

# Idejno rješenje dijela vodoopskrbnog sustava mjesta Lovran primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

---

**Rubinić, Matej**

**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:157:646559>

*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**

**Matej Rubinić**

**IDEJNO RJEŠENJE DIJELA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA MJESTA  
LOVRAN PRIMJENOM WATERCAD V8i RAČUNALNOG PROGRAMA**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2022.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Diplomski sveučilišni studij građevinarstva  
Hidrotehnika  
Vodoopskrba i kondicioniranje voda**

**Matej Rubinić  
JMBAG: 0114030817**

**IDEJNO RJEŠENJE DIJELA VODOOPSKRBNOG SUSTAVA MJESTA  
LOVRAN PRIMJENOM WATERCAD V8i RAČUNALNOG PROGRAMA**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2022.**

## **IZJAVA**

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

---

Matej Rubinić

U Rijeci, rujan 2022.

**Naslov rada:** Idejno rješenje dijela vodoopskrbnog sustava mjesta Lovran primjenom WaterCAD V8i računalnog programa

**Student:** Matej Rubinić

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

**Studij:** Sveučilišni diplomski studij građevinarstva

**Kolegij:** Vodoopskrba i kondicioniranje voda

## **SAŽETAK**

Ovim diplomskim radom razraditi će se vodoopskrbna mreža za mjesto Lovran koje se nalazi na obroncima Učke uz konstantan rastući turizam. Ovaj proračun je proveden primjenom programa WaterCAD v8i i programa Urbano Hydra. Hidrauličko opterećenje koje se nalazi na ovome području sastojalo se od potrošača poput dvije industrije (autopraonica, pekara), dva hotela (Park, Excelsior), kampa te u konačnici stanovništvo zajedno sa uračunatim turistima kroz privatni smještaj. Prilikom dimenzioniranja su zadovoljene sve potrebe potrošača za vodom kao i dozvoljene brzine i radni tlakovi. Osim potrošača proračunato je i požarno opterećenje za požare unutar zone stanovništva i industrijske zone. Sustav je analiziran kroz dva modela dotoka vode u vodotoranj. Modeli dotoka vode u vodotoranj su gravitacijski model dotoka i dotok vode uz pomoć crpljenja. Kapacitet vodotoranja je dobiven zbrajanjem operativne, protupožarne i sigurnosne rezerve. Cjevovod je proveden po prometnicama. Odabrane su lijevano željezne cijevi, ali se također provela analiza kako bi se stanje stvari mijenjalo uzimanjem PVC cijevi. Analiziralo se i kako na stanje sustava utječu pojave požara bez obzira radilo se o jednom, dva ili čak tri požara. Pomoću WaterCAD-a proračunate su promjene protoka i brzine vode u cijevima kao i dobiveni radni tlakovi. Program Urbano Hydra je korišten za validaciju dobivenih rješenja u usporedbi sa WaterCAD V8i programom te za crtanje uzdužnih profila, iskolčenja, sheme čvorova sa fazonskim elementima te karakteristični presjek rova.

**Ključne riječi:** Lovran, vodoopskrbni sustav, hidraulička analiza, WaterCAD v8i, Urbano Hydra

**Thesis title:** Conceptual solution of a part of the water supply system of the town of Lovran using the WaterCAD V8i computer program

**Student:** Matej Rubinić

**Supervisor:** Elvis Žic, Ph.D. C.E.

**Study:** Master's degree of Civil Engineering

**Course:** Water supply and conditioning system

## **ABSTRACT**

With this graduate work, the water supply network for the town of Lovran, which is located on the slopes of Učka, will be worked out with constantly growing tourism. This calculation was carried out using the WaterCAD v8i program and the Urbano Hydra program. The hydraulic load located in this area consisted of consumers such as two industries (car wash, bakery), two hotels (Park, Excelsior), a camp and ultimately the population together with tourists included in private accommodation. When dimensioning, all the consumer's needs for water, as well as permitted speeds and working pressures, are met. In addition to consumers, the fire load for fires within the population zone and the industrial zone was also calculated. The system was analyzed through two models of water inflow into the water tower. The models of water inflow to the water tower are the gravity inflow model and water inflow with the help of pumping. The capacity of the water tower is obtained by summing up the operational, fire and safety reserves. The pipeline was laid along roads. Cast iron pipes were chosen, but analysis was also carried out to change the state of affairs by taking PVC pipes. It was also analyzed how the state of the system is affected by the occurrence of fires, regardless of whether it was one, two or even three fires. WaterCAD was used to calculate changes in the flow and speed of water in the pipes, as well as the obtained working pressures. The Urbano Hydra program was used for the validation of the obtained solutions in comparison with the WaterCAD V8i program and for drawing longitudinal profiles, stakes, the scheme of nodes with phase elements and the characteristic section of the trench.

**Key words:** Lovran, water supply system, hydraulic analysis, WaterCAD v8i, Urbano Hydra

**SADRŽAJ:****POPIS SLIKA****POPIS TABLICA**

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA</b> .....	2
2.1. Povijesni razvoj.....	2
2.2. Geografske i demografske značajke.....	3
2.3. Klimatske značajke.....	5
2.4. Geomorfološke značajke.....	9
2.5. Vodoopskrba u Primorsko-goranskoj županiji.....	10
<b>3. MJERODAVNE KOLIČINE ZA POJEDINE VELIKE POTROŠAČE</b> .....	13
3.1. Tipovi potrošača na danom području.....	13
3.2. Određivanje broja stanovnika.....	15
3.3. Specifična potrošnja vode.....	16
3.4. Srednja dnevna potrošnja vode.....	17
3.5. Maksimalna dnevna potrošnja vode.....	18
3.6. Maksimalna satna potrošnja vode.....	19
3.7. Potrošnja vode za industriju.....	20
3.8. Potrošnja vode za gašenje požara.....	21
3.9. Potrošnja vode za vlastite potrebe.....	23
3.10. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu.....	24
<b>4. HIDRAULUČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA</b> .....	25
4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna.....	27
<b>5. PRORAČUN VODOSPROME</b> .....	31
5.1. Općenito o vodospremi.....	31
5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	34
5.2.1. Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	34
5.2.2. Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	37
5.2.3. Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu.....	38
5.2.4. Ukupni volumen vodospreme za gravitacijski dotok u vodospremu.....	39
5.3. Dotok u vodospremu crpljenjem.....	40
5.3.1. Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu.....	40

<b>5.3.2. Protupožarna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu.....</b>	<b>42</b>
<b>5.3.3. Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu.....</b>	<b>43</b>
<b>5.3.4. Ukupni volumen vodospreme za dotok crpljenjem u vodospremu.....</b>	<b>43</b>
<b>5.4. Ukupni volumen vodospreme.....</b>	<b>44</b>
<b>6. CRPNA STANICA.....</b>	<b>45</b>
<b>6.1. Proračun crpne stanice - Varijanta 1.....</b>	<b>46</b>
<b>6.2. Proračun crpne stanice - Varijanta 2.....</b>	<b>55</b>
<b>7. TRASIRANJE CJEVOVODA.....</b>	<b>62</b>
<b>8. BENTLEY WATERCAD V8i.....</b>	<b>63</b>
<b>8.1. Općenito o računalnom programu.....</b>	<b>63</b>
<b>8.2. Postavljanje mreže i određivanje njezinih značajki.....</b>	<b>64</b>
<b>8.2.1. Postavljanje hidrantske mreže.....</b>	<b>69</b>
<b>8.2.2. Definiranje potrošnje vode sustava.....</b>	<b>70</b>
<b>8.3. Definiranje vodospreme unutar WaterCAD V8i programa.....</b>	<b>73</b>
<b>8.4. Definiranje crpne stanice unutar WaterCAD V8i programa.....</b>	<b>75</b>
<b>9. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i RAČUNALNOM PROGRAMU.....</b>	<b>72</b>
<b>9.1. Gravitacijski dotok vode.....</b>	<b>78</b>
<b>9.1.1. Varijanta 1 - vodosprema V1.....</b>	<b>79</b>
<b>9.1.2. Varijanta 2 - vodosprema V2.....</b>	<b>87</b>
<b>9.2. Dotok vode crpljenjem.....</b>	<b>93</b>
<b>9.2.1. Varijanta 1 - crpno postrojenje CP1.....</b>	<b>93</b>
<b>9.2.2. Varijanta 2 - crpno postrojenje CP2.....</b>	<b>103</b>
<b>10. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA.....</b>	<b>112</b>
<b>10.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu.....</b>	<b>112</b>
<b>10.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu.....</b>	<b>113</b>
<b>10.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra programa.....</b>	<b>115</b>
<b>10.3.1 Definiranje nivelete cijevi.....</b>	<b>115</b>
<b>10.3.2 Definiranje rova cijevi.....</b>	<b>116</b>
<b>10.3.3 Definiranje gornjih slojeva rova.....</b>	<b>119</b>
<b>10.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra programa.....</b>	<b>120</b>



<b>10.4.1 Hidraulički proračun – gravitacijski dotok, Vodosprema V1, Varijanta 1, jedan požar.....</b>	<b>121</b>
<b>10.4.2 Hidraulički proračun – dotok crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara.....</b>	<b>122</b>
<b>10.5 Uzdužni i poprečni profili.....</b>	<b>123</b>
<b>10. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>126</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>127</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>129</b>

**POPIS SLIKA**

Slika 1: Smještaj Lovrana u podnožju Učke [1].....	2
Slika 2: Smještaj Lovrana u Kvarnerskom zaljevu [Google karte].....	3
Slika 3: Srednja godišnja temperatura zraka Hrvatske [6].....	5
Slika 4: Srednja godišnja količina oborina Hrvatske [6].....	6
Slika 5: Vlažnost zraka Hrvatske [6].....	7
Slika 6: Godišnja insolacija Hrvatske [6].....	8
Slika 7: Potrošači u vodoopskrbnom sustavu Općine Lovran.....	14
Slika 8: Cjevovodi sa slobodnim vodnim licem [12].....	25
Slika 9: Sheme vodoopskrbnih razdjelnih mreža [12].....	26
Slika 10: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera i protoka [12].....	28
Slika 11: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [12].....	29
Slika 12: Pojednostavljeni prikaz vodospreme za pripadajućim dijelovima [14].....	32
Slika 13: Shematski prikaz ulaza/izlaza vode u vodospremu [14].....	33
Slika 14: Odnos potrošnje s obzirom na tip naselja [13].....	34
Slika 15: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu.....	36
Slika 16: Dijagram oscilacija vode u vodospremi za razdoblje od 24h.....	37
Slika 17: Shematski prikaz vodospreme [13].....	39
Slika 18: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu za 12-satno crpljenje.....	41
Slika 19: Dijagram oscilacija vode u vodospremi za razdoblje od 24h (uslijed 12- satnog crpljenja).....	42
Slika 20: Dijelovi crpne stanice s vrstama centrifugalnih crpki i načinima ugradnje [15].....	45
Slika 21: Shema prepumpavanja crpnog sustava – Varijanta 1.....	46
Slika 22: Područja dobave pumpi CV [15].....	52
Slika 23: Karakteristike pumpe 200 CV 400-30/1 [15].....	53
Slika 24: Shematski prikaz serijskog spoja glavnih i rezervnih crpki – Varijanta 1.....	55
Slika 25: Shema prepumpavanja crpnog sustava – Varijanta 2.....	55
Slika 26: Karakteristike pumpe 250 CV 460-32/1 [15].....	60

Slika 27: Shematski prikaz serijskog spoja glavnih i rezervnih crpki – Varijanta 2.....	61
Slika 28: Glavno sučelje računalnog programa WaterCAD V8i.....	64
Slika 29: Određivanje sustava mjernih jedinica u WaterCad V8i programu.....	64
Slika 30: ModelBuilder opcija unutar WaterCad V8i programa.....	65
Slika 31: Prvi korak u ModelBuilder opciji.....	66
Slika 32: Posljednji korak ModelBuilder opcije.....	66
Slika 33: Uvezena gotova vodoopskrbna mreža.....	67
Slika 34: Definiranje značajki preko opcije „ <i>Properties Editor</i> “ .....	68
Slika 35: Definiranje značajki preko opcije „ <i>Flex Table</i> “ .....	68
Slika 36: Hidrant H-1 vodoopskrbnog sustava.....	69
Slika 37: Uzorak potrošnje vode stanovništva u WaterCAD V8i računalnom programu.....	71
Slika 38: Uzorak potrošnje vode za industriju u WaterCAD V8i računalnom programu.....	71
Slika 39: Uzorak potrošnje vode pri pojavi požara u WaterCAD računalnom programu.....	72
Slika 40: Potrošnja vode za stanovništvo i privatni smještaj.....	72
Slika 41: Potrošnja vode za hotel "Excelsior" .....	73
Slika 42: Potrošnja vode za hotel "Park" .....	73
Slika 43: Potrošnja vode za industriju.....	73
Slika 44: Potrošnja vode za kamp.....	73
Slika 45: Definiranje vodospreme pomoću „ <i>Properties</i> “ opcije.....	74
Slika 46: Definiranje vodospreme pomoću „ <i>Flex Table</i> “ uređivača.....	74
Slika 47: Crpna stanica sa izvorištem.....	75
Slika 48: Definiranje crpke pomoću „ <i>Standard 3 Point</i> “ opcije.....	76
Slika 49: Definiranje ostalih parametara crpki.....	76
Slika 50: Odabir načina provedbe hidrauličkog proračuna.....	77
Slika 51: „ <i>Calculation Summary</i> “ rješenje izvještaja.....	78
Slika 52: Dispozicija vodospreme V1, Varijanta 1 .....	79
Slika 53: Dionice sa najvećim brzinama toka i najvećim protocima, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	80

Slika 54: Čvorovi sa maksimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	80
Slika 55: Čvorovi sa minimalnim radnim tlakovima u mreži, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	81
Slika 56: Karakteristike lijevano-željeznih cijevi, Varijanta 1.....	82
Slika 57: Karakteristike PVC cijevi, Varijanta 1.....	82
Slika 58: Maksimalni radni tlakovi kada su korištene PVC cijevi, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	83
Slika 59: Uzdužni profil „Vodosprema – Kamp“, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	83
Slika 60: Uzdužni profil „Vodosprema – Kamp“ sa tlakovima, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	84
Slika 61: Popis mogućih alternativa unutar WaterCAD V8i modela.....	84
Slika 62: Zadavanje potrošnje vode za hidrant 37 za slučaj sa jednim požarom, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	85
Slika 63: Dijagram brzine toka vode i protoka za slučaj za požar u kampu, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	86
Slika 64: Tlak na hidrantu H 37 uslijed požara, Varijanta 1 – vodosprema V1.....	86
Slika 65: Dispozicija vodospreme V2, Varijanta 2.....	87
Slika 66: Dionice sa najvećim brzinama toka vode i najvećim protocima, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	88
Slika 67: Čvorovi sa maksimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	88
Slika 68: Čvorovi sa minimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	89
Slika 69: Uzdužni profil „Vodosprema 2 – P 25“, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	89
Slika 70: Dijagram brzine toka i protoka za slučaj sa 2 požara i požarom u industriji, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	90
Slika 71: Tlak na hidrantu H 14 uslijed požara, Varijanta 2 – vodosprema V2.....	91
Slika 72: Postavljanje „Color Coding“ opcije unutar WaterCAD V8i programa.....	91
Slika 73: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 7h, Varijanta 2 – vodosprema 2.....	92

Slika 74: Prikaz promjena brzina toka vode unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Varijanta 2 – vodosprema 2.....	92
Slika 75: Smještaj crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1.....	94
Slika 76: Dispozicija crpki unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1.....	94
Slika 77: Karakteristike crpke unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1.....	95
Slika 78: Najveći protoci i najveće brzine toka vode u sustavu u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	95
Slika 79: Najveći radni tlakovi u sustavu u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1...	96
Slika 80: „Controls“ izbornik za određivanje uvjeta rada Crpke, Varijanta 1.....	96
Slika 81: Ovisnost postotka popunjenosti vodospreme ovisno o statusu rada crpke..	97
Slika 82: Brzine i protoci za slučaj sa dva požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	98
Slika 83: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	98
Slika 84: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	99
Slika 85: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	99
Slika 86: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	100
Slika 87: Uzdužni profil Vodosprema – H 16, u 6h za Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	100
Slika 88: Uzdužni profil Vodosprema – H 16, u 13h za Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	101
Slika 89: Prikaz pritiska u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	102
Slika 90: Prikaz protoka u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1.....	102
Slika 91: Smještaj crpnog postrojenja CP2, Varijanta 2.....	103
Slika 92: Dispozicija crpki unutar crpnog postrojenja CP2, Varijanta 2.....	104
Slika 93: Karakteristike crpke unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1.....	104
Slika 94: Najveći protoci i najveće brzine toka vode u sustavu u 18h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	105

Slika 95: Najveći radni tlakovi u sustavu u 18h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	105
Slika 96: „Controls“ izbornik za određivanje uvjeta rada Crpke, Varijanta 2.....	106
Slika 97: Ovisnost postotka popunjenosti vodospreme ovisno o statusu rada crpke.....	106
Slika 98: Brzine toka vode i protoci za slučaj sa tri požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	107
Slika 99: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	107
Slika 100: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	108
Slika 101: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	108
Slika 102: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	109
Slika 103: Uzdužni profil Vodosprema – H 46, u 6h za Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	109
Slika 104: Uzdužni profil Vodosprema – H 46, u 13h za Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	110
Slika 105: Prikaz pritiska u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	110
Slika 106: Prikaz protoka u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2.....	111
Slika 107: Spremanje datoteke iz WaterCAD-a u podržanu .inp odnosno EPANET verziju.....	113
Slika 108: Sučelje Urbano Hydra programa.....	114
Slika 109: Prikazana uvezena vodoopskrbna mreža iz WaterCAD-a u Urbano Hydra računalni program.....	114
Slika 110: Definiranje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra programa.....	115
Slika 111: Definiranje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra programa.....	116
Slika 112: Odabir „Kataloga rovova cijevi“ .....	117
Slika 113: Određivanje rova cijevi u Urbano Hydra programu.....	117
Slika 114: Apliciranje navedenih promjena na aktivni sustav (rov).....	118

Slika 115: Katalog gornjih slojeva u Urbano Hydri.....	119
Slika 116: Apliciranje navedenih promjena na aktivni sustav (gornji slojevi).....	119
Slika 117: Izbornik „Hydra“ u Urbano Hydra programu.....	120
Slika 118: Vrijednosti pojedinih fizikalnih veličina dobivene pomoću Urbano Hydre, za gravitacijski dotok, vodosprema V1, varijanta 1, jedan požar.....	121
Slika 119: Vrijednosti dobivene pomoću WaterCAD-a, za gravitacijski dotok, vodosprema V1, varijanta 1, jedan požar.....	121
Slika 120: Vrijednosti pojedinih fizikalnih veličina dobivene pomoću Urbano Hydre, za dotok vode crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara.....	122
Slika 121: Vrijednosti protoka i brzine toka vode dobivene pomoću WaterCAD V8i programa, dotok crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara.....	122
Slika 122: Modificiranje konfiguracije uzdužnog profila unutar Urbano Hydre.....	123
Slika 123: Odabir metode „Od čvora do čvora“ za crtanje uzdužnog profila unutar vodoopskrbnog sustava.....	124
Slika 124: Uređivanje poprečnog presjeka u Urbano Hydra programu.....	125
Slika 125: Izbornik pomoću kojega se crtaju poprečni presjeci rova.....	125

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1: Razvoj broja stanovnika [3].....	4
Tablica 2: Koeficijent neravnomjernosti potrošnje vode [10].....	18
Tablica 3: Parametri za proračun količine vode za gašenje požara [10].....	22
Tablica 4: Ovisnost volumena i dubine vode u vodospremi [13].....	33
Tablica 5: Proračun operativne rezerve vodospreme analitičkom metodom.....	35
Tablica 6: Proračun operativne rezerve vodospreme analitičkom metodom kod 12-satnog crpljenja.....	40
Tablica 7: Apsolutna hrapavost cijevi ovisna o materijalu cijevi [15].....	50
Tablica 8: Neravnomjernost potrošnje kroz dan sa pripadajućim multiplikatorima za stanovništvo.....	70



## **1. UVOD**

Voda je jedan od bitnih zahtjeva za život. Sva živa bića trebaju vodu za svoj opstanak. Voda se koristi u razne svrhe, uključujući piće, pripremu hrane, navodnjavanje i proizvodnju. Iako voda prekriva više od 70% Zemljine površine, manje od 1% tog resursa je dostupno kao svježna voda - i to nije ravnomjerno raspoređeno po cijelom svijetu. Više od jedne milijarde ljudi (tisuću milijuna) diljem svijeta, uglavnom u zemljama u razvoju, nema sigurnu pitku vodu. Osim nestašice vode, postoje i mnogi drugi izazovi u osiguravanju sigurne, primjerene i pouzdane vodoopskrbe u mnogim dijelovima svijeta.

Vodoopskrbni sustav je infrastruktura za prikupljanje, prijenos, obradu, skladištenje i distribuciju vode za domove, komercijalne objekte, industriju i navodnjavanje, kao i za takve javne potrebe kao što su gašenje požara i ispiranje ulica. Od svih komunalnih usluga, opskrba pitkom vodom je možda najvažnija. Neke od sastavnih dijelova su vodosprema, cijevi, reducir ventili, muljnih ispusti, ozračni ventila i mnoge druge.

Lovran sve više i više pokazuje nove zahtjeve za vodom uslijed ubrzanog rasta turizma te je time u ovome radu analizirano mnoštvo varijanti sa podvarijantama kroz WaterCAD V8i program te popraćeno i grafičkim prikazima kroz Urbano Hydra računalni program od strane firme Studio ARS.

## 2. OSNOVNE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA

### 2.1 Povijesni razvoj

Lovran je grad bogate i duge prošlosti sa stogodišnjom tradicijom u turizmu, a svoje ime je stekao po lovru odnosno biljci koja u izobilju raste u zimzelenim gajevima što u Lovranu, što u okolici. Kroz povijest Lovran je svoje ime mijenjao u više navrata ovisno o tome čija je vladavina bila na vlasti, sukladno time mogu se pronaći i nazivi poput Lauriana ili Lovrana. Za vrijeme srednjeg vijeka, Lovran je bio tipičan mediteranski gradić sa sljubljenim kućama dvokatnicama na kojima su se mogle prepoznati klasični primorski prozori tj. "poneštre", a među tim objektima su se prostirale uske popločene ulice. U samom strogom centru nalazi se stari grad koji je opasan zidinama koje su u prošlosti služile kao obrambena strategija, Trg svetog Jurja koji je i zaštitnik i simbol Lovrana. Na trgu se nalazi i crkva, a nedaleko od nje nalazi se i gradska kula. Van starogradske jezgre gradili su se hoteli, pansioni, vile kao i zdravstveni objekti te uređeni parkovi sa autohtonom vegetacijom i uz sve to i najduže obalno šetalište "Lungomare" koje započinje u Lovranu, a završava u Voloskom. U povijesti je Lovran često bio i zimovalište i ljetovalište za austro-ugarsku uglednu aristokraciju, umjetnike te političke elite. U to vrijeme Lovran je brojao 4 hotela, 20-ak pansiona, 4 zdravstvena sanatorija te 2 velika uređena javna kupališta. U današnje vrijeme te su se brojke povećale uslijed obnova i restauracija objekata koja je započela 60-ih godina prošloga stoljeća, a vrhunac toga bila je izgradnja hotela "Excelsior" koji je u to doba bio jedan od najluksuznijih i najkomfortnijih hotela na Kvarneru. [1]

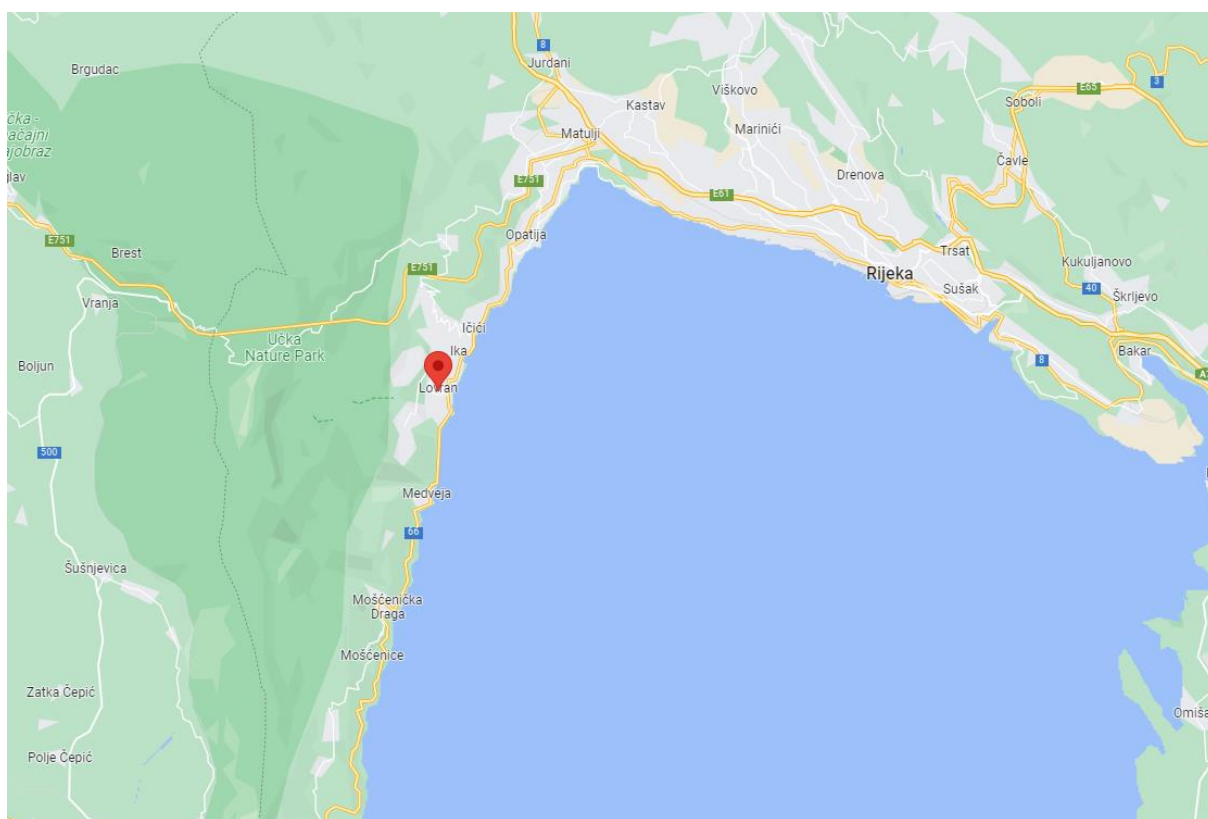


Slika 1: Smještaj Lovrana u podnožju Učke [1]

Danas, u 21. stoljeću Lovran se smatra gradom bogate povijesne baštine sa stogodišnjom tradicijom ponajprije u turizmu, čiji se razvoj očituje i danas te uz sve to karakterizira ga očuvana priroda te razvijena infrastruktura uz održivi razvoj te poštivanje ekoloških standarda [2].

## 2.2. Geografske i demografske značajke

Općina Lovran smjestila se na istočnoj obali Istre, točnije u Kvarnerskom zaljevu te zemljopisno spada u Primorsko-goransku županiju. Geografske koordinate su 45.29° N, 14.27 ° E, a općina Lovran (površine 21 km<sup>2</sup>) sastoji se od više naselja u koju spadaju sam Lovran, Liganj, Tuliševica, Medveja i Lovranska draga. Smješten je u podnožju Učke odnosno preciznije rečeno južnih padina brda Knezgrad (612 m n.m.) te Lužinski breg (624 m n.m.) koji pripadaju obroncima Učke. Udaljenost od bitnijih gradova je 6 km od Opatije te 21 km od Rijeke. S morske strane nalaze se otoci Krk i Cres [3].



Slika 2: Smještaj Lovrana u Kvarnerskom zaljevu [Google karte]

Prema prvom popisu stanovništva koje je obavljeno 1857. Lovran je sa svim pripadajućim naseljima brojao 3040 stanovnika, dok se u nekoliko zadnjih desetljeća ta brojka učestalo vrti oko 4000 stanovnika. U tablici 1 prikazan je povijesni razvitak broja stanovnika općine Lovran. [3]

Naselje	1857.	1869.	1880.	1890.	1900.	1910.	1921.	1931.	1948.	1953.	1961.	1971.	1981.	1991.	2001.	2011.
LOVRAN	3040	1836	1712	1940	2240	3036	2584	2733	2240	3274	3591	3773	4232	4386	3987	4056
Lovran	1484	470	644	621	847	1409	896	1122	1229	2419	2745	2989	3484	3640	3241	3283
Liganj	827	720	378	560	570	716	875	821	348	290	318	282	252	306	289	336
Tuliševica	729	646	363	345	392	389	813	790	256	202	211	208	201	172	216	200
Medveja	-	-	226	177	193	262	-	-	208	180	168	157	175	177	170	177
Lovranska Draga	-	-	101	237	238	260	-	-	199	183	149	137	120	91	71	51

Tablica 1: Razvoj broja stanovnika [3]

Prema najnovijim podacima o broju stanovništva čiji je popis bio 2021. godine Lovran sveukupno broji 3580 stanovnika što ukazuje na pad broja stanovnika što se je i u konačnici očekivalo prema predviđanjima. Gledajući po naseljima Liganj (292 stan.), Lovran (2897 stan.), Lovranska draga (56 stan.), Medveja (143 stan.) te Tuliševica (192 stan.) [4].

Općina Lovran spada u mikroregiju Opatijske rivijere te se ona može raspodijeliti u više turističkih zona za koje postoje brojevi ležaja.

- Zone su slijedeće:
- Sv Mikula (250 ležajeva)
  - Tuliševica (200 ležajeva)
  - Medveja (400 ležajeva)
  - Labinsko (700 ležajeva)
  - Susmel (160 ležajeva)
  - Najade (300 ležajeva)
  - Castelo (500 ležajeva)
  - Liganj (600 ležajeva)
  - Vile (1400 ležajeva).

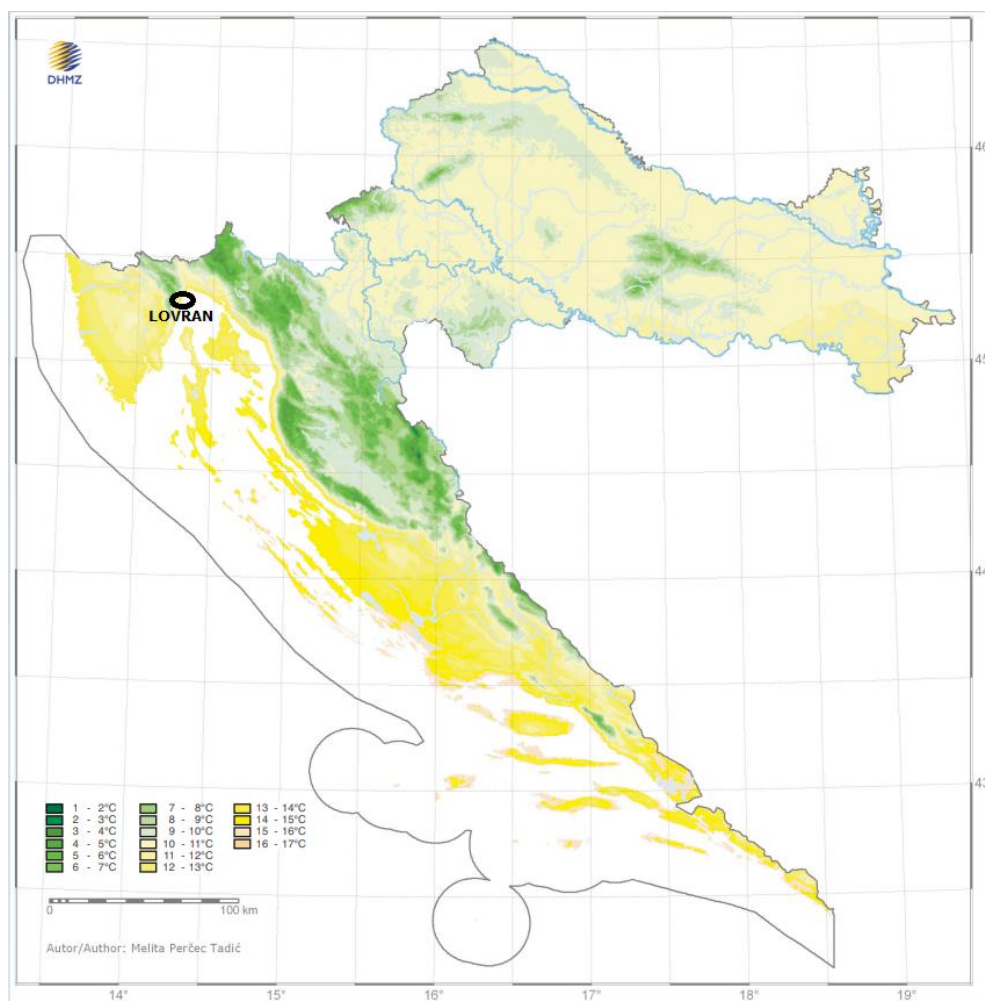
Zbrojem svih turističkih mikro zona dolazimo do brojke od 4500 ležajeva odnosno broja turista koji može u jednom trenutku boraviti na području općine Lovran [5].

### 2.3. Klimatske značajke

Klima je mediteranska s elementima kontinentalne, što karakteriziraju blage zime i topla ljeta. Srednja zimska temperatura zraka je 7 °C ljetna 22 °C dok je prosječna godišnja 13,3 °C. Temperature mora kreću se od minimalnih 9 °C u zimskim mjesecima do maksimalnih 26 °C u kolovozu. Lovran ima godišnje 2230 sunčanih sati i prosječnu količinu padalina od 1500 litara po m<sup>2</sup>. Oborine su najviše izražene u zimskim mjesecima, dok su ljeta sušna.

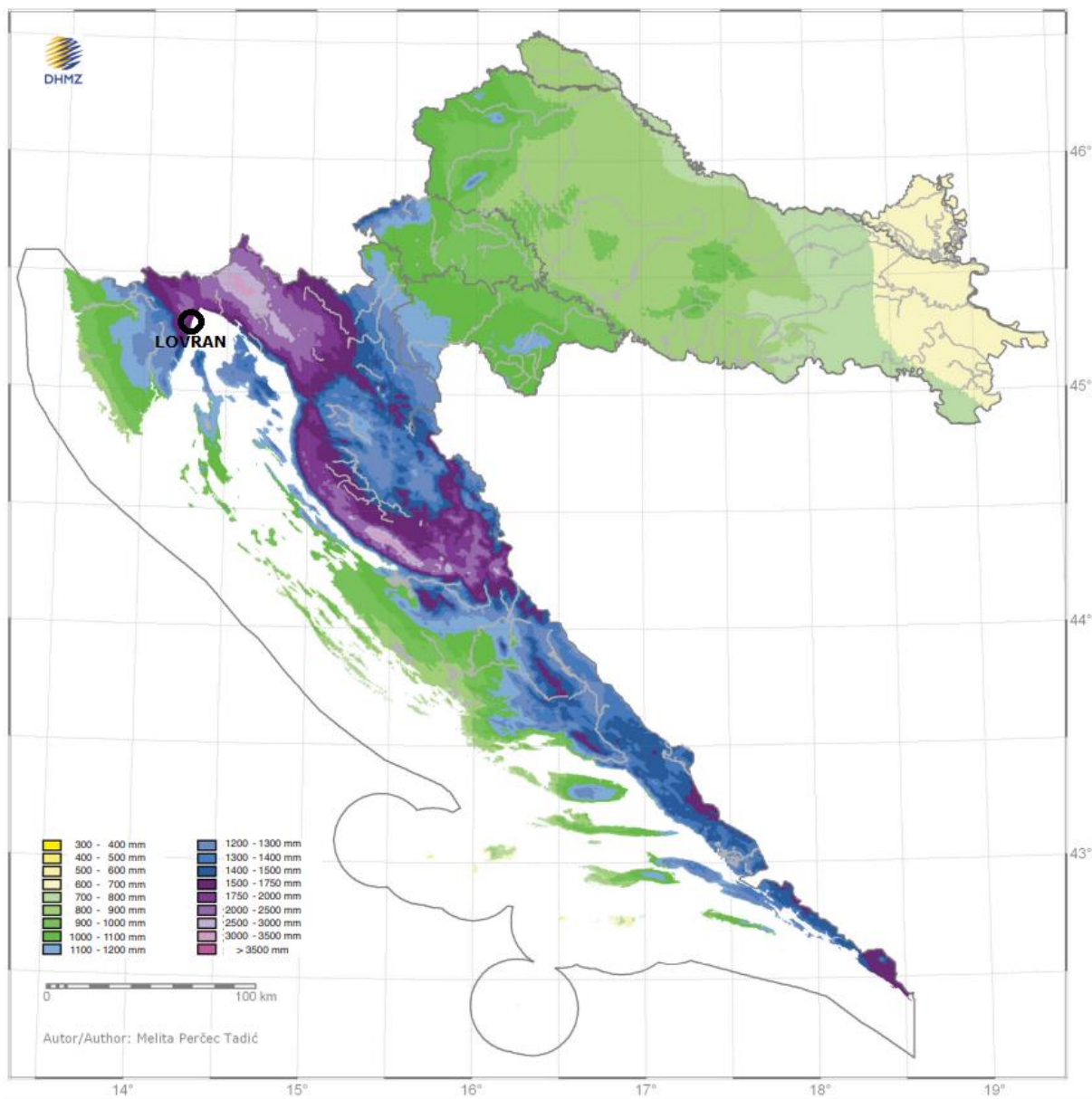
U zimskim mjesecima najčešći vjetar je bura koja puše sa sjevera i donosi vedro i hladno vrijeme. Jugo donosi kišu i veliku vlagu, a maestral u ljetnim mjesecima s pučine donosi svježinu ublažavajući sparinu i žegu [1].

Na Slici 3 moguće je uočiti kako Lovran spada u područje označeno žutom bojom što označava da mu je prosječna godišnja temperatura oko 14 °C.



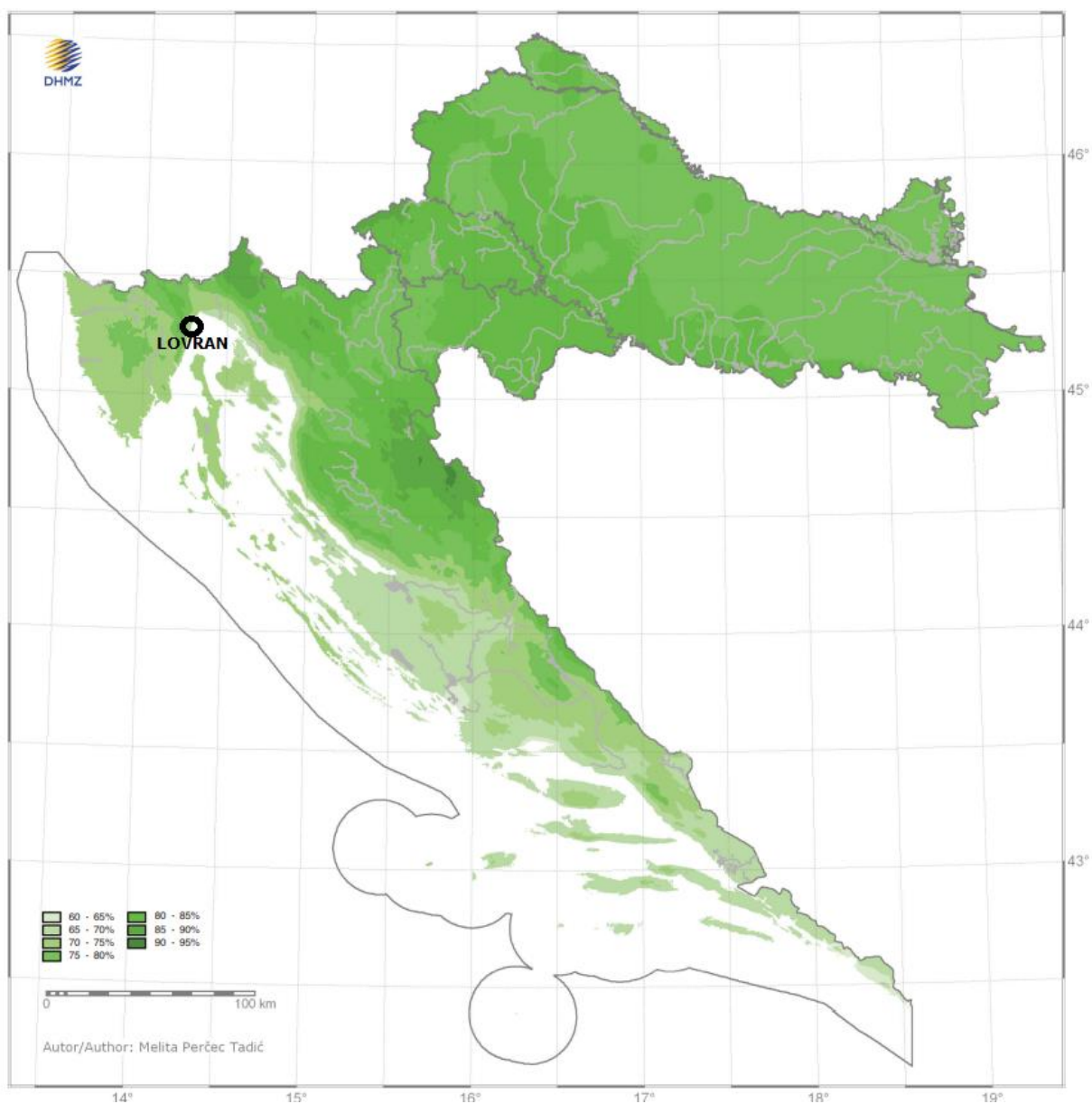
Slika 3: Srednja godišnja temperatura zraka Hrvatske [6]

Na Slici 4. je prikazana karta Hrvatska sa koloriranim područjima ovisno o srednjoj godišnjoj količini oborina gdje Lovran spada u ljubičastu zonu odnosno u jedno od kišom bogatijih područja čemu pridonosi smještaj u podnožju planine Učke.



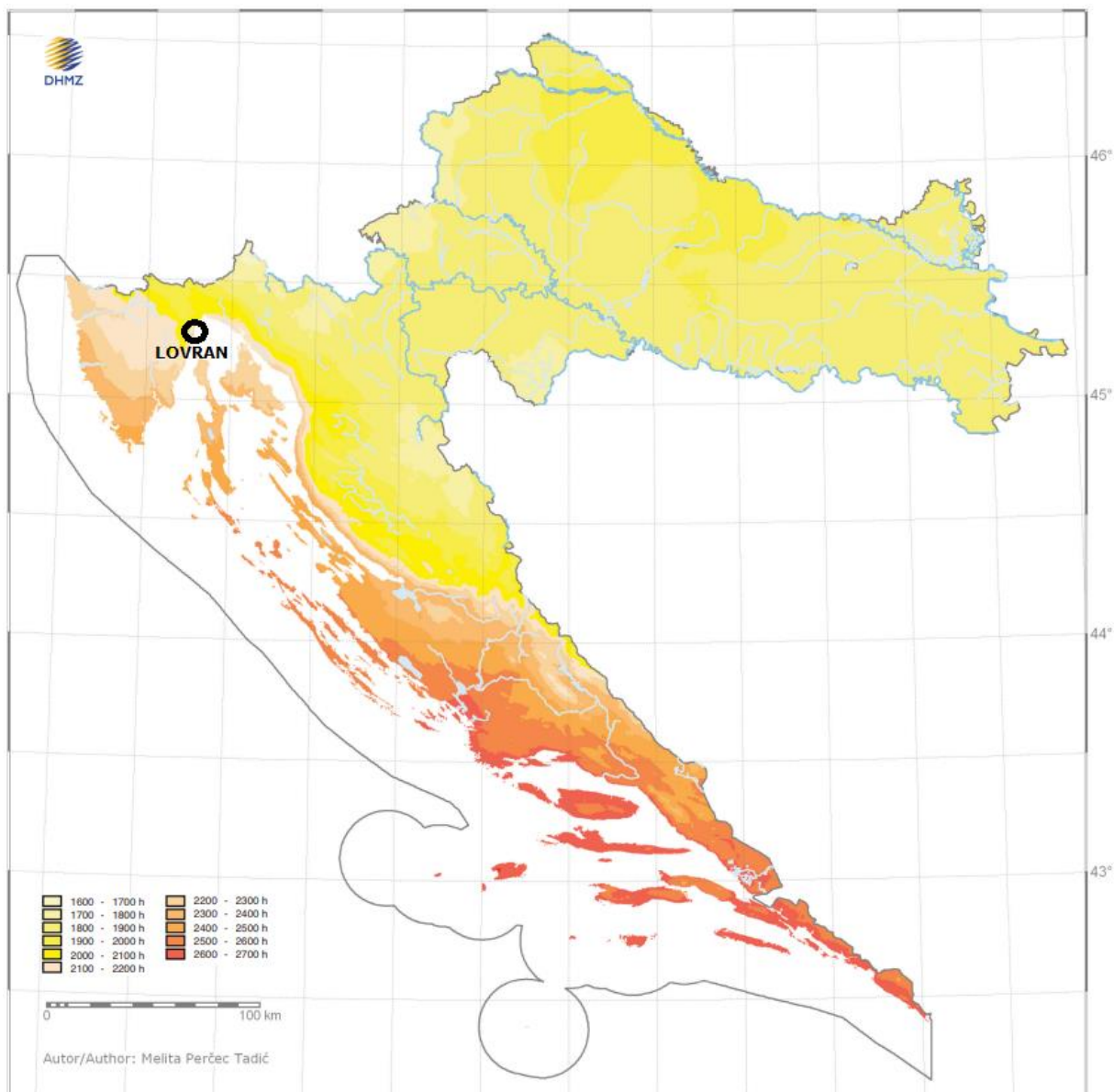
Slika 4: Srednja godišnja količina oborina Hrvatske [6]

Na Slici 5. prikazano je na karti Hrvatske gdje se Lovran nalazi s obzirom na količinu vlažnosti zraka s obzirom na ostatak zemlje.



Slika 5: Vlažnost zraka Hrvatske [6]

Na Slici 6. moguće je primjetiti kako Lovran spada u područje sa iznadprosječnim brojem sunčanih sati, ali opet ne toliko kao što to ima primjerice Dalmacija.



Slika 6: Godišnja insolacija Hrvatske [6]



## **2.4. Geomorfološke značajke**

Općina Lovran svojom pozicijom pripada teritoriju Primorsko goranske županije na čijem se području mogu primijetiti slijedeće naslage sa različitim fizičko-mehaničkim svojstvima [7]:

- Karbonatni kompleks mezozoika i paleogena
- Kompleks paleozojskih klastita
- Kompleks trijaskih klastita
- Kompleks paleogenskog fliša
- Kompleks naplavina
- Kompleks marinskih sedimenata.

Geomorfološke značajke danoga područja najbolje se mogu opisati pomoću Osnovne geološke karte 1:100 000 list Labin, koji obuhvaća i samo područje općine Lovran te su na toj karti obuhvaćena sva dosadašnja istraživanja. Na promatranome području u najvećoj se mjeri nalaze naslage sedimentnog tipa koje prema svojoj geološkoj starosti pripadaju kredno i paleogenskoj epohi te kvartnom razdoblju. Paleogenske i kredne naslage su u najvećoj mjeri litificirane te sukladno tome spadaju u čvrste sedimentne stijene, a kvartne naslage su litogenetski najviše ili nevezane ili slabo vezane. Njihova je poveznica u tome što tvore pokrivač koji nije cjelovit te je male debljine, a pokriva karbonatne stijene. Postojana je i pojava fliša koja je bitna u krškim područjima jer utječe na vodopropustnost područja, odnosno omogućava vodi ili da ostane na površini ili da se u ovom slučaju infiltrira u podzemne vode. Na promatranome području naslage koje pripadaju kvartnoj starosti odnose se na crvenicu, deluvijalni nanos, aktivni sipar i potočni nanos. Najznačajnija je dakako crvenica koja se najčešće pojavljuje kao pokrivač karbonatnih naslaga posebice vapnenaca. Promatrajući njen sastav to je uglavnom glinasto-prašinasti materijal njegove prepoznatljive crvenosmeđe boje, a ovisno o lokaciji nalazišta ima i različitu pedogenezu te sukladno tome razlikuju se recentne, reliktna, a dok neke imaju značajke paleo tala. Široko je rasprostranjena, a njena debljina se razlikuje od tankih pokrivača do višemetarskih naslaga [8].

Analizom područja krajobrazno gledano možemo područje raspodijeliti u 4 visinske zone;

- Urbani pejzaž u užem priobalno području s naseljima Medveja i Lovran
- Ruralni krajobraz sela i zaseoka na padinama učke (Lovranska draga, Tuliševica, Liganj, itd.) gdje prevladavaju šume hrasta medunca i bjelograbića
- Prirodni pejzaž šumskih pojaseva crnog graba, hrasta cera, crnog bora, hrasta medunca, i dr.
- Prirodni pejzaž s primorskom šumom bukve i livada sve do vrhova Učke

Obilje vegetacije te prisutnim morskim aerosolom u zraku rezultiraju da je ovo područje vrlo stimulativno i pogodno za život. [9]

## **2.5. Vodoopskrba u Primorsko-goranskoj županiji**

Vodoopskrbni sustav na području Primorsko-goranske županije spada u jedan od bolje razvijenih u Republici Hrvatskoj, a tome pridonosi činjenica da je 88% stanovništva opskrbljeno vodom iz vodoopskrbnog sustava što je puno veća brojka od ostatka zemlje te prosjeka od 63%. Razlozi tomu su postojeća planska izgradnja vodovoda te nagli turistički razvoj koji je uvjetovao i pridonosao ubrzanom razvitku i izgradnji vodoopskrbnog sustava. Gledano danas, postojeći sustav uglavnom ne zadovoljava potrebe jer one rastu puno brže od mogućnosti izgradnje odnosno nadogradnje već postojećega vodoopskrbnog sustava. Postojeći sustavi spajaju se u veće regionalne cjeline sa većim količinama vode u sustavima te se time povećava sigurnost u zadovoljenju potreba opskrbe potrošača. Na ovom području u današnje vrijeme razlikujemo sljedeća vodoopskrbna poduzeća:

- "Vodovod i kanalizacija" Rijeka
- "Komunalac" Opatija
- "Vinodol" Crikvenica
- "Ponikve" Krk
- "Vodovod i čistoća" Cres
- "Vrelo" Rab
- "Komunalac" Delnice

- "Čabranka" Čabar.

Vodoopskrbni sustav Lovrana spada u vodoopskrbni sustav Opatije čije su članice također grad Opatija, općina Matulji, sam Lovran te Mošćenička Draga. Većina stanovništva ovoga sustava je opskrbljena vodom, osim nekih "visokih" zona Opatije i Lovrana gdje nema vode za opskrbu iako postoje zahvaćeni izvori. Sustav Opatija nema dovoljnih količina vode iz vlastitih izvora te je zbog toga primorena koristiti vodu iz sustava Rijeka (150 l/s) te Slovenije tj. Ilirska Bistrica (25 l/s). U vlastita izvorišta vodoopskrbnog sustava Opatija spadaju sljedeća izvorišta [7]:

- Vela Učka (5-30 l/s)
- Mala Učka (6-25 l/s)
- Rečina (2-10 l/s)
- Tunel Učka (10-80 l/s)
- Sredić (2-10 l/s).

Na ovom području postoje značajnije količine vode koje nisu dostupne, primjerice izvor "Kristal" sa čijeg bi se izvora moglo zahvatiti i do 200 l/s, ali zahvat vode sa ovog izvora je dosta složen i skup te su potrebni dodatni istražni radovi. Voda vodoopskrbnog sustava Opatije je kvalitetna, posebice ona koja dolazi iz riječkog sustava, dok se ona voda sa padina Učke zna zamutiti.

Uslijed prostornog reljefa ovaj sustav ima probleme sa visokim tlakovima u pojedinim točkama, posebice u priobalnoj zoni, a kad se na to pridoda i starost mreže to uzrokuje česte kvarove i gubitke vode u sustavu. Već postoje određena rješenja kao što su primjerice "jače" spajanje na riječki sustav te za to postoje već i kratkoročna i dugoročna rješenja te je potrebno i unaprijediti daljinski nadzor i upravljanje sustavom koje za ovo područje nije prisutno.

Izvori koje koristi vodoopskrbni sustav Opatija:

Vela Učka – pozicioniran visoko u planinskom masivu Učka na nadmorskoj visini od 950 m n.m. u selu Vela Učka, voda izvire na kontaktu između razlomljenih vapnenaca i vodonepropusnog fliša.

Mala Učka – vrlo slične karakteristike kao i izvor Vela Učka, kao i kod izvora Vela Učka dreniranje se vrši iz "navlake glavnog grebena Učke", dok se sam izvor nalazi na 985 m n.m., a podzemna voda se zahvata i starom i novom kaptažom.

Tunel Učka – podzemna kaptaža u masivu Učke na visini od 490 m n.m. koja je pronađena prilikom iskapanja tunela Učka, tj. otkrivena je kaverna uz sam bok tunela te taj dio ima razgranat sustav kanala i dvorana, a voda izvire na kontaktu foraminiferskih vapnenaca na klastičnim naslagama fliša, a tok vode je bujičnog karaktera.

Sredić – izvor koji se nalazi na jugoistočnim obroncima Učke na visini od 860 m n.m., a čine ga još dva izvora ("Griž" na 940 m n.m., "Vela Ravan" na 967 m n.m.) te se ovaj zahvat koristi uglavnom za naselja Mošćeničke Drage, Mošćenica i gornjih naselja [7].

