3,5	-	-16,0
9 10	4,0	10,0	-	6,0	-10,0
10 11	5,0	10,0	-	5,0	-5,0
11 12	7,0	10,0	-	3,0	-2,0
12 13	9,5	10,0	-	0,5	-1,5
13 14	10,0	10,0	0,0	0,0	-1,5
14 15	8,5	10,0	-	1,5	0,0
15 16	5,0	10,0	-	5,0	5,0
16 17	3,5	-	3,5	-	1,5
17 18	3,0	-	3,0	-	-1,5
18 19	5,0	10,0	-	5,0	3,5
19 20	8,0	10,0	-	2,0	5,5
20 21	6,0	10,0	-	4,0	9,5
21 22	4,0	-	4,0	-	5,5
22 23	3,0	-	3,0	-	2,5
23 24	2,5	-	2,5	-	0,0
24	100,0	100,0	32,00	32,00	

Također je napravljeno i grafoanalitičko rješenje koje je prikazano na *Slici 23*. Sa grafa je vidljivo kako u 9 sati postoji manjak vode u vodospremi koji iznosi 16 %. Tada započinje rad crpki koje pune vodnu komoru vodospreme idućih 7 sati, tj. do 16 sati. Tada se crpke isključuju te se ponovo pokreću u 18 sati te nastavljaju rad sve do 21 sata kada je u vodospremi i najveći višak vode koji iznosi 9,5% maksimalne dnevne potrošnje vode.



Slika 23: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Dijagram oscilacija razine vode u vodospremi prikazan je na *Slici 24.* te prikazuje da je u vremenu od 0 do 9 sati manjak vode koji je ujedno i minimum maksimalne dnevne potrošnje vode i iznosi 16 %. Crpke rade do 16 sati kada je u vodospremi višak od 5%. Kako crpke ne rade do 18 sati tada se ponovo uočava manjak od 1,5 %. Maksimum maksimalne dnevne potrošnje vode iznosi 9,5% i pojavljuje se u 21 sat kada crpke ponovo prestaju sa radom.



Slika 24: Dijagram oscilacija vode u vodospremi - dotok vode crpljenjem

Volumen operativne rezerve vodospreme računa se prema izrazu (14) i iznosi:

$$V_{RO} = \frac{16,0+9,5}{100} * 2408,925 = 614,28 \text{ m}^3$$

5.3.2. Protupožarna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Volumen protupožarne rezerve kod dotoka vode crpljenjem jednak je kao i kod gravitacijskog dotoka jer se proračun provodi na isti način.

Volumen protupožarne rezerve vodospreme (bez neutralizacije požara):

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 = 72,00 \text{ m}^3$$

Volumen protupožarne rezerve vodospreme (sa neutralizacijom požara):

$$V_{RP} = 1 * 2 * 3600 * 10 + 1 * 2 * 3600 * 5 = 108,00 \text{ m}^3$$

5.3.3. Sigurnosna rezerva kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Volumen sigurnosne rezerve prilikom dotoka vode u vodospremu crpljenjem provodi se

prema ranije opisanim izrazima (17) i (18).

Volumen sigurnosne rezerve vodospreme (bez neutralizacije požara):

$$V_{RS} = 0,25 * (614,28 + 72,00) = 171,57 \text{ m}^3$$

Volumen sigurnosne rezerve vodospreme (sa neutralizacijom požara):

$$V_{RS} = 0,10 * (614,28 + 108,00) = 72,23 \text{ m}^3$$

5.3.4. Ukupni volumen vodospreme kod dotoka vode u vodospremu crpljenjem

Zbroj operativne, protupožarne i sigurnosne rezerve dati će ukupan volumen vodospreme. Proračun se provodi prema izrazima (19) i (20).

- 1. način: $V_{RU} = 1,25 * (614,28 + 72,00) = 857,84 \text{ m}^3$
- 2. način: $V_{RU} = 1,10 * (614,28 + 108,00) = 794,50 \text{ m}^3$

Kao mjerodavni volumen vodne komore vodospreme uzima se veća vrijednost koja u ovom slučaju iznosi $857,84 \text{ m}^3$. Ukupni volumen vodne komore vodospreme za dotok vode crpljenjem se usvaja sa 1000 m^3 .

5.4. Ukupni volumen vodospreme

Nakon provedenog hidrauličkog proračuna vodne komore vodospreme za gravitacijski dotok i dotok vode crpljenjem potrebno je odabrati onaj mjerodavni koji predstavlja veću vrijednost dobivenih ukupnih volumena. Kako su i za jedan i za drugi slučaj dotoka dobivene slične vrijednosti te je u oba slučaja zapremina vodospreme usvojena sa 1000 m^3 , konačni volumen vodospreme iznosi 1000 m^3 .

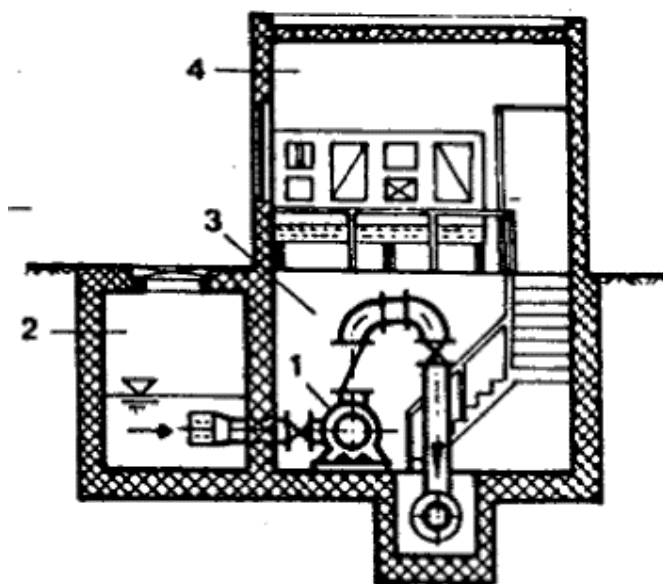
5.5. Volumen prekidne komore

Prekidna komora nalazi se na koti 60 mn.m. i služi za smanjenje radnih tlakova, koji bi bili preveliki kada komore ne bi bilo. Između vodospreme i prekidne komore nema potrošača te ne dolazi do gubitka vode. Zbog toga će volumen prekidne komore biti jednak volumenu vodospreme i iznositi će 1000 m^3 .

6. PRORAČUN CRPNE STANICE

6.1. Općenito o crpnoj stanici

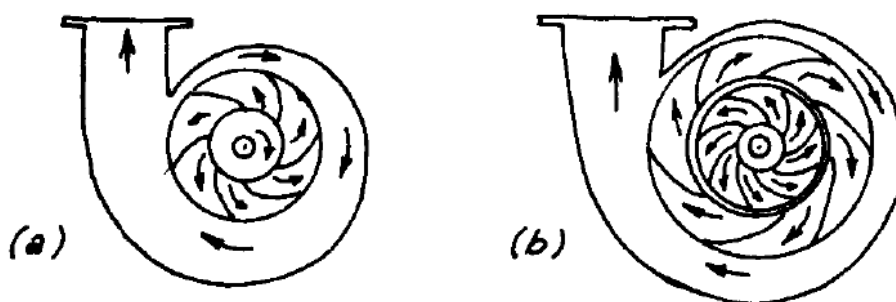
Crpna stanica (*Slika 25.*) je građevina s pripadajućom elektrostrojarskom opremom. Pomoću nje se voda crpi i potiskuje na tlačnu visinu potrebnu za osiguranje radnih tlakova na potrošačima u sustavu. Koristi se u slučaju kada izvorišna voda nema energetskog potencijala u odnosu na potrošače ili isti nije dovoljan. Mjesto postavljanja crpne stanice i način njezine izvedbe ovisiti će o položaju i kapacitetu vodozahvata, položaju vodoopskrbnog područja i vodospreme, ali i o mogućem proširenju samog sustava. Osnovni element crpne stanice je crpka (crpni agregat), a u pravilu, uz crpni spremnik, strojarnicu i komandnu prostoriju, crpne stanice sadrže i opremu za ublažavanje vodnog udara. Izgradnja crpne stanice veliki je investicijski trošak pri čemu je najskuplji dio opskrba crpki energijom, pa je važno da crpka ima visoki stupanj učinkovitosti te da je redovno održavana [24].



Slika 25: Crpna stanica s horizontalnom aksijalnom centrifugalnom crpkom suhe izvedbe
1 - crpka (crpni agregat); 2 - crpni spremnik; 3 - strojarnica; 4 - komandna prostorija [24]

Crpni agregat čini crpka i pogonski stroj (elektromotor) koji zajedno moraju osigurati odgovarajući kapacitet i visinu dizanja s dovoljno snage. Za potrebe vodoopskrbe najčešće se koriste centrifugalne crpke koje podižu relativno male količine vode na relativno velike visine (do 2000 m). Svaka centrifugalna crpka, bez obzira na kriterij podjele, sastoji se od radnog kola, kućišta i ispusne cijevi. Kućište pomaže u usmjeravanju vode na radno kolo

koje tjera crpljenu vodu u rotacijsko kretanje. Prema broju radnog kola centrifugalne crpke mogu biti jednostepene i višestepene (Slika 26.) [25].



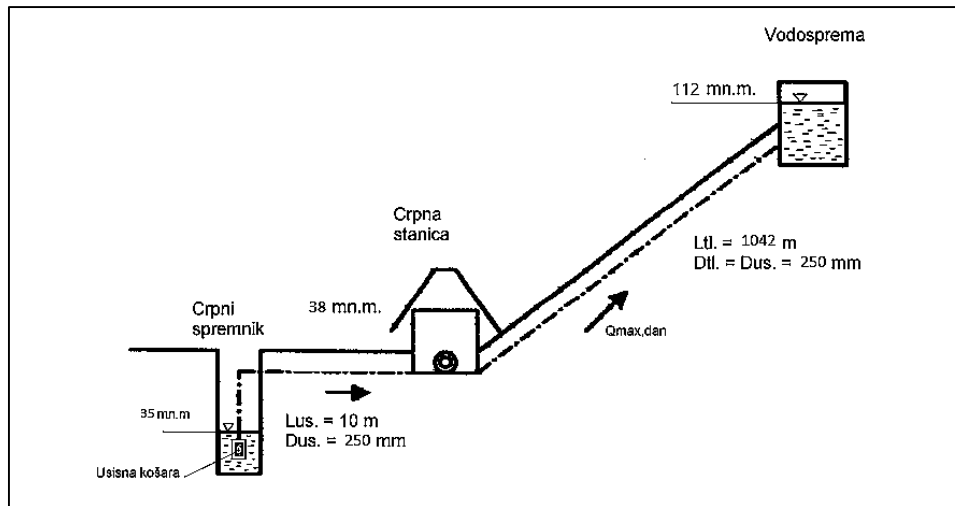
Slika 26: Jednostepena centrifugalna crpka sa (a) spiralnim i (b) difuzorskim kućištem [22]

Prostor za sakupljanje i retenciju vode koja se prepumpava naziva se crpni spremnik. Veličina spremnika ovisi o režimu rada crpki i dotoka, a nerijetko se izvodi više crpnih spremnika kako bi se omogućila revizija i popravci bez prekida rada crpki. U strojarnicu se smještaju crpni agregati, kontrolni instrumenti, krajevi usisnih cijevi i početak tlačnih cjevovoda s odgovarajućim fazonskim komadima i vodovodnom armaturom. Upravljanje crpnom stanicom je automatizirano i vrši se iz komandne prostorije u kojoj se nalazi sva potrebna oprema. Prilikom puštanja u rad ili pak prekida rada crpnog agregata kao i kod brzog zatvaranja cjevovoda moguće je očekivati vodni udar. Proračun vodnog udara vrši se kada je duljina tlačnog cjevovoda veća od 50 m, a visina dizanja veća od 20 m. Zaštita od vodnog udara moguća je ugradnjom povratnog ventila, obilaznog cjevovoda, zračnog kotla ili vodne komore [24].

Ukoliko je količina vode koja gravitacijskim putem dolazi u vodospremu nedovoljna, tada je rješenje ugradnja crpne stanice kako bi se zadovoljile potrebe potrošača u vodoopskrbnom sustavu. Proračun crpne stanice prikazan je u nastavku za tri različite varijante prilikom čega je mijenjana dispozicija crpne stanice.

6.2. Proračun crpne stanice za Varijantu 1

Crpna stanica u prvoj varijanti postavljena je na koti od 38 mn.m. te je udaljena 10 m od izvorišta na koti 35 mn.m. Crpna stanica prepumpava vodu tlačnim cjevovodom duljine 1042 m i promjera do glavne vodospreme Sv. Petar (112 mn.m.). Na Slici 27. dan je shematski prikaz potisnog sustava za Varijantu 1.



Slika 27: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 1

Proračun crpne stanice svodi se na definiranje snage elektromotora pomoću kojeg se voda crpi s niže kote na višu kotu procesom transmisije [24]. Najprije treba odrediti protok crpljenja vode pumpom $Q_{crp.}$, koji ovisi o ukupnoj maksimalnoj dnevnoj potrošnji vode ($Q_{uk.max.dn.}$) izračunatoj u *Potpoglavlju 3.2.4.*, te o vremenu crpljenja $T_{crp.}$, koje je određeno u *Potpoglavlju 5.3.* Protok crpke definiran je izrazom:

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{uk.max.dn.}}{T_{crp.}} \quad (21)$$

$$Q_{crp.} = \frac{2\,408\,925}{10 \cdot 3600} = 66,915 \text{ l/s} \approx 67 \text{ l/s} = 0,067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Osim protoka, za proračun snage elektromotora potrebno je odrediti manometarsku visinu dizanja vode $H_{man.}$, odnosno visinu koju crpka mora savladati da bi se voda mogla prepumpavati. Manometarska visina računa se prema sljedećem izrazu:

$$H_{man.} = H_{st.us.} + H_{st.tl.} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl.}^2}{2g} \quad (22)$$

gdje je:

$H_{st.us.}$ – statička usisna visina dizanja [m],

$H_{st.tl.}$ – statička tlačna visina dizanja [m],

$\Delta H_{us.}$ – suma hidrauličkih gubitaka zbog tečenja vode kroz usisnu cijev [m],

$\Delta H_{tl.}$ – suma hidrauličkih gubitaka zbog tečenja vode kroz tlačnu cijev [m],

$v_{tl.}$ – brzina vode u tlačnom cjevovodu [m/s] i

g – ubrzanje polja sile teže [m/s²] [24].

Statička usisna visina dizanja jednaka je visinskoj razlici vode između crpne stanice i crpnog spremnika i iznosi:

$$H_{st.us.} = 38 - 35 = 3 \text{ m}$$

Statička tlačna visina dizanja jednaka je visinskoj razlici vode između vodospreme i crpne stanice i iznosi:

$$H_{st.tl.} = 112 - 38 = 74 \text{ m}$$

Hidraulički gubici (linijski i lokalni) u usisnoj cijevi definirani su izrazom:

$$\Delta H_{us.} = \Delta h_{lin.us.} + \sum \Delta h_{lok.us.} \quad (23)$$

Proširivanje izraza (23) hidraulički gubici usisne cijevi glase:

$$\Delta H_{us.} = \lambda_{us.} * \frac{L_{us.}}{D_{us.}} * \frac{v_{us.}^2}{2g} + \xi_{uk} * \frac{v_{us.}^2}{2g} + \xi_{zk} * \frac{v_{us.}^2}{2g} = \frac{v_{us.}^2}{2g} * (\lambda_{us.} * \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk} + \xi_{zk}) \quad (24)$$

gdje je:

$\lambda_{us.}$ – koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi [/],

ξ_{uk} – koeficijent lokalnog gubitka usisne košare, $\xi_{uk} = 3$ [/],

ξ_{zk} – koeficijent lokalnog gubitka zaobljenog koljena, $\xi_{zk} = 0,2$ [/],

$v_{us.}$ – brzina vode u usisnom cjevovodu [m/s],

$L_{us.}$ – duljina usisnog cjevovoda [m] i

$D_{us.}$ – unutarnji promjer usisnog cjevovoda [mm] [24].

Kako bi odredili hidrauličke gubitke u usisnom cjevovodu potrebno je izračunati brzinu vode koja teče kroz usisnu cijev v_{us} prema izrazu:

$$v_{us.} = \frac{Q_{crp.}}{A} \quad (25)$$

gdje je $Q_{crp.}$ protok crpljenja vode pumpom, a A je površina poprečnog presjeka usisnog cjevovoda i određuje se prema izrazu:

$$A = \frac{\pi * D_{us.}^2}{4} \quad (26)$$

Promjer usisne i tlačne cijevi pretpostavlja se, uz uvjet da dobivena brzina vode u usisnom cjevovodu $v_{us.}$, dobivena izrazom (25), bude u intervalu između 1 i 2 m/s tako da zadovoljava za proračunati protok crpljenja $Q_{crp.}$. Pretpostavljeni promjer usisnog cjevovoda $D_{us.}$ iznosi 250 mm, pa brzina vode u usisnoj cijevi prema izrazu (25) i (26) iznosi:

$$v_{us.} = \frac{4 \cdot 0,067}{0,25^2 \cdot \pi} = 1,36 \text{ m/s}$$

Nakon određivanja brzine vode potrebno je odrediti vrijednost koeficijenta otpora trenja u usisnoj cijevi $\lambda_{us.}$ koji se može očitati iz Moodyevog dijagrama ili izračunati preko formule Jaina i Swameea koja vrijedi za $Re > 5000$:

$$\lambda_{us.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} \quad (27)$$

gdje je:

ε – apsolutna hrapavost cijevi [mm],

Re – Reynoldsov broj [/], koji se računa prema formuli (28):

$$Re = \frac{v_{us.} \cdot D_{us.}}{\nu} \quad (28)$$

pri čemu je:

ν – kinematički koeficijent viskoznosti fluida pri temperaturi $T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ iznosi $1,308 \cdot 10^{-6}$ [m²/s].

Uvrštavanjem poznatih vrijednosti u izraz (28) dobije se Reynoldsov broj:

$$Re = \frac{1,36 \cdot 0,25}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 260\,877,80$$

Vrijednost Reynoldsovog broja veća je od 2320 što znači da je strujanje kroz cijev turbulentno. Apsolutna hrapavost cijevi ε očitana je iz *Tablice 10.* za ljevanoželjezne cijevi i iznosi $\varepsilon = 0,1$ mm.

Tablica 10. Apsolutna hrapavost cijevi obzirom na vrstu cijevi [18]

Vrsta cijevi	Apsolutna hrapavost ε [mm]
Ljevanoželjezne	0,1 - 0,4
Čelične	0,04 - 0,05
Azbestcementne	0,03 - 0,05
Armiranobetonske	0,04 - 0,25
Plastične	0,007 - 0,01

U konačnici, prema izrazu (27) koeficijent otpora trenja iznosi:

$$\lambda_{us.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,1}{3,7 \cdot 250} + \frac{5,74}{260 \cdot 877,80^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,01793$$

Hidraulički gubici usisne cijevi prema izrazu (24) iznose:

$$\Delta H_{us.} = \frac{v_{us.}^2}{2g} * (\lambda_{us.} * \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk} + \xi_{zk}) = \frac{1,36^2}{2 * 9,81} \left(0,01793 * \frac{10}{0,25} + 3 + 0,2\right) = 0,37 \text{ m}$$

Tlačni cjevovod istog je promjera kao usisni, a protok je stalan pa vrijedi jednadžba kontinuiteta. Stoga su brzine i koeficijenti otpora trenja jednaki u oba cjevovoda:

$$D_{tl.} = D_{us.} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{tl.} = v_{us.} = 1,363 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{tl.} = \lambda_{us.} = 0,01793.$$

Hidraulički gubici u tlačnom cjevovodu definirani su izrazom (29) pri čemu se lokalni gubici zanemaruju zbog velike duljine tlačnog cjevovoda i nepostojanja značajnijih horizontalnih i vertikalnih lomova na trasi:

$$\Delta H_{tl.} = \lambda_{tl.} * \frac{L_{tl.}}{D_{tl.}} * \frac{v_{tl.}^2}{2g} \quad (29)$$

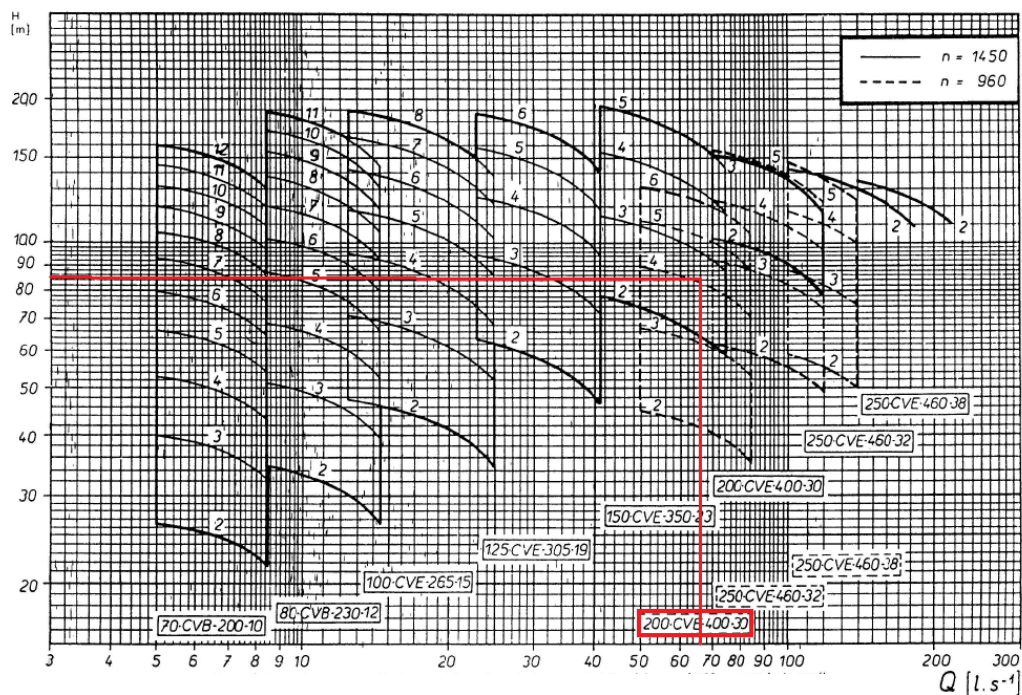
$$\Delta H_{tl.} = 0,01793 * \frac{1042}{0,25} * \frac{1,36^2}{2 * 9,81} = 7,10 \text{ m}$$

Manometarska visina definirana izrazom (22) u konačnici iznosi:

$$\begin{aligned} H_{man.} &= H_{st.us.} + H_{st.tl.} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl.}^2}{2g} = 3 + 74 + 0,37 + 7,10 + \frac{1,36^2}{2 * 9,81} = \\ &= 84,5 \text{ m} \approx 85 \text{ m} \end{aligned}$$

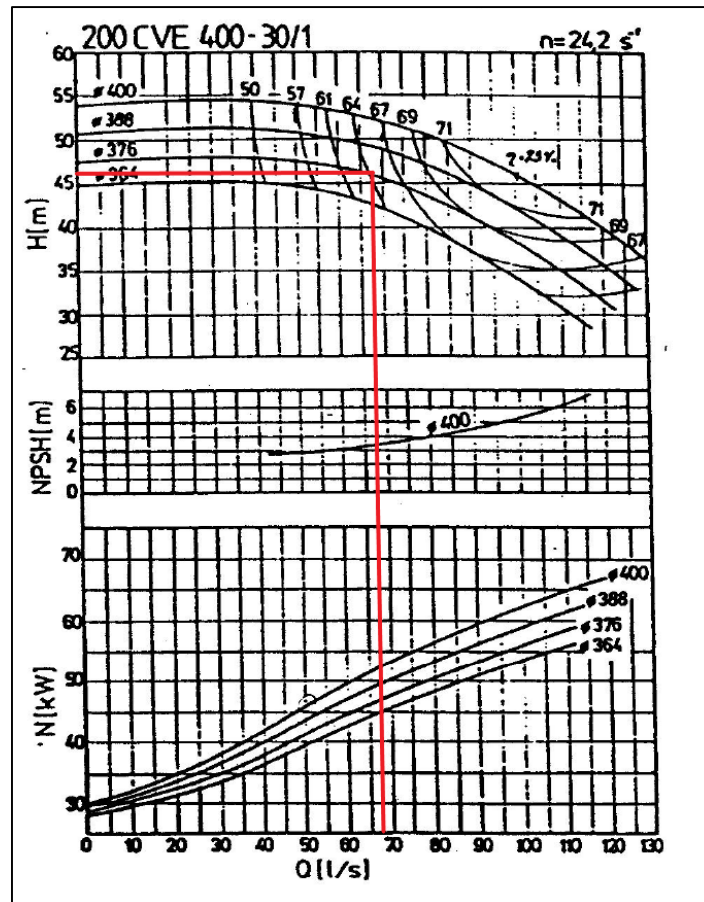
Ulazni parametri za određivanja tipa crpke su protok $Q_{crp.} = 67 \text{ l/s}$ i manometarska visina dizanja vode $H_{man.} = 85 \text{ m}$.

Izbor tipa crpki određuje se iz kataloga proizvođača na temelju zahtijevanih karakteristika crpki (npr. Grundfos) ili preko dijagrama u ovisnosti protoka crpljenja i manometarske visine što je prikazano na *Slici 28*.



Slika 28: Q-H dijagram za odabir tipa crpki – Varijanta 1 [24]

Za prvu varijantu potisnog sustava odabire se crpka 200 CVE 400-30/1, s promjerom rotora $\phi 376 \text{ mm}$, čiji broj okretaja rotora iznosi $24,2 \text{ s}^{-1}$. Koeficijent učinkovitosti pumpe iznosi $\eta_{crp.}$ iznosi 0,64. Maksimalna visina dizanja ovog tipa crpke iznosi 47,5 m, a za protok od 67 l/s maksimalna visina dizanja iznosi 46,5 m, što znači da je na dionici potrebno serijski spojiti dvije crpke ($85 \text{ m} / 46,5 \text{ m} = 1,83 \approx 2$) od kojih svaka diže 46,5 m. Uz to je potrebno postaviti rezervne crpke, istih karakteristika kao glavne, u slučaju da dođe do kvara glavnih crpki. Ukupno je potrebno $(1 + 1(\text{rezervna})) * 2 = 4$ crpke. Dakle, jedna crpka može dizati protok od 67 l/s na visinu od 46,5 m (*Slika 29*).



Slika 29: Nomogram crpke 200 CVE 400-30/1 - Varijanta 1 [24]

Prethodni proračun proveden je kako bi se odredila snaga crpki i elektromotora, odnosno instalirana snaga crpke koja uključuje i 15% rezervne snage. Teoretska snaga crpke određuje se pomoću sljedećeg izraza:

$$P_{i,crpke} = \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man}}{\eta} \quad [kW] \quad (30)$$

pri čemu je η koeficijent učinkovitosti (iskoristivosti) crpke određen prema nomogramu na Slici 29.

Instalirana snaga svih crpki uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 85}{0,64} = 100,39 \text{ kW}$$

Instalirana snaga za pojedinačnu crpku uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 46,5}{0,64} = 54,92 \text{ kW}$$

Za kraj ostaje odrediti instaliranu snagu elektromotora prema izrazu:

$$P_{i,elektromotora} = \frac{P_{i,crpke}}{\eta_{el.mot.}} \text{ [kW]} \quad (31)$$

gdje je $\eta_{el.mot.}$ koeficijent učinkovitosti (iskoristivosti) elektromotora, $\eta_{el.mot.} = 0,85$.

Instalirana snaga svih elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

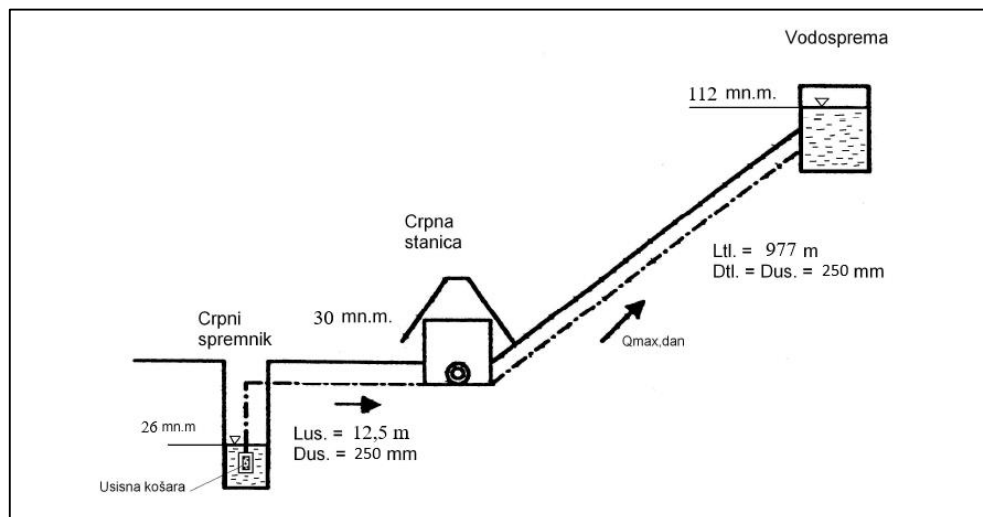
$$P_{i,elektromotora} = \frac{100,39}{0,85} = 118,10 \text{ kW}$$

Instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

$$P_{i,elektromotora} = \frac{54,92}{0,85} = 64,61 \text{ kW}$$

6.3. Proračun crpne stanice za Varijantu 2

U drugoj varijanti crpna stanica smještena je na koti od 30 mn.m. i udaljena je 12,5 m od crpnog spremnika koji se nalazi na koti 26 mn.m. Crpna stanica potiskuje vodu do vodospreme (112 mn.m.) tlačnim cjevovodom duljine 977 m i promjera cijevi ϕ 250 mm. Na *Slici 30.* prikazan je shematski prikaz položaja crpnog spremnika, stanice i vodospreme.



Slika 30: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 2

Proračun crpne stanice proveden je na isti način kao i za Varijantu 1.

Protok crpke definiran je izrazom (21) i iznosi:

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{uk.max.dn.}}{T_{crp.}} = \frac{2\,408\,925}{10 \cdot 3600} = 66,915 \text{ l/s} \approx 67 \text{ l/s} = 0,067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Manometarska visina računa se prema izrazu (22), te je potrebno izračunati sve parametre koji definiraju manometarsku visinu. Statička usisna i tlačna visina dizanja za drugu dispoziciju crpne stanice iznose:

$$H_{st.us.} = 30 - 26 = 4 \text{ m}$$

$$H_{st.tl.} = 112 - 30 = 82 \text{ m}$$

Brzina vode u usisnoj i tlačnoj cijevi biti će jednaka kao u Varijanti 1 jer se količina crpljene vode i promjer cijevi nije mijenjao. Stoga, brzina u cijevima prema izrazu (25) iznosi:

$$v_{us.} = v_{tl.} = \frac{Q_{crp.}}{A} = \frac{4 \cdot 0,067}{0,25^2 \cdot \pi} = 1,36 \text{ m/s}$$

Također, Reynoldsov broj i vrijednost koeficijenta otpora trenja u usisnoj i tlačnoj cijevi ostaju nepromijenjeni u odnosu na Varijantu 1:

$$Re = \frac{v_{us.} \cdot D_{us.}}{\nu} = \frac{1,36 \cdot 0,25}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 260\,877,80$$

$$\lambda_{us.} = \lambda_{tl.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,1}{3,7 \cdot 250} + \frac{5,74}{260\,877,80^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,01793$$

Hidraulički gubici usisne cijevi prema izrazu (24) iznose:

$$\Delta H_{us.} = \frac{v_{us.}^2}{2g} \cdot \left(\lambda_{us.} \cdot \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk} + \xi_{zk}\right) = \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,01793 \cdot \frac{12,5}{0,25} + 3 + 0,2\right) = 0,39 \text{ m}$$

Hidraulički gubici u tlačnom cjevovodu definirani su izrazom (29) iznose:

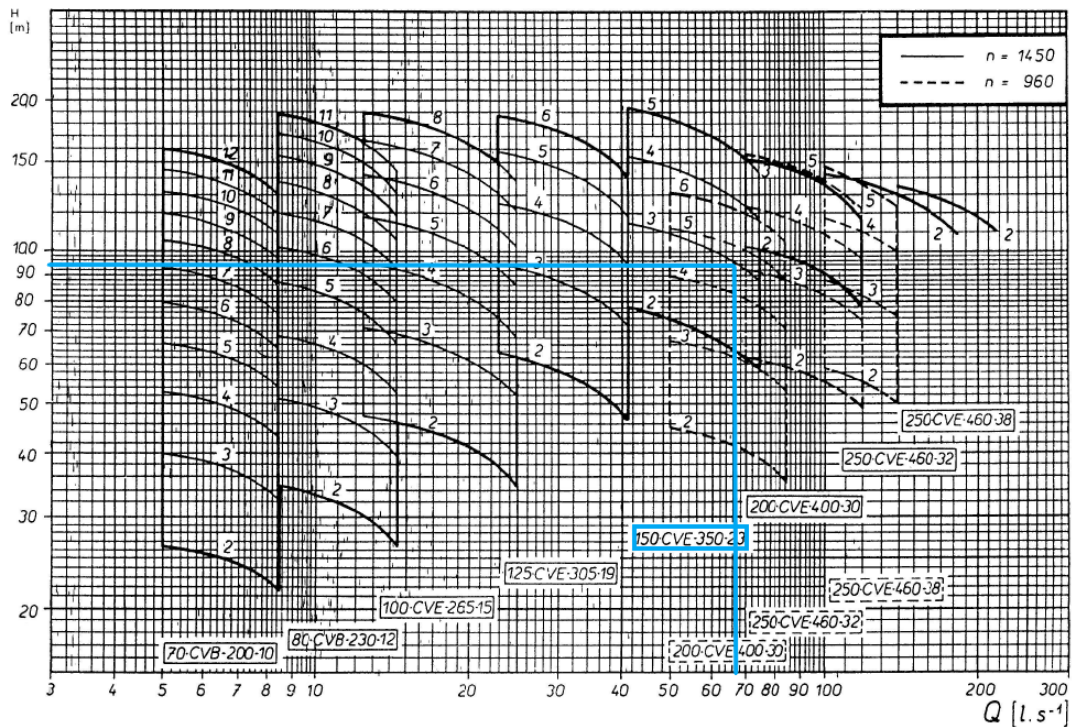
$$\Delta H_{tl.} = \lambda_{tl.} \cdot \frac{L_{tl.}}{D_{tl.}} \cdot \frac{v_{tl.}^2}{2g} = 0,01793 \cdot \frac{977}{0,25} \cdot \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} = 6,65 \text{ m}$$

U konačnici, manometarska visina dizanja vode iznosi:

$$\begin{aligned} H_{man.} &= H_{st.us.} + H_{st.tl.} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl.}^2}{2g} = 4 + 82 + 0,39 + 6,65 + \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} = \\ &= 93,11 \text{ m} \approx 94 \text{ m} \end{aligned}$$

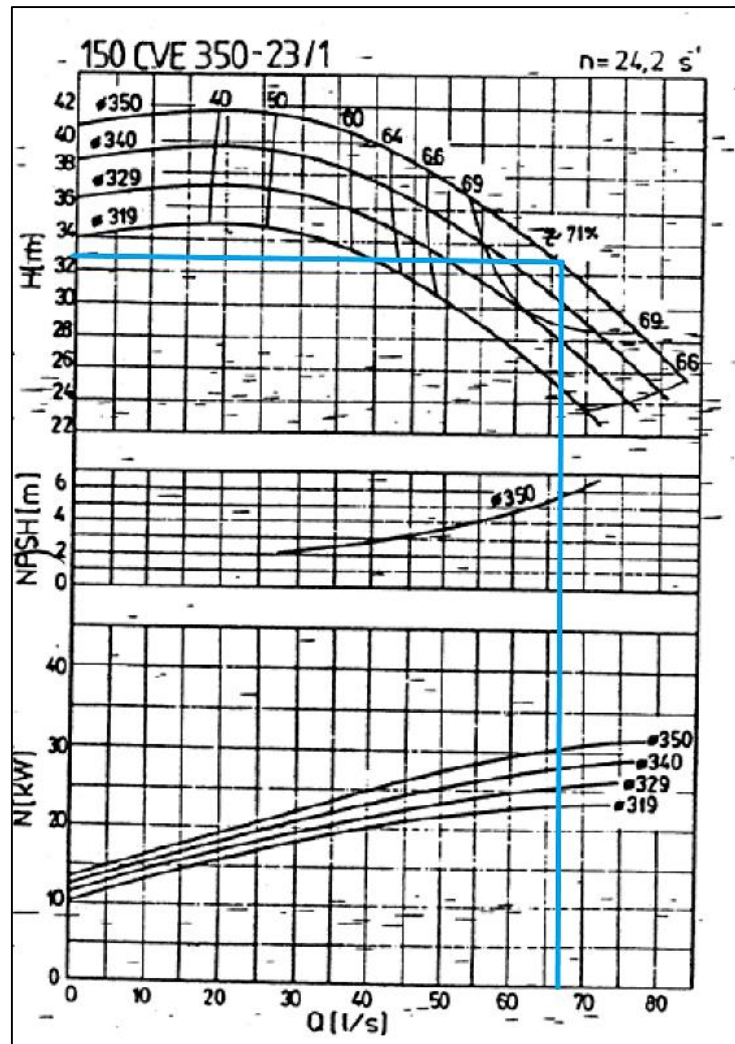
Ulazni parametri za određivanja tipa crpke druge varijante su protok $Q_{crp.} = 67 \text{ l/s}$ i manometarska visina dizanja vode $H_{man.} = 94 \text{ m}$.

Tip crpke određen je iz dijagrama u ovisnosti protoka crpljenja i manometarske visine što je prikazano na *Slici 31*.



Slika 31: Q-H dijagram za odabir tipa crpke – Varijanta 2 [24]

Odabrana je crpka 150 CVE 350-23/1 promjera rotora ϕ 350 mm čiji broj okretaja iznosi $n = 24,2 \text{ s}^{-1}$. Koeficijent učinkovitosti pumpe $\eta_{crp.}$ je 0,71. Maksimalna visina dizanja ovog tipa crpke iznosi 40,5 m, a za protok od 67 l/s maksimalna visina dizanja iznosi 33 m, što znači da je na dionici potrebno serijski spojiti tri crpke ($94 \text{ m} / 33 \text{ m} = 2,85 \approx 3$) od kojih svaka diže 33 m. Uz to je potrebno postaviti rezervne crpke, istih karakteristika kao glavne, u slučaju da dođe do kvara crpki. Ukupno je potrebno $(1 + 1(\text{rezervna})) * 3 = 6$ crpki. Dakle, jedna crpka može dizati protok od 67 l/s na visinu od 33 m (Slika 32.).



