

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Komunalna smer