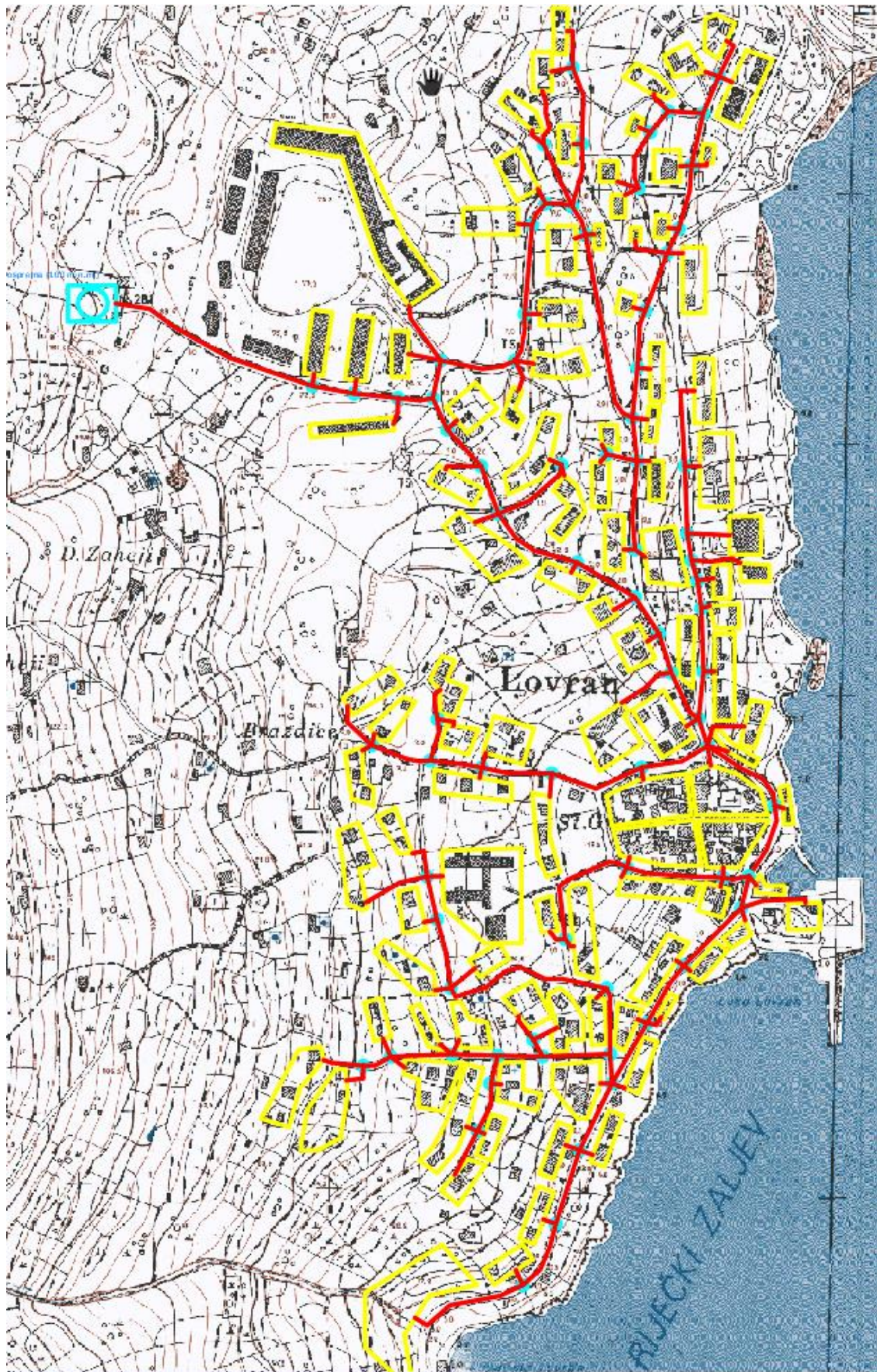
### **3. MJERODAVNE KOLIČINE ZA POJEDINE VELIKE POTROŠAČE**

#### **3.1. Tipovi potrošača na danom području**

Ovim diplomskim radom vrši se projektiranje razgranatog vodoopskrbnog sustava Općine Lovran, odnosno idejni projekt, koja spada u kvarnerski zaljev te u Primorsko-goransku županiju. Proračun potrebne količine vode proveden je za stanovništvo koje prema najnovijim podacima iz 2021. godine broji približno 3500 stanovnika, a dok je broj turista koji mogu u jednom trenutku boraviti na području Općine Lovran približno 4500 turista. Turisti koji će boraviti u privatnom smještaju biti će uračunati u stanovništvo. Na zadanom području također imamo i hotele, industriju, kamp te će biti prikazana i količina za gašenje požara.

Što se tiče industrije imamo autopraonicu te pekarsko postrojenje. Za hotele imamo Hotel Park te Hotel Excelsior. Na Slici 7. prikazan je situacijski prikaz te smještaj potrošača i odabrana dispozicija razgranate vodoopskrbne mreže. Na nekim mjestima će uslijed konfiguracije terena odnosno visokih tlakova biti potrebno ugraditi reducir ventile, što će biti prikazano detaljnije na posebnom nacrtu u nastavku rada.

Idejni projekt obuhvaća i vodoopskrbu industrijskog objekta, koji se odnosi na pekaru i autopraonicu. Radno vrijeme industrije je od 8 do 20 sati, a potrebna količina vode iznosi 3 l/s.



Slika 7: Potrošači u vodoopskrbnom sustavu Općine Lovran

### 3.2. Određivanje broja stanovnika

Kako bi se odredila potrebna količina vode za kućanske potrebe, privatni smještaj, za hotele, industrije i kampove, prije svega je potrebno odrediti specifičnu potrošnju vode i predviđeni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja. Broj stanovnika se učestalo mijenja te ta brojka ovisi o više čimbenika poput društvenih, gospodarskih te socijalno-psiholoških faktora. Općenito gledano za Hrvatsku, pa samim time i za Lovran ova brojka je najčešće u padu. Ovako dugotrajno nepovoljno prirodno kretanje jasno se uočava i u strukturama stanovništva, posebice u dobnoj strukturi, a jedna od izravnih posljedica je i starenje ukupnog stanovništva. Za očekivati je da će se ovakvi trendovi kretanja stanovništva i dalje nastaviti.

Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava najčešće se vrši na projektno razdoblje od 25 do 30 godina, a u nekim slučajevima na najviše 50 godišnje razdoblje. Godišnji postotak prirasta broja stanovništva ovisi o veličini naselja, o razvijenosti industrije i turizma, migracijskim kretanjima i slično. Za potrebe projekta uzet je prirast od 0,70 % bez obzira na pad broja stanovništva zato jer imamo razvijanje turizma koje je iz godine u godinu sve intenzivnije. Prema zadnjem popisu stanovništva Lovran broji 3580 stanovnika te je ta brojka u padu odnosno imamo negativan trend.

Konačni broj stanovnika na kraju projektnog razdoblja računa se prema izrazu (1):

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

gdje je:

$N_0$  – sadašnji broj stanovnika,

$p$  – godišnji postotak prirasta stanovništva [%],

$Rp$  – projektno razdoblje vodoopskrbnog sustava [godine].

Prema izrazu (1), na kraju projektnog razdoblja od 25 godina, konačni broj stanovnika iznosi:

$$N_k = N_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{Rp} = 3580 * \left(1 + \frac{0,70}{100}\right)^{25} = 4262,06 \sim 4262 \text{ stanovnika}$$

Uz stanovništvo u obzir se uzima i broj turista čija je brojka od 4500 ležajeva odnosno broj turista koji može u jednom trenutku boraviti na danome području. Brojka od 4500 turista je raspodijeljena u različite smještaje na slijedeći način:

- Hotel "Park" = 400 turista
- Hotel "Excelsior" = 500 turista
- Autokamp = 600 turista
- Privatni smještaj = 3000 turista.

Hotel "Park" uzet je kao hotel sa 3 zvjezdice dok je hotel "Excelsior" uzet kao hotel sa 4 zvjezdice.

### 3.3. Specifična potrošnja vode

Specifična potrošnja vode se definira kao potrebna količina vode po jednom stanovniku u jednom danu (l/stanovniku/dan). Specifična potrošnja vode zavisi o različitim čimbenicima. Najznačajniji čimbenici su: životne navike, klimatski uvjeti, gospodarska struktura stanovništva, cijena vode, kakvoća vode, kontrola potrošnje i gubici.

Vrijednosti specifične potrošnje vode usvajaju se iz ruskih propisa te ove propise treba shvatiti orijentacijski zbog mogućih odstupanja [10].

Specifične potrošnje vode za pojedine potrošače u sustavu iznose:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| - Stanovništvo (4262 stan.)     | $q_{sp.stan.} = 250 \text{ l/stan/dan}$    |
| - Hotel **** (500 tur.)         | $q_{sp.hot.****} = 400 \text{ l/tur/dan}$  |
| - Hotel *** (400 tur.)          | $q_{sp.hot.***} = 350 \text{ l/tur/dan}$   |
| - Autokamp (600 tur.)           | $q_{sp.kamp.} = 120 \text{ l/tur/dan}$     |
| - Privatni smještaj (3000 tur.) | $q_{sp.priv.smj.} = 350 \text{ l/tur/dan}$ |



### 3.4. Srednja dnevna potrošnja vode

Srednju dnevnu potrošnju vode određujemo umnoškom specifične potrošnje vode po stanovniku (turistu) i konačnim brojem stanovnika (turista), prema slijedećem izrazu (2) [10]:

$$Q_{sr.dn.} = q_{sp.} * N_k \quad (2)$$

$$Q_{sr.dn.stan.} = 250 * 4262 = 1065500 \text{ l/dan} = 1065,50 \text{ m}^3/\text{dan} = 12,33 \text{ l/s}$$

$$Q_{sr.dn.hot.***} = 400 * 500 = 200000 \text{ l/dan} = 200 \text{ m}^3/\text{dan} = 2,31 \text{ l/s}$$

$$Q_{sr.dn.hot.**} = 350 * 400 = 140000 \text{ l/dan} = 140 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,62 \text{ l/s}$$

$$Q_{sr.dn.kamp.} = 120 * 600 = 72000 \text{ l/dan} = 72 \text{ m}^3/\text{dan} = 0,83 \text{ l/s}$$

$$Q_{sr.dn.priv.smj.} = 350 * 3000 = 1050000 \text{ l/dan} = 1050 \text{ m}^3/\text{dan} = 12,15 \text{ l/s}$$

Srednja dnevna ukupna potrošnja vode se računa kao suma svih srednjih dnevnih potrošnji vode prema izrazu (3) [10]:

$$Q_{sr.dn.UKUPNO} = \sum Q_{sr.dn.} \quad (3)$$

$$Q_{sr.dn.UKUPNO} = Q_{sr.dn.stan.} + Q_{sr.dn.hot.***} + Q_{sr.dn.hot.**} + Q_{sr.dn.kamp.} + Q_{sr.dn.priv.smj.}$$

$$Q_{sr.dn.UKUPNO} = 2527500 \text{ l/dan} = 2527,5 \text{ m}^3/\text{dan} = 29,24 \text{ l/s}$$

### 3.5. Maksimalna dnevna potrošnja vode

Maksimalna dnevna potrošnja vode se definira kao potrošnja vode u nekom danu u kojem je zabilježena najveća potrošnja vode. Mjerodavna je za dimenzioniranje vodozahvata, crpnih stanica (osim kod potisnog vodoopskrbnog sustava), uređaja za kondicioniranje vode, vodosprema i glavnih dovodnih cjevovoda koji povezuju prethodno navedene objekte [11].

Maksimalna dnevna potrošnja vode dobiva se množenjem srednje dnevne potrošnje vode i koeficijenta neravnomjernosti najveće dnevne potrošnje vode prema izrazu (4) [10]:

$$Q_{max.dn} = k_{max.dn} * Q_{sr.dn} \quad (4)$$

Koeficijenti maksimalne dnevne i maksimalne satne neravnomjernosti ( $K_{max,dn}$  i  $K_{max,sat}$ ) ovisi o tipu naselja i broju stanovnika i o vrsti turističkog objekta, a određuje se prema Tablici 2. [10].

Kategorija potrošača	$K_{max,dn}$	$K_{max,sat}$
Naselje seoskog tipa	2,00	3,00
Naselje mješovitog tipa	1,70	2,40
Naselje gradskog tipa do 10000 stanovnika	1,50	1,80
10 do 50000 stanovnika	1,40	1,60
50 do 100000 stanovnika	1,30	1,50
preko 100000 stanovnika	1,25	1,40
Turistički objekti A kategorije	1,40	2,50
Ostale kategorije	1,60	2,20
Privatni smještaj	1,80	2,20
Kampovi	2,00	2,30
Bolnice	1,50	2,20
Stoka	1,50	3,00

Tablica 2: Koeficijent neravnomjernosti potrošnje vode [10]

Iz tablice 2 preuzete su slijedeće vrijednosti koeficijenata dnevne neravnomjernosti:

- $K_{max,dn,stan.} = 1,50$
- $K_{max,dn,hot.****} = 1,40$
- $K_{max,dn,hot.***} = 1,60$
- $K_{max,dn,kamp.} = 2,00$
- $K_{max,dn,priv.smj.} = 1,80$

Proračun maksimalne dnevne potrošnje vrši se prema izrazu (3):

$$Q_{\max.dn.stan.} = 1,50 * 1065500 \text{ l/dan} = 1598250 \text{ l/dan} = 1598,25 \text{ m}^3/\text{dan} = 18,50 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.dn.hot.****} = 1,40 * 200000 \text{ l/dan} = 280000 \text{ l/dan} = 280 \text{ m}^3/\text{dan} = 3,24 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.dn.hot.***} = 1,60 * 140000 \text{ l/dan} = 224000 \text{ l/dan} = 224 \text{ m}^3/\text{dan} = 2,59 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.dn.kamp.} = 2,00 * 72000 \text{ l/dan} = 144000 \text{ l/dan} = 144 \text{ m}^3/\text{dan} = 1,66 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.dn.priv.smj.} = 1,80 * 1050000 \text{ l/dan} = 1890000 \text{ l/dan} = 1890 \text{ m}^3/\text{dan} = 21,87 \text{ l/s}$$

Ukupna količina svih maksimalnih dnevnih potrošnja vode se računa prema slijedećem izrazu (5):

$$Q_{\max.dn.UKUPNO} = \sum Q_{\max.dn.} \quad (5)$$

$$Q_{\max.dn.UKUPNO} = Q_{\max.dn.stan.} + Q_{\max.dn.hot.****} + Q_{\max.dn.hot.***} + Q_{\max.dn.kamp.} + Q_{\max.dn.priv.smj.}$$

$$Q_{\max.dn.UKUPNO} = 4136250 \text{ l/dan} = 4136,25 \text{ m}^3/\text{dan} = 47,86 \text{ l/s}$$

### 3.6. Maksimalna satna potrošnja vode

Maksimalna satna potrošnja je količina vode koja se potroši u satu najveće potrošnje, a za njezin proračun potrebno je znati satni koeficijent neravnomjernosti najveće satne potrošnje. Maksimalna satna potrošnja služi za dimenzioniranje crpnih stanica, razdjelnih mreža i glavnih cjevovoda [10].

Iz tablice 2 preuzete su slijedeće vrijednosti koeficijenata satne neravnomjernosti:

- $K_{\max.sat.stan.} = 1,80$
- $K_{\max.sat.hot.****} = 2,50$
- $K_{\max.sat.hot.***} = 2,20$
- $K_{\max.sat.kamp.} = 2,30$
- $K_{\max.sat.priv.smj.} = 2,20$

Proračun maksimalne satne potrošnje vode provodi se prema izrazu (6):

$$Q_{\max.\text{sat.}} = K_{\max.\text{sat.}} * (Q_{\max.\text{dn.}}/24) \quad (6)$$

$$Q_{\max.\text{sat.stan.}} = 1,80 * 1598250/24 = 119869 \text{ l/h} = 33,30 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.\text{sat.hot.****}} = 2,50 * 280000/24 = 29167 \text{ l/h} = 8,10 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.\text{sat.hot.**}} = 2,20 * 224000/24 = 20533 \text{ l/h} = 5,70 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.\text{sat.kamp.}} = 2,30 * 144000/24 = 13800 \text{ l/h} = 3,83 \text{ l/s}$$

$$Q_{\max.\text{sat.priv.smj.}} = 2,20 * 1890000/24 = 173250 \text{ l/h} = 48,13 \text{ l/s}$$

Ukupna maksimalna satna potrošnja računa se prema izrazu (7):

$$Q_{\max.\text{sat.}} \text{ .UKUPNO} = \sum Q_{\max.\text{sat.}} \quad (7)$$

$$Q_{\max.\text{sat.}} \text{ .UKUPNO} = Q_{\max.\text{sat.stan.}} + Q_{\max.\text{sat.hot.****}} + Q_{\max.\text{sat.hot.**}} + Q_{\max.\text{sat.kamp.}} + Q_{\max.\text{sat.priv.smj.}}$$

$$Q_{\max.\text{sat.}} \text{ .UKUPNO} = 356619 \text{ l/h} = 99,06 \text{ l/s}$$

### 3.7. Potrošnja vode za industriju

Potrošnja vode po jedinici proizvoda jako varira i često je vrlo različita, čak i u analognim poduzećima. Ovisi o tipu primijenjene opreme, sheme tehnološkog procesa i lokalnih uvjeta (često se određuje anketom kod proizvodnih tehnologa). Ponekad je potrebno računati količine vode za pojedine grupe poduzeća koja postavljaju različite zahtjeve u smislu kvalitete vode (ekonomski je neprihvatljivo kondicionirati vodu za industriju do zahtijevanih standarda za pitku vodu, ako taj stupanj kvalitete nije potreban) [10].

Za potrebe diplomskog rada uzete su dvije postojeće industrije koje rade po 12 sati dnevno te troše količinu vode od 3 l/s. Tu spadaju autopraonica te pekarsko postrojenje.

Potrošnja vode za industriju računa se kao umnožak broja radnih sati industrije (u jednom danu) i potrebne količine vode, odnosno:

$$Q_{\text{ind.}} = 12 * 60 * 60 * 3 = 129600 \text{ l/dan} = 129,60 \text{ m}^3/\text{dan} \quad (8)$$

Raspodjela ove količine vode za postojeće industrije je sljedeća:

Autopraonica (po autu troši 300 l vode , 30 auti dnevno) = 9000 l/dan

Pekara (po zaposleniku troši 250 l/dan, 480 zaposlenika) = 120600 l/dan

Ukupno = 129600 l/dan = 129,60 m<sup>3</sup>/dan.

### 3.8. Potrošnja vode za gašenje požara

Prilikom proračuna mjerodavnih količina vode obavezno je uzeti u obzir i predviđenu količinu vode za gašenje požara. Razlikujemo vanjsko i unutrašnje gašenje požara. Vanjsko gašenje požara podrazumijeva vanjske hidrante i razvijenu hidrantsku mrežu, dok unutarnji sustav podrazumijeva protupožarne ventile razvijene kroz građevinu odnosno objekt. Količina vode koja je potrebna za gašenje požara u naselju ovisi o veličini naselja, otpornosti objekta od požara, zbijenosti i karakteru izgrađenosti. Za proračun je potrebno odrediti potrošnju vode za gašenje požara, broj istovremenih požara u gradu ili na području industrije te minimalno trajanje gašenja požara. Prilikom proračuna potrebne količine vode za gašenje požara korišten je „Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara” sa danim podacima u Tablici 3. Ovaj pravilnik je objavljen u Narodnim novinama 08/2006. Ovim pravilnikom su propisane tehničke potrebe za vanjsko i unutarnje gašenje požara [10].

Veličina naselja	Broj istovremenih požara	Minimalno trajanje gašenja požara	Potrošnja vode po jednom požaru $q_p$ (l/s)
Sela ispod 1000 stanovnika	1	2	5
Manja naselja do 5000 stanovnika	1	2	10
Naselja od 6000 do 10000 stanovnika	1	2	15
Gradovi od 11000 do 25000 stanovnika	2	2	15

Tablica 3: Parametri za proračun količine vode za gašenje požara [10]

Potrošnja vode za gašenje požara može se dodatno podijeliti na 2 načina:

- gašenje požara u naselju
- gašenje požara kod industrije.

Za svaki slučaj imamo drugačiji način proračuna.

Kada se zbroje stanovnici Lovrana zajedno sa svim turistima koji borave na tom području dolazimo do brojke između 5000 i 10000 te time Lovran spada u 3. kategoriju gdje se očekuje 1 istovremeni požar sa minimalnim trajanjem gašenja požara od 2h sa specifičnom potrošnjom vode od 15 l/s.

Potrošnja vode za gašenje požara u naselju iznosi:

$$Q_{\text{pož.nas.}} = 1 * 2 * 15 * 60 * 60 = 108000 \text{ l/dan} = 108 \text{ m}^3 / \text{dan} \text{ (požar od 2h, 1 požar sa specifičnom potrošnjom gašenja od 15 l/s)} \quad (9)$$

Potrošnja vode za gašenje požara u industriji također je regulirana zakonom te ovisi o više faktora poput otpornosti objekta na požar, vrsti industrije prema ugroženosti od požara, te veličini objekta koji se štiti. Potrebna količina vode za gašenje požara u industriji se kreće od 10 do 35 l/s po jednom požaru. Ukoliko je površina objekta koji se štiti manja od 150 ha, proračunava se s jednim istovremenim požarom, a ako je veća od 150 ha, proračunava se s 2 istovremena požara [10].

Za niti jednu od dvije postojeće industrije ta vrijednost ne prelazi 150 ha te sukladno time se usvajaju parametri od 1 istovremenog požara sa trajanjem gašenja od 2h te potrebnom specifičnom količinom vode od 20 l/s.

Potrošnja vode za gašenje požara u industriji iznosi:

$Q_{\text{pož.ind.}} = 1 * 2 * 20 * 60 * 60 = 144000 \text{ l/dan} = 144 \text{ m}^3 / \text{dan}$  (požar od 2h, 1 požar sa specifičnom potrošnjom gašenja od 20 l/s).

Ukupna količina vode za gašenje požara predstavlja zbroj količina za gašenje požara u naselju i industriji:

$$Q_{\text{pož.UKUPNO}} = Q_{\text{pož.nas.}} + Q_{\text{pož.ind.}} = 252000 \text{ l/dan} = 252 \text{ m}^3 / \text{dan.}$$

### 3.9. Potrošnja vode za vlastite potrebe

Svakom vodoopskrbnom sustavu potrebno je predvidjeti i određenu količinu za vlastite potrebe u smislu čišćenja, održavanja i izvedbu vodoopskrbnih objekata. U praksi nisu dani nikakvi normativi ni količine već se ova vrijednost može odrediti iskustveno i to na 2 načina:

- kao 5 do 10% srednje dnevne potrošnje (izraz (10))
- kao 1 do 2% maksimalne dnevne potrošnje (izraz (11))

1. način kao 5 do 10% srednje dnevne potrošnje

$$Q_{\text{vl.pot.}} = 0,1 * Q_{\text{sr.dn.UKUPNO}} \quad (10)$$

$$Q_{\text{vl.pot.}} = 0,10 * 2527,5 \text{ m}^3 / \text{dan} = 252,8 \text{ m}^3 / \text{dan} = 2,93 \text{ l/s}$$

2. način kao 1 do 2% maksimalne dnevne potrošnje

$$Q_{\text{vl.pot.}} = 0,02 * (Q_{\text{max.dn.UKUPNO}} + Q_{\text{ind.}}) \quad (11)$$

$$Q_{\text{vl.pot.}} = 0,02 (4136,25 \text{ m}^3 / \text{dan} + 129,60 \text{ m}^3 / \text{dan})$$

$$Q_{\text{vl.pot.}} = 85,32 \text{ m}^3 / \text{dan} = 0,99 \text{ l/s}$$

Kao mjerodavna vrijednost uzima se ona veća pa je u ovom slučaju konačna potrošnja vode za vlastite potrebe 252,8 m<sup>3</sup>/dan odnosno 2,93 l/s.

### 3.10. Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu

Gubici vode u vodoopskrbnom sustavu mogu se javiti uslijed više razloga poput puknuća cijevi, prslina i pukotina, neredovitog i nepravilnog održavanja i slično. Gubitke vode u vodoopskrbnom sustavu definiramo kao razliku između proizvedene vode od strane poslužitelja i isporučene količine vode krajnjim potrošačima. Vrijednosti gubitaka se kreću u sljedećim granicama [10]:

- do 20% (od vrijednosti  $Q_{\max.dn.} + Q_{ind.}$ ) - izvrstan vodovod
- 20 – 40% (od vrijednosti  $Q_{\max.dn.} + Q_{ind.}$ ) - dobar vodovod
- preko 40% (od vrijednosti  $Q_{\max.dn.} + Q_{ind.}$ ) - loš vodovod.

U ovom je diplomskom radu pretpostavljen izvrstan vodovod pa su njegovi gubici sljedeći:

$$Q_{gub.} = 0,20 * (Q_{\max.dn.} UKUPNO + Q_{ind.}) \quad (12)$$

$$Q_{gub.} = 0,20 * (4136,25 \text{ m}^3/\text{dan} + 129,60 \text{ m}^3/\text{dan})$$

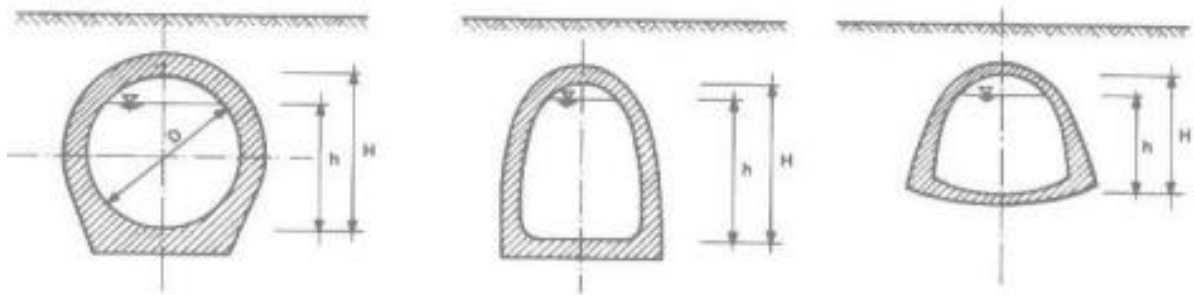
$$Q_{gub.} = 853,17 \text{ m}^3/\text{dan} = 9,87 \text{ l/s.}$$



#### 4. HIDRAULIČKI PRORAČUN VODOOPSKRBNOG SUSTAVA

Nakon što su poznate vrijednosti potrošnje vode pojedinih potrošača i sve potrošnje vode samog sustava sljedeći korak je provedba hidrauličkog proračuna vodoopskrbnog sustava čime se osigurava da mreža udovoljava zahtijevanim vodoopskrbnim količinama i radnim tlakovima.

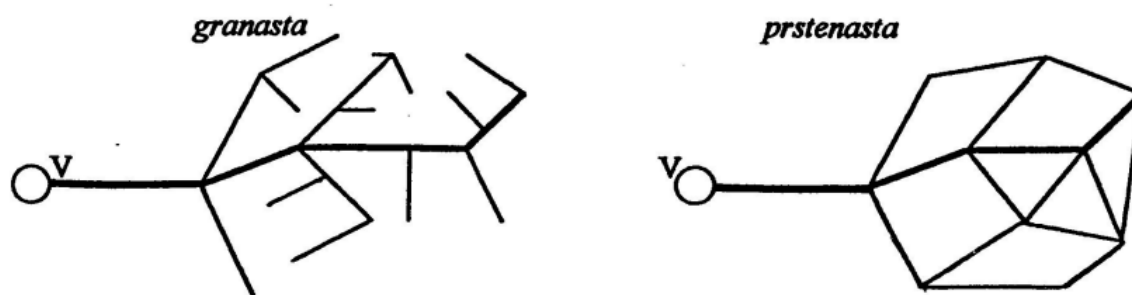
Postoje dvije vrste proračuna s obzirom na režim tečenja, a to su: tečenje sa slobodnim vodnim licem i tečenje u cijevima pod tlakom. Tečenje sa slobodnim vodnim licem izvodi se u smislu otvorenih kanala ili cjevovoda. Ova metoda se rjeđe primjenjuje, jer zahtijeva konstantan uzdužni pad što direktno povećava zemljane radove i izgradnju pratećih objekata čija je svrha savladavanje prirodnih prepreka. Na slici 8. prikazani su idući sa lijeva na desno mogući tipovi betonskog cjevovoda poput okruglog, izduženog te stlačenog oblika.



Slika 8: Cjevovodi sa slobodnim vodnim licem [12]

Sljedeći tip je hidraulički proračun tečenja pod tlakom koji se odnosi na cijelu vodoopskrbnu mrežu koja se sastoji od dovodnih cjevovoda koji dovode vodu od izvora pa sve do naselja ili vodospreme/vodotornja, te od razdjelne mreže odnosno distributivne koja se grana kroz naselje i vodu dovodi do samih potrošača. Tečenje pod tlakom može se osigurati na više načina, a to su: gravitacijski, potisno pomoću crpki, ili kombinacijom obje metode što je najčešće u praksi i slučaj.

Nadalje, razdjelna odnosno distributivna mreža može se izvesti u dvije sheme što je prikazano na slici 9. gdje je u prvom slučaju prikazana granasta vodoopskrbna mreža, dok je u drugom slučaju prstenasta mreža koja zahtjeva poseban proračun.



Slika 9: Sheme vodoopskrbnih razdjelnih mreža [12]

Granastu mrežu najjednostavnije je opisati kao tečenje vode u jednom smjeru od vodospreme do potrošača bez kruženja u sustavu, dok su mane ovog sustava veći tlačni gubici, te pojave ustajale vode na samim krajevima sustava. Ukoliko dođe do kvara na jednoj od dionica ili jednom od čvorova svi potrošači nakon kvara neće imati vodu.

Prstenastu mrežu karakterizira to što voda do potrošača dolazi iz više smjerova, što uzrokuje veću duljinu mreže, ali u slučaju kvara daljnji potrošači neće ostati bez vode kao što je to slučaj kod granaste mreže. Prstenasta mreža proračunava se pomoću Hardy-Crossove metode ili nekom od sličnih metoda u praksi.

Pojedine važne činjenice koje se moraju uzeti u obzir prilikom hidrauličkog proračuna se navode u nastavku. Razina vode u vodospremi, odnosno vodotornju se mijenja te uslijed toga se mijenjaju i radni tlakovi na potrošačima. Moguće je mijenjati promjer cijevi, te se time utječe na smanjenje, odnosno povećanje linijskih gubitaka i shodno time se mijenjaju i tlakovi na potrošačima. Ovome se mora pristupiti pažljivo, jer primjerice uslijed povećanja promjera cijevi može doći do stvaranja taloga koji je nepoželjan u cijevnom sustavu. Na vodoopskrbnoj mreži na primjerenim mjestima potrebno je postaviti i muljne ispuste kako bi se nataloženi mulj mogao adekvatno odstraniti iz sustava. Problem može predstavljati i nakupljanje zraka u sustavu gdje prilikom djelovanja hidrodinamičke sile može doći do udara i oštećenja cijevi, te se zato moraju predvidjeti i mjesta za postavljanje ozračnih ventila, a to se najčešće izvodi na najvišim dijelovima sustava [12].

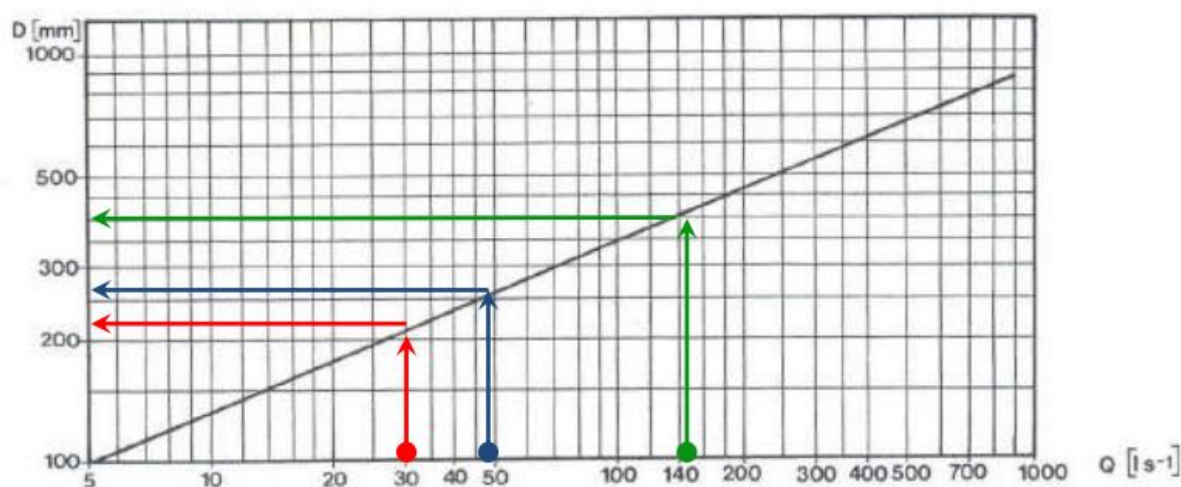
#### 4.1. Rezultati hidrauličkog proračuna

Nakon što su poznate vrijednosti potrošnje vode (maksimalne satne) započinje se sa izradom hidrauličkog proračuna za čiju je izradu potrebno prvo posjedovati nacrtanu tj. postavljenu vodoopskrbnu mrežu (najčešće mj. 1:5000) gdje se mogu očitati svi nazivi čvorova kao i dionica. Iz programskog paketa AutoCAD-a vrlo se jednostavno očitaju i duljine svake dionice zasebno što je naredni korak. Specifična potrošnja određuje se kao zbroj maksimalne satne potrošnje privatnog smještaja i maksimalne satne potrošnje stanovništva podijeljeno sa ukupnom dužinom sustava (bez dionica gdje su veliki potrošači poput hotela, industrija, kampa), te se dobije vrijednost specifične potrošnje vode po metru dužnom izražena kao  $q_{spec}$  [l/s/m']. Vrijednosti potrošnje velikih potrošača se zapisuju u zasebnom stupcu. Koeficijent opterećenosti naselja  $K$  označava koliko je pojedina dionica "opterećena" stanovništvom jer je poznato kako stanovništvo nije ravnomjerno raspodijeljeno već je u nekim zonama više stanovništva, odnosno gušće dok je u nekim zonama manje. Ako se govori u zonama gdje je više stanovništva u tom slučaju bi se uzeo koeficijent  $K$  vrijednosti veće od 1 te sa time množimo duljinu same dionice. Potrošnju potrošača (privatni smještaj i stanovništvo) određuje se kao umnožak prethodno objašnjene virtualne dužine sa specifičnom potrošnjom. Ovdje se može izvršiti i prva kontrola gdje sume svih dobivenih vlastitih protoka moraju biti jednake zbroju maksimalne satne potrošnje stanovništva i privatnog smještaja (računajući da su turisti koji borave u privatnom smještaju i stanovništvo jedno te isto). Protoci se sastoje od vlastitog protoka, tranzitnog i u konačnici od ukupnog. Vlastiti protok predstavlja vrijednost koja je potrebna za potrošnju na pojedinom čvoru dok je tranzitni protok onaj protok koji mora proteći pojedinom dionicom kako bi se mogla zadovoljiti potrošnja vode svih narednih, odnosno daljnjih potrošača (ovdje je riječ o granastoj vodoopskrbnoj mreži). Ukupni protok je ništa drugo već zbroj vlastitog i tranzitnog protoka. U ovom dijelu se provodi i 2. kontrola gdje prva dionica do prvog potrošača mora imati maksimalni satni protok apsolutno svih potrošača sustava.

U konačnici za određivanje mjerodavnog protoka mora se u obzir uzeti i protok prilikom gašenja požara. Mjerodavna vrijednost će biti ona koja je veća između ukupnog protoka (vlastiti + tranzitni) i protoka vode za potrebe gašenja požara. Moglo bi se i zbrojiti ukupni protok (vlastiti + tranzitni) zajedno sa protokom za gašenje požara i time bi se u teoriji i dobio sigurniji sustav, ali bi u praksi došlo do

predimenzioniranja sustava, te se zato to ne izvodi na taj način. Nakon što se usvojio mjerodavni protok pojedine dionice pristupa se u određivanje promjera cijevi  $D$ , brzine u cijevi  $v$ , uzdužnog pada  $I$ , linijskih gubitaka  $\Delta h_{tr}$  te u konačnici brzinske visine  $v^2/2g$ .

Određivanje promjera cijevi vrši se prema slici 10. gdje je na apscisi vrijednost protoka vode izražena u [l/s], dok je na ordinati promjer cijevi u [mm].



Slika 10: Dijagram ovisnosti unutarnjeg promjera i protoka [12]

Primjerice,

- za mjerodavni protok od 30 l/s, odabire se promjer cijevi 250 mm
- za mjerodavni protok od 48,5 l/s, odabire se promjer cijevi 300 mm
- za mjerodavni protok od 142,5 l/s, odabire se promjer cijevi 450 mm.

Bitno je napomenuti da se uvijek uzima veća vrijednost promjera cijevi ukoliko se nalazi između dvije vrijednosti.

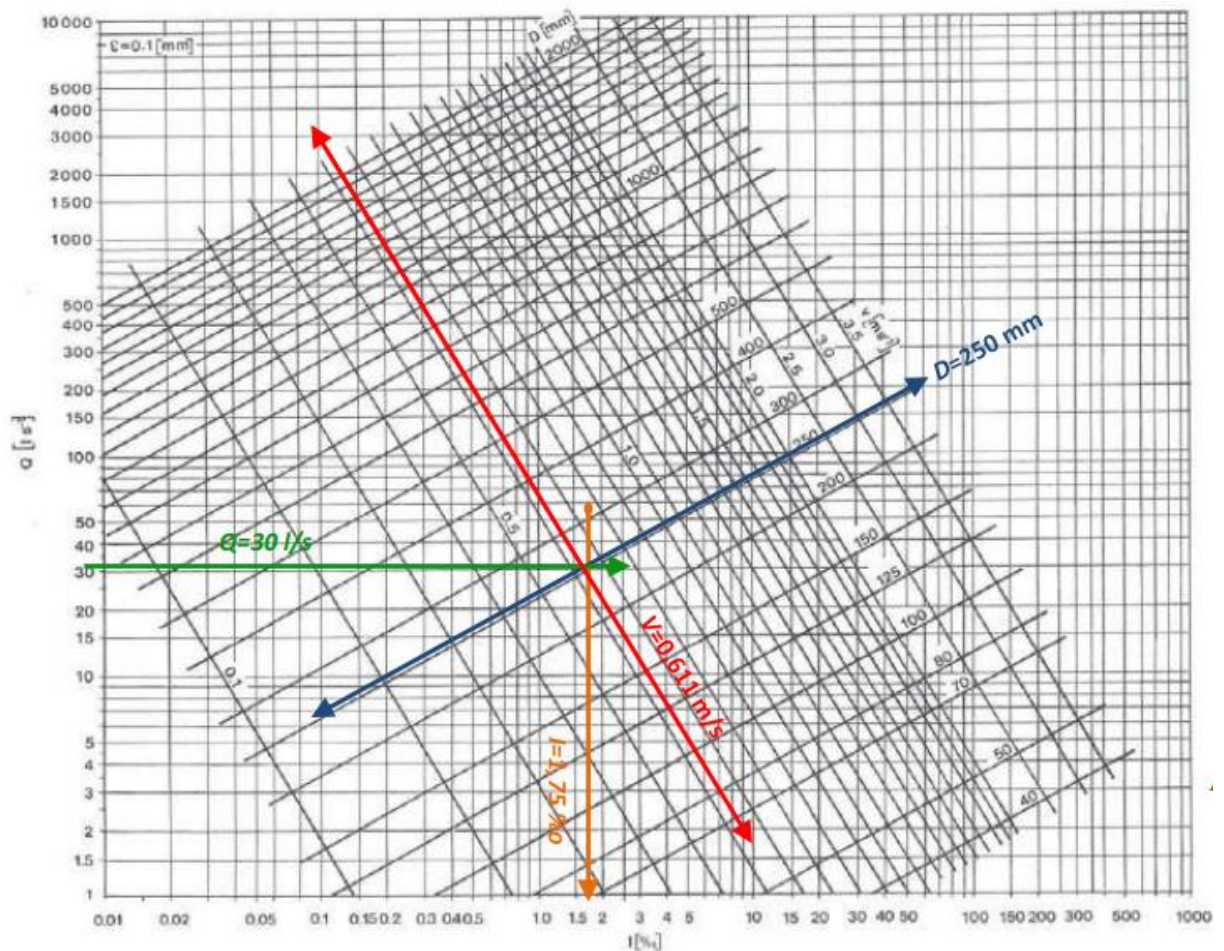
Brzine vode u cijevima mogu se odrediti na više načina, ali najtočniji je preko izraza (13):

$$v = \frac{Q_{mjer.} \cdot 4}{D^2 \cdot \pi} \text{ [m/s]} \quad (13)$$

gdje je:

- $Q_{mjer.}$  – mjerodavni protok vode na dotičnoj dionici [l/s]
- $D$  – promjer cijevi na dotičnoj dionici [mm].

Uzdužni pad pojedine dionice određuje se preko nomograma koji je prikazan na slici 11.



Slika 11: Nomogram hidrauličkih parametara za okrugle vodoopskrbne cijevi [12]

U ovome slučaju, za zadani protok od 30 l/s i određeni promjer cijevi od 250 mm iz nomograma se očitava vrijednost uzdužnog pada dionice u vrijednosti od 1,75 ‰. Nadalje se može i očitati brzina vode u cijevi u vrijednosti 0,611 m/s, te je ovo jedna od alternativa prethodno navedenoj preko izraza (13).

Uzdužni gubici određuju se preko izraza (14):

$$\Delta h_{tr} = I * L \text{ [m]} \quad (14)$$

gdje je:

- $I$  – uzdužni pad cijevi [‰]
- $L$  – duljina dionice [m].

Brzinske visine se određuju preko izraza (15):

$$v^2/2g \text{ [m]} \quad (15)$$

Važno je napomenuti da su brzinske visine zanemarivo male kada bi ih se uspoređivalo sa linijskim gubicima te iz tog razloga se najčešće zanemaruju.

U prilogu 1. prikazan je Excel tablični hidraulički proračun vodoopskrbne mreže za područje općine Lovran sa izračunatim svim prethodno navedenim stavkama, dok je u prilogu 2. tablično prikazan popis čvorova sa uzetim u obzir linijskim gubicima i brzinskim visinama, te je iz njega moguće vidjeti kako su radni tlakovi na svim čvorovima unutar dozvoljenih vrijednosti.

## 5. PRORAČUN VODOSPROME

### 5.1. Općenito o vodospremi

Vodospromom se smatra građevina koja služi kao posrednik između izvorišta gdje se zahvaća voda i samog područja za koje se vrši vodoopskrba odnosno potrošača.

Vodosprema ima više zadaća:

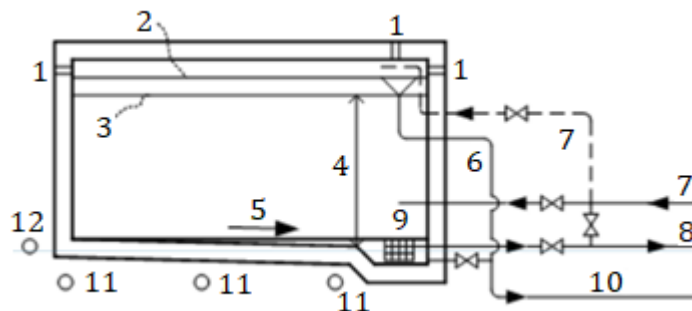
- izravnati oscilacije prilikom potrošnje čime se osigurava operativna rezerva vodospreme
- zadovoljiti protupožarne količine vode
- zadovoljiti sigurnosnu količinu vode koja mora biti u vodospremi u slučaju kada bi došlo do prestanka dovoda vode u vodospremu
- zadovoljiti tlakove na potrošačima (kako ne bi na prvim potrošačima tlakovi bili premali, a na daljnjim potrošačima preveliki).

Podjelom vodosprema prema namjeni razlikuju se sabirna vodosprema koja se smješta uz izvorište ili uređaj za kondicioniranje te joj je uloga zaprimiti vodu prije nego se voda prosljeđuje dalje do vodnih komora te uz to postoji i glavna opskrba vodosprema koja se smješta ili prije ili nakon mreže potrošača te njene karakteristike ovise o nizu čimbenika. Gledajući vodospreme prema pogonu razlikuju se dva glavna tipa, a to su visinska ili niska vodosprema. Kod visinske vodospreme je voda smještena iznad potrošača, te gravitacijski ide prema potrošačima. Najbolji primjer je ukopana vodosprema koja je potpuno ili dijelom ukopana u teren, a smješta se ovisno o horizontalno/vertikalnim uvjetima kako bi se zadovoljili tlakovi potrošača. Uz ukopanu vodospremu koja se izvodi kod strmih i kod brežuljkastih reljefa, postoje i vodotornjevi čija je funkcija uzdizanje vode na određenu visinu kako bi se na taj način zadovoljili tlakovi u sustavu, a takve se vodospreme izvode pretežito u ravničarskim predjelima. Niske vodospreme su pozicionirane na visinama nedovoljnim za zadovoljenje tlakova u sustavu te se kod ovakvih sistema poseže za distribucijom vode pomoću crpki koje tlače vode prema potrošačima.

Vodosprema se sastoji od funkcionalnih elemenata (vodna/rezervoarska komora i zasunska/manipulativna komora), te od konstrukcijskih elemenata (zidovi, stupovi, grede, nosiva konstrukcija). Vodna komora služi za spremanje vode, dok je zasunska komora u ulozi spremanja cjevovoda i prateće opreme. Vodna komora može biti

različitih oblika od okrugle (što je najčešći slučaj) preko pravokutnih, pa sve do spiralnih, a dok s obzirom na broj komora mogu biti jednokomorne ili višekomorne (2+). Njihova zapremnina može biti manja od 1000 m<sup>3</sup> te je tada riječ o manjim vodnim komorama. Velike vodne komore mogu imati zapremnine i veće od 10 000 m<sup>3</sup>, dok je sve između te dvije vrijednosti smatrano vodnim komorama srednje zapremnine [13].

Prilikom izvedbe vodospreme potrebno je osigurati da bude vodonepropusna (posebne vodonepropusne žbuke), da voda cirkulira unutar vodospreme kako ne bi došlo do ustaljenja, prozračivanje prostora iznad vodene površine, dno da bude u padu kako bi mogući talog vodio prema jednom mjestu gdje je predviđeno njegovo odstranjivanje te uz sve to i toplinsko izolirati vodospremu gdje se kod ukopanih to radi u vidu hidroizolacije, a dok se kod vodotornjeva to izvodi u vidu toplinske izolacije. Na slici 12. prikazan je pojednostavljeni prikaz vodospreme kao i njenih osnovnih dijelova.



Slika 12: Pojednostavljeni prikaz vodospreme za pripadajućim dijelovima [14]

gdje je: 1 – Ventilacija

2 – Maksimalna razina vode

3 – Maksimalna radna razina vode

4 – Maksimalna dubina vode

5 – Dno u padu prema muljnom ispustu

6 – Preljev

7 – Ulazni cjevovod

8 – Odvodni cjevovod

9 – Muljna jama



10 – Odvodni cjevovod preljeva i muljnog ispusta

11 – Drenažne cijevi ispod dna konstrukcije

12 – Obodna drenaža konstrukcije.

Količinu vode koja ulazi u vodospremu moguće je kontrolirati pomoću crpki budući da se njima može upravljati, dok količine vode koje izlaze iz vodospreme nije moguće u potpunosti kontrolirati, jer ovise o potrošačima i njihovom režimu trošenja vode. Shematski je to prikazano na slici 13. [14].



Slika 13: Shematski prikaz ulaza/izlaza vode u vodospremu [14]

Dubine vode u vodospremi ovise o više čimbenika poput veličini čestice na kojoj je predviđena gradnja, vrsti i konfiguraciji terena, izboru oblika vodospreme te kao i o njenom visinskom položaju s obzirom na područje opskrbe. Općenito gledano dubine se kreću između 3-4 m, dok se rjeđe ide na veće dubine. U tablici 4. prikazana je ovisnost dubine vode s obzirom na kapacitet vodospreme (VS) [13].

Veličina VS	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Uobičajena dubina vode [m]	Preporučena dubina vode [m]
veoma male VS	< 100	2,00 – 2,50	2,50
male VS	100 – 200	2,75 – 3,50	3,00
VS srednje veličine	200 – 500	3,00 – 4,00	4,00
veće VS	500 - 2000	5,00 – 6,50	5,00
velike VS	> 2000	6,00 – 8,00	6,00

Tablica 4: Ovisnost volumena i dubine vode u vodospremi [13]

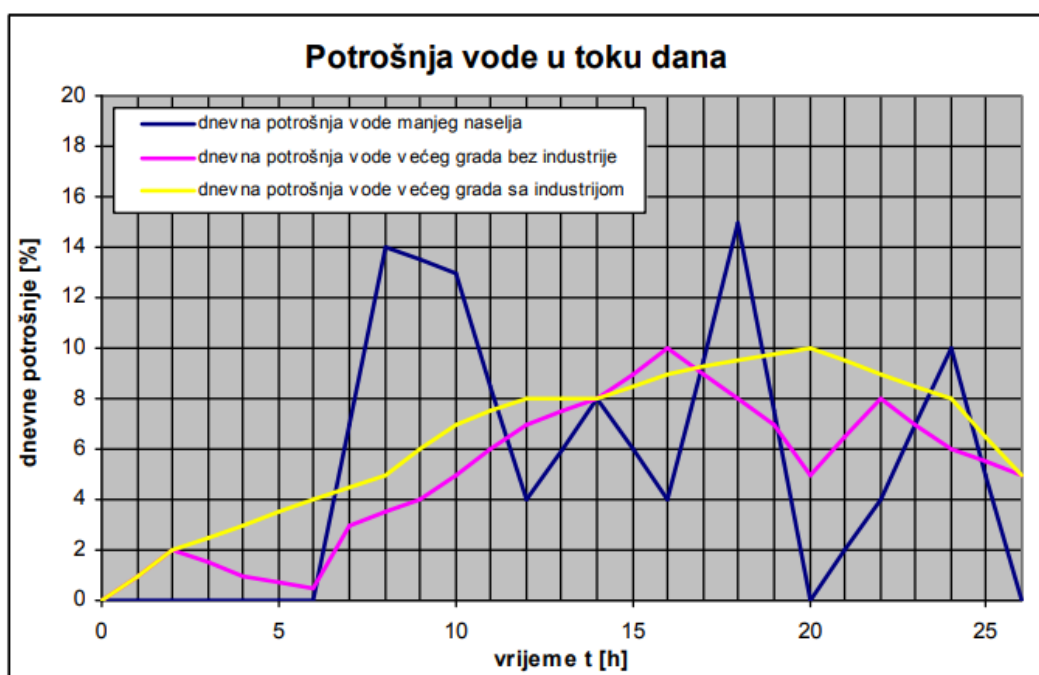
## 5.2. Gravitacijski dotok vode u vodospremu

### 5.2.1. Operativna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Operativna rezerva ima ulogu ujednačavanja dnevnih oscilacija u potrošnji vode i to i za kućanske, ali i za industrijske vode. Izvodi se pod pretpostavkom dnevnog ujednačavanja, odnosno drugim riječima kada je količina vode koja uđe u vodospremu jednaka onoj koja se potroši tj. dnevnoj potrošnji. Potrošnja vode zapisuje se u obliku postotaka i to posebno za svaki sat [13].

## ANALITIČKO RJEŠENJE

Tablicom 5. prikazan je analitički način proračuna operativne rezerve za gravitacijski dotok vode u vodospremu. Postoci potrošnje vode uzeti su za manje naselje u što Općina Lovran pripada. Slikom 14. prikazan je odnos potrošnje u slučaju da se radi o manjem naselju, većem gradu bez industrije ili većem gradu sa industrijom.



Slika 14: Odnos potrošnje vode s obzirom na tip naselja [13]

Vidljivo je kako su kod manjeg naselja oscilacije u potrošnji daleko izraženije usporedno sa većim gradovima i to u "ključnim" satima u kojima se očekuje veća potrošnja vode, a to su pretežito jutarnji sati kada se ljudi spremaju za na posao ili

kasniji popodnevni sati kada je većina stanovništva u svojim stambenim jedinicama. U nastavku slijedi tablica 5.

Vrijeme (h)	Satna potrošnja (%)	Slučaj 1 - GRAVITACIJSKI DOTOK				
		Dotok (%)	Manjak (%)	Višak (%)	Suma (%)	
00:00 - 01:00	1	4.2	-	3.2	3.2	
01:00 - 02:00	1	4.2	-	3.2	6.4	
02:00 - 03:00	1	4.1	-	3.1	9.5	
03:00 - 04:00	1	4.2	-	3.2	12.7	
04:00 - 05:00	1	4.2	-	3.2	15.9	
05:00 - 06:00	1	4.1	-	3.1	19	max.
06:00 - 07:00	5	4.2	0.8	-	18.2	
07:00 - 08:00	5	4.2	0.8	-	17.4	
08:00 - 09:00	5	4.1	0.9	-	16.5	
09:00 - 10:00	5	4.2	0.8	-	15.7	
10:00 - 11:00	6	4.2	1.8	-	13.9	
11:00 - 12:00	6	4.1	1.9	-	12	
12:00 - 13:00	8	4.2	3.8	-	8.2	
13:00 - 14:00	8	4.2	3.8	-	4.4	
14:00 - 15:00	5	4.1	0.9	-	3.5	
15:00 - 16:00	6	4.2	1.8	-	1.7	
16:00 - 17:00	6	4.2	1.8	-	-0.1	
17:00 - 18:00	8	4.2	3.8	-	-3.9	
18:00 - 19:00	6	4.2	1.8	-	-5.7	
19:00 - 20:00	6	4.2	1.8	-	-7.5	min
20:00 - 21:00	4	4.1	-	0.1	-7.4	
21:00 - 22:00	2	4.1	-	2.1	-5.3	
22:00 - 23:00	1.5	4.1	-	2.6	-2.7	
23:00 - 24:00	1.5	4.2	-	2.7	0	
<b>24</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>26.5</b>	<b>26.5</b>		

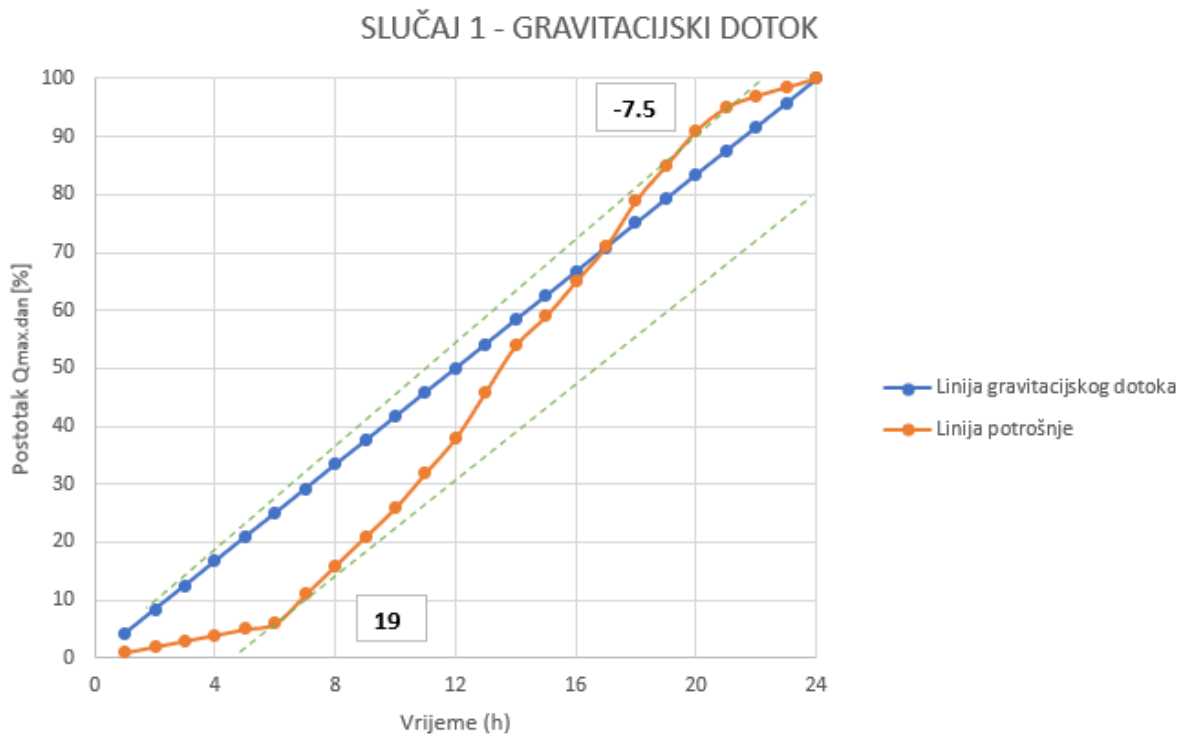
Tablica 5: Proračun operativne rezerve vodospreme analitičkom metodom

Kod analitičke metode proračuna operativne rezerve vodospreme postoji nekoliko bitnih detalja. Dotok vode u vodospremu je konstantan kroz cijeli dan, dok je potrošnja izražena ovisno o satu dana. Proračun se vrši na principu da se od dotoka oduzima satna potrošnja te na taj način je poznato da li postoji višak ili manjak vode za dotični sat u danu. Višak predstavlja kada je dotok vode u vodospremu veći od količine vode koja se troši. Višak vode se "nakuplja", te se u satima kada imamo manjak odnosno veću potrošnju, tada se ta voda koristi kako bi zadovoljili veće potrebe potrošnje stanovništva nego što nam u tom trenutku dotok vode u vodospremu to nudi. U zadnjem stupcu se zapisuje suma gdje se višak uzima sa pozitivnim

predznakom, dok manjak sa negativnim predznakom. Sve su ove vrijednosti izražene u postocima maksimalne dnevne potrošnje vode.