Slika 32: Nomogram crpke 150 CVE 350-12/1 - Varijanta 2 [24]

Instalirana snaga svih crpki uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man}}{\eta} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 94}{0,71} = 100,07 \text{ kW}$$

Instalirana snaga za pojedinačnu crpku uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 33}{0,71} = 35,13 \text{ kW}$$

Instalirana snaga svih elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

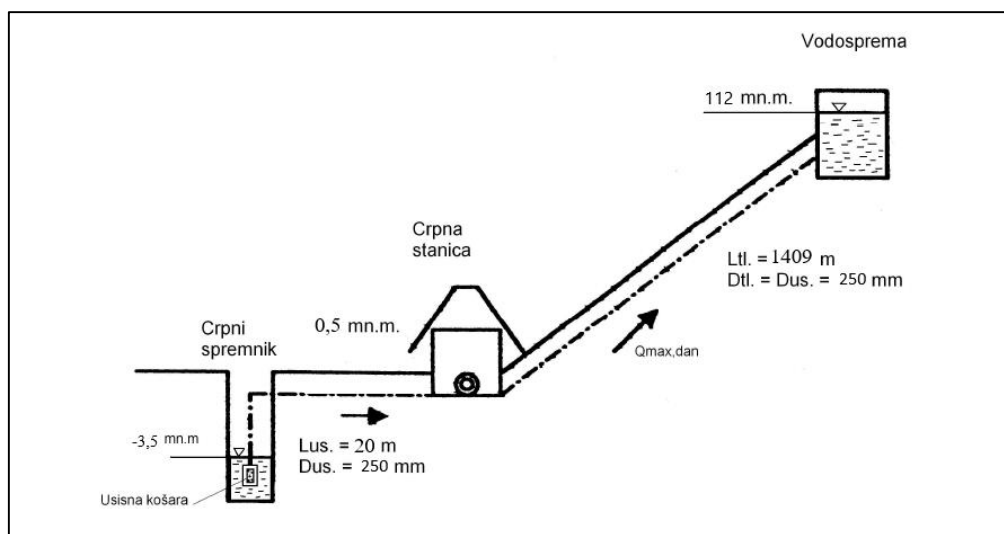
$$P_{i,elektromotora} = \frac{P_{i,crpke}}{\eta_{el.mot.}} = \frac{100,07}{0,85} = 117,73 \text{ kW}$$

Instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

$$P_{i,elektromotora} = \frac{P_{i,crpke}}{\eta_{el.mot.}} = \frac{35,13}{0,85} = 41,33 \text{ kW}$$

6.4. Proračun crpne stanice za Varijantu 3

Crpna stanica Varijante 3 smještena je na koti od 0,5 mn.m. i udaljena je 20 m od crpnog spremnika koji se nalazi na koti -3,5 m ispod razine mora. Crpna stanica potiskuje vodu do vodospreme (112 mn.m.) tlačnim cjevovodom duljine 1409 m i promjera cijevi ϕ 250 mm. Na Slici 33. prikazan je shematski prikaz položaja crpnog spremnika, stanice i vodospreme.



Slika 33: Shematski prikaz potisnog sustava - Varijanta 3

Proračun crpne stanice proveden je na isti način kao i za Varijantu 1 i Varijantu 2.

Protok crpke definiran izrazom (21) iznosi:

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{uk.max.dn.}}{T_{crp.}} = \frac{2\,408\,925}{10 \cdot 3600} = 66,915 \text{ l/s} \approx 67 \text{ l/s} = 0,067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Manometarska visina računa se pomoću izraza (22). Statička usisna i tlačna visina dizanja za treću dispoziciju crpne stanice iznose:

$$H_{st.us.} = 0,5 + 3,5 = 4 \text{ m}$$

$$H_{st.tl.} = 112 - 0,5 = 111,5 \text{ m}$$

Brzina vode u usisnoj i tlačnoj cijevi biti će jednaka kao u Varijanti 1 i Varijanti 2 jer je količina crpljene vode i promjer cijevi identičan kao u prethodnim proračunima. Brzina u usisnom i tlačnom cjevovodu prema izrazu (25) iznosi:

$$v_{us.} = v_{tl.} = \frac{Q_{crp.}}{A} = \frac{4 \cdot 0,067}{0,25^2 \cdot \pi} = 1,36 \text{ m/s}$$

Uz to, Reynoldsov broj i vrijednost koeficijenta otpora trenja u usisnoj i tlačnoj cijevi ostaju nepromijenjeni u odnosu na prethodne Varijante:

$$Re = \frac{v_{us.} \cdot D_{us.}}{\nu} = \frac{1,36 \cdot 0,25}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 260\,877,80$$

$$\lambda_{us.} = \lambda_{tl.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right)^2} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,1}{3,7 \cdot 250} + \frac{5,74}{260\,877,80^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,01793$$

Hidraulički gubici usisne cijevi prema izrazu (24) iznose:

$$\Delta H_{us.} = \frac{v_{us.}^2}{2g} \cdot \left(\lambda_{us.} \cdot \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk} + \xi_{zk}\right) = \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} \left(0,01793 \cdot \frac{20}{0,25} + 3 + 0,2\right) = 0,44 \text{ m}$$

Hidraulički gubici u tlačnom cjevovodu definirani izrazom (29) iznose:

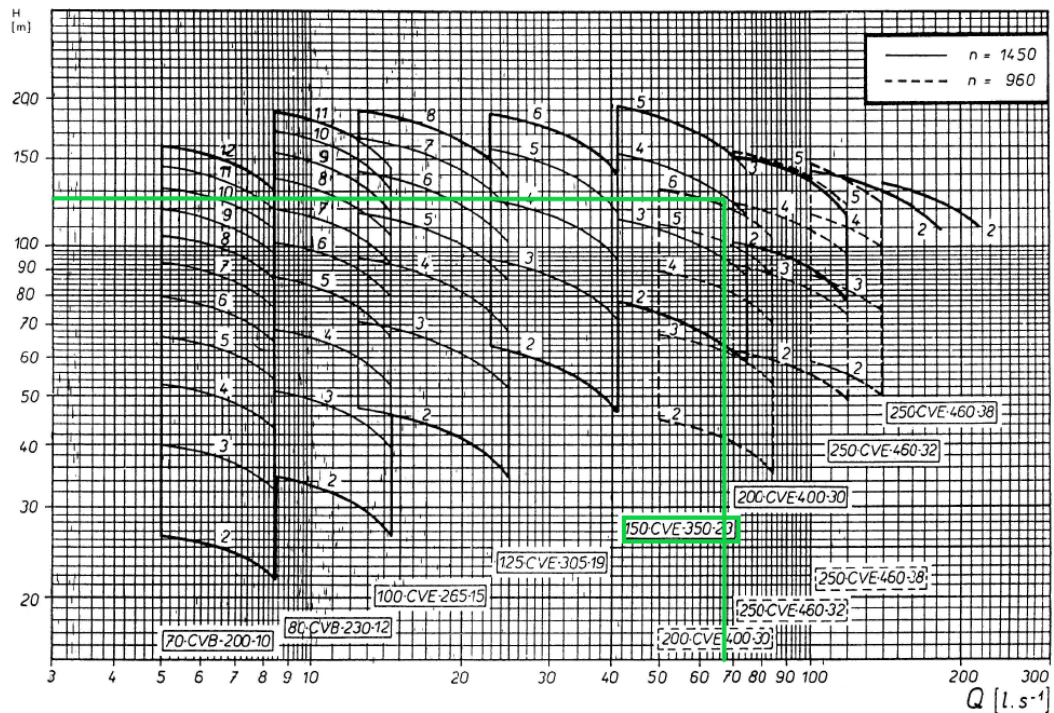
$$\Delta H_{tl.} = \lambda_{tl.} \cdot \frac{L_{tl.}}{D_{tl.}} \cdot \frac{v_{tl.}^2}{2g} = 0,01793 \cdot \frac{1409}{0,25} \cdot \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} = 9,59 \text{ m}$$

Zaključno, manometarska visina dizanja vode iznosi:

$$\begin{aligned} H_{man.} &= H_{st.us.} + H_{st.tl.} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl.}^2}{2g} = 4 + 111,5 + 0,44 + 9,59 + \frac{1,36^2}{2 \cdot 9,81} = \\ &= 125,60 \text{ m} \approx 126 \text{ m} \end{aligned}$$

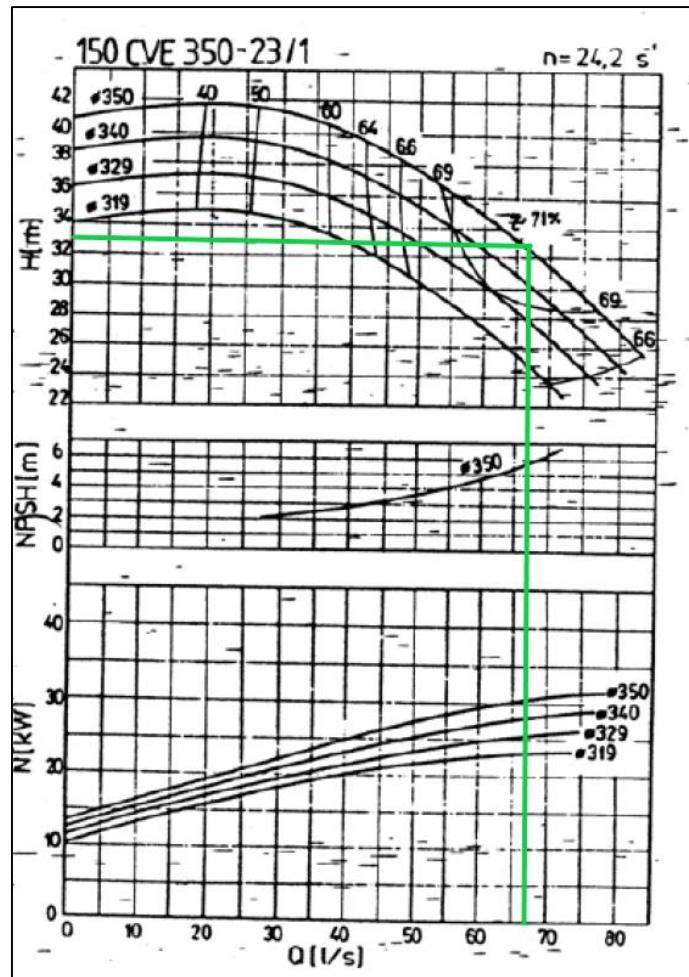
Ulazni parametri za određivanja tipa crpke druge varijante su protok $Q_{crp.} = 67 \text{ l/s}$ i manometarska visina dizanja vode $H_{man.} = 126 \text{ m}$.

Tip crpke određen je iz dijagrama u ovisnosti protoka crpljenja i manometarske visine kako je prikazano na *Slici 34*.



Slika 34: Q-H dijagram za odabir tipa crpke - Varijanta 3 [24]

Odabrana je crpka 150 CVE 350-23/1 promjera rotora ϕ 350 mm čiji broj okretaja iznosi $n = 24,2 \text{ s}^{-1}$. Koeficijent učinkovitosti pumpe $\eta_{crp.}$ je 0,71. Maksimalna visina dizanja ovog tipa crpke iznosi 40,5 m, a za protok od 67 l/s maksimalna visina dizanja iznosi 33 m, što znači da je na dionici potrebno serijski spojiti četiri crpke ($126 \text{ m} / 33 \text{ m} = 3,82 \approx 4$) od kojih svaka diže 33 m. Uz to je potrebno postaviti rezervne crpke, istih karakteristika kao glavne, u slučaju da dođe do kvara crpki. Ukupno je potrebno $(1 + 1(\text{rezervna})) * 4 = 8$ crpki. Dakle, jedna crpka može dizati protok od 67 l/s na visinu od 33 m (Slika 35.).



Slika 35: Nomogram crpke 150 CVE 350-12/1 - Varijanta 3 [24]

Instalirana snaga svih crpki uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man}}{\eta} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 126}{0,71} = 134,14 \text{ kW}$$

Instalirana snaga za pojedinačnu crpku uz 15 % rezerve prema izrazu (30) iznosi:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,067 * 33}{0,71} = 35,13 \text{ kW}$$

Instalirana snaga svih elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

$$P_{i,elektromotora} = \frac{P_{i,crpke}}{\eta_{el.mot.}} = \frac{134,14}{0,85} = 157,81 \text{ kW}$$

Instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15 % rezerve prema izrazu (31) iznosi:

$$P_{i,elektromotora} = \frac{P_{i,crpke}}{\eta_{el.mot.}} = \frac{35,13}{0,85} = 41,33 \text{ kW}$$

7. TRASIRANJE CJEVOVODA

Prilikom trasiranja cjevovoda potrebno je sagledati sve aspekte kako bi u konačnici projektirani sustav zadovoljio potrebe potrošača, ali i ekonomske faktore u vidu ekonomičnosti izgradnje, pogona i održavanja. Optimalno rješenje trasiranja cjevovoda moguće je dobiti iskustvom i znanjem projektanta, a poželjno je napraviti i nekoliko varijanti trase cjevovoda u idejnom projektu. Prilikom projektiranja potrebno je voditi računa o sigurnoj opskrbi vodom, minimalnim i maksimalnim padovima, kvaliteti cijevnog materijala te mogućem preklapanju vodoopskrbne mreže sa drugom infrastrukturom. Polaganje cjevovoda provodi se na javnim površinama najčešće ispod postojećih ili budućih prometnih infrastruktura kako bi se omogućilo što lakše priključenje postojećih i budućih stambenih i turističkih objekata. Nastoji se izvesti što kraće dionice cjevovoda kako bi se troškovi izgradnje smanjili. No valja imati na umu kako je prilikom trasiranja važno poznavati visinu terena, pa je prije svega potrebna kvalitetna geodetska podloga temeljem koje se može planirati vodoopskrbni sustav. Svaki zahvat u prostoru, pa tako i izgradnja vodoopskrbnog sustava mora biti u skladu s dokumentima prostornog uređenja, posebnim propisima i lokacijskom dozvolom ako zakonom nije drugačije određeno.

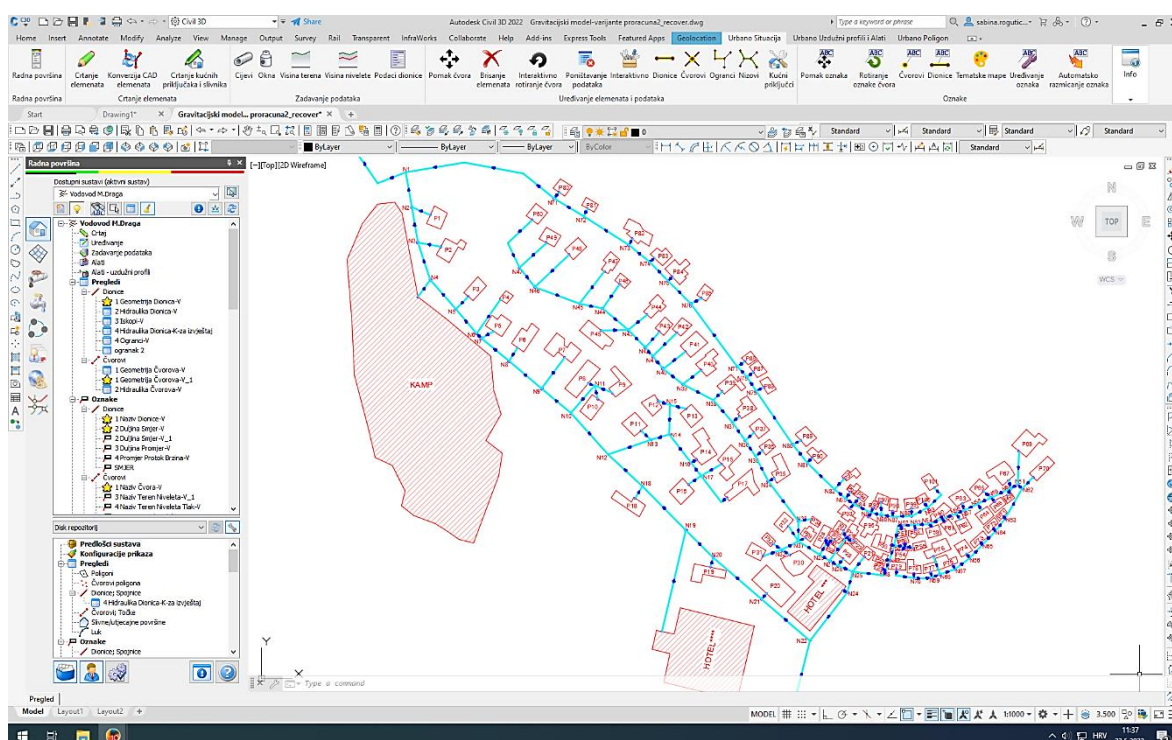
Situacija vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga prikazana je na digitalnoj ortofotokarti (DOF) i bez nje u mjerilu 1:2500 (*Prilog 2. – 9.*). Na situacijskim prikazima označeni su čvorovi, potrošači, položaj vodospreme i prekidne komore, izvorište, hidranti i crpne stanice. Osim na situaciji, vodoopskrbna mreža prikazana je uzdužnim profilom glavnog cjevovoda u mjerilu 1:500/300 (*Prilog 10.*). U tabličnom prikazu uzdužnog presjeka nalaze se podaci o stacionažama, visini terena i nivelete, dubini nivelete, visini i dubini dna rova, duljini i padu dionica, materijalu i promjeru cijevi te horizontalnim i vertikalnim kutovima. Izrađen je i karakteristični poprečni presjek rova u mjerilu 1: 25 (*Prilog 11.*) kao i montažni plan čvorova N1 i N25 u mjerilu 1:10 (*Prilog 12. i 13.*). Shema okna N20 u mjerilu 1:50 prikazana je u *Prilogu 14.*, a plan iskolčenja prikazan je za glavni cjevovod od prekidne komore do krajnjeg potrošača u mjerilu 1:2000 (*Prilog 15.*).

8. URBANO HYDRA RAČUNALNI PROGRAM

8.1. Općenito o Urbano Hydra računalnom programu

Urbano je profesionalni softver za projektiranje, proračun i analizu oborinskih i sanitarnih kanalizacijskih sustava (gravitacijskih, tlačnih i vakumskih), vodovoda, plinovoda i drugih infrastrukturnih cijevnih sustava [25]. Softver razvija hrvatska tvrtka StudioARS d.o.o. koja se bavi primjenom informatičke tehnologije u graditeljstvu već 30 godina. Osim u Hrvatskoj softver se koristi u cijeloj srednjoj i istočnoj Europi, a u zadnjih nekoliko godina i u drugim dijelovima svijeta u više od deset jezičnih verzija. Urbano je prilagođen hrvatskom standardu projektiranja i važećim propisima koji su implementirani unutar softvera. Program radi unutar AutoCAD-a, ali je omogućena komunikacija s velikim brojem formata podataka poput IFC datoteke.

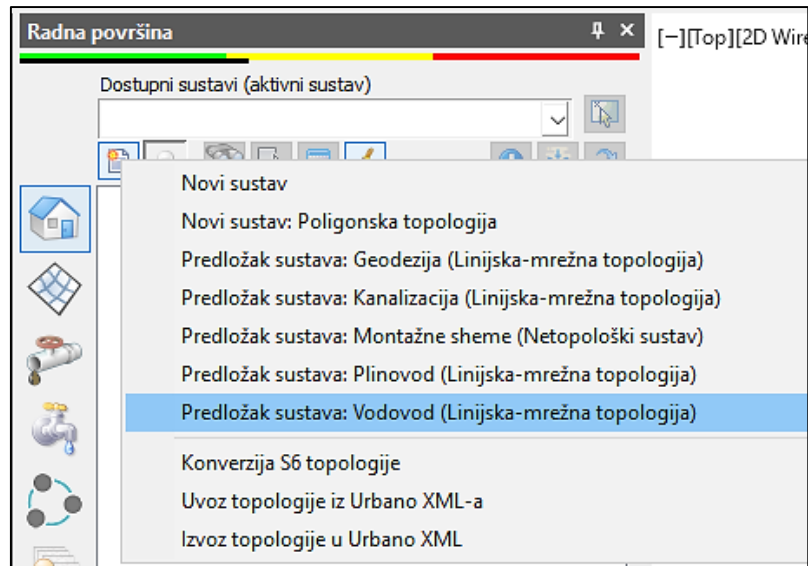
Urbano Hydra 10.3 računalni je program za projektiranje vodovoda u svim fazama projektiranja. Koristi se za projektiranje vodovodne mreže u situaciji i uzdužnim profilima, zadavanje potreba za vodom i postavljanje hidrauličke opreme potrebne za hidraulički proračun. U Urbanu Hydri je moguće napraviti trenutni proračun hidrauličkih parametara ili kompletnu vremensku analizu temeljenu na EPANET-ovom proračunskom modelu koji je ugrađen u Urbano Hydri [25]. Moguće je napraviti i izvoz mreže u inp. datoteku pa raditi složene hidrauličke analize u EPANET-u ili nekom drugom softveru za modeliranje (npr. WaterCad V8i programu tvrtke Bentley). Također je omogućen i uvoz rezultata hidrauličke analize natrag u Urbano Hydra program kako bi se rezultati mogli lakše interpretirati. Program je baziran na dinamičkom modelu što znači da se svaka promjena u situaciji ili uzdužnim profilima automatski ažurira u modelu. Urbano Hydra omogućuje brzo zadavanje visine terena i nivelete, promjera i materijala cijevi, okana za reviziju te jednostavno crtanje uzdužnih profila sa automatskim prikazom svih potrebnih hidrauličkih parametara, poprečnih presjeka rovova kao i montažnih shema čvorova. Uz to, unutar softvera nalazi se mnoštvo kataloga cijevi, okana, rovova cijevi, a omogućeno je dodavanje i vlastitog kataloga po želji. Osim računalnog programa Urbano Hydra, StudioARS razvija i Urbano Canalis, softver za projektiranje gravitacijskih, tlačnih i vakumskih kanalizacijskih sustava, te Urbano Gasnet, softver za projektiranje plinovoda. Kroz ovo poglavlje detaljno će biti objašnjene funkcije korištene za izradu vodovodne mreže u Urbanu Hydri 10.3 računalnom programu.




Slika 36: Sučelje računalnog programa Urbano Hydra 10.3

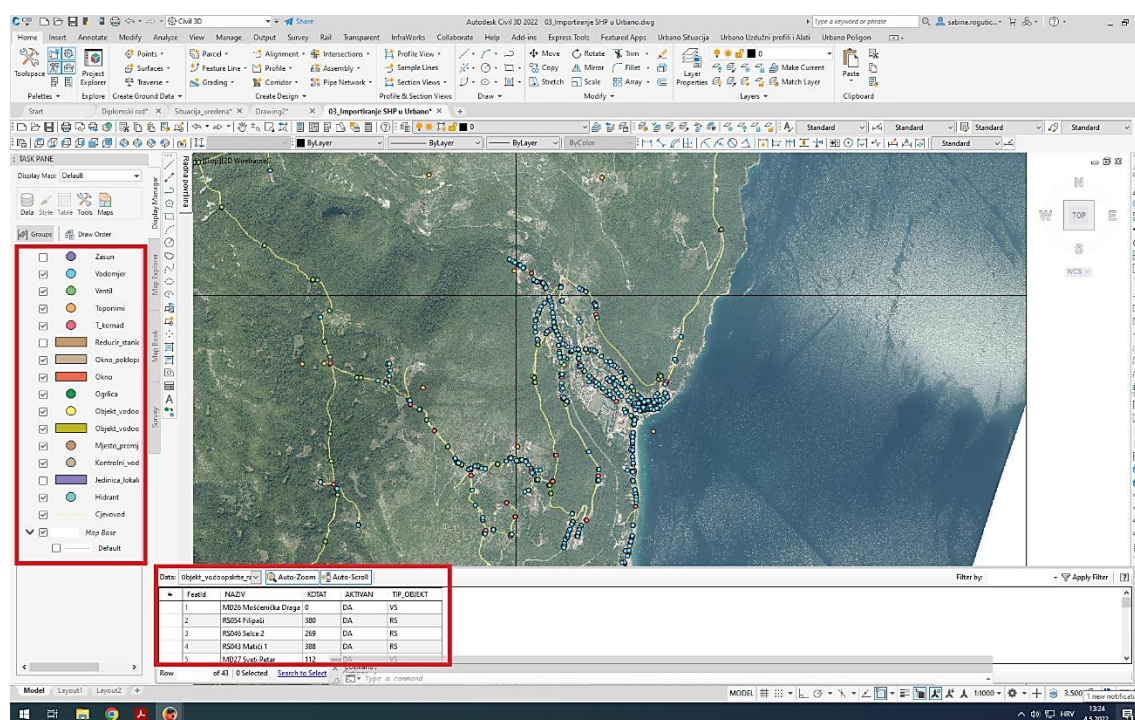
8.2. Postavljanje vodoopskrbne mreže u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Model vodoopskrbne mreže za naselje Mošćenička Draga kreiran je u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu. Uz ovu opciju, moguće je uvesti mrežu iz AutoCAD programa te izvršiti konverziju postojećih CAD elemenata (linija, 2D ili 3D polilinja) koristeći funkciju „Konverzija CAD elemenata“. Mrežu je također moguće uvesti iz WaterCAD V8i (WaterGEMS) računalnog programa tako da se model prenese u EPANET.inp datoteku, a zatim se, naredbom „ARS_IMPORT_INP“ u komadnoj liniji Urbano Hydra programa, otvara prozor „Uvoz iz INP datoteke“ gdje se pod opciju „Datoteka“ učita prethodno spremljeni inp. format modela. Za potrebe diplomskog rada, GIS podloge vodoopskrbnog sustava općine Mošćenička Draga ustupilo je komunalno poduzeće „Liburnijske vode“, te je iste bilo potrebno uvesti u program AutoCAD Civil 3D kako bi postojeće vodovode bilo moguće vidjeti u projektu. Moguće ih je uvesti i u Urbano Hydra program ako je to potrebno. Podloge su dane kao shape datoteke (.shp) i DOF karte (.tif i .tfw), a AutoCAD Civil 3D i Urbano podržavaju uvoz takvih datoteka. Najprije je potrebno otvoriti novi Urbano predložak, odnosno „Predložak sustava: Vodovod (Linijaska-mrežna topologija)“ (Slika 37).



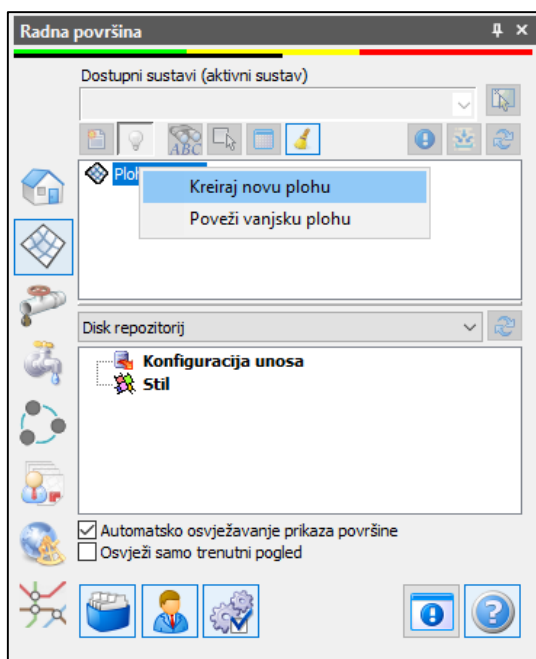
Slika 37: Kreiranje predloška za vodovod u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Ikoni „“ na *Radnoj površini* naziva „*Drawing manager*“ potrebno je otvoriti te kliknuti na „*Nova konfiguracija*“, a potom imenovati po želji. Zatim se otvaraju .tif datoteke i premještaju u prozor „*Naziv crteža*“ te prikazuju pomoću ikone „*Iscrtaj vanjski crtež*“. Sada su u radnom prozoru vidljive digitalne ortofotokarte zadanog područja. Kako bi na kartama bilo moguće prikazati cjevovod, vodospremu i sve ostale elemente vodoopskrbnog sustava potrebno je uvesti shape datoteke. Za predpregled, najbolje ih je najprije učitati u MAP, koji je dio programa Civil 3D za učitavanje podataka iz vanjskih izvora. Upisuje se naredba „*Mapspace*“ i klikom na „*ON*“ otvara se okvir naziva „*Task pane*“ i prikazuju se elementi vodoopskrbe na crtežu, ali i u tabličnom prikazu. Zatim se shape datoteke (.shp) povlače u radni prozor te se na DOF kartama prikazu svi elementi koji se mogu upaliti, ugasiti ili markirati na kartama (Slika 38.). Nakon početnog pregleda i upoznavanja s geometrijom i elementima postojeće mreže moguće je nastaviti sa uvozom shape datoteka u Urbano (ukoliko je to potrebno).



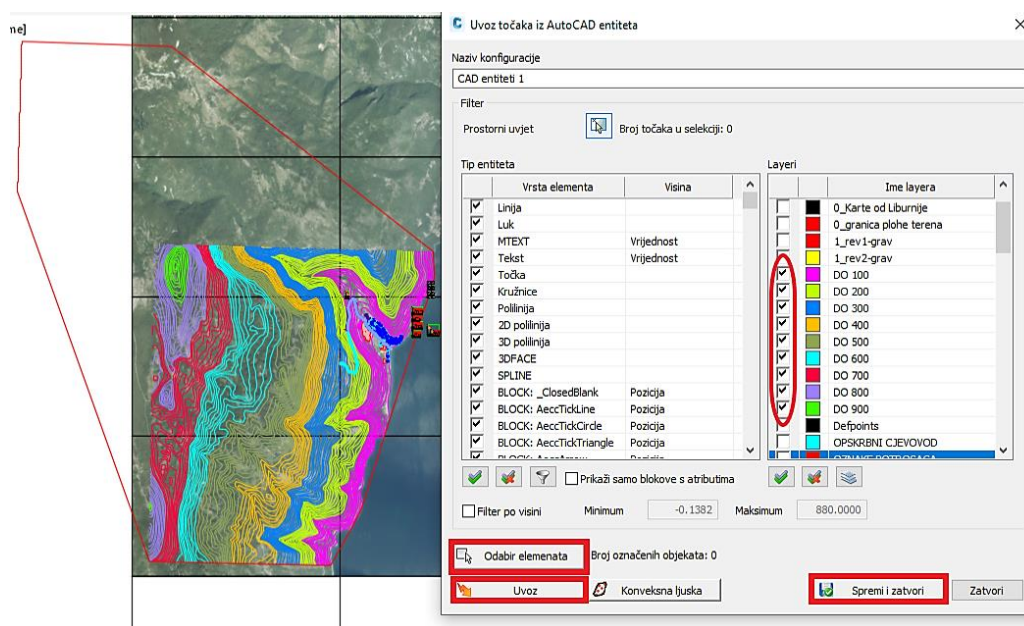
Slika 38: Shape datoteke i DOF karte uvezene u računalni program Civil 3D (MAP)

Nakon uvoza shape datoteka potrebno je kreirati plohu terena. U *Radnoj površini* potrebno je otvoriti ikonu „DTM-Terraform“ i desnim klikom na „Plohe terena“ odabrati opciju „Kreiraj novu plohu“ koja se imenuje po želji (Slika 39).



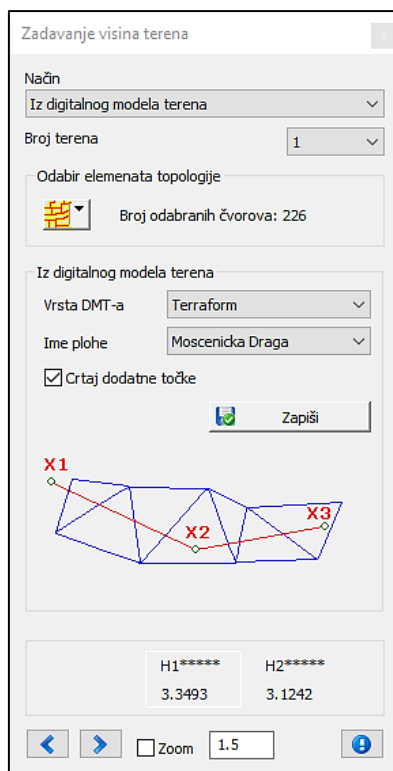
Slika 39: Kreiranje plohe terena u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Zatim se nudi mogućnosti za unos točaka, prikaz plohe, uređivanje i alati te je najprije potrebno odabrati opciju „Unos točaka – Import: CAD entiteti“ nakon čega se pojavljuje dijalog koji nudi filtriranje elemenata i layera koji čine izvor podataka za plohu terena. Za Mošćeničku Dragu iscrtane su slojnice terena te su označeni samo layeri na kojima se slojnice nalaze, a AutoCAD-ovom selekcijom su odabrane u crtežu (Slika 40.). Klikom na tipku „Uvoz“ program uzima odabrane elemente te izrađuje plohu terena, odnosno triangulaciju. Granica plohe terena vidljiva je na crtežu kao zatvoreni poligon crvene boje. Dvostrukim klikom na „Prikaz plohe – Stil“ prikazati će se triangulacija koju je program kreirao.



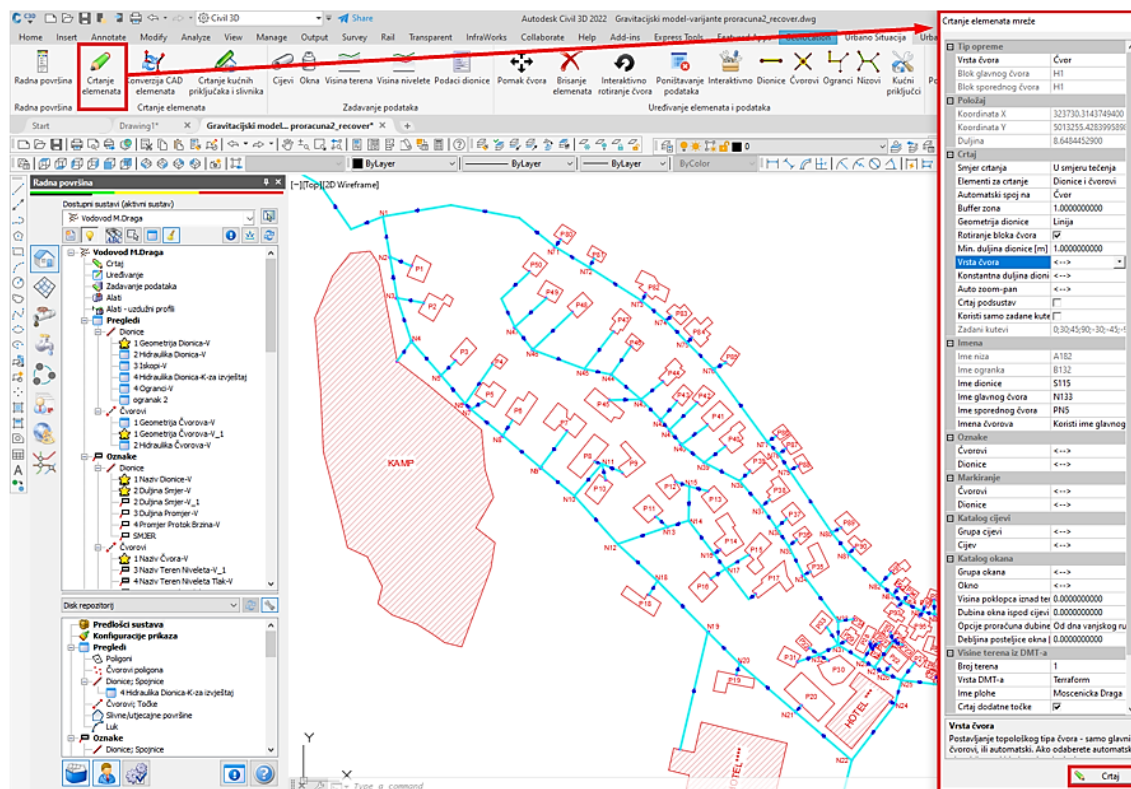
Slika 40: Uvoz točaka iz AutoCAD entiteta

Visina terena zadaje se pomoću naredbe na Urbano ribbonu „Visina terena“ (Slika 41.). Odabrano je zadavanje visine terena iz prethodno kreiranog digitalnog modela terena te referentni teren pod brojem 1. Odabran je cijeli aktivni sustav te naredbom „Zapiši“ vrijednosti visine terena ostaju sačuvane.



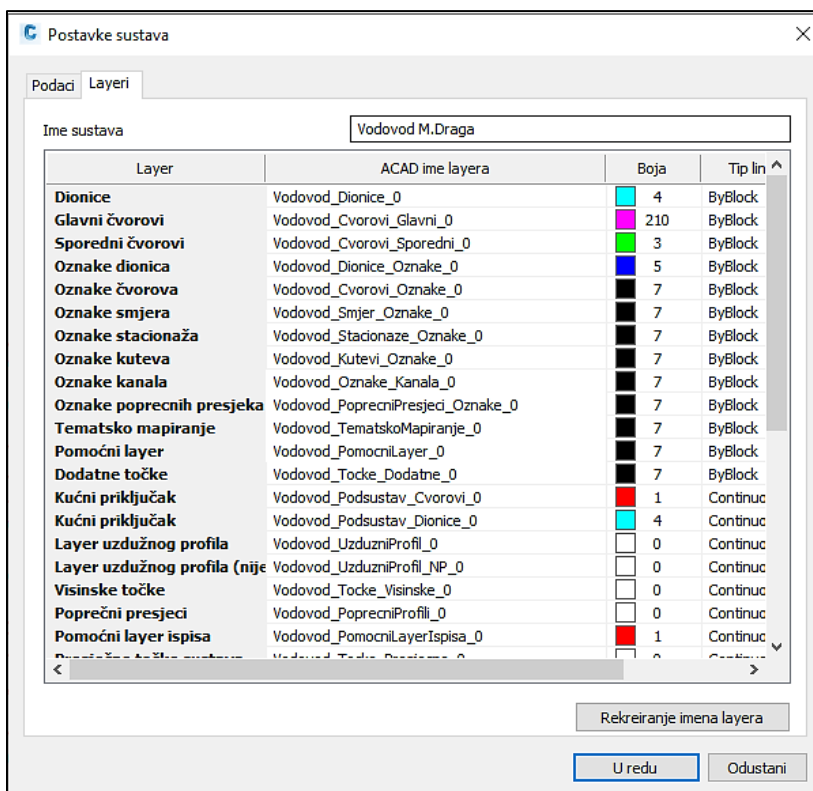
Slika 41: Zadavanje visine terena unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Kada su uvezene shape datoteke i kreirana je digitalna ploha terena može se započeti sa izradom vodovodne mreže. Za naselje Mošćenička Draga iscrtan je cjevovod preko postojećih linija uvezenih iz shape datoteka pomoću naredbe „Crtanje elemenata“ prilikom čega se otvara prozor „Crtanje elemenata mreže“ unutar kojeg je moguće odabrati razne opcije za crtanje mreže (Slika 42.). Postavke za crtanje predložene su te je moguće odmah započeti crtanje ili podesiti postavke ovisno o vlastitim željama i potrebama.





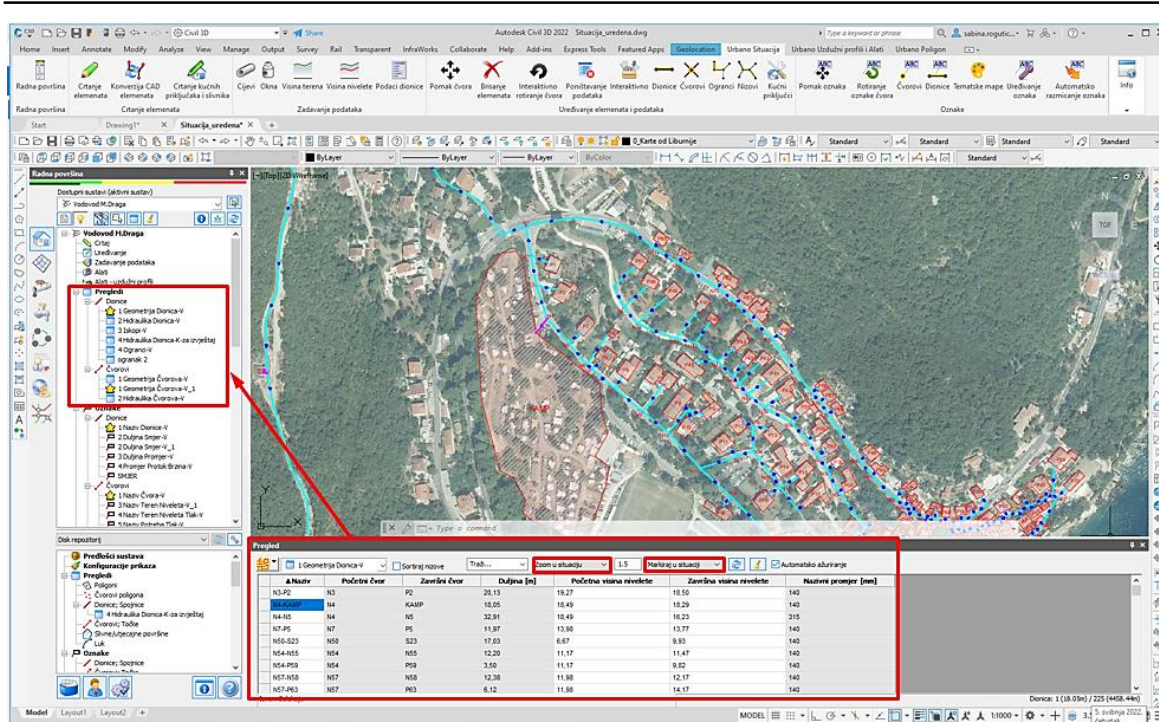
Slika 42: Postavke naredbe za crtanje elemenata unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Nakon namještanja postavki crtanja započelo je crtanje od vodospreme do krajnjih potrošača kada naredba završava tipkom *Enter*. Prilikom crtanja pojavljuje se prateći prozor koji prikazuje informacije o mjestu budućeg čvora. Oko nacrtanog čvora pojavljuje se prozirni žuti krug koji predstavlja *Buffer zonu*, odnosno prostor oko čvora unutar kojeg se ne može nacrtati novi čvor, a čiju je vrijednost moguće smanjivati ili povećavati unutar postavki za *Crtanje elemenata mreže*. Važno je naglasiti kako se elementi nacrtani u Urbanu uređuju, brišu i pomiču isključivo naredbama koje nudi Urbano, a dostupne su unutar *Radne površine*, na *Urbano Ribbonima* te u komandnoj liniji ako ih se započne sa „ARS_“. Također treba napomenuti da prilikom odabira predložka sustava Urbano kreira oko 30 layera koji se ne smiju uklanjati, ali im se može mijenjati boja, tip i debljina (Slika 43.).