### GRAFOANALITIČKO RJEŠENJE

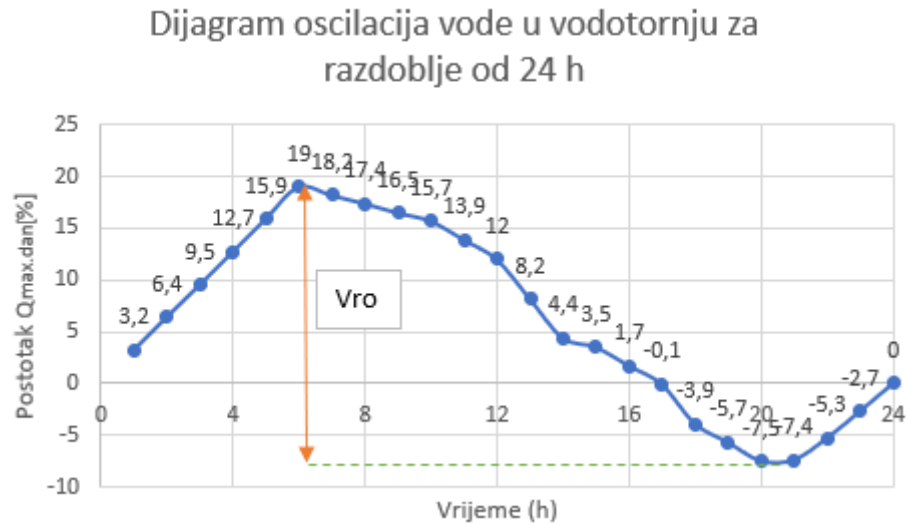
Uz analitičko rješenje, način dobivanja operativne rezerve može se izvesti i grafoanalitički. Na dijagramu su prikazane dvije linije gdje jedna predstavlja dotok vode u vodospremu, dok druga predstavlja potrošnju vode potrošača. Kao i kod analitičke metode dotok vode u vodospremu je konstantan, dok potrošnja varira od sata do sata ovisno o čimbenicima poput navika potrošača, tipu naselja i sl. Dijagram grafoanalitičkog rješenja predočen je na slici 15.



Slika 15: Grafoanalitičko rješenje gravitacijskog dotoka vode u vodospremu

Dijagramom oscilacija vode u vodospremi prikazano je razdoblje od 24h gdje je na ordinati prikazana sumarna vrijednost. Dijagram posjeduje svoj maksimum i svoj minimum. Maksimum koji je u ovom slučaju 19% predstavlja višak vode koji se nakupi u vodospremi kada je potrošnja niska s obzirom na dotok. Minimum ima vrijednost -7,5% te on predstavlja situaciju kada je potrošnja veća od dotoka. Zbrajanjem dviju apsolutnih vrijednosti dobiti će se vrijednost operativne rezerve

vodne komore vodospreme koja će u ovom slučaju iznositi 26,5% ukupne maksimalne dnevne potrošnje vode.



Slika 16: Dijagram oscilacija vode u vodospremi za razdoblje od 24h

Volumen operative rezerve određuje se izrazom (15):

$$V_{RO} = \frac{\max\%Q_{max,dn} + |\min\%Q_{max,dn}|}{100} * Q_{max,dn} \quad (15)$$

$$V_{RO} = \frac{19+7,5}{100} * 4265,85 \text{ m}^3 = 1130,45 \text{ m}^3$$

### 5.2.2. Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu

Protupožarna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu određuje se sukladno sa pravilnikom o protupožarnoj zaštiti koja je propisana u dokumentu "Pravilnik o tehničkim normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara, Narodne novine RH, broj 08/2006". Prilikom proračuna protupožarne rezerve bitno je razlikovati gašenje požara kod stanovništva i gašenje požara u industriji. Protupožarna rezerva određuje se bez neutralizacije (izraz 16) te se neutralizacijom požara (izraz 17), [13]:

**-PROTUPOŽARNA REZERVA VODOSPROME (BEZ NEUTRALIZACIJE POŽARA):**

$$V_{RP. (bez\ neutralizacije\ požara)} = V_{PR.naselja} + V_{PR.industrije} \quad (16)$$

$$V_{PR.naselja} = broj\ istovremenih\ požara * 2\ sata * 3600 * q_{p\ stan.}$$

$$V_{PR.industrije} = broj\ istovremenih\ požara * 2\ sata * 3600 * q_{p\ ind.}$$

$$V_{RP.(bez\ neutralizacije)} = 1 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 15 + 1 \cdot 2 \cdot 3600 \cdot 20 = 252\ m^3$$

**-PROTUPOŽARNA REZERVA VODOSPROME (SA NEUTRALIZACIJOM POŽARA):**

$$V_{RP. (sa\ neutralizacijom\ požara)} = V_{PR.naselja} + 0.5 * V_{PR.naselja} + V_{PR.industrije} + 0.5 * V_{PR.industrije} \quad (17)$$

$$V_{RP(sa\ neutralizacijom)} = 1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 0,5 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 378\ m^3$$

**5.2.3. Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu**

Sigurnosna rezerva za gravitacijski dotok vode u vodospremu je količina koja se predviđa za situaciju u kojoj bi iz nekog razloga prestao dotok vode u vodospremu, bilo da se radi o kvaru ili o oštećenju ili je jednostavno riječ o namjernom prekidu kako bi se izvele tlačne probe ili ispiranja pojedinih dijelova cjevovoda. Određuje se na dva načina gdje je jedan bez neutralizacije požara izraz (18) dok je drugi sa neutralizacijom požara izraz (19), [13]:

$$V_{RS} = 0,25 * (V_{RO} + V_{RP.bez.neut.}) \quad (18)$$

$$V_{RS} = 0,25 * (1130,45 + 252) = 345,61\ m^3$$

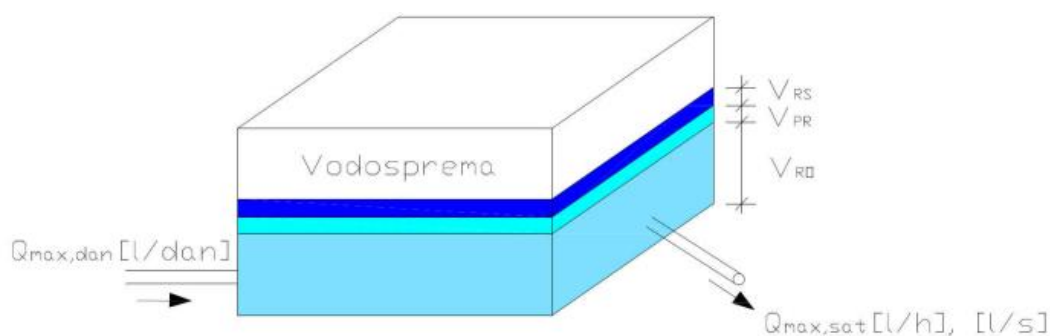
$$V_{RS} = 0,10 * (V_{RO} + V_{RP.sa.neut.}) \quad (19)$$

$$V_{RS} = 0,10 * (1130,45 + 378) = 150,85\ m^3$$

Za mjerodavnu vrijednost sigurnosne rezerve odabire se veća vrijednost od prethodno dvije izračunate i to je u ovom slučaju 25% od zbroja operativne rezerve i protupožarne rezerve bez neutralizacije požara, te poprima vrijednost od 345,61 m<sup>3</sup>.

#### 5.2.4. Ukupni volumen vodospreme za gravitacijski dotok u vodospremu

Vodosprema se sastoji od prethodno izračunatih vrijednosti za operativnu rezervu, protupožarnu rezervu te sigurnosnu rezervu. Shematski je to prikazano na Slici 17., dok je izračun moguć na dva načina gdje je prvi prikazan izrazom (20), a drugi način izrazom (21), [13]:



Slika 17: Shematski prikaz vodospreme [13]

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,25 \cdot (V_{RO} + V_{RP(\text{bez neutralizacije požara})}) \quad (20)$$

$$V_{UK} = 1,25 \cdot (1130,45 + 252)$$

$$V_{UK} = 1728,06 \text{ m}^3$$

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,10 \cdot (V_{RO} + V_{RP(\text{sa neutralizacijom požara})}) \quad (21)$$

$$V_{UK} = 1,10 \cdot (1130,45 + 378)$$

$$V_{UK} = 1659,30 \text{ m}^3$$

Za mjerodavni volumen vodospreme uzima se prva (veća) vrijednost u iznosu od 1728,06 m<sup>3</sup> te sukladno tome određuje se volumen vodne komore vodospreme  $V_{UK} = 2000 \text{ m}^3$  za slučaj kada je prisutan gravitacijski dotok vode.

### 5.3. Dotok u vodospremu crpljenjem

#### 5.3.1. Operativna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu

##### ANALITIČKO RJEŠENJE

Operativna rezerva za dotok vode crpljenjem u vodospremu računa se na gotovo identičan način kao i operativna rezerva kod gravitacijskog dovoda vode. U tablici 6. prikazan je analitički način proračuna operativne rezerve. Glavna razlika između gravitacijskog dotoka i dotoka vode crpljenjem je u tome što kod dotoka vode crpljenjem se određuju sati u kojima će pumpe raditi, odnosno u kojem će se periodu voda pumpati u vodospremu, za razliku od gravitacijskog gdje se to odvija 24h na dan.

SLUČAJ 2 - DOTOK CRPLJENJEM										
Vrijeme (h)	Satna potrošnja (%)	TCR = 8h					TCR = 12h			
		Dotok (%)	Manjak (%)	Višak (%)	Suma (%)		Dotok (%)	Manjak (%)	Višak (%)	Suma (%)
00:00 - 01:00	1	0	1	-	-1		0	1		-1
01:00 - 02:00	1	0	1	-	-2		0	1		-2
02:00 - 03:00	1	0	1	-	-3		0	1		-3
03:00 - 04:00	1	0	1	-	-4		0	1		-4
04:00 - 05:00	1	0	1	-	-5		0	1		-5
05:00 - 06:00	1	0	1	-	-6		0	1		-6
06:00 - 07:00	5	0	5	-	-11		0	5		-11
07:00 - 08:00	5	0	5	-	-16		0	5		-16
08:00 - 09:00	5	0	5	-	-21		8.4		3.4	-12.6
09:00 - 10:00	5	0	5	-	-26		8.3		3.3	-9.3
10:00 - 11:00	6	0	6	-	-32		8.3		2.3	-7
11:00 - 12:00	6	0	6	-	-38	min.	8.3		2.3	-4.7
12:00 - 13:00	8	12.5	-	4.5	-33.5		8.4		0.4	-4.3
13:00 - 14:00	8	12.5	-	4.5	-29		8.3		0.3	-4
14:00 - 15:00	5	12.5	-	7.5	-21.5		8.3		3.3	-0.7
15:00 - 16:00	6	12.5	-	6.5	-15		8.3		2.3	1.6
16:00 - 17:00	6	12.5	-	6.5	-8.5		8.4		2.4	4
17:00 - 18:00	8	12.5	-	4.5	-4		8.3		0.3	4.3
18:00 - 19:00	6	12.5	-	6.5	2.5		8.4		2.4	6.7
19:00 - 20:00	6	12.5	-	6.5	9	max.	8.3		2.3	9
20:00 - 21:00	4	0	4	-	5		0	4		5
21:00 - 22:00	2	0	2	-	3		0	2		3
22:00 - 23:00	1.5	0	1.5	-	1.5		0	1.5		1.5
23:00 - 24:00	1.5	0	1.5	-	0		0	1.5		0
<b>24</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>47</b>			<b>100</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	

Tablica 6: Proračun operativne rezerve vodospreme analitičkom metodom kod 12-satnog crpljenja

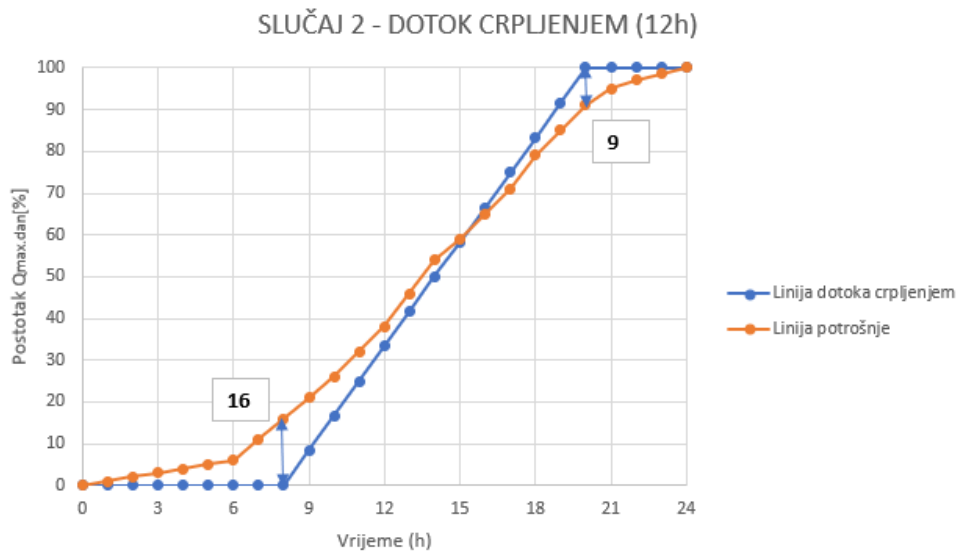
Usporedbe radi, uzeta je varijanta crpljenja vode u trajanju od 8h, a druga varijanta je također varijanta crpljenjem, ali u trajanju od 12h. U kojim satima dana će crpke raditi odlučivalo se na način da se one pale u vremenu kada imamo najveće potrošnje



vode od strane potrošača kako bi se na taj način minimizirao volumen vodne komore, odnosno kako bi se dobilo na efikasnosti i ekonomičnosti. Primjećuje se kako je od dvije gore navedene varijante crpljenja od 8h i od 12h, bolja ona od 12h te je ona uzeta u daljnjem proračunu. Maksimalna i minimalna suma kod rada crpke od 8h imaju vrijednost -38% i 9% za razliku od 12-satnog crpljenja gdje je maksimum 9% dok je minimum -16%. Usljed toga odabrano je 12-satno crpljenje vode. Kod 8-satnog crpljenja oko 12h javlja se minimum u vodospremi, dok se kod crpljenja od 12h već oko 8h ujutro javlja minimum, te se tada pale pumpe, a kod oba slučaja maksimum poprima vrijednost u 20h navečer.

## GRAFOANALITIČKO RJEŠENJE

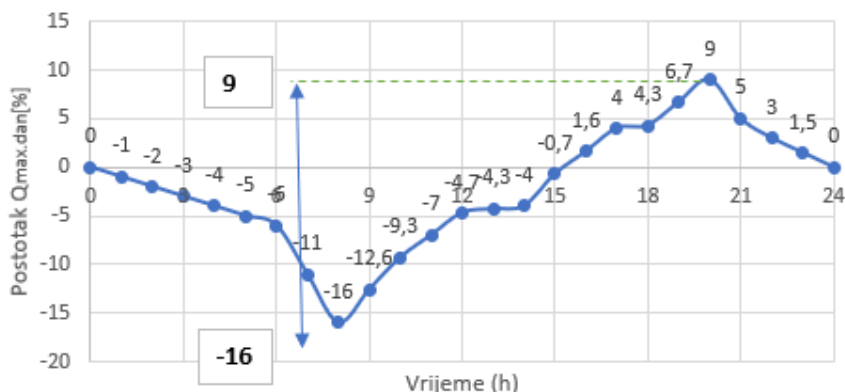
Na Slici 18. prikazano je grafoanalitičko rješenje gdje je za 24-satno razdoblje prikazana krivulja dotoka vode crpljenjem zajedno sa krivuljom potrošnje potrošača.



Slika 18: Grafoanalitičko rješenje dotoka vode u vodospremu za 12-satno crpljenje

Na Slici 19. prikazan je dijagram oscilacije vode u vodospremi za razdoblje od 24h i za crpljenje od 12h. Sukladno dijagramom određena je operativna rezerva vodne komore vodospreme u vrijednosti od 25% maksimalne dnevne potrošnje vode.

Dijagram oscilacija vode u vodotornju za razdoblje od 24h i crpljenje od 12h



Slika 19: Dijagram oscilacija vode u vodospremi za razdoblje od 24h (uslijed 12-satnog crpljenja)

Volumen operativne rezerve vode vodne komore određuje se izrazom (22), [13]:

$$V_{RO} = \frac{\max\%Q_{\max,dn} + |\min\%Q_{\max,dn}|}{100} * Q_{\max,dn} \quad (22)$$

$$V_{RO} = \frac{16+9}{100} * 4265,85 \text{ m}^3 = 1066,46 \text{ m}^3$$

### 5.3.2. Protupožarna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu

Protupožarna rezerva prilikom dotoka vode crpljenjem u vodospremu određuje se na isti način kao i kod gravitacijskog dotoka vode u vodospremu što znači da je način proračuna jednak.

-PROTUPOŽARNA REZERVA VODOSPROME (BEZ NEUTRALIZACIJE POŽARA):

$$V_{RP. (bez\ neutralizacije\ požara)} = V_{PR.naselja} + V_{PR.industrije}$$

$$V_{PR.naselja} = broj\ istovremenih\ požara * 2\ sata * 3600 * q_p\ stan.$$

$$V_{PR.industrije} = broj\ istovremenih\ požara * 2\ sata * 3600 * q_p\ ind.$$

$$V_{RP.(bez\ neutralizacije)} = 1 * 2 * 3600 * 15 + 1 * 2 * 3600 * 20 = 252 \text{ m}^3$$

**-PROTUPOŽARNA REZERVA VODOSPROME (SA NEUTRALIZACIJOM POŽARA):**

$$V_{RP} \text{ (sa neutralizacijom požara)} = V_{PR.naselja} + 0.5 * V_{PR.naselja} + V_{PR.industrije} + 0.5 * V_{PR.industrije}$$

$$V_{RP(sa \text{ neutralizacijom})} = 1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 0,5 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 3600 + 1 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 378 \text{ m}^3$$

**5.3.3. Sigurnosna rezerva za dotok crpljenjem u vodospremu**

Sigurnosna rezerva za dotok vode u vodospremu crpljenjem određuje se na isti način kao i prilikom gravitacijskog dotoka prema izrazima (18) i (19), odnosno kao zbroj operativne rezerve sa protupožarnom rezervom pomnoženo sa određenim koeficijentom:

$$V_{RS} = 0,25 * (V_{RO} + V_{RP.bez.neut.})$$

$$V_{RS} = 0,25 * (1066,46 + 252) = 329,61 \text{ m}^3$$

$$V_{RS} = 0,10 * (V_{RO} + V_{RP.sa.neut.})$$

$$V_{RS} = 0,10 * (1066,46 + 378) = 144,45 \text{ m}^3$$

**5.3.4. Ukupni volumen vodospreme za dotok crpljenjem u vodospremu**

Ukupni volumen vodospreme za dotok vode crpljenjem sastoji se od operativne, protupožarne i sigurnosne rezerve te se određuje prema već danim izrazima (20) i (21) kao i kod gravitacijskog dovoda vode u vodospremu:

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,25 \cdot (V_{RO} + V_{RP}(\text{bez neutralizacije požara}))$$

$$V_{UK} = 1,25 \cdot (1066,46 + 252)$$

$$V_{UK} = 1648,08 \text{ m}^3$$

$$V_{UK} = V_{RO} + V_{RP} + V_{RS} = 1,10 \cdot (V_{RO} + V_{RP}(\text{sa neutralizacijom požara}))$$

$$V_{UK} = 1,10 \cdot (1066,46 + 378)$$

$$V_{UK} = 1588,91 \text{ m}^3$$

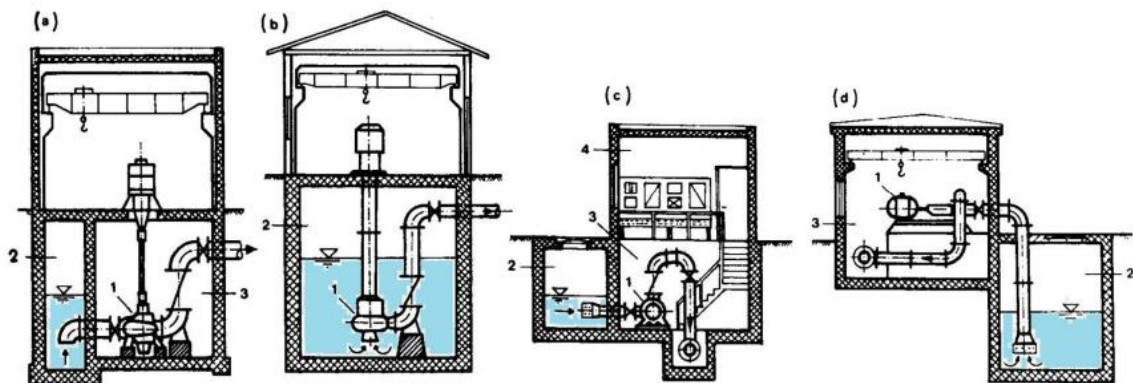
Za mjerodavni volumen vodospreme uzima se prva (veća) vrijednost u iznosu od 1648,08 m<sup>3</sup> te sukladno tome određuje se volumen vodne komore vodospreme  $V_{UK} = 2000 \text{ m}^3$  za slučaj kada je prisutan dotok vode u vodospremu crpljenjem.

#### **5.4. Ukupni volumen vodospreme**

Na temelju hidrauličkog proračuna dimenzioniranja ukupnog volumena vodne komore vodospreme na temelju gravitacijskog dotoka i dotoka vode crpljenjem za 12-satni period odabire se ukupni volumen vodne komore vodotornja u iznosu od 2000 m<sup>3</sup>.

## 6. CRPNA STANICA

Crpna stanica je objekt sa svom odgovarajućom opremom koji služi za podizanje tekućine odnosno vode sa niže kote na višu kako bi se osigurala dovoljna tlačna visina za opskrbljivanje potrošača vodom. Sa jedne strane crpne stanice nalazi se usisni cjevovod koji dovodi vodu do crpke, a sa druge strane je tlačni cjevovod kroz koji se voda potiskuje dalje. Najzastupljenije su centrifugalne crpke (sa visinom dizanja do nekoliko stotina metara), dok se prilikom crpljenja sa većih dubina koriste višestupanjske crpke. Crpna stanica se sastoji od više dijelova (Slika 20.) poput same crpke koja je glavni element crpne stanice, crpnog agregata (sa elektromotorom dovoljne snage), spremnika, strojarnice i upravljačke prostorije te uz sve to i opreme koja služi za sprečavanje ili ublažavanje vodnog udara [16].



*Dijelovi crpne stanice s vrstama centrifugalnih crpki i načinima ugradnje*

- (a) vertikalna crpka suhe izvedbe; (b) vertikalna crpka mokre izvedbe; (c) horizontalna radijalna crpka suhe izvedbe;  
 (d) horizontalna aksijalna crpka suhe izvedbe;  
 1 - crpka; 2 - crpni spremnik; 3 - strojarnica; 4 - komandna prostorija

Slika 20: Dijelovi crpne stanice s vrstama centrifugalnih crpki i načinima ugradnje

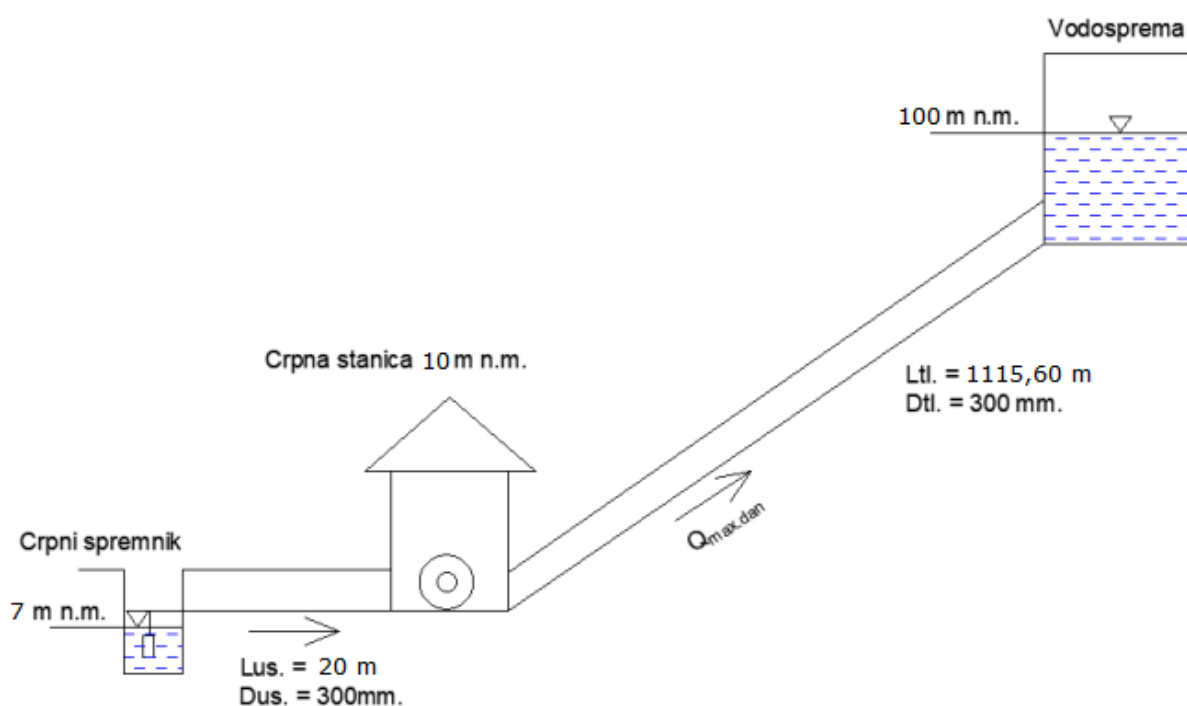
[15]

Centrifugalne crpke koje se koriste u vodoopskrbi mogu se podijeliti na više načina. Prema broju okretnih kola mogu biti jednostepene ili višestepene, dok prema priključku usisne cijevi mogu biti aksijalne, radijalne ili mješovite. Elektromotor može biti smješten u suhom ili u mokrom, dok položaj osi crpke može biti vertikalni ili horizontalni. S obzirom na visinu dizanja vode postoje niskotlačne crpke (visina dizanja do 80 m), srednjetačne (između 80 m i 200 m), dok one najsnažnije odnosno visokotlačne mogu dizati vodu i na visine veće od 200 m [15].

### 6.1. Proračun crpne stanice – Varijanta 1

U slučaju kada dovod vode u vodospremu gravitacijskim putem ne bi bio dostatan, potrebno je predvidjeti alternativne metode, odnosno dovod vode crpljenjem iz obližnjih izvorišta. Predviđene su dvije varijante kod kojih prvo izvorište se nalazi na 10 m n.m., dok je kod druge varijante izvorište na 50 m n.m.. Visine između crpnog spremnika gdje se voda crpi i crpne stanice odakle se prepumpava dalje su između 3 i 4 m.

Kod prve varijante, odnosno Varijante 1 voda se crpi iz izvorišta na dubini od 7 m n.m. gdje je neposredno pored smještena crpna stanica koja se nalazi na 10 m n.m. Udaljenost između izvorišta i crpne stanice je 20 m. Vodosprema do koje je potrebno dovesti vodu se nalazi na udaljenosti od 1115,60 m, odnosno tolika je dužina tlačnog cijevovoda. Vodosprema je smještena na nadmorskoj visini od 100 m n.m. Na Slici 21. prikazana je shema prepumpavanja ovog sistema.



Slika 21: Shema prepumpavanja crpnog sustava – Varijanta 1

Prilikom proračuna crpke glavna je zadaća odrediti snagu elektromotora koja napaja crpku/crpke kojom će se voda prenositi od niže kote do više kote. Prvi je korak određivanje mjerodavnog protoka koji nam predstavlja odnos između maksimalne dnevne potrošnje vode  $Q_{max.dn.}$  koja je prethodno određena kroz *Poglavlje 3.* i vremena crpljenja  $T_{crp.}$  koje je određeno u *Poglavlju 5.* Prilikom proračuna crpke također je bitno uzeti u obzir i ekonomski faktor, odnosno učinkovitost crpke kako je ne bi bespotrebno predimenzionirali i time povećali trošak.

Mjerodavni protok za dimenzioniranje crpki određen je slijedećim izrazom (23), [15]:

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{max.dn.}}{T_{crp.}} \quad (23)$$

gdje je:

- $Q_{crp.}$  – mjerodavni protok za dimenzioniranje crpke [l/s, m<sup>3</sup>/s]
- $Q_{max.dn.}$  – maksimalna dnevna potrošnja vode [l/dan, m<sup>3</sup>/dan]
- $T_{crp.}$  – vrijeme crpljenja vode [h]

$$Q_{crp.} = \frac{4265850 \text{ l/dan}}{12 * 3600} = 98,75 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0,0988 \text{ m}^3/\text{s}$$

Slijedeći korak je proračun manometarske visine dizanja vode  $H_{man}$ . što predstavlja visinu koju crpka mora savladati da bi se voda s niže kote prepumpala na višu kotu. Ona se sastoji od dvije visine od kojih je jedna tlačna, a druga usisna visina dizanja. Zbroj ove dvije visine nam predstavlja manometarsku visinu dizanja čiji je proračun izražen izrazom (24), [15]:

$$H_{man} = H_{st.us.} + H_{st.tl.} + \Delta H_{us.} + \Delta H_{tl.} + \frac{v_{tl.}^2}{2g} \quad (24)$$

gdje je:

- $H_{man}$  – manometarska visina dizanja [m]
- $H_{st.us.}$  – usisna statička visina, visina između razine vode u izvorištu i osi crpke [m]

- $H_{st.tl.}$  – tlačna visina dizanja, razina između crpke s jedne strane i razine vode u vodospremi sa druge strane [m]
- $\Delta H_{us.}$  – gubitak energije u usisnom cjevovodu, odnosno zbroj linijskih i lokalnih gubitaka [m]
- $\Delta H_{tl.}$  – gubitak energije u tlačnom cjevovodu, odnosno zbroj linijskih i lokalnih gubitaka [m]
- $v_{tl.}$  – brzina vode u tlačnom cjevovodu [m/s]
- $g$  – ubrzanje sile teže [m/s<sup>2</sup>].

Statička usisna visina je jednaka:

$$H_{st.us.} = 10,0 - 7,0 = 3,0 \text{ m}$$

dok statička tlačna visina ima vrijednost:

$$H_{st.tl.} = 100,0 - 10,0 = 90 \text{ m}$$

Hidraulički gubici koji se javljaju uslijed toka vode kroz cijev suma su linijskih i lokalnih gubitaka te se za usisni cjevovod određuju preko izraza (25), [15]:

$$\Delta H_{us.} = \Delta H_{lin.us.} + \Sigma \Delta H_{lok.us.} \quad (25)$$

odnosno,

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

gdje je:

- $\lambda_{us.}$  – koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi [/]
- $L_{us.}$  – duljina usisnog cjevovoda [m]
- $D_{us.}$  – promjer usisnog cjevovoda [m]
- $v_{us.}$  – brzina vode u usisnom cjevovodu [m/s]
- $\xi_{uk.}$  – koeficijent lokalnog gubitka usisne košare,  $\xi_{uk.} = 3,0$  [/]
- $\xi_{zk.}$  – koeficijent lokalnog gubitka koljena pod 90°,  $\xi_{zk.} = 0,2$  [/].



Za određivanje hidrauličkih gubitaka preostaje odrediti koeficijent otpora trenja  $\lambda_{us.}$  (izraz (27)) i brzinu vode u usisnoj cijevi  $v_{us.}$  (izraz (26)). Prilikom određivanja brzine vode potrebno je predvidjeti promjer cijevi te iterativnim postupkom odrediti brzinu vode koja mora biti u granicama između 1 i 2 m/s, za mjerodavni zadani protok.

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

$$D_{us.} = D_{tl.} = 300 \text{ mm} = 0,30 \text{ m}$$

$$v_{us.} = \frac{4 * 0,0988}{0,30^2 * \pi} = 1,40 \text{ m/s}$$

Brzina zadovoljava tražene granice te sada se određuje koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi te se može odrediti ili preko Moodyjevog dijagrama ili preko izraza Jaina i Swameea (vrijedi za Reynoldsove brojeve  $Re > 5000$ ):

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

gdje je:

- $D$  – promjer cijevi [mm, m]
- $\varepsilon$  – apsolutna hrapavost cijevi [mm]
- $Re$  – Reynoldsov broj [/], određen prema izrazu (28)

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

Pritom je  $\nu$  – kinematički koeficijent viskoznosti tekućine pri 10 °C,  $\nu = 1,308 * 10^{-6}$  [m<sup>2</sup>/s].

Reynoldsov broj iznosi:

$$Re = \frac{1,40 * 0,30}{1,308 * 10^{-6}} = 321100,92$$

Vrijednost Reynoldsovog broja iznosi preko 2320 što ukazuje na turbulentno strujanje u cjevovodu. Apsolutna hrapavost cijevi  $\varepsilon$  određuje se preko Tablice 7. [15] gdje je za tip cijevi odabrana ljevanoželjezna cijev za koju  $\varepsilon$  iznosi u rasponu od 0,1 mm pa do 0,4 mm. Za potrebe proračuna uzeta je vrijednost 0,20 mm.

Vrsta cijevi	Apsolutna hrapavost $\varepsilon$ [mm]
Ljevanoželjezne	0,1 do 0,4
Čelične	0,04 do 0,05
Azbestcementne	0,03 do 0,05
Armiranobetonske	0,04 do 0,25
Plastične	0,007 do 0,01

Tablica 7: Apsolutna hrapavost cijevi ovisna o materijalu cijevi [15]

Kada su sve varijable određene može se pristupiti određivanju koeficijenta otpora trenja:

$$\lambda_{us.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,2}{3,7 * 300} + \frac{5,74}{321100^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,0191$$

Udaljenost između izvorišta i crpne stanice iznosi  $L_{us.} = 20,0$  m, a ukupni hidraulički gubici u cjevovodu u konačnici iznose:

$$\Delta H_{us.} = \frac{v_{us.}^2}{2g} * \left(\lambda_{us.} * \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk.} + \xi_{zk.}\right) = \frac{1,40^2}{2 * 9,81} * \left(0,0191 * \frac{20,0}{0,30} + 3 + 0,20\right) = 0,45 \text{ m}$$

Za određivanje ukupne manometarske visine dizanja preostaje još odrediti tlačne gubitke u sustavu. S obzirom na to da su promjeri usisnog i tlačnog cjevovoda jednakog iznosa, sukladno time vrijednost linijskog koeficijenta gubitaka i brzine će biti jednaki u usisnom i u tlačnom cjevovodu:

$$v_{tl.} = v_{us.} = 1,40 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{tl.} = \lambda_{us.} = 0,0191$$

Nadalje, hidraulički gubici za tlačni cjevovod određuju se izrazom (29), [15]:

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

$$\Delta H_{tl.} = 0,0191 * \frac{1115,60}{0,30} * \frac{1,40^2}{2 * 9,81} = 7,10 \text{ m}$$

Primjećujemo kako se prilikom proračuna hidrauličkih gubitaka za tlačni cjevovod u obzir ne uzimaju lokalni gubici, a to je zato jer su zanemarivo mali.

Kada su svi potrebni parametri određeni pristupa se izračunu manometarske visine koja je prethodno navedena preko izraza (24):

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

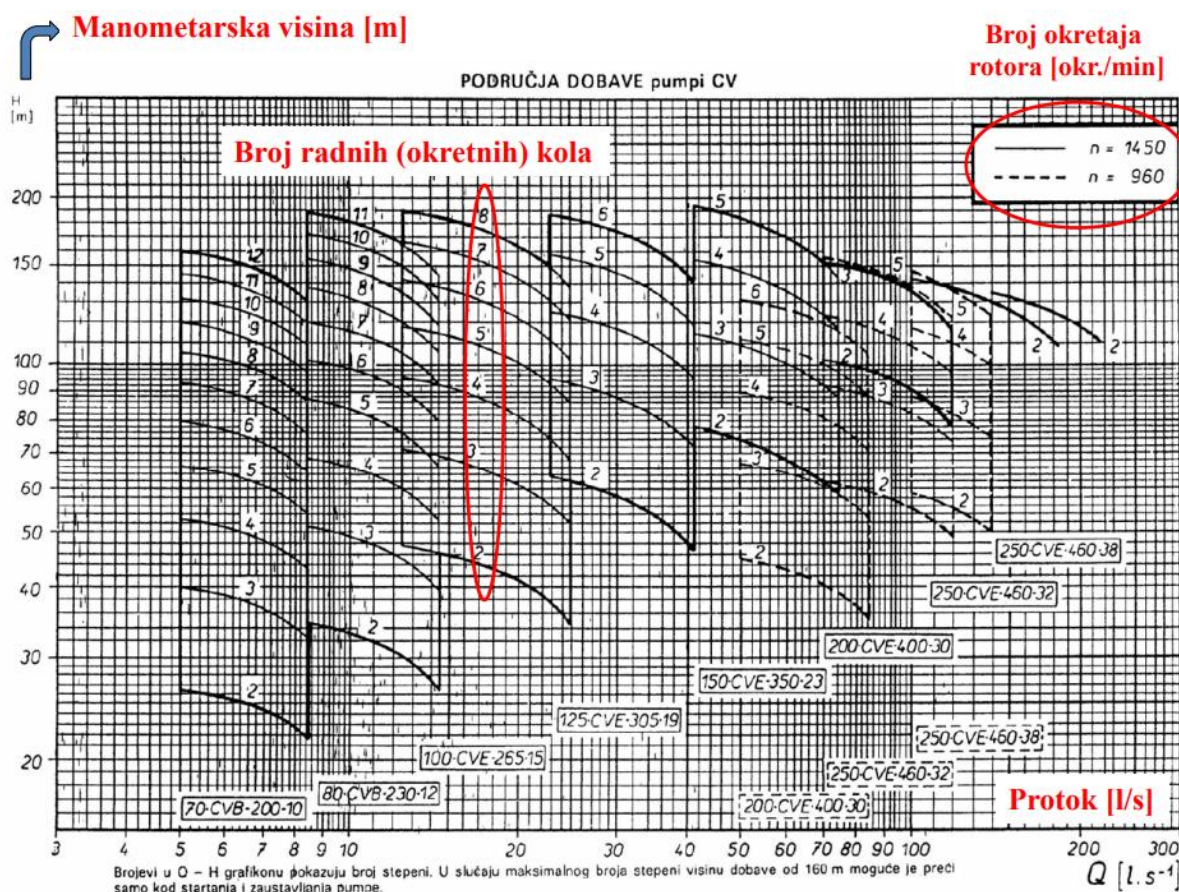
$$H_{man} = 3,0 + 90,0 + 0,45 + 7,10 + \frac{1,40^2}{2 * 9,81} = 100,65 \text{ m}$$

Ulazni podaci koji su potrebni za konačni odabir crpke su protok  $Q_{crp.}$  te manometarska visina dizanja  $H_{man.}$  iznosi:

$$Q_{crp.} = 98,75 \text{ l/s}$$

$$H_{man.} = 100,65 \text{ m}$$

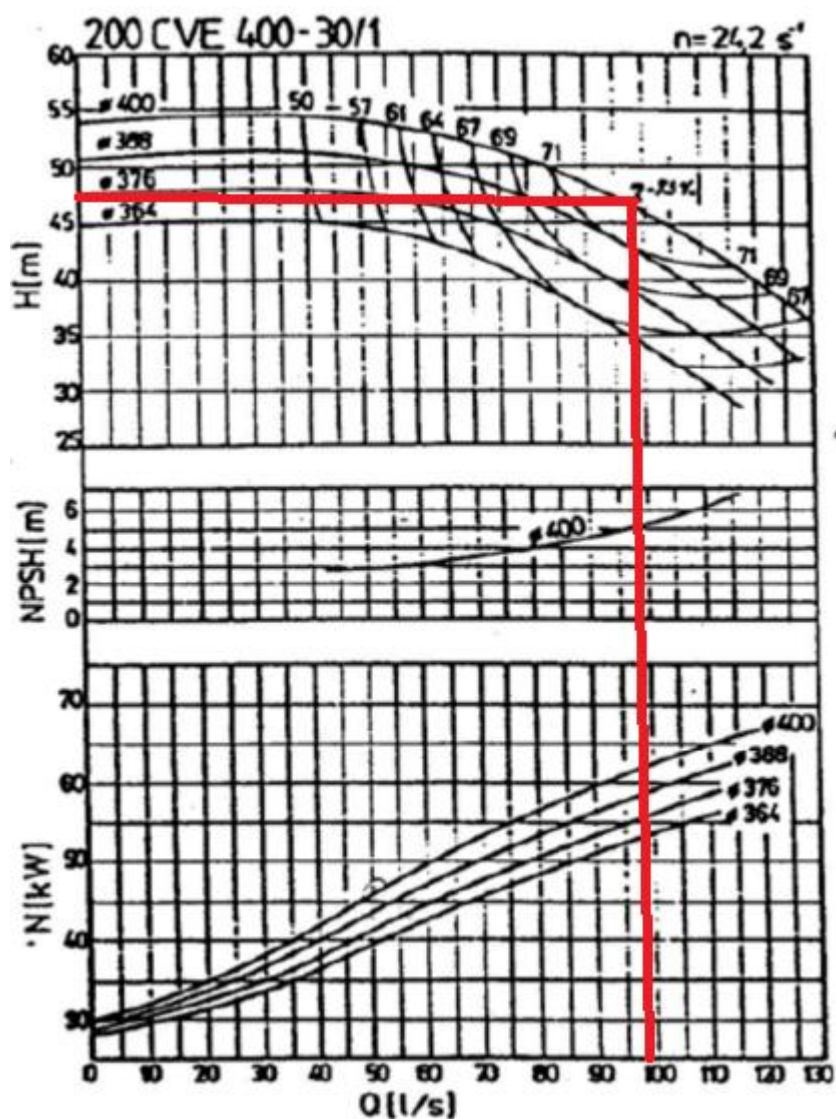
S obzirom na ove parametre može se odabrati crpka, a to se može izvesti ili kroz kataloge crpki različitih proizvođača i različitih karakteristika ili se može preko dijagrama  $Q-H$  kao što će biti prikazano u ovome slučaju (Slika 22.).



Slika 22: Područja dobave pumpi CV [15]

Odabire se tip crpke 200 CVE 400-30/1 sa promjerom rotora  $\phi$  400 mm, a broj okretaja rotora iznosi  $n = 24,2 \text{ s}^{-1}$ . Neke općenite karakteristike ove pumpe su da joj je maksimalna visina dizanja  $H = 55 \text{ m}$ , maksimalni protok koji može prenijeti iznosi 130 l/s, dok maksimalna iskoristivost crpke dolazi do vrijednosti od 75%. Za gore navedenu manometarsku visinu i protok određuje se iskoristivost crpke  $\eta = 74\%$  što je prilično dobra vrijednost s obzirom na maksimum od 75%. Maksimalna visina dizanja iznosi  $H = 47,5 \text{ m}$ . S obzirom da je zadana manometarska visina dizanja 100,65 m, broj crpki se određuje kao  $(100,65 \text{ m} / 47,5 \text{ m} = 2,12 \text{ crpki} = 3 \text{ crpke})$ . Iako bi skoro 2 crpke zadovoljile potrebne kriterije potrebno je ipak odabrati 3 kako bi se bilo na strani sigurnosti. Od 3 crpke svaka diže protok od 98,75 l/s na visinu od 47,5 m što u konačnici daje visinu dizanja od 142,5 m što je veće od manometarske visine koju je potrebno savladati, te to znači da odabir zadovoljava. U konačnici ukupno je potrebno odabrati 3 crpke koje se spajaju serijski, ali i uz to još 3 iste crpke koje služe kao rezervne crpke koje se aktiviraju u slučaju prestanka rada glavnog serijskog spoja

crpki, što znači da ukupno je potrebno planirati postavljanje 6 crpki. Karakteristike poput visine dizanja i iskoristivosti određuju se preko Slike 23. [15].



Slika 23: Karakteristike pumpe 200 CV 400-30/1 [15]

Nakon određenog tipa crpke kao i njenih pratećih karakteristika u konačnici je potrebno odrediti i instaliranu snagu svih crpki sa 15% rezerve (izraz (30)), ali i snagu elektromotora pumpe sa 15% rezerve (izraz (31)) [15].

Instalirana snaga svih crpki uz 15% rezerve (izraz 30):

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke}} \quad (30)$$

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 100,65}{0,74} = 151,60 \text{ kW}$$

Instalirana snaga elektromotora uz 15% rezerve (izraz 31):

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke} * \eta_{el.mot.}} \quad (31)$$

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 100,65}{0,74 * 0,85} = 178,36 \text{ kW}$$

gdje je  $\eta_{el.mot.}$  koeficijent učinkovitosti elektromotora  $\eta_{el.mot.} = 0,85$  [/].

Nakon što je proračunata ukupna snaga potrebno je odrediti snagu pojedine crpke koja se određuje prema izrazu (30) samo što se umjesto ukupne manometarske visine uzima visina dizanja pojedine pumpe što u ovom slučaju iznosi 47,5 m, dok se prema izrazu (31) određuje snaga pojedinog elektromotora također uz prethodno naveden uvjet.

Instalirana snaga pojedine crpke uz 15% rezerve:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke}}$$

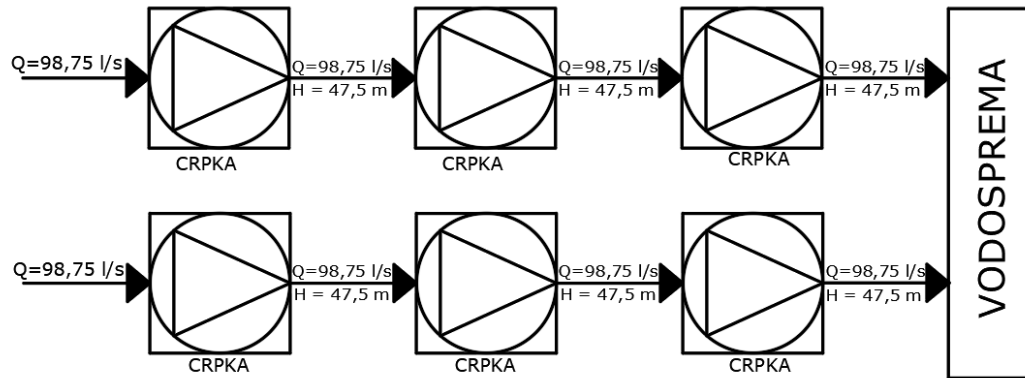
$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 47,5}{0,74} = 71,55 \text{ kW}$$

Instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15% rezerve:

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke} * \eta_{el.mot.}}$$

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 47,5}{0,74 * 0,85} = 84,17 \text{ kW}$$

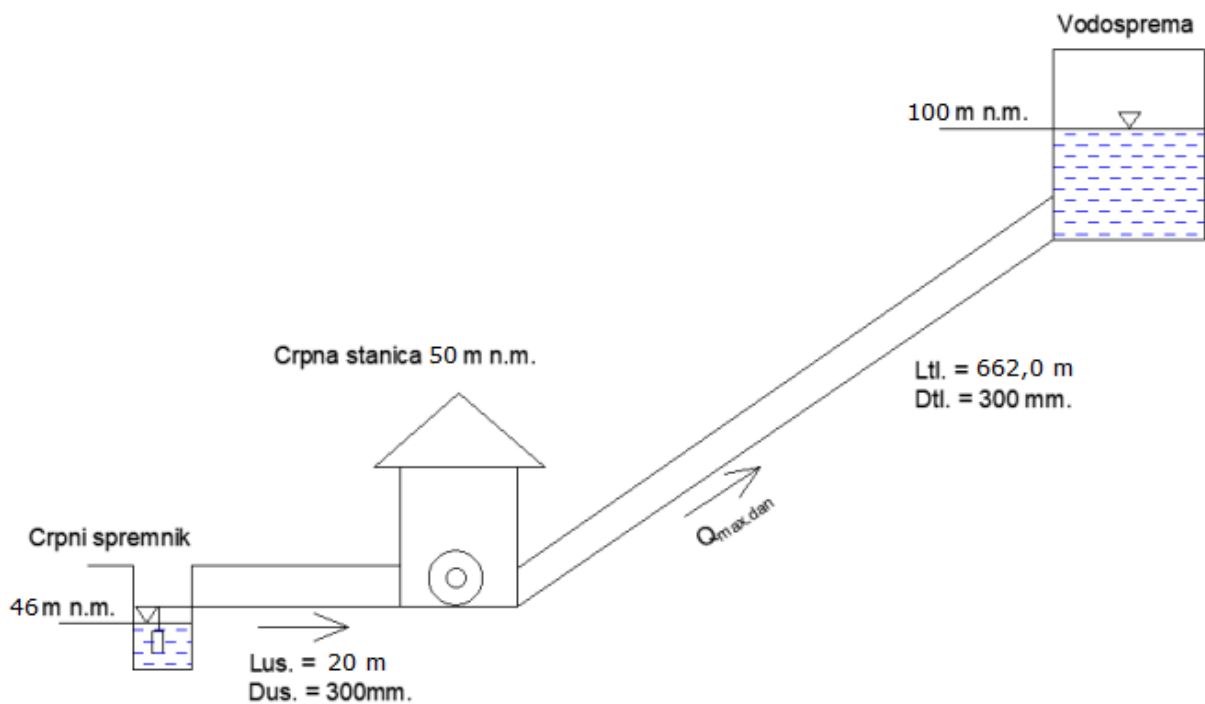
Shematski prikaz spoja crpki glavnih kao i rezervnih prikazan je na Slici 24.



Slika 24: Shematski prikaz serijskog spoja glavnih i rezervnih crpki – Varijanta 1

## 6.2. Proračun crpne stanice – Varijanta 2

Kod druge varijante (Varijanta 2) voda se crpi iz izvorišta na dubini od 46 m n.m. gdje je neposredno pored smještena crpna stanica koja se nalazi na 50 m n.m. Udaljenost između izvorišta i crpne stanice je 20 m. Vodosprema do koje je potrebno dovesti vodu se nalazi na udaljenosti od 662,0 m, odnosno tolika je dužina tlačnog cjevovoda. Vodosprema je smještena na nadmorskoj visini u iznosu od 100 m n.m. Na Slici 25. prikazana je shema prepumpavanja ovog sustava.



Slika 25: Shema prepumpavanja crpnog sustava – Varijanta 2

Proračun crpke za Varijantu 2 se provodi na isti način kao i kod Varijante 1 počevši od količine crpljenja koja je dana prema izrazu (23):

$$Q_{crp.} = \frac{Q_{max.dn.}}{T_{crp.}}$$

$$Q_{crp.} = \frac{4265850 \text{ l/dan}}{12 * 3600} = 98,75 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0,0988 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sljedeći korak je proračun manometarske visine dizanja vode  $H_{man}$ . što predstavlja visinu koju crpka mora savladati da bi se voda s niže kote prepumpala na višu kotu. Ona se sastoji od dvije visine od kojih je jedna tlačna, a druga usisna visina dizanja. Zbroj ove dvije visine nam predstavlja manometarsku visinu dizanja čiji je proračun izražen izrazom (24), [15]:

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

Usisna i tlačna statička visina imaju sljedeće vrijednosti:

$$H_{st.us.} = 50,0 - 46,0 = 4,0 \text{ m}$$

$$H_{st.tl.} = 100,0 - 50,0 = 50,0 \text{ m}$$

Hidraulički gubici koji se javljaju uslijed toka vode kroz cijev suma su linijskih i lokalnih gubitaka, te se za usisni cjevovod određuju preko izraza (25), [15]:

$$\Delta H_{us.} = \Delta H_{lin.us.} + \Sigma \Delta H_{lok.us.}$$

odnosno,

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



Za određivanje hidrauličkih gubitaka preostaje odrediti koeficijent otpora trenja  $\lambda_{us.}$  (izraz (27)) i brzinu vode u usisnoj cijevi  $v_{us.}$  (izraz (26)). Prilikom određivanja brzine vode potrebno je predvidjeti promjer cijevi, te iterativnim postupkom odrediti brzinu vode koja mora biti u granicama između 1 i 2 m/s, za mjerodavni zadani protok.

S obzirom da u obje Varijante 1 i 2 imamo iste vrijednosti promjera cijevi i isti materijal cijevi, naredne će vrijednosti biti iste:

$$v_{us.} = \frac{Q_{crp.}}{A} = \frac{4 * Q_{crp.}}{D_{us.}^2 * \pi}$$

$$D_{us.} = D_{tl.} = 300 \text{ mm} = 0,30 \text{ m}$$

$$v_{us.} = \frac{4 * 0,0988}{0,30^2 * \pi} = 1,40 \text{ m/s}$$

Brzina zadovoljava tražene granice te sada se određuje koeficijent otpora trenja u usisnoj cijevi, te se može odrediti ili preko Moodyjevog dijagrama ili preko izraza Jaina i Swameea (za vrijednosti  $Re > 5000$ ):

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

$$Re = \frac{v_{us.} * D_{us.}}{\nu}$$

Reynoldsov broj iznosi:

$$Re = \frac{1,40 * 0,30}{1,308 * 10^{-6}} = 321100,92$$

Vrijednost Reynoldsovog broja iznosi preko 2320 što ukazuje na turbulentno strujanje u cjevovodu. Apsolutna hrapavost cijevi  $\varepsilon$  određuje se preko Tablice 7. [15] gdje je za tip cijevi odabrana ljevanoželjezna cijev za koju apsolutna hrapavost cijevi  $\varepsilon$  iznosi u rasponu od 0,1 mm pa do 0,4 mm. Za potrebe proračuna uzeta je vrijednost 0,20 mm.

Kada su sve varijable određene može se pristupiti određivanju koeficijenta otpora trenja.

$$\lambda_{us.} = \frac{1,325}{\left(\ln\left(\frac{0,2}{3,7 * 300} + \frac{5,74}{321100^{0,9}}\right)\right)^2} = 0,0191$$

Udaljenost između izvorišta i crpne stanice iznosi  $L_{us.} = 20,0$  m, a ukupni hidraulički gubici u cjevovodu u konačnici iznose:

$$\Delta H_{us.} = \frac{v_{us.}^2}{2g} * \left(\lambda_{us.} * \frac{L_{us.}}{D_{us.}} + \xi_{uk.} + \xi_{zk.}\right) = \frac{1,40^2}{2 * 9,81} * \left(0,0191 * \frac{20,0}{0,30} + 3 + 0,20\right)$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

Za određivanje ukupne manometarske visine dizanja preostaje još odrediti tlačne gubitke u sustavu. S obzirom na to da su promjeri usisnog i tlačnog cjevovoda jednakog iznosa, sukladno time vrijednost linijskog koeficijenta gubitaka i brzine će biti jednaki u usisnom i u tlačnom cjevovodu:

$$v_{tl.} = v_{us.} = 1,40 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{tl.} = \lambda_{us.} = 0,0191$$

Nadalje, hidraulički gubici za tlačni cjevovod određuju se izrazom (29), [15]:

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

$$\Delta H_{tl.} = 0,0191 * \frac{662,0}{0,30} * \frac{1,40^2}{2 * 9,81} = 4,21 \text{ m}$$

Kada su svi potrebni parametri određeni pristupa se izračunu manometarske visine koja je prethodno navedena preko izraza (24):

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

$$H_{man} = 4,0 + 50,0 + 0,45 + 4,21 + \frac{1,40^2}{2 * 9,81} = 58,76 \text{ m}$$

Ulazni podaci koji su potrebni za konačni odabir crpke su protok  $Q_{crp.}$  te manometarska visina dizanja  $H_{man.}$ :

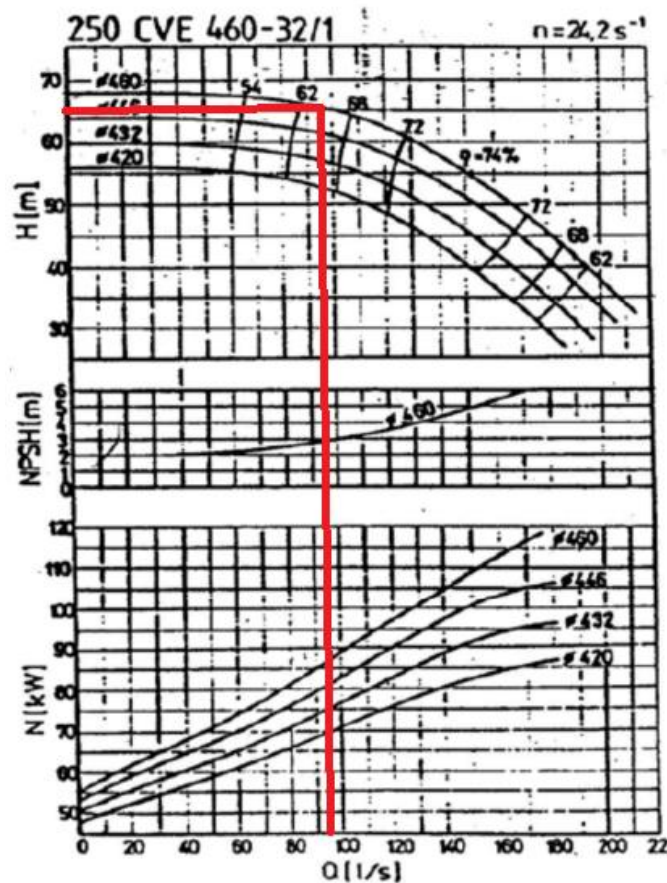
$$Q_{crp.} = 98,75 \text{ l/s}$$

$$H_{man.} = 58,76 \text{ m}$$

S obzirom na ove parametre može se odabrati crpka, a to se može izvesti ili kroz kataloge crpki različitih proizvođača i različitih karakteristika ili se može preko dijagrama  $Q-H$  kao što će biti prikazano u ovome slučaju (Slika 22.).

Odabire se tip crpke 250 CVE 460-32/1 sa promjerom rotora  $\phi$  480 mm, a broj okretaja rotora iznosi  $n = 24,2 \text{ s}^{-1}$ . Neke općenite karakteristike ove pumpe su da joj je maksimalna visina dizanja  $H = 75 \text{ m}$ , maksimalni protok koji može prenijeti iznosi 220 l/s, dok maksimalna iskoristivost crpke dolazi do vrijednosti od 74%. Za gore navedenu manometarsku visinu i protok određuje se iskoristivost crpke  $\eta = 63\%$ . Maksimalna visina dizanja iznosi  $H = 65 \text{ m}$ . S obzirom da je zadana manometarska visina dizanja 58,45 m, broj crpki se određuje kao  $(58,76 \text{ m} / 65 \text{ m} = 0,904 \text{ crpki} = 1 \text{ crpka})$ . Dovoljna je jedna crpka da bi se voda prepumpala sa niže kote na višu. Pumpa diže protok od 98,75 l/s na visinu od 65 m što je veće od zadane manometarske potrebne visine. U konačnici ukupno je potrebno odabrati 1 crpku, ali i uz to još jednu

koja služi kao rezervna crpka koja se aktivira u slučaju prestanka rada glavne crpke, što znači da ukupno je potrebno planirati postavljanje 2 crpki. Karakteristike poput visine dizanja i iskoristivosti određuju se preko Slike 26. [15].



Slika 26: Karakteristike pumpe 250 CV 460-32/1 [15]

Nakon određenog tipa crpke kao i njenih pratećih karakteristika u konačnici je potrebno odrediti i instaliranu snagu svih crpki sa 15% rezerve (izraz (30)), ali i snagu elektromotora pumpe sa 15% rezerve (izraz (31)) [15].

Instalirana snaga svih crpki uz 15% rezerve (izraz (30)):

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke}}$$

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 58,76}{0,63} = 103,96 \text{ kW}$$

Instalirana snaga elektromotora uz 15% rezerve (izraz (31)):

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke} * \eta_{el.mot.}}$$

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 58,76}{0,63 * 0,85} = 122,31 \text{ kW}$$

gdje je  $\eta_{el.mot.}$  koeficijent učinkovitosti elektromotora  $\eta_{el.mot.} = 0,85$  [/].

Instalirana snaga pojedine crpke uz 15% rezerve:

$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke}}$$

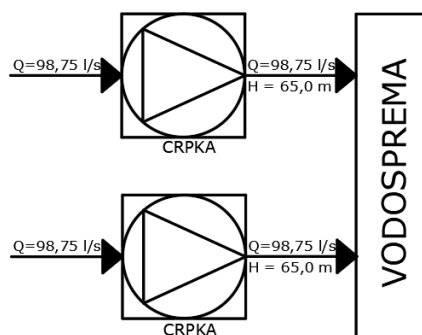
$$P_{i,crpke} = 1,15 * P = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 65}{0,63} = 115,00 \text{ kW}$$

Instalirana snaga pojedinog elektromotora uz 15% rezerve:

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * Q_{crp.} * H_{man.}}{\eta_{crpke} * \eta_{el.mot.}}$$

$$P_{i,el.mot.} = \frac{P_{crpke}}{\eta_{el.mot.}} = 1,15 * \frac{9,81 * 0,0988 * 65}{0,63 * 0,85} = 135,29 \text{ kW}$$

Shematski prikaz spoja crpki glavnih kao i rezervnih prikazan je na Slici 27.



Slika 27: Shematski prikaz serijskog spoja glavnih i rezervnih crpki – Varijanta 2

## **7. TRASIRANJE CJEVOVODA**

Trasiranje cjevovoda vrši se na način da se duž prometnice postavlja niveleta na način da se vodi računa o potrebama potrošača, ali i o ekonomičnosti, cijeni izgradnje sustava kao i o njenom održavanju. Nekakvi obrasci po kojima je nužno postavljati niveletu ne postoje, već se to često obavlja uz iskustvo i praksu. Prilikom pristupanja projektiranju mora se imati mnoštvo čimbenika na umu u isto vrijeme, primjerice zadovoljiti tlakove, padove, brzine, izdržljivost materijala cijevi ovisno na podneblje, kordiniranost vodoopskrbnog sustava sa ostalim sustavima, odnosno infrastrukturom koja se nalazi na istoj ruti i sl. Cjevovodi se najčešće vode duž javnih prometnica dok se izbjegavaju nekakve privatne površine kako ne bi došlo do pravnih problema u bližoj ili daljoj budućnosti. Kao najvažnija osnova na temelju koje se pristupa daljnjom postavljanju mreže su kvalitetni snimci ili ako to nije moguće onda što je točnija karta sa ucrtanim prometnicama, priključcima, kotama terena i sl. Na situacijskom prilogu označuju se sve dionice, čvorovi, potrošači, vodospreme, ventili, izvorišta, hidranti, crpne stanice i svi ostali prateći elementi. Uz sve to ide i plan iskolčenja koji se najčešće izrađuje za najdužu dionicu sustava gdje se prate promjene pravca. Materijal cijevi koji se razmatrao su lijevanoželjezne klasične cijevi, dok je također jedna od varijanti bila i PVC cijevi koje su jeftinije, lakše, ali nemaju toliko izdržljivost poput klasičnih ljevanoželjeznih cijevi.

Nakon situacija i planova iskolčenja, izrađuju se uzdužni profili sa pratećim karakterističnim poprečnim presjekom rova gdje se mogu uočiti dubine i slojevi u rovu. U konačnici moguće se i iscrtati montažni plan čvora gdje se može saznati koji su sve dijelovi potrebni za izvedbu pojedinog čvora i njegovu montažu. Kroz priloge 3, 4, 5 i 6 biti će prikazane različite mogućnosti ovisno o tome radi li se o gravitacijskom dotoku ili dotoku crpljenjem također ovisno i o dispoziciji vodospreme, a dok će kroz priloge 7, 8 i 9 biti prikazani planovi iskolčenja pojedinih dionica gdje se vide njihove stacionaže kao i promjene smjerova.

## **8. BENTLEY WATERCAD V8i**

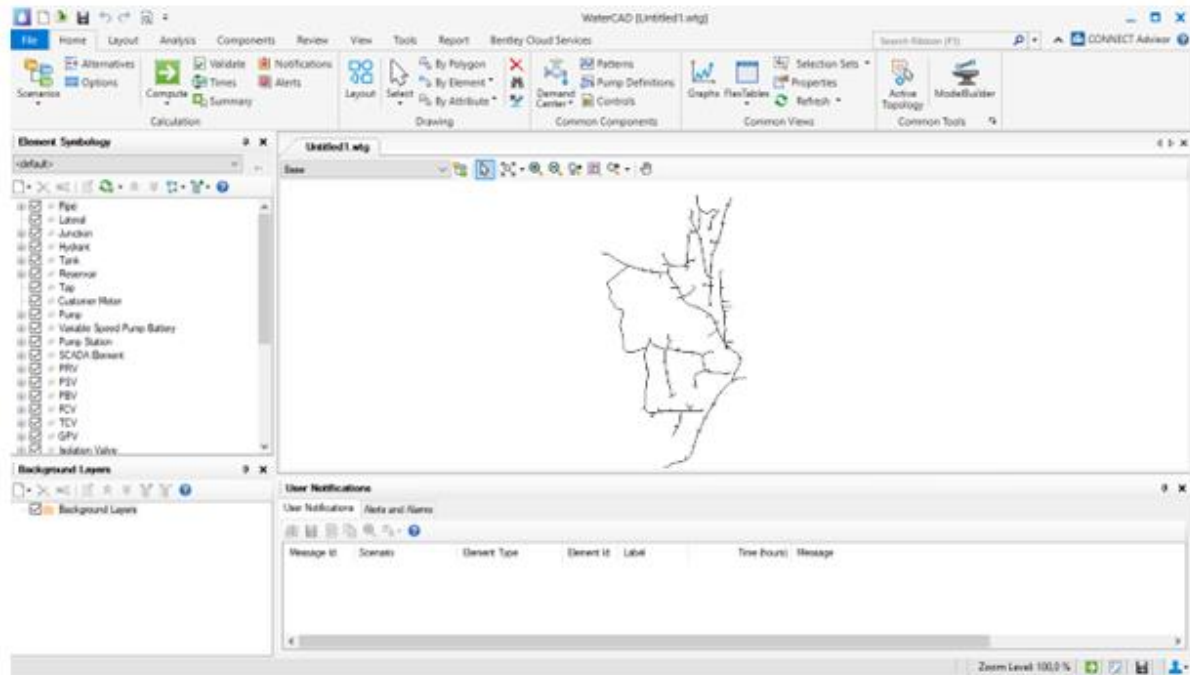
### **8.1. Općenito o računalnom programu**

WaterCAD V8i je računalni program dizajniran od strane američke tvrtke Bentley čije usluge koriste inženjerske i komunalne tvrtke širom svijeta. Glavna mu je zadaća projektiranje novih vodoopskrbnih sustava i učinkovito upravljanje već postojećim vodoopskrbnim mrežama. Računalni program sam po sebi je jednostavan za korištenje i uz svu korisničku podršku i edukacije koje tvrtka Bentley nudi preko različitih edukacija i dokumenata sa objašnjenjima, vrlo se lako započinje sa radom u programu. WaterCAD V8i obilježava i to da je unutar programa moguće provesti beskonačan broj mogućih scenarija sa različitim postavkama te na taj način pronaći koje je u konačnici rješenje optimalno. Proračun unutar programa se može izvesti na dva načina, od kojih se prvi odnosi na stacionarno tečenje vode u sustavu dok drugi se odnosi na simulaciju tečenja vode u određenom vremenskom periodu.

Mogućnosti koje ovaj računalni program nudi su brojne, ali ugrubo se mogu sažeti na slijedeće:

- izrada, projektiranje i upravljanje vodoopskrbnim sustavima neovisno o tome bio sustav granasti ili prstenasti
- optimizacija sustava preko upotrebe različitih ulaznih parametara (vrste cijevi, pumpi, vodosprema)
- provedba analize kvalitete vode
- upravljanje potrošnjom energije sustava
- proračun protupožarne rezerve
- proračun gubitaka vode koji se javljaju u sustavu
- analiza sloma cijevi
- analize ispiranja sustava [17].

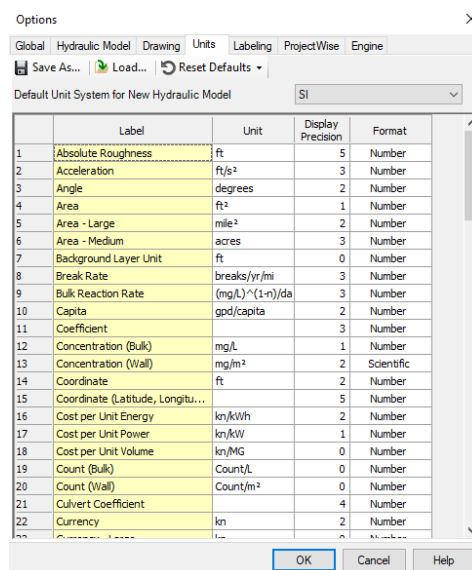
Na Slici 28. predloženo je glavno sučelje računalnog programa WaterCAD V8i odakle se započinje sa radom unutar istoga.



Slika 28: Glavno sučelje računalnog programa WaterCAD V8i

## 8.2. Postavljanje mreže i određivanje njezinih značajki

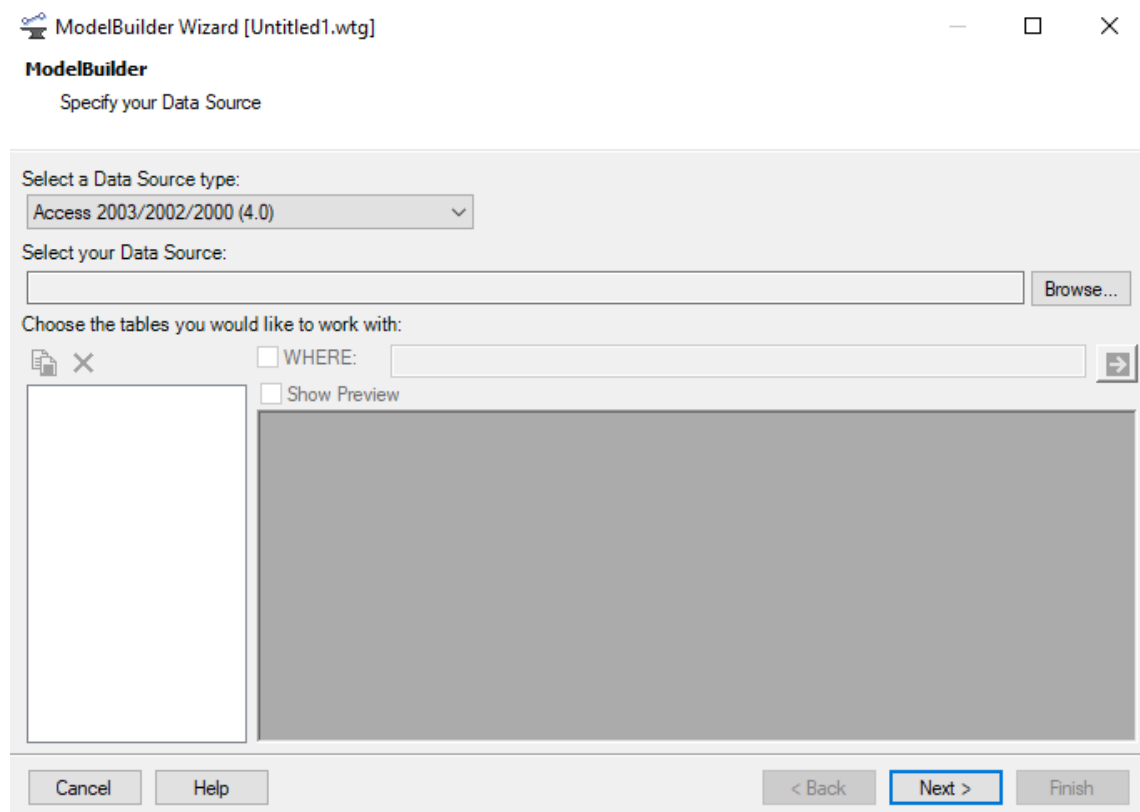
Prvi korak sa kojim se susreće prilikom započinjanja sa radom u programu je postavljanje mreže i određivanje njezinih značajki, no prije svega bitno je znati o kojim se mjernim jedinicama radi u programu, a to se postiže otvaranjem izbornika „Tools“ zatim „More“ pa „Options“ gdje se pod karticom „Units“ može odabrati US sustav jedinica ili SI sustav što je prikazano na Slici 29.



Slika 29: Određivanje sustava mjernih jedinica u WaterCad V8i programu

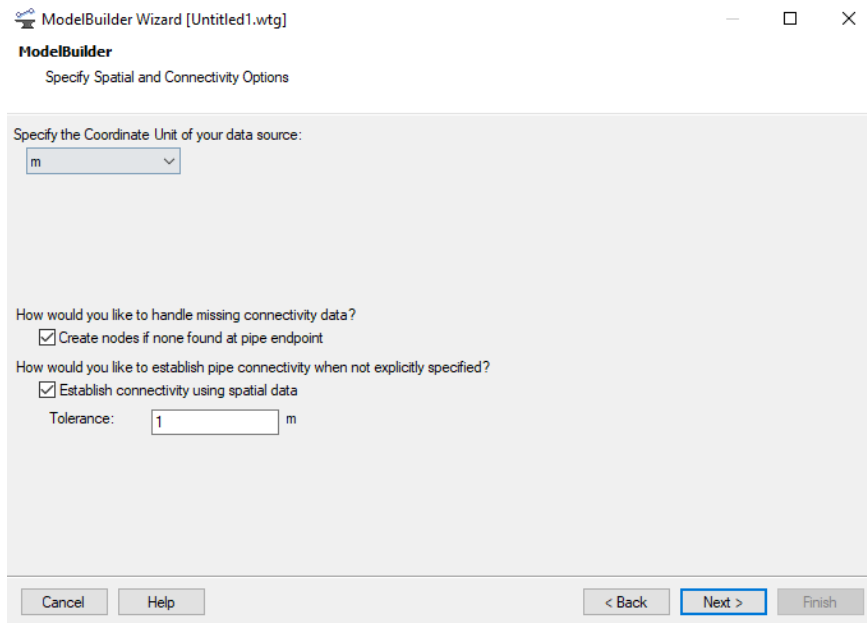


Postavljanje same mreže unutar WaterCAD V8i računalnog programa može se izvršiti na dva načina od kojih je prvi direktno crtanje mreže unutar programa, a drugi je uvoz već gotove mreže koja je nacrtana u drugom računalnom programu. Ukoliko se mreža crta unutar programa WaterCAD može se pripomoći uvozom datoteke koja će služiti kao podloga crtežu za lakše crtanje. Za potrebe ovog projektnog zadatka odabrana je metoda uvoza već gotove mreže koja je prethodno nacrtana u računalnom programu AutoCAD. Bitno je naglasiti da se datoteka sprema u .dxf formatu te je poželjno da bude spremljena u verziju 2010. Za uvoz datoteke u WaterCAD potrebno je iz kartice „Tools“ otvoriti „Model Builder“ gdje se odabire „New“ te se otvara prozor prikazan na Slici 30.



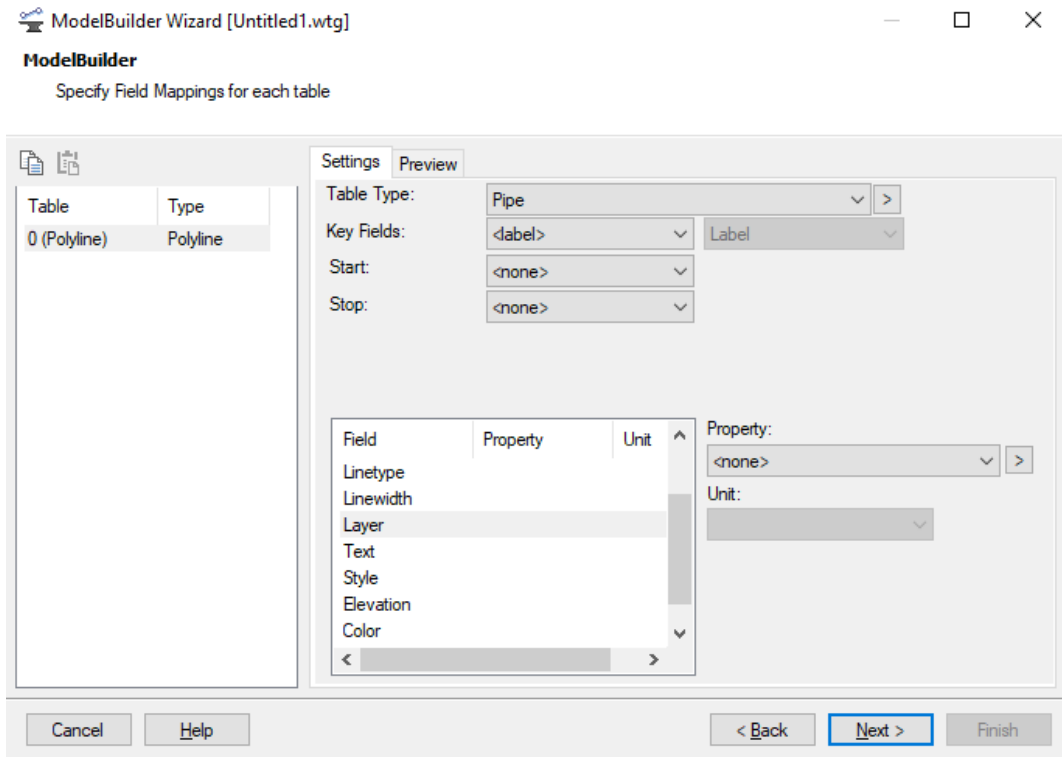
Slika 30: ModelBuilder opcija unutar WaterCad V8i programa

Za tip datoteke odabire se „CAD Files“, a pod „Select your Data Source“ odabiremo prethodno spremljenu .dxf datoteku. U narednom koraku prikazanom na Slici 31. odabire se mjerna jedinica u metrima te se nastavlja dalje.



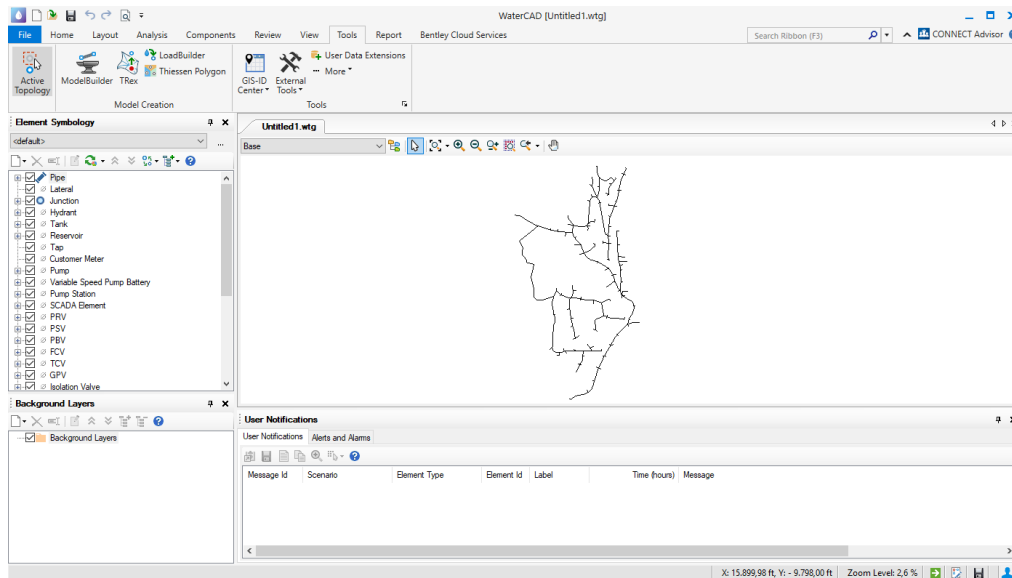
Slika 31: Prvi korak u ModelBuilder opciji

U naredna dva koraka nije potrebno ništa mijenjati sve dok se ne stigne do prozora prikazanom na Slici 32. gdje je bitno pod „Table Type“ odabrati „Pipe“, dok pod „Key Fields“ se odabire „<label>“.



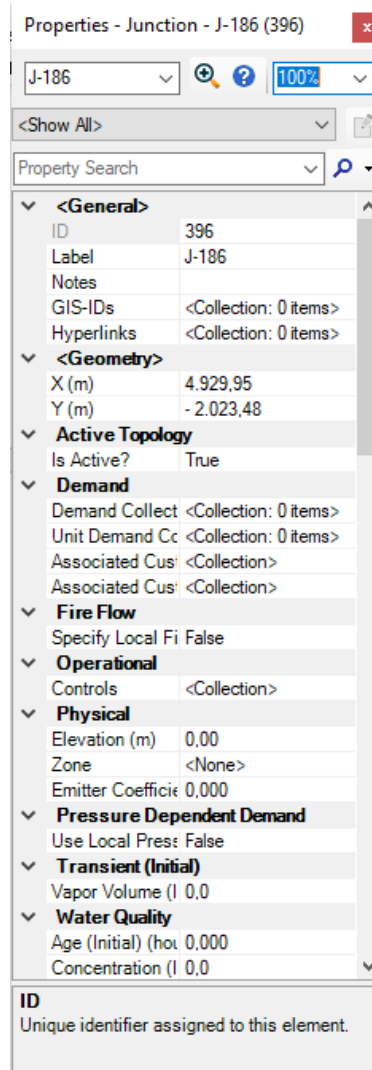
Slika 32: Posljednji korak ModelBuilder opcije

U konačnici to rezultira iscrtanom vodoopskrbnom mrežom koja je prikazana na Slici 33.



Slika 33: Uvezena gotova vodoopskrbna mreža

Nakon što je vodoopskrbna mreža postavljena potrebno je odrediti značajke sustava poput nadmorske visine potrošača i čvorova, materijal cijevi, promjer, hidrante, vodospreme, crpke i slične vodoopskrbne objekte. To je moguće ostvariti na dva načina od kojih je prvi preko opcije „*Properties Editor*“ prikazano na Slici 34. gdje se značajke definiraju preko dijaloškog okvira posebno za svaku točku, dok je drugi način preko izbornika „*Flex Table*“ gdje je prikazan cijeli sustav te je moguće grupno uređivati značajke, kao što je vidljivo na Slici 35.



Slika 34: Definiranje značajki preko opcije „Properties Editor“

FlexTable: Pipe Table (Untitled1.wtg)

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)
30: 0 (Polyline)	30	0 (Polyline)-1	0	J-1	J-2	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
33: 0 (Polyline)	33	0 (Polyline)-138	10	J-3	J-4	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
36: 0 (Polyline)	36	0 (Polyline)-107	10	J-5	J-6	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
39: 0 (Polyline)	39	0 (Polyline)-25	10	J-7	J-8	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
42: 0 (Polyline)	42	0 (Polyline)-89	10	J-9	J-10	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
45: 0 (Polyline)	45	0 (Polyline)-43	10	J-11	J-12	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
48: 0 (Polyline)	48	0 (Polyline)-142	10	J-13	J-14	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
51: 0 (Polyline)	51	0 (Polyline)-116	10	J-15	J-16	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
54: 0 (Polyline)	54	0 (Polyline)-108	10	J-5	J-17	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
56: 0 (Polyline)	56	0 (Polyline)-30	10	J-18	J-19	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
59: 0 (Polyline)	59	0 (Polyline)-120	10	J-20	J-21	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
62: 0 (Polyline)	62	0 (Polyline)-141	10	J-13	J-22	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
64: 0 (Polyline)	64	0 (Polyline)-104	10	J-23	J-24	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
67: 0 (Polyline)	67	0 (Polyline)-31	11	J-18	J-25	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
69: 0 (Polyline)	69	0 (Polyline)-144	11	J-26	J-27	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
72: 0 (Polyline)	72	0 (Polyline)-134	11	J-28	J-29	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
75: 0 (Polyline)	75	0 (Polyline)-24	11	J-7	J-30	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
77: 0 (Polyline)	77	0 (Polyline)-145	11	J-26	J-31	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)
79: 0 (Polyline)	79	0 (Polyline)-52	11	J-32	J-33	152,4	Ductile Iron	130,0	<input type="checkbox"/>	0,000	(N/A)

184 of 184 elements displayed FILTERED

Slika 35: Definiranje značajki preko opcije „Flex Table“

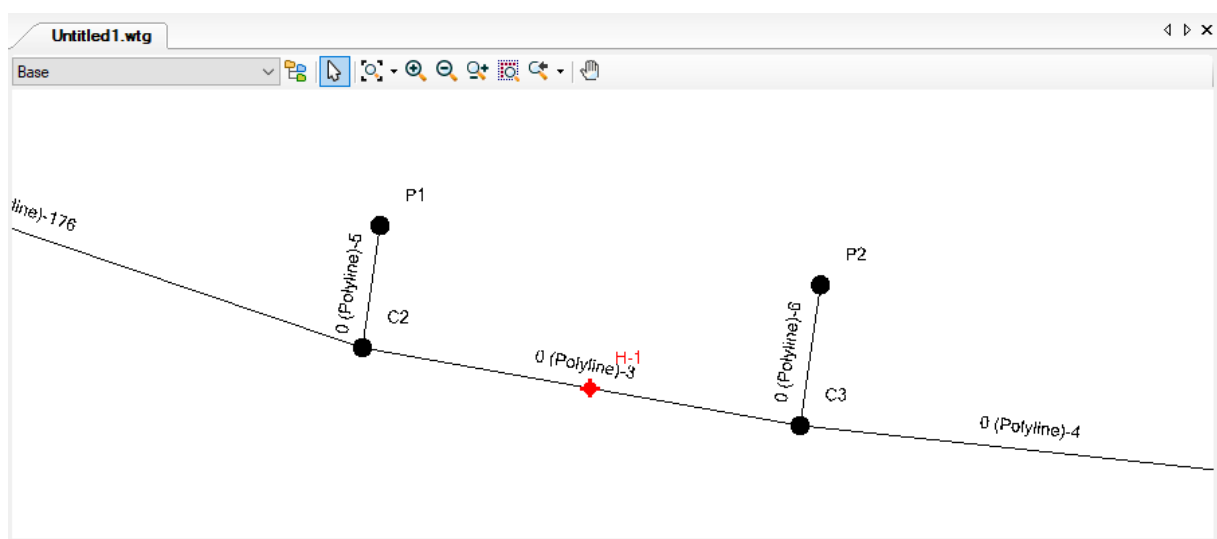
### 8.2.1. Postavljanje hidrantske mreže

Kako bi se postigla zaštita područja od požara potrebno je izraditi hidrantsku mrežu. Hidrant je vodovodna armatura na koju je predviđeno da se vatrogasci spoje kako bi pristupili gašenju požara te je stoga bitno da hidranti zadovolje potrebne količine vode, dovoljan pritisak i jednostavno spajanje. Hidranti se u WaterCAD V8i računalnom programu vrlo jednostavno dodaju pomoću naredbe „Hydrant“ te se pomoću „Flex Table“ za svaki hidrant dodaju nadmorske visine. Hidrantska mreža se može podijeliti na unutarnju i vanjsku, unutarnja mora osigurati pokrivanje prostora koji se štiti unutar građevine, a dok se kod vanjske hidrantske mreže razlikuju nadzemni i podzemni hidranti koji se najčešće smještaju uz prometnice. Za potrebe hidrantske mreže koristi se „Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara“. Ovaj pravilnik je objavljen u Narodnim novinama 08/2006. Ovim pravilnikom su propisane tehničke potrebe za vanjsko i unutarnje gašenje požara.

Neke od glavnih uredbi su:

- maksimalna udaljenost susjednih hidranata je 150 m
- najmanji radni tlak koji je potreban iznosi 2,5 bara
- hidrant ne smije biti udaljen više od 80 m od štice područja, odnosno ne smije biti manje od 5 m od štice područja [18].
- 

Na Slici 36. prikazan je način smještaja hidranta H-1.



Slika 36: Hidrant H-1 vodoopskrbnog sustava

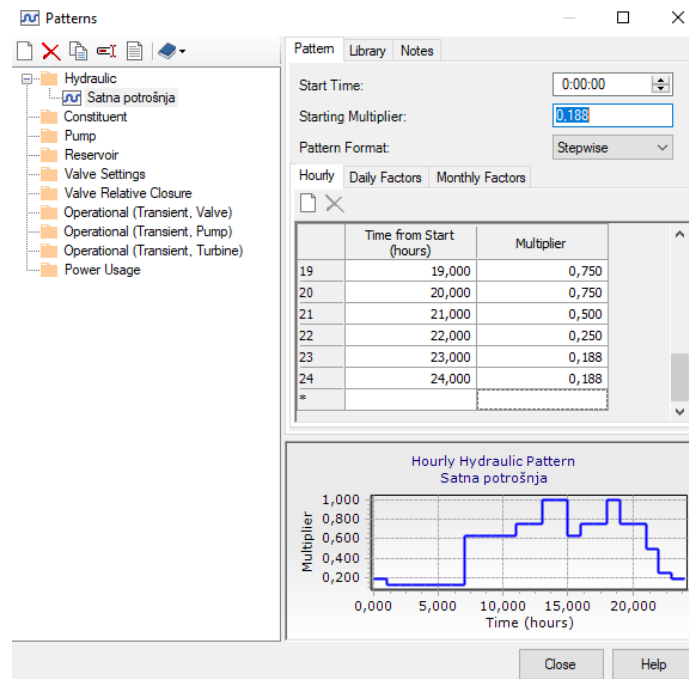
### 8.2.2. Definiranje potrošnje vode sustava

S obzirom na to kako kroz dan postoje oscilacije u potrošnji vode potrebno je definirati uzorke u WaterCAD V8i programu. Uzorci se određuju preko multiplikatora koji predstavlja omjer postotka potrošnje određenog sata sa postotkom potrošnje vode koja se javlja u vremenu maksimalne dnevne potrošnje vode. Uzorci se definiraju preko izbornika „Patterns“ gdje se određuju uzorci, a za potrebe diplomskoga rada razlikovati će se zasebno uzorak za stanovništvo i turiste koji su smješteni u privatnom smještaju, uzorak za industrije te u konačnici uzorak kod gašenja požara. Za industriju uzeto je vrijeme rada od 8 h do 20 h, odnosno vrijeme rada same industrije, dok je kod požara uzeto vrijeme trajanja od 2 h.

U tablici 8. prikazane su satne potrošnje vode kod stanovništva kroz dan zajedno sa pripadajućim multiplikatorom, dok je na Slici 37. prikazano određivanje uzorka kroz WaterCAD V8i računalni program. Bitno je napomenuti kako početni multiplikator mora biti jednak završnom kako bi se postigao zatvoreni ciklus [19].

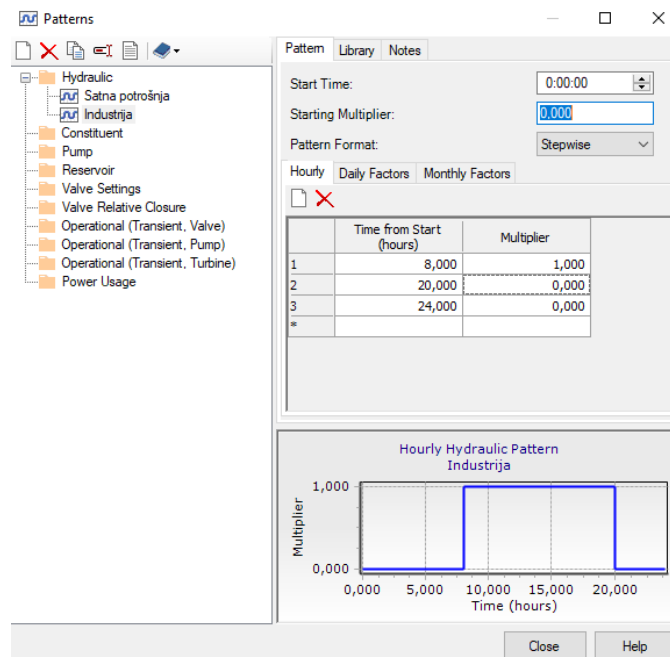
Vrijeme (h)	Satna potrošnja (%)	Multiplikator [/]
00:00 - 01:00	1	0,125
01:00 - 02:00	1	0,125
02:00 - 03:00	1	0,125
03:00 - 04:00	1	0,125
04:00 - 05:00	1	0,125
05:00 - 06:00	1	0,125
06:00 - 07:00	5	0,625
07:00 - 08:00	5	0,625
08:00 - 09:00	5	0,625
09:00 - 10:00	5	0,625
10:00 - 11:00	6	0,75
11:00 - 12:00	6	0,75
12:00 - 13:00	8	1
13:00 - 14:00	8	1
14:00 - 15:00	5	0,625
15:00 - 16:00	6	0,75
16:00 - 17:00	6	0,75
17:00 - 18:00	8	1
18:00 - 19:00	6	0,75
19:00 - 20:00	6	0,75
20:00 - 21:00	4	0,5
21:00 - 22:00	2	0,25
22:00 - 23:00	1,5	0,1875
23:00 - 24:00	1,5	0,1875

Tablica 8: Neravnomjernost potrošnje vode kroz dan sa pripadajućim multiplikatorima za stanovništvo



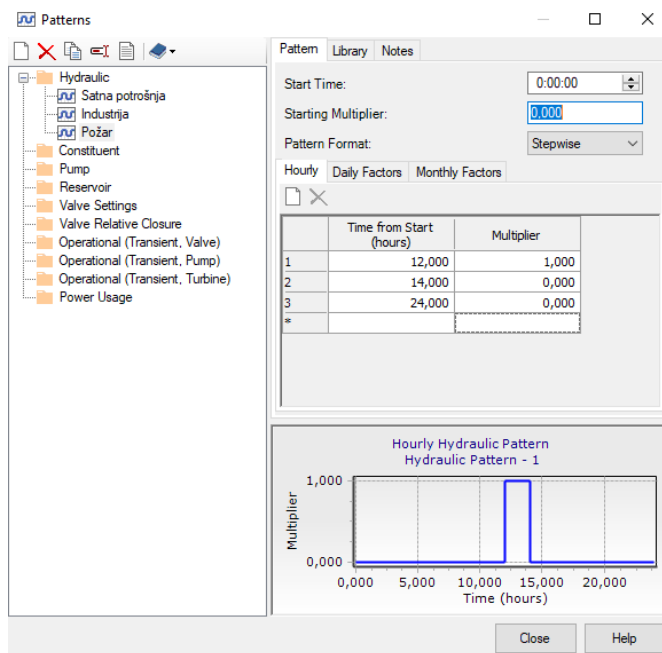
Slika 37: Uzorak potrošnje vode stanovništva u WaterCAD V8i računalnom programu

Što se tiče industrije prethodno je utvrđeno da je radno vrijeme industrije od 8 do 20 h te će u to doba multiplikator iznositi 1. Na Slici 38. prikazan je uzorak potrošnje vode u industriji.



Slika 38: Uzorak potrošnje vode za industriju u WaterCAD V8i računalnom programu

Posljednji uzorak koji je potrebno definirati je uzorak vode kod gašenja požara. Vrijeme požara je 2 h, te će se za uzorak uzeti da se požar javlja u doba dana kada općenito imamo najveću potrošnju vode, odnosno od 12 h do 14 h što je vidljivo iz uzorka stanovništva. Za razdoblje od 12 h do 14 h multiplikator će iznositi 1, što je prikazano na Slici 39.



Slika 39: Uzorak potrošnje vode pri pojavi požara u WaterCAD računalnom programu

Korak koji slijedi nakon definiranje uzoraka potrošnje vode je zadavanje same potrošnje vode za pojedine čvorove odnosno potrošače, a to se definira kroz „Demand center“ gdje je potrebno odabrati cijelu mrežu te zatim pojedinačno za svaki čvor unijeti specifičnu potrošnju i uzorak vode. Potrošnje vode pojedinih potrošača određene su prethodno u *Poglavlju 4.* kao i u *Prilogu 1.* odnosno hidrauličkom proračunu. Na slikama 40. – 44. prikazane su potrošnje vode potrošača stanovništva, industrije, oba hotela te kampa.

	ID	Label ▲	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
83	118	P1	0,43	Satna potrošnja	<None>

Slika 40: Potrošnja vode za stanovništvo i privatni smještaj



	ID	Label ▲	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
78	313	HOTEL EX.	8,10	Satna potrošnja	<None>

Slika 41: Potrošnja vode za hotel "Excelsior"

	ID	Label ▲	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
79	50	HOTEL PARK	5,70	Satna potrošnja	<None>

Slika 42: Potrošnja vode za hotel "Park"

	ID	Label ▲	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
80	81	IND.AUT.PR.	1,50	Industrija	<None>
81	358	IND.PEK.	1,50	Industrija	<None>

Slika 43: Potrošnja vode za industriju

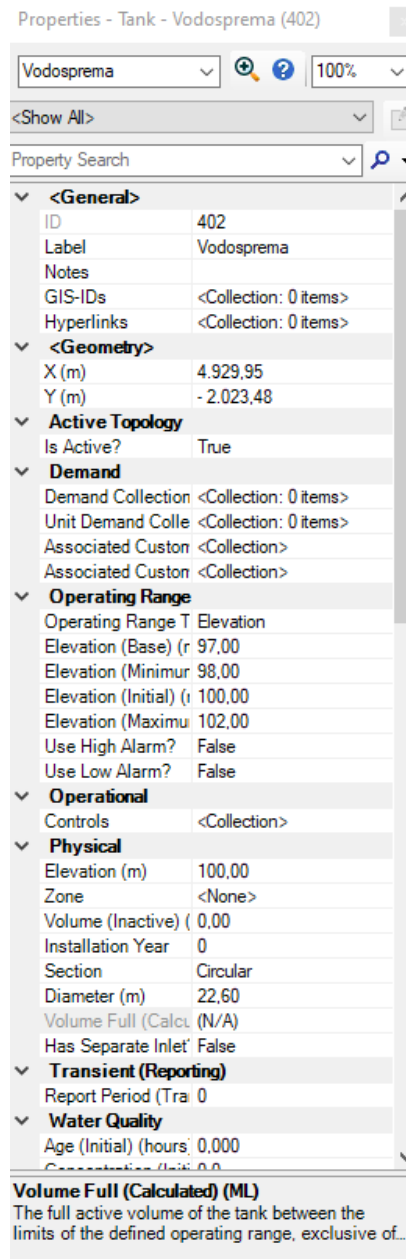
	ID	Label ▲	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
82	394	KAMP	3,83	Satna potrošnja	<None>

Slika 44: Potrošnja vode za kamp

### 8.3. Definiranje vodospreme unutar WaterCAD V8i računalnog programa

Vodosprema je građevina u vodoopskrbnom sustavu koja služi za pohranjivanje vode koja se upušta u sustav kako bi se opskrbili potrošači. U WaterCAD programu vodosprema se u mrežu ucrtava pomoću naredbe „Tank“ gdje se zatim odabire položaj same vodospreme na vodoopskrbnoj mreži. Definiranje vodospreme, odnosno njezinih karakteristika vrši se pomoću dvostrukog klika na vodospremu čime se otvara dijaloški okvir (Slika 45.) ili je moguće pomoću naredbe „Flex table“ (Slika 46.).

Bitne karakteristike koje je potrebno definirati su nadmorska visina na kojoj se nalazi vodosprema te na kojoj se visini nalazi dno vodospreme i koja je minimalna razina vode u vodospremi, kao i maksimalna razina vode. Potrebno je definirati i inicijalnu vrijednost, odnosno operativnu razinu vode u vodospremi unutar promatranog modela. Vodosprema je definirana kao kružna, te je promjera 22,6 m što odgovara volumenu od 2000 m<sup>3</sup>.



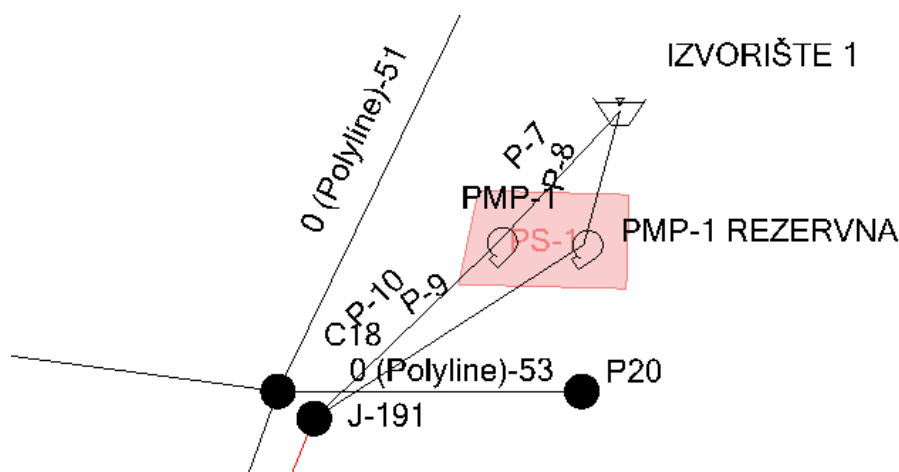
Slika 45: Definiranje vodospreme pomoću „Properties“ opcije

ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (ML)	Diameter (m)
402: Vodospre	402 Vodosprema	<None>	97,00	98,00	100,00	102,00	0,00	22,60

Slika 46: Definiranje vodospreme pomoću „Flex Table“ uređivača

#### 8.4. Definiranje crpne stanice unutar WaterCAD V8i programa

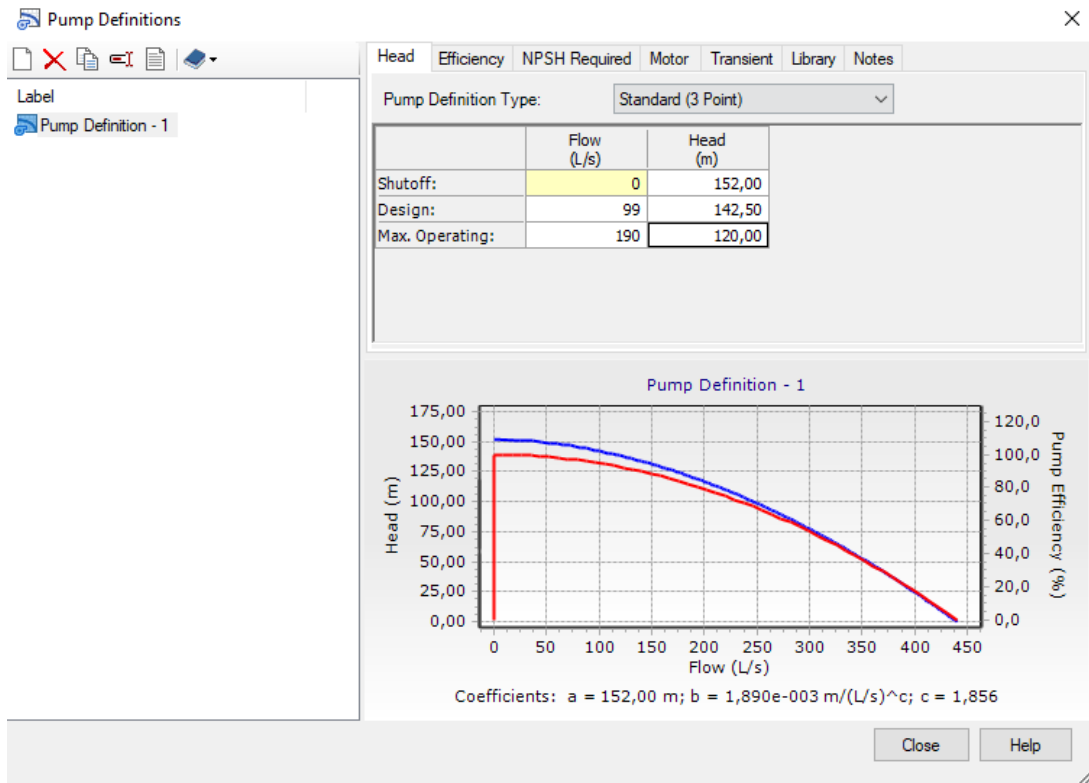
Prethodno u „Poglavlju 6.1.“ s obzirom na ulazne parametre definirana je vrsta i broj crpki. Bilo je potrebno podići protok od 98,75 l/s na visinu od 142,5 m što je više od tražene manometarske visine. Definirane su 3 crpke koje su spojene serijski, kao i 3 serijski spojene rezervne crpke koje bi se upotrijebile u slučaju kvara glavnih crpki. U WaterCAD V8i programu preporučljivo je umjesto 3 serijski spojene crpke ugraditi jednu koja će dizati traženi protok od 98,75 l/s na visinu od 142,5 m te će se to u ovome slučaju izvesti sa jednom crpkom. Crpna stanica se ucrtava pomoću naredbe „Pump Station“ gdje će se naknadno u nju pomoću naredbe „Pump“ ucrtati odgovarajući broj i smještaj crpki. Također je i bitno prije svega ucrtati izvorište sa kojega se voda dovodi do crpne stanice, a to se izvodi preko naredbe „Reservoir“. Crpna stanica sa pumpama je prikazana na Slici 47.



Slika 47: Crpna stanica sa izvorištem

Što se tiče izvorišta, potrebno je definirati njegovu nadmorsku visinu tako da se dvostrukim klikom otvori dijaloški okvir „*Properties*“ gdje se unese odgovarajuća vrijednost. Na isti način će se definirati i nadmorska visina pumpi, odnosno crpne stanice, te je bitno definirati pripadnost pumpi odgovarajućoj crpnoj stanici.

Karakteristike pojedine crpke mogu se definirati preko „*Flex Table*“ opcije gdje se odabere „*Pump Table*“. Definiranje pumpe vrši se preko „*Pump Definitions*“ opcije gdje se pod „*Pump Definition Type*“ odabire „*Standard 3 Point*“ gdje se zadaje protok i visina, a treba težiti da krivulja protoka i učinkovitosti rada crpke bude što je moguće bliže krivulji protoka i visine dizanja, kao što je prikazano na Slici 48.



Slika 48: Definiranje crpke pomoću „Standard 3 Point“ opcije

Uz sve ovo potrebno je i definirati koje crpke rade, odnosno u ovom slučaju glavna crpka je uključena dok je rezervna pumpa isključena, što je prikazano na Slici 49.

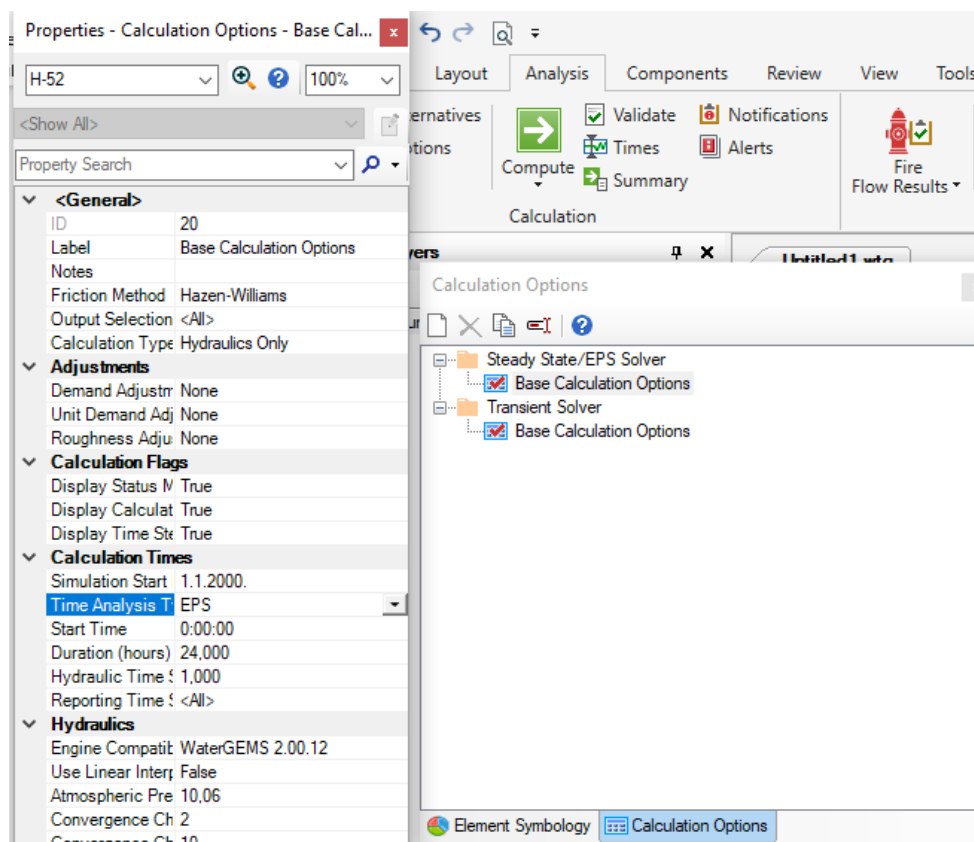
	ID	Label	Elevation (m)	Pump Definition	Status (Initial)	Hydraulic Grade (Suction) (m)	Hydraulic Grade (Discharge) (m)	Flow (Total) (L/s)	Pur
487: PMP-1	487	PMP-1	10,00	Pump Definition	On	(N/A)	(N/A)	(N/A)	
488: PMP-1 RE	488	PMP-1 REZE...	10,00	Pump Definition	Off	(N/A)	(N/A)	(N/A)	

2 of 2 elements displayed

Slika 49: Definiranje ostalih parametara crpki

## 9. HIDRAULIČKA ANALIZA PODMODELA IZRAĐENIH U WATERCAD V8i RAČUNALNOM PROGRAMU

Jednom kada su definirani svi elementi odabranog vodoopskrbnog sustava u programskom paketu WaterCAD V8i potrebno je izvršiti hidrauličku analizu kako bi bilo jasno zadovoljavali projektirani sustav potrebe potrošača kao i dozvoljene uvjete. Unutar programskog paketa moguće je izvršiti dvije vrste analiza, od kojih se prva odnosi na stacionarno strujanje i sukladno time prikazali bi se rezultati za jedan vremenski inkrement, dok je druga vrsta analize simulacija produženog razdoblja (eng. EPS, *Expanded Period Simulation*) gdje se model analizira najčešće na 24h ili 48h sa inkrementom od 1h između svakog koraka. Što je manji vremenski korak to će zornije biti prikazani rezultati, primjerice punjenja i pražnjenja vodospreme te će se sukladno time moći podesiti rad crpki i sl. Odabir vrste analize postiže se odabirom „Analysis“ kartice iz koje se odabire „Options“ te „Base Calculation Options“ čijim se dvostrukim klikom otvara „Calculation Options“ dijaloški okvir gdje se pod „Time Analysis“ odabire EPS što je prikazano na Slici 50.