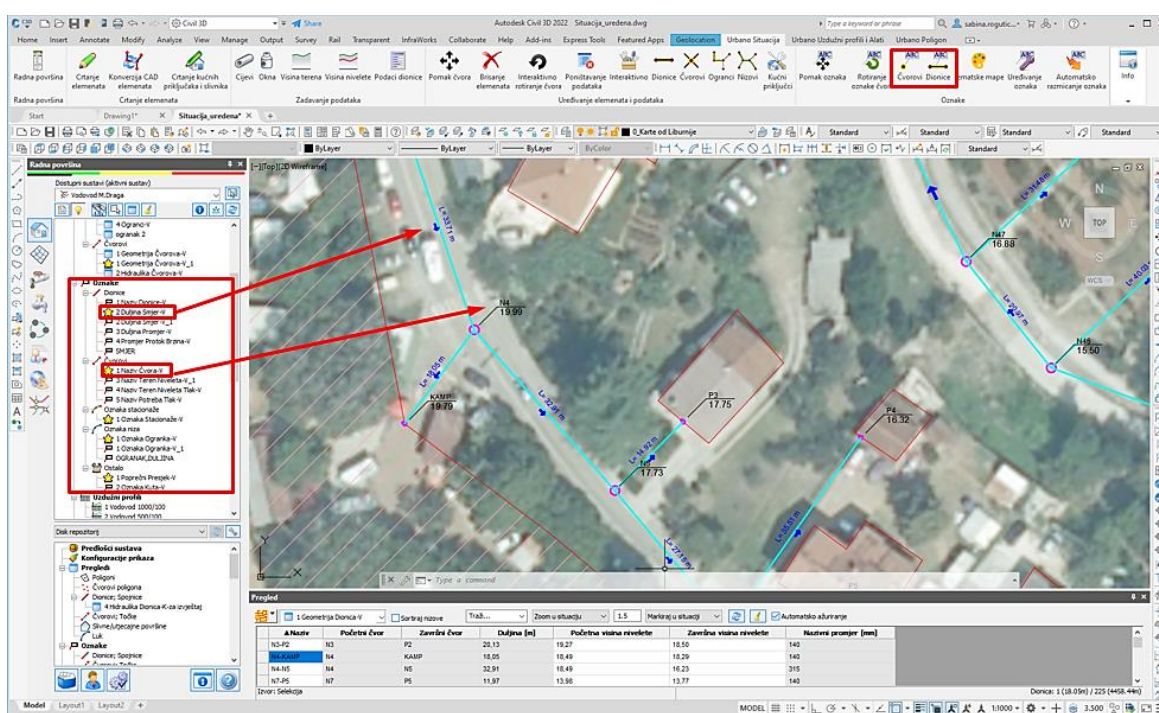
Slika 43: Urbano layeri kreirani unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Nacrane elemente mreže moguće je tablično pregledati klikom na ikonu tablice „“ nakon čega se na dnu ekrana pojavi dinamična tablica naziva „Pregledi“ (Slika 44.). Unutar nje moguće je mijenjati određene podatke, točnije one koji se nalaze u bijelim poljima, dok siva polja sadrže podatke koje nije moguće mijenjati kroz ovu funkciju. Moguće je odabrati konfiguraciju tablice, pa tako u tablici može biti prikazana geometrija čvorova i dionica, hidraulika dionica, količine iskopa, ali i razne druge informacije koje je moguće uređivati po vlastitim kriterijima. Opcije „Zoom u situaciju“ i „Markiraj u situaciji“ pomažu pri lakšem uočavanju pojedinih elemenata mreže, odnosno one elemente koji su trenutno odabrani u tablici program će u situaciji markirati ružičastom privremenom grafikom. Privremenu grafiku može se obrisati klikom na ikonu „“ ili naredbom „REGEN“ u AutoCAD-u.



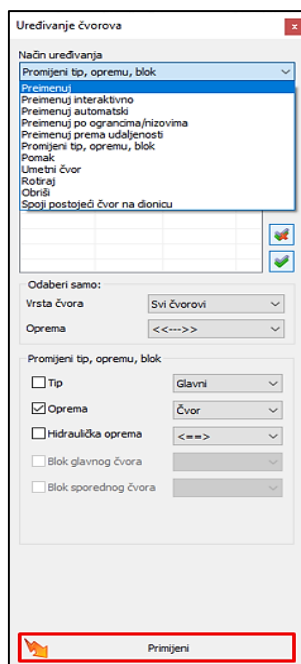
Slika 44: Tablica "Pregledi" u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Elemente mreže označavamo na crtežu tako da unutar *Radne površine* odaberemo pod opcijom „Oznake“ odgovarajuću oznaku koja će se prikazati na crtežu. Desnim klikom na neku od ponuđenih oznaka i odabirom „Uredi“ pojavljuje se prozor „Uređivanje oznaka dionica“ unutar kojeg je moguće uređivati, brisati i dodavati podatke koji će se prikazati na crtežu. Na isti je način moguće urediti oznake čvorova, stacionaža, niza ili bilo kojeg elementa crteža. Ikona zvijezdice „★“ označava oznake koje su postavljene kao zadane i kojima će se automatski označiti elementi ukoliko se na *Urbano Ribbonu* pod karticom „Oznake“ klikne na „Čvorovi“ i „Dionice“ (Slika 45.). Ukoliko dođe do preklapanja oznaka na crtežu pomoću *Ribbon* naredbe „Pomak oznaka“ može se pomaknuti neka od oznaka. Postoji i druga opcija, odnosno „Automatsko razmicanje oznaka“ kada program automatski pomiče oznake ovisno o broju iteracija i kutu rotacije koji se upiše unutar novootvorenog prozora.



Slika 45: Označavanje elemenata mreže na crtežu unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Osnovni Urbano elementi su čvorovi i dionice, a prilikom crtanja dolazi do stvaranja nizova i ogranaka kako bi se korisniku olakšao odabir elemenata mreže. Unutar *Urbano Ribbona* opcija „Uređivanje elemenata i podataka“ nudi mogućnost uređivanja prethodno nabrojanih elemenata. Odabirom na ikonu „Čvorovi“ pruža se mogućnost preimenovanja, promjene tipa ili opreme čvora te pomicanja, rotiranja ili brisanja čvora (Slika 46.).



Slika 46: Uređivanje čvorova u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Čvorovi (*eng. nodes*) su preimenovani i označeni prefiksom *N* (N1 do N89). Urbano prilikom crtanja mreže ne prepoznaje mjesta horizontalnih lomova trase cjevovoda već ih označava kao čvorove. Stoga je primijenjena opcija uređivanja prilikom čega su horizontalni lomovi trase postali „*Nevidljivi čvorovi*“ i kao takvi se ne označavaju na situacijskom prikazu ni u uzdužnom profilu. Nevidljivi čvorovi označeni su različitim prefiksima ovisno o tome između kojih čvorova se nalaze i biti će vidljivi tijekom tabličnog prikaza geometrije čvorova i dionica kao i u rezultatima hidrauličkog proračuna. Potrošači unutar vodoopskrbne mreže, odnosno stanovništvo i turisti u privatnom smještaju označeni su prefiksom *P* (P1 do P101), dok su turisti smješteni u kampu i hotelima označeni prema imenu smještaja (KAMP, HOTEL***, HOTEL****, HOTEL1***** i HOTEL2*****) (*Slika 47.*).

Naziv	X koor.	Y koor.	Visina terena [m]	Vrsta čvora
N2	323366,20	5013643,22	22,14	Čvor
N3	323371,22	5013613,24	20,77	Čvor
N4	323382,06	5013581,32	19,99	Čvor
N5	323403,71	5013556,54	17,73	Čvor
N6	323421,15	5013535,72	15,88	Čvor
P4	323441,64	5013564,72	16,32	Zračni ventil

Slika 47: Oznake čvorova i potrošača u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Dionice (*eng. sections*) su također preimenovane i označavane na način „*ime početnog čvora* – *ime završnog čvora*“ (Slika 48.).


Naziv	Početni čvor	Završni čvor	Duljina [m]	Početna visina nivelete	Završna visina nivelete	Nazivni promjer [mm]
N16-N17	N16	N17	13,85	8,50	8,50	140
N61-P69	N61	P69	28,71	9,78	18,38	140
N85-P95	N85	P95	4,43	13,70	12,14	140
N84-P93	N84	P93	4,98	12,63	10,28	140
N6-N7	N6	N7	5,79	14,38	13,98	315
N6-P4	N6	P4	35,51	14,38	14,82	140
N2-N3	N2	N3	30,40	20,64	19,27	315
N2-P1	N2	P1	17,02	20,64	18,99	140

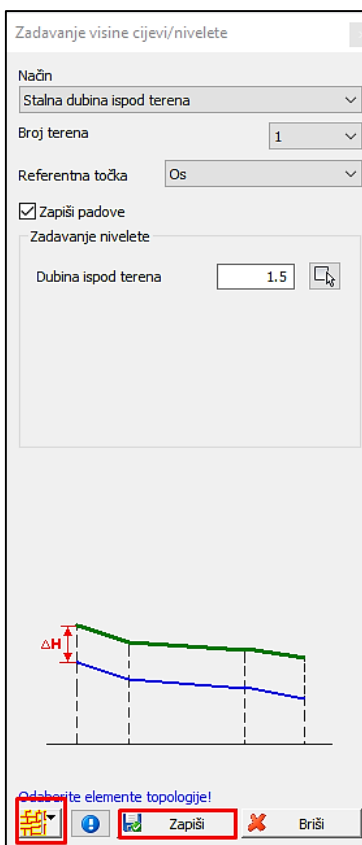
Slika 48: Oznake dionica u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

8.3. Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Nacrtni tlocrtni prikaz vodoopskrbne mreže, odnosno situacija služi kao proračunski model mreže, čijim je elementima (čvorovima i dionicama) potrebno zadati osnovne podatke.

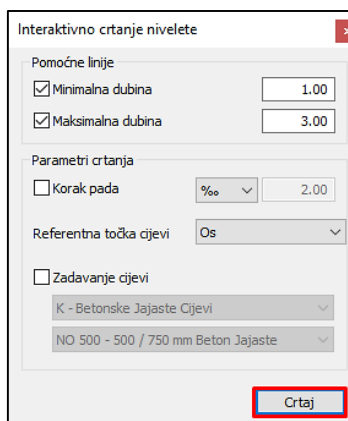
8.3.1. Zadavanje nivelete cijevi

Visinu nivelete moguće je zadavati kroz razne funkcije pa tako i kroz dinamičku tablicu „*Pregledi*“ smještenu na dnu ekrana. Tablica „*Geometrija dionica*“ mora biti aktivna te se dvoklikom na polje može upisivati vrijednost početne, odnosno završne visine nivelete. Svakako je dobro nacrtati pokoji uzdužni profil kako bi se položaj nivelete vidio na crtežu. U diplomskom radu korištena je opcija sa *Urbano Ribbona* smještena u okviru „*Zadavanje podataka*“. Otvaranjem ikone „*Visina nivelete*“ otvara se prozor u kojem možemo odabrati način zadavanja nivelete, broj referentnog terena i referentnu točku za postavljanje nivelete (Slika 49.). Nakon odabira ponuđenih opcija potrebno je odabrati elemente topologije, a klikom na ikonu „“ odabire se cijeli aktivni sustav te klikom na „*Zapiši*“ usvajaju se definirani podaci.



Slika 49: Zadavanje visine cijevi/nivelete unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

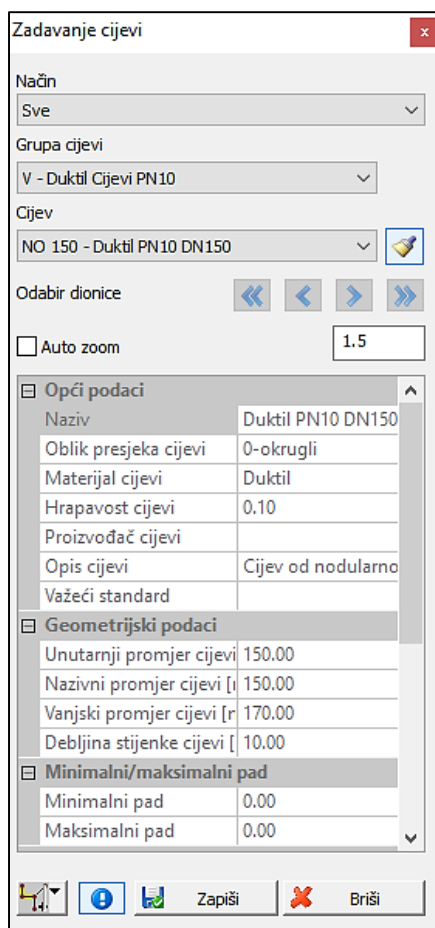
Na pojedinim mjestima gdje je uočeno kako položaj nivelete ne zadovoljava korišteno je interaktivno „Crtanje nivelete“. Ova funkcija dostupna je na *Ribbonu* unutar izbornika grupe „Urbano Uzdužni profil i Alati“. Pokretanjem funkcije otvara se prozor s opcijama pomoćnih linija za maksimalnu i minimalnu dubinu, poziciju nivelete na cijevi te je moguće odabrati cijev iz grupe kataloga cijevi (Slika 50.). Program će nakon postavljanja opcija i klikom na „Crtaj“, automatski aktivirati uzdužni profil i omogućiti crtanje nivelete.



Slika 50: Interaktivno crtanje nivelete unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

8.3.2. Zadavanje promjera cijevi

Cijevi se unutar Urbano Hydra 10.3 programa mogu zadati svim elementima sustava odjednom ili svakom odabranom dijelu (npr. ogranku) neku drugu cijevi (Slika 51.) koristeći naredbu sa *Ribbona* „Zadavanje podataka – Cijevi“. To se može učiniti odabirom elemenata mreže iz situacije ili iz uzdužnog profila. Grupa cijevi s prefiksom V označava cijevi za vodovod, a nakon odabira neke od ponuđenih grupa cijevi, nudi se opcija izbora promjera koji su mogući unutar te grupe. Cijevi su zadane tako da opskrbeni cjevovod ima veće promjere, dok razdjelna mreža između potrošača ima manje promjere. Vodovodne cijevi su lijevano-željezne (duktilne) promjera od 150 mm do 350 mm. U nastavku će se izvesti hidraulički proračun i optimizacija cijevi koja će dati preciznije dimenzije cijevi.

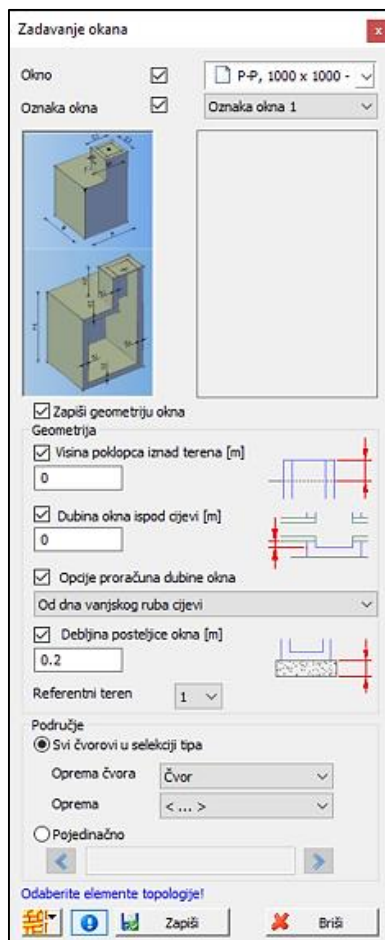


Slika 51: Interaktivno zadavanje cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

8.3.3. Zadavanje okana

Urbano Hydra 10.3 program nudi mogućnost zadavanja okana u svim čvorovima, samo u glavnim čvorovima ili samo u čvorovima sa posebnom opremom. Okna se zadaju pomoću

funkcije dostupne pod grupom naredbi „Zadavanje podataka – Okna“ nakon čega se otvara prozor „Zadavanje okana“ unutar kojeg je moguće odabrati razne parametre (Slika 52.). Najprije treba odabrati vrstu okna, a za diplomski rad je odabrano pravokutno okno. Također se može odrediti visina poklopca iznad terena, dubina okna ispod cijevi kao i debljina posteljice okna. Proračun dubine okna vrši se od dna vanjskog ruba cijevi za cijeli sustav ili samo na odabranim dijelovima mreže. Nakon odabira elemenata topologije potrebno je kliknuti na „Zapiši“ kako bi spremili podatke.

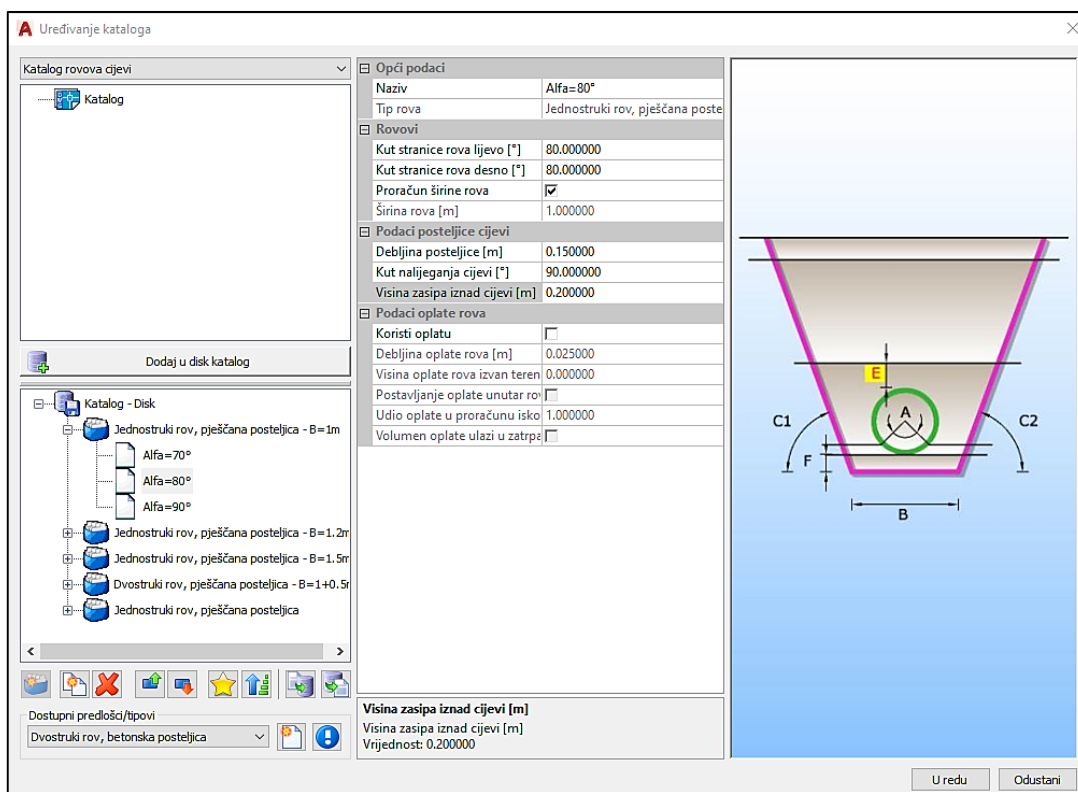


Slika 52: Zadavanje okana unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

8.3.4. Zadavanje rova cijevi

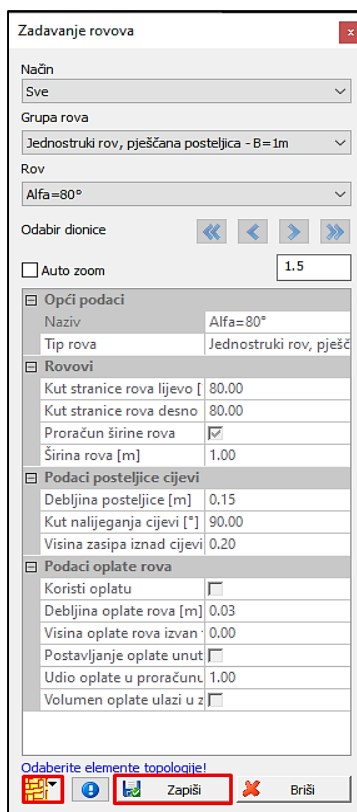
Katalog rovova nalazi se unutra Urbano Hydra 10.3 programa i pokazuje jednostruke, dvostruke rovove različitih kutova nalijeganja sa ili bez oplata. Opcije su razne te se mogu prilagoditi potrebama projektanta. Prilikom definiranja rova cijevi potrebno je unutar kataloga definirati tip rova klikom na plavu ikonu „Uređivanje kataloga“ nakon čega treba odabrati „Katalog rovova cijevi“. Otvara se prozor gdje se namještaju svi prethodno opisani

parametri, a za diplomski rad odabran je jednostruki rov širine 1 m s pješčanom posteljicom i kutom stranica rova od 80° (Slika 53.). Označavanje opcije „Proračun širine rova“ kvačicom znači da će program računati potrebnu širinu rova ovisno o dubini i promjeru cijevi prema HRN EN 1610 standardu.



Slika 53: Uređivanje kataloga rovova cijevi u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

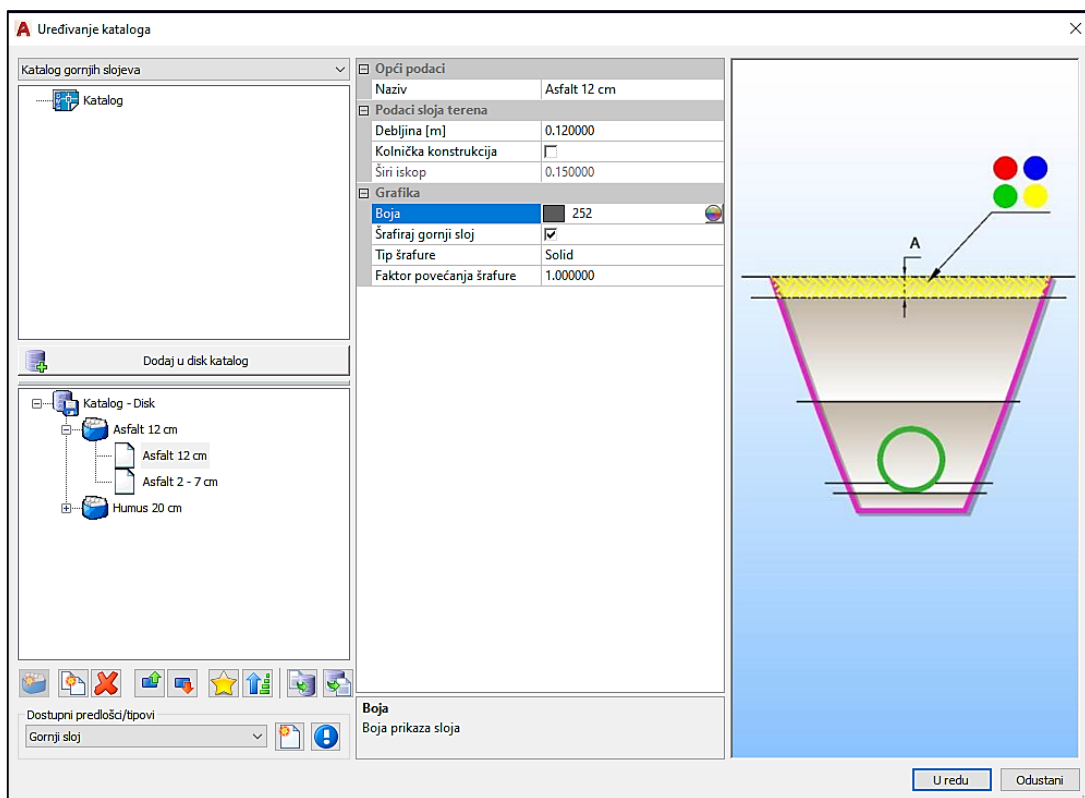
Rovovi se zadaju pomoću funkcije na *Radnoj površini* „Zadavanje podataka“ te desnim klikom na „Rovovi“ otvara se prozor „Zadavanje rovova“. Potrebno je odabrati cijeli aktivni sustav i zapisati usvojene podatke (Slika 54.).



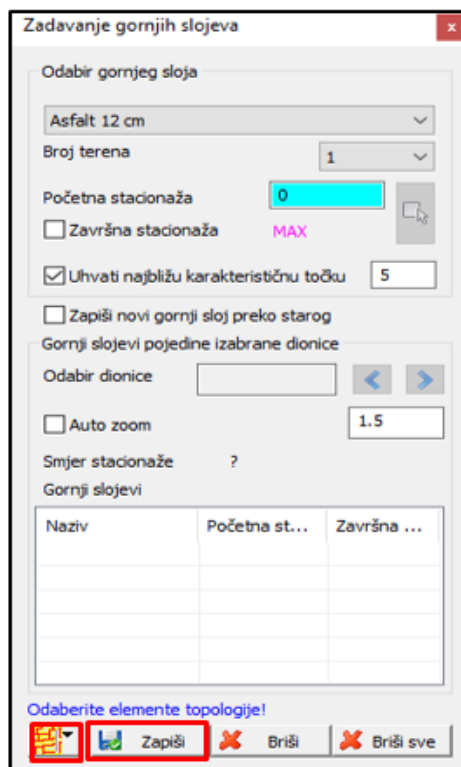
Slika 54: Zadavanje rovova unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

8.3.5. Zadavanje gornjih slojeva cijevi

Nakon definiranja rova, potrebno je postaviti gornje (završne) slojeve cijevi. Program unutar opcije „*Katalog gornjih slojeva*“ otvara prozor unutar kojeg je omogućeno uređivanje gornjih slojeva (Slika 55.). Gornji sloj cijevi može biti asfalt ili humus različite debljine, a može se odabrati i grafika kojom će se ti slojevi prikazivati na crtežu. Vodoopskrbni sustav izvodi se za naselje sa već postojećom infrastrukturom tako da će gornji sloj biti asfaltni debljine 12 cm. Nakon definiranja parametara potrebno ih je pomoću naredbe „*Zadavanje podataka*“ i odabirom opcije „*Gornji slojevi*“ primijeniti na cijeli aktivni sustav. Pomoću naredbe „*Zapiši*“ podaci koji su odabrani ostaju sačuvani i primijenjeni na crtežu (Slika 56.).



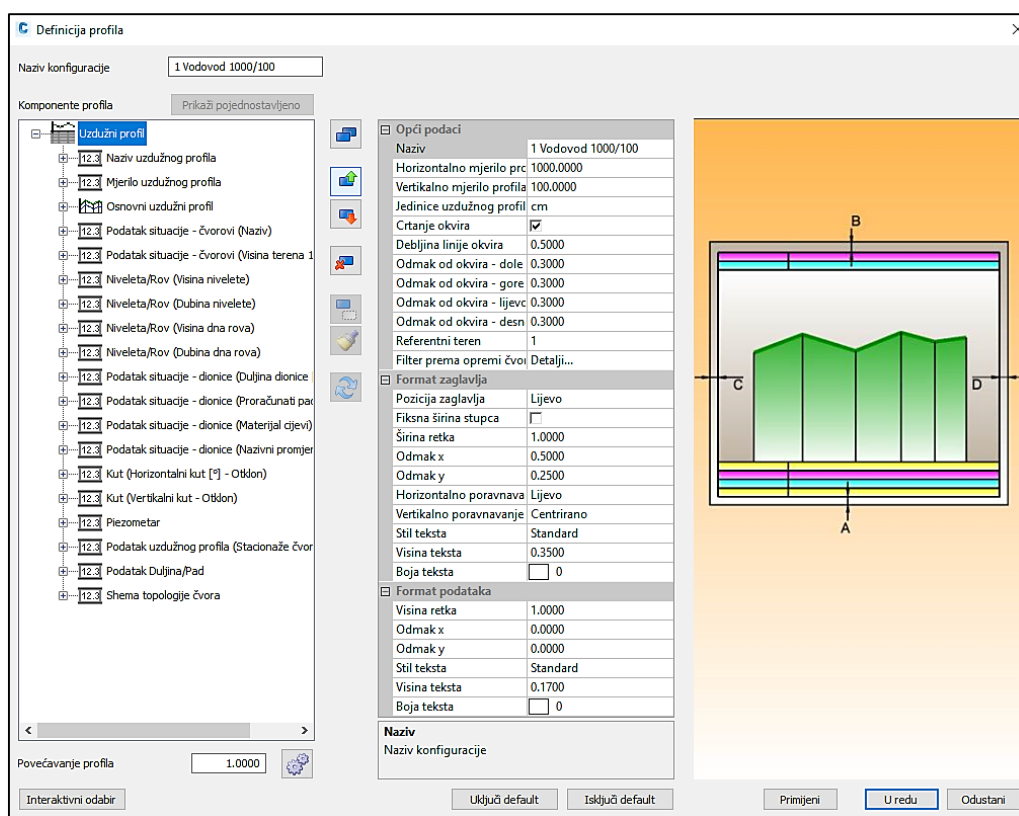
Slika 55: Uređivanje kataloga gornjih slojeva cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa



Slika 56: Zadavanje gornjih slojeva unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

8.4. Uzdužni i poprečni profili

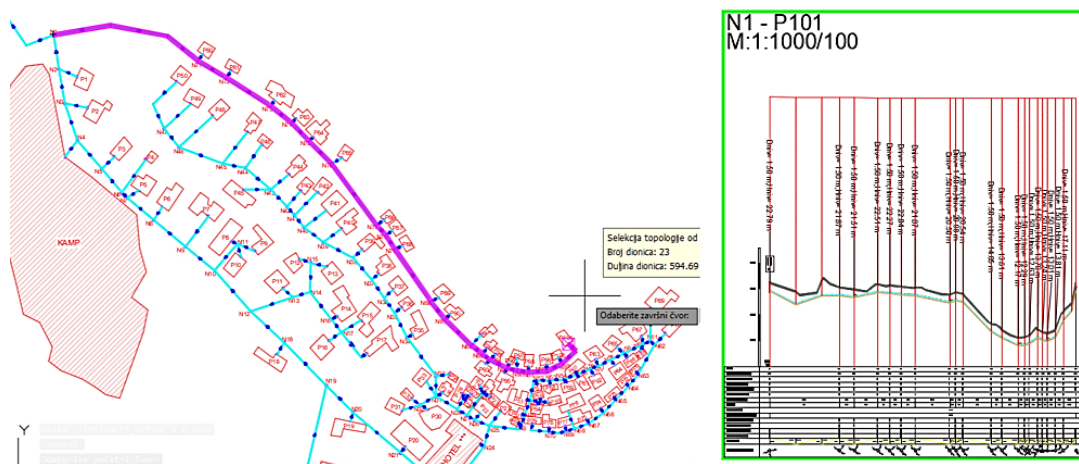
Uzdužni profili u Urbano Hydra 10.3 softveru su dinamički što znači da će se svaka promjena nastala u situaciji automatski vidjeti i na uzdužnom, ali i obrnuto, odnosno elementi se mogu direktno uređivati u uzdužnom profilu. Važno je da se prilikom izrade uzdužnog profila koriste Urbano naredbe za upravljanje uzdužnim profilima. Program standardno nudi dva predložka konfiguracije za crtanje uzdužnih profila, *Vodovod 1000/100* i *Vodovod 500/100*. Desnim klikom na jedan od predložaka moguće je kopiranje i uređivanje podataka u tabličnim prikazima uzdužnog presjeka prema vlastitim potrebama (Slika 57.). Također, koristeći izbornik „Urbano uzdužni profili i Alati“ te odabirom opcije „Uređivanje konfiguracija“ moguće je urediti uzdužni profil po želji.



Slika 57: Uređivanje konfiguracija uzdužnog profila unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

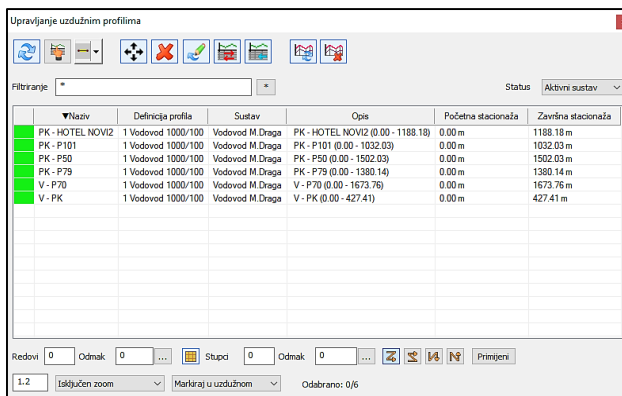
Za crtanje uzdužnih profila potrebno je ući u izbornik na *Urbano Ribbonu* „Urbano uzdužni profili i Alati“ te odabrati opciju „Crtanje“. Otvara se prozor „Crtanje uzdužnih profila“ gdje se odabire predložak po kojem će Urbano Hydra programu nacrtati profile kao i način crtanja uzdužnih profila u stupcu (vertikalno, horizontalno i mreža), redovima i razmak

između redaka i stupaca. Uzdužni profili mogu se nacrtati za cijeli aktivni sustav, za nizove i ogranke ili između bilo koja dva spojena čvora (*Slika 58.*).



Slika 58: Crtanje uzdužnog profila od čvora N1 do P101 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

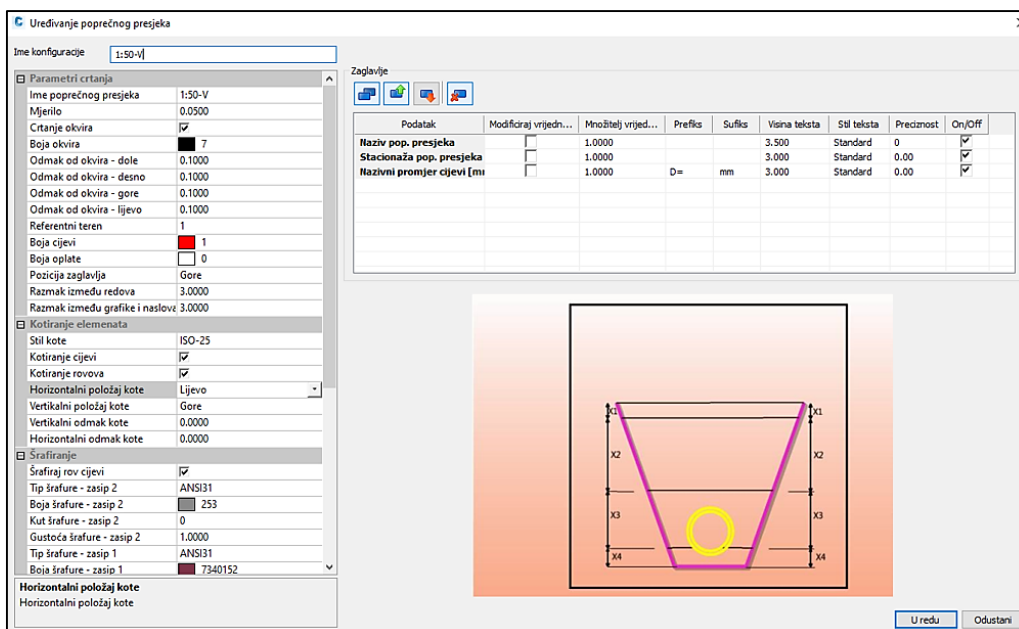
U gornjem lijevom kutu nacrtanog uzdužnog profila ispisan je naziv i mjerilo crtanja. Program će automatski imenovati uzdužni prema imenu niza ili prema početnom i krajnjem čvoru slijeda od kojeg je nacrtan. Uz to, uzdužni profil ima zeleni okvir koji se neće printati, ali služi kao potvrda korisniku da je nacrtani profil ispravan. Vertikalne crvene linije označavaju čvorove grananja, odnosno one u kojima je spojeno tri ili više dionica. Na uzdužnom profilu vidljiva je linija terena, linija nivelete, gornji slojevi cijevi, rovovi, okna i bočni uljevi (poprečni presjeci cijevi priključnih dionica). Za brisanje ili premještanje uzdužnih profila također je potrebno koristiti Urbano naredbe sa *Urbano ribbona* prikazanih grupom „Rad s uzdužnim profilima“ unutar koje se nalaze opcije „Pomicanje“, „Brisanje“, „Osvježavanje“, „Okretanje“, „Upravljanje“ i druge funkcije. Funkcija „Upravljanje“ prikazuje listu svih nacrtanih uzdužnih profila u crtežu te ako su svi ispravni i ažurirani biti će prikazani zelenom bojom. Ova opcija nudi mogućnost promjene imena uzdužnog profila, početne i završne stacionaže te je moguće sve uzdužne odjednom obrisati ili presložiti (*Slika 59.*).



Slika 59: Upravljanje uzdužnim profilima u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Uzdužni profili vodoopskrbne mreže od Vodospreme do krajnjeg potrošača prikazan je u *Prilogu 10*.

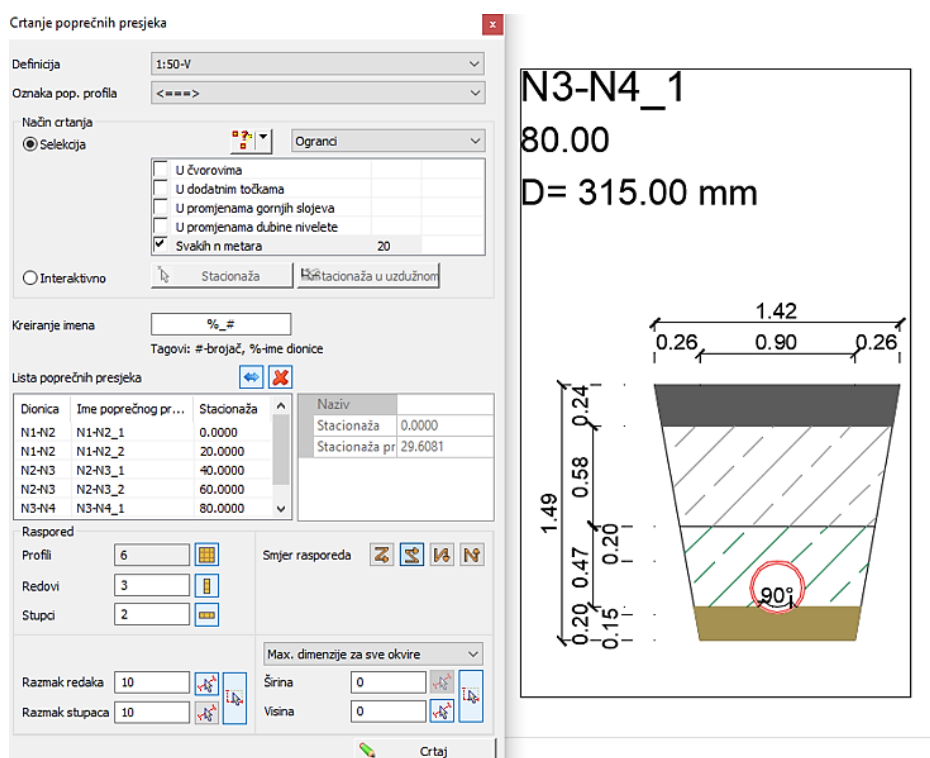
Poprečni presjeci rovova mogu se crtati u dvije standardne konfiguracije koje program nudi u mjerilu 1:25 ili 1:50. Naravno, moguće je proizvoljno urediti i kreirati konfiguraciju po vlastitim potrebama. Desnim klikom na jednu od ponuđenih konfiguracija i naredbom „Uredi“ otvara se prozor „Uređivanje poprečnog presjeka“ unutar kojeg je moguće definirati podatke koji će biti opisani u poprečnom presjeku kao i boju, tekst, šrafuru te način kotiranja elemenata (*Slika 60*).