Slika 50: Odabir načina provedbe hidrauličkog proračuna

Nakon što je odabrana vrsta provedbe hidrauličkog proračuna, u kartici „Home“ ili „Analysis“ može se pronaći zelena strelica koja simbolizira naredbu „Compute“ koja započinje hidraulički proračun. Pri završetku hidrauličkog proračuna otvoriti će se prozor „Calculation Summary“ gdje se prikazuju rezultati proračuna odnosno postoje li napomene ili greške. Ukoliko sustav zadovoljava to će biti popraćeno zelenom bojom, žuta boja karakterizira upozorenja, plava boja karakterizira određene napomene dok crvena daje do znanja da je u sustavu prisutna pogreška te ju je obavezno potrebno ispraviti. „Calculation Summary“ izvještaj prikazan je na Slici 51.

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demand
All Time Steps(...)	True	311	0,0004053	69	
0,00	True	4	0,0000316	128	
0,40	True	4	0,0000466	0	
1,00	True	11	0,0004053	127	
1,10	True	4	0,0000450	0	
2,00	True	10	0,0003490	127	
2,10	True	4	0,0000453	0	
3,00	True	10	0,0003518	127	
3,10	True	4	0,0000400	0	
4,00	True	10	0,0003487	127	
4,10	True	4	0,0000464	0	
5,00	True	10	0,0004019	127	
5,10	True	4	0,0000450	0	

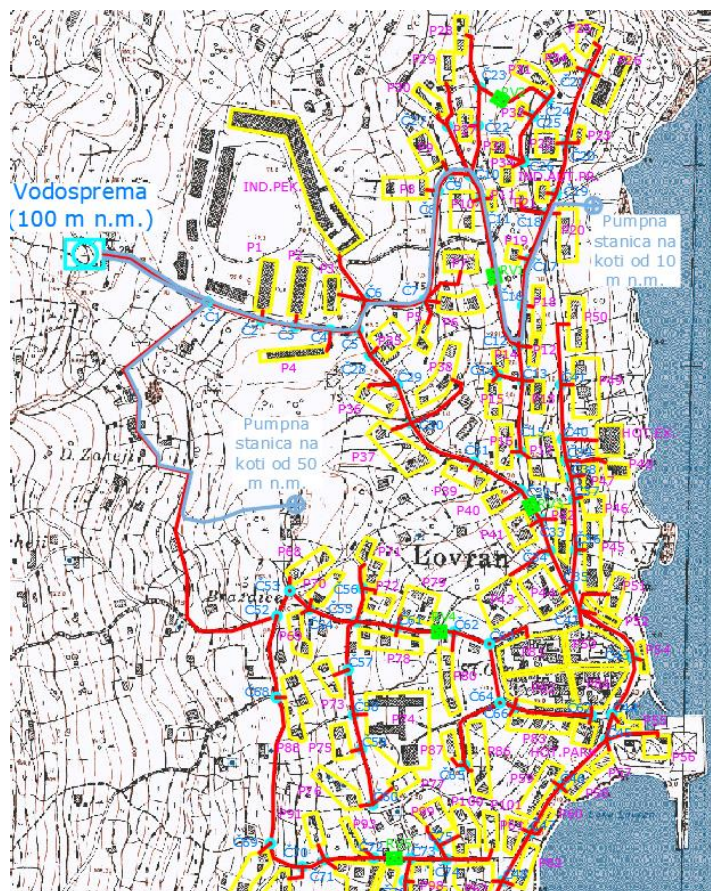
Slika 51: „Calculation Summary“ rješenje izvještaja

## 9.1. Gravitacijski dotok vode

U ovome poglavlju sprovesti će se hidraulička analiza za gravitacijski dotok vode i to za dva različita slučaja dispozicije vodospreme, odnosno njihova pozicija kao i nadmorska visina će biti različite. Osim što će biti različita dispozicija vodospreme, također će se sprovesti i analiza za primjerice različite materijale cijevi ili kako će na sustav utjecati ukoliko se u nekoj točki sustava javi požar.

### 9.1.1. Varijanta 1 – vodosprema V1

U prvoj varijanti vodosprema V1 smještena je na nadmorskoj visini od 100 m n.m. gdje je dno same vodospreme na visini od 97 m n.m. dok je minimalna razina vode na 98 m n.m.. Početna odnosno inicijalna razina vode u vodospremi je na 100 m n.m. dok je maksimalna razina koju voda može doseći, odnosno vrh vodospreme se nalazi na 102 m n.m.. Proračunom vodospreme u WaterCAD V8i programu dobivena je zapremnina vodospreme od 1604,60 m<sup>3</sup> za radijus od 11,3 m, a to je zato jer WaterCAD proračunava zapremninu vodospreme od minimalne razine do maksimalne razine odnosno količinu vode s kojom vodosprema zapravo može raspolagati. Voda u vodospremu dotječe gravitacijski sa kote 130 m n.m. sa izvorišta. Izvorište za potrebe diplomskog rada ima neograničenu izdašnost, te je s toga između izvorišta i vodospreme na toj dionici postavljen FCV ventil koji reducira protok u cijevima, odnosno definira ga na zadanu vrijednost. Količina vode koja utječe u vodospremu jednaka je maksimalnoj satnoj potrošnji. Dispozicija vodospreme V1 prikazana je na Slici 52.



Slika 52: Dispozicija vodospreme V1, Varijanta 1

S obzirom na to da se hidraulička analiza provodi za dulje vremensko razdoblje gdje se fizikalne veličine mijenjaju iz sata u sat uslijed neravnomjerne satne potrošnje vode, u ovome će se modelu fizikalne veličine razmatrati u trenutcima najveće dnevne potrošnje vode, a to se javlja između 12h i 14h te u 18h. Na Slici 53. prikazane su dionice sa najvećim protocima i najvećim brzinama.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
624: P-14(1)	624	P-14(1)	70	R-3	FCV-1	250,0	Ductile Iron	130,0	99,06	2,02
625: P-14(2)	625	P-14(2)	85	FCV-1	Vodosprema	250,0	Ductile Iron	130,0	99,06	2,02
395: V-C1	395	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	Ductile Iron	130,0	102,06	1,06
373: C1-C2	373	C1-C2	73	C1	C2	300,0	Ductile Iron	130,0	71,83	1,02
499: C2-C3(1)	499	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	Ductile Iron	130,0	71,41	1,01
500: C2-C3(2)	500	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	Ductile Iron	130,0	71,41	1,01
318: C3-C4	318	C3-C4	45	C3	C4	300,0	Ductile Iron	130,0	70,90	1,00
295: C4-C5	295	C4-C5	36	C4	C5	300,0	Ductile Iron	130,0	69,94	0,99
297: C5-C28	297	C5-C28	36	C5	C28	250,0	Ductile Iron	130,0	42,04	0,86
529: C28-C29(1)	529	C28-C29(1)	9	C28	H-17	250,0	Ductile Iron	130,0	41,54	0,85
530: C28-C29(2)	530	C28-C29(2)	42	H-17	C29	250,0	Ductile Iron	130,0	41,54	0,85
531: C29-C30(1)	531	C29-C30(1)	25	C29	H-18	250,0	Ductile Iron	130,0	40,18	0,82

Slika 53: Dionice sa najvećim brzinama toka i najvećim protocima, Varijanta 1 – vodosprema V1

Primjećujemo kako se najveći protok javlja između vodospreme i čvora C1 i to u iznosu 102,06 l/s što odgovara ručno izrađenom hidrauličkom proračunu koji je predočen u *Prilogu 1*. Brzine koje se javljaju ne premašuju 2 m/s što je zadovoljavajuće, jer ukoliko bi premašivale 2 m/s moguće je da dođe do oštećenja cijevi ili pojave turbulencija. S druge strane minimalne brzine koje se javljaju imaju vrijednost i od 0,01 m/s, ali to se javlja na manjim dionicama od čvora do izoliranog potrošača koji je zadnji na dionici.

Vrijednosti radnih tlakova prikazani su na Slici 54. i Slici 55. gdje je poželjno da se prostiru u rasponu od 2,5 bara kao minimalni, i 6,0 (7,5) bara kao maksimalni.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
195: P74	195	P74	25,00	<None>	<Collection:	0,57	100,09	7,35
285: P77	285	P77	25,00	<None>	<Collection:	1,13	100,09	7,35
178: P79	178	P79	27,40	<None>	<Collection:	0,55	100,05	7,11
73: C61	73	C61	28,00	<None>	<Collection:	0,00	100,05	7,05
74: P78	74	P78	28,60	<None>	<Collection:	0,38	100,05	6,99
183: C60	183	C60	30,00	<None>	<Collection:	0,00	100,09	6,86
256: C32	256	C32	31,20	<None>	<Collection:	0,00	99,94	6,73
134: C59	134	C59	32,50	<None>	<Collection:	0,00	100,09	6,61
218: P72	218	P72	32,60	<None>	<Collection:	0,75	100,10	6,61
257: P40	257	P40	33,20	<None>	<Collection:	0,89	99,94	6,53
194: C58	194	C58	34,50	<None>	<Collection:	0,00	100,09	6,42

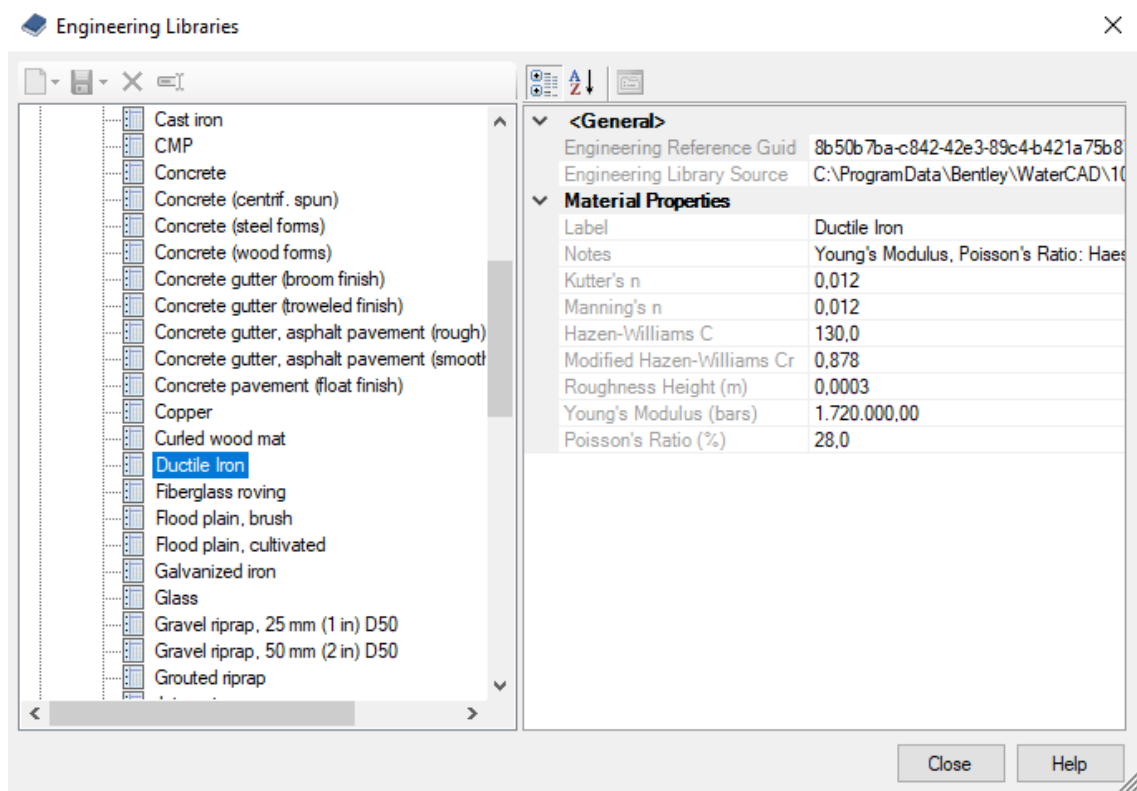
Slika 54: Čvorovi sa maksimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 1 – vodosprema V1



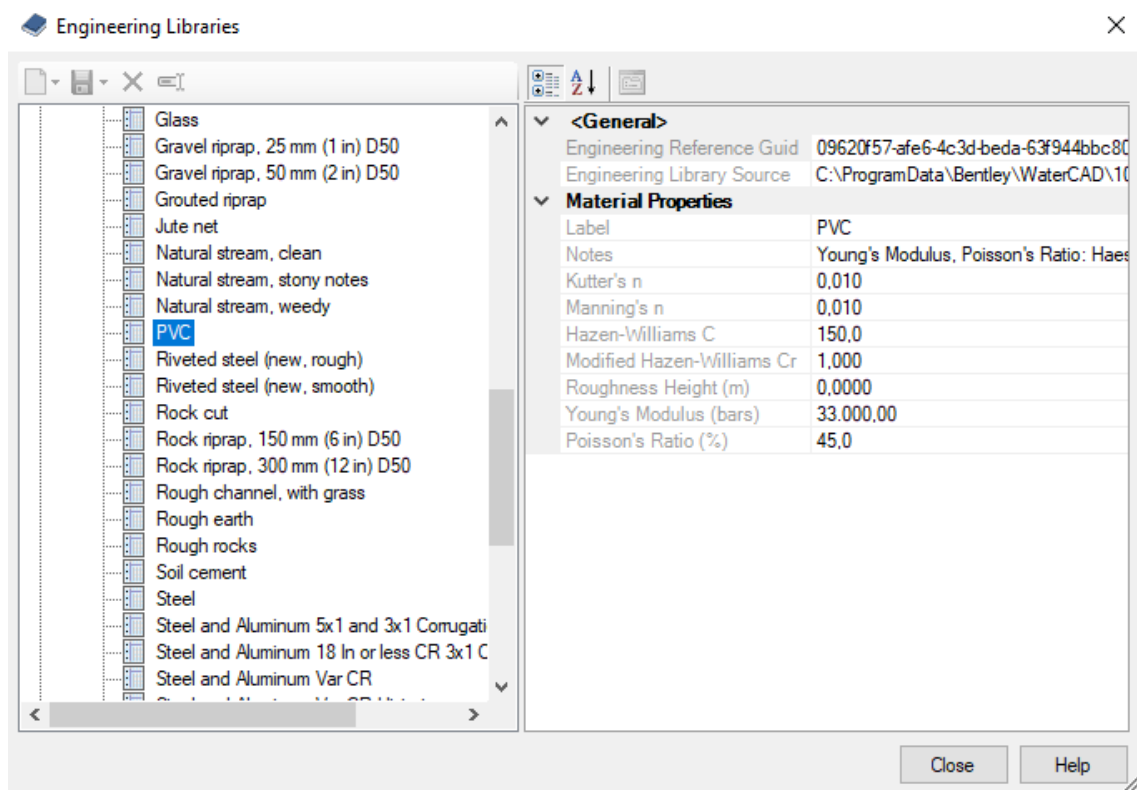
	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars) ▲
374: C1	374	C1	78,10	<None>	<Collection:	0,00	101,43	2,28
118: P1	118	P1	73,80	<None>	<Collection:	0,43	101,17	2,68
149: P2	149	P2	72,80	<None>	<Collection:	0,50	101,02	2,76
117: C2	117	C2	72,60	<None>	<Collection:	0,00	101,17	2,80
290: P3	290	P3	71,00	<None>	<Collection:	1,22	100,69	2,91
148: C3	148	C3	71,10	<None>	<Collection:	0,00	101,02	2,93
358: IND.PEK.	358	IND.PEK.	70,70	<None>	<Collection:	1,50	100,69	2,94
68: P14	68	P14	40,00	<None>	<Collection:	0,38	70,55	2,99
57: C14	57	C14	38,90	<None>	<Collection:	0,00	70,55	3,10
58: P15	58	P15	38,00	<None>	<Collection:	0,36	70,55	3,19

Slika 55: Čvorovi sa minimalnim radnim tlakovima u mreži,  
Varijanta 1 – vodosprema V1

Analizirajući sliku 54. i 55. primjećujemo kako najveći radni tlakovi ne prelaze gornju vrijednost u iznosu od 7,5 bara, odnosno najveći tlak u sustavu javlja se u potrošaču P74 i to u iznosu 7,35 bara. Što se tiče najmanjih radnih tlakova, izuzmemo li čvor C1 gdje je tlak 2,28 bara što je manje od 2,5 bara, ali tu nemamo potrošača pa nije ni pretjerano krucijalno, no u slučaju kada bi u toj točki potrošač postojao postavio bi se hidrofor ili slična solucija koja bi nadoknadila manjak tlaka. Sljedeći najmanji radni tlak javlja se u potrošaču P1 i to u iznosu od 2,68 bara što je iznad propisanih 2,5 bara. Na slikama 54. i 55. materijal cijevi je lijevano-željezo, odnosno prisutne su lijevano-željezne cijevi koje mogu podnijeti puno veće radne tlakove od PVC cijevi koje su puno lakše i jednostavnije za ugradnju. Karakteristike lijevano-željeznih cijevi opisane su slikom 56. dok su PVC cijevi opisane na slici 57. Unutar izbornika „Components“ moguće je pronaći „Engineering library“ gdje su dane karakteristike pojedinih materijala.



Slika 56: Karakteristike lijevano-željeznih cijevi, Varijanta 1



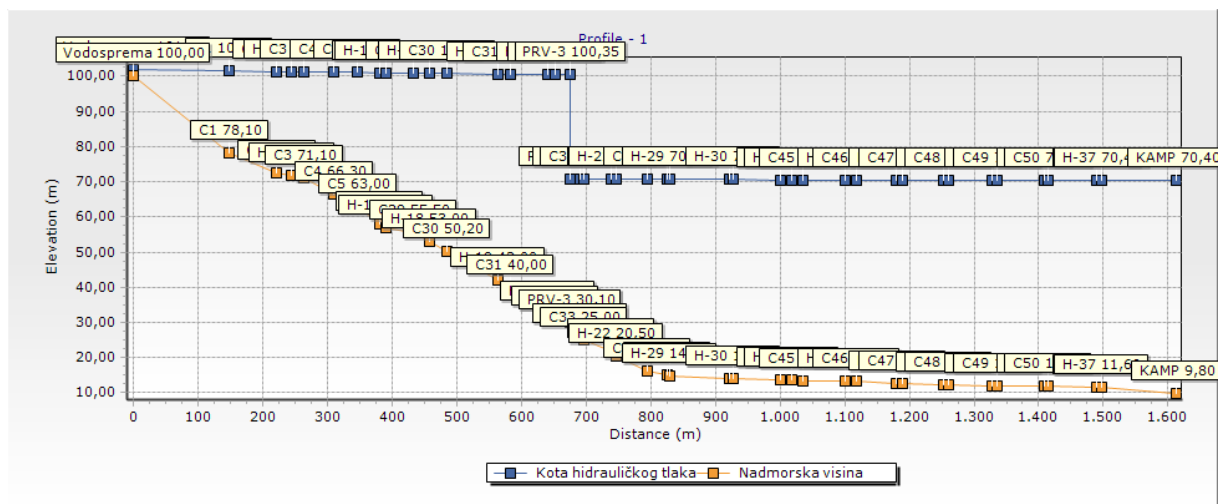
Slika 57: Karakteristike PVC cijevi, Varijanta 1

Ukoliko bi umjesto lijevano-željeznih cijevi upotrebljavale se PVC cijevi to bi povećalo tlakove u sustavu, no za neznatnu vrijednost što je predočeno slikom 58.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
195: P74	195	P74	25,00	<None>	<Collection:	0,57	100,51	7,39
285: P77	285	P77	25,00	<None>	<Collection:	1,13	100,51	7,39
178: P79	178	P79	27,40	<None>	<Collection:	0,55	100,48	7,15
73: C61	73	C61	28,00	<None>	<Collection:	0,00	100,48	7,09
74: P78	74	P78	28,60	<None>	<Collection:	0,38	100,48	7,03

Slika 58: Maksimalni radni tlakovi kada su korištene PVC cijevi, Varijanta 1 – vodosprema V1

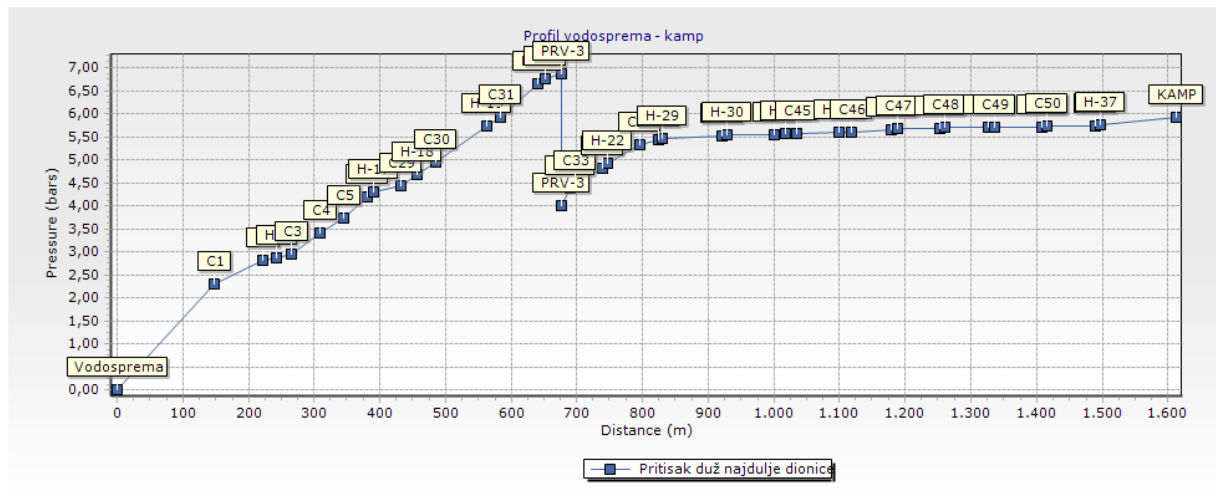
U izborniku „View“ pod opcijom „Profiles“ moguće je odabrati dionicu za koju se želi stvoriti uzdužni profil. Uzdužnim profilom prikazan je pad piezometarske linije kao i nadmorske visine u pojedinoj točki dionice. Na slici 59. prikazana je dionica od vodospreme do kampa koja predstavlja najdulju dionicu sustava.



Slika 59: Uzdužni profil „Vodosprema – Kamp“, Varijanta 1 – vodosprema V1

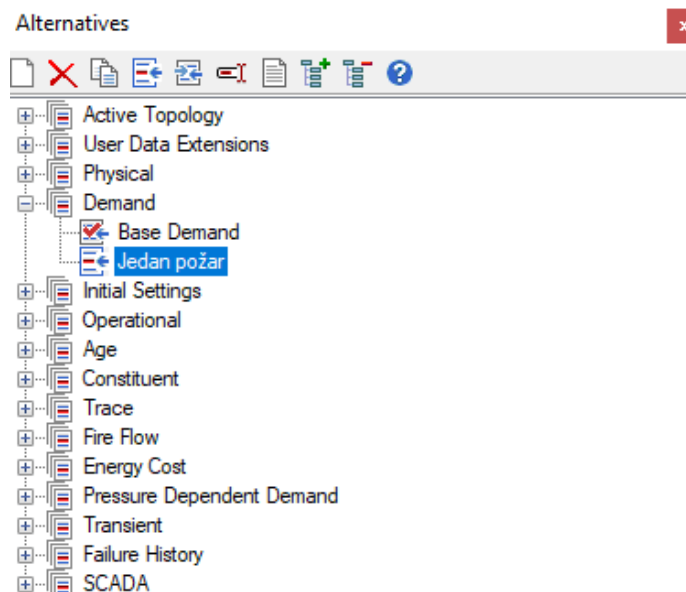
Pad piezometarske linije se javlja uslijed linijskih i lokalnih gubitaka u sustavu, gdje su linijski gubici izraženiji. U točki PRV-3 uočavamo značajan pad u piezometarskoj liniji koji se javlja uslijed prolaska reducir ventilom koji smanjuje tlak kako daljnji potrošači ne bi premašili gornju vrijednost od 7,5 bara. Na slici 60. prikazan je ponovno uzdužni profil od vodospreme do kampa, ali u ovom slučaju duž profila su

opisani radni tlakovi. Svi ovi modeli izrađeni su za lijevano-željezne cijevi uslijed maksimalne potrošnje vode koja se javlja u 13h.



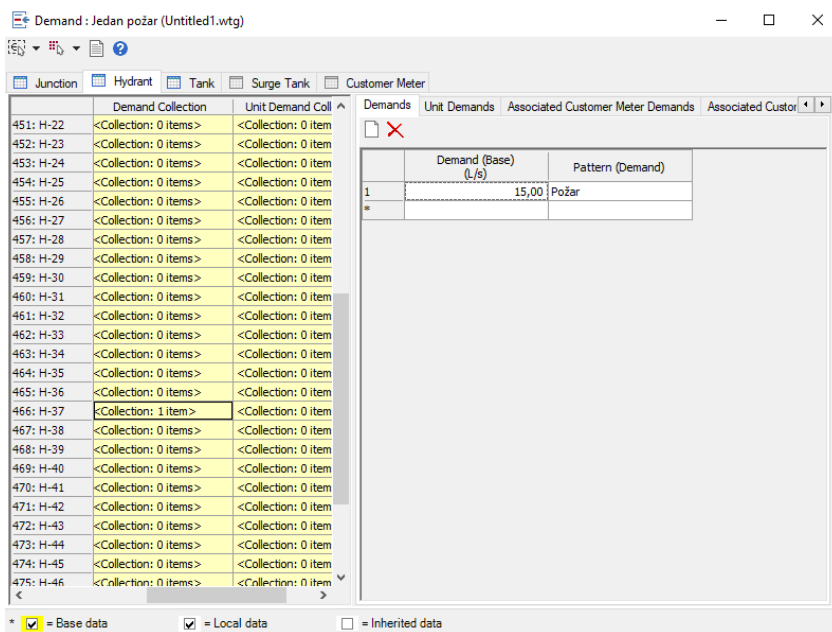
Slika 60: Uzdužni profil „Vodosprema – Kamp“ sa tlakovima,  
Varijanta 1 – vodosprema V1

Unutar WaterCAD V8i modela moguće je kreirati različite scenarije koji predstavljaju skupove alternativa gdje je moguće mijenjati i do 15 različitih alternativa koji su prikazani na Slici 61., gdje alternative predstavljaju različite skupine stvarnih podataka u modelu koje je moguće za različite scenarije modificirati.



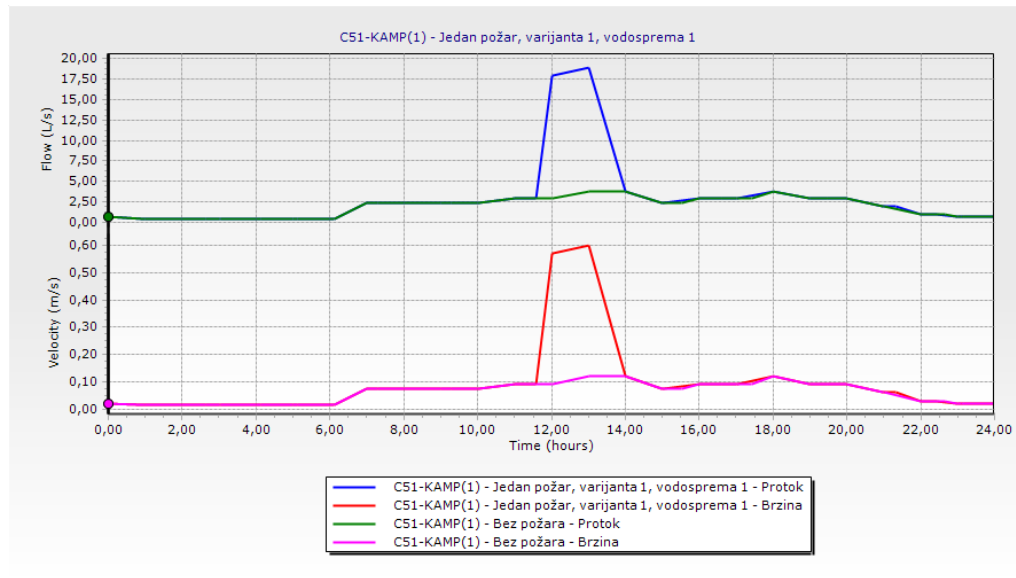
Slika 61: Popis mogućih alternativa unutar WaterCAD V8i modela

Na Slici 62. predočeno je kako se unutar modela zadaje potrošnja vode za hidrant H 37 koji pripada kampu, odnosno aktivirao bi se za vrijeme gašenja požara unutar kamp naselja. Potrošnja vode je prethodno izračunata te iznosi 15 l/s, te se predviđa da će se jedan požar javiti unutar maksimalne dnevne potrošnje vode, znači između 12h i 14h.



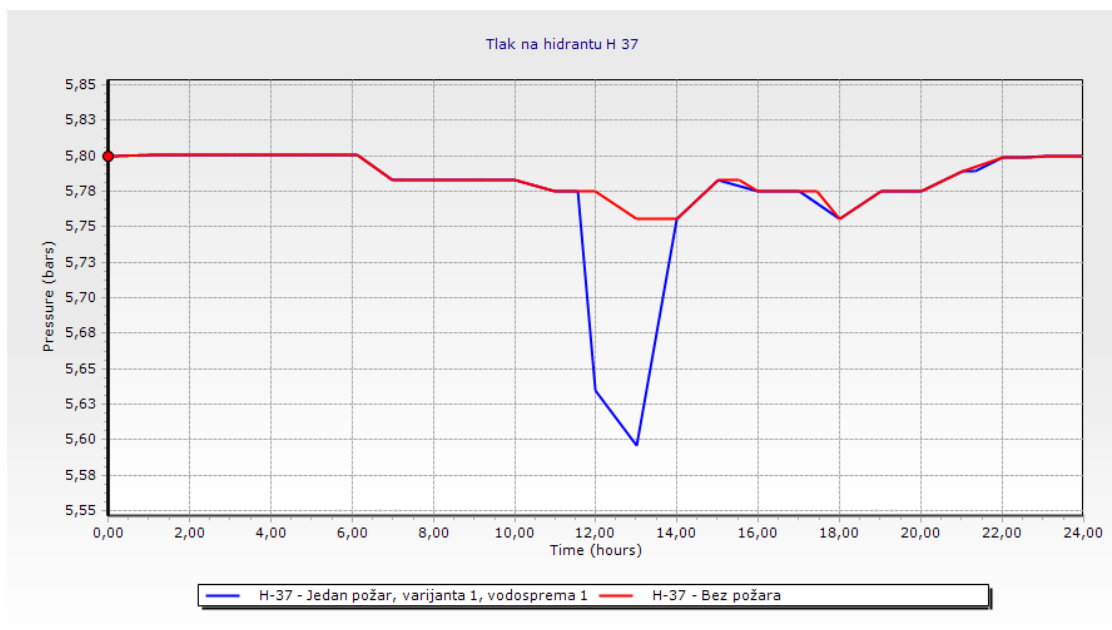
Slika 62: Zadavanje potrošnje vode za hidrant 37 za slučaj sa jednim požarom,  
Varijanta 1 – vodosprema V1

U slučaju da dođe do požara u kampu došlo bi do promjena u protoku i sukladno time i promjene brzina toka. Promjene koje bi se dogodile u vidu protoka i brzina toka vode prikazane su na Slici 63. gdje je vidljiva promjena između 12h i 14h.



Slika 63: Dijagram brzine toka vode i protoka za slučaj za požar u kampu, Varijanta 1 – vodosprema V1

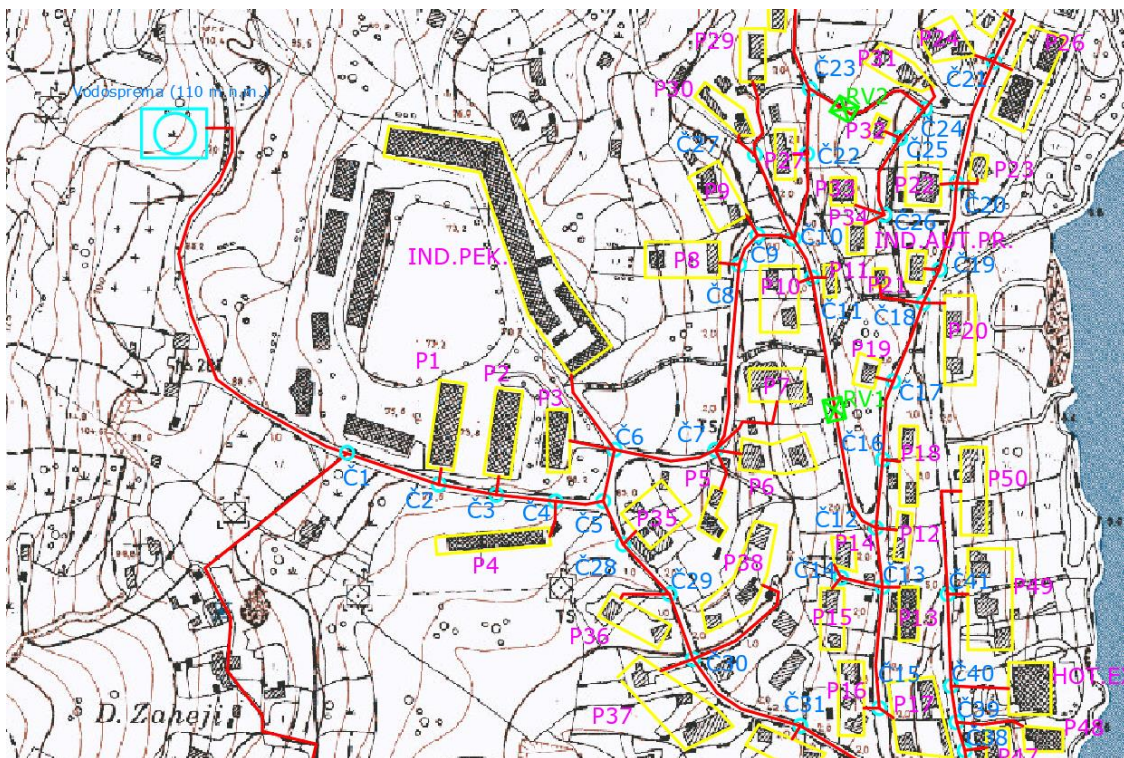
Također jedna od stvari koju je moguće pratiti je kako se uslijed požara, odnosno aktivacije hidranta mijenja tlak na hidrantu H 37 (odnosno opada), ali ne za puno te je tlak konstantno iznad vrijednosti 2,5 bara koja je minimalna vrijednost. Varijacije u radnim tlakovima na hidrantu prikazane su na Slici 64. gdje se može uočiti da će i nakon završetka požara doći do nižih vrijednosti tlakova čemu je uzrok smanjenje razine vode u vodospremi.



Slika 64: Tlak na hidrantu H 37 uslijed požara, Varijanta 1 – vodosprema V1

### 9.1.2. Varijanta 2 – vodosprema V2

U drugoj varijanti vodosprema V2 smještena je na nadmorskoj visini od 110 m n.m. gdje je dno same vodospreme na visini od 107 m n.m. dok je minimalna razina vode na 108 m n.m.. Početna, odnosno inicijalna razina vode u vodospremi je na 110 m n.m. dok je maksimalna razina koju voda može doseći, odnosno vrh vodospreme se nalazi na 112 m n.m.. Proračunom vodospreme u WaterCAD programu dobivena je zapremnina vodospreme od 1604,60 m<sup>3</sup> za radijus od 11,3 m. Voda u vodospremu dotječe gravitacijski sa kote 130 m n.m. sa izvorišta. Izvorište za potrebe diplomskog rada ima neograničenu izdašnost, te je s toga između izvorišta i vodospreme na toj dionici postavljen FCV ventil koji reducira protok vode u cijevima, odnosno definira ga na zadanu vrijednost. Količina voda koja utječe u vodospremu jednaka je maksimalnoj satnoj potrošnji. Dispozicija vodospreme V2 prikazana je na Slici 65.



Slika 65: Dispozicija vodospreme V2, Varijanta 2

S obzirom na to da se hidraulička analiza provodi za dulje vremensko razdoblje gdje se fizikalne veličine mijenjaju iz sata u sat uslijed neravnomjerne satne potrošnje vode, u ovome će se modelu fizikalne veličine razmatrati u trenucima najveće dnevne

potrošnje vode, a to se javlja između 12h i 14h te u 18h. Na Slici 66. prikazane su dionice sa najvećim protocima i najvećim brzinama toka.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
624: P-14(1)	624	P-14(1)	70	R-3	FCV-1	250,0	Ductile Iron	130,0	99,06	2,02
625: P-14(2)	625	P-14(2)	85	FCV-1	Vodosprema	250,0	Ductile Iron	130,0	99,06	2,02
395: V-C1	395	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	Ductile Iron	130,0	102,06	1,06
373: C1-C2	373	C1-C2	73	C1	C2	300,0	Ductile Iron	130,0	71,83	1,02
499: C2-C3(1)	499	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	Ductile Iron	130,0	71,41	1,01
500: C2-C3(2)	500	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	Ductile Iron	130,0	71,41	1,01
318: C3-C4	318	C3-C4	45	C3	C4	300,0	Ductile Iron	130,0	70,90	1,00
295: C4-C5	295	C4-C5	36	C4	C5	300,0	Ductile Iron	130,0	69,94	0,99
297: C5-C28	297	C5-C28	36	C5	C28	250,0	Ductile Iron	130,0	42,04	0,86
529: C28-C29(1)	529	C28-C29(1)	9	C28	H-17	250,0	Ductile Iron	130,0	41,54	0,85
530: C28-C29(2)	530	C28-C29(2)	42	H-17	C29	250,0	Ductile Iron	130,0	41,54	0,85
531: C29-C30(1)	531	C29-C30(1)	25	C29	H-18	250,0	Ductile Iron	130,0	40,18	0,82

Slika 66: Dionice sa najvećim brzinama toka vode i najvećim protocima, Varijanta 2 – vodosprema V2

Primjećujemo kako se najveći protok javlja između vodospreme i čvora C1 i to u iznosu 102,06 l/s što odgovara ručno izrađenom hidrauličkom proračunu koji je predočen u *Prilogu 1*. Brzine koje se javljaju ne prelaze 2 m/s što je zadovoljavajuće jer ukoliko bi premašivale 2 m/s moguće je da dođe do oštećenja cijevi ili pojave turbulencija. S druge strane minimalne brzine koje se javljaju imaju vrijednost i od 0,01 m/s, ali to se javlja na manjim dionicama od čvora do izoliranog potrošača koji je zadnji na dionici.

Vrijednosti radnih tlakova prikazani su na Slici 67. i Slici 68. gdje je poželjno da se pojavljuju u rasponu od 2,5 bara kao minimalni, i 6,0 (7,5) bara kao maksimalni. Ovim proračunom potvrđeno je kako se brzine toka neće pretjerano mijenjati kao ni protoci ako vodospremu premjestimo na višu lokaciju.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
195: P74	195	P74	25,00	<None>	<Collection:	0,57	110,09	8,33
285: P77	285	P77	25,00	<None>	<Collection:	1,13	110,09	8,33
178: P79	178	P79	27,40	<None>	<Collection:	0,55	110,05	8,09
73: C61	73	C61	28,00	<None>	<Collection:	0,00	110,05	8,03
74: P78	74	P78	28,60	<None>	<Collection:	0,38	110,05	7,97
183: C60	183	C60	30,00	<None>	<Collection:	0,00	110,09	7,84
256: C32	256	C32	31,20	<None>	<Collection:	0,00	109,94	7,71
134: C59	134	C59	32,50	<None>	<Collection:	0,00	110,09	7,59
218: P72	218	P72	32,60	<None>	<Collection:	0,75	110,10	7,58
257: P40	257	P40	33,20	<None>	<Collection:	0,89	109,94	7,51

Slika 67: Čvorovi sa maksimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 2 – vodosprema V2

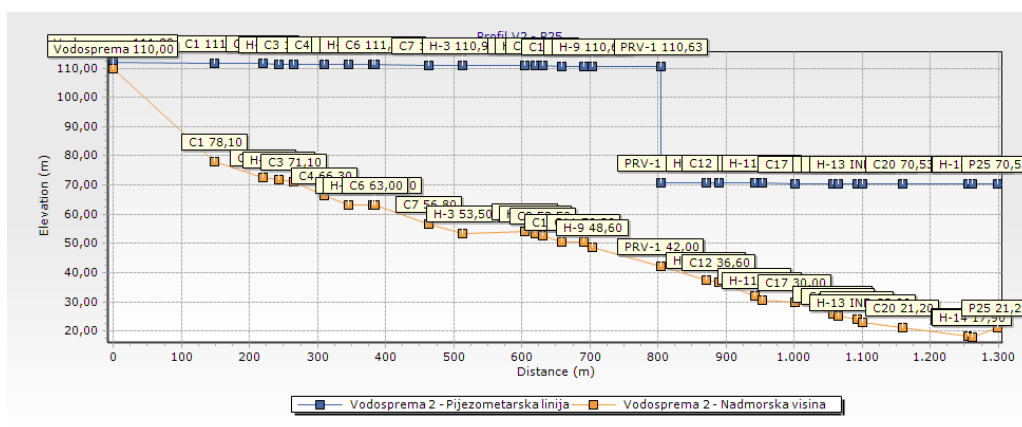


	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
68: P14	68	P14	40,00	<None>	<Collection:	0,38	70,55	2,99
57: C14	57	C14	38,90	<None>	<Collection:	0,00	70,55	3,10
58: P15	58	P15	38,00	<None>	<Collection:	0,36	70,55	3,19
374: C1	374	C1	78,10	<None>	<Collection:	0,00	111,43	3,26
180: C12	180	C12	36,60	<None>	<Collection:	0,00	70,56	3,32
96: P16	96	P16	35,20	<None>	<Collection:	0,41	70,55	3,46
129: P19	129	P19	33,70	<None>	<Collection:	0,47	70,51	3,60
112: P95	112	P95	33,90	<None>	<Collection:	0,43	70,82	3,61
120: C13	120	C13	33,20	<None>	<Collection:	0,00	70,56	3,66
118: P1	118	P1	73,80	<None>	<Collection:	0,43	111,17	3,66

Slika 68: Čvorovi sa minimalnim tlakovima u mreži, Varijanta 2 – vodosprema V2

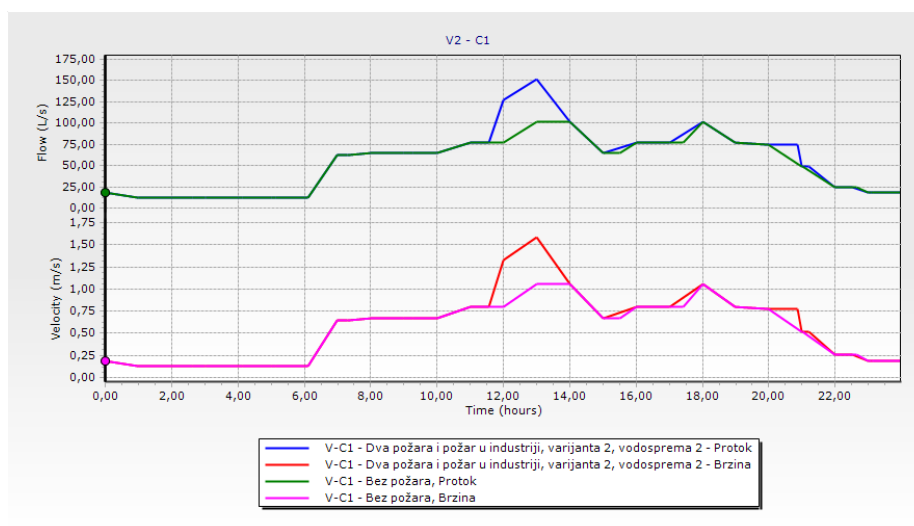
Kao materijal cijevi predviđene su lijevano-željezne cijevi za koje je poznato da mogu bolje podnositi veće radne tlakove od PVC cijevi, te su uslijed povišenja dispozicije vodospreme odabrane lijevano-željezne cijevi. Uslijed pozicioniranja vodospreme na nadmorsku visinu od 110 m n.m. iz Slike 67. uočava se da će u više od 10 točaka radni tlak premašiti dozvoljenu vrijednost, a to bi se riješilo postavljanjem reducir ventila prije zadanih dionica. S druge strane, iz Slike 68. odnosno tablice najmanjih radnih tlakova sada su svi čvorovi zadovoljili minimalni tlak, dok je kod varijante 1 jedan čvor imao nedostatnu vrijednost radnog tlaka. Varijantom 2 zadovoljili su se i povećali pritisci na gornjim potrošačima što njima ide u korist, no s druge strane daljnji potrošači sada trpe prevelike pritiske te je potrebno ući u trošak ugradnje reducir ventila.

Na Slici 69. prikazan je uzdužni profil od vodospreme do krajnjeg potrošača sa drugog kraja mreže, odnosno potrošača P 25.



Slika 69: Uzdužni profil „Vodosprema 2 – P 25“, Varijanta 2 – vodosprema V2

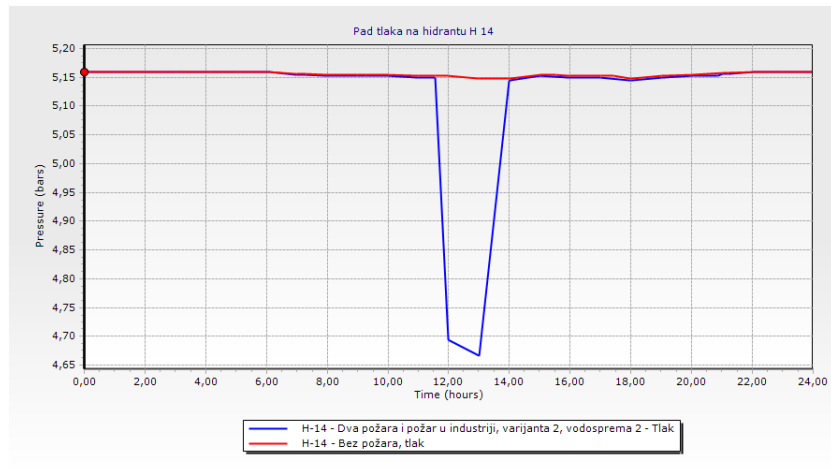
Unutar ovog modela biti će rekonstruirano što će se događati unutar sustava dođe li do dva požara u naselju i jednog u industriji, što će u konačnici povisiti protok i za 50 l/s (15+15+20). Požar će zahvatiti krajnjeg potrošača P 25, industriju autopraonice, kao i potrošača P 20. Na Slici 70. prikazana je promjena brzine toka i protoka u dionici između vodospreme V2 i prvoga narednoga čvora C1.



Slika 70: Dijagram brzine toka i protoka za slučaj sa 2 požara i požarom u industriji, Varijanta 2 – vodosprema V2

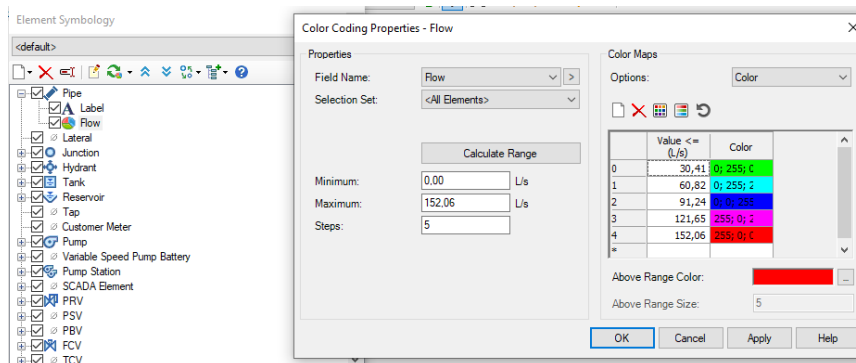
Požari se javljaju između 12h i 14h te sa dijagrama u to vrijeme uočavamo skok od 50 l/s kao što je i očekivano, dok što se tiče brzina toka vode one će također narasti i to sa oko 1 m/s pa sve preko 1,50 m/s što je i dalje unutar granica dopuštenosti.

Usljed otvaranja hidranta dolazi do pada u tlaku što je prikazano na Slici 71. gdje uočavamo da radni tlak sa vrijednosti od 5,16 bara pada na vrijednost 4,67 bara što je i bilo za očekivati, te su sve te vrijednosti unutar dozvoljenih.



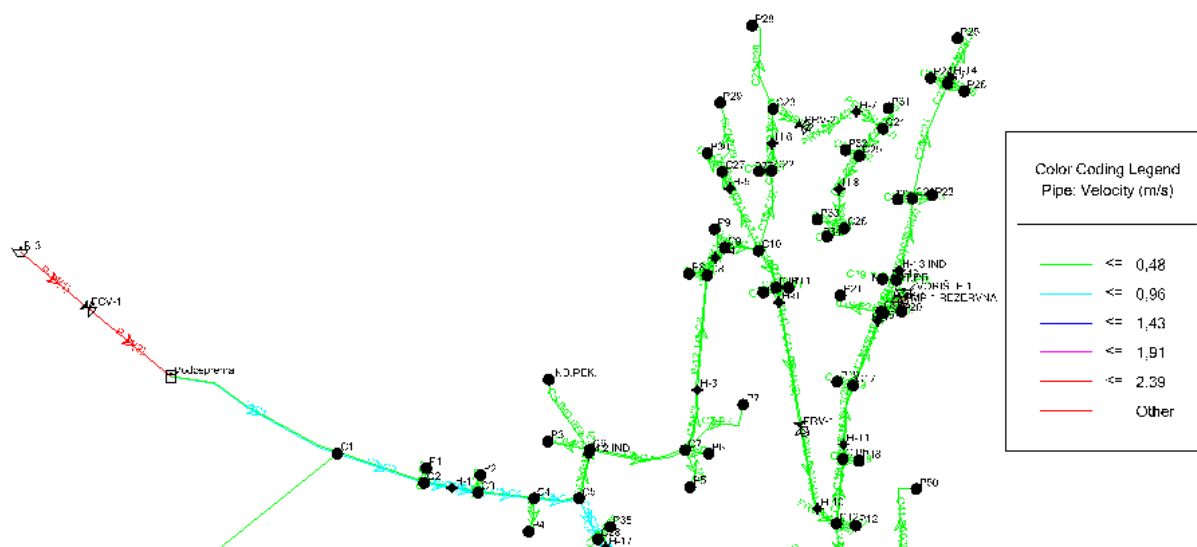
Slika 71: Tlak na hidrantu H 14 uslijed požara, Varijanta 2 – vodosprema V2

Unutar WaterCAD V8i programa pored dijagrama i tabličnih prikaza, rezultate je moguće prikazati i preko analize gdje se vrijednosti i promjene vrijednosti opisuju bojama. To se ostvaruje tako da se unutar izbornika „View“ odabere „Symbology“ te zatim određeni element sustava koji će u ovom slučaju biti „Pipe“. Pod „Field Name“ upisuje se tražena fizikalna veličina dok se pod „Calculate range“ odabire „Full Range“. Ovaj postupak prikazan je na Slici 72. gdje se pokretanjem postupka preko opcije „Initialize“ ostvaruje raspon boja u ovisnosti sa vrijednostima.

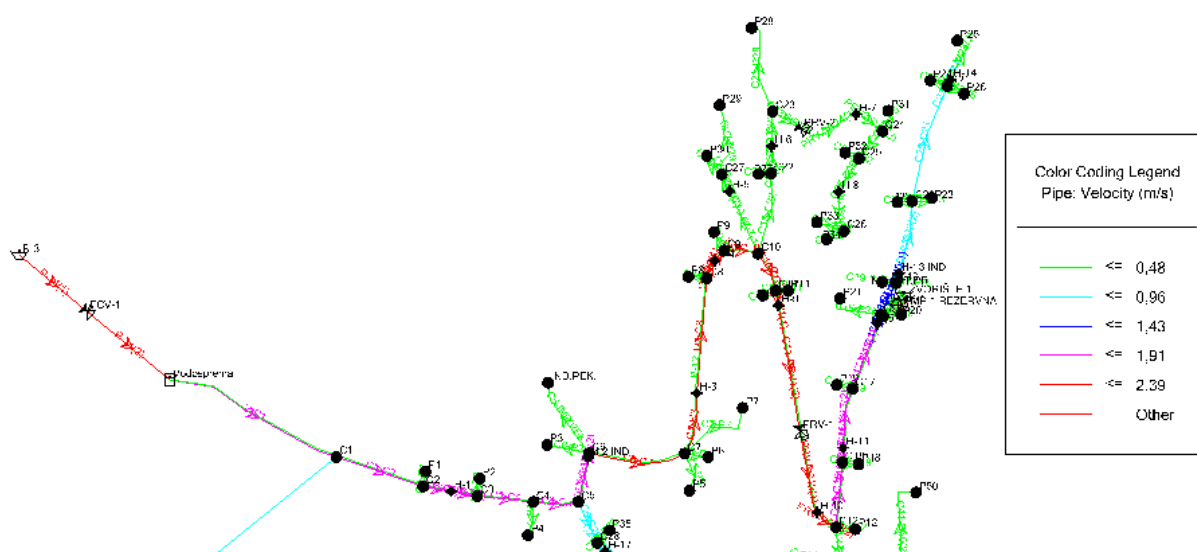


Slika 72: Postavljanje „Color Coding“ opcije unutar WaterCAD V8i programa

Na Slikama 73. i 74. biti će prikazano pomoću „Color Coding“ opcije kako se brzine mijenjaju unutar sustava sa varijantu 2 sa vodospremom 2, i to za slučaj sa 2 požara i sa 1 požarom u industriji. Vrijeme u koje će se ovo razmatrati je 7h kada je očekivan manji protok i ne očekuje se požar, te u 13h kada će požar biti u tijeku. Sukladno time da se požar javlja na sjevernome kraju mreže taj će dio i biti prikazan.



Slika 73: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 7h, Varijanta 2 – vodosprema 2



Slika 74: Prikaz promjena brzina toka vode unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Varijanta 2 – vodosprema 2

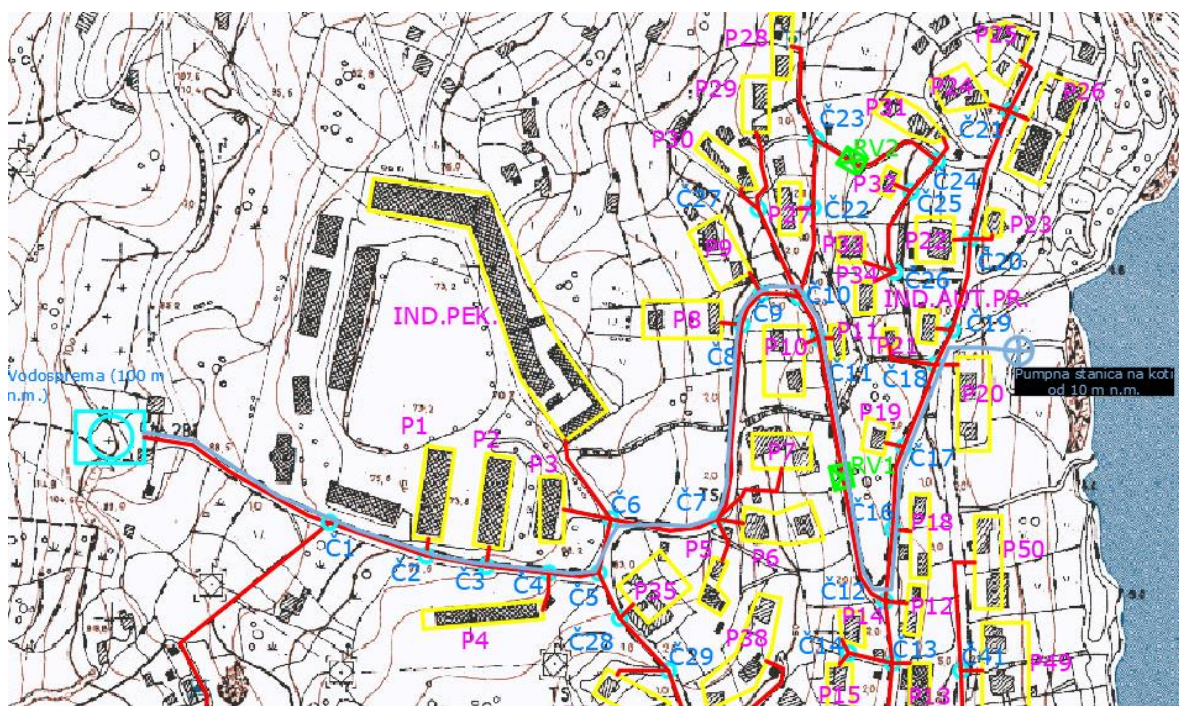
Uočava se kako će na dionici između vodospreme i potrošača gdje se javlja požar doći do promjena u brzinama čije su vrijednosti opisane bojama i popraćene legendom.

## **9.2. Dotok vode crpljenjem**

Nakon što je u prethodnome poglavlju analizirano kakvo bi bilo stanje stvari za slučaj gravitacijskog dotoka vode u vodospremu, u ovome poglavlju predviđena je analiza kako bi taj isti sustav izgledao i kakve bi bile njegove karakteristike za slučaj dotoka vode u vodospremu crpljenjem. Na taj način povući će se paralela između gravitacijskog dotoka i dotoka vode crpljenjem. Crpljenje će se odvijati u dvije varijante od kojih je prva sa crpnom stanicom na 10 m n.m., te će biti povezana sa vodospremom iz prijašnjeg modela, dok će u drugoj crpna stanica biti smještena na 50 m n.m. U slučaju sušnih mjeseci ili manjka vode u sustavu koji ne bi zadovoljili potrebe sustava ili bi jednostavno razina vode u vodospremi pala ispod dozvoljene, moguća je aktivacija crpnog sustava. Svakako uz svaku crpnu stanicu predviđen je i uređaj za kondicioniranje sirove vode čime se osigurava dovoljna kvaliteta iste.

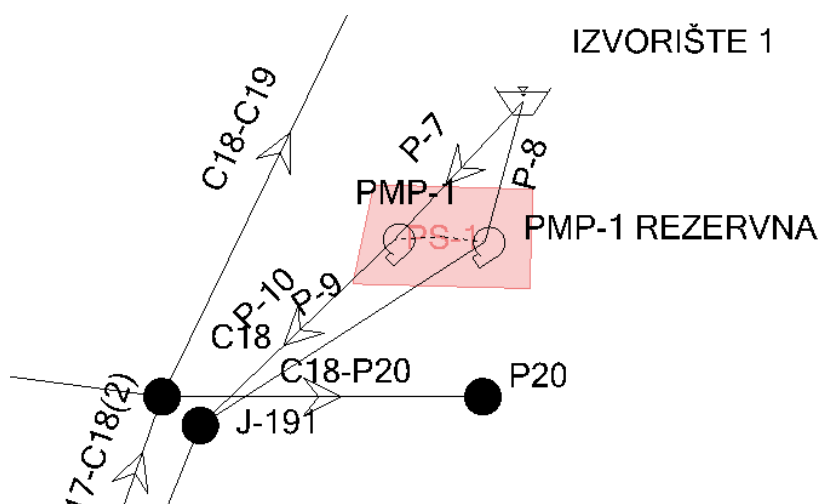
### **9.2.1. Varijanta 1 – crpno postrojenje CP1**

Kod prve varijante, odnosno Varijante 1 voda se crpi iz izvorišta na dubini od 7 m n.m. gdje je neposredno pored smještena crpna stanica koja se nalazi na 10 m n.m. Udaljenost između izvorišta i crpne stanice je 20 m. Vodosprema do koje je potrebno dovesti vodu se nalazi na udaljenosti od 1115,60 m, odnosno tolika je dužina tlačnog cjevovoda. Vodosprema je smještena na nadmorskoj visini od 100 m n.m. Na Slici 75. prikazan je smještaj crpne stanice koja je povezana sa vodospremom.

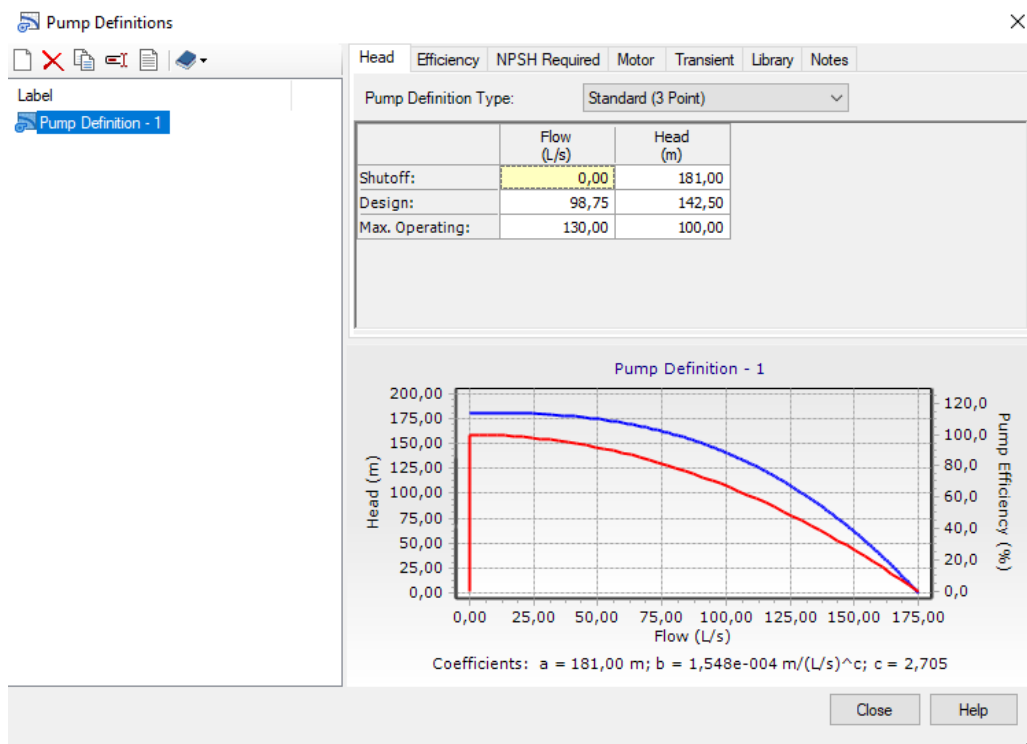


Slika 75: Smještaj crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1

Proračun crpnog postrojenja CP1 izvršen je kroz *Poglavlje 6.* gdje su predviđene 3 serijski spojene crpke, no ovdje će se tri serijski spojene crpke zamijeniti jednom glavnom crpkom koja podiže potreban protok od 98,75 l/s na potrebnu manometarsku visinu od 100,65 m. Uz glavnu crpku predviđena je i rezervna crpka istih karakteristika koja se aktivira u slučaju kvara ili remonta glavne crpke. Dispozicija crpki unutar crpne stanice prikazana je na Slici 76. dok su njene karakteristike opisane Slikom 77.



Slika 76: Dispozicija crpki unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1



Slika 77: Karakteristike crpke unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1

Nakon što je proveden hidraulički proračun i utvrđeno je da nema grešaka dobivaju se slijedeći rezultati koji će biti prikazani Slikama 78. i 79. za vrijeme najveće potrošnje vode, odnosno u 13h. Za razliku od gravitacijskog dotoka gdje su se koristile lijevanoželjezne cijevi ovdje se pristupilo korištenju PVC cijevi sa modifikacijom promjera cijevi.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
490: P-7	490	P-7	10	IZVORIŠTE 1	PMP-1	300,0	PVC	150,0	101,20	1,43
494: P-10	494	P-10	14	PMP-1	J-191	300,0	PVC	150,0	101,20	1,43
496: P-12	496	P-12	1.060	J-191	Vodosprema	300,0	PVC	150,0	101,20	1,43
395: V-C1	395	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	PVC	150,0	102,06	1,06
373: C1-C2	373	C1-C2	73	C1	C2	300,0	PVC	150,0	71,83	1,02
499: C2-C3(1)	499	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
500: C2-C3(2)	500	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
318: C3-C4	318	C3-C4	45	C3	C4	300,0	PVC	150,0	70,90	1,00
295: C4-C5	295	C4-C5	36	C4	C5	300,0	PVC	150,0	69,94	0,99
297: C5-C28	297	C5-C28	36	C5	C28	250,0	PVC	150,0	42,04	0,86

Slika 78: Najveći protoci i najveće brzine toka vode u sustavu u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

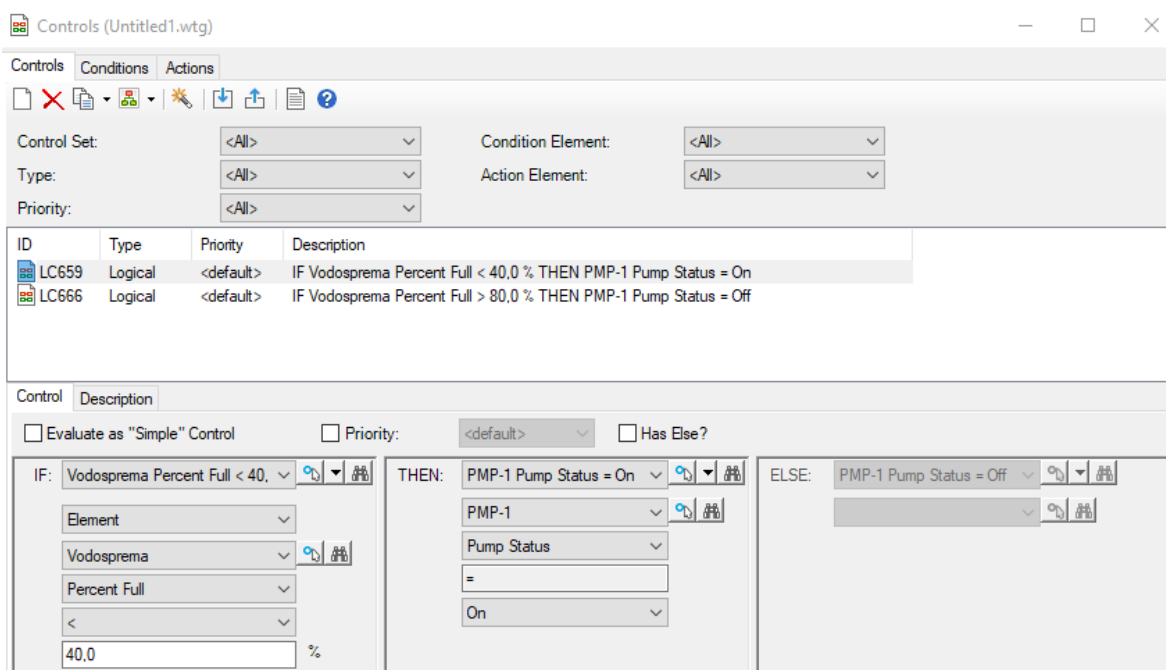
Najveće brzine toka vode u sustavu će se javiti na dionici između pumpe i vodospreme, dok će najmanje brzine očekivano biti na najdaljim dionicama sustava gdje imamo izolirane potrošače.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars) ▼
195: P74	195	P74	25,00	<None>	<Collection:	0,57	99,12	7,25
285: P77	285	P77	25,00	<None>	<Collection:	1,13	99,11	7,25
178: P79	178	P79	27,40	<None>	<Collection:	0,55	99,09	7,02
73: C61	73	C61	28,00	<None>	<Collection:	0,00	99,09	6,96
74: P78	74	P78	28,60	<None>	<Collection:	0,38	99,09	6,90
183: C60	183	C60	30,00	<None>	<Collection:	0,00	99,11	6,76
256: C32	256	C32	31,20	<None>	<Collection:	0,00	99,00	6,64
134: C59	134	C59	32,50	<None>	<Collection:	0,00	99,12	6,52
218: P72	218	P72	32,60	<None>	<Collection:	0,75	99,12	6,51
257: P40	257	P40	33,20	<None>	<Collection:	0,89	99,00	6,44

Slika 79: Najveći radni tlakovi u sustavu u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

Kao što su brzine toka zadovoljavale, tako u ovom slučaju zadovoljavaju i vrijednosti radnih tlakova, odnosno nigdje ne prelaze 7,5 bara.

Ono što je moguće u WaterCAD V8i programu definirati su razni uvjeti kojima se određuje primjerice da li će pumpa biti u pogonu ili ne, a to se definira preko „Components“ izbornika gdje se odabire „Controls“ gdje je moguće postavljati razne uvjete. Moguće je postavljati ovisno o trenutnom vremenu, o vremenu proteklom od početka, o karakteristikama nekog određenog elementa sustava te mnoge druge. Na taj se način modificiralo kada će raditi crpka odnosno uvjeti za njeno uključenje što je prikazano na Slici 80.

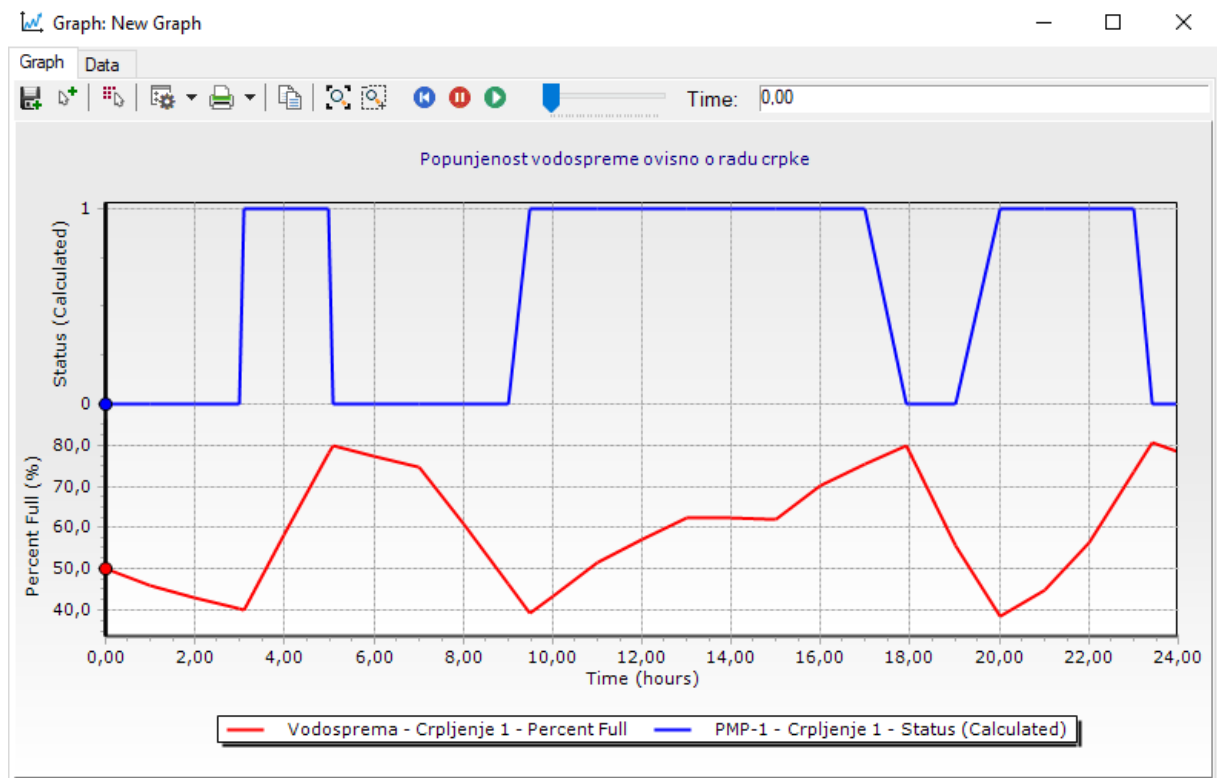


Slika 80: „Controls“ izbornik za određivanje uvjeta rada Crpke, Varijanta 1



Postavljena su dva uvjeta od kojih je prvi da se crpka uključuje u slučaju da razina vode u vodospremi padne ispod 40% popunjenosti, te zatim raste do 80% kada se ponovno isključuje i pri ponovnom padu na vrijednost od 40% ponovno bi se uključila.

Ovisnost popunjenosti vodospreme s obzirom na rad crpke kroz dan prikazan je na Slici 81. gdje su jasno vidljive oscilacije.



Slika 81: Ovisnost postotka popunjenosti vodospreme ovisno o statusu rada crpke

Iz ovih rezultata zaključuje se kako u 3h ujutro dolazi do pada na vrijednost od 40% kada se uključuje crpka i radi do 5h ujutro kada se vrijednost popunjenosti diže na 80%. Slična se situacija zbiva i oko 9h ujutro kada se ponovno uključuju crpke te rade sve do 18h, te tada imamo ponovno značajniju potrošnju vode i pad na 40% kada se opet crpka pali i radi sve do 23h te zaključuje dan sa vrijednošću popunjenosti vodospreme od 80%.

Slijedeće što će se razmatrati je kako bi se mijenjale vrijednosti u sustavu da se jave dva požara prilikom kojih će se aktivirati hidranti 15 i 16, odnosno požar će zahvatiti potrošače 13, 16 i 17. Brzine toka vode i protoci prikazani su na Slici 82.

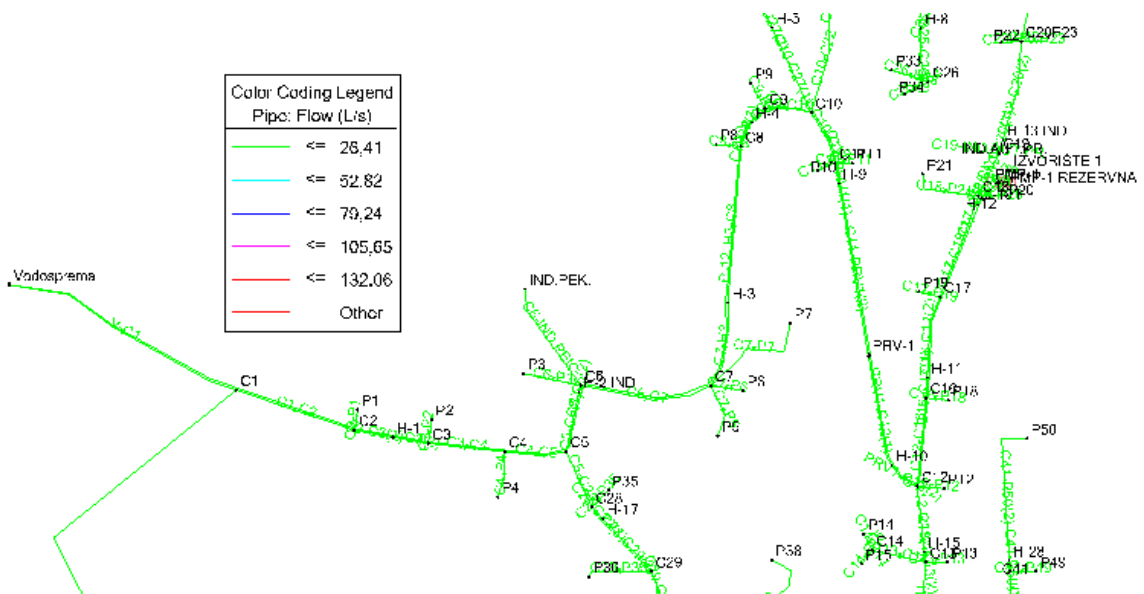
FlexTable: Pipe Table (Current Time: 13,000 hours) (Untitled1.wtg)

ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
395: V-C1	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	PVC	150,0	132,06	1,37
373: C1-C2	C1-C2	73	C1	C2	300,0	PVC	150,0	101,83	1,44
490: P-7	P-7	10	IZVORIŠTE 1	PMP-1	300,0	PVC	150,0	101,54	1,44
494: P-10	P-10	14	PMP-1	J-191	300,0	PVC	150,0	101,54	1,44
496: P-12	P-12	1.060	J-191	Vodosprema	300,0	PVC	150,0	101,54	1,44
499: C2-C3(1)	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	PVC	150,0	101,41	1,43
500: C2-C3(2)	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	PVC	150,0	101,41	1,43
318: C3-C4	C3-C4	45	C3	C4	300,0	PVC	150,0	100,90	1,43
295: C4-C5	C4-C5	36	C4	C5	300,0	PVC	150,0	99,94	1,41
501: C5-C6(1)	C5-C6(1)	35	C5	H-2 IND	250,0	PVC	150,0	57,90	1,18

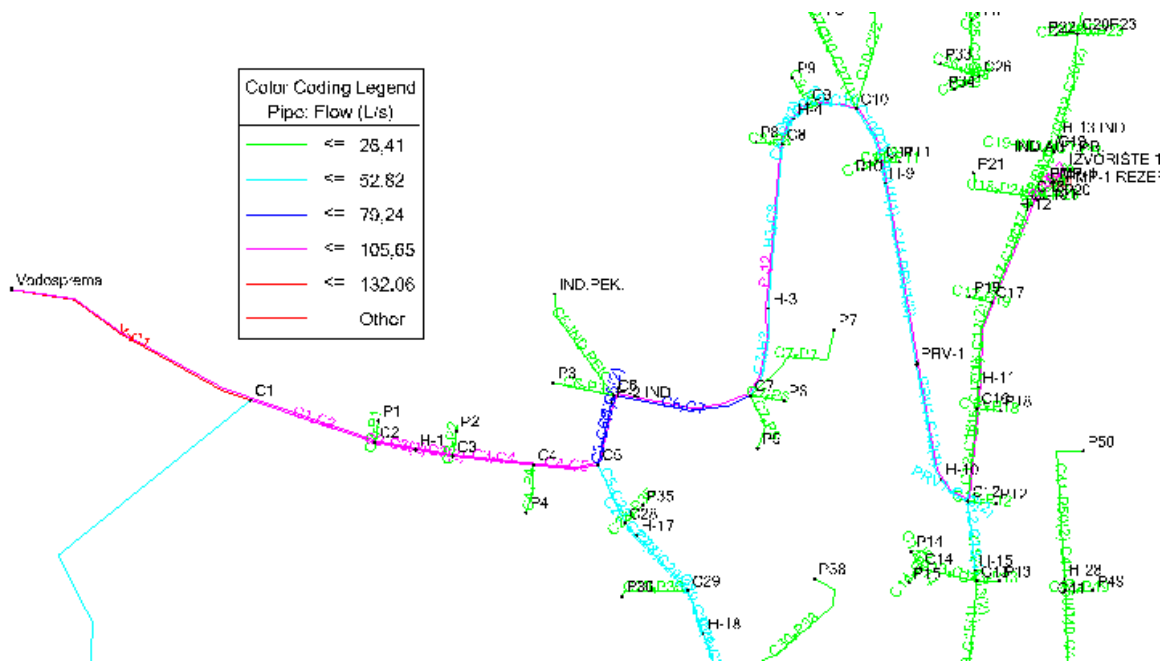
Slika 82: Brzine i protoci za slučaj sa dva požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

Ono čemu će u nastavku biti pridodano više pažnje je to kako će se brzine i protoci mijenjati pomoću „Color Coding“ opcije za već navedeni slučaj sa 2 požara.

Usporedbe radi, prikazan je sustav u 6h kada nema požara i kada je najmanja potrošnja vode, te zatim sustav u 13h za vrijeme najveće potrošnje vode te uz to i dva požara, a to je sve prikazano na Slikama 83. i 84.

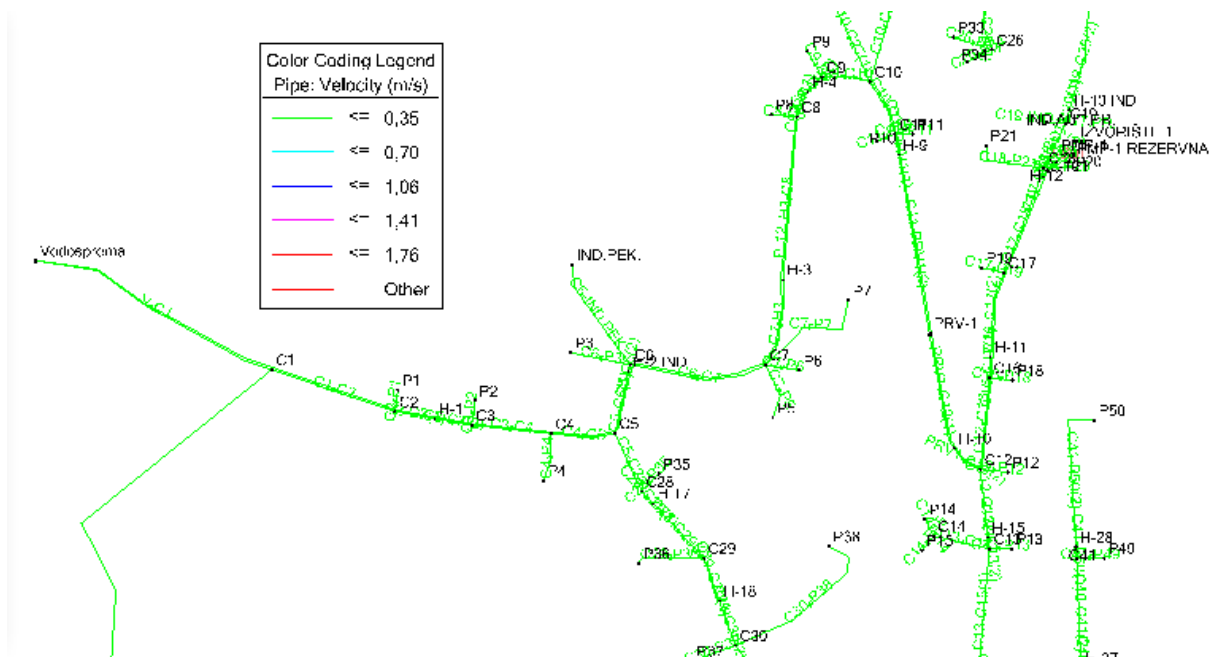


Slika 83: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

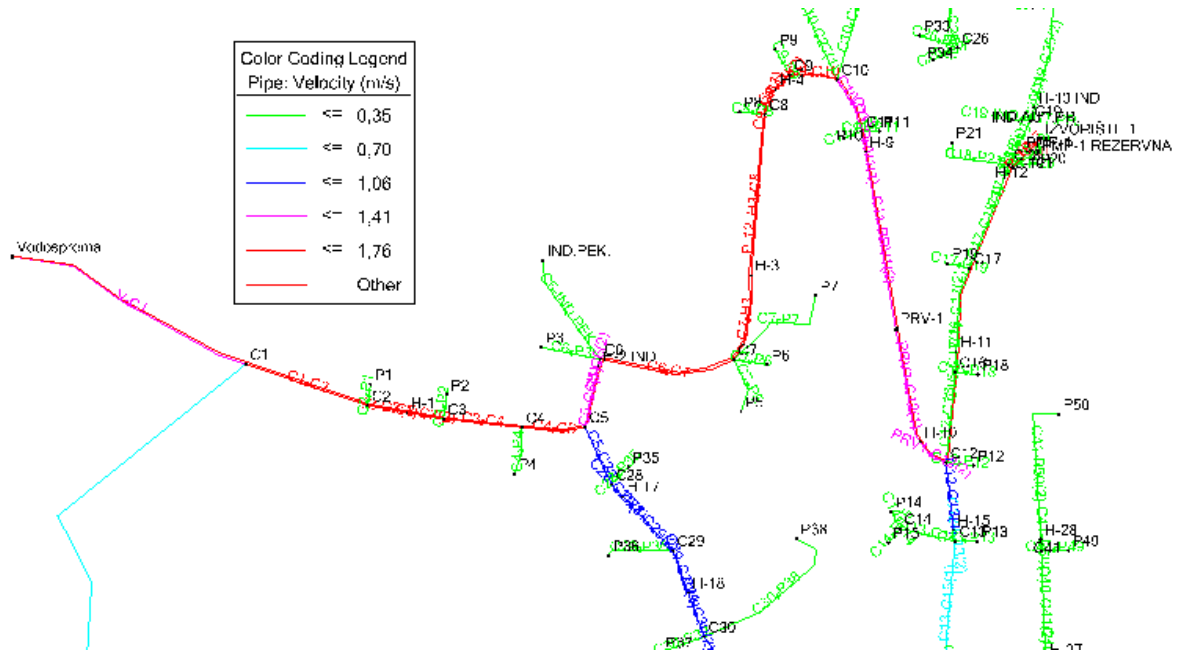


Slika 84: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

Zatim slijedi analiza promjena brzina toka vode, prikazano Slikama 85. i 86.



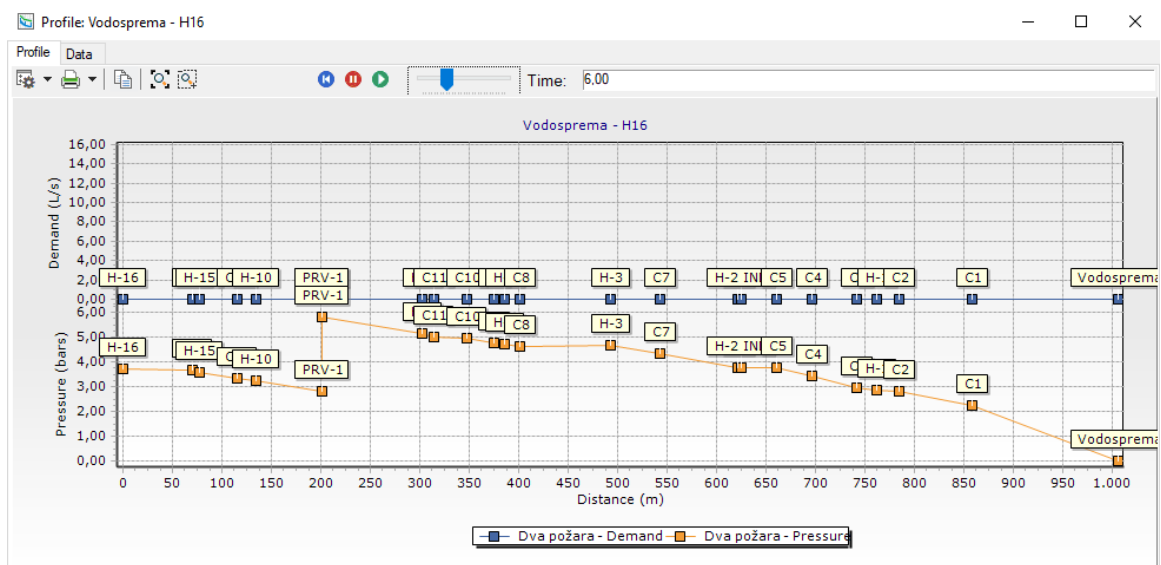
Slika 85: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1



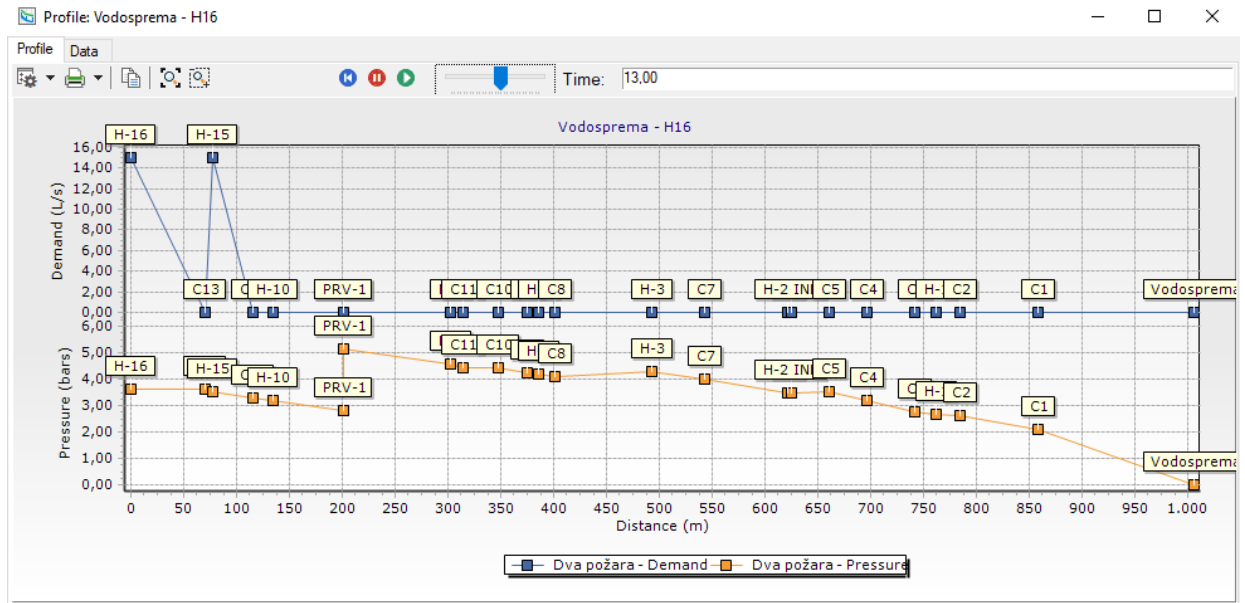
Slika 86: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

Moguće je primjetiti značajniju promjenu brzine toka vode posebice na dionici od vodospreme pa do hidranata koji se uključuju uslijed dva požara.

Provjere radi, možemo iscrtati profil od vodospreme pa sve do hidranta 16 na čijem se putu nalazi i hidrant 15 koji se također aktivira, a profil je prikazan na Slici 87.

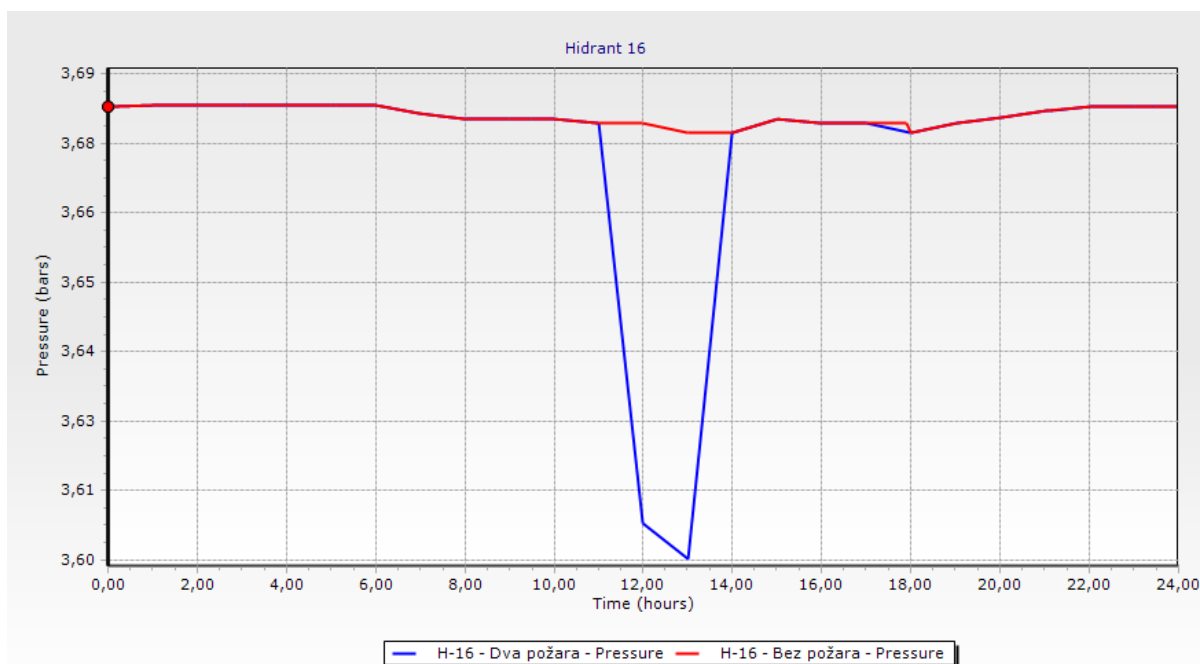


Slika 87: Uzdužni profil Vodosprema – H 16, u 6h za Crpno postrojenje CP1, Varijanta

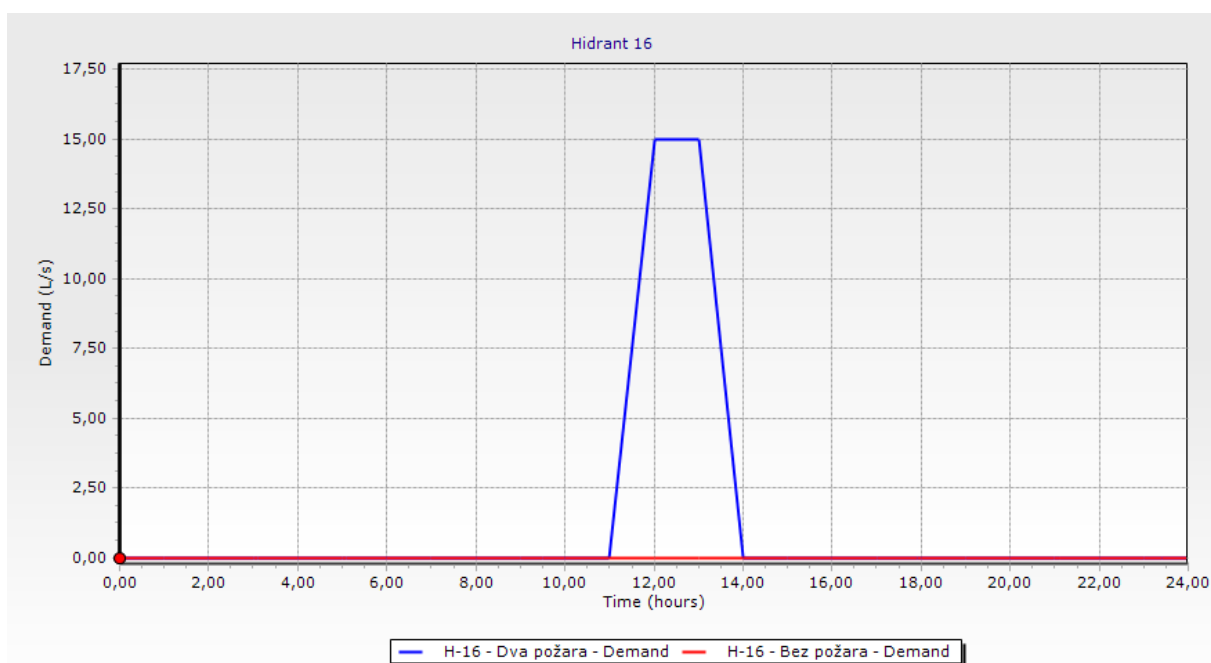


Slika 88: Uzdužni profil Vodosprema – H 16, u 13h za Crpno postrojenje CP1,  
Varijanta 1

Moguće je primjetiti kako će doći do pada pritiska u hidrantima 15 i 16 uslijed njihove aktivacije, dok će potrošnja vode porasti za 15 l/s koliko je potrebno za gašenje požara po hidrantu. Detaljnija promjena radnog tlaka prikazana je na Slici 89. dok je na Slici 90. prikazana potreba za vodom odnosno eng. „Demand“.



Slika 89: Prikaz pritiska u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

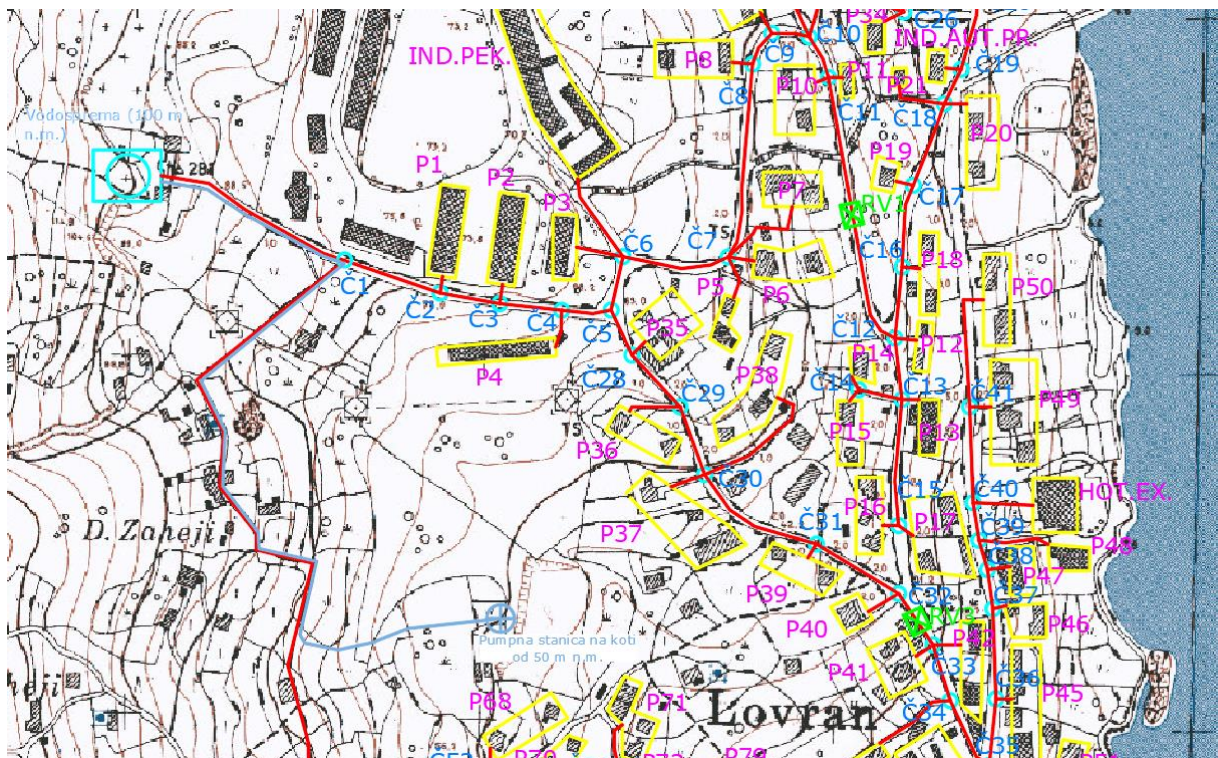


Slika 90: Prikaz protoka u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP1, Varijanta 1

Iz prethodnih slika zaključuje se kako će do aktivacije uistinu i doći i to prilikom najveće potrošnje vode u 13h kada dolazi do povećanog protoka od 15 l/s i pada vrijednosti radnog tlaka na samome hidrantu.

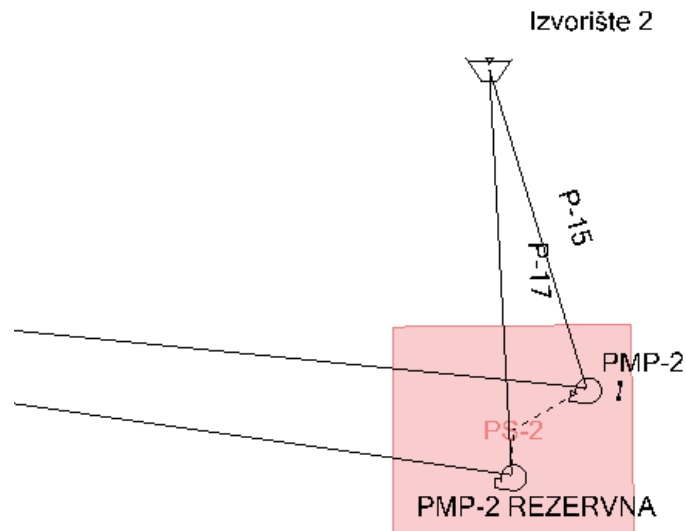
### 9.2.2. Varijanta 2 – crpno postrojenje CP2

Kod druge varijante, odnosno Varijante 2 voda se crpi iz izvorišta na dubini od 46 m n.m. gdje je neposredno pored smještena crpna stanica koja se nalazi na 50 m n.m. Udaljenost između izvorišta i crpne stanice je 20 m. Vodosprema do koje je potrebno dovesti vodu se nalazi na udaljenosti od 662,0 m, odnosno tolika je dužina tlačnog cjevovoda. Vodosprema je smještena na nadmorskoj visini od 100 m n.m. Na Slici 91. prikazan je smještaj crpne stanice koja je povezana sa vodospremom.

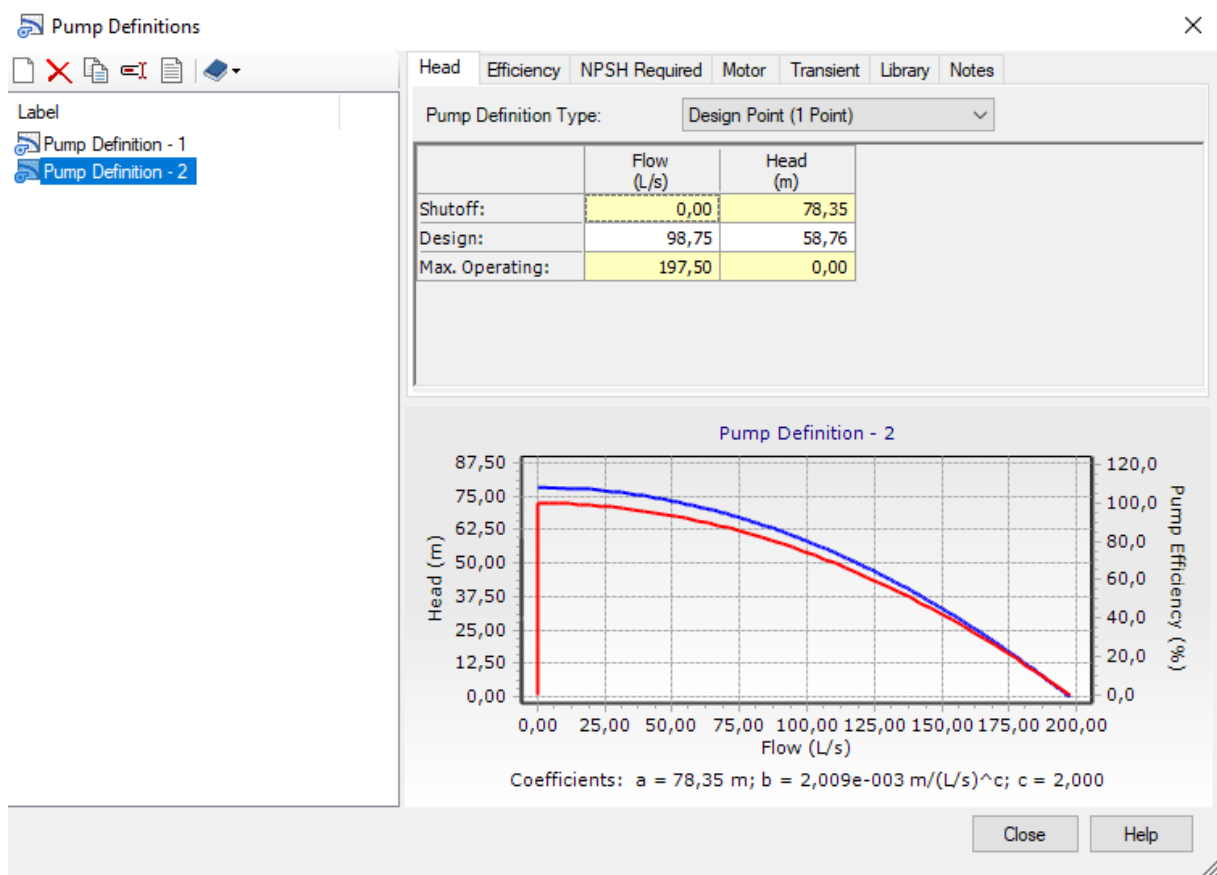


Slika 91: Smještaj crpnog postrojenja CP2, Varijanta 2

Proračun crpnog postrojenja CP2 izvršen je kroz *Poglavlje 6.* gdje je predviđena jedna crpka koja podiže potreban protok od 98,75 l/s na potrebnu manometarsku visinu od 58,76 m. Uz glavnu crpku predviđena je i rezervna crpka istih karakteristika koja se aktivira u slučaju kvara ili remonta glavne crpke. Dispozicija crpki unutar crpne stanice prikazana je na Slici 92. dok su njene karakteristike opisane Slikom 93.



Slika 92: Dispozicija crpki unutar crpnog postrojenja CP2, Varijanta 2



Slika 93: Karakteristike crpke unutar crpnog postrojenja CP1, Varijanta 1

Nakon što je proveden hidraulički proračun i utvrđeno je da nema grešaka dobivaju se slijedeći rezultati koji će biti prikazani Slikama 94. i 95. za vrijeme najveće potrošnje vode, odnosno u 18h. Za razliku od gravitacijskog dotoka gdje su se



koristile lijevanoželjezne cijevi ovdje se pristupilo korištenju PVC cijevi sa modifikacijom promjera cijevi.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
681: P-15	681	P-15	21	Izvoršte 2	PMP-2	350,0	Ductile Iron	130,0	103,19	1,07
682: P-16	682	P-16	141	PMP-2	J-192	350,0	Ductile Iron	130,0	103,19	1,07
685: P-19	685	P-19	519	J-192	Vodosprema	350,0	Ductile Iron	130,0	103,19	1,07
395: V-C1	395	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	PVC	150,0	102,06	1,06
373: C1-C2	373	C1-C2	73	C1	C2	300,0	PVC	150,0	71,83	1,02
499: C2-C3(1)	499	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
500: C2-C3(2)	500	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
318: C3-C4	318	C3-C4	45	C3	C4	300,0	PVC	150,0	70,90	1,00
295: C4-C5	295	C4-C5	36	C4	C5	300,0	PVC	150,0	69,94	0,99
297: C5-C28	297	C5-C28	36	C5	C28	250,0	PVC	150,0	42,04	0,86

Slika 94: Najveći protoci i najveće brzine toka vode u sustavu u 18h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

Najveće brzine toka vode u sustavu će se javiti na dionici između pumpe i vodospreme, dok će najmanje brzine očekivano biti na najdaljim dionicama sustava gdje imamo izolirane potrošače. Sve su brzine toka vode unutar dozvoljenih vrijednosti.

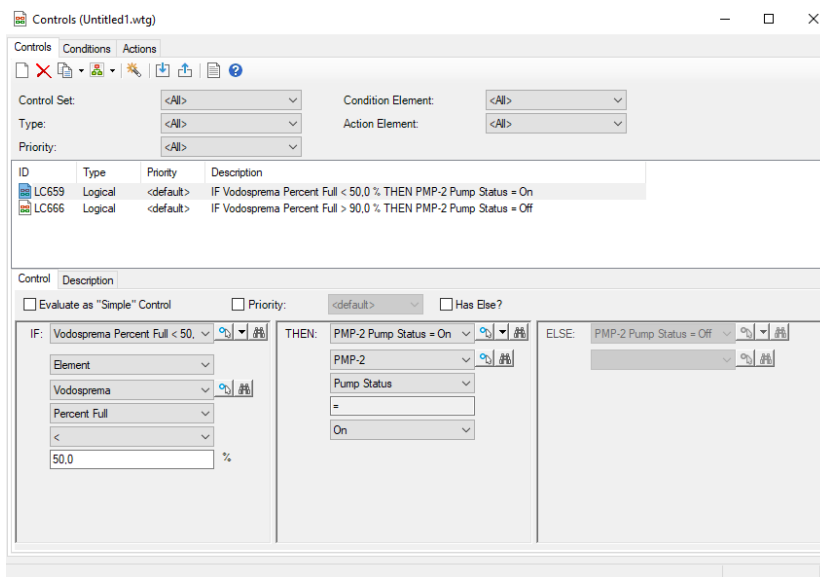
	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
195: P74	195	P74	25,00	<None>	<Collection:	0,57	99,39	7,28
285: P77	285	P77	25,00	<None>	<Collection:	1,13	99,39	7,28
178: P79	178	P79	27,40	<None>	<Collection:	0,55	99,36	7,04
73: C61	73	C61	28,00	<None>	<Collection:	0,00	99,36	6,98
74: P78	74	P78	28,60	<None>	<Collection:	0,38	99,36	6,93
183: C60	183	C60	30,00	<None>	<Collection:	0,00	99,39	6,79
256: C32	256	C32	31,20	<None>	<Collection:	0,00	99,27	6,66
134: C59	134	C59	32,50	<None>	<Collection:	0,00	99,39	6,55
218: P72	218	P72	32,60	<None>	<Collection:	0,75	99,39	6,54
257: P40	257	P40	33,20	<None>	<Collection:	0,89	99,27	6,47

Slika 95: Najveći radni tlakovi u sustavu u 18h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

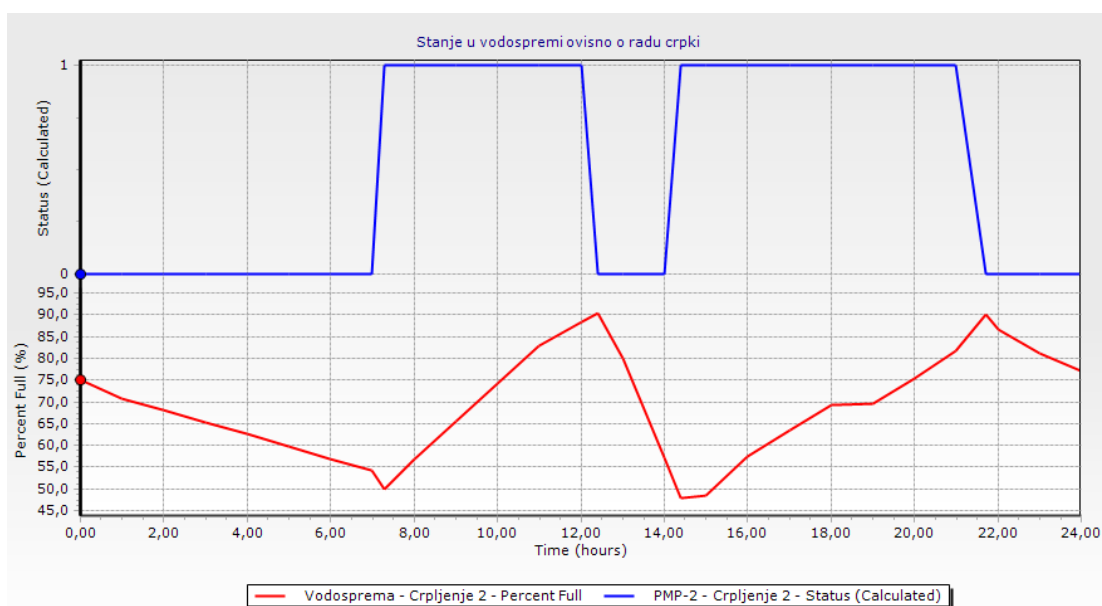
Kao što su brzine toka vode zadovoljavale, tako u ovom slučaju zadovoljavaju i vrijednosti radnih tlakova, odnosno nigdje ne prelaze 7,5 bara, a s druge strane nigdje ne padaju ispod dozvoljenih 2,5 bara.