Slika 60: Uređivanje poprečnog presjeka u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

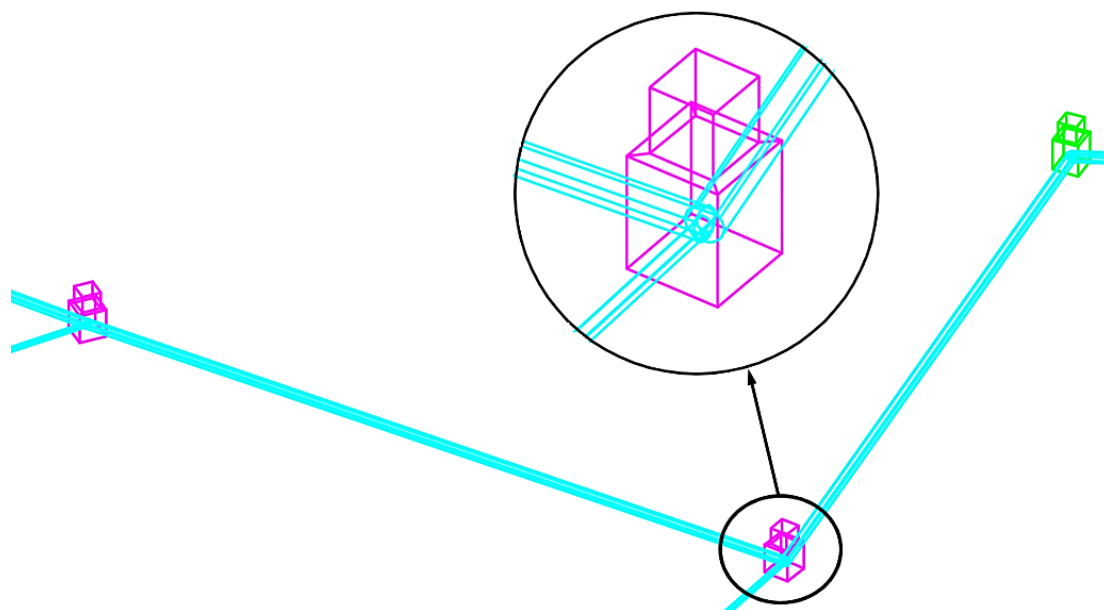
Kada je konfiguracija uređena po želji, dvoklikom na tu konfiguraciju otvara se prozor „Crtanje poprečnih presjeka“ unutar kojeg se definira za koji dio sustava se crtaju poprečni presjeci (aktivni sustav, od čvora do čvora, ogranci ili nizovi) kao i u kojim točkama će isti biti nacrtani. Moguće je i interaktivno odabrati od koje do koje stacionaže će se presjeci rovova crtati kao i način njihova prikaza unutar crteža (Slika 61.).

Karakteristični poprečni presjek rova prikazan je u Prilogu 11.



Slika 61: Crtanje poprečnih presjeka u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

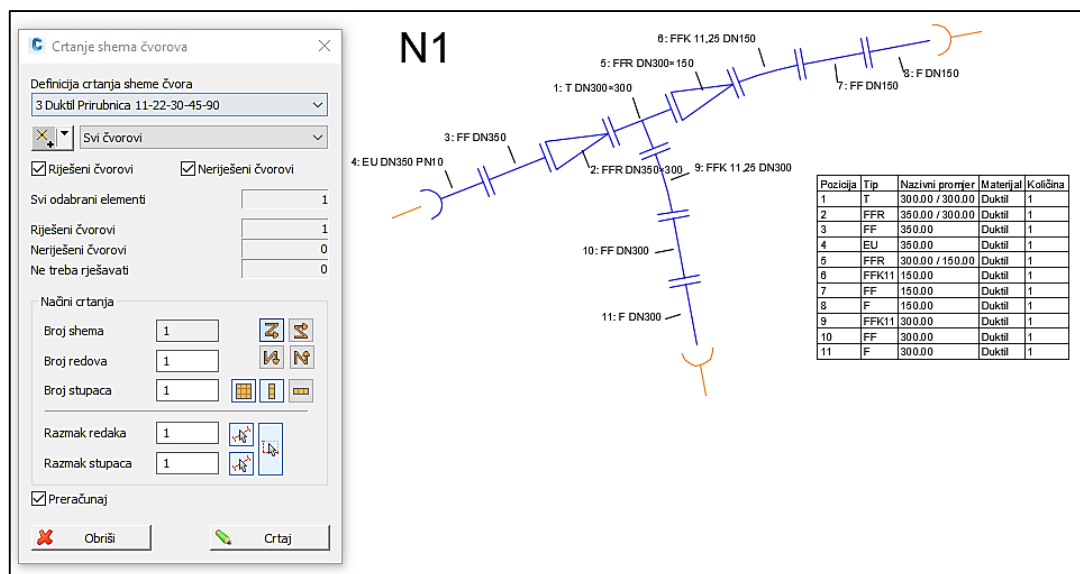
Osim tlocrtnog prikaza poprečnog presjeka rovova moguće je, u Urbanu Hydra 10.3 programu, prikazati cijevi i okna u 3D prikazu. Potrebno je na *Radnoj površini* pod „Stil prikaza“ dva puta kliknuti na „3D Stil-V“ te označiti dio ili cijeli sustav za koji se želi postaviti takav stil. Nakon toga je potrebno promijeniti način prikaza vodoopskrbne mreže u izometriju gdje su onda vidljive 3D cijevi i revizijska okna (Slika 62.). Mogućnost takve vrste prikaza omogućava vizualizaciju projektiranog sustava što je u današnje vrijeme jako važno svim sudionicima gradnje.



Slika 62: 3D prikaz cijevi i okana u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

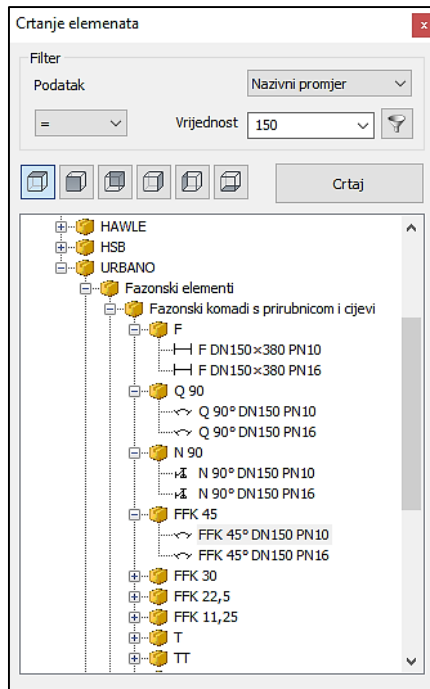
8.5. Montažne sheme čvorova i sheme okana

Montažne sheme čvorova mogu se vrlo brzo izraditi u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu. Na *Radnoj površini* nalazi se grupa „*Montažne sheme čvorova*“, a klikom na plus otvaraju se opcije koje program automatski nudi. Moguće je izabrati fazonske komade za lijevano-željezne ili PEHD cijevi, pri čemu fazonski elementi mogu biti s prirubnicom ili s TYTON kolčakom. Dvostrukim klikom na jednu od ponuđenih opcija, odnosno „*3 Duktal prirubnica 11-22-30-45-90*“ otvara se prozor „*Crtanje sheme čvorova*“ koji nudi mogućnost odabira crtanja shema čvorova. Odabrani su čvorovi N1 i N25 te pomoću naredbe „*Crtaj*“ sheme su prikazane na crtežu zajedno s tablicom količina, pozicija i tipa fazonskog komada (Slika 63.).



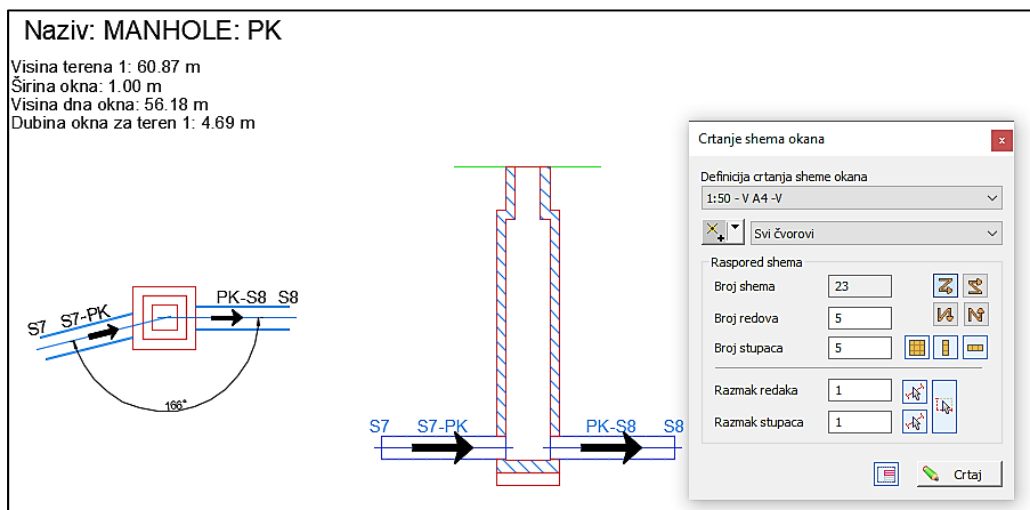
Slika 63: Shema čvora N1 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Urbano Hydra 10.3 računalni program također nudi mogućnost crtanja realnijih prikaza montažnih shema čvorova. Za crtanje fazonskih elemenata iz kataloga montažnih elemenata potrebno je za početak kreirati novi predložak sustava naziva „Montažne sheme (Netopološki sustav)“ nakon čega se na Radnoj površini pojavljuju opcije za crtanje i uređivanje montažnih elemenata. Također su ponuđena različita mjerila za crtanje kao i dimenzije papira na kojem će se crtež prikazati. Za čvorove N1 i N25 odabrana je „Shema 1:10 A3“ te dvostrukim klikom na istu otvara se prozor „Crtanje montažne sheme“ koji nudi mogućnost odabira čvorova koji će se prikazati montažnom shemom. Naredbom „Crtaj“, unutar prozora, na crtežu se pojavljuje prazan A3 papir na koji je potrebno smjestiti montažne elemente čvora. Kako bi na prazan papir nacrtali elemente potrebno je desnim klikom na opciju „Crtaj“ na Radnoj površini otvoriti prozor „Crtanje elemenata“ gdje su ponuđeni različiti katalogi fazonskih i armaturnih elemenata (Slika 64.). Uz to, omogućena je opcija filtriranja podataka kako bi se lakše pronašli potrebni fazonski komadi. Nakon pronalaska željenog elementa, kliknemo na njega, a potom na „Crtaj“ te se element pojavljuje na crtežu i smješta na papir. Prethodno nacrtana shema čvora omogućuje jednostavan i brz odabir montažnih elemenata u čvoru. Svaki element smješten na papiru prikazati će se i u tablici na dnu papira u kojoj je prikazana pozicija, naziv, količina, promjer i masa svakog montažnog elementa čvora. Montažne sheme čvorova N1 i N25 u mjerilu 1:10 prikaze su u Prilogu 12 i Prilogu 13.



Slika 64: Crtanje fazonskih elemenata u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Sheme okana omogućene su u predlošku sustava: Vodovod i smještene na Radnoj površini pod istoimenim nazivom. Program nudi crtanje sheme okana u mjerilu 1:50 na A3 ili A4 papiru. Dvostrukim klikom na „1:50 - V A4 -V“ otvara se prozor „Crtanje sheme okana“ gdje se odabiru čvorovi za koje će biti nacrtana shema (Slika 65.). Shema okna čvora N20 prikazana je u *Prilogu 14*.




Slika 65: Crtanje shema okana u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

9. HIDRAULIČKA ANALIZA GRAVITACIJSKOG DOTOKA VODE U VODOSPEMU UNUTAR URBANO HYDRA 10.3 RAČUNALNOG PROGRAMA

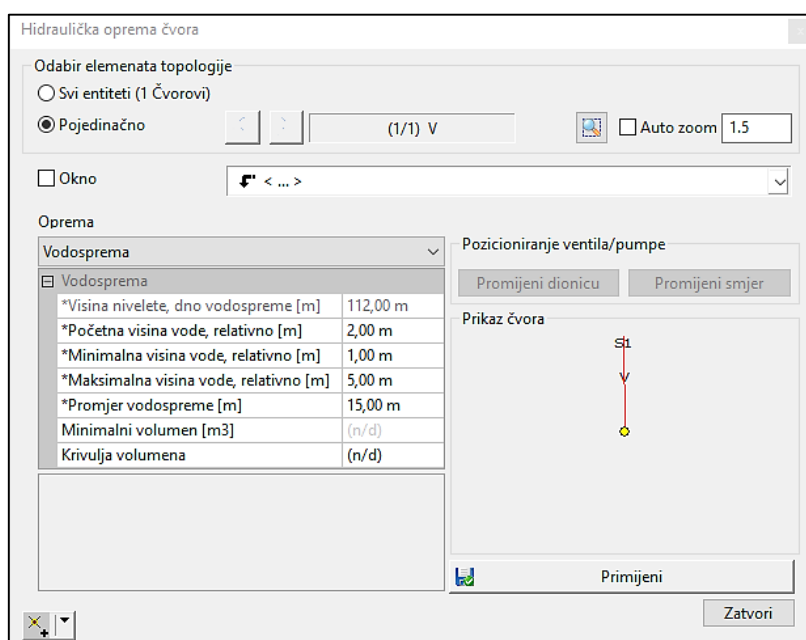
Projektirani vodoopskrbni sustav naselja Mošćenička Draga nalazi se na strmom terenu te je gravitacijskim putem moguće dovesti vodu do svakog potrošača. Postojeća vodosprema Sv. Petar nalazi se na koti 112 mn.m., dok su najudaljeniji potrošači smješteni uz obalnu liniju na svega par metara iznad mora. Zbog velike razlike u nadmorskoj visini između vodospreme i krajnjih potrošača predviđa se izgradnja prekidne komore na 60 mn.m. kako bi se osigurali povoljni radni tlakovi u granicama od 2,5 do 6 bara svim korisnicima mreže. Kako bi se vodoopskrbna mreža mogla dimenzionirati unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa potrebno joj je dodijeliti odgovarajuću hidrauličku opremu u vidu vodospreme i izvora kao i definirati količine vode koje će biti mjerodavne prilikom proračuna. U narednim poglavljima detaljno je opisan postupak kojim se mreža dovodi u stanje pogodno za hidraulički proračun.

Urbano Hydra 10.3 računalni program nudi mogućnost provedbe dvije vrste hidrauličkog proračuna. Prvi proračun odnosi se na stacionarno tečenje, a dobiveni rezultati su za jedan vremenski korak. U drugoj vrsti proračuna, izrađeni model promatra se kroz neko određeno vrijeme (najčešće 24h ili 48h). Hidraulička analiza gravitacijskog dotoka u vodospremu Sv. Petar izvršiti će se za četiri različita scenarija koji se mogu očekivati unutar mreže. Ovakvim načinom hidrauličke analize dobiti će se uvid u promjene pojedinih fizikalnih veličina poput brzina, protoka te linijskih gubitaka na pojedinim dionicama ili potrošačima.

9.1. Postavljanje hidrauličke opreme čvorova

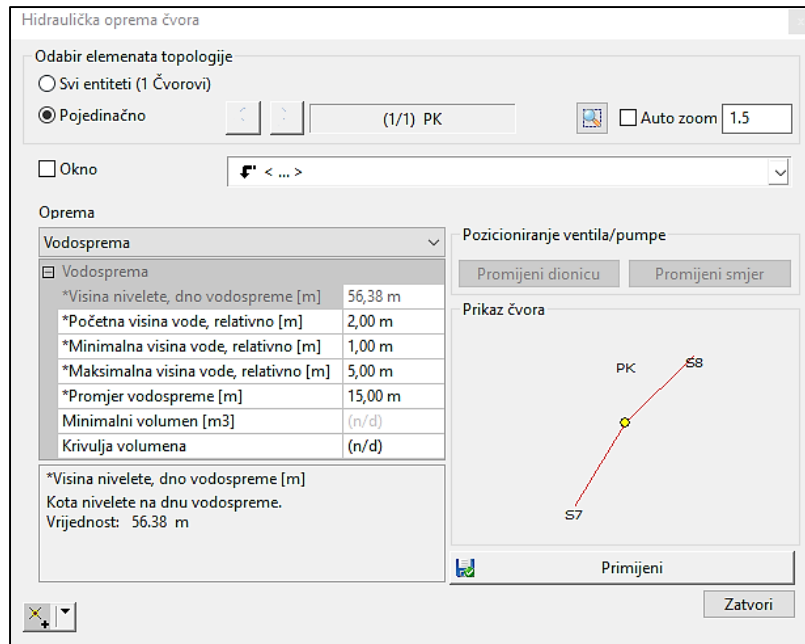
Za hidraulički proračun mreže potrebno je zadati osnovne funkcionalne elemente mreže sa podacima. Njih zadajemo tako da na *Radnoj površini* otvorimo ikonu Hydra „“ nakon čega se korisničko sučelje mijenja te se prikazuju Hydra funkcije za zadavanje hidrauličke opreme, krivulja, potreba za vodom, dimenzioniranje i hidraulički proračun. „*Hidraulička oprema čvora*“ nalazi se unutar grupe „*Oprema i podaci*“ te se klikom na nju otvara istoimeni prozor koji nudi mogućnost zadavanja i definiranja parametara opreme. Kako bi nekom čvoru dodijelili hidrauličku opremu, potrebno je tipkom za selekciju odabrati željeni čvor, a potom odabrati opremu i postaviti parametre.

Na projektiranom području nalazi se vodosprema Sv. Petar (V) i prekidna komora (PK). One se na vodoopskrbnu mrežu postavljaju pomoću opcije „*Hidraulička oprema čvora*“ i to tako da se odabere čvor u kojem će se vodospreme nalaziti. Tada se odabranom elementu topologije (čvoru) odabere tip opreme koji će se na njega ugraditi, u ovom slučaju odabran je čvor V i postavljena oprema „*Vodosprema*“. Nakon toga je potrebno definirati početnu, minimalnu i maksimalnu visinu vode kao i promjer vodospreme. Ti podaci nalaze se u bijelim poljima i označeni su zvjezdicom (*) što znači da ti podaci moraju biti zadani kako bi program izvršio proračun. Kota nivelete na dnu vodospreme iznosi 112 mn.m. i koristi se samo za izračun tlaka u čvoru. Početna visina vode označava visinu vodnog lica iznad kote dna vodospreme na početku simulacije (tlačna visina vode na izvoru) i iznosi 2 m. Minimalna visina vode je 1 m i visina vode u vodospremi neće pasti ispod ove razine. Maksimalna visina vode iznosi 5 m i neće biti dopušteno da se razina vode u vodospremi podigne iznad ove razine. Promjer vodospreme iznosi 15 m i označava stvaran promjer cilindrične vodospreme volumena 1000 m³. Minimalni volumen i krivulja volumena nisu zadani jer se pretpostavlja da je vodosprema cilindrična (*Slika 66.*).



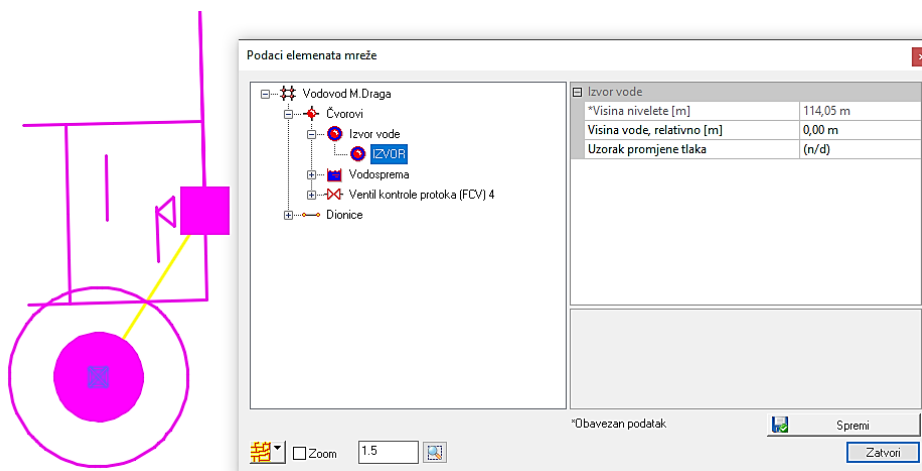
Slika 66: Definiranje vodospreme unutar Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Prekidna komora ima iste vrijednosti kao i vodosprema osim što je kota nivelete na dnu vodospreme 56,38 m (*Slika 67.*).



Slika 67: Definiranje prekidne komore unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

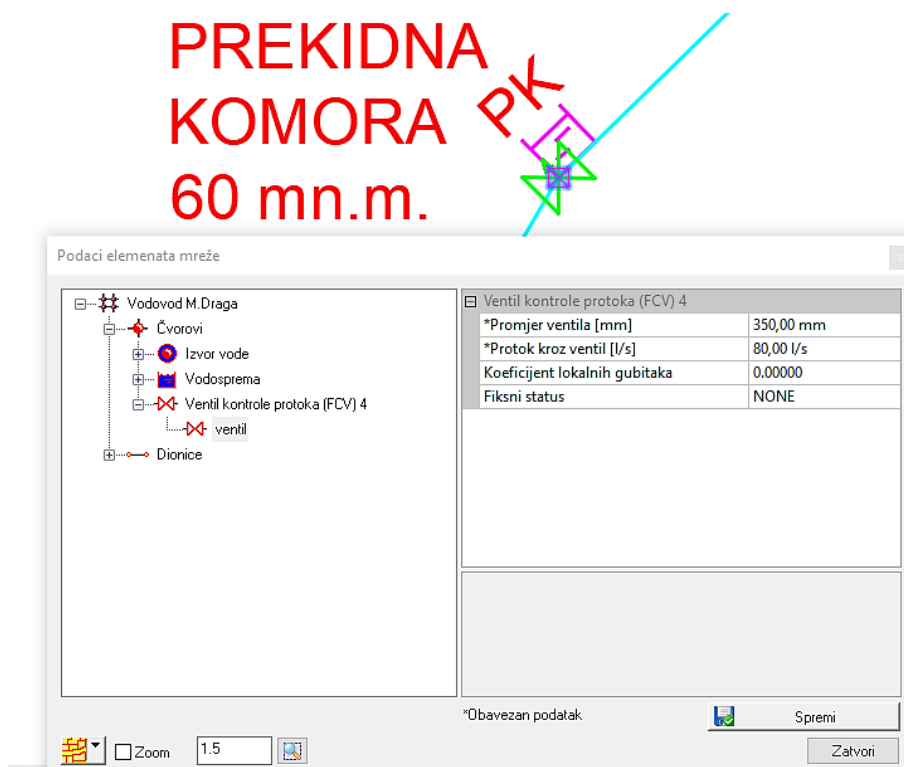
Izvor sa kojeg projektirano područje se opskrbljuje vodom nalazi se na području Učke te je udaljen nekoliko desetaka kilometara od vodospreme. Stoga se za potrebe hidrauličke analize predviđa izvor tik uz vodospremu koji služi kao neprekidan izvor vode kako bi se mogla provesti hidraulička analiza (Slika 68.).



Slika 68: Definiranje izvora vode unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

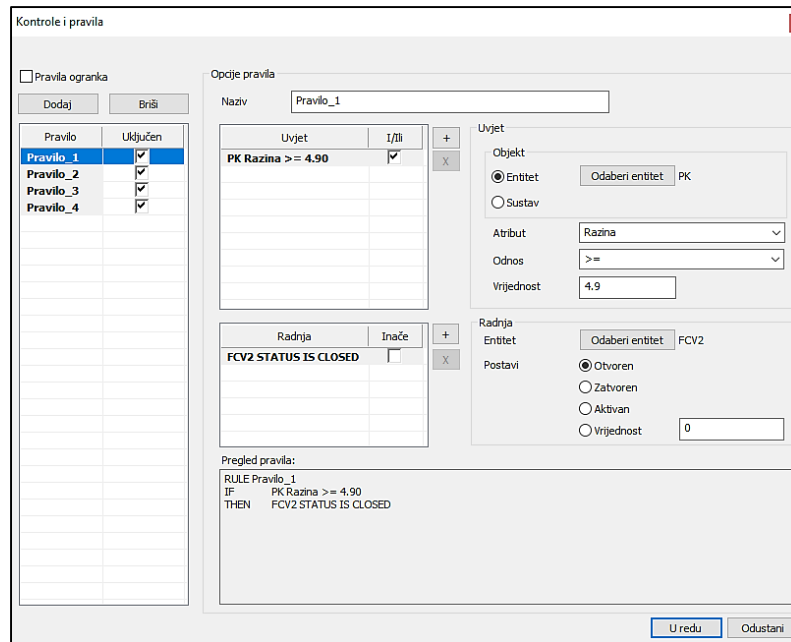
Na ogranku između vodospreme i prekidne komore potrebno je postaviti ventil kontrole protoka (FCV) koji ograničava protok na određenu količinu, odnosno na zbroj vrijednosti maksimalne satne potrošnje u vodoopskrbnom sustavu i protupožarnih količina zaokružene na veću decimalu. Ukoliko se ventil ne postavi ispred vodospreme i prekidne komore

program javlja grešku u vidu negativnih tlakova u sustavu i velikih količina vode koje dotječu u vodospremu i prekidnu komoru. Stoga je postavljen ventil promjera 300 mm neposredno ispred prekidne komore i ograničen je na protok od 80 l/s (Slika 69.). Isto je potrebno učiniti i ispred vodospreme gdje je protok ograničen na nešto veću vrijednost od 90 l/s.



Slika 69: Definiranje FCV ventila unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

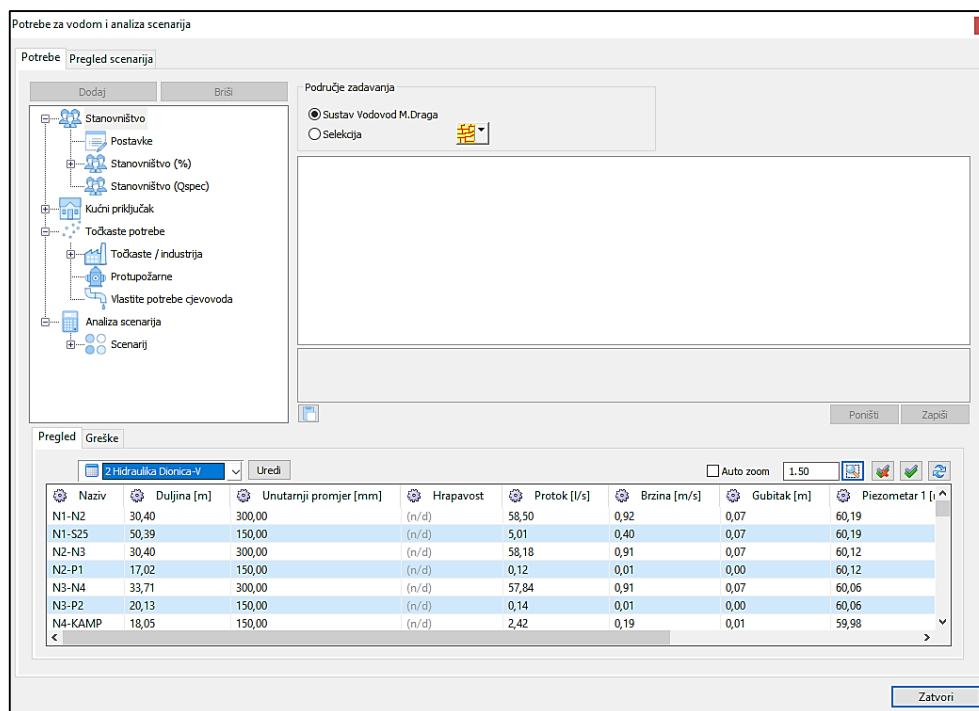
Uz to je potrebno kreirati pravila pomoću grupe „Kontrole i pravila“ koja se nalazi unutar *Hydra* funkcija. Definiiraju se dva pravila kojima se regulira rad ventila. Kada razina vode u prekidnoj komori dosegne vrijednost veću ili jednaku od 4.90 metara (maksimalna razina je 5 m), tada je ventil zatvoren. Ukoliko razina vode u komori padne na vrijednost manju ili jednaku 1.5 metara (minimalna razina je 1 m), tada ventil propušta protok od 80 l/s ili 90 l/s sve dok se prekidna komora/vodosprema ponovo ne napune (Slika 70.). Ovo pravilo biti će od velike koristi prilikom hidrauličke analize sustava u vremenu.



Slika 70: Definiranje pravila za rad FCV ventila u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

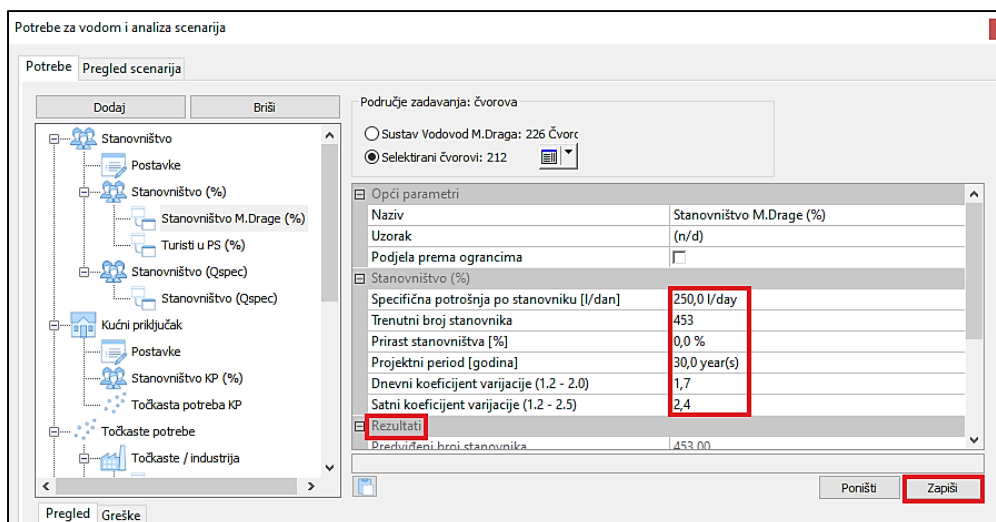
9.2. Zadavanje potreba za vodom i optimizacija cijevi

Potrebe za vodom zadaju se unutar modula *Hydra* koji sadrži razne *Hydra* funkcije, između ostalog i funkciju naziva „*Potrebe za vodom i analiza scenarija*“. Otvaranjem te funkcije na ekranu se pojavi dijalog koji sadrži dvije kartice: „*Potrebe*“ i „*Pregled scenarija*“. Unutar kartice „*Potrebe*“ definiraju se potrebe za vodom za različite potrošače (*Stanovništvo, Točkaste potrebe i industrija, Protupožarne potrebe te Vlastite potrebe cjevovoda*) (Slika 71.). Bez definiranih potreba za vodom nije moguće vršiti hidrauličku analizu stoga je ovo jedan od prvih koraka prilikom kreiranja vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu. Sam program omogućuje kreiranje neograničenog broja konfiguracija potrošnje za različite tipove potrošača. Za kreiranje nove konfiguracije potrošnje potrebno je odabrati željenu kategoriju potrošača i zatim funkciju „*Dodaj*“. Kreiranu konfiguraciju moguće je preimenovati klikom na konfiguraciju ili u tablici koja se otvori s desne strane prozora.



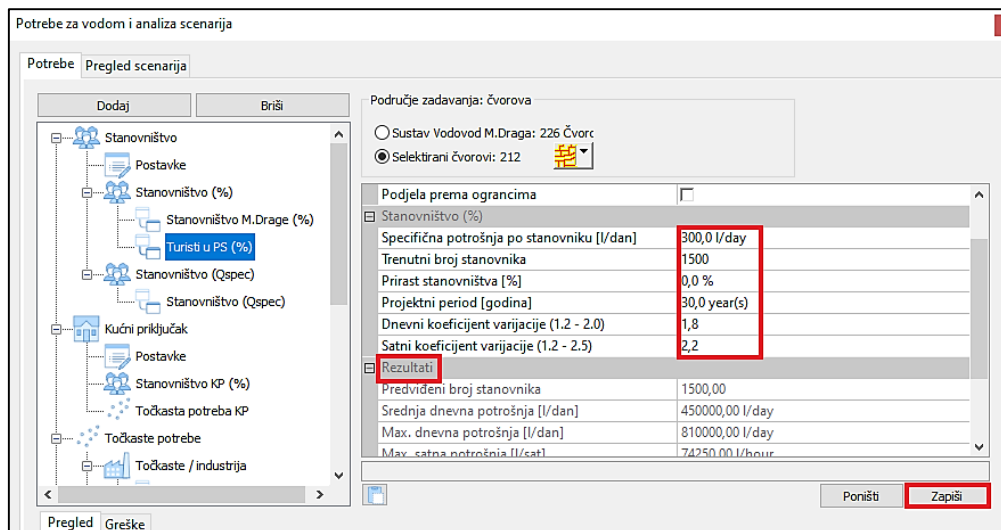
Slika 71: Kartica "Potrebe" u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Za konfiguraciju „Stanovništvo“ potrebno je kreirati postavke. Klikom na predložak „Postavke“ u desnom dijelu prozora javlja se tablica gdje je potrebno definirati „Koficijent gustoće stanovništva“ i „Način podjele protoka“. Koficijent gustoće stanovništva iznosi 1 i primjenjuje se samo kod potrošača vezanih za stanovništvo i privatni smještaj, dok je način podjele protoka takav da sav protok ide u završni čvor. Valja naglasiti kako Urbano Hydra program ne raspodjeljuje protok po dionicama, već samo u čvorove te je za očekivati kako će se pojaviti manja odstupanja u odnosu na hidraulički proračun izrađen u Excelu. Nakon definiranja postavki klikom na konfiguraciju „Stanovništvo (%)“ dodaju se dvije konfiguracije naziva „Stanovništvo“ i „Turisti“. Odabirom novonastale konfiguracije „Stanovništvo“ otvara se tablica s desne strane dijaloga u koju je potrebno upisati parametre sa Slike 72., a koji su određeni u Poglavlju 3. Također je potrebno odabrati dionice na koje će se zadani podaci odnositi. Zatim program sam izračuna predviđeni broj stanovnika, srednju i maksimalnu dnevnu potrošnju, maksimalnu satnu potrošnju te specifični protok, a pomoću tipke „Zapiši“ vrijednosti se upisuju u trenutnu aktivnu selekciju topologije (sve dionice osim onih gdje se nalaze veliki potrošači i dionica od IZVORA do PK). U tablici na dnu ekrana moguće je vidjeti tablični prikaz koji prikazuje zapisane potrebe za vodom na pojedinoj dionici ili potrošaču.



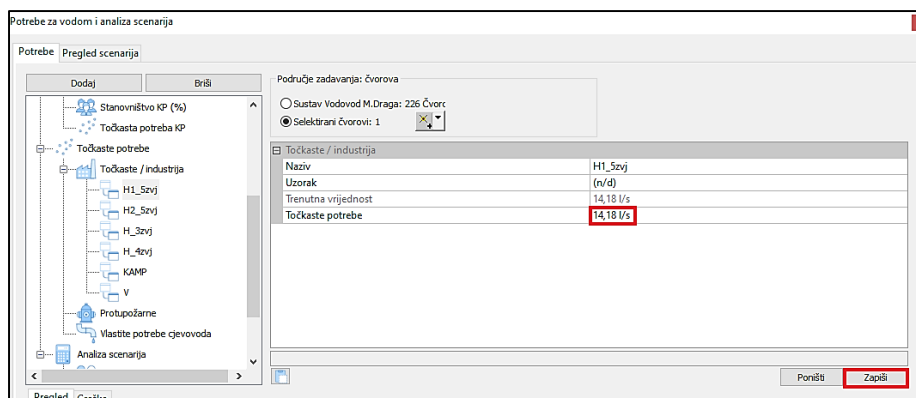
Slika 72: Zadavanje potreba za vodom za stanovništvo unutar Urbano Hydra 10.3 programa

Potrebu za vodom za „*Turisti*“ potrebno je na isti način zadati kao i za „Stanovništvo“. Naravno, pri tome će se koristiti parametri koji vrijede za tu kategoriju potrošača (Slika 73.). Ponovo program sam računa vrijednosti satnih i dnevnih potrošnji, a zbrajanjem vrijednosti specifičnog protoka stanovništva i turista dobije se vrijednost koja odgovara vrijednosti specifičnog protoka izračunatog u hidrauličkom proračunu u Excelu, odnosno 0.00679 l/s/m.



Slika 73: Zadavanje potreba za vodom za turiste unutar Urbano Hydra 10.3 programa

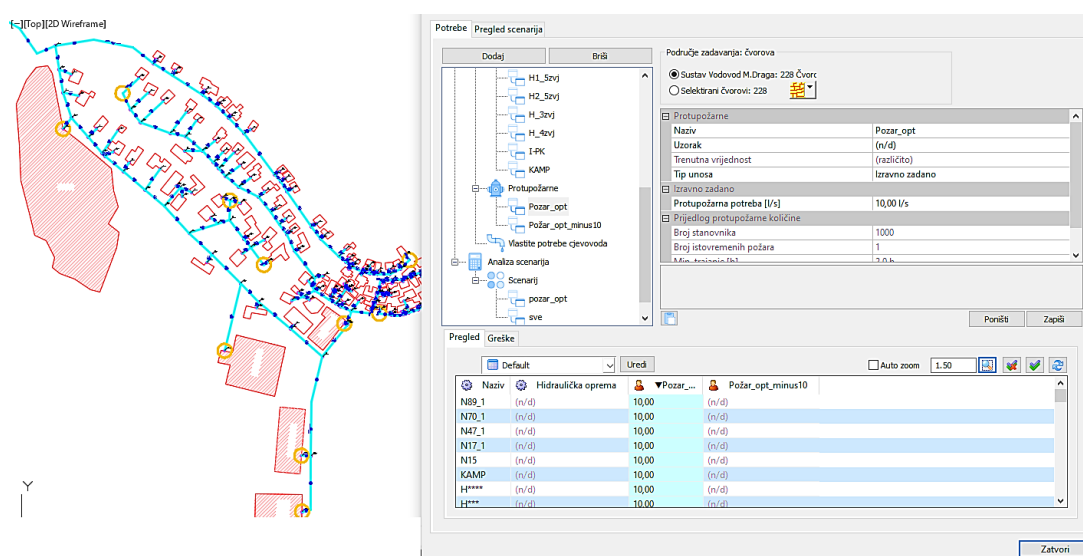
Potrebno je zadati potrebu za vodom za velike potrošače poput hotela i kampa i to tako da se za svaki hotel i kamp kreira nova konfiguracija pod izbornikom „*Točkaste potrebe*“ (Slika 74.). Potrebno je odabrati čvor na kojem se pojedini veliki potrošač nalazi te upisati vrijednost njegove maksimalne satne potrošnje. Naredbom „*Zapiši*“ potvrđuje se i sprema upisana vrijednost.



Slika 74: Zadavanje potreba za vodom za velike potrošače unutar Urbano Hydra 10.3 programa

Vlastiti protok od izvora do prekidne komore iznosi 0 l/s te je za tu dionicu kreirana konfiguracija „I-PK“.