Na način kao što se je provelo u Varijanti 1 gdje se je modificiralo vrijeme rada crpke u ovisnosti o postotku popunjenosti vodospreme, na isti način to se je učinilo i u ovoj varijanti odnosno Varijanti 2 uz jedinu promjenu da se pumpe pale ako razina padne

ispod 50% ispunjenosti, a gase se prilikom dosegavanja vrijednosti od 90%. Sve ovo prikazano je na Slici 96.



Slika 96: „Controls“ izbornik za određivanje uvjeta rada Crpke, Varijanta 2  
Ovisnost popunjenosti vodospreme s obzirom na rad crpke kroz dan prikazan je na Slici 97. gdje su jasno vidljive oscilacije.



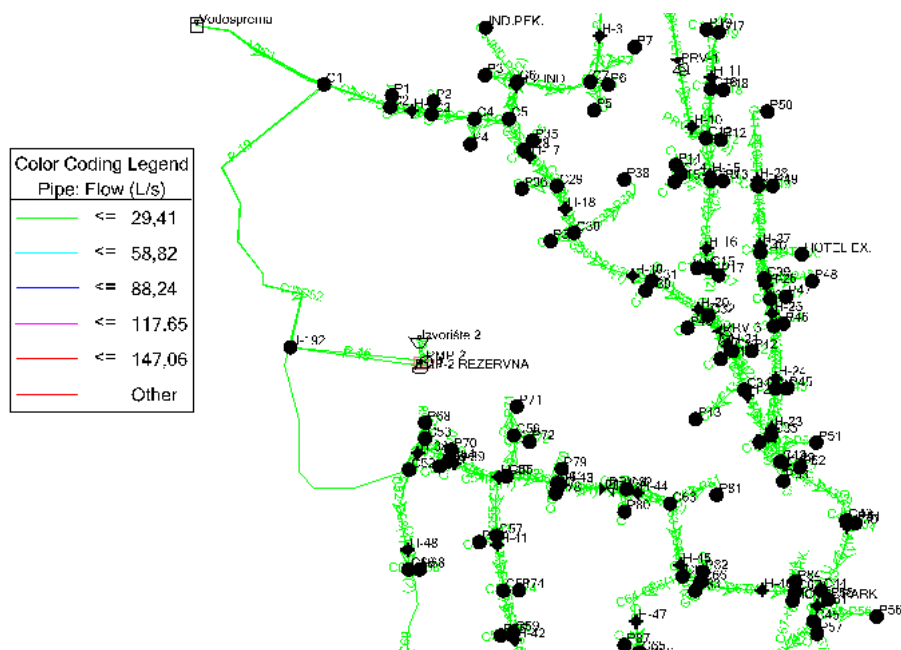
Slika 97: Ovisnost postotka popunjenosti vodospreme ovisno o statusu rada crpke  
Iz ovih rezultata zaključuje se kako u 7h ujutro dolazi do pada na vrijednost od 50% kada se uključuje crpka i radi do 12h kada se vrijednost popunjenosti diže na 90%. Slična se situacija zbiva i oko 14h kada se ponovno uključuju crpke te rade sve do 21h kada se crpke u konačnici za taj dan isključuju.

Slijedeće što će se razmatrati je kako bi se mijenjale vrijednosti u sustavu da se javi tri požara prilikom kojih će se aktivirati hidranti 45, 46 i 47, odnosno požar će zahvatiti potrošače 82, 83, 84, 86, 87 kao i Hotel „Park“. Brzine i protoci prikazani su na Slici 98.

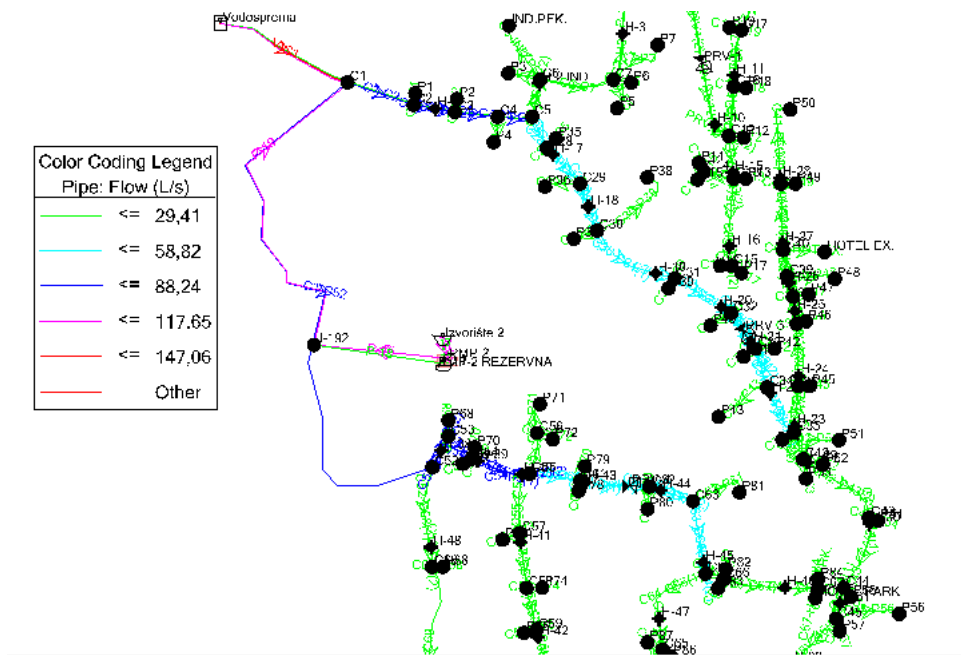
	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
395: V-C1	395	V-C1	148	Vodosprema	C1	350,0	PVC	150,0	147,06	1,53
681: P-15	681	P-15	21	Izvoršte 2	PMP-2	350,0	Ductile Iron	130,0	101,92	1,06
682: P-16	682	P-16	141	PMP-2	J-192	350,0	Ductile Iron	130,0	101,92	1,06
685: P-19	685	P-19	519	J-192	Vodosprema	350,0	Ductile Iron	130,0	101,92	1,06
399: C1-C52	399	C1-C52	629	C1	C52	250,0	PVC	150,0	75,23	1,53
373: C1-C2	373	C1-C2	73	C1	C2	300,0	PVC	150,0	71,83	1,02
499: C2-C3(1)	499	C2-C3(1)	23	C2	H-1	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
500: C2-C3(2)	500	C2-C3(2)	21	H-1	C3	300,0	PVC	150,0	71,41	1,01
318: C3-C4	318	C3-C4	45	C3	C4	300,0	PVC	150,0	70,90	1,00
295: C4-C5	295	C4-C5	36	C4	C5	300,0	PVC	150,0	69,94	0,99

Slika 98: Brzine toka vode i protoci za slučaj sa tri požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

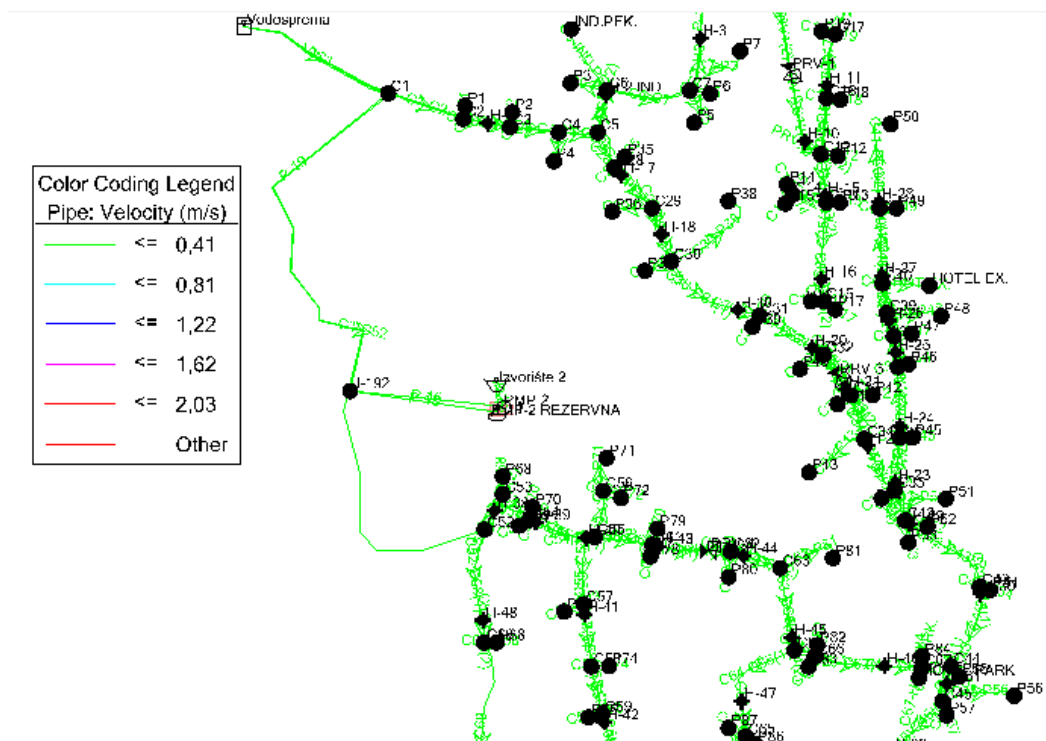
Ono čemu će u nastavku biti ponovno pridodano više pažnje je to kako će se brzine i protoci mijenjati pomoću „Color Coding“ opcije za već navedeni slučaj sa 3 požara. Usporedbe radi, prikazan je sustav u 6h kada nema požara i kada je najmanja potrošnja vode, te zatim sustav u 13h za vrijeme najveće potrošnje vode, te uz to i tri požara, a to je sve prikazano na Slikama 99. i 100.



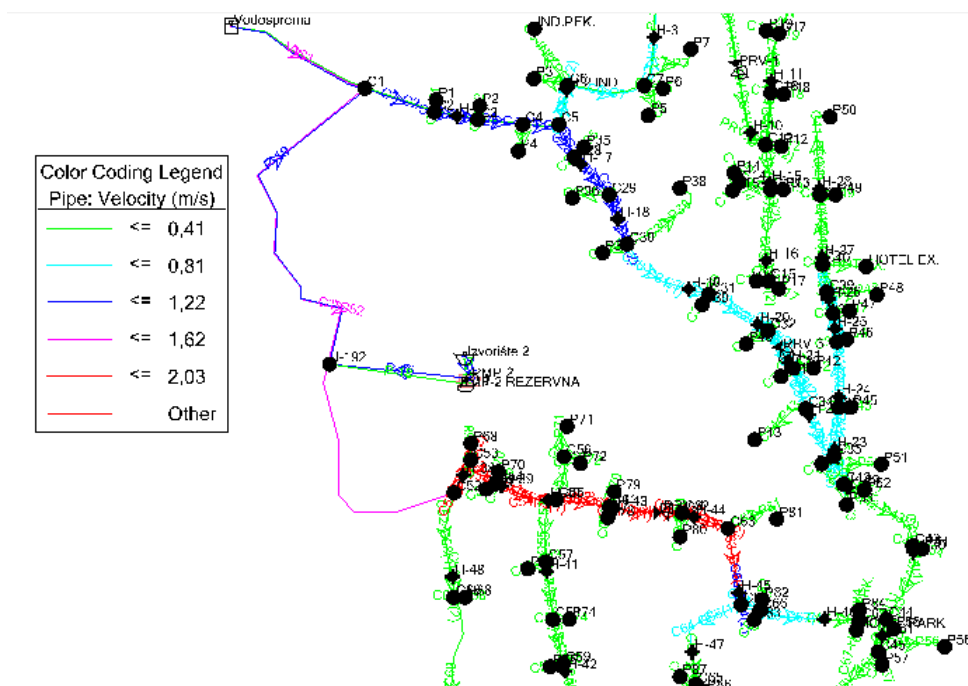
Slika 99: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2



Slika 100: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2  
Zatim slijedi analiza promjena brzina, prikazano Slikama 101. i 102.



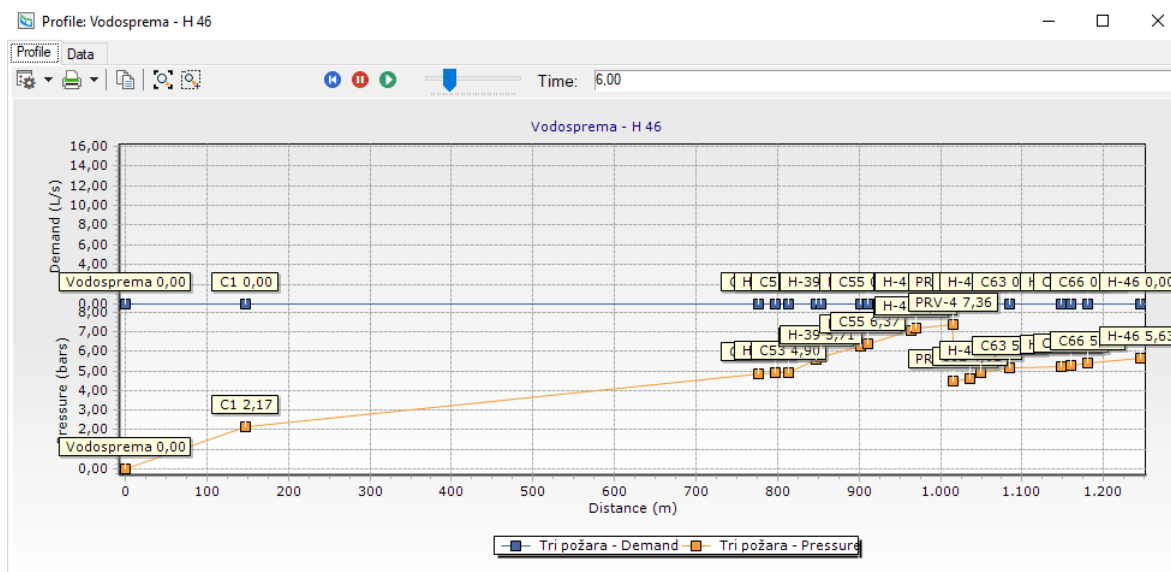
Slika 101: Prikaz promjena brzina unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 6h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2



Slika 102: Prikaz promjena protoka unutar sustava pomoću „Color Coding“ opcije koje se javlja u 13h, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

Moguće je primjetiti značajniju promjenu brzine posebice na dionici od vodospreme pa do hidranata koji se uključuju uslijed sva tri požara.

Provjere radi, možemo iscrtati profil od vodospreme pa sve do hidranta 46 na čijem se putu nalazi i hidrant 45 koji se također aktivira, a profil je prikazan na Slici 103.

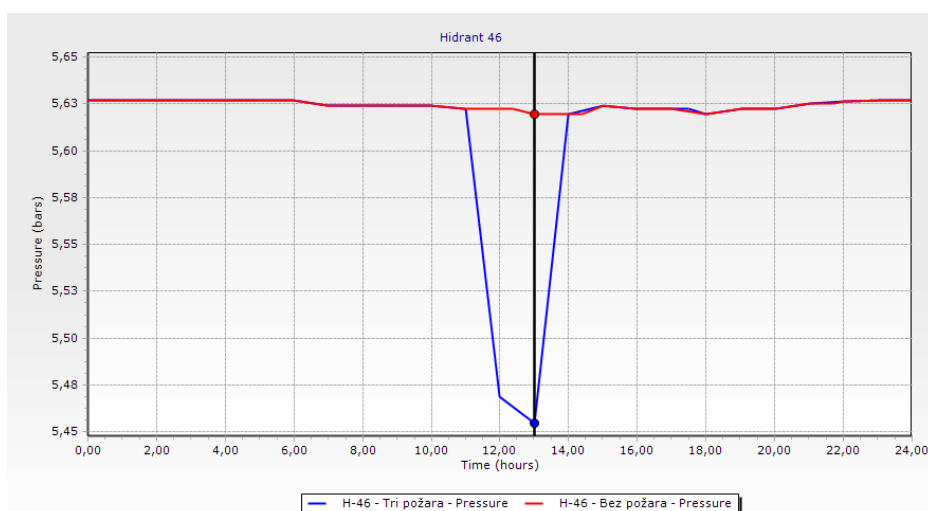


Slika 103: Uzdužni profil Vodosprema – H 46, u 6h za Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

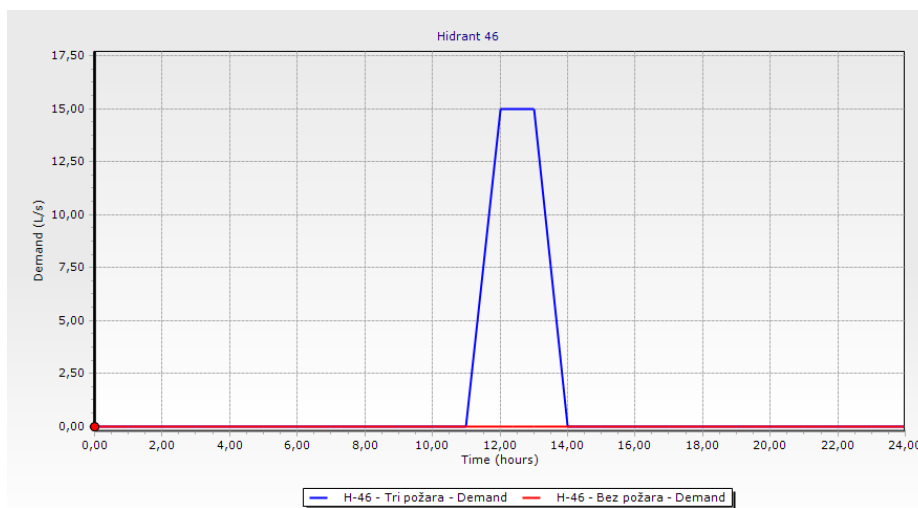


Slika 104: Uzdužni profil Vodosprema – H 46, u 13h za Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

Moguće je primjetiti kako će doći do pada pritiska u hidrantima 45 i 46 uslijed njihove aktivacije, dok će potrošnja vode porasti za 15 l/s koliko je potrebno za gašenje požara po hidrantu. Detaljnija promjena radnog tlaka prikazana je na Slici 105. dok je na Slici 106. prikazana potreba za vodom odnosno eng. „Demand“.



Slika 105: Prikaz pritiska u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2



Slika 106: Prikaz protoka u hidrantu za slučaj sa i bez požara, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2

Iz prethodnih slika zaključuje se kako će do aktivacije uistinu i doći i to prilikom najveće potrošnje vode u 13h kada dolazi do povećanog protoka od 15 l/s i pada vrijednosti radnog tlaka na samome hidrantu.

## **10. PRIMJENA URBANO HYDRA RAČUNALNOG PROGRAMA**

### **10.1 Općenito o Urbano Hydra računalnom programu**

Urbano Hydra je računalni program koji služi za analizu, proračune i projektiranje vodoopskrbnih sustava radilo se o razgranatom ili o prstenastom sustavu te neovisno o tome radilo se o idejnom, glavnom ili izvedbenom projektu. Program je osmišljen kao jedna od sastavnica koji je razvijen od strane tvrtke „Studio ARS d.o.o.“ iz Rijeke, odnosno točnije iz Matulja sa godinom osnutka 1990. godine. Tvrtka se uglavnom bavi razvijanjem informatičke tehnologije u graditeljstvu, ali i u geodeziji i arhitekturi. Kao što je rečeno, „Urbano Hydra“ je samo jedna od sastavnica Urbano programa, jer također u ponudi postoji:

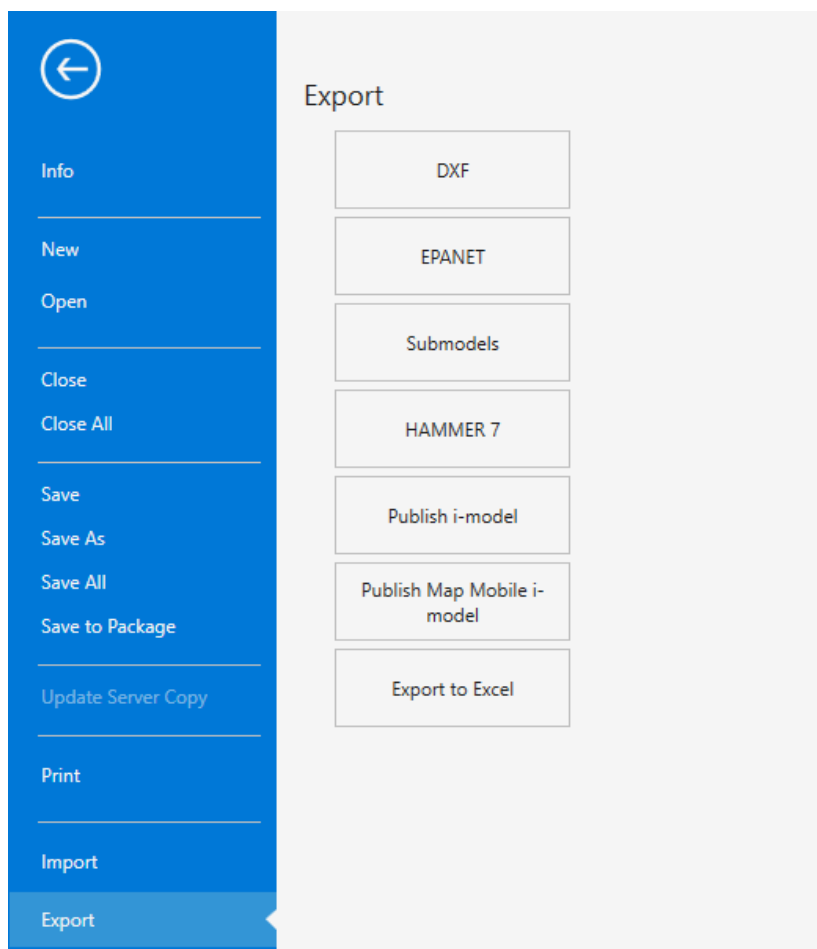
- Urbano Canalis – program za oborinske i otpadne vode
- Urbano Geo – rad sa geodetskim podacima, izrada profila terena i rovova
- Urbano Polygon – izrada poligonske topologije, tj. parcela
- Urbano Data – uvoz i izvoz prema GIS sustavima
- Urbano Raster&Vector – upravljanje sa raznim tipovima podloga neovisno bile u rasterskom ili vektorskom formatu
- Urbano Gasnet – projektiranje plinovoda.

Ono što ovaj program čini posebno zanimljivim i korisnim je široka paleta mogućnosti koju nudi od izrade digitalnog modela terena, vrlo brza izrada uzdužnih profila, izradu sheme rova cjevovoda, analizu mjesta gdje dolazi do presijecanja cijevi, hidrauličke proračune uz optimizaciju, sheme čvorova te brojne ostale mogućnosti. Program u svojoj bazi već sadržava katalog elemenata poput cjevovoda, okna, fazonske elemente i sl., ali dakako moguće je i vlastoručno dodati nove elemente. Također je bitno napomenuti kako je ovaj program u EPANET proračunskoj jezgri, odnosno vrlo jednostavno se može iz drugih programa koji su također rađeni na istoj bazi, isti taj crtež implementirati u Urbano Hydra program. Format datoteke je .inp, a taj program podržavaju i AutoCAD i WaterCAD V8i što je posebno bitno. U novije vrijeme implementacija ovog programa sve se više i više širi, a tome svjedoči i činjenica da je program rasprostranjen preko više od 20 država svijeta sa jezičnom podrškom na njih 13 [20].



## 10.2 Dimenzioniranje vodoopskrbnog sustava u Urbano Hydra programu

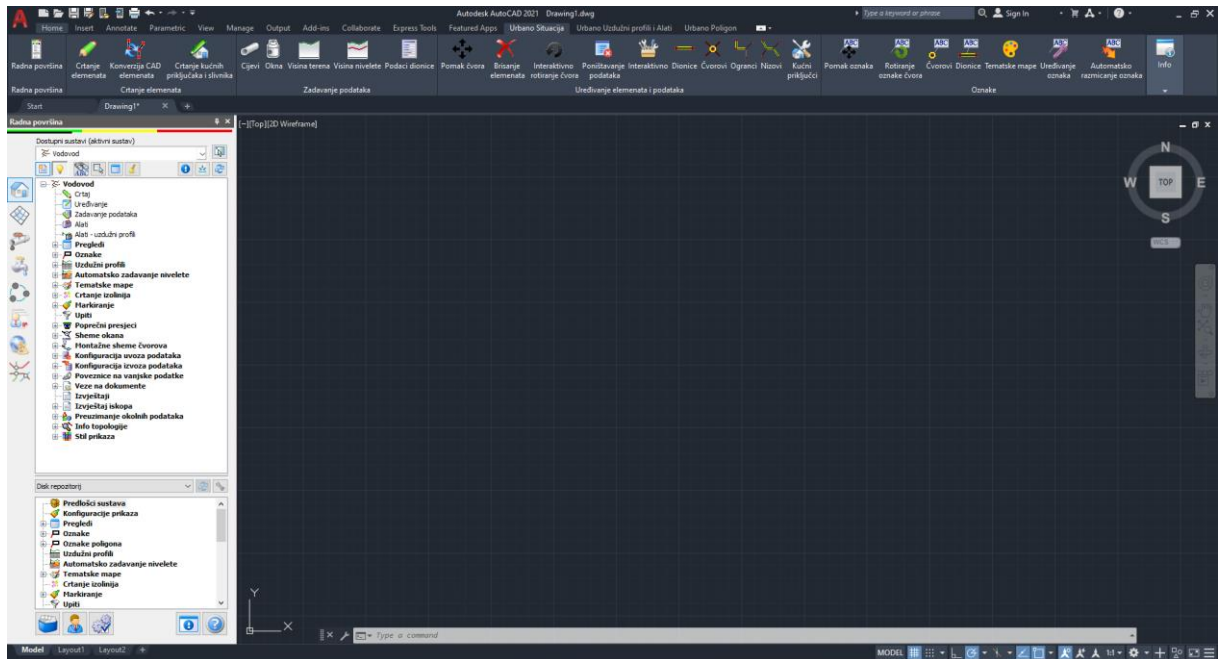
U programu Urbano Hydra moguće je i direktno ucrtavati vodoopskrbni sustav ukoliko je za to potreba, no u ovom slučaju pošto već postoji gotova izrađena mreža u WaterCAD V8i programu, a obje se baziraju na EPANET jezgri, moguće je izvesti izvoz WaterCAD datoteke odnosno spremi je u .inp obliku preko izbornika „File“ pa „Export“ gdje se odabire „EPANET“ što je prikazano Slikom 107.



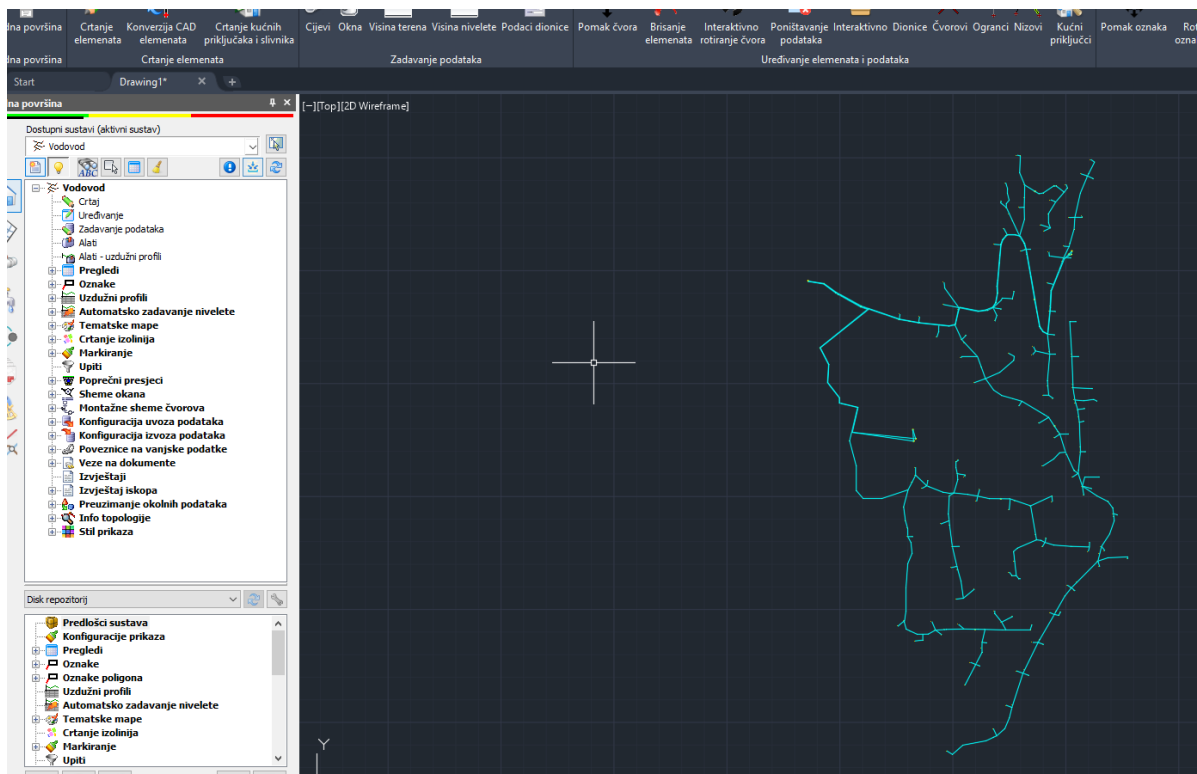
Slika 107: Spremanje datoteke iz WaterCAD-a u podržanu .inp odnosno EPANET verziju

Sljedeći korak je u programu Urbano Hydra odabrati „Novi sustav“ gdje se odabire predložak „Predložak sustava: Vodovod (Linijaska – mrežna topologija)“ čime se dobiva sučelje Urbano Hyde prikazano na Slici 108. dok je na Slici 109. prikazana uvezena mreža iz WaterCAD V8i programa zajedno sa definiranim već postojećim dispozicijama i karakteristikama vodotornja, pumpi, cijevi, svih čvorova, potrošnji vode u svim čvorovima, kao i kotama terena i izvorišta. Datoteka se uvozi na način da

se u komandni redak upisuje „ARS\_IMPORT\_INP“ čime se učita cijela datoteka sa već definiranim prethodno nabrojanim elementima.



Slika 108: Sučelje Urbano Hydra programa



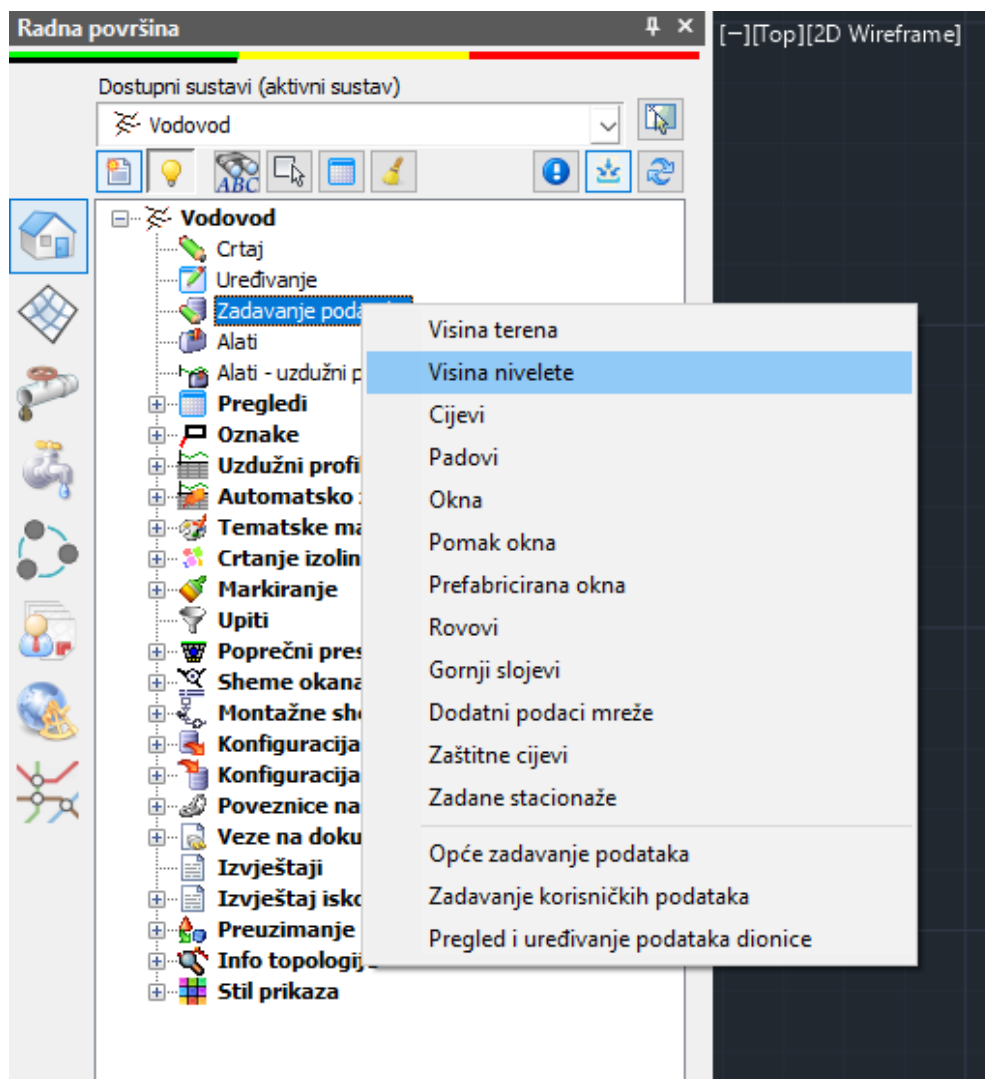
Slika 109: Prikazana uvezena vodoopskrbna mreža iz WaterCAD-a u Urbano Hydra računalni program

### 10.3 Zadavanje podataka unutar Urbano Hydra programa

Iako su tokom uvoza datoteke u Urbano Hydra program definirane mnogobrojne prethodno navedene značajke, preostaju neke koje je moguće vlastoručno zadati, a da ih prethodno nismo razmatrali unutar WaterCAD programa. Neke od tih značajki detaljnije su razrađene kroz naredna tri potpoglavlja od definiranja nivelete kao i rova cijevi, a uz to i definiranje gornjih slojeva rova.

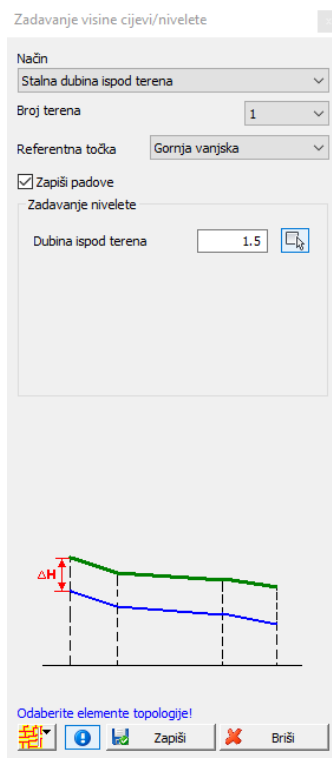
#### 10.3.1 Definiranje nivelete cijevi

Definiranje nivelete cijevi odvija se na način da se iz izbornika „Vodovod“ odabire „Zadavanje podataka“ iz čijeg se padajućeg izbornika nadalje odabire opcija „Visina nivelete“ što je prikazano na Slici 110.



Slika 110: Definiranje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra programa

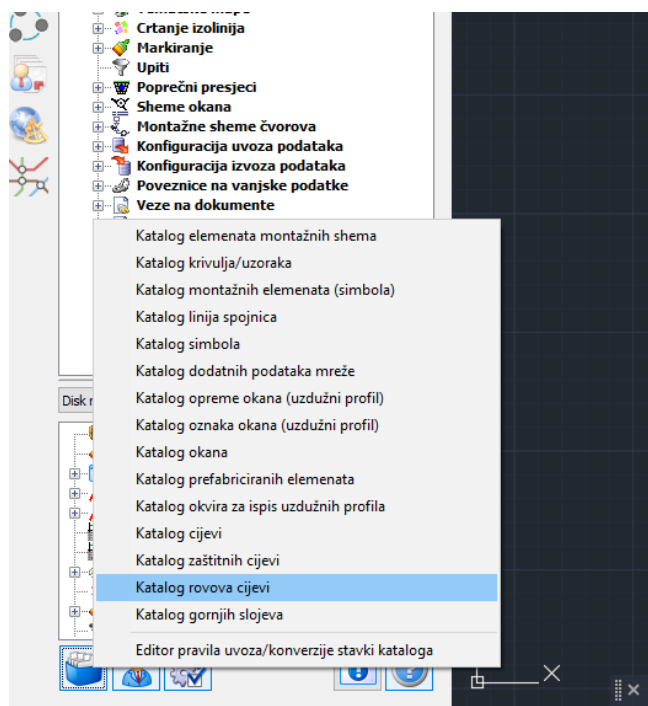
Otvoriti će se dijaloški okvir „Zadavanje visine cijevi/nivelete“ gdje se odabire opcija „Stalna dubina ispod terena“ čime se osigurava da je udaljenost između terena i cijevi konstantna. Za referentnu točku odabire se „Gornja vanjska“ čime se definira da je referentna točka gornji rub cijevi. Stalna dubina terena ostaje na vrijednosti 1,50 m te prilikom odabira cijelog aktivnog sustava odabire se opcija „Zapiši“ čime se implementiraju odabrane postavke koje su vidljive na Slici 111.



Slika 111: Definiranje nivelete cijevi unutar Urbano Hydra programa

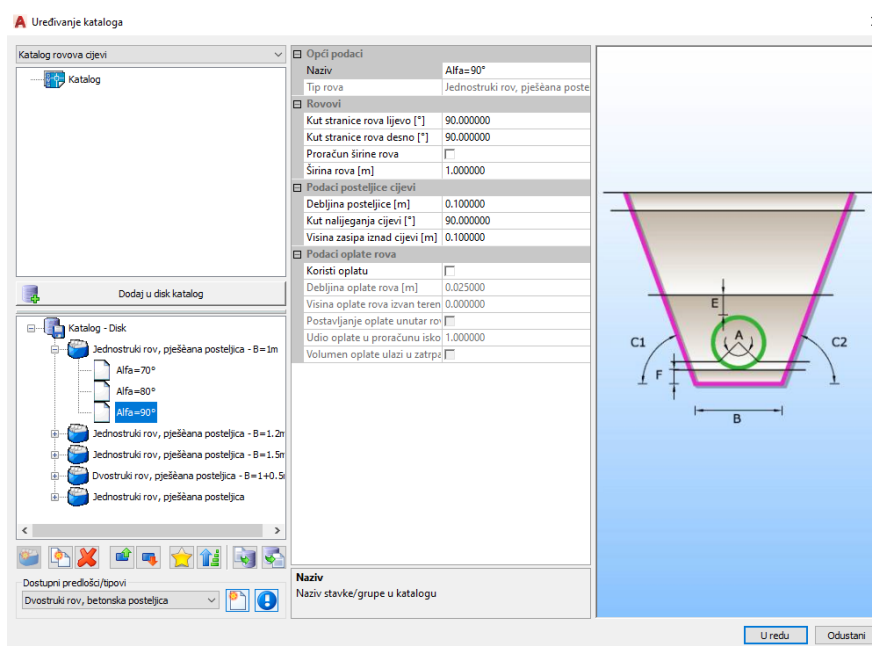
### 10.3.2 Definiranje rova cijevi

Nakon što se definirala niveleta cijevi, slijedeći korak je definiranje rova cijevi koji se određuje klikom na „Uređivanje kataloga“ gdje se zatim odabire „Katalog rovova cijevi“ (Slika 112).



Slika 112: Odabir „Katalog rovova cijevi“

Nakon što se otvorio dijaloški okvir „Uređivanje kataloga“ odnosno „Katalog rovova cijevi“ moguće je odabrati jedan od već ponuđenih rovova gdje se u ovom slučaju odabire jednostruki rov, pješčane posteljice sa kutom stranice rova pod  $90^\circ$  (Slika 113).



Slika 113: Određivanje rova cijevi u Urbano Hydra programu

Kada se je odabrao željeni tip rova potrebno ga je aplicirati na cijeli sustav, a to se vrši preko naredbe „Zadavanje podataka“ gdje se odabire „Rovovi“ čime se otvara dijaloški okvir (Slika 114) gdje je potrebno odabrati „Aktivni sustav“ te spremiti promjene.

Zadavanje rovova

Način  
Sve

Grupa rova  
Jednostruki rov, pješšana posteljica - B=1m

Rov  
Alfa=90°

Odabir dionice

Auto zoom 1.5

Opći podaci

Naziv	Alfa=90°
Tip rova	Jednostruki rov, pješšana posteljica - B=1m

Rovovi

Kut stranice rova lijevo [°]	90.00
Kut stranice rova desno [°]	90.00
Proračun širine rova	<input type="checkbox"/>
Širina rova [m]	1.00

Podaci posteljice cijevi

Debljina posteljice [m]	0.10
Kut nalijeganja cijevi [°]	90.00
Visina zasipa iznad cijevi [m]	0.10

Podaci oplate rova

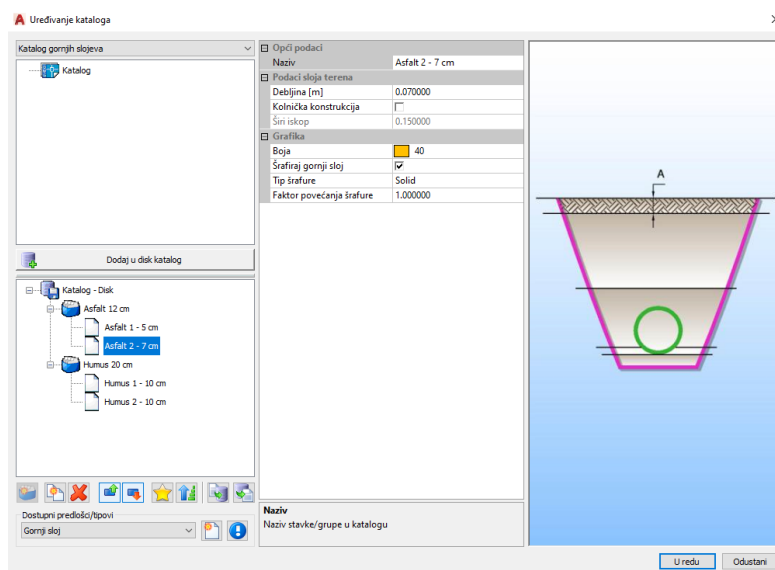
Koristi oplatu	<input type="checkbox"/>
Debljina oplate rova [m]	0.03
Visina oplate rova izvan [m]	0.00
Postavljanje oplate unutar [m]	<input type="checkbox"/>
Udio oplate u proračunu	1.00
Volumen oplate ulazi u zračni prostor [m³]	<input type="checkbox"/>

Odaberite elemente topologije!

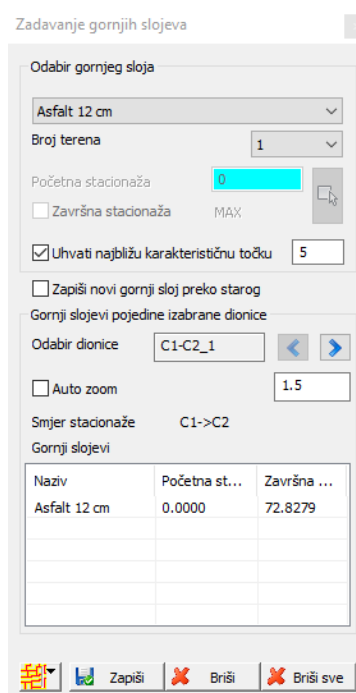
Slika 114: Apliciranje navedenih promjena na aktivni sustav (rov)

### 10.3.3 Definiranje gornjih slojeva rova

U konačnici jedino što još preostaje za definirati su gornji slojevi rova, a to se radi na način da se ponovno odabere „Uređivanje kataloga“ gdje se zatim bira „Katalog gornjih slojeva“ (Slika 115). Ovdje se odabire asfalt od 12 cm jer je trasiranje vodovoda predviđeno duž prometnica. Implementacija se vrši odabirom opcije „Zadavanje podataka“ gdje se odabire „Zadavanje gornjih slojeva“ te odabirom aktivnog sustava odabire se opcija „Zapiši“ čime se izvršavaju promjene (Slika 116).



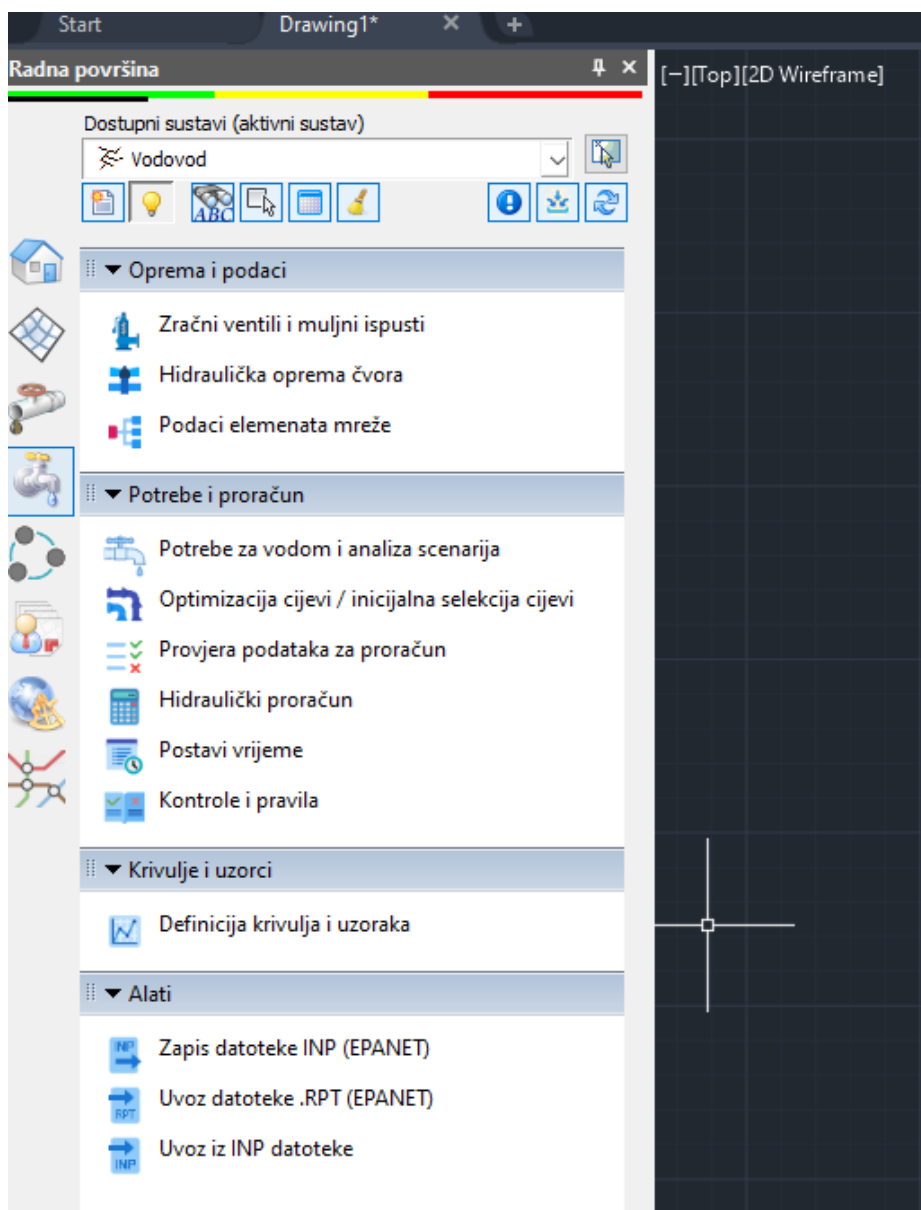
Slika 115: Katalog gornjih slojeva u Urbano Hydri



Slika 116: Apliciranje navedenih promjena na aktivni sustav (gornji slojevi)

## 10.4 Hidraulički proračun unutar Urbano Hydra programa

Budući da je model uvezen kao EPANET, odnosno .inp datoteka hidraulički proračun biti će proveden za jedno konkretno vrijeme, drugim riječima promatrati će se vrijeme maksimalne dnevne potrošnje vode koje se javlja u 13h, a u tome trenutku razmatrali su se parametri i u WaterCAD V8i programu. Biti će analizirana jedna varijanta sa gravitacijskim dotokom vode, dok će druga biti varijanta sa dotokom vode crpljenjem. Hidraulički proračun izvodi se odabirom opcije „Hydra“ gdje se uz sam hidraulički proračun izvodi i provjera podataka kao i optimizacija cijevi (Slika 117.).



Slika 117: Izbornik „Hydra“ u Urbano Hydra programu



Važna napomena je da prilikom rada u WaterCAD programu su „vertexi“ dozvoljeni, odnosno mjesta gdje se spajaju linije koje zatvaraju neki kut, dok u Urbano Hydri to nije dozvoljeno te program automatski te točke razmatra kao nove čvorove. Uslijed toga neke dionice će biti rastavljene na više dijelova.

#### 10.4.1 Hidraulički proračun – gravitacijski dotok, Vodosprema V1, Varijanta 1, jedan požar

Validacija hidrauličkog proračuna vršiti će se s obzirom na prvu dionicu, odnosno od vodospreme V1 pa do prvoga čvora C1 na način da će na Slici 118. biti prikazane vrijednosti u nekom periodu tokom dana, a dok će na Slici 119. biti prikazane iste te vrijednosti, ali u WaterCAD V8i programu čime će se moći jednostavno povući paralela radi li se uistinu o jednakim vrijednostima pojedinih fizikalnih veličina u sustavu.

Naziv	Duljina [m]	Unutarnji promjer [mm]	Hrapavost	Protok [l/s]	Brzina [m/s]
05:00	32,23	350,00	150,00	12,38	0,13
05:50	32,23	350,00	150,00	12,38	0,13
06:00	32,23	350,00	150,00	12,38	0,13
07:00	32,23	350,00	150,00	61,91	0,64
08:00	32,23	350,00	150,00	64,91	0,67
09:00	32,23	350,00	150,00	64,91	0,67
10:00	32,23	350,00	150,00	64,91	0,67
11:00	32,23	350,00	150,00	77,30	0,80
12:00	32,23	350,00	150,00	92,30	0,96
13:00	32,23	350,00	150,00	117,06	1,22
14:00	32,23	350,00	150,00	102,06	1,06
15:00	32,23	350,00	150,00	64,91	0,67
16:00	32,23	350,00	150,00	77,30	0,80

Slika 118: Vrijednosti pojedinih fizikalnih veličina dobivene pomoću Urbano Hyde, za gravitacijski dotok, vodosprema V1, varijanta 1, jedan požar

5	4,00	12,38	0,13
6	5,00	12,38	0,13
7	6,00	12,38	0,13
8	7,00	61,91	0,64
9	8,00	64,91	0,67
10	9,00	64,91	0,67
11	10,00	64,91	0,67
12	11,00	77,30	0,80
13	12,00	92,30	0,96
14	13,00	117,06	1,22
15	14,00	102,06	1,06
16	15,00	64,91	0,67

Slika 119: Vrijednosti dobivene pomoću WaterCAD-a, za gravitacijski dotok, vodosprema V1, varijanta 1, jedan požar

### 10.4.2 Hidraulički proračun – dotok crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara

Na isti način kao i kod gravitacijskog protoka će biti provedena analiza, validacija hidrauličkog proračuna vršiti će se s obzirom na jednu od dionica, odnosno u ovom slučaju to je od čvora C39 do čvora C40, a na Slici 120. biti prikazane vrijednosti u nekom periodu tokom dana dobivene unutar Urbano Hydre dok će na Slici 121. biti prikazane iste te vrijednosti, ali u WaterCAD V8i programu čime će se moći jednostavno povući paralela radi li se uistinu o jednakim vrijednostima pojedinih fizikalnih veličina.

03:00	27,45	200,00	150,00	1,49	0,05
04:00	27,45	200,00	150,00	1,49	0,05
05:00	27,45	200,00	150,00	1,49	0,05
06:00	27,45	200,00	150,00	1,49	0,05
07:00	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
08:00	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
09:00	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
10:00	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
10:45	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
11:00	27,45	200,00	150,00	8,96	0,29
12:00	27,45	200,00	150,00	8,96	0,29
13:00	27,45	200,00	150,00	11,95	0,38
14:00	27,45	200,00	150,00	11,95	0,38
15:00	27,45	200,00	150,00	7,47	0,24
16:00	27,45	200,00	150,00	8,96	0,29

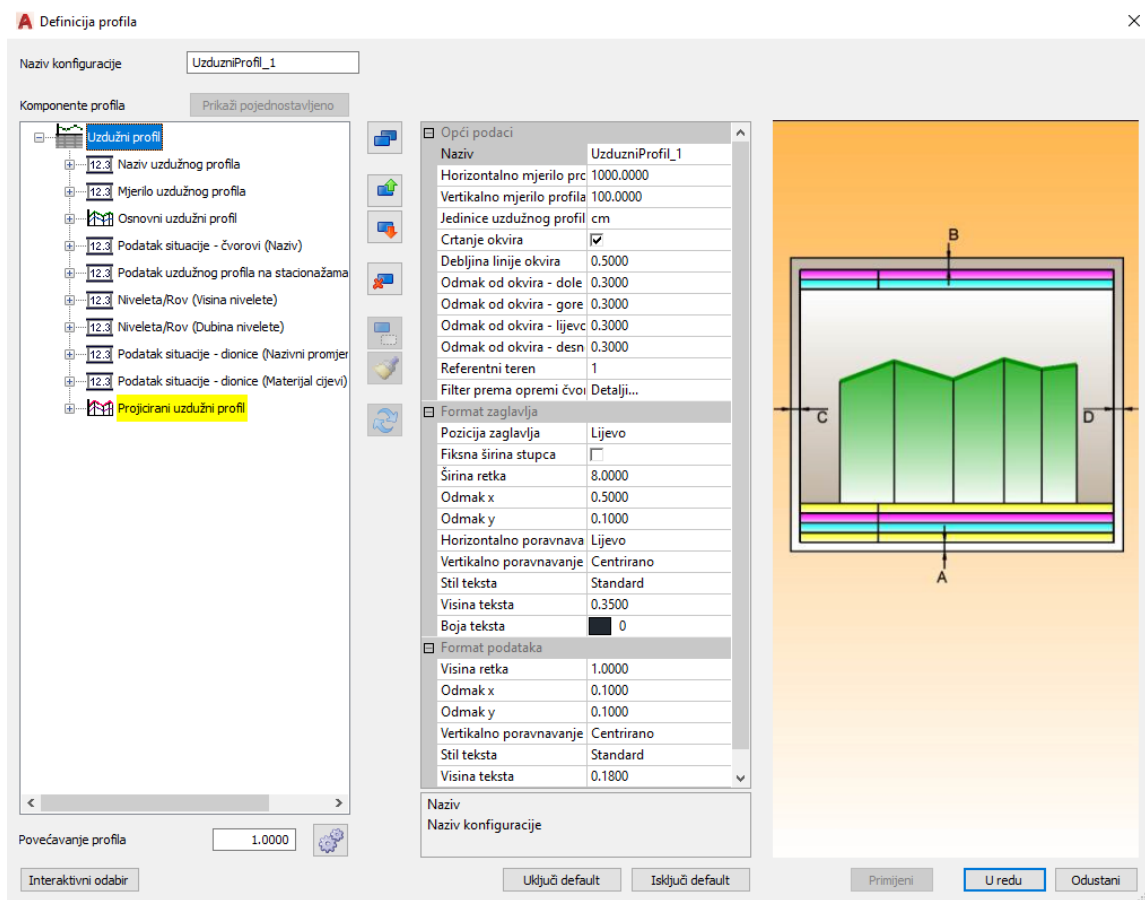
Slika 120: Vrijednosti pojedinih fizikalnih veličina dobivene pomoću Urbano Hydre, za dotok vode crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara

	Time (hours)	C39-C40 - Tri požara - Flow (Absolute) (L/s)	C39-C40 - Tri požara - Velocity (m/s)
3	3,00	1,49	0,05
4	4,00	1,49	0,05
5	5,00	1,49	0,05
6	6,00	1,49	0,05
7	7,00	7,47	0,24
8	7,30	7,47	0,24
9	8,00	7,47	0,24
10	9,00	7,47	0,24
11	10,00	7,47	0,24
12	11,00	8,96	0,29
13	12,00	8,96	0,29
14	13,00	11,95	0,38
15	14,00	11,95	0,38
16	15,00	7,47	0,24

Slika 121: Vrijednosti protoka i brzine toka vode dobivene pomoću WaterCAD V8i programa, dotok crpljenjem, Crpno postrojenje CP2, Varijanta 2, tri požara

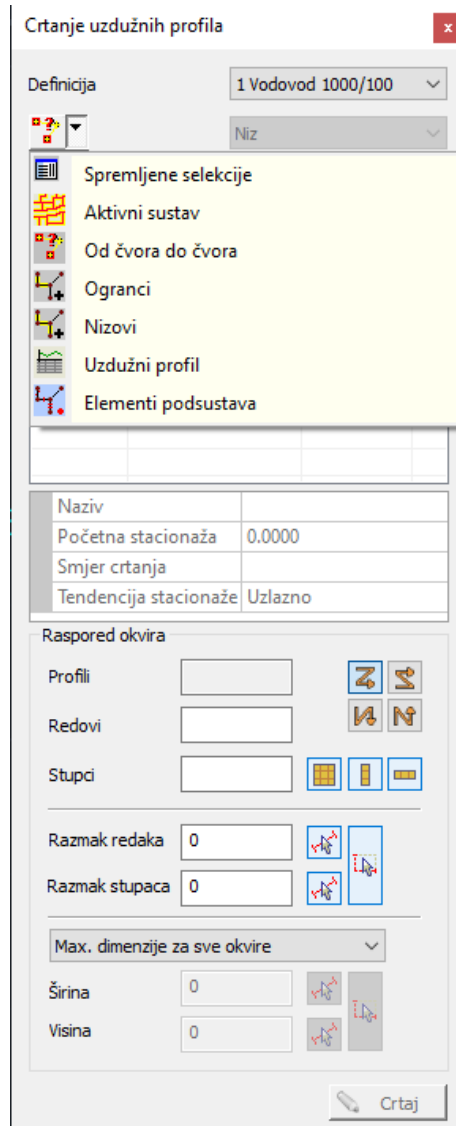
## 10.5 Uzdužni i poprečni profili

Jedna od najvećih prednosti Urbano Hydra programa je mogućnost izuzetno brzog crtanja uzdužnih i poprečnih profila. Prilikom konfiguracije uzdužnog profila unutar dijaloškog okvira koji se otvara klikom na „Uzdužni profili“ te zatim „Novo“ čime se otvara dijaloški okvir (Slika 122.) gdje je moguće konfigurirati koji nas parametri zanimaju odnosno koji će biti prikazani na uzdužnom profilu poput imena čvorova i dionica, dubine rova, stacionaža, visine nivelete i sl.