Nakon što su zadani protoci svim potrošačima u sustavu potrebno je kreirati novu konfiguraciju iz izbornika „Protupožarne“ naziva „Pozar_opt“ koja će dodijeliti protupožarne količine vode od 10 l/s. Te količine dodijeljene su čvorovima sa velikim potrošačima (hoteli i kamp) te na najudaljenijim mjestima od vodospreme, odnosno u čvorovima N15, N17_1, N47_1, N70_1 i N89_1 označenih na Slici 75. žutim krugom. Potom je potrebno kreirati još jednu konfiguraciju „Pozar_opt_minus10“ unutar koje će biti zadane količine od -10 l/s na pojedine čvorove kako bi sustav bio u ravnoteži, odnosno kako bi na svim željenim dionicama imali požarnu količinu vode od 10 l/s. Razlog ovakve raspodjele požarnih količina vode je cilj da se dobiju najveći protoci na temelju kojih će biti izvršena optimizacija cijevi i odabrani promjeri cijevi s kojima će se daljnje analize vršiti.



Slika 75: Zadavanje protupožarnih količina vode unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Kada su potrebne količine vode unutar sustava zadane kreira se scenarij koji će se koristiti prilikom optimizacije cijevi na način da grupi „Scenarij“ doda novi, koji je nazvan „Ljeto+pozar_za dim“ te su kvačicom označene sve potrebe koje su do sada bile definirane. No, prije same optimizacije potrebno je izvršiti hidraulički proračun za stacionarno strujanje, odnosno za jedan vremenski korak.

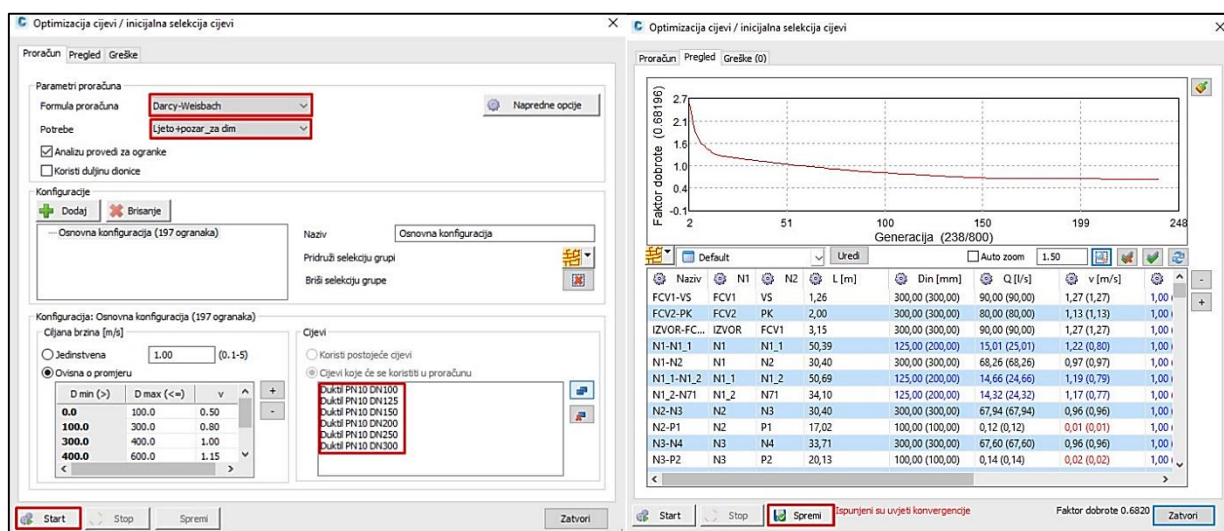
Cilj optimizacije je dobivanje dimenzija cijevi za najveće protoke koji će se pojaviti u mreži, a to su upravo protoci izračunati u stacionarnom hidrauličkom proračunu. „Hidraulički proračun“ nalazi se unutar *Hydra* modula i vrši proračun prema različitim scenarijima nakon čega je rezultate samog proračuna moguće vidjeti u tabličnim pregledima, uzdužnim profilima, tematskim mapama i sl. Pokretanjem funkcije „Hidraulički proračun“ pojavljuje se prozor unutar kojeg je potrebno odabrati mjerodavan scenarij za proračun što je u ovom slučaju „Ljeto+pozar_za dim“, a unutar ikone „Opcije“ potrebno je postaviti da ukupno trajanje proračuna jednako nula kako bi rezultati dobiveni proračunom bili za jedan vremenski korak. Potom program računa vrijednosti protoka obzirom na zadane potrebe, a ukoliko postoji greške unutar modela program ih prepoznaje i upozorava na njih (Slika 76.).

Naziv	N1	N2	L [m]	Din [mm]	▼Q [l/s]	v [m/s]	hL [m]
N41-N42	N41	N42	9,87	150,00	12,62	0,71	0,04
N53-N54	N53	N54	12,37	150,00	12,61	0,71	0,04
N54-N55	N54	N55	12,20	150,00	12,50	0,71	0,04
N42-N43	N42	N43	20,72	150,00	12,43	0,70	0,07
N4-KAMP	N4	KAMP	18,05	150,00	12,40	0,70	0,06
N55-N56	N55	N56	12,55	150,00	12,38	0,70	0,04
N77-N78	N77	N78	12,13	200,00	12,31	0,39	0,01
N56-N57	N56	N57	7,47	150,00	12,26	0,69	0,03
N78-N79	N78	N79	14,28	200,00	12,18	0,39	0,01
N57-N58	N57	N58	12,38	150,00	12,16	0,69	0,04
N58-N59	N58	N59	12,80	150,00	12,04	0,68	0,04
N79-N80	N79	N80	55,19	200,00	12,03	0,38	0,04
N43-N44	N43	N44	28,57	150,00	11,99	0,68	0,09
N59-N60	N59	N60	18,79	150,00	11,86	0,67	0,06

Slika 76: Hidraulički proračun prije optimizacije cijevi u Urbano Hydra 10.3 programu

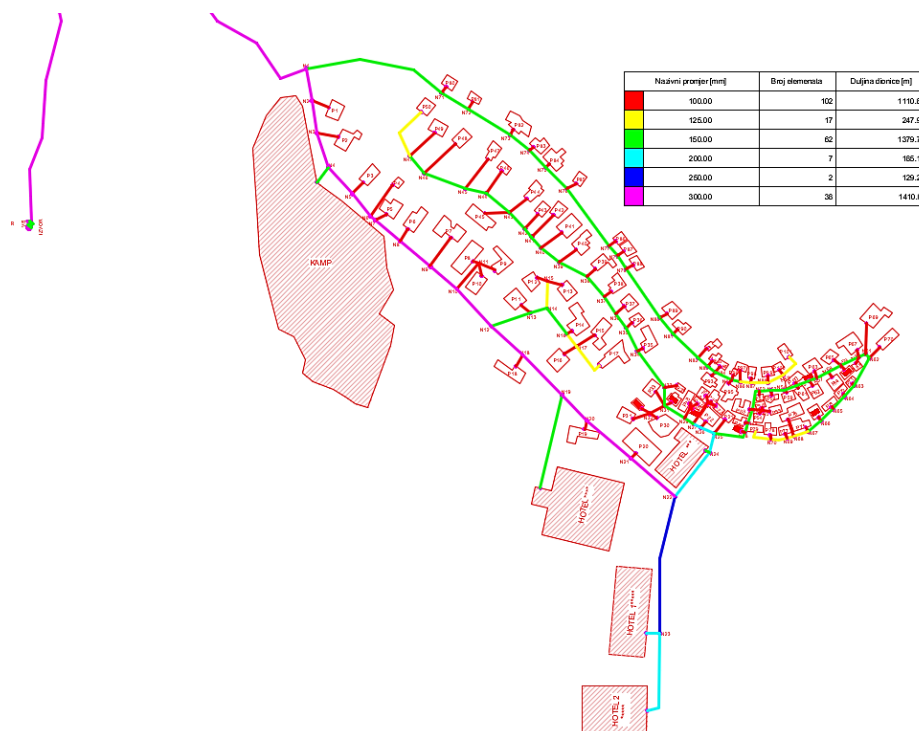
Kada su dobiveni protoci potrebno je odabrati *Hydra* funkciju naziva „Optimizacija cijevi / inicijalna selekcija cijevi“ koja određuje optimalne promjere cijevi tako da se postigne

ciljana brzina. Metoda koju Urbano Hydra koristi za optimizaciju naziva se genetski algoritam koji u pozadini programa vrti određeni broj generacija i izbacuje rješenje koje najviše odgovara uvjetima koji su postavljeni unutar te funkcije. Formula po kojoj se proračun vrši je Darcy-Weisbach, a potrebe koje se uzimaju u obzir su one kreirane u scenariju „Ljeto+pozar_za dim“. Analiza se provodi za ogranke, a cijevi koje se koriste u proračunu odabrane su iz kataloga duktilnih cijevi promjera od 100 do 300 mm. Brzina koja se nastoji postići unutar optimizacije cijevi ovisiti će o promjeru. Klikom na ikonu „Start“ program započinje sa generacijama i kada izvrši sve varijante staje sa proračunom i predlaže dimenzije cijevi koje su izračunate unutar algoritma. Dimenzije zadovoljavaju te se spremaju i ostaju zapisane u Urbano Hydra programu (Slika 77.).



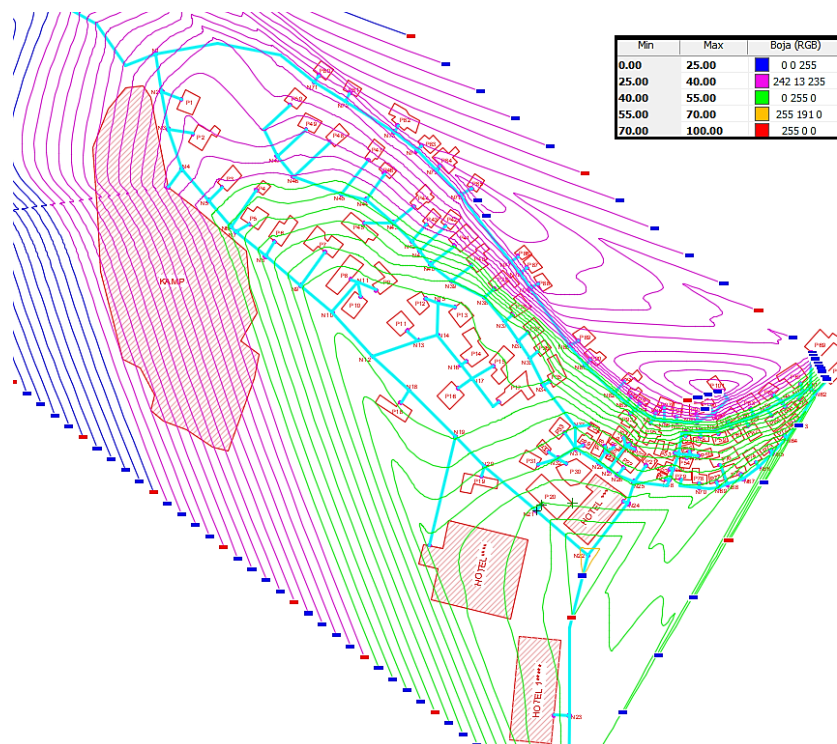
Slika 77: Optimizacija cijevi u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Nakon usvojenih dimenzija cijevi kreirana je tematska mapa „3-Promjeri-V“ koja prikazuje dijelove vodoopskrbne mreže obojanih različitim bojama ovisno o promjerima i tablicu u kojoj je prikazano koja boja odgovara kojem promjeru kao i broj i duljinu dionica označenih različitim promjerima što je prikazano na Slici 78. Ove dimenzije cijevi koristiti će se u svim daljnjim proračunima i podmodelima.



Slika 78: Rezultat optimizacije cijevi unutar Urbano Hydra 10.3 računalnog programa

Za kraj su na sustavu nacrtane izolinije, odnosno raspon tlaka kako bi se vidjelo da li radni tlakovi u mreži zadovoljavaju. Na *Slici 79.* moguće je uočiti kako su radni tlakovi na potrošačima u rasponu od 2,5 do 5,5 bara te kao takvi u potpunosti zadovoljavaju.



Slika 79: Raspon radnih tlakova u mreži nakon provedene optimizacije cijevi

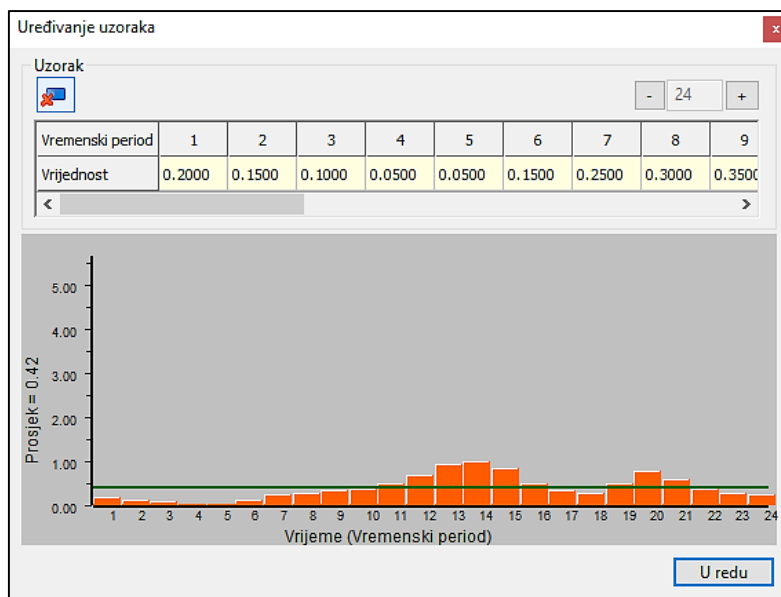
9.3. Hidraulički proračun u vremenu za gravitacijski dotok

Hidraulički proračun u vremenu provesti će se za različite scenarije koji će biti opisani u nastavku. Stoga je potrebno izraditi nove scenarije i dodijeliti potrošačima uzorke promjene potrošnje kako bi se opisale vremenske varijacije potreba u čvoru odnosno potrošaču. Za kreiranje uzoraka potrebno je unutar *Hydra* modula odabrati funkciju „Definicija krivulja i uzoraka“. U diplomskom radu kreirana su dva uzorka, za stanovništvo i za požar. Neravnomjernost satne potrošnje vode prikazana je u *Poglavlju 5.*, te je potrebno izračunati multiplikatore. Dijeljenjem satne potrošnje svakog sata sa najvećom satnom potrošnjom u danu dobiva se multiplikator kao što je prikazano u *Tablici 11.*

Tablica 11. Neravnomjernost satne potrošnje vode i pripadajući multiplikatori, uzorak potrošnje vode za stanovništvo

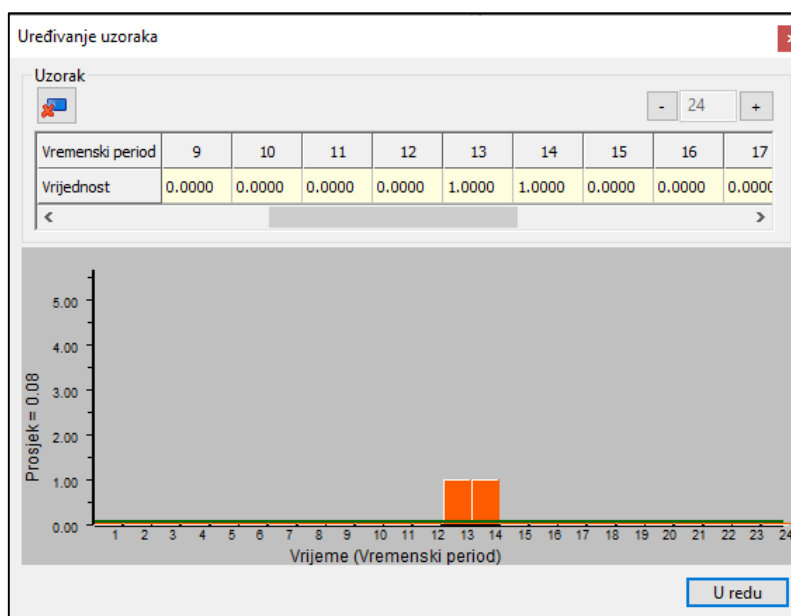
Vrijeme [h]	Satna potrošnja [%]	Multiplikator [1]
0 1	2,0	0,2
1 2	1,5	0,15
2 3	1,0	0,1
3 4	0,5	0,05
4 5	0,5	0,05
5 6	1,5	0,15
6 7	2,5	0,25
7 8	3,0	0,3
8 9	3,5	0,35
9 10	4,0	0,4
10 11	5,0	0,5
11 12	7,0	0,7
12 13	9,5	0,95
13 14	10,0	1
14 15	8,5	0,85
15 16	5,0	0,5
16 17	3,5	0,35
17 18	3,0	0,3
18 19	5,0	0,5
19 20	8,0	0,8
20 21	6,0	0,6
21 22	4,0	0,4
22 23	3,0	0,3
23 24	2,5	0,25

Izračunati multiplikatori upisuju se unutar tablice prikazane na *Slici 80.* i tako stvaraju uzorak potrošnje za stanovništvo koji će se dodijeliti već definiranim potrebama za vodom za stanovništvo i turiste u privatnom smještaju.



Slika 80: Definiranje uzorka satne potrošnje vode za stanovništvo u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Osim uzorka satne potrošnje vode za stanovništvo kreiran je i uzorak za gašenje požara koji je definiran u vremenu od dva sata jer toliko iznosi i minimalno trajanje gašenja požara definirano u *Poglavlju 3*. Multiplikator vezan za gašenje požara jednak je 1,0 u periodu od 12 do 14 sati kada se javlja i najveća satna potrošnja vode (*Slika 81*).

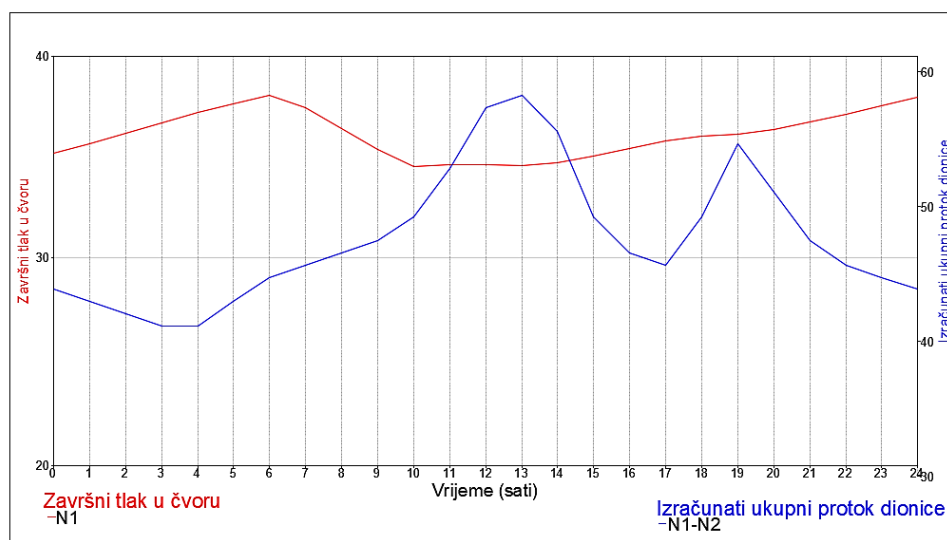


Slika 81: Definiranje uzorka za potrošnju vode pri gašenju požara u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Uzorak za gašenje požara dodijelit će se potrebama vode koje se odnose na požar („*Požar 1*“, „*Požar 2*“, ...).

9.3.1. Scenarij „Ljeto“

Scenarij „Ljeto“ obuhvaća potrebe za vodom koje se odnose na stanovništvo i turiste u privatnom smještaju za koje je dodijeljen uzorak potrošnje za stanovništvo te velike potrošače, odnosno sve hotele i kamp koji se nalaze na projektiranom području. Hidraulički proračun provodi se za vremensko razdoblje od 24 sata, te je stoga moguće pregledati rezultate proračuna za svaki sat u toku jednog dana. Ukoliko se nasumce odabere neka od dionica u sustavu vidljivo je kako se najveći protok javlja u 13 sati kada je i satna potrošnja maksimalna, a što je i prikazano grafom na *Slici 82*. Na grafu je također prikazana i promjena radnog tlaka tijekom vremena za čvor N1 te se tlak kreće između 30 i 40 mv.st. čime su radni tlakovi zadovoljeni.



Slika 82: Oscilacija protoka na dionici N1-N2 i tlaka u čvoru N1

Ogranci koje imaju najveće brzine toka u vremenu maksimalne satne potrošnje prikazane su u *Tablici 12*. Najveće brzine ne prelaze 2 m/s što je važno kako ne bi došlo do oštećenja cijevi i turbulencija. Najmanje brzine toka vode od 0,0018 m/s javljaju se na kratkim dionicama čiji su promjeri 100 mm. Ogranci su definirani za dionice na kojima se javljaju lomovi, a koje Urbano Hydra program prepoznaje kao čvor što zapravo oni nisu. Zbog lakšeg pregleda neke dionice (VS-PK_1-PK_2-...-PK) međusobno su spojene u ogranak, a čvorovi između njih označeni su kao nevidljivi čvorovi.

Tablica 12. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto"

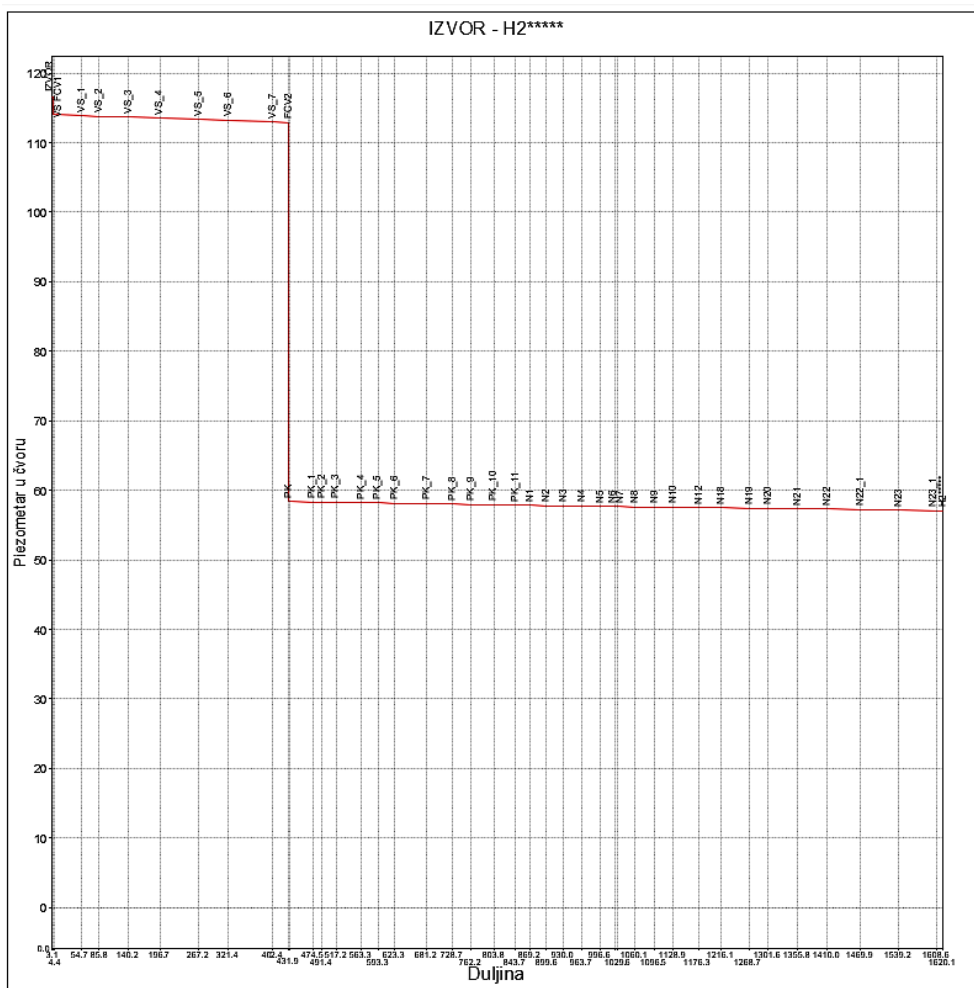
Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
IZVOR-VS	70,00	0,99	300
V-PK	66,23	0,94	300
PK-N1	66,23	0,94	300
N1-N2	58,26	0,82	300
N2-N3	57,94	0,82	300
N3-N4	57,60	0,81	300
N4-N5	54,97	0,78	300
N5-N6	54,65	0,77	300
N6-N7	54,22	0,77	300
N7-N8	54,10	0,77	300

Radni tlakovi unutar mreže moraju se kretati između 2,5 i 6 bara. Problem prevelikih tlakova u mreži riješen je izgradnjom prekidne komore pa maksimalni tlak u sustavu iznosi 5,715 bara za čvor N22. Potrebno je utvrditi ako tlakovi zadovoljavaju minimume, stoga je u *Tablici 13.* dan prikaz deset čvora s najmanjim i najvećim radnim tlakovima gdje je najmanji tlak na čvoru P85 i iznosi 3,164 bara.

Tablica 13: Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij „Ljeto“

Čvor/ priključak	Ukupne potrebe [l/s]	Kota piezometarske linije [mn.m.]	Radni tlak [mv.st.]
P85	0,07	57,12	31,64
P82	0,04	57,14	32,43
P83	0,04	57,13	33,39
P84	0,03	57,12	33,76
P87	0,05	57,10	33,78
P80	0,05	57,17	33,91
P86	0,05	57,10	33,93
P88	0,05	57,10	34,04
P81	0,05	57,15	34,10
P101	0,06	57,08	34,30
N22	0,37	56,37	57,15
N23_1	0,00	56,08	55,49
N23	0,47	56,17	55,48
N22_1	0,41	56,28	55,47
N66	0,11	56,28	55,23
N67	0,10	56,28	55,12
N65	0,11	56,28	54,53
H2*****	16,20	56,06	54,44
P74	0,03	56,28	54,40
P75	0,03	56,28	54,35

Pad piezometarske linije moguće je prikazati i grafički tako da se unutar funkcije „Hidraulički proračun“ odabere „Graf po udaljenosti“ nakon čega se odredi koji dio vodoopskrbne mreže će biti prikazan. Na *Slici 83.* dan je graf koji prikazuje pad piezometarske linije od izvora do Hotela 2***** u 13 sati kada je i najveća satna potrošnja. Vidljivo je kako kota piezometarske linije naglo pada kod prekidne komore upravo zbog korištenja FCV ventila za regulaciju protoka.



Slika 83: Kota piezometarske linije od izvora do Hotela 2***** u 13 sati za scenarij „Ljeto“

9.3.2. Scenarij „Ljeto + Požar 1“

Tokom ljetnih mjeseci postoji povećana opasnost od izbijanja požara zbog dugih i sušnih razdoblja kao i neodgovornosti pojedinaca. Stoga je u mreži potrebno osigurati dovoljnu količinu vode koja će poslužiti za gašenje požara u slučaju da to zatreba. „Požar 1“ dodan je kao točkasta potreba od 10 l/s (određeno u *Podpoglavlju 3.3.*) na čvoru gdje se nalazi Hotel 2***** te mu je dodijeljen i uzorak potrošnje vode za gašenje požara. Potom je kreiran scenarij „Ljeto + Požar 1“ kojim je obuhvaćeno stanovništvo i turisti u privatnom smještaju, hotelu i kampu kao i požar u čvoru gdje se nalazi Hotel 2***** . Zatim se ponovo provodi hidraulički proračun u vremenu, a novo izračunati rezultati se spremaju. Ukoliko se rezultati proračuna tablično pregledaju vidljivo je kako su brzine unutar ovog scenarija nešto veće nego za scenarij „Ljeto“ što ne čudi obzirom da se dimenzije cijevi ostale iste, a protoci se povećali te shodno tome i brzine narasle (*Tablica 14.*). Međutim, najveće brzine vode ne

prelaze propisanu granicu od 2 m/s te stoga zadovoljavaju u pogledu hidrauličke otpornosti cijevi. Minimalne brzine iznose oko 0,002 m/s te prevladavaju na kratkim dionicama čiji su promjeri 100 mm.

Tablica 14. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 1"

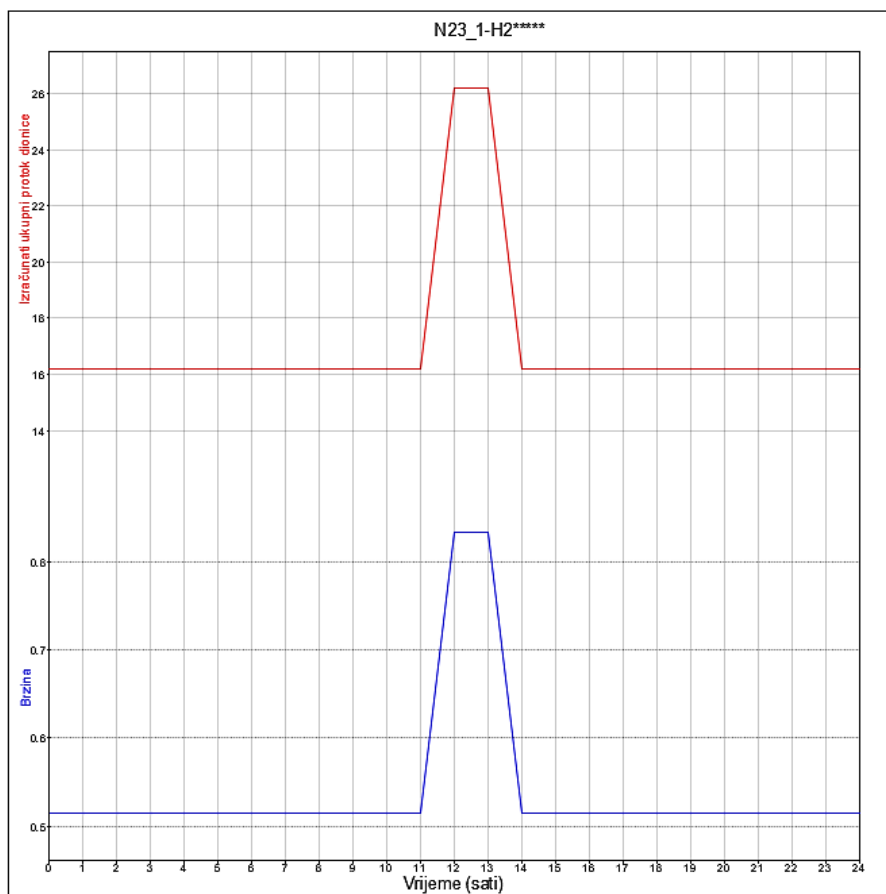
Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
PK-N1	76,23	1,08	300
IZVOR-VS	70,00	0,99	300
N1-N2	68,26	0,97	300
N2-N3	67,94	0,96	300
N3-N4	67,60	0,96	300
VS-PK	66,23	0,94	300
N4-N5	64,97	0,92	300
N5-N6	64,65	0,91	300
N6-N7	64,22	0,91	300
N7-N8	64,10	0,91	300

Ukoliko se promatraju tlakovi unutar mreže vidljivo je kako su oni nešto manji nego u scenariju „Ljeto“. Tablica 15. prikazuje čvorove s najvećim i najmanjim radnim tlakovima koji su unutar dozvoljenih 2,5 odnosno 6 bara.

Tablica 15. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 1"

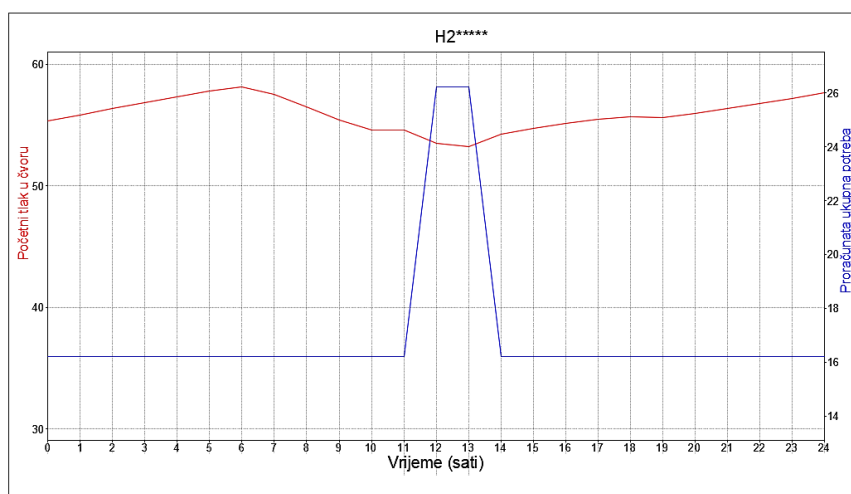
Čvor/ priključak	Ukupne potrebe [l/s]	Kota piezometarske linije [mn.m.]	Radni tlak [mv.st.]
P85	0,07	56,57	31,09
P82	0,04	56,59	31,88
P83	0,04	56,58	32,84
P84	0,03	56,57	33,21
P87	0,05	56,55	33,23
P80	0,05	56,62	33,37
P86	0,05	56,55	33,38
P88	0,05	56,55	33,49
P81	0,05	56,61	33,55
P101	0,06	56,54	33,75
N22	0,37	55,48	56,25
N22_1	0,41	55,32	54,51
N23	0,47	55,14	54,44
N66	0,11	55,38	54,34
N23_1	0,00	54,90	54,32
N67	0,10	55,38	54,22
N65	0,11	55,38	53,63
P74	0,03	55,38	53,50
P75	0,03	55,38	53,46
N68	0,09	55,38	53,36

Na dijagramu brzina i protoka za scenarij „Ljeto + Požar 1“ vidljive su nagle promjene koje se pojavljuju u vrijeme maksimalne satne potrošnje vode prema definiranom uzorku za požar. Skok u dijagramu protoka iznosi 10 l/s što je zapravo potrebna količina vode za gašenje požara, a zbog toga se događa i skok u dijagramu brzina (Slika 84.).



Slika 84: Dijagram protoka i brzina na dionici N23_1 - H2***** za scenarij "Ljeto + Požar 1"

Ukoliko se promatraju tlakovi u čvoru H2***** gdje je definiran „Požar 1“ može se uočiti kako se uslijed povećanja potreba čvora smanjuje radni tlak na 5,32 bara što zadovoljava vrijednosti minimalnih i maksimalnih tlakova (Slika 85.).



Slika 85: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru H2***** za scenarij "Ljeto + Požar 1"

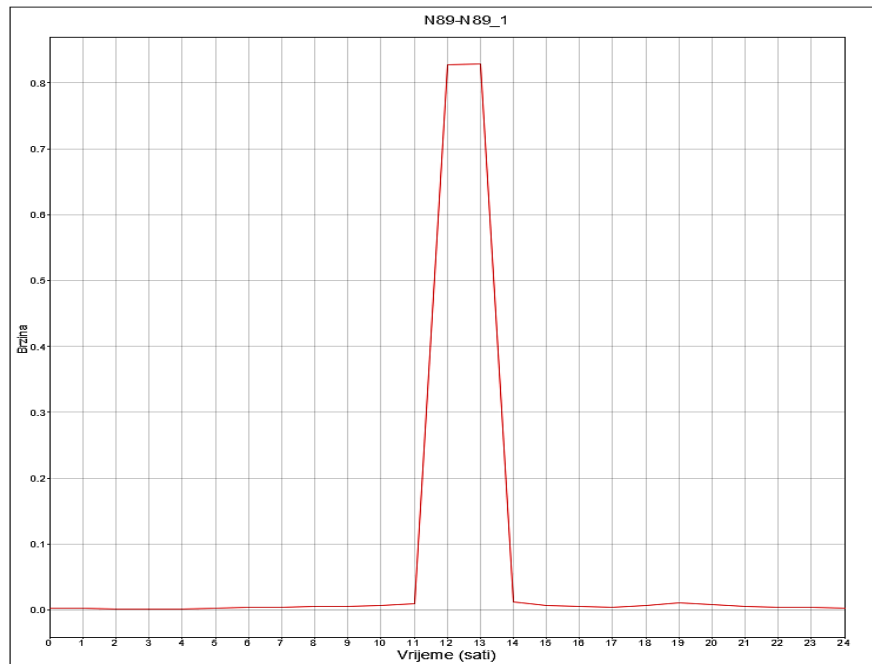
9.3.3. Scenarij „Ljeto + Požar 2“

Unutar ovog scenarija obuhvaćene su ponovo sve potrebe za vodom koje se javljaju u ljetnim mjesecima, a uključuju stanovništvo i turiste u raznom smještaju kao i mogući požar na promatranom području. Na čvoru N89_1 dodan je požar kao točkasta potreba u iznosu od 10 l/s te mu je dodijeljen uzorak potrošnje vode za gašenje požara. Potom je potrebno provesti hidraulički proračun u vremenu prema definiranom scenariju. Rezultate je potrebno spremati te uočiti promjene koje su se dogodile definiranjem požara na drugom mjestu unutar mreže. Ukoliko se promatraju brzine toka voda, one ponovo zadovoljavaju uvjet da ne prelaze 2 m/s što je i prikazano *Tablicom 16*. Najmanje brzine iznose 0,0018 m/s na dionicama duljine 2 m i promjera 100 mm.

Tablica 16. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2"

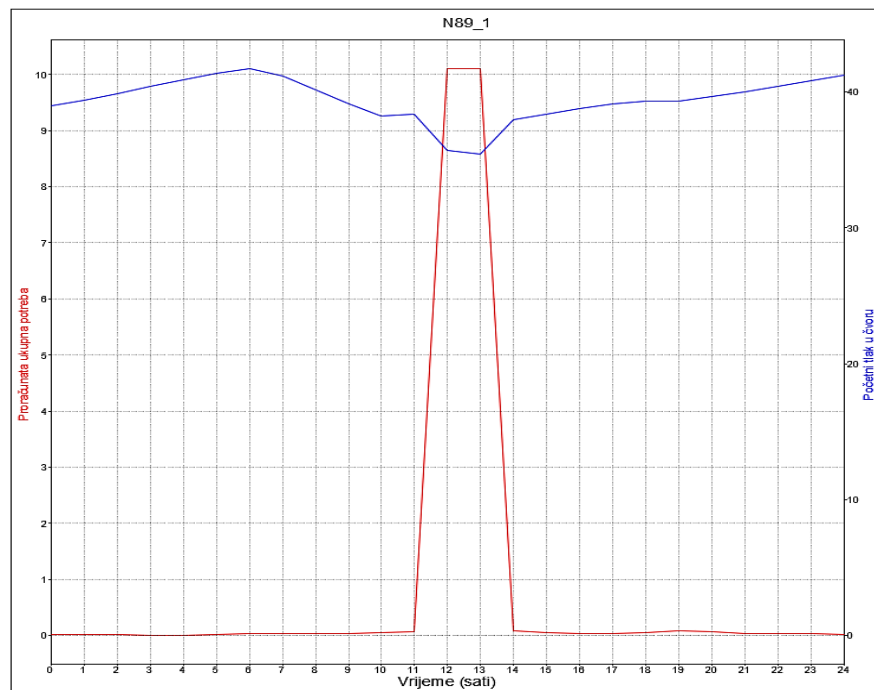
Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
PK-N1	76,23	1,08	300
IZVOR-VS	70,00	0,99	300
VS-PK	66,23	0,94	300
N86-N87	10,56	0,86	125
N87-N88	10,46	0,85	125
N1-N71	15,01	0,85	150
N88-N89	10,31	0,84	125
N89-N89_1	10,17	0,83	125
N1-N2	58,26	0,82	300
N2-N3	57,94	0,82	300

Promatranjem brzine dionice na kojoj se događa „Požar 2“ vidljiv je skok brzine u vremenu maksimalne satne potrošnje kada se pojavljuje i požar. U tom periodu brzina vode postiže vrijednost od 0,83 m/s što je i prikazano na *Slici 86*.



Slika 86: Dijagram brzina na dionici N89-N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2"

Promatranjem ukupne potrebe i tlakova u čvoru N89_1 dolazi se do zaključka kako sa porastom potrebe u čvoru dolazi do pada tlaka na vrijednost 3,54 bara. Tlak se ponovo podiže nakon isteka vremena maksimalne satne potrošnje kada protok u čvoru pada (Slika 87.).



Slika 87: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2"

Minimalni tlak unutar ovog scenarija iznosi 2,995 bara za čvor P85, dok je vrijednost maksimalnog tlaka 5,660 bara za čvor N22. Tlakovi u potpunosti zadovoljavaju, a popis deset čvorova s najmanjim i najvećim tlakovima dan je u *Tablici 17*.

Tablica 17. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2"

Čvor/ priključak	Ukupne potrebe [l/s]	Kota piezometarske linije [mn.m.]	Radni tlak [mv.st.]
P85	0,07	53,43	29,95
P82	0,04	55,72	31,00
P101	0,06	54,26	31,47
P87	0,05	55,14	31,82
P83	0,04	55,62	31,88
P86	0,05	55,18	32,01
P88	0,05	55,09	32,03
P84	0,03	55,53	32,17
P80	0,05	56,04	32,79
P81	0,05	55,91	32,86
N22	0,37	55,82	56,60
N23_1	0,00	55,53	54,95
N23	0,47	55,63	54,93
N22_1	0,41	55,73	54,92
N66	0,11	55,73	54,68
N67	0,10	55,73	54,57
N65	0,11	55,73	53,98
H2*****	16,20	55,51	53,89
P74	0,03	55,73	53,85
P75	0,03	55,73	53,81

9.3.4. Scenarij „Zima“

Scenarij „Zima“ kreiran je kako bi se uvidjeli tlakovi i protoci u mreži tijekom zimskog perioda kada nema turista ili ih ima u puno manjem postotku. U obzir su uzete potrebe od stanovništva i hotela koji rade u smanjenom opsegu pa se njihove potrebe množe s koeficijentom 0,5. Kamp je u zimskim mjesecima zatvoren, turista u privatnom smještaju nema, a pretpostavlja se da neće biti ni požara. Za očekivati je kako će tijekom zime tlakovi u mreži biti veći, a brzine manje zbog smanjenih protoka. U *Tablici 18*. dan je prikaz ogranaka s najvećim brzinama te je vidljivo kako su te brzine doista manje nego u prethodnim scenarijima. No, ukoliko se promatraju radni tlakovi u čvorovima uočiti će se da su oni veći nego u prethodnim scenarijima pa tako najmanji tlak iznosi 3,361 bara u čvoru P85, a najveći 5,97 bara u čvoru N22 (*Tablica 19*.). Ponovo, tlakovi unutar mreže u potpunosti zadovoljavaju zahtijevane radne tlakove.

Tablica 18. Deset ogranaka s najvećim brzinama u 13 sati za scenarij "Zima"

Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
VS-PK	66,23	0,94	300
PK-N1	24,28	0,34	300
N1-N2	22,64	0,32	300
N2-N3	22,57	0,32	300
N3-N4	22,50	0,32	300
N4-N5	22,45	0,32	300
N5-N6	22,39	0,32	300
N6-N7	22,30	0,32	300
N7-N8	22,28	0,32	300
N8-N9	22,21	0,31	300

Tablica 19. Deset čvorova s najmanjim i najvećim radnim tlakovima u 13 sati za scenarij "Zima"

Čvor/ priključak	Ukupne potrebe [l/s]	Kota piezometarske linije [mn.m.]	Radni tlak [mv.st.]
P85	0,01	59,08	33,61
P82	0,01	59,08	34,37
P83	0,01	59,08	35,34
P84	0,01	59,08	35,71
P87	0,01	59,08	35,76
P80	0,01	59,08	35,83
P86	0,01	59,08	35,91
P88	0,01	59,08	36,02
P81	0,01	59,08	36,02
P101	0,01	59,08	36,29
N22	0,08	58,92	59,70
N23_1	0,00	58,84	58,26
N23	0,10	58,87	58,17
N22_1	0,08	58,90	58,09
N66	0,02	58,91	57,87
N67	0,02	58,91	57,75
H2*****	8,10	58,84	57,21
N65	0,02	58,91	57,16
P74	0,01	58,91	57,03
H1*****	7,09	58,86	57,01

9.3.5. Usporedba scenarija

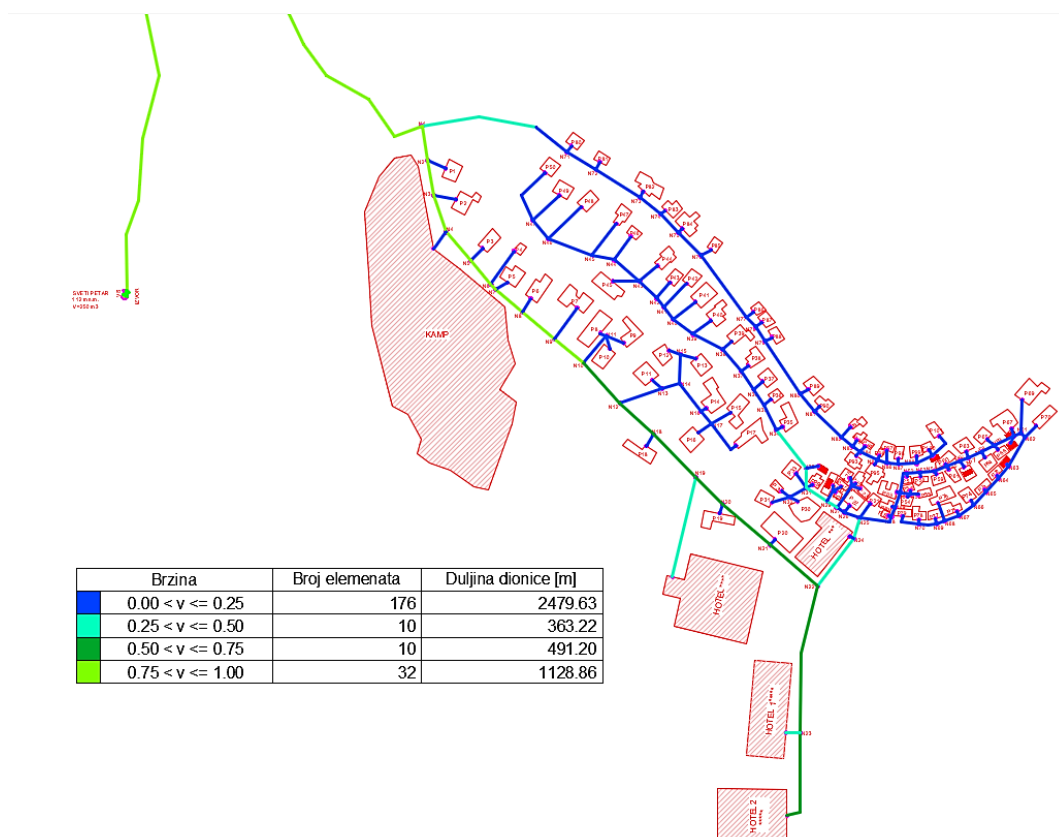
Za kraj, dani su tablični i grafički pregledi rezultata provedenog hidrauličkog proračuna za različite scenarije. U Tablici 20. prikazane su najveće brzine za četiri scenarija kreiranih za ljeto, ljeto i mogući požar te za zimu. Moguće je uočiti kako su brzine najveće za scenarij „Ljeto + Požar 1“ gdje se požar javlja u čvoru Hotel 2*****. Za taj scenarij javljaju se i najveći protoci, a dimenzije cijevi nisu se mijenjale jer su dimenzionirane za maksimalne protoke koji se javljaju unutar vodoopskrbne mreže, pa stoga ne čudi kako su i brzine najveće što je i grafički prikazano na slikama u nastavku. Po istom principu promatranja uočljivo je

kako se za scenarij „Zima“ javljaju najmanje vrijednosti brzina jer su naravno i protoci tada relativno mali uslijed neopterećenosti mreže turistima u privatnom smještaju kao i smanjenim kapacitetom rada hotela. Također je iz tablice vidljivo kako najveće brzine unutar svih scenarija ne prelaze granicu od 2 m/s što osigurava dugotrajnost cijevi vodoopskrbnog sustava.

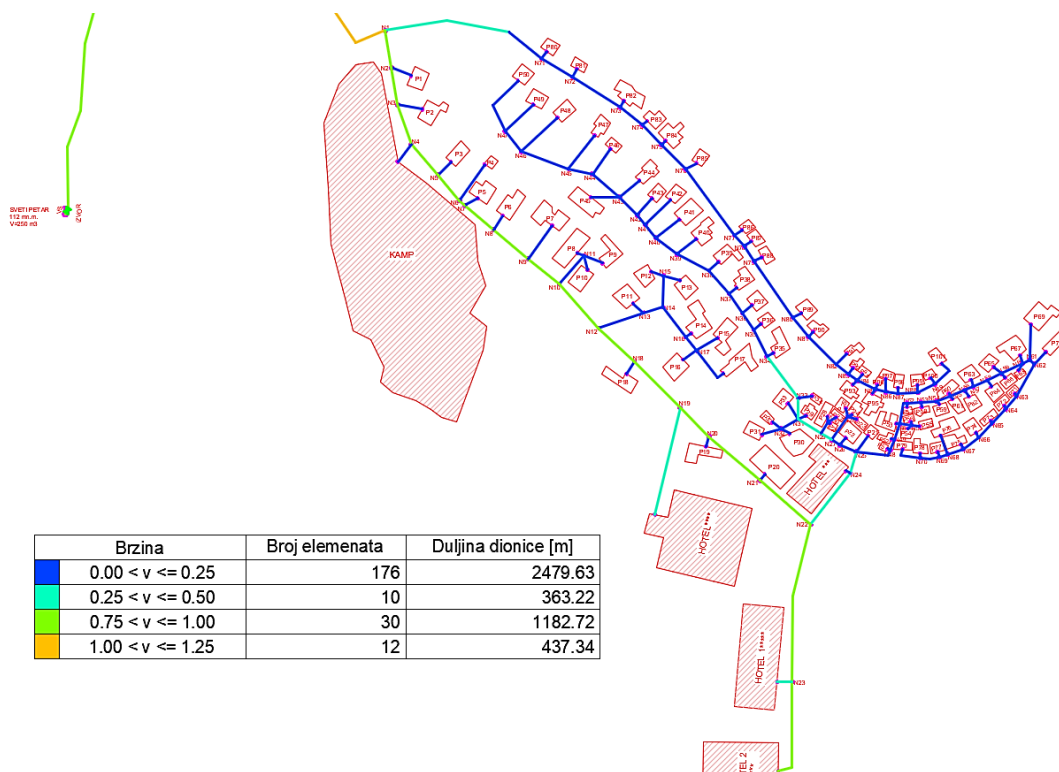
Tablica 20. Maksimalne brzine za deset ogranaka i različite scenarije u vrijeme maksimalne satne potrošnje

OGRANCI	LJETO	LJETO + POŽAR 1	LJETO + POŽAR 2	ZIMA
IZVOR-VS	0,99	0,99	0,99	0,00
V-PK	0,94	0,94	0,94	0,94
PK-N1	0,94	1,08	1,08	0,34
N1-N2	0,82	0,97	0,82	0,32
N2-N3	0,82	0,96	0,82	0,32
N3-N4	0,81	0,96	0,81	0,32
N4-N5	0,78	0,92	0,78	0,32
N5-N6	0,77	0,91	0,77	0,32
N6-N7	0,77	0,91	0,77	0,32
N7-N8	0,77	0,91	0,77	0,32

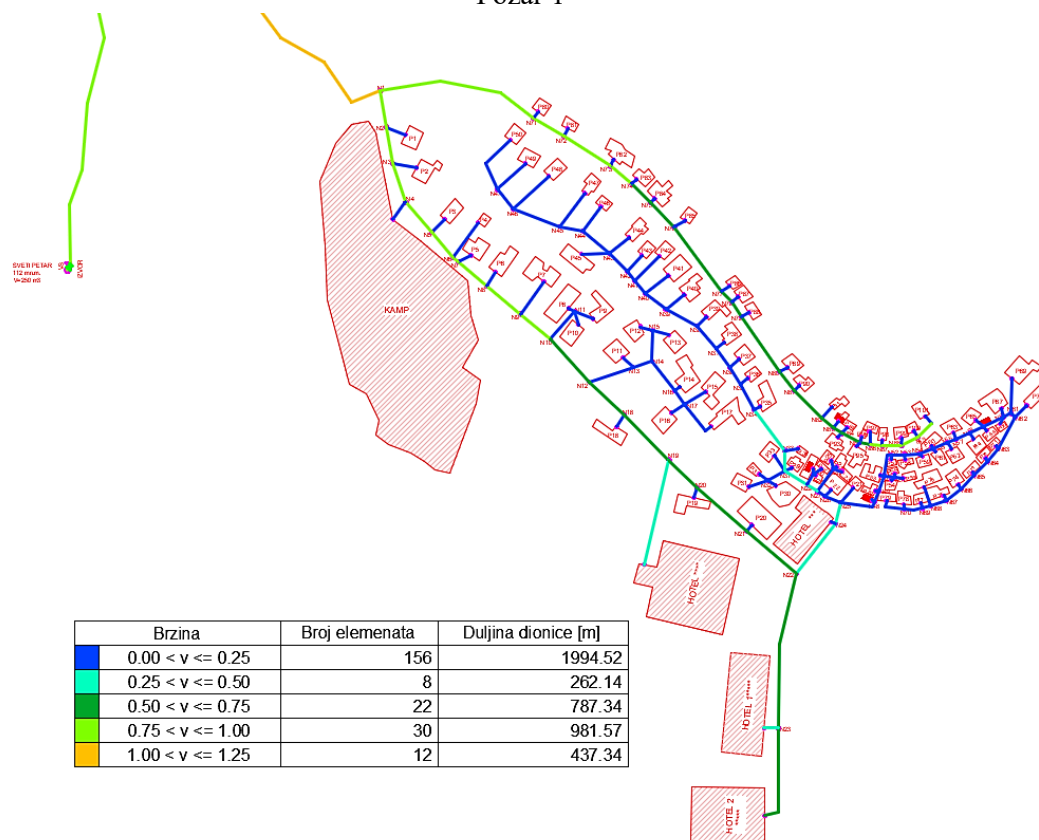
Pomoću *Tematske mape: 4 Brzine tečenja-V* za dionice unutar Urbano Hydra sučelja moguće je grafički prikazati raspodjelu brzina unutar sustava, stoga je na slikama u nastavku to i vidljivo.



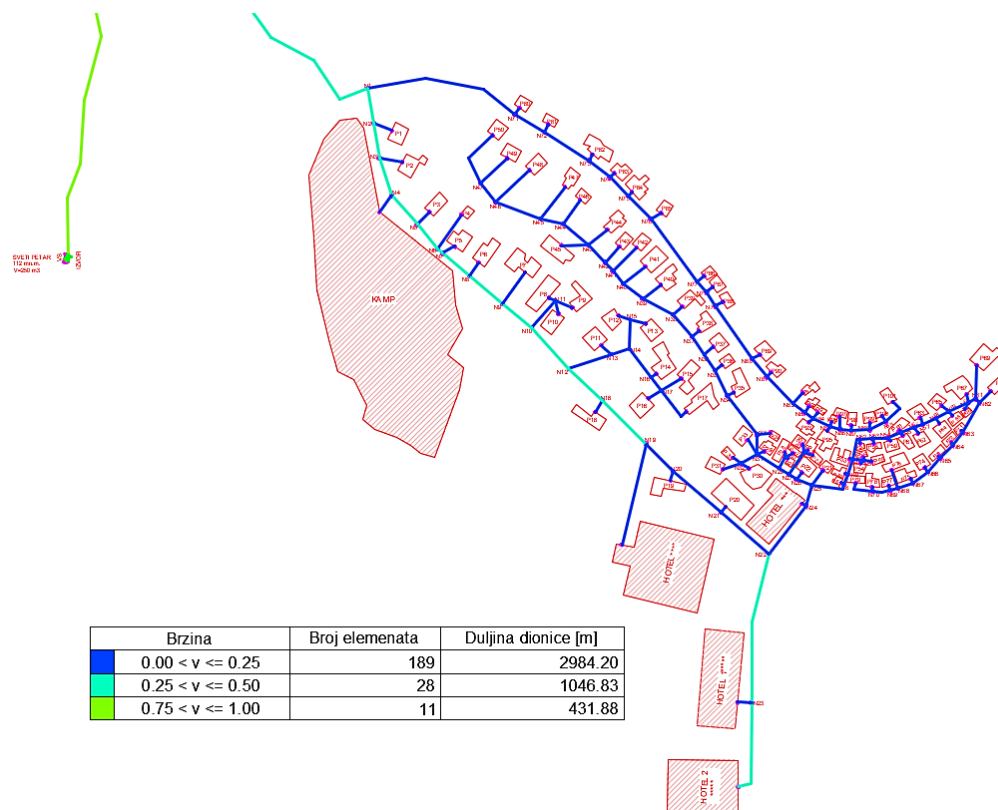
Slika 88: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto"



Slika 89: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 1"



Slika 90: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto +Požar 2"



Slika 91: Prikaz promjene brzine toka vode unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Zima"

Usporedba je napravljena i za radne tlakove u mreži, odnosno u čvorovima, a koji ne smiju biti manji od 25 mv.st. (2,5 bara) kako bi u svakom trenutku korisnici vodne usluge imali na raspolaganju dovoljne količine vode shodno njihovim potrebama, ali ni veći od 60 mv.st. (6 bara) što je za duktilne cijevi maksimum koji one mogu podnijeti. Tablicom 21. prikazani su čvorovi/priključci koji imaju najmanje tlakove u sustavu, ali isti nisu manji od 25 mv.st. Scenarij „Ljeto + Požar 2“ ima najmanje tlakove u usporedbi s drugim scenarijima. Navedeni priključci najudaljeniji su od vodospreme/prekidne komore stoga imaju i veće gubitke koji utječu na vrijednost tlaka, a također su i na nešto većim kotama terena u usporedbi sa čvorovima smještenim uz obalnu liniju.

Tablica 21. Deset čvorova s najmanjim vrijednostima tlaka za različite scenarije u vremenu maksimalne satne potrošnje

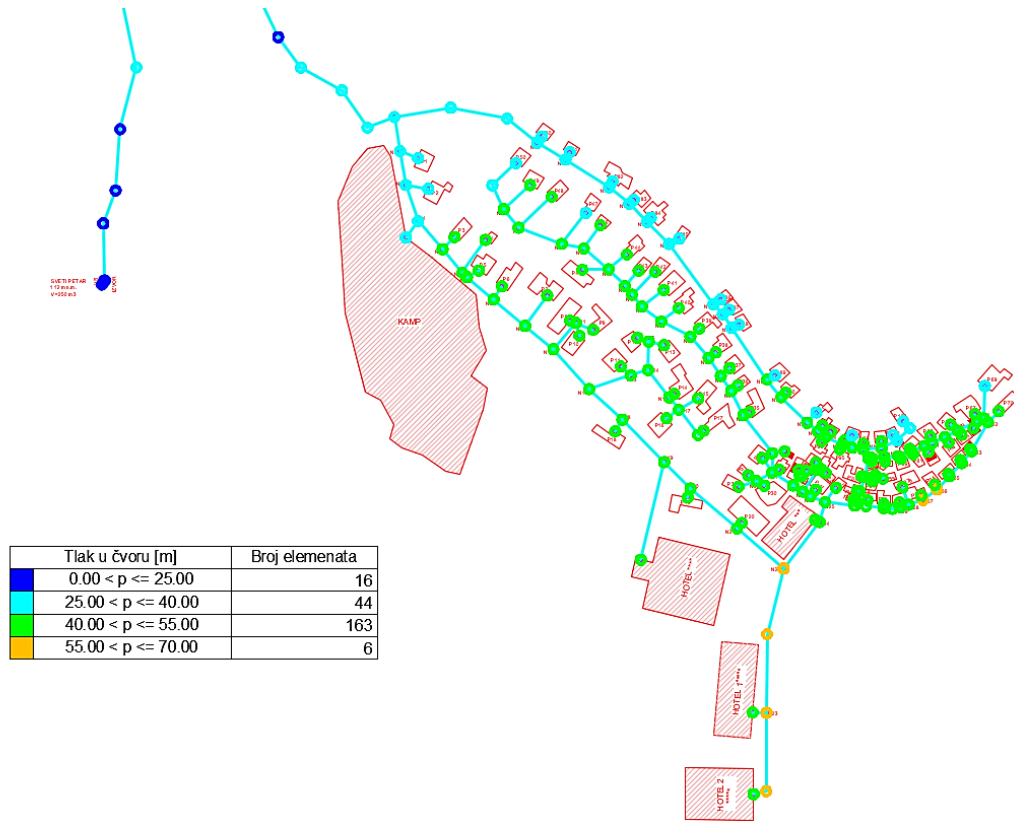
Čvor/ priključak	LJETO	LJETO + POŽAR 1	LJETO + POŽAR 2	ZIMA
P85	31,64	31,09	29,95	33,61
P82	32,43	31,88	31,00	34,37
P83	33,39	32,84	31,47	35,34
P84	33,76	33,21	32,17	35,71
P87	33,78	33,23	31,82	35,76
P80	33,91	33,37	32,79	35,83
P86	33,93	33,38	32,01	35,91
P88	34,04	33,49	32,03	36,02
P81	34,10	33,55	32,86	36,02
P101	34,30	33,75	31,47	36,29

Promatranjem vrijednosti najvećih tlakova koji se pojavljuju u projektiranoj mreži uočeno je kako scenarij „Zima“ posjeduje veće tlakove od ostalih scenarija. Tome svakako pridonosi činjenica da su potrebe za vodom manje, kao i da se prikazani čvorovi s najvećim tlakovima u Tablici 22. nalaze tik u more pa je visinska razlika od vodospreme/prekidne komore veća nego što je bila za čvorove u prethodnoj tablici.

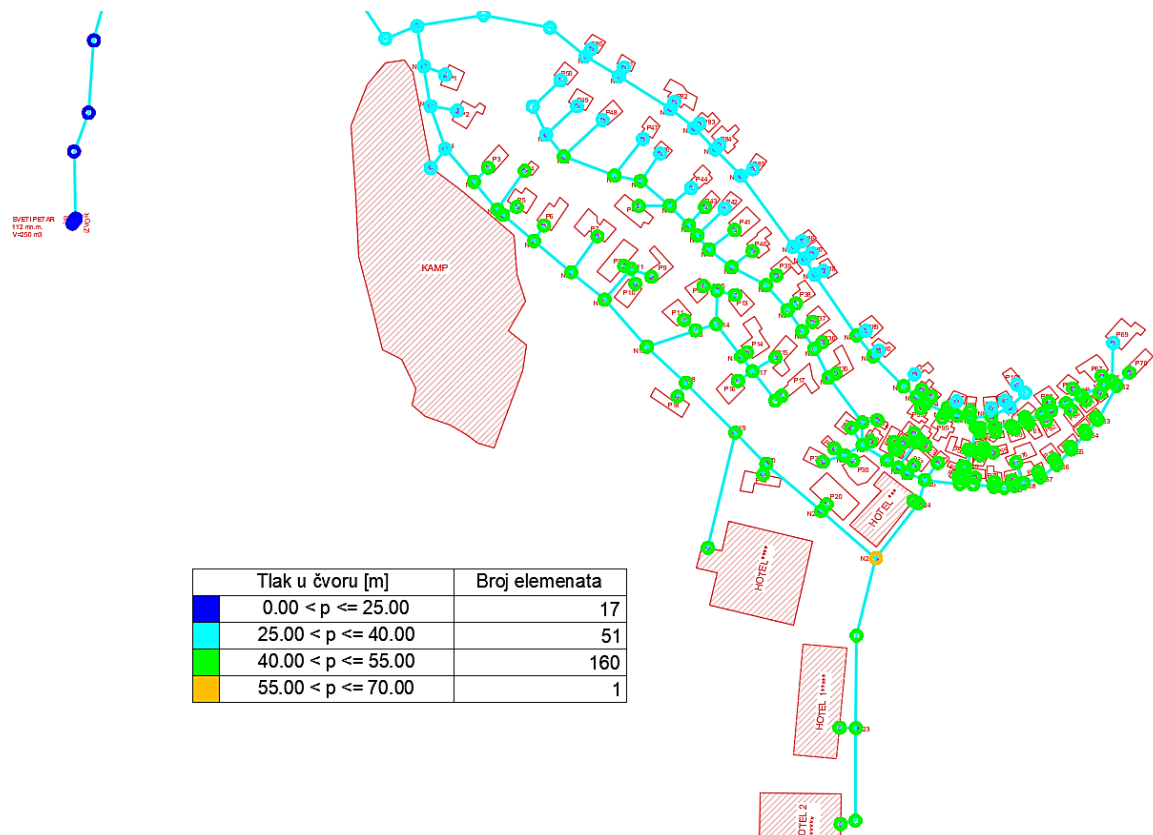
Tablica 22. Deset čvorova s najvećim vrijednostima tlaka za različite scenarije u vremenu maksimalne satne potrošnje

Čvor/ priključak	LJETO	LJETO + POŽAR 1	LJETO + POŽAR 2	ZIMA
N22	57,15	56,25	56,60	59,70
N23_1	55,49	54,32	54,95	58,26
N23	55,48	54,44	54,93	58,17
N22_1	55,47	54,51	54,92	58,09
N66	55,23	54,34	54,68	57,87
N67	55,12	54,22	54,57	57,75
N65	54,53	53,63	53,98	57,16
H2*****	54,44	53,24	53,89	57,21
P74	54,40	53,50	53,85	57,03
P75	54,35	53,46	53,81	56,99

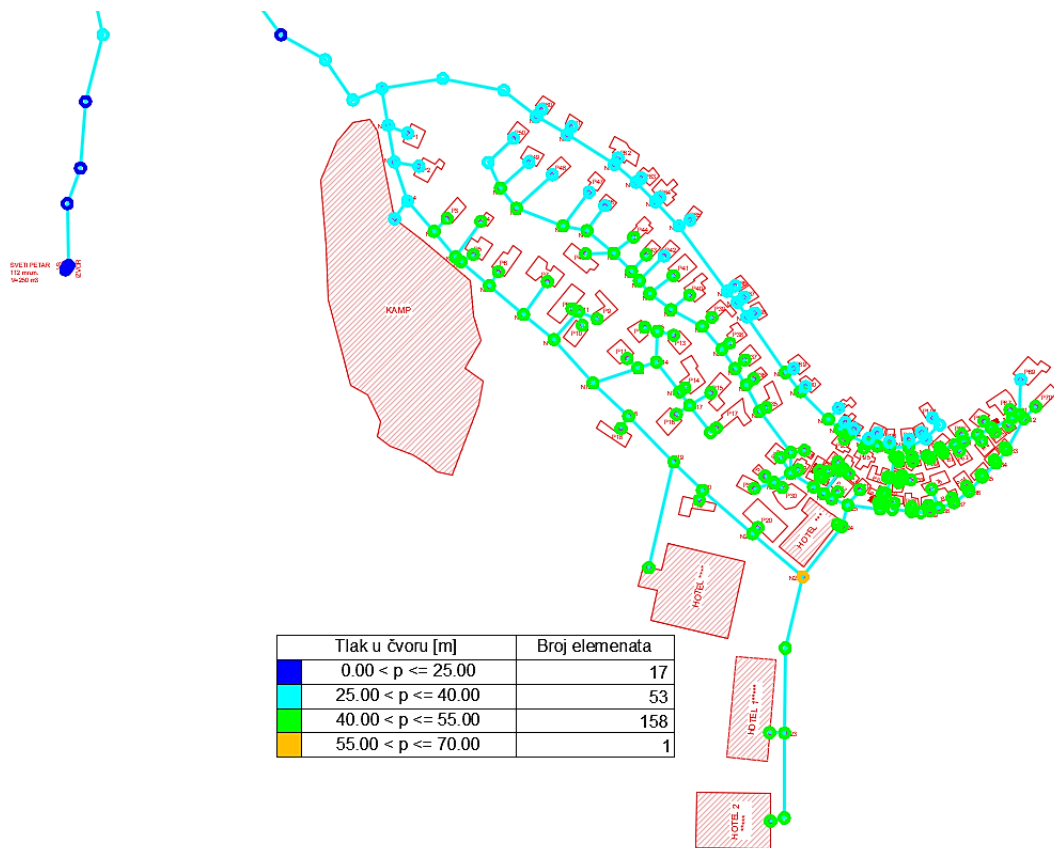
Za tlakove u čvorovima također je kreirana *Tematska mapa: 1 Tlakovi-V* koja pomoću kružića u različitim bojama označava promjenu radnih tlakova unutar vodoopskrbne mreže što je prikazano na slikama u nastavku za različite scenarije.



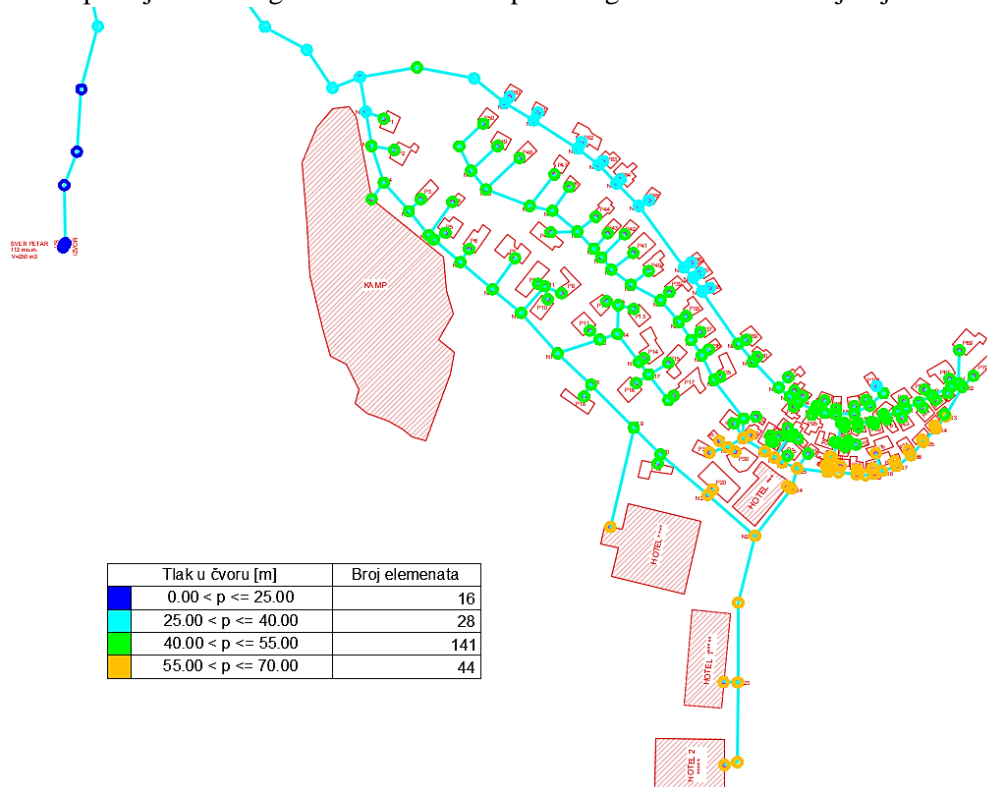
Slika 92: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto"



Slika 93: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 1"



Slika 94: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Ljeto + Požar 2"



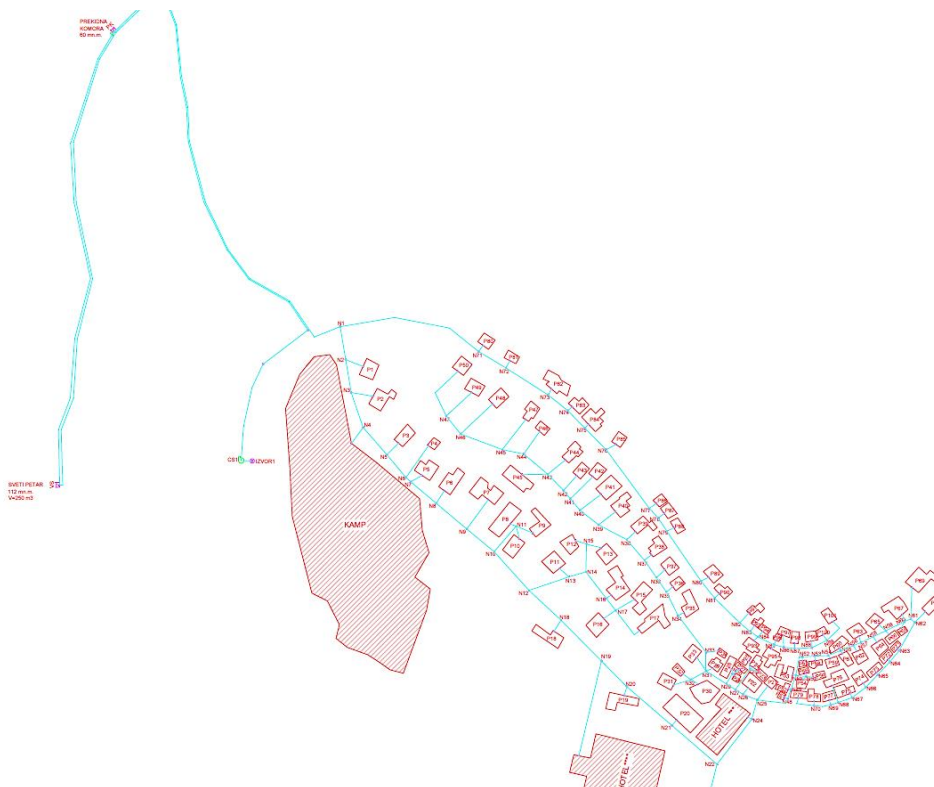
Slika 95: Prikaz promjene radnog tlaka unutar vodoopskrbnog sustava za scenarij "Zima"

10. HIDRAULIČKA ANALIZA DOTOKA VODE U VODOSPREMU CRPLJENJEM UNUTAR URBANO HYDRA 10.3 RAČUNALNOG PROGRAMA

Crpna stanica za naselje Mošćenička Draga predviđa se na tri potencijalne lokacije za koje je proračun proveden u Poglavlju 6. Iako je konfiguracija terena takva da omogućava gravitacijski dotok vode u vodospremu Sv. Petar, napravljena je i varijanta sa dotokom vode crpljenjem u slučaju nemogućnosti gravitacijskog snabdijevanja vodom. Hidraulička analiza provedena je u vremenu za tri varijante sa različitim dispozicijama crpnih stanica u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu.

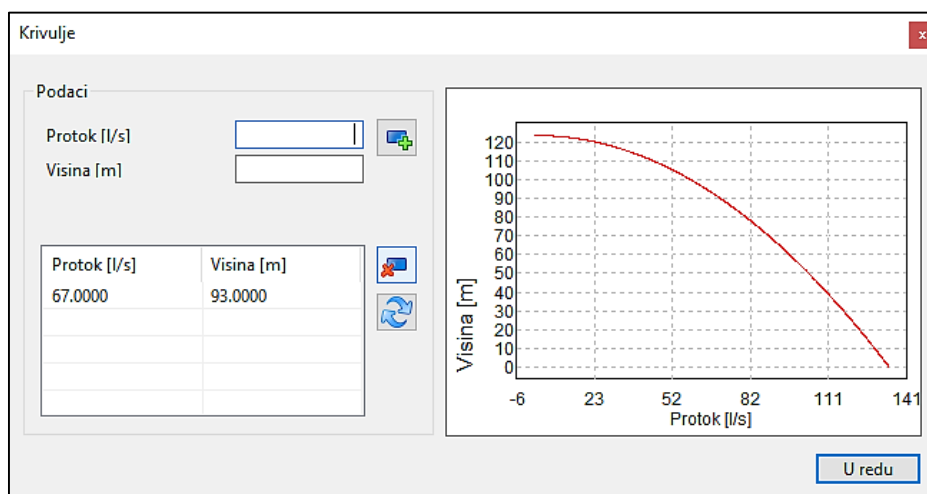
10.1. Varijanta 1 dispozicije crpne stanice

Prva varijanta prikazuje izvorište koje se nalazi na zapadnoj stranu naselja Mošćenička Draga na nadmorskoj visini od 35 mn.m., dok je crpna stanica smještena 10 metara od izvorišta na nadmorskoj visini od 38 mn.m. (Slika 96.). Voda se lijevanoželjeznim cjevovodom promjera 250 mm i dužine 1042 m doprema u vodospremu Sv. Petar na koti od 112 mn.m pomoću crpke.



Slika 96: Dispozicija crpne stanice CS1 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 1

U proračunu provedenom u *Podpoglavlju 6.2.* crpna stanica sastoji se od četiri crpke (dvije glavne i dvije rezervne) pri čemu svaka crpka podiže protok od 67 l/s na visinu od 46,5 m. Zbog pojednostavljena unutra Urbano Hydra programa definira se jedna crpka koja će zamijeniti dvije glavne te će imati protok od 67 l/s i dizati ga na visinu 93 m. Stoga je najprije potrebno definirati krivulju pumpe koja će se koristiti za proračun pomoću *Hydra* funkcije „Definicija krivulja i uzoraka“. Potrebno je otvoriti novi predložak naziva „Krivulja pumpe“ i upisati podatke koji su mjerodavni za crpku, a to su protok i visina. Nakon definiranja tih parametara dobije se krivulja sa *Slike 97.* Zatim je potrebno postaviti hidrauličku opremu čvora u vidu izvora i pumpe. Izvor je definiran na koti 35 mn.m. s tlačnom visinom vode na izvoru od 3,0 m. Pumpa je definirana pomoću prethodno kreirane krivulje sa *Slike 97.* i za nju je potrebno kreirati pravila koja će određivati njezin rad. Pravila su povezana sa razinom vode u vodospremi, odnosno kada je razina vode u vodospremi manja od 1,60 m tada crpka počinje sa radom, a ukoliko je razina vode veća od 4,80 m tada crpka prestaje raditi.



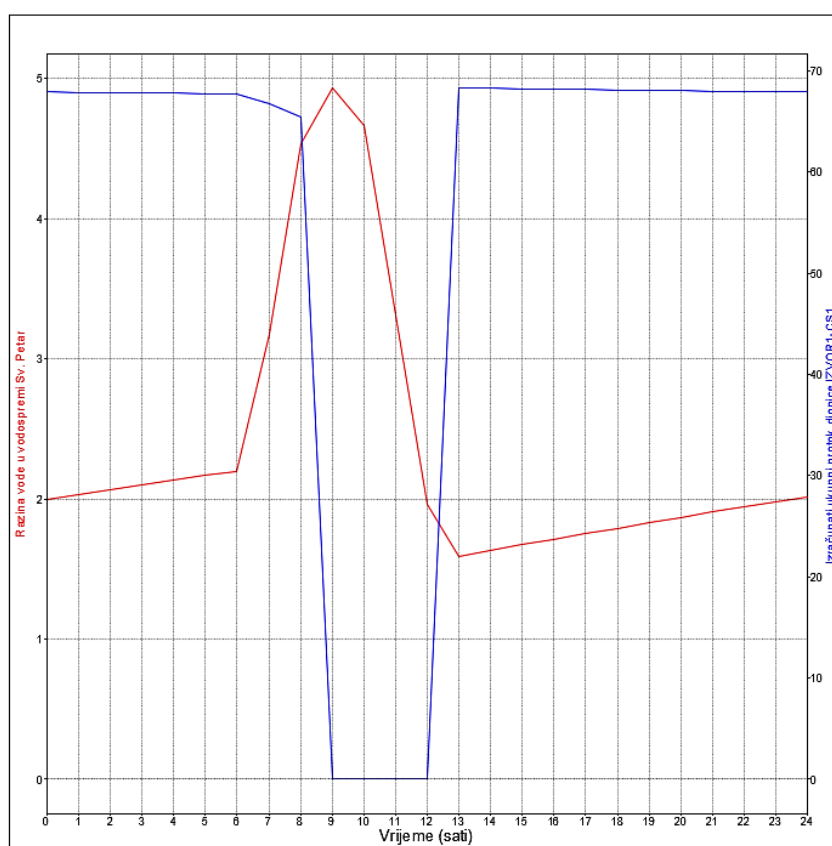
Slika 97: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 1 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Hidraulički proračun proveden je u vremenu te su dobiveni zadovoljavajući rezultati protoka za kreirani scenarij koji obuhvaća potrebe za vodom za stanovništvo i turiste u privatnom i drugom smještaju. U *Tablici 23.* prikazano je deset dionica s najvećim brzinama toka vode te je moguće uočiti kako se najveće brzine javljaju na dionicama između izvorišta i crpke stanice, te između crpne stanice i vodospreme Sv. Petra na kojima se javlja i najveći protok od 68,31 l/s.