Slika 122: Modificiranje konfiguracije uzdužnog profila unutar Urbano Hyde

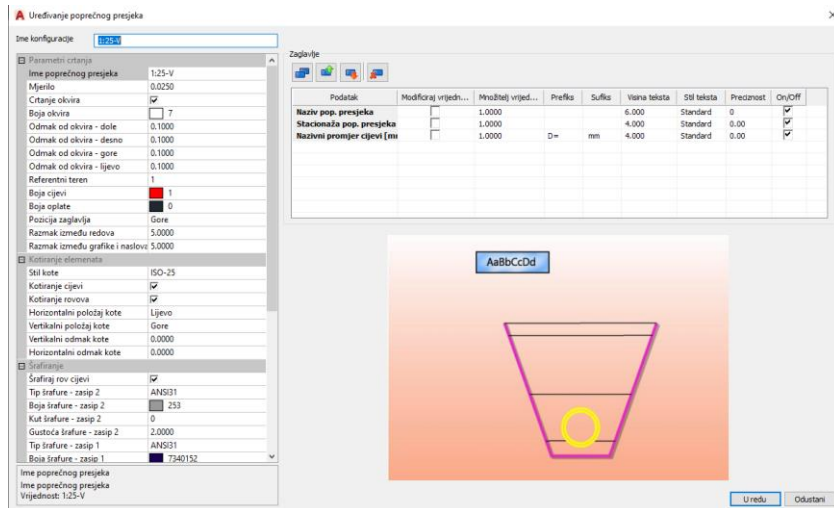
Sami profili mogu se crtati na više načina, dok će u za potrebe ovog diplomskog rada biti korištena opcija od čvora do čvora gdje se vrlo jednostavno odabere početni čvor i završni te program sam odabere cijelu trasu između njih (Slika 123.).



Slika 123: Odabir metode „Od čvora do čvora“ za crtanje uzdužnog profila unutar vodoopskrbnog sustava

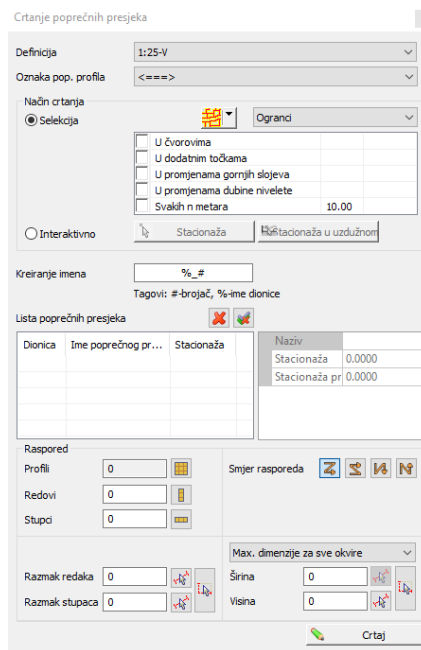
Ovom metodom su izrađena tri uzdužna profila i to jedan od vodospreme, pa sve do potrošača Kamp, dok će drugi biti od vodospreme pa sve do potrošača, a treći od vodospreme sa završnom točkom u potrošaču 101 i oni su svi priloženi kao prilozi (Prilog 10, 11, 12).

Što se tiče iscrtavanja poprečnih profila odnosno presjeka rova oni se izrađuju na gotovo identičan način kao uzdužni profili, a dostupni su u mjerilu M 1:25 te u mjerilu M 1:50. Mogu se modificirati značajke preko „Crtanje poprečnih presjeka“ gdje se odabire „Uredi“ (Slika 124.).



Slika 124: Uređivanje poprečnog presjeka u Urbano Hydra programu

Način na koji će se crtati prikazan je na Slici 125. gdje će se slično kao kod uzdužnih odabrati ovaj puta samo jedna točka u kojoj nas zanima poprečni presjek rova.



Slika 125: Izbornik pomoću kojega se crtaju poprečni presjeci rova

Za potrebe diplomskog rada biti će odabran jedan karakteristični presjek u nekoj točki te će biti priložen kao prilog (Prilog 13), dok je shematski prikaz čvora sa svim potrebnim fazonskim elementima priložen kao Prilog 14.

## 10. ZAKLJUČAK

Usljed sve većih klimatskih promjena i rastom čovjekovih potreba za prirodnim resursima vrlo je bitno što racionalnije gospodariti sustavom, odnosno u ovom slučaju vodoopskrbnim sustavom gdje se teži modernizaciji i poboljšanjima sustava gdje ćemo imati što manje nepotrebnih gubitaka vode. Ovom pristupu značajno nam pridonosi programski paketi poput WaterCAD-a i Urbano Hydre koji omogućuju široku paletu opcija gdje se u konačnici može odabrati ona najracionalnija i najisplativija. Takve tehnike zamjenjuju neke starije "ručne" metode gdje se dosta težilo sigurnosti, odnosno takvi su sustavi nepotrebno predimenzionirani gdje se mogu javiti nepotrebni gubici vode.

U WaterCAD V8i programskom paketu provedena je analiza za 24-satno razdoblje gdje se je u svakom trenutku mogla vidjeti kako se potrošnja vode odnosno „Demand“ mijenja iz sata u sat i kako turisti, industrija i privatni smještaj utječu na potrošnju vode. Najviše su se razmatrali parametri poput protoka, brzina toka vode i radnih tlakova, a sve je to bilo popraćeno sa „Color Coding“ opcijom koja grafički vrlo zorno prikazuje promjene tih fizikalnih veličina. Sljedeći program koji se je koristio bio je Urbano Hydra koji je bio uglavnom korišten za brzo iscrtavanje uzdužnih profila, karakterističnog presjeka rova i montažnog plana fazonskih komada. No, ovaj program također nudi mogućnost da se niveleta postavi na način kako bi imali što manje odzračnih ventila, odnosno muljnih ispusta.

U diplomskome radu su prikazana rješenja za gravitacijski dotok vode, kao i za dotok vode crpljenjem. Kod gravitacijskog dotoka vode razmatrala se različita dispozicija vodospreme, dok se kod metode dotoka vode crpljenjem razmatrala različita dispozicija crpne stanice. Uz sve ovo razmatralo se i kako će pojava požara bilo da se radi o jednom, dva ili čak tri požara u isto vrijeme kako bi to utjecalo na promjenu radnih tlakova, brzina toka vode i protoka, te da li bi slučajno došlo do prekoračenja čime bi se moralo ponovno optimizirati sustav.

Gledajući sa tehničkog aspekta, svi su slučajevi zadovoljili brzine toka vode, protoke kao i radne tlakove (uz ugradnju reducir ventila na određenoj poziciji vodoopskrbnog sustava) što pridonosi vijeku trajanja vodoopskrbnog sustava, u ovom slučaju Općine Lovran.

## **LITERATURA:**

- [1] [http://www.tz-lovran.hr/prica\\_lovran.html](http://www.tz-lovran.hr/prica_lovran.html), preuzeto: 17.3.2022.
- [2] <https://www.visitopatija.com/lovran-p763>, preuzeto: 17.3.2022.
- [3] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Lovran>, preuzeto: 17.3.2022.
- [4] <https://popis2021.hr/>, preuzeto: 17.3.2022.
- [5] [https://zavod.pgz.hr/documents/2\\_dio\\_mikroregija\\_opatijaska\\_rivijera.pdf](https://zavod.pgz.hr/documents/2_dio_mikroregija_opatijaska_rivijera.pdf), preuzeto: 17.3.2022.
- [6] Klimatski atlas Hrvatske,  
[https://klima.hr/razno/publikacije/klimatski\\_atlas\\_hrvatske.pdf](https://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf), preuzeto: 17.3.2022.
- [7] Vodoopskrbni plan PGŽ,  
[https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/vodoopskrbni\\_plan\\_primorsko-goranske\\_zupanije.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/vodoopskrbni_plan_primorsko-goranske_zupanije.pdf), preuzeto: 17.3.2022.
- [8] Geomorfološka obilježja kanjona Medveja i Mošćenička draga na Učki, Radan Filip, University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 2019.
- [9] Strategija razvoja Općine Lovran, 2015.-2020.
- [10] E. Žic, Proračun mjerodavnih količina vode, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2018.
- [11] Malus, D., Vouk, D.: Projektiranje vodoopskrbnih sustava, Radna kopija materijala za rješavanje vježbi iz kolegija Opskrba vodom i odvodnja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2008.
- [12] Žic, E., Hidraulički proračun, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [13] Žic, E., Dimenzioniranje Vodospreme/Vodotornja, Interna skripta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2018.
- [14] B. Đurin, Uloga, značajke i dijelovi vodospreme, Varaždin: Geotehnički fakultet, 2015.

- [15] Žic, E., Dimenzioniranje crpne stanice, radni materijali za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [16] Žic, E., Dimenzioniranje crpne stanice, materijali s predavanja iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [17] Bentley Systems: Water Distribution Modeling and Analysis Software, <https://www.bentley.com/en/products/product-line/hydraulics-andhydrology-software/watercad>, pristup 20.5.2022.
- [18] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, NN 8/2006, Ministarstvo unutarnjih poslova, 18.1.2006.
- [19] Žic, E.: WaterCAD V8i lekcije, radni materijali s vježbi iz kolegija Vodoopskrba i kondicioniranje vode, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2018.
- [20] <https://www.studioars.com/hr/urbano/hydra/>, preuzeto: 21.7.2022.



## **PRILOZI:**

- Prilog 1. Hidraulički proračun granaste vodoopskrbne mreže Općine Lovran
- Prilog 2. Radni tlakovi u mreži vodoopskrbnog sustava Općine Lovran
- Prilog 3. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran, gravitacijski dotok, Varijanta 1, M 1:5000
- Prilog 4. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran, gravitacijski dotok, Varijanta 2, M 1:5000
- Prilog 5. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran, dotok crpljenjem, Varijanta 1, M 1:5000
- Prilog 6. Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran, dotok crpljenjem, Varijanta 2, M 1:5000
- Prilog 7. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od vodotornja V1 do potrošača KAMP, M 1:10000
- Prilog 8. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od vodotornja V1 do potrošača P 28, M 1:10000
- Prilog 9. Plan iskolčenja glavnog cjevovoda od čvora C 52 do potrošača HOTEL PARK, M 1:10000
- Prilog 10. Uzdužni profil dionice V1 do potrošača KAMP, M 1:500/75
- Prilog 11. Uzdužni profil dionice V1 do potrošača P25, M 1:500/75
- Prilog 12. Uzdužni profil dionice V1 do potrošača KAMP, M 1:500/75
- Prilog 13. Karakteristični presjek rova, M 1:25
- Prilog 14. Montaža sheme čvorova C1, C5, C45 i C64





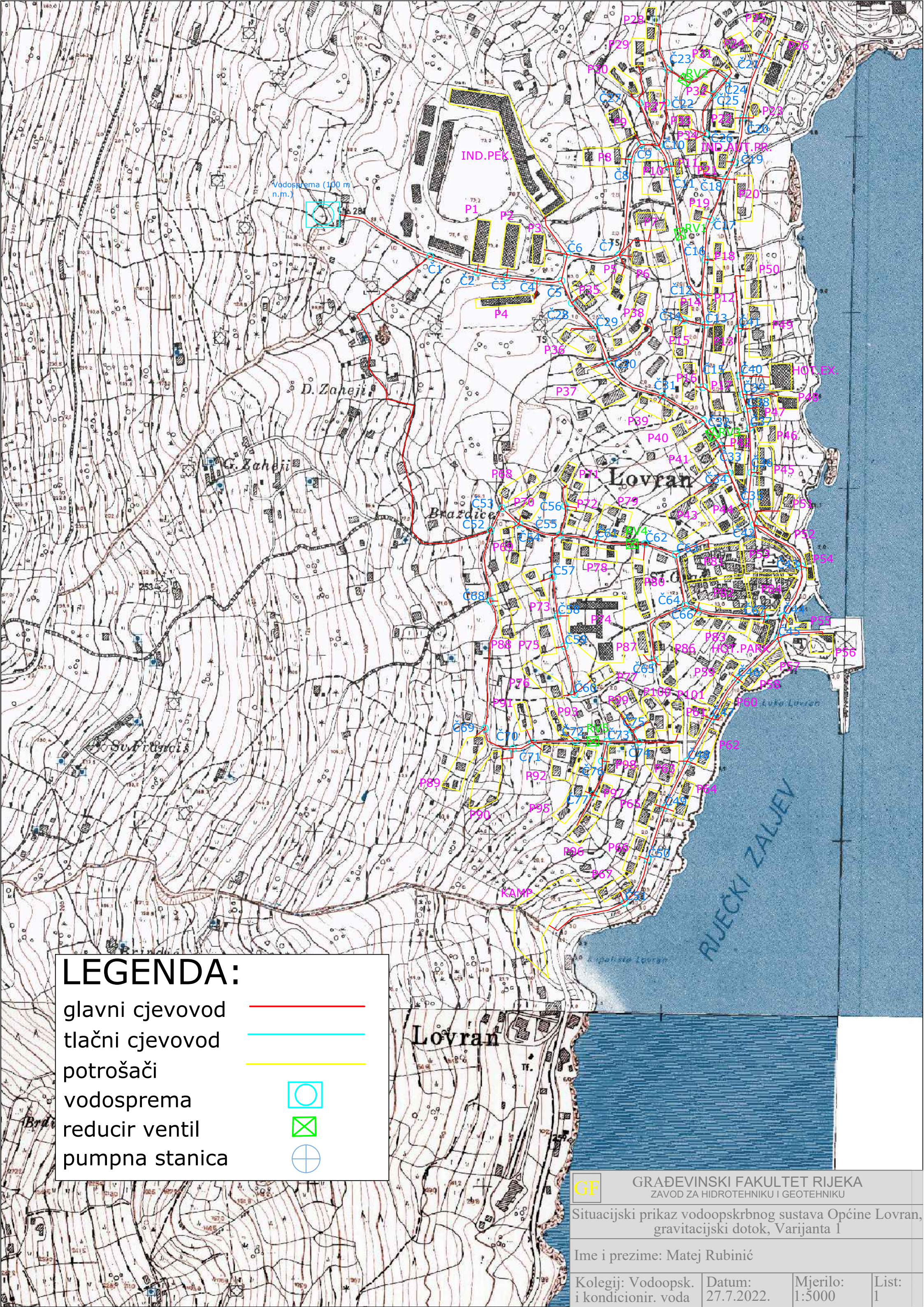


P51	10,1	8,99
P52	10,6	8,94
P53	14,8	8,52
P54	5,2	9,48
P55	5,5	9,45
P56	11,2	8,88
P57	10,8	8,92
P58	15,1	8,49
P59	9,5	9,05
P60	14	8,6
P61	10,5	8,95
P62	15,1	8,49
P63	17,8	8,22
P64	10	9
P65	18,3	8,17
P66	15,5	8,45
P67	16,2	8,38
KAMP	9,8	9,02
P68	47,7	5,23
P69	45	5,5
P70	43,2	5,68
P71	35,3	6,47
P72	32,6	6,74
P73	39,7	6,03
P74	25	7,5
P75	35,2	6,48
P76	35,4	6,46
P77	25	7,6
P78	28,6	7,14
P79	27,4	7,26
P80	21,3	7,87
P81	14,6	8,54
P82	15	8,5
P83	13,9	8,61
P84	12,8	8,72
HOT.PARK.	12,3	8,77
P86	19,7	8,03
P87	23,2	7,68
P88	55,4	4,46
P89	61,9	3,81
P90	55,5	4,45
P91	47,6	5,24
P92	38,9	6,11
P93	39,4	6,06
P95	33,9	6,61
P96	30,1	6,99
P97	27,8	7,22
P98	26,9	7,31
P99	24,8	7,52
P100	17,7	8,23
P101	12,6	8,74

-3 BAR

-3 BAR

P51	10,1	97,872	87,772	57,772	Č62-P80	0,035	0,012
P52	10,6	97,919	87,319	57,319	Č62-C63	0,072	0,012
P53	14,8	97,922	83,122	53,122	Č63-P81	0,096	0,012
P54	5,2	97,791	92,591	62,591	Č63-C64	0,115	0,012
P55	5,5	97,668	92,168	62,168	Č64-C65	0,197	0,012
P56	11,2	97,529	86,329	56,329	Č65-P87	0,029	0,012
P57	10,8	97,616	86,816	56,816	Č65-P86	0,018	0,012
P58	15,1	97,496	82,396	52,396	Č64-C66	0,029	0,012
P59	9,5	97,496	87,996	57,996	Č66-P82	0,017	0,012
P60	14	97,378	83,378	53,378	Č66-P83	0,017	0,012
P61	10,5	97,391	86,891	56,891	Č66-C67	0,149	0,012
P62	15,1	97,278	82,178	52,178	Č67-P84	0,015	0,012
P63	17,8	97,280	79,480	49,480	Č67-HOT.PARK	0,015	0,012
P64	10	97,163	87,163	57,163	Č55-C57	0,101	0,012
P65	18,3	97,162	78,862	48,862	Č57-P73	0,029	0,012
P66	15,5	97,045	81,545	51,545	Č57-C58	0,086	0,012
P67	16,2	96,929	80,729	50,729	Č58-P74	0,024	0,012
KAMP	9,8	96,769	86,969	56,969	Č58-C59	0,068	0,012
P68	47,7	96,364	50,664	50,664	Č59-P75	0,020	0,012
P69	45	96,321	53,321	53,321	Č59-C60	0,108	0,012
P70	43,2	96,320	55,120	55,120	Č60-P76	0,024	0,012
P71	35,3	96,127	62,827	62,827	Č60-P77	0,047	0,012
P72	32,6	96,146	65,546	65,546	Č52-C68	0,159	0,012
P73	39,7	96,114	58,414	58,414	Č68-P88	0,017	0,012
P74	25	97,970	72,970	72,970	Č68-C69	0,285	0,012
P75	35,2	97,857	62,657	62,657	Č69-P89	0,028	0,012
P76	35,4	97,834	62,434	62,434	Č69-C70	0,088	0,012
P77	25	97,834	72,834	72,834	Č70-P90	0,046	0,012
P78	28,6	96,148	69,548	69,548	Č70-C71	0,046	0,012
P79	27,4	96,141	70,741	70,741	Č71-P91	0,030	0,012
P80	21,3	96,020	76,720	46,720	Č71-P92	0,026	0,012
P81	14,6	97,887	83,287	53,287	Č71-C72	0,095	0,012
P82	15	97,823	82,823	52,823	Č72-P93	0,024	0,012
P83	13,9	97,823	83,923	53,923	Č72-C73	0,070	0,012
P84	12,8	97,675	84,875	54,875	Č73-C76	0,044	0,012
HOT.PARK.	12,3	97,675	85,375	55,375	Č76-P98	0,016	0,012
P86	19,7	97,654	77,954	47,954	Č76-C77	0,079	0,012
P87	23,2	97,643	74,443	44,443	Č77-P95	0,018	0,012
P88	55,4	96,267	42,867	42,867	Č77-P96	0,076	0,012
P89	61,9	97,972	36,072	36,072	Č77-P97	0,015	0,012
P90	55,5	97,866	42,366	42,366	Č73-C74	0,070	0,012
P91	47,6	97,836	50,236	50,236	Č74-C75	0,030	0,012
P92	38,9	97,840	58,940	58,940	Č75-P99	0,044	0,012
P93	39,4	97,748	58,348	58,348	Č75-P100	0,041	0,012
P95	33,9	97,562	63,662	33,662	Č74-P101	0,099	0,012
P96	30,1	97,504	67,404	37,404			
P97	27,8	97,565	69,765	39,765			
P98	26,9	97,643	70,743	40,743			
P99	24,8	97,559	72,759	42,759			
P100	17,7	97,562	79,862	49,862			
P101	12,6	97,533	84,933	54,933			

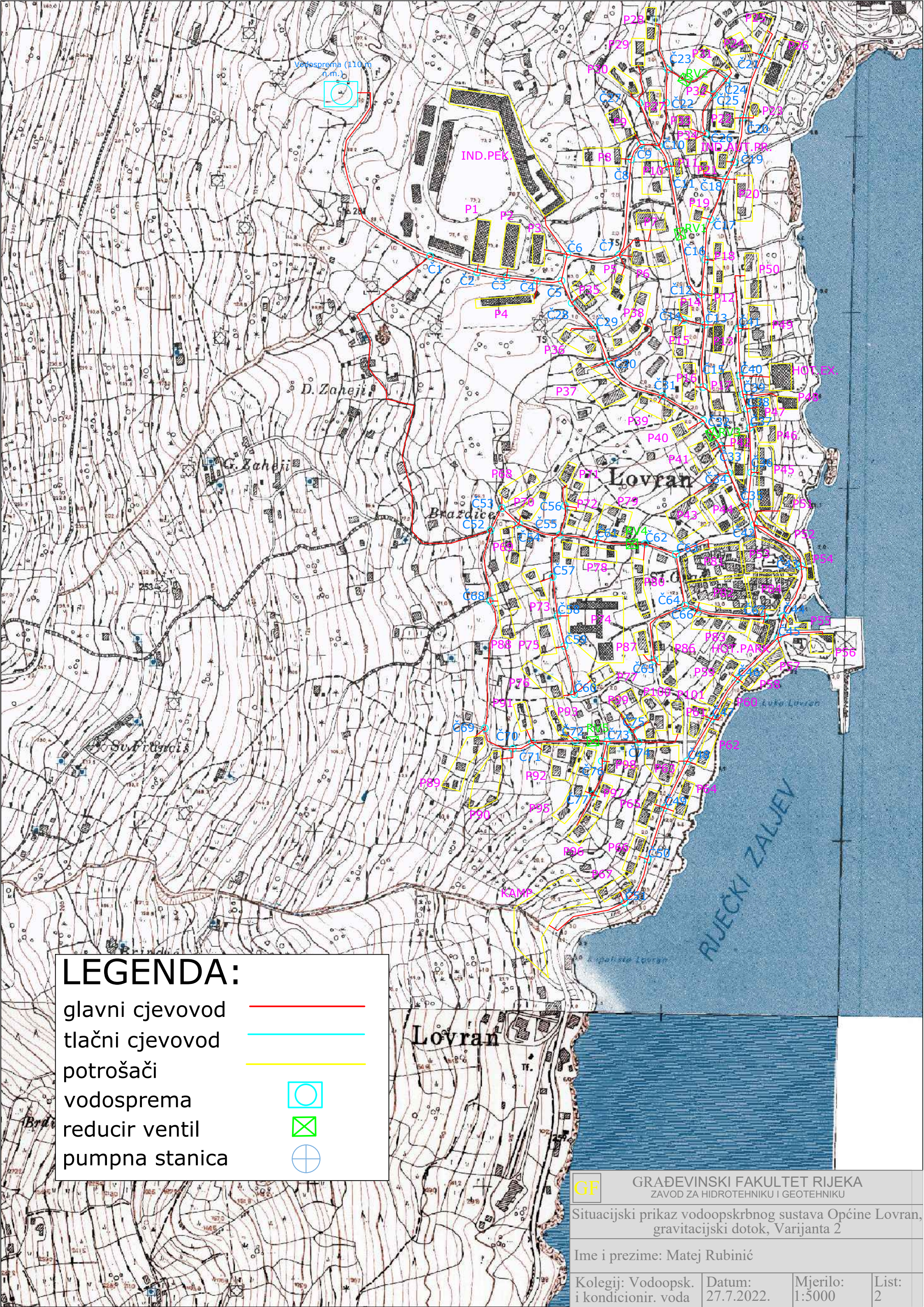


# LEGENDA:

- glavni cjevovod —
- tlačni cjevovod —
- potrošači —
- vodosprema □
- reducir ventil X
- pumpna stanica ⊕

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
 ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU  
 Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran,  
 gravitacijski dotok, Varijanta 1

Ime i prezime: Matej Rubinić  
 Kolegij: Vodoopsk. i kondicionir. voda    Datum: 27.7.2022.    Mjerilo: 1:5000    List: 1



# LEGENDA:

- glavni cjevovod —
- tlačni cjevovod —
- potrošači —
- vodosprema ◻
- reducir ventil ⊗
- pumpna stanica ⊕

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
 ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU  
 Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava Općine Lovran,  
 gravitacijski dotok, Varijanta 2

Ime i prezime: Matej Rubinić  
 Kolegij: Vodoopsk. i kondicionir. voda    Datum: 27.7.2022.    Mjerilo: 1:5000    List: 2



Vodosprema  
(100 m n.m.)

Pumpna  
stanica na  
koti od 10  
m n.m.

# LEGENDA:

- glavni cjevovod —
- tlačni cjevovod —
- potrošači —
- vodosprema ○
- reducir ventil ⊗
- pumpna stanica ⊕

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava općine Lovran,  
dotok crpljenjem, Varijanta 1

Ime i prezime: Matej Rubinić

Kolegij: Vodoopsk. i kondicionir: voda	Datum: 11.8.2022.	Mjerilo: 1:5000	List: 3
---	----------------------	--------------------	------------





Vodosprema (100 m n.m.)

Pumpna stanica na koti od 50 m n.m.

# LEGENDA:

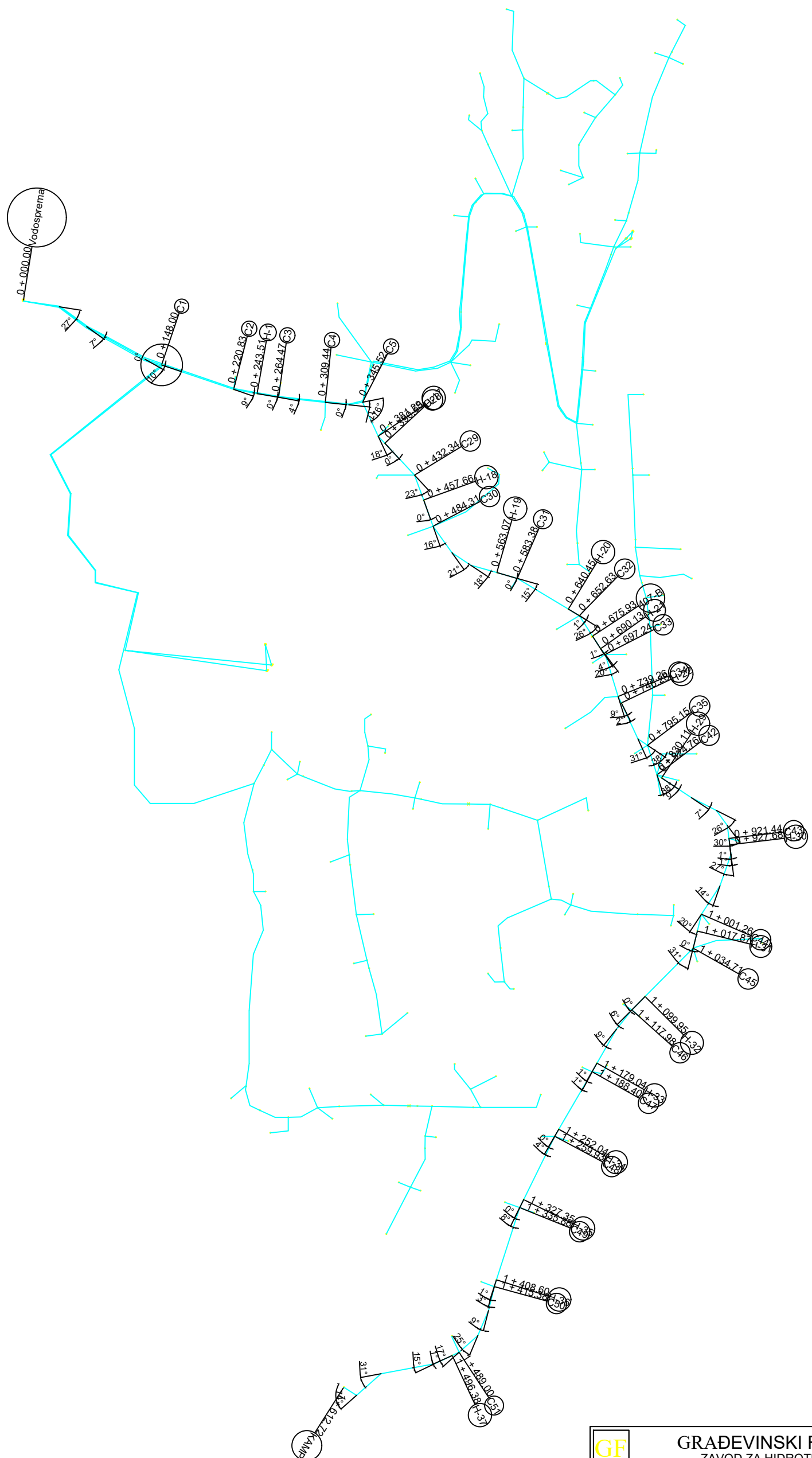
- glavni cjevovod —
- tlačni cjevovod —
- potrošači —
- vodosprema ○
- reducir ventil ⊗
- pumpna stanica ⊕

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
 ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU  
 Situacijski prikaz vodoopskrbnog sustava općine Lovran,  
 dotok crpljenjem, Varijanta 2

Ime i prezime: Matej Rubinić

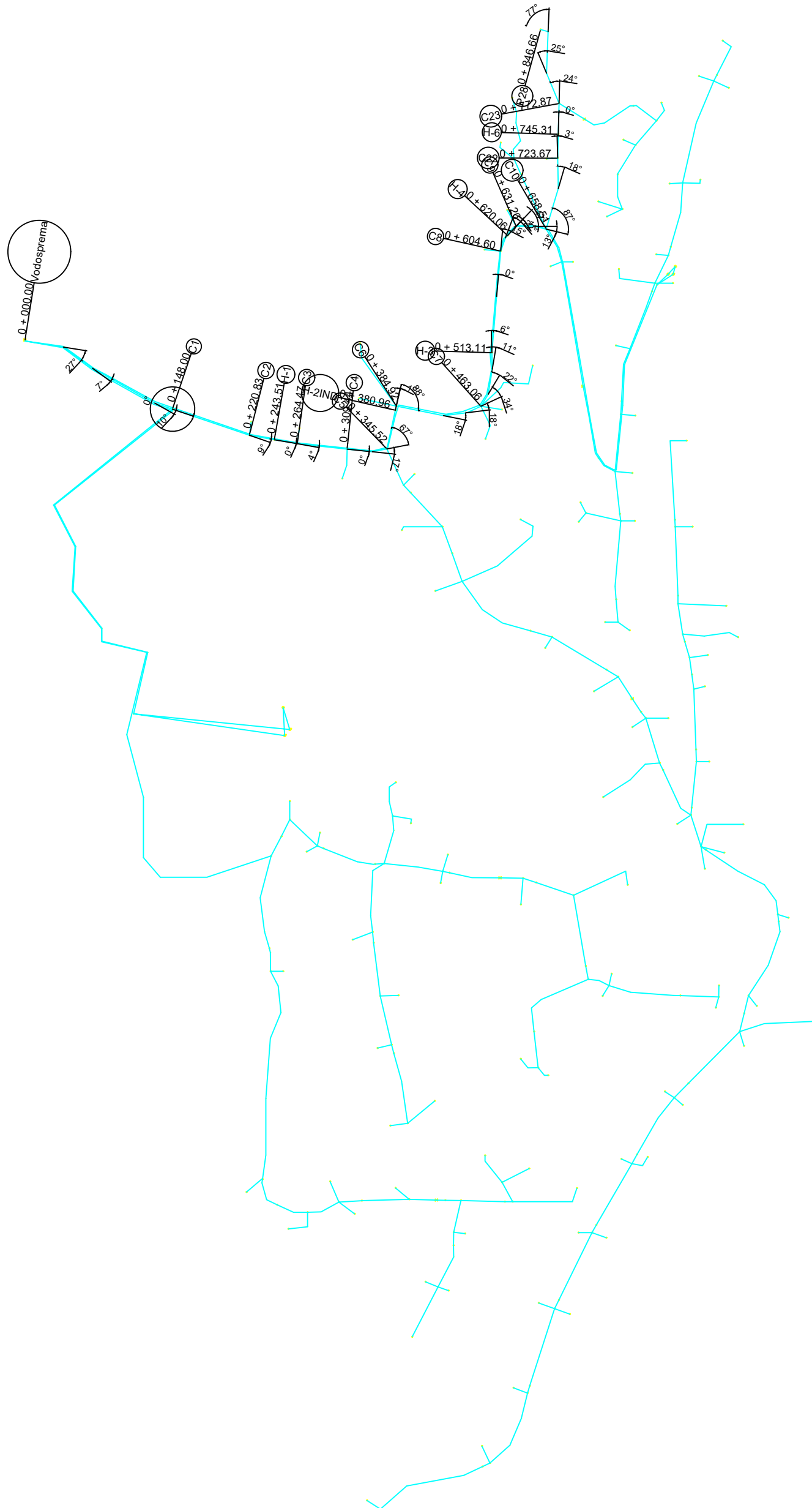
Kolegij: Vodoopsk. i kondicionir. voda	Datum: 11.8.2022.	Mjerilo: 1:5000	List: 4
--	-------------------	-----------------	---------

Plan iskolčenja od vodotornja  
V1 do potrošača KAMP  
M 1:10000



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU		
	Plan iskolčenja od vodotornja V1 do potrošača KAMP		
Ime i prezime: Matej Rubinić			
Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda	Datum: 27.7.2022.	Mjerilo: 1:10000	List: 5

Plan iskolčenja od vodotornja  
V1 do potrošača P28  
M 1:10000



GF	GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU		
	Plan iskolčenja od vodotornja V1 do potrošača P28		
Ime i prezime: Matej Rubinić			
Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda	Datum: 27.7.2022.	Mjerilo: 1:10000	List: 6

Plan iskolčenja od čvora 52 do potrošača HOTEL PARK  
M 1:10000

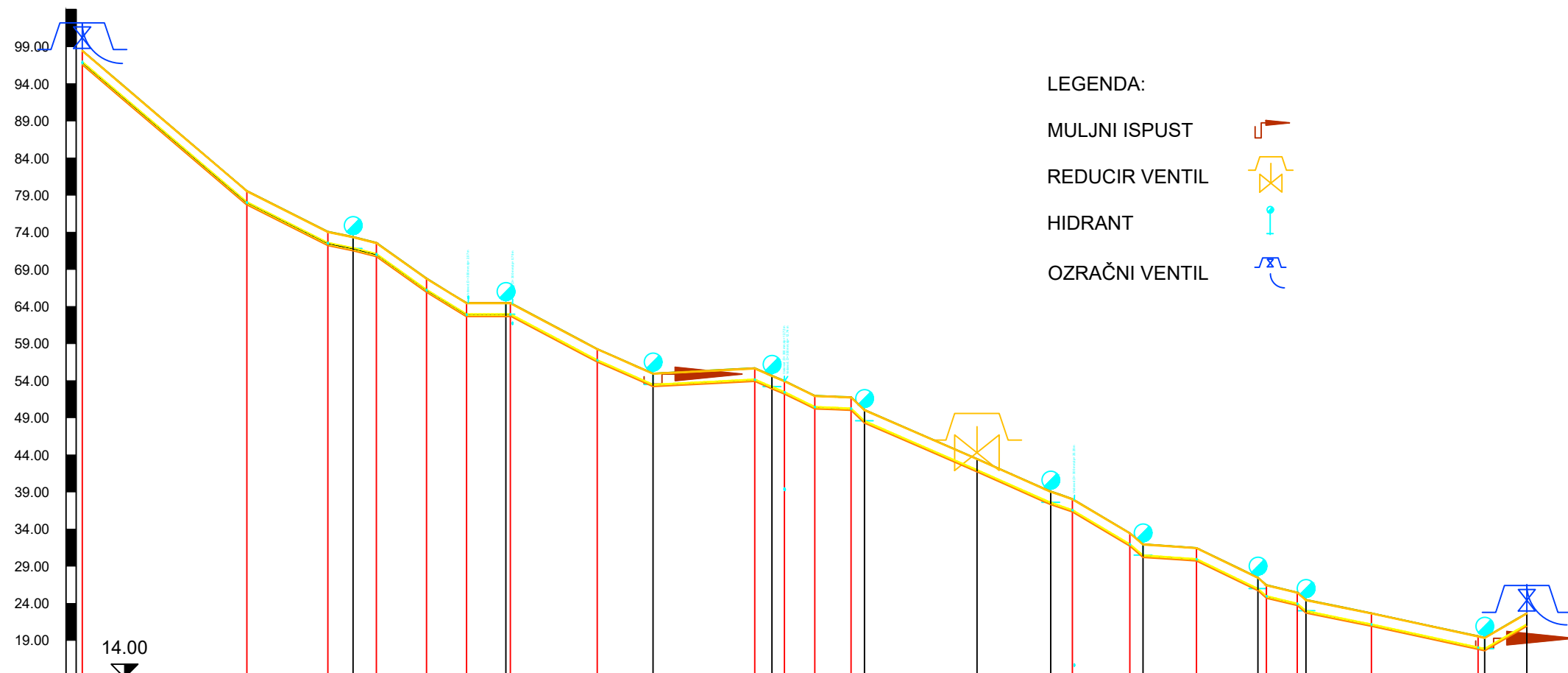


<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU		
Plan iskolčenja od čvora 52 do potrošača HOTEL PARK			
Ime i prezime: Matej Rubinić			
Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda	Datum: 27.7.2022.	Mjerilo: 1:10000	List: 7



# Vodosprema - P25

## M:1:500/75



LEGENDA:

- MULJNI ISPUST
- REDUCIR VENTIL
- HIDRANT
- OZRAČNI VENTIL

Naziv	Vodosprema	C1	C2	H-1	C3	C4	C5	H-2IND	C6	C7	H-3	C8	H-4	C9	C10	C11	H-9	404-B	H-10	C12	C16	H-11	C17	H-12	C18	C19	H-13IND	C20	C21	H-14	P25	
Visina terena [m n.m.]	98.50	79.60	74.10	73.40	72.60	67.80	64.50	64.50	64.50	58.30	55.00	55.70	54.70	54.00	52.00	51.80	50.10	43.50	38.10	38.10	33.50	32.00	31.50	27.50	26.50	25.50	24.50	22.70	19.60	19.40	22.70	
Visina nivelete [m n.m.]	96.83	77.65	72.45	71.75	70.95	66.15	62.85	62.88	62.88	56.70	53.40	53.90	54.10	53.10	52.40	50.40	50.20	48.50	41.90	37.50	36.50	31.90	30.40	29.90	25.90	24.90	23.90	22.90	21.10	18.00	18.00	21.10
Dubina nivelete [m]	1.67	1.67	1.65	1.65	1.65	1.65	1.63	1.63	1.63	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Visina dna rova [m n.m.]	96.55	77.05	72.20	71.50	70.70	65.90	62.60	62.65	62.68	55.50	53.20	53.90	54.10	53.10	52.20	50.20	50.20	48.30	41.70	37.30	36.30	31.70	30.20	29.70	25.70	24.70	23.70	22.70	20.90	17.80	17.80	20.90
Dubina dna rova [m]	1.95	1.94	1.90	1.90	1.90	1.90	1.85	1.85	1.85	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Duljina dionice [m]		148.00	72.83	22.69	20.94	44.97	36.08	35.44	3.97	78.14	50.05	91.49	15.44	11.21	27.25	32.72	19.94	101.22	66.28	19.51	51.55	1.79	48.19	55.07	7.40	27.64	8.87	58.73	95.88	3.91	37.90	
Pad [%]		12.77	7.55	3.09	3.82	10.67	9.15	0.00		7.93	6.59	-0.77	6.47	6.25	7.34	0.61	4.24	6.52	6.64	5.11	8.92	2.73	1.04	7.26	12.82	3.61	12.71	3.06	3.23	3.38	-8.71	
Materijal cijevi																																
Nazivni promjer cijevi [mm]		350.00		300.00					250.00												200.00											
Horizontalni kut - Otklon		0.00°		8.88°	0.04°	3.94°	-0.00°		66.78°	-0.91°	-1.11°		-15.13°	-1.11°	-46.64°		44.96°		-6.32°	-0.67°												
Vertikalni kut - Otklon		2.98°		2.55°	-0.42°	-3.91°	0.87°		5.23°	0.00°	-4.54°		-4.14°	0.13°	-0.62°		3.85°		-7.76°	4.37°												
Visina piezometra [m]		2.98		2.55	-0.42	-3.91	0.87		5.23	0.00	-4.54		-4.14	0.13	-0.62		3.85		-7.76	4.37												
Stacionaže čvorova	0+00.00	0+148.00	0+220.83	0+243.52	0+264.46	0+309.43	0+345.51	0+349.48	0+353.45	0+403.59	0+453.73	0+504.12	0+519.82	0+530.93	0+542.04	0+553.15	0+564.26	0+614.65	0+674.93	0+694.43	0+713.93	0+732.43	0+750.93	0+769.43	0+787.93	0+806.43	0+824.93	0+843.43	0+861.93	0+880.43	0+898.93	0+917.43
Duljina/Pad																																
Schema topologije čvora																																

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

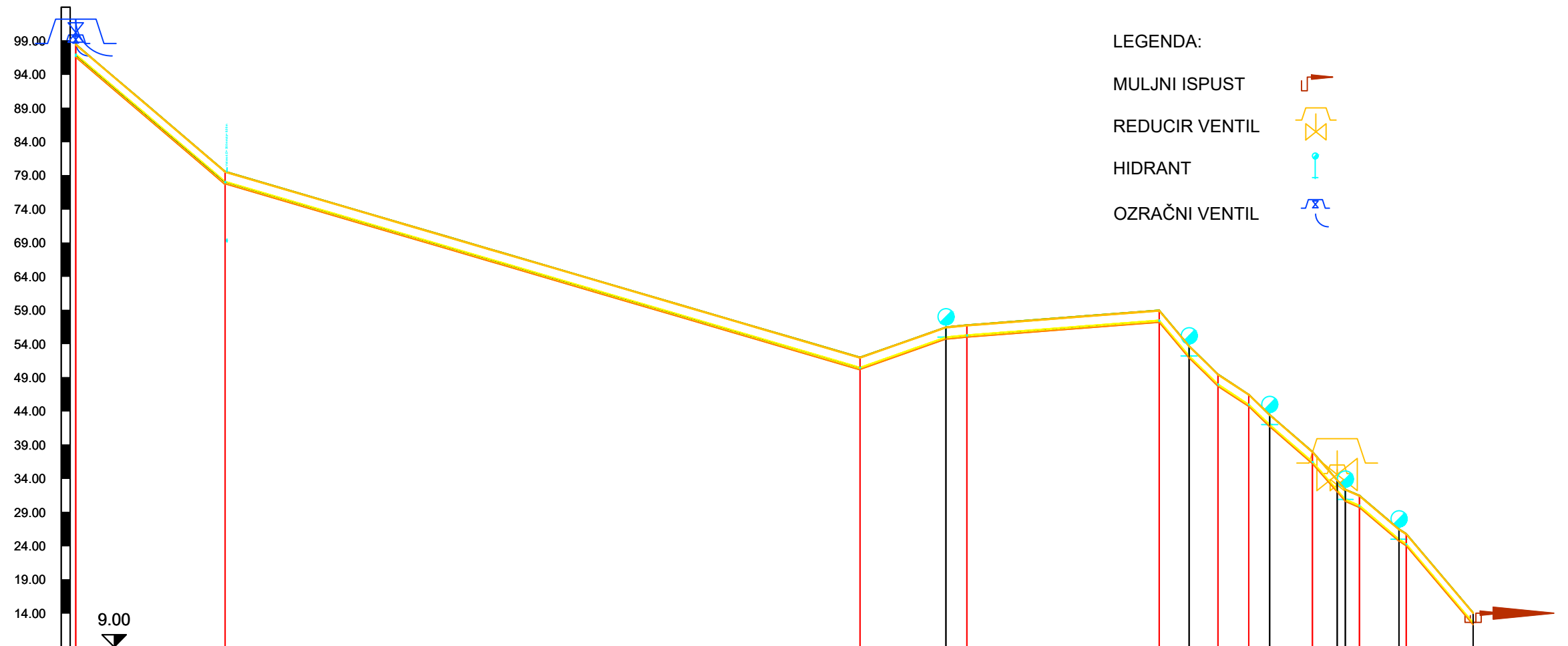
**UZDUŽNI PROFIL DIONICE OD VODOSPREME DO POTROŠAČA P25**

Ime i prezime: Matej Rubinić

Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda	Datum: 11.8.2022.	Mjerilo: 1:500/75	List: 9
---	-------------------	-------------------	---------

# Vodosprema - P101

## M:1:500/75



LEGENDA:

- MULJNI ISPUST
- REDUCIR VENTIL
- HIDRANT
- OZRAČNI VENTIL

Naziv	Vodosprema	C1	C2	H-48 C68	C69	H-49 C70	C71	H-50	C72	410-B H-51 C73	H-53 C74	P101					
Visina terena [m n.m.]	98.50	79.60	52.00	56.50 56.80	59.00	53.70 49.50	46.50 43.50	38.00	33.80 32.40 31.50	26.50 25.80	14.10						
Visina nivelete [m n.m.]	96.83	77.92 / 77.97	50.20 / 50.40	54.00 / 55.20	57.40	52.10 / 47.90	44.90 / 41.90	36.40	32.00 / 30.80 / 29.90	24.50 / 24.20	12.50						
Dubina nivelete [m]	1.67	1.67 / 1.63	1.63 / 1.60	1.60 / 1.60	1.60	1.60 / 1.60	1.60 / 1.60	1.60	1.60 / 1.60 / 1.60	1.60 / 1.60	1.60						
Visina dna rova [m n.m.]	96.55	77.65 / 77.75	50.15 / 50.20	54.70 / 55.00	57.20	51.90 / 47.70	44.70 / 41.70	36.20	32.00 / 30.60 / 29.70	24.70 / 24.00	12.30						
Dubina dna rova [m]	1.95	1.95 / 1.85	1.85 / 1.80	1.80 / 1.80	1.80	1.80 / 1.80	1.80 / 1.80	1.80	1.80 / 1.80 / 1.80	1.80 / 1.80	1.80						
Duljina dionice [m]		148.00	628.85	85.09	20.71	190.45	29.75	28.56	30.48	20.63	42.42	24.50	7.97	14.06	39.22	7.08	66.32
Pad [%]		12.77	4.39	-5.29	-1.45	-1.16	17.81	14.71	9.84	14.54	12.97	17.14	17.57	6.40	12.75	9.88	17.64
Materijal cijevi																	
Nazivni promjer cijevi [mm]		350.00	250.00			200.00											
Horizontalni kut - Otklon				5.54°	123.03°												
Vertikalni kut - Otklon		4.76°	122.37°														
Visina piezometra [m]																	
Stacionaže čvorova	0+0+00.0	0+1+48.0	0+7+76.8	0+16+26.7	0+18+26.7	0+18+46.7	0+21+46.7	0+21+76.2	0+21+105.7	0+21+135.2	0+21+164.7	0+21+194.2	0+21+223.7	0+21+253.2	0+21+282.7	0+21+312.2	0+21+341.7
Duljina/Pad																	
Schema topologije čvora																	

**GF** GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

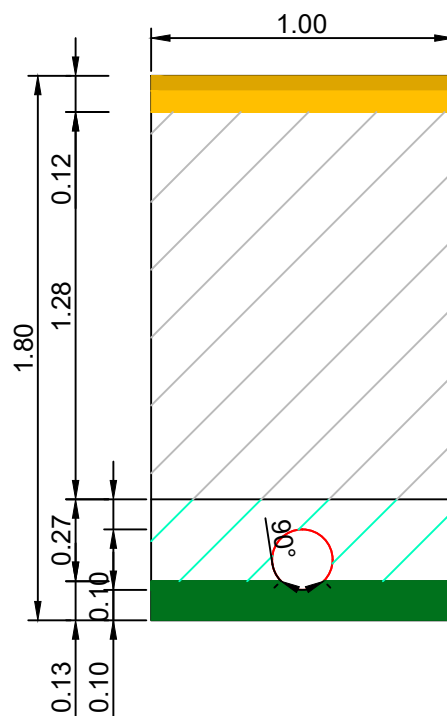
UZDUŽNI PROFIL DIONICE OD VODOSPREME DO  
POTROŠAČA P101

Ime i prezime: Matej Rubinić

Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda Datum: 11.8.2022. Mjerilo: 1:500/75 List: 10

# Karakteristični presjek rova

M 1:25

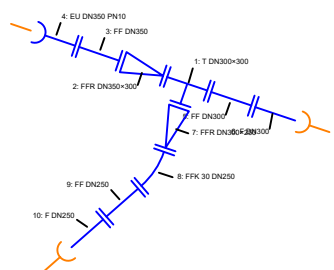


<b>GF</b>	GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU		
KARAKTERISTIČNI PRESJEK ROVA			
Ime i prezime: Matej Rubinić			
Kolegij: Vodoopskrba i kondicioniranje voda	Datum: 28.7.2022.	Mjerilo: 1:25	List: 11



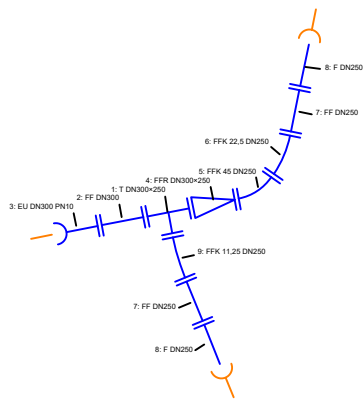
# Montaža sheme čvorova C1, C5, C45 i C64

C1



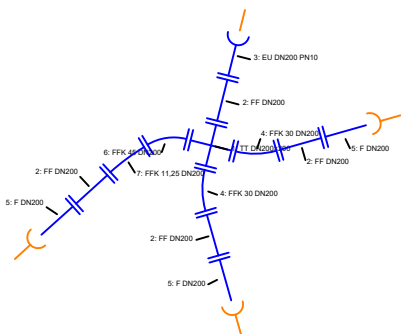
Pozicija	Tip	Nazivni promjer	Materijal	Količina
1	T	300.00 / 300.00	Dukali	1
2	FFR	350.00 / 300.00	Dukali	1
3	FF	350.00	Dukali	1
4	EU	350.00	Dukali	1
5	FF	300.00	Dukali	1
6	F	300.00	Dukali	1
7	FFR	300.00 / 250.00	Dukali	1
8	FFK30	250.00	Dukali	1
9	FF	250.00	Dukali	1
10	F	250.00	Dukali	1

C5



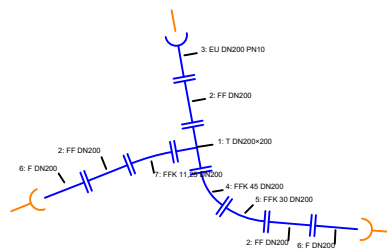
Pozicija	Tip	Nazivni promjer	Materijal	Količina
1	T	300.00 / 250.00	Dukali	1
2	FF	300.00	Dukali	1
3	EU	300.00	Dukali	1
4	FFR	300.00 / 250.00	Dukali	1
5	FFK45	250.00	Dukali	1
6	FFK22,5	250.00	Dukali	1
7	FF	250.00	Dukali	2
8	F	250.00	Dukali	2
9	FFK11,25	250.00	Dukali	1

C45



Pozicija	Tip	Nazivni promjer	Materijal	Količina
1	T	200.00	Dukali	1
2	FF	200.00	Dukali	2
3	EU	200.00	Dukali	1
4	FFK30	200.00	Dukali	2
5	F	200.00	Dukali	3
6	FFK45	200.00	Dukali	1
7	FFK11,25	200.00	Dukali	1

C64



Pozicija	Tip	Nazivni promjer	Materijal	Količina
1	T	200.00 / 200.00	Dukali	1
2	FF	200.00	Dukali	3
3	EU	200.00	Dukali	1
4	FFK45	200.00	Dukali	1
5	FFK30	200.00	Dukali	1
6	F	200.00	Dukali	2
7	FFK11,25	200.00	Dukali	1



GRAĐEVINSKI FAKULTET RIJEKA  
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU I GEOTEHNIKU

Montaža sheme čvorova C1, C5, C45 i C64

Ime i prezime: Matej Rubinić

Kolegij: Vodoopskrba  
i kondicioniranje voda

Datum:  
28.7.2022.

List:  
12