Tablica 23. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 1

Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
IZVOR1-CS1	68,31	1,39	250
CS1-VS	68,31	1,39	250
VS-PK	66,23	0,94	300
PK-N1	66,23	0,94	300
N1-N2	58,26	0,82	300
N2-N3	57,94	0,82	300
N3-N4	57,60	0,81	300
N4-N5	54,97	0,78	300
N5-N6	54,65	0,77	300
N6-N7	54,22	0,77	300

Na *Slici 98.* prikazan je rad crpke obzirom na razinu vode u vodospremi te je vidljivo kako crpka ne radi samo u periodu od 09 do 12 sati kada razina vode u vodospremi dostiže iznos od 4,8 m.

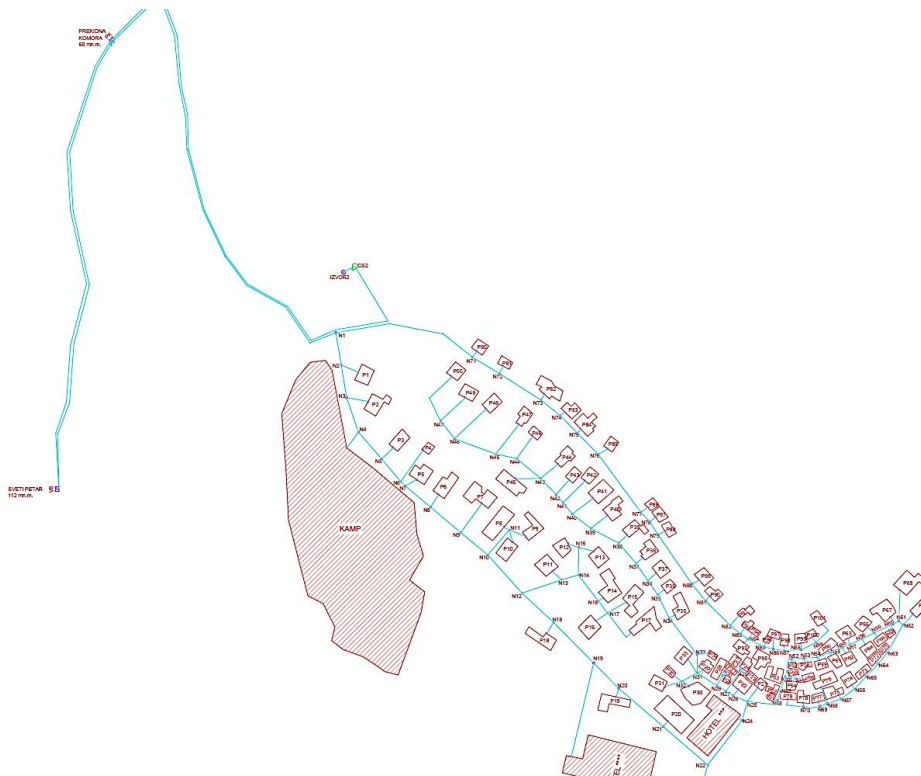


Slika 98: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 1

10.2. Varijanta 2 dispozicije crpne stanice

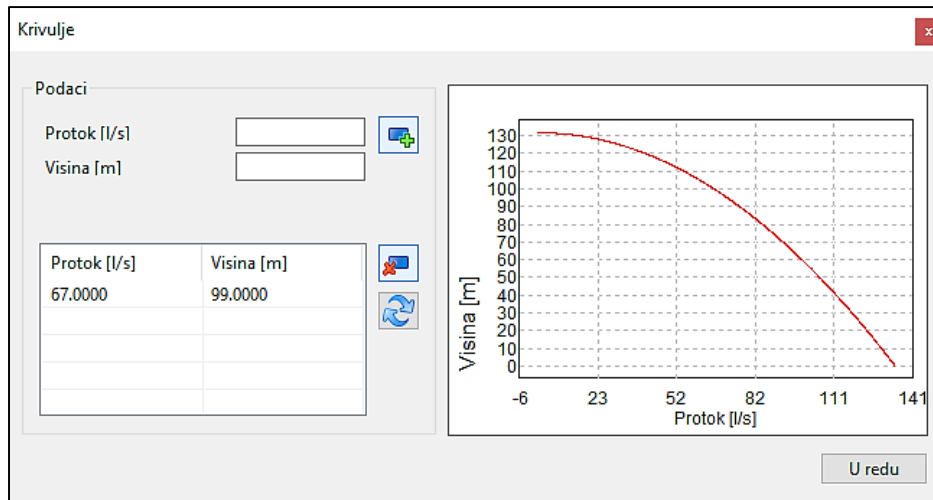
U drugoj varijanti izvorište se nalazi sjeverno od naselja Mošćenička Draga na koti 26 mn.m. i udaljeno je 12,5 metara od crpne stanice smještene na koti 30 mn.m. Voda se pomoću crpki

doprema u vodospremu Sv. Petar na koti 112 mn.m. tlačnim cjevovodom dužine 977 m (Slika 99.). Lijevanoželjezni cjevovod promjera je 250 mm.



Slika 99: Dispozicija crpne stanice CS2 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 2

U proračunu provedenom u *Podpoglavlju 6.3.* crpna stanica za drugu varijantu sastoji se od šest serijski spojenih crpki (tri glavne i tri rezervne) pri čemu svaka crpka podiže protok od 67 l/s na visinu od 33 m. Zbog pojednostavljenja unutra Urbano Hydra programa definira se jedna crpka koja će zamijeniti tri glavne te će imati protok od 67 l/s i dizati ga na visinu 99 m. Stoga je najprije potrebno definirati krivulju pumpe koja će se koristiti za hidraulički proračun pomoću *Hydra* funkcije „Definicija krivulja i uzoraka“. Otvara se novi predložak naziva „Krivulja pumpe“ i upisuju podaci mjerodavni za crpku varijante 2, a to su protok i visina dizanja vode. Nakon definiranja tih parametara dobije se krivulja sa *Slike 100.*



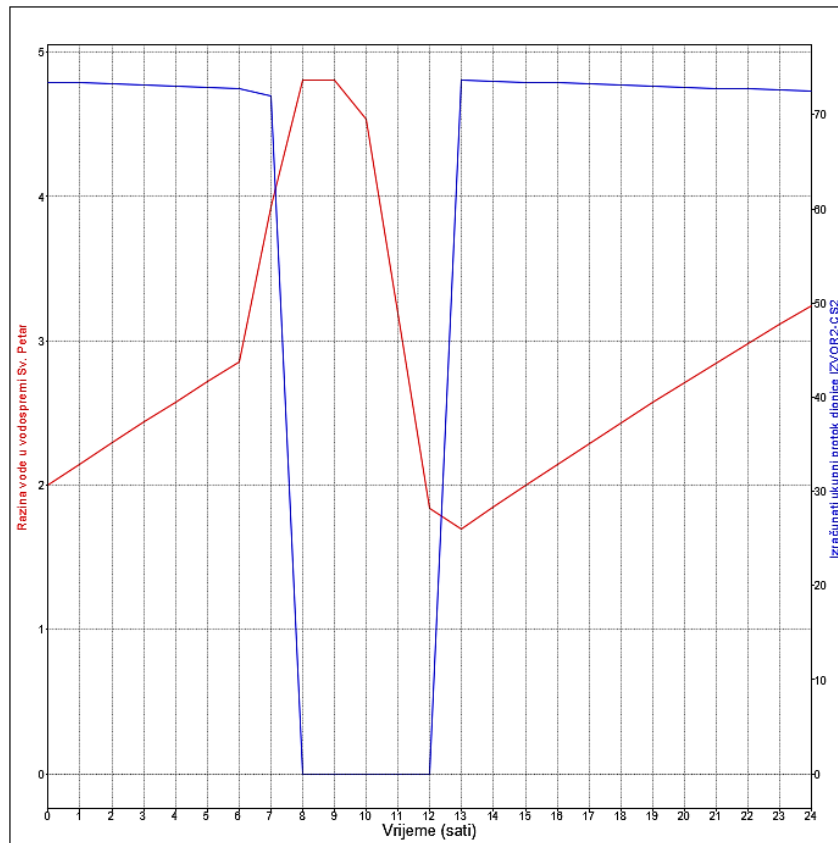
Slika 100: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 2 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

Potrebno je postaviti i hidrauličku opremu čvora u vidu izvora i pumpe. Izvor je definiran na koti 26 mn.m. s tlačnom visinom vode na izvoru od 2,5 m. Pumpa je definirana pomoću prethodno kreirane krivulje, a potrebno je kreirati pravila koja će određivati njezin rad. Pravila su povezana sa razinom vode u vodospremi, odnosno kada je razina vode u vodospremi manja od 1,60 m tada crpka počinje sa radom, a ukoliko je razina vode veća od 4,80 m tada crpka prestaje raditi. Hidraulička analiza izvršena je za vremensko razdoblje od 24 sata, a *Tablicom 24.* dan je prikaz ogranaka sa najvećim brzinama u vodoopskrbnom sustavu.

Tablica 24. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 2

Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
IZVOR2-CS2	73,48	1,50	250
CS2-VS	73,48	1,50	250
VS-PK	66,23	0,94	300
PK-N1	45,46	0,64	300
N22-N23	30,56	0,62	250
N1-N2	43,86	0,62	300
N2-N3	43,80	0,62	300
N3-N4	43,73	0,62	300
N4-N5	41,29	0,58	300
N5-N6	41,22	0,58	300

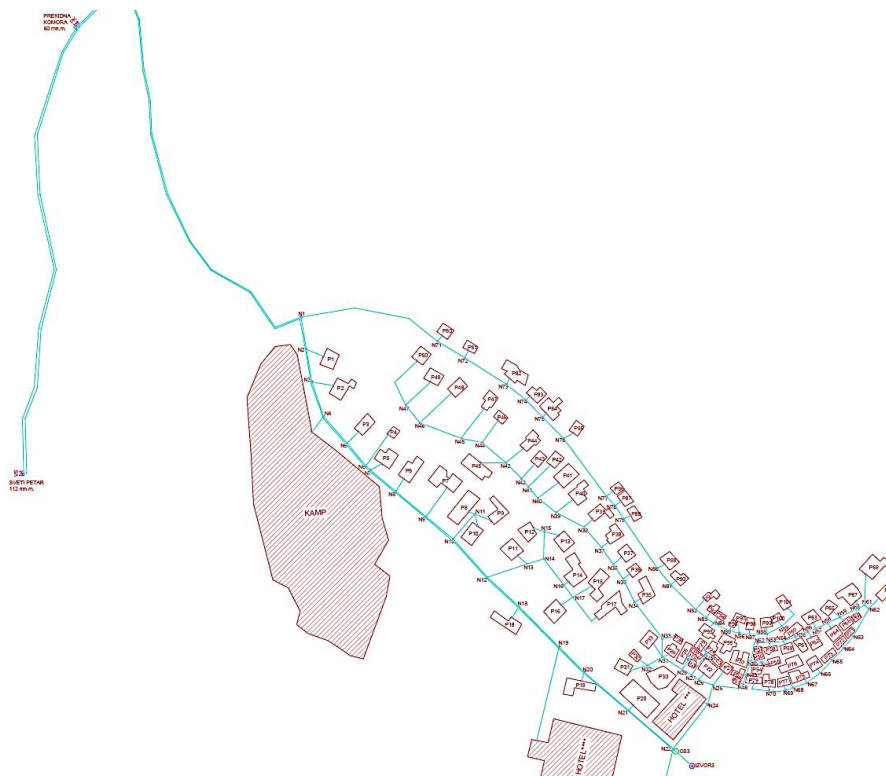
Nakon prikaza brzina koje su nešto veće nego za Varijantu 1 jer je i protok veći, prikazano je na *Slici 101.* kako varira razina vode u vodospremi tijekom dana i kako crpka cijeli dan izuzev period od 08 do 12 sati. Dijagram daje uvid i u postavljena pravila rada crpke, odnosno u 08 sati, kada razina u vodospremi dostigne 4,8 metara, pumpa staje sa radom da bi po dostizanju razine od 1,6 m ponovo se uključila.



Slika 101: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 2

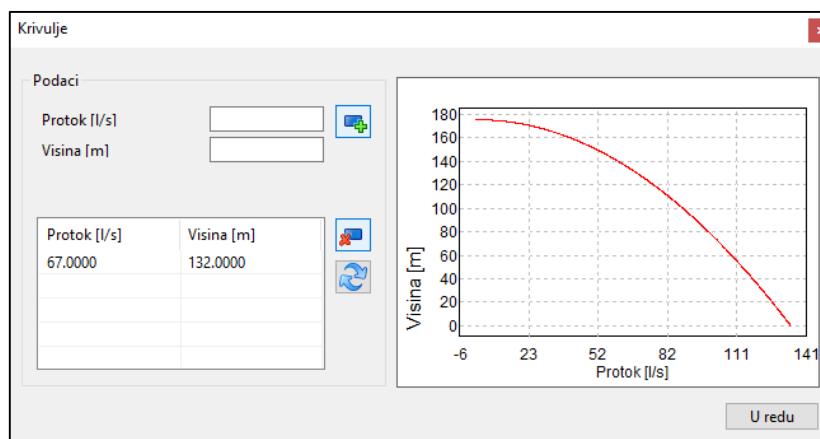
10.3. Varijanta 3 dispozicije crpne stanice

U trećoj varijanti izvorište se nalazi na jugu naselja Mošćenička Draga na koti -3,5 mn.m. i udaljeno je 20 metara od crpne stanice smještene na koti 0,5 mn.m. Voda se pomoću crpki doprema u vodospremu Sv. Petar na koti 112 mn.m. tlačnim cjevovodom dužine 1409 m (Slika 102.). Lijevanoželjezni cjevovod promjera je 250 mm.



Slika 102: Dispozicija crpne stanice CS3 vodoopskrbnog sustava - Varijanta 3

Proračunu za varijantu tri proveden je u *Podpoglavlju 6.4.* te je proračunato da se crpna stanica sastoji se od osam serijski spojenih crpki (četiri glavne i četiri rezervne) pri čemu svaka crpka podiže protok od 67 l/s na visinu od 33 m. U Urbano Hydra 10.3 programu definira se jedna crpka koja će zamijeniti četiri glavne te će imati protok od 67 l/s i dizati ga na visinu 132 m. Potrebno je definirati krivulju pumpe koja se zadaje pomoću *Hydra* funkcije „Definicija krivulja i uzoraka“, otvara se novi predložak naziva „Krivulja pumpe“ te upisuju mjerodavni podaci vidljivi sa *Slike 103.*



Slika 103: Definiranje krivulje pumpe za Varijantu 3 u Urbano Hydra 10.3 računalnom programu

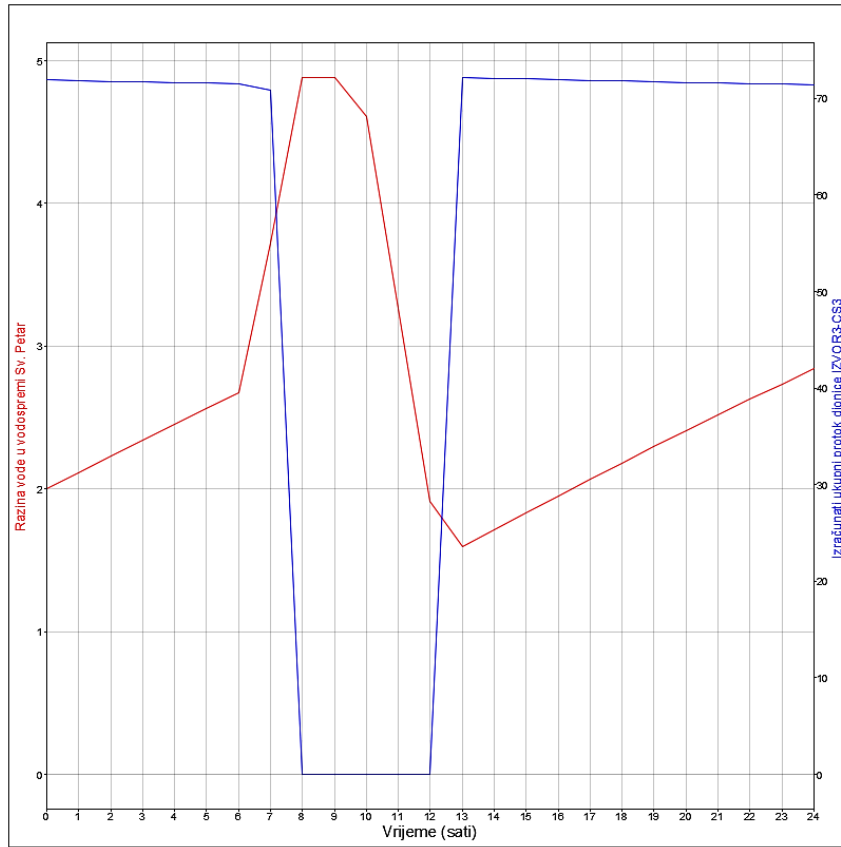
Ponovno je potrebno postaviti hidrauličku opremu koja se sastoji od izvora na koti -3,5 mn.m. s tlačnom visinom vode od 2,5 m i pumpe definirane krivuljom sa *Slike 102*. Također se kreiraju pravila koja će određivati pravilan rad pumpe u odnosu na razinu vode u vodospremi koja se puni tlačnim cjevovodom. Hidraulička analiza izvršena je za vremensko razdoblje od 24 sata, te su dobiveni rezultati u vidu protoka, brzina i radnih tlakova za svaki sat tokom jednog dana. *Tablica 25.* pokazuje deset ogranaka s najvećim brzinama toka koje su u okviru prihvatljivih vrijednosti.

Tablica 25. Prikaz deset ogranaka s najvećim brzinama toka vode za Varijantu 3

Ogranak	Izračunati ukupni protok dionice [l/s]	Brzina [m/s]	Nazivni promjer cijevi [mm]
IZVOR3-CS3	71,90	1,46	250
CS3-VS	71,90	1,46	250
VS-PK	66,23	0,94	300
PK-N1	45,46	0,64	300
N22-N23	30,56	0,62	250
N1-N2	43,86	0,62	300
N2-N3	43,80	0,62	300
N3-N4	43,73	0,62	300
N4-N5	41,29	0,58	300
N5-N6	41,22	0,58	300

Za ovakvu dispoziciju crpne stanice javljaju se protoci i brzine nešto manji nego za varijantu 2. Uz to ova varijanta ima i najveću dužinu tlačnog cjevovoda stoga s ekonomske strane nije najbolje rješenje. Prilikom odabira prihvatljivog rješenja dispozicije u obzir bi se uzele prve dvije varijante te bi se prilikom donošenja odluke u obzir uzeli svi faktori koji bi doveli do zadovoljavajućeg odabira.

Dijagram na *Slici 104.* pokazuje oscilaciju razine vode u vodospremi i količinu protoka pumpe koja potiskuje vodu u vodospremu. Pumpa u ovoj varijanti ne radi u periodu od 08 do 12 sati jer je tada dovoljna količina vode u vodospremi.

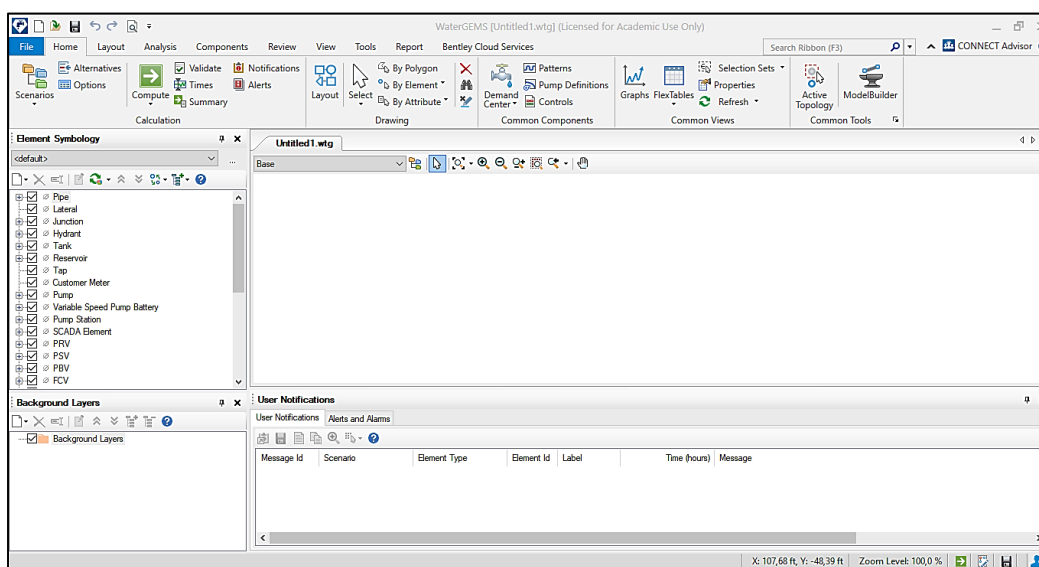


Slika 104: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 3

11. PRIMJENA WATERCAD V8i RAČUNALNOG PROGRAMA

11.1. Općenito o WaterCAD V8i računalnom programu

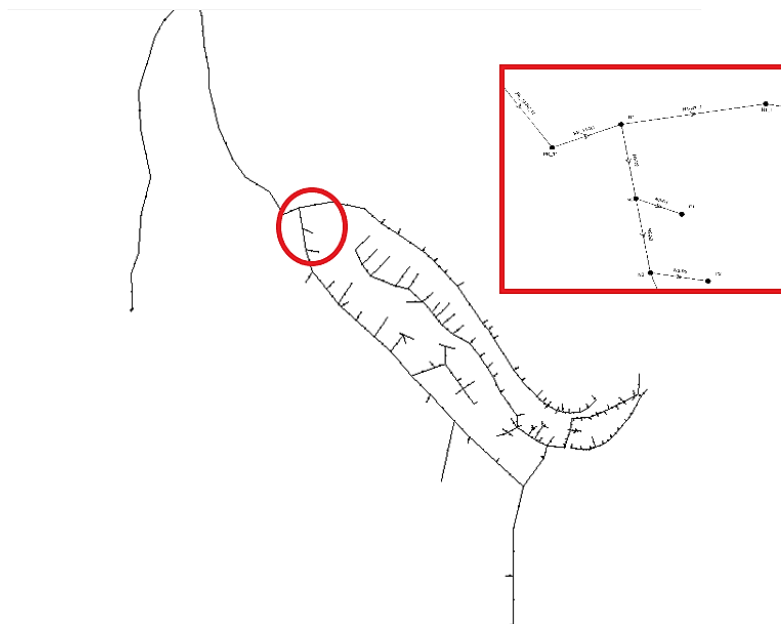
WaterCAD V8i (inačica WaterGEMS programa) je računalni program američke tvrtke Bentley koji se koristi pri analiziranju i modeliranju različitih vodoopskrbnih sustava. Program omogućava projektiranje novih vodoopskrbnih sustava bilo da su oni granasti ili prstenasti, te upravljanje postojećim vodoopskrbnim mrežama u vidu otklanjanja i smanjivanja mogućih rizika. Jednostavnost i funkcionalnost ovog programskog paketa omogućuje inženjerima korištenje bezbroj varijanti hidrauličkog modela i različitih scenarija kako bi se dobio ekonomičan i pritom kvalitetan sustav koji će zadovoljiti potrebama svih njegovih potrošača. Uz to, WaterCAD V8i omogućava upotrebu i uvoz bilo kojih vanjskih formata podataka što doprinosi preciznosti modela, te je vrlo lako modificirati teren, rasporediti potrebe za vodom, čvorove i potrošače u sustavu. Mogućnosti programskog paketa su zaista velike pa se tako koristi prilikom određivanja gubitaka vode i mjesta na kojima se ona događaju pomoću mjerodavnih hidrauličkih parametara. Također je moguće dobiti optimalna rješenja prilikom projektiranja crpnih sustava kako bi se uz minimalne troškove rada i održavanja crpnih postrojenja postigla maksimalna učinkovitost sustava. Pregledno sučelje računalnog programa (*Slika 105.*) i veliki broj alata za formiranje vodoopskrbne mreže dodatan su pokazatelj kako je rad u WaterCAD V8i programu jednostavno i intuitivno [26].



Slika 105: Sučelje WaterCAD V8i računalnog programa

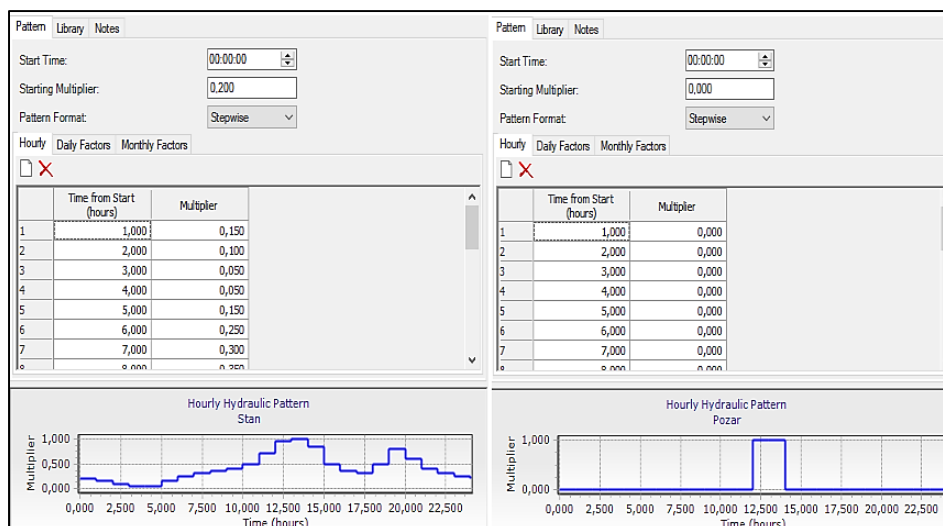
11.2. Postavljanje vodoopskrbne mreže unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Vodoopskrbna mreža koja je iz Urbano Hydra programa izvezena kao *.inp* datoteka (Epanet) importirana je u WaterCAD V8i. Program WaterCAD V8i učitao je sve Epanet-ove elemente pa se nakon uvoza dobije prikaz vodoopskrbnog sustava kao sa *Slike 106.*, a takva brza i jednostavna razmjena podataka između dva programa od velikog je značaja prilikom projektiranja. Učitana mreža u potpunosti odgovara onoj izrađenoj u Urbano Hydra 10.3 programu, te nije potrebno ponovo definiranje geometrije i svih potrebnih elemenata vodoopskrbne mreže.



Slika 106: Prikaz importirane vodoopskrbne mreže u WaterCAD V8i računalnom programu

Karakteristike čvorova i dionica (kota terena, promjer cijevi, koeficijent hrapavosti i sl.), te hidraulička oprema čvorova koju čine vodosprema/izvor/pumpa/ventil ostali su nepromijenjeni u odnosu na definirane vrijednosti u Urbano Hydra programu. Također, definirani uzorci neravnomjernosti satne potrošnje za stanovništvo i požar kao i definirane potrebe za vodom ostale su jednake onima zadanim u Urbano Hydra 10.3 programu što je vidljivo sa *Slike 107.*



Slika 107: Uzorci satne potrošnje vode za stanovništvo i požar u WaterCAD V8i računalnom programu

Hidraulička analiza koja se može provesti u WaterCAD V8i programu nudi mogućnost vremenske simulacije, odnosno EPS (eng. *Expanded period simulation*) koji se provodi za vrijeme od 24 sata. Unutar WaterCAD V8i računalnog programa izvršiti će se hidraulička analiza gravitacijskog dotoka vode u vodospremu za scenarij „Ljeto + Požar 2“ i analiza dotoka vode u vodospremu crpljenjem za varijantu 1, a sve sa ciljem usporedbe i validacije rezultata dvaju računalnih programa.

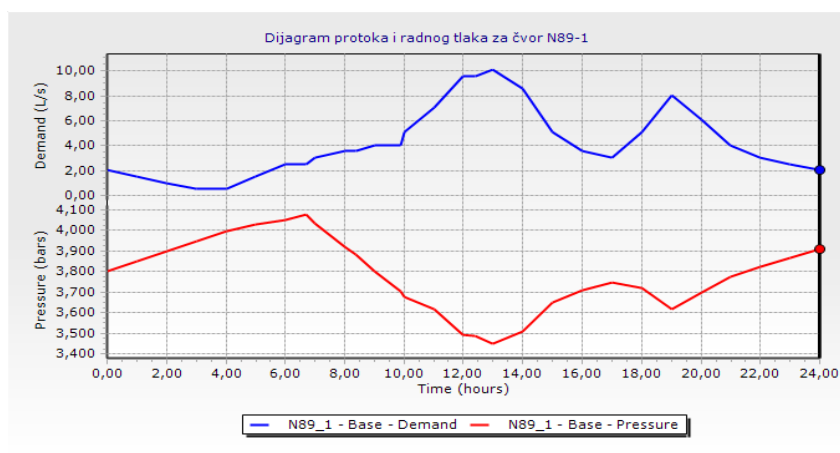
11.3. Hidraulički proračun za gravitacijski dotok vode u vodospremu unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Nakon uspješnog uvoza gravitacijskog modela u WaterCAD V8i i pregleda podataka kako se ne bi potkrala neka pogreška ustanovljeno je kako je model ispravan i spreman za hidrauličku analizu u vremenu. Provedeni hidraulički proračun za scenarij „Ljeto + Požar 2“ dao je iste rezultate kao onaj proveden u Urbano Hydra 10.3 programu. U *Tablici 27.* dan je prikaza dionica s najvećim brzinama u vrijeme najveće satne potrošnje u 13 sati koje su identične onima iz *Tablice 16.* Najveće brzine toka, ali i protoci javljaju se na ogranku PK-N1.

Tablica 26. Dionice s najvećim brzinama toka vode u 13 sati za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu

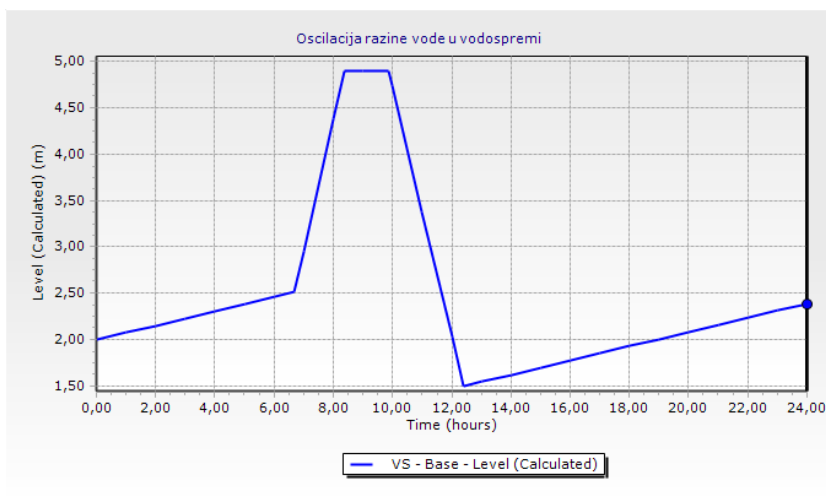
Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
PK	PK_1	300	Ductile Iron	76,23	1,08
PK_1	PK_2	300	Ductile Iron	75,94	1,07
PK_2	PK_3	300	Ductile Iron	75,83	1,07
PK_3	PK_4	300	Ductile Iron	75,66	1,07
PK_4	PK_5	300	Ductile Iron	75,34	1,07
PK_5	PK_6	300	Ductile Iron	75,14	1,06
PK_6	PK_7	300	Ductile Iron	74,93	1,06
PK_7	PK_8	300	Ductile Iron	74,54	1,05
PK_8	PK_9	300	Ductile Iron	74,22	1,05
PK_9	PK_10	300	Ductile Iron	73,99	1,05
PK_10	PK_11	300	Ductile Iron	73,71	1,04
PK_11	N1	300	Ductile Iron	73,44	1,04
IZVOR	FCV	300	Ductile Iron	70,00	0,99
FCV	VS	300	Ductile Iron	70,00	0,99
VS_7	FCV-1	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_6	VS_7	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_5	VS_6	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_4	VS_5	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_3	VS_4	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_2	VS_3	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS_1	VS_2	300	Ductile Iron	66,23	0,94
VS	VS_1	300	Ductile Iron	66,23	0,94
FCV-1	PK	300	Ductile Iron	66,23	0,94
N86	N87	125	Ductile Iron	10,56	0,86
N87	N88	125	Ductile Iron	10,46	0,85
N1	N1_1	150	Ductile Iron	15,01	0,85
N88	N89	125	Ductile Iron	10,31	0,84
N1_1	N1_2	150	Ductile Iron	14,66	0,83
N89	N89_1	125	Ductile Iron	10,17	0,83
N1	N2	300	Ductile Iron	58,26	0,82
N2	N3	300	Ductile Iron	57,94	0,82

Grafički prikaz brzina dan je za čvor N89_1 gdje se javlja požarno opterećenje te je sa grafa vidljiv skok od 10 l/s koji je potreban za gašenje požara, ali i opadanje radnog tlaka uslijed povećanja protoka (Slika 108.).



Slika 108: Dijagram protoka i radnog tlaka u čvoru N89_1 za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu

Ako se promatra razina vode u vodospremi vidljivo je kako se u vrijeme maksimalne satne potrošnje ona smanjuje na 1,5 m što je reguliranom radom FCV ventila koji ovisno o razini vode u vodospremi propušta vodu sa izvora u vodospremu (Slika 109.).



Slika 109: Oscilacija razine vode u vodospremi za scenarij "Ljeto + Požar 2" u WaterCAD V8i programu

Opcija „Color Coding“ omogućuje prikaz rezultata hidrauličkog proračuna različitim bojama što uvelike olakšava interpretaciju rezultata. Protoci cjelokupnog sustava promatrani su u 3 h ujutro za vrijeme minimalne satne potrošnje vode i u 13 sati kada je satna potrošnja vode maksimalna što je prikazano na Slici 110.



Slika 110: Prikaz promjena protoka unutar vodoopskrbnog sustava za vrijeme minimalne i maksimalne satne potrošnje vode u WaterCAD V8i programu

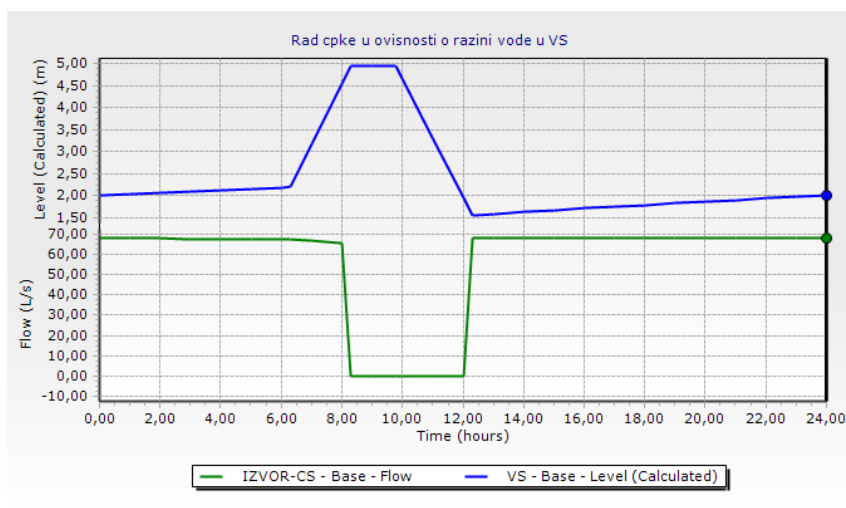
11.4. Hidraulički proračun za dotok vode crpljenjem u vodospremu unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Crpna stanica u Varijanti 1 dotoka vode crpljenjem daje najmanje potrebne protoke i brzine toka, te najmanje vrijeme rada crpke što je čini najekonomičnijim rješenjem. Zbog toga će za tu dispoziciju crpne stanice biti proveden proračun i u WaterCAD V8i računalnom programu. Nakon što je uvezeni model pregledan i ispravljene su greške koje se odnose na interpunkcijske znakove (Urbano radi s točkom, WaterCAD sa zarezom) pokrenut je hidraulički proračun mreže koji je dao jednake rezultate protoka i brzina vode kao hidraulički proračun u Urbano Hydra programu. U *Tablici 27.* prikazane su dionice s najvećim brzinama, te odgovaraju onima iz *Tablice 17.*

Tablica 27. Prikaz dionica s najvećim brzinama toka vode u 13 sati za varijantu 1 dotoka vode crpljenjem u WaterCAD V8i programu

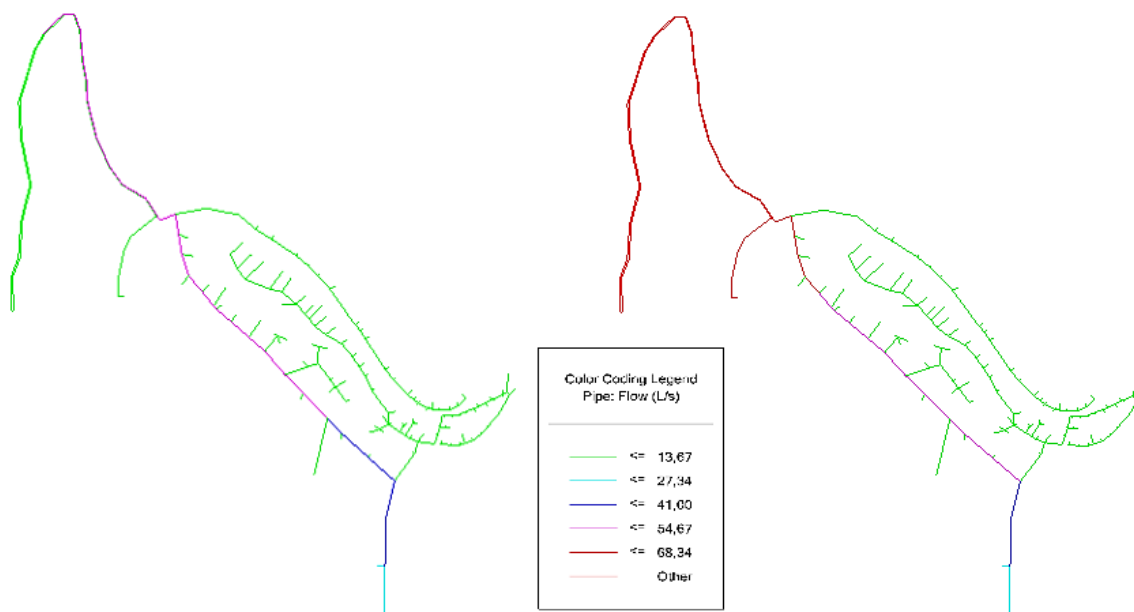
Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
IZVOR1	PMP-1	250	Ductile Iron	68,31	1,39
PMP-1	VS	250	Ductile Iron	68,31	1,39
VS	FCV	300	Ductile Iron	66,23	0,94
FCV	PK	300	Ductile Iron	66,23	0,94
PK	PK_1	300	Ductile Iron	66,23	0,94
PK_1	PK_2	300	Ductile Iron	65,94	0,93
PK_2	PK_3	300	Ductile Iron	65,83	0,93
PK_3	PK_4	300	Ductile Iron	65,66	0,93
PK_4	PK_5	300	Ductile Iron	65,34	0,92
PK_5	PK_6	300	Ductile Iron	65,14	0,92
PK_6	PK_7	300	Ductile Iron	64,93	0,92
PK_7	PK_8	300	Ductile Iron	64,54	0,91
PK_8	PK_9	300	Ductile Iron	64,22	0,91
PK_9	PK_10	300	Ductile Iron	63,99	0,91
PK_10	PK_11	300	Ductile Iron	63,71	0,90
PK_11	N1	300	Ductile Iron	63,44	0,90
N1	N2	300	Ductile Iron	58,26	0,82
N2	N3	300	Ductile Iron	57,94	0,82
N3	N4	300	Ductile Iron	57,6	0,81
N4	N5	300	Ductile Iron	54,97	0,78
N5	N6	300	Ductile Iron	54,65	0,77
N6	N7	300	Ductile Iron	54,22	0,77

Na *Slici 111.* prikazan je rad crpke obzirom na razinu vode u vodospremi te je vidljivo kako crpka ne radi samo u periodu od 08:30 do 12 sati kada razina vode u vodospremi, dostiže iznos od 4,8 m. To ujedno prikazuje i prethodno definirana pravila o radu crpke.



Slika 111: Dijagram rada crpke u ovisnosti od razine vode u vodospremi za Varijantu 1 u WaterCAD V8i računalnom programu

Prikaz dobivenih protoka dan je i pomoću opcije „Color Coding“ pri čemu je u različitim bojama prikazana promjena protoka u periodu kada crpka ne radi i kada maksimalni protoci u sustavu ne prelaze 54,67 l/s, te promjena protoka u sustavu kada je crpka u radu i kada su protoci puno veći.



Slika 112: Prikaz promjena protoka unutar vodoopskrbnog sustava za vrijeme prekida rada crpke u 08.30 h i rada crpke u 13 h u WaterCAD V8i programu

12. ZAKLJUČAK

Vodoopskrbni sustav važan je dio infrastrukture i neizostavni element razvoja gospodarstva te društva u cjelini. Dotrajalost postojećih sustava i neadekvatno održavanje istih dovodi do velikih gubitaka vode na cijelom području Republike Hrvatske, a koje je iz više aspekata potrebno reducirati i svesti na minimum. Planiranje i projektiranje vodoopskrbne mreže prvi je u nizu elemenata racionalnog gospodarenja vodama, pri čemu nam u novije vrijeme uvelike pomažu moderni i sofisticirani programski paketi.

Za idejno rješenje vodoopskrbnog sustava naselja Mošćenička Draga korišteni su Urbano Hydra 10.3 i WaterCAD V8i računalni programi. Hidraulički proračun najprije je izvršen u Excel programu, a potom su dobiveni rezultati međusobno uspoređivani u Urbano Hydra 10.3 i WaterCAD V8i računalnim programima. Analizirana su dva načina dotoka vode u vodospremu, gravitacijski dotok i dotok vode crpljenjem.

Voda gravitacijski dotječe u vodospremu iz izvorišta na Učki, no za potrebe modeliranja izvor je smješten neposredno uz vodospremu Sv. Petar na koti 112 mn.m. Potrebno je predvidjeti i prekidnu komoru na koti 60 mn.m. kako bi svi potrošači unutar sustavi imali optimalne radne tlakove između 2,5 i 6 bara. Unutar Urbano Hydra 10.3 programa izvršena je optimizacija cijevi za najveći mogući protok u sustav, a na temelju prethodno izračunatih mjerodavnih veličina, te su dobivene dimenzije cijevi koje će se koristiti za sve buduće analize. Cijevi su duktilne, unutarnjeg promjera od 100 do 300 mm. Nakon odabira cijevi vodoopskrbne mreže potrebno je sagledati i moguće scenarije koji se mogu pojaviti na projektiranom području, odnosno sagledati potrošnju vode u ljetnim i zimskim mjesecima kao i potencijalnu pojavu požara. Stoga su kreirana četiri scenarija koja opisuju prethodno navedene mogućnosti, a sve s ciljem usporedbe fizikalnih veličina poput protoka, brzina i radnih tlakova. Prvi od kreiranih scenarija obuhvaća potrebe za vodom u ljetnim mjesecima kada u Mošćeničkoj Dragi, osim stanovništva, boravi i veliki broj turista. Protok koji se u sustavu pojavljuje za vrijeme maksimalne satne potrošnje vode u 13 sati iznosi maksimalnih 70 l/s na dionici od izvora do vodospreme, te se isti dalje isporučuje svim potrošačima. U ljetnim mjesecima česte su pojave požara pa su izrađena dva scenarija koja u obzir uzimaju jedan istovremeni požar na danom području. Prvi požar predviđa se neposredno pokraj Hotela 2*****, dok je pojava drugog razmatrana u blizini potrošača P100. Za oba razmatrana scenarija koji uključuju požar u konačnici su dobiveni isti maksimalni protoci u sustavu iznosa 76,23 l/s u vremenu maksimalne satne potrošnje vode, a shodno tome

dobiveni su najmanji tlakovi u sustavu u odnosu na druge scenarije. Zadnji scenarij izrađen je za zimski period kada na analiziranom području ima vrlo malo turista smještenih isključivo u hotelima te su za to razdoblje dobiveni najveći radni tlakovi i najmanji protoci u mreži. Valja naglasiti kako su za sve scenarije radni tlakovi unutar dozvoljenih vrijednosti, kao i brzine koje ne prelaze dopuštenih 2 m/s.

Alternativni način dotoka vode u vodospremu predviđa izgradnju crpne stanice koja će u slučaju prekida gravitacijskog dotoka prepumpavati vodu sa nekog od izvorišta u vodospremu. Analiziraju se tri varijante dispozicija crpnih stanica sa različitim nadmorskim visinama i dužinama tlačnih cjevovoda. U prvoj varijanti voda se crpi sa izvorišta smještenog na koti 35 mn.m. i potiskuje tlačnim cjevovodom promjera 250 mm i duljine 1042 m. Crpna stanica sastoji se od dvije radne serijski spojene crpke koje podižu protok od 67 l/s svaka na visinu od 43 m. Zbog pojednostavljena modela korištena je jedinstvena crpka koja zamjenjuje sve radne crpke. Također su korištena pravila za rad crpke koja su povezana s razinom vode u vodospremi, odnosno crpka radi kada razina vode padne ispod 1,6 m, a prestaje sa radom ukoliko je u vodospremi razina vode od 4,8 m. Prema tome, za prvu varijantu crpna stanica ne radi samo u periodu od 9 do 12 sati. Druga varijanta ima izvorište na koti 26 mn.m. i duljinu tlačnog cjevovoda od 977 m. Proračunom je utvrđeno kako pumpa mora podizati 67 l/s protoka na ukupnu visinu od 99 m. Dobiveno je kako crpna stanica ne potiskuje vodu u vodospremu u periodu između 8 i 12 sati. Isto je dobiveno i za treću dispoziciju crpne stanice sa izvorištem na koti -3,5 mn.m. i tlačnim cjevovodom duljine 1409 m. Stoga je s ekonomskog stajališta drugi slučaj optimalniji, obzirom da je duljina samog cjevovoda manja.

Validacija rezultata izvršena je u WaterCAD V8i računalno programu koji se koristi za modeliranje i analiziranje vodoopskrbnog sustava. Za gravitacijski model i scenarij „Ljeto + Požar 2“ dobivene su iste vrijednosti protoka i brzina toka vode kao i u Urbano Hydra 10.3 programu što potvrđuje točnost samih rezultata. Za varijantu 1 dotoka vode crpljenjem također je provedena hidraulička analiza u spomenutom računalnog programu te su dobivene jednake vrijednosti.

Buduća hidraulička analiza ovog vodoopskrbnog sustava može se usmjeriti na proširivanje samog sustava, ali i spajanje okolnih zaseoka na vodovodnu mrežu koja su zbog nepovoljne konfiguracije terena i dalje bez vode. Preporuča se i razmatranje drugih materijala cijevi kao i proučavanje ponašanja vodoopskrbnog sustava kroz različite scenarije i dispozicije crpnih

postrojenja. Korišteni računalni programi nude mogućnost brze razmjene podatka pomoću Epanet-ovih datoteka, pa je već modeliranu mrežu jednostavno uvesti u neki od programa i nastaviti sa radom na istoj.

13. LITERATURA

- [1] <http://histrica.com/hr/istra/plava/opatija/moscenicka-draga/>, pristup 8.04.2022.
- [2] Općina Mošćenička Draga: Slike sjećanja i života 1890. – 2006., Adamić, Zajednica Talijana Mošćenička Draga, Rijeka, 2007.
- [3] <https://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/322/moscenicka-draga>, pristup 6.04.2022.
- [4] Turistička zajednica Mošćenička Draga, <https://www.tz-moscenicka.hr>, pristup 27.03.2022.
- [5] Kostelac, M.: Povijest vodovoda i vodoopskrbe Liburnije 1884.-2009. (Povodom 12. obljetnice gradnje prvog liburnijskog vodovoda - 1. dio), Časopis za vodno gospodarstvo, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [6] <https://gorja.net/putopis/348/moscenicka-draga-trebisca-perun-moscenice/>, pristup 8.04.2022.
- [7] Prostorni plan uređenja Općine Mošćenička Draga, Mošćenička Draga, 2007, <https://zavod.pgz.hr/docs/zpzuHR/docsplanovigrad/41/ppuo-moscenicka-draga.pdf>, pristup 23.03.2022.
- [8] Radan, F., Geomorfološka obilježja kanjona Medveja i Mošćenička draga na Učki, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovni-matematički fakultet, 2019.
- [9] Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2018, Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, 2018.
- [10] Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2008., http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf, pristup 24.03.2022.
- [11] Tumač Geološke karte Republike Hrvatske 1:300.000, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 2009.
- [12] Šikić, D., Polšak, A., Magaš, N.: Osnovna geološka karta Labin, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1963.
- [13] Polšak, A., Šikić, D.: Tumač za list Labin, Savezni geološki zavod, Beograd, 1973.
- [14] II. Izmjene i dopune Prostornog plana uređenja Općine Mošćeničke Draga, Knjiga 1, Mošćenička Draga, 2019.

- [15] Liburnijske vode d.o.o., službena stranica, <http://www.liburnijske-vode.hr/web/>, pristup 25.03.2022.
- [16] Elaborat zaštite okoliša: Sustav javne vodoopskrbe – Područje Liburnija, Institut za istraživanje i razvoj održivih ekosustava, Zagreb, 2016.
- [17] Kostelac, M.: Povijest vodovoda i vodoopskrbe Liburnije 1884.-2009. (Povodom 12. obljetnice gradnje prvog liburnijskog vodovoda - 2.dio), Časopis za vodno gospodarstvo, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [18] Žic, E.: Vodoopskrba i kondicioniranje voda, radna kopija materijala za rješavanje programa, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2008.
- [19] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, Narodne novine 8/2006.
- [20] Margeta, J.: Vodoopskrba naselja: planiranje, projektiranje, upravljanje i obrada vode, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2010.
- [21] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=65164>, pristup 11.04.2022.
- [22] Milojević, M: Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja, Naučna knjiga Beograd, Građevinski fakultet Beograd, Beograd, 1975.
- [23] Đurin, B: Uloga, značajke i dijelovi vodospreme – nastupno predavanje za izbor u znanstveno-nastavno zvanje docenta, Geotehnički fakultet Varaždin, Varaždin
- [24] Vuković, Ž: Osnove hidrotehnike, prvi dio, druga knjiga, Akvamarine, Zagreb, 1995.
- [25] StudioArs, službena stranica, <https://www.studioars.com/hr/materijali/brosure/>, pristup 3.05.2022.
- [26] Water Distribution Modeling and Analysis Software, službena stranica, <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>, pristup 26.06.2022.

14. PRILOZI

Prilog 1. Hidraulički proračun vodoopskrbnog sustava i radni tlakovi na pojedinim potrošačima/čvorovima za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Prilog 2. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na DOF karti M 1:2500 - gravitacijski dotok

Prilog 3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava M 1:2500 - gravitacijski dotok

Prilog 4. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na DOF karti M 1:2500 - dotok crpljenjem, Varijanta 1

Prilog 5. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava - dotok crpljenjem, Varijanta 1

Prilog 6. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na DOF karti M 1:2500 - dotok crpljenjem, Varijanta 2

Prilog 7. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava - dotok crpljenjem, Varijanta 2

Prilog 8. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava na DOF karti M 1:2500 - dotok crpljenjem, Varijanta 3

Prilog 9. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava - dotok crpljenjem, Varijanta 3

Prilog 10. Uzdužni profil dionice VS - P101 M 1:500/300

Prilog 11. Karakteristični poprečni presjek rova M 1:25

Prilog 12. Montažni plan čvora N1 M 1:10

Prilog 13. Montažni plan čvora N25 M 1:10

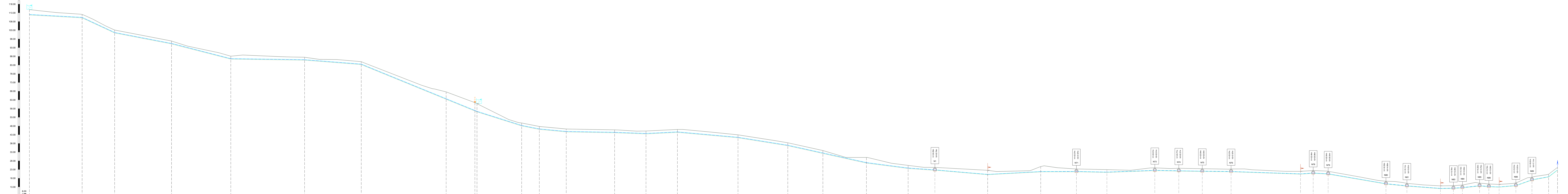
Prilog 14. Shema okna čvora N20 M 1:50

Prilog 15. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda VS - P101 M 1:2000

UZDUŽNI PROFIL DIONICE VS - P101
M:1:500/300

LEGENDA:

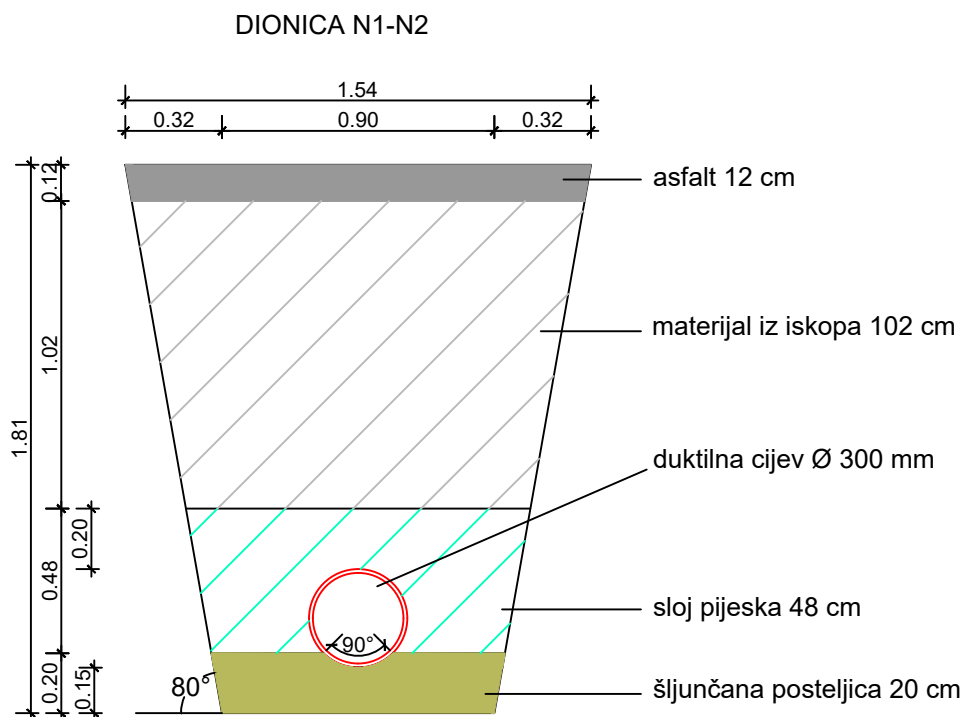
- ASFALT
- ČIJEV S POKLONČNIKOM
- POSTELJICA
- DNO ROVA
- ZNAČNI MILJIN
- BRKUP



Naziv	VS	VS_1	VS_2	VS_3	VS_4	VS_5	VS_6	VS_7	FOVZ PK	PK_1	PK_2	PK_3	PK_4	PK_5	PK_6	PK_7	PK_8	PK_9	PK_10	PK_11	N1	N1_1	N1_2	N71	N72	N73	N74	N75	N76	N77	N78	N79	N80	N81	N82	N83	N84	N85	N86	N87	N88	N89	N90	P101				
Visina terena [m n.m.]	114.01	112.15	103.90	96.80	88.14	87.24	88.01	87.54	84.47/80.07	49.79	47.79	46.34	46.00	45.97	44.84	42.97	38.42	33.97	30.80	28.43	24.26	22.80	24.77	25.07	23.91	23.77	23.54	23.37	23.07	22.46	22.46	22.04	19.35	15.11	12.87	13.74	14.13	13.30	14.74	14.31	14.31	15.01	16.41	20.08	24.24			
Visina nivelele [m n.m.]	114.01	112.15	103.90	96.80	88.14	87.24	88.01	87.54	84.47/80.07	49.79	47.79	46.34	46.00	45.97	44.84	42.97	38.42	33.97	30.80	28.43	24.26	22.80	24.77	25.07	23.91	23.77	23.54	23.37	23.07	22.46	22.46	22.04	19.35	15.11	12.87	13.74	14.13	13.30	14.74	14.31	14.31	15.01	16.41	20.08	24.24			
Dubina nivelele [m]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Visina dna rova [m n.m.]	105.00	103.00	94.00	87.00	78.00	77.00	78.00	77.50	74.00/69.00	39.00	37.00	35.00	34.00	33.97	32.00	28.00	23.00	18.00	15.00	12.00	7.00	5.00	7.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Dubina dna rova [m]	9.01	9.15	9.90	9.80	10.14	10.24	10.01	10.24	10.47/11.07	10.79	10.79	11.34	12.00	12.03	12.84	14.97	15.42	15.97	15.80	16.43	17.26	17.26	17.77	18.07	19.07	19.77	20.27	20.54	20.37	20.46	20.46	21.04	23.11	25.11	26.13	26.87	27.00	27.00	27.71	28.71	32.01	36.11	40.08	44.24	47.24			
Cijev - Materijal i DN [mm]									D400 DN 400												D200 DN 200																											
Horizontalni kut - Osklon																																																
Vertikalni kut - Osklon																																																
Visina plezometra [m]	105.00	103.00	94.00	87.00	78.00	77.00	78.00	77.50	74.00/69.00	39.00	37.00	35.00	34.00	33.97	32.00	28.00	23.00	18.00	15.00	12.00	7.00	5.00	7.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Stacionaže žvorova																																																
Dujina/Pad	0.00	3.00	55.00	31.00	54.00	56.00	54.00	73.00	110.00	42.00	16.00	23.00	48.00	20.00	3.00	27.00	47.00	33.00	33.00	38.00	23.00	50.00	3.00	41.00	38.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	
Schema topologije čvora																																																

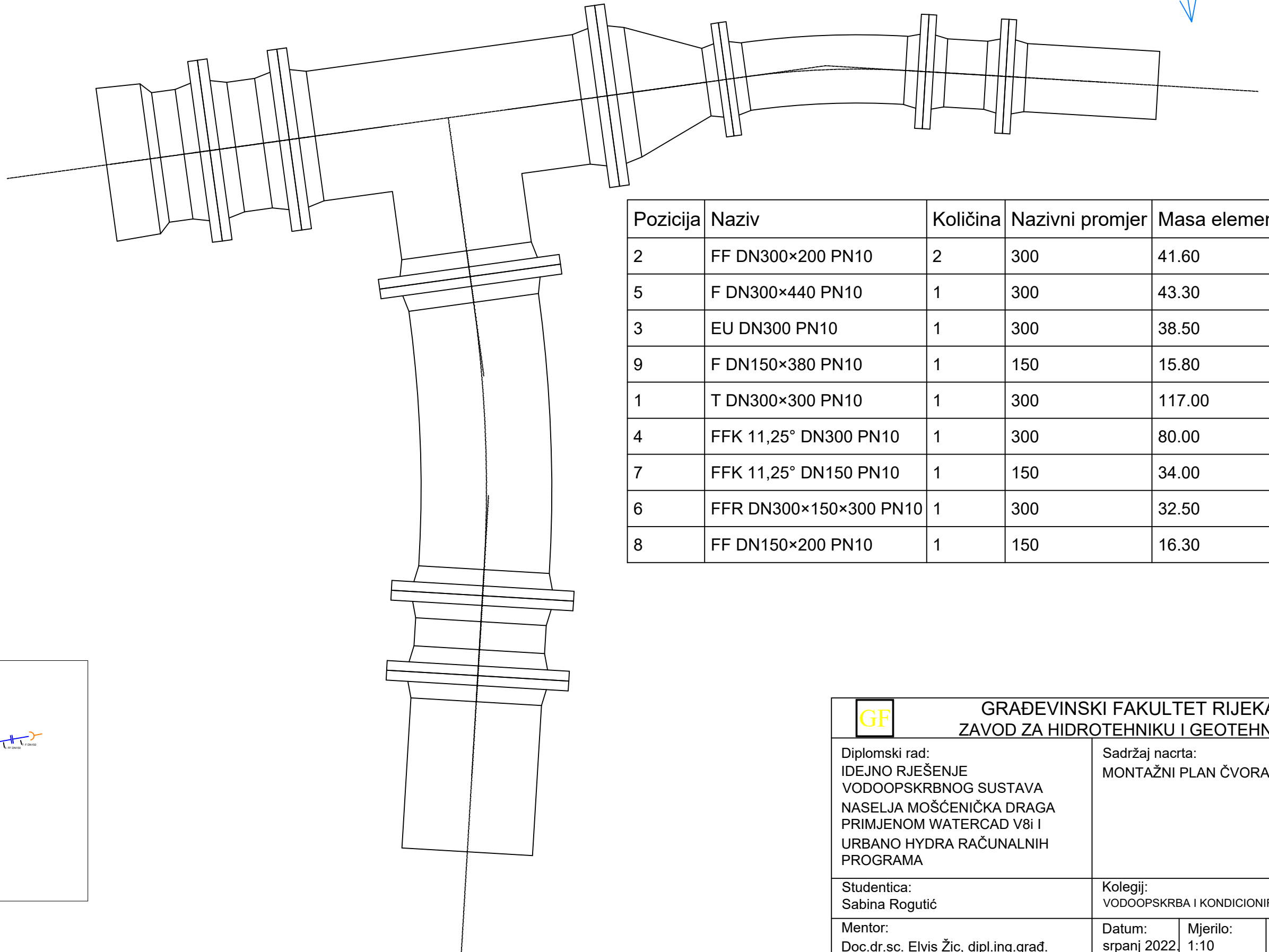
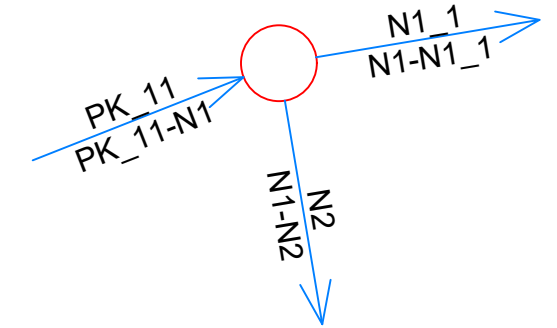
KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA

M 1:25

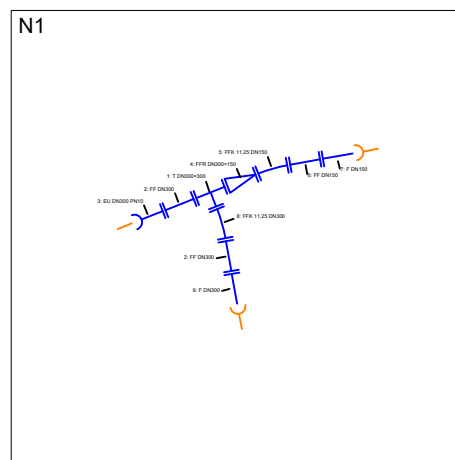


GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU		
Diplomski rad: IDEJNO RJEŠENJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA MOŠČENIČKA DRAGA PRIMJENOM WATERCAD V8i I URBANO HYDRA RAČUNALNIH PROGRAMA	Sadržaj nacрта: KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK ROVA - DIONICA N1-N2		
Studentica: Sabina Rogutić	Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA		
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.	Datum: srpanj 2022.	Mjerilo: 1:25	List: 11

MONTAŽNI PLAN ČVORA N1 M 1:10



Pozicija	Naziv	Količina	Nazivni promjer	Masa elementa (kg)
2	FF DN300×200 PN10	2	300	41.60
5	F DN300×440 PN10	1	300	43.30
3	EU DN300 PN10	1	300	38.50
9	F DN150×380 PN10	1	150	15.80
1	T DN300×300 PN10	1	300	117.00
4	FFK 11,25° DN300 PN10	1	300	80.00
7	FFK 11,25° DN150 PN10	1	150	34.00
6	FFR DN300×150×300 PN10	1	300	32.50
8	FF DN150×200 PN10	1	150	16.30



GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

Diplomski rad:
IDEJNO RJEŠENJE
VODOOPSKRBNOG SUSTAVA
NASELJA MOŠĆENIČKA DRAGA
PRIMJENOM WATERCAD V8i I
URBANO HYDRA RAČUNALNIH
PROGRAMA

Sadržaj nacрта:
MONTAŽNI PLAN ČVORA N1

Studentica:
Sabina Rogutić

Kolegij:
VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA

Mentor:
Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.

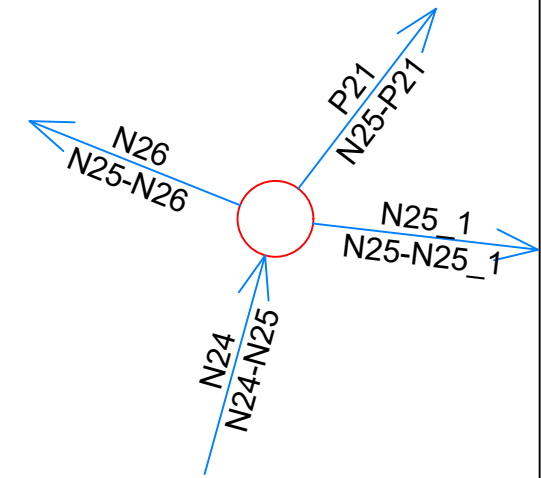
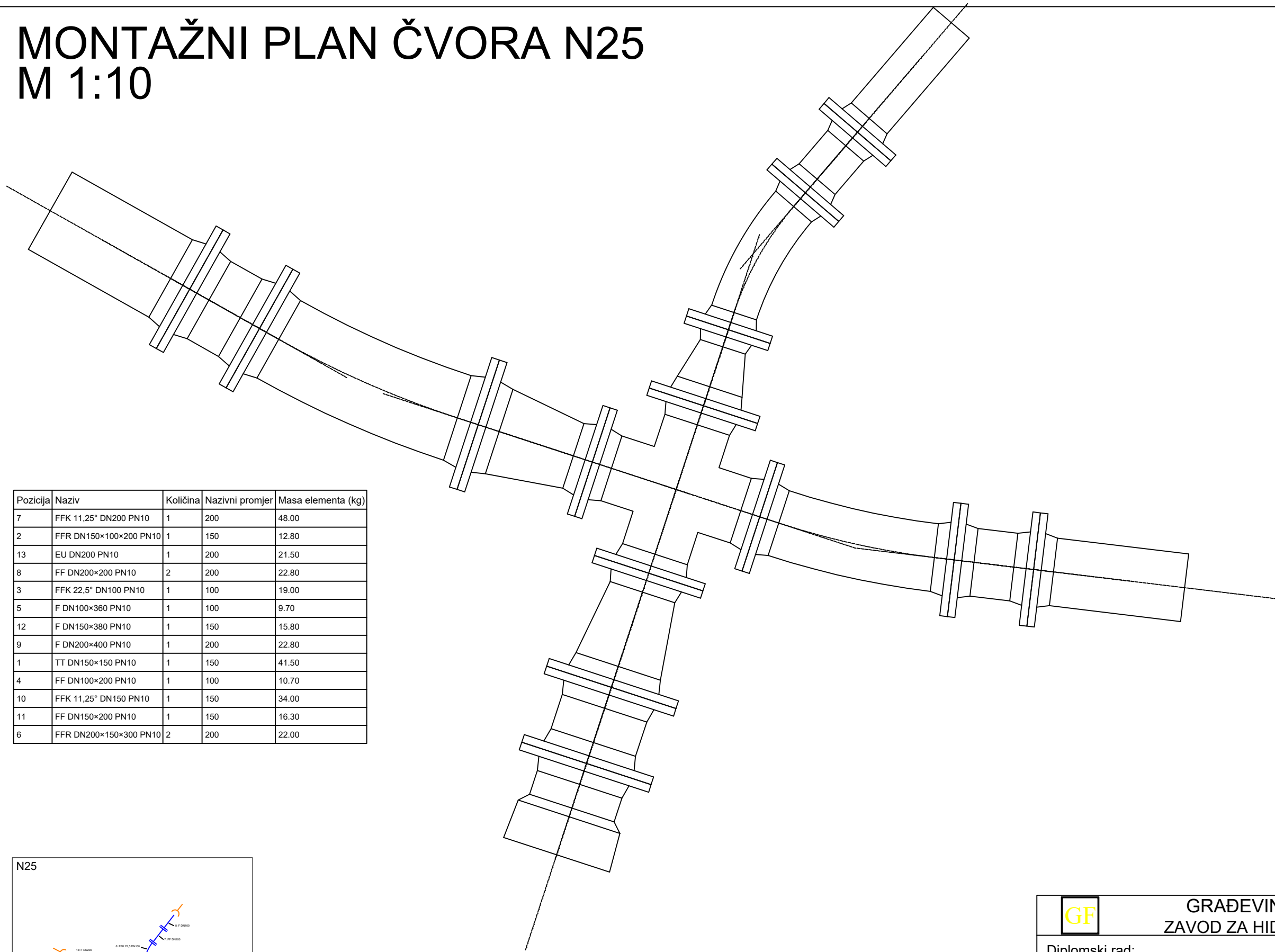
Datum:
srpanj 2022.

Mjerilo:
1:10

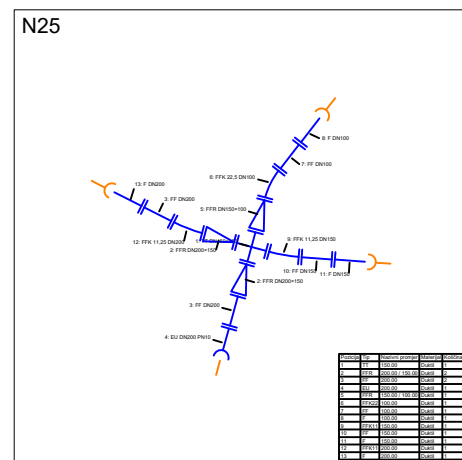
List:
12


MONTAŽNI PLAN ČVORA N25

M 1:10



Pozicija	Naziv	Količina	Nazivni promjer	Masa elementa (kg)
7	FFK 11,25° DN200 PN10	1	200	48.00
2	FFR DN150×100×200 PN10	1	150	12.80
13	EU DN200 PN10	1	200	21.50
8	FF DN200×200 PN10	2	200	22.80
3	FFK 22,5° DN100 PN10	1	100	19.00
5	F DN100×360 PN10	1	100	9.70
12	F DN150×380 PN10	1	150	15.80
9	F DN200×400 PN10	1	200	22.80
1	TT DN150×150 PN10	1	150	41.50
4	FF DN100×200 PN10	1	100	10.70
10	FFK 11,25° DN150 PN10	1	150	34.00
11	FF DN150×200 PN10	1	150	16.30
6	FFR DN200×150×300 PN10	2	200	22.00



 GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU	
Diplomski rad: IDEJNO RJEŠENJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA MOŠĆENIČKA DRAGA PRIMJENOM WATERCAD V8i I URBANO HYDRA RAČUNALNIH PROGRAMA	Sadržaj nacрта: MONTAŽNI PLAN ČVORA N25
Studentica: Sabina Rogutić	Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.	Datum: srpanj 2022.
	Mjerilo: 1:10
	List: 13

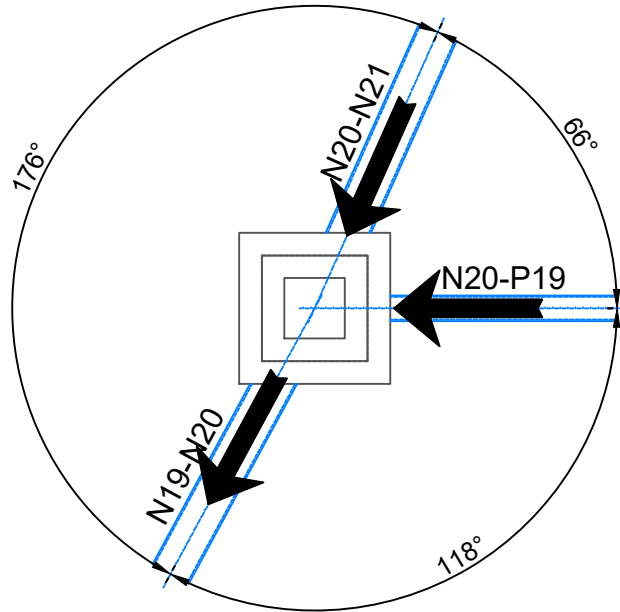
SHEMA OKNA ČVORA N20 M 1:50

Visina terena: 7.46 m

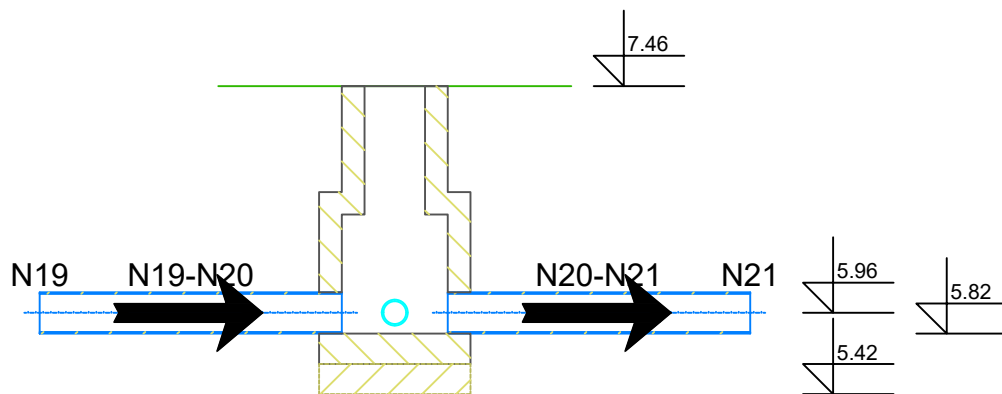
Širina okna: 1.00 m

Visina dna okna: 5.82 m

Dubina okna za teren 1: 1.64 m



Naziv	Visina terena 1	Visina nivelete	Naziv	Vanjski promjer cijevi [mm]
N20	7.46	5.96	-	-
N21	4.09	2.59	N20-N21	274.00
N19	9.56	8.06	N19-N20	274.00
P19	7.09	5.59	N20-P19	170.00



GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

Diplomski rad:
IDEJNO RJEŠENJE
VODOOPSKRBNOG SUSTAVA
NASELJA MOŠĆENIČKA DRAGA
PRIMJENOM WATERCAD V8i I
URBANO HYDRA RAČUNALNIH
PROGRAMA

Sadržaj nacрта:
SHEMA OKNA ČVORA N25

Studentica:
Sabina Rogutić

Kolegij:
VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA

Mentor:
Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ.

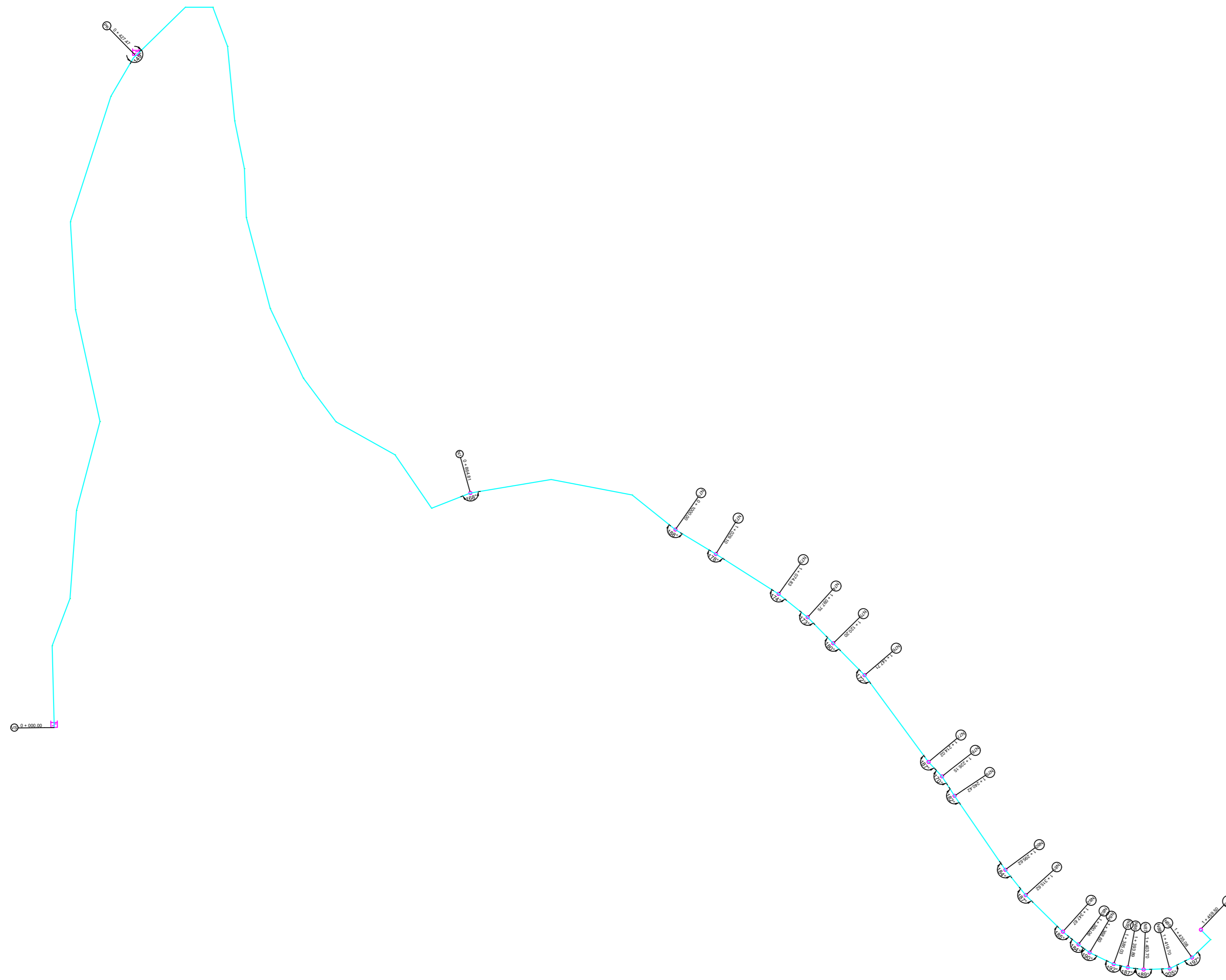
Datum:
srpanj 2022.

Mjerilo:
1:50

List:
14

PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA VS - P101

M 1: 2000



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU	
Diplomski rad: IDEJNO RJEŠENJE VODOOPSKRBNOG SUSTAVA NASELJA MOŠČENIČKA DRAGA PRIMJENOM WATERCAD V8i I URBANO HYDRA RAČUNALNIH PROGRAMA	Sadržaj nacrt: PLAN ISKOLČENJA GLAVNOG CJEVOVODA VS - P101
Studentica: Sabina Rogutić	Kolegij: VODOOPSKRBA I KONDICIONIRANJE VODA
Mentor: Doc.dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.grad.	Datum: srpanj 2022
	Mjerilo: 1:2000
	List: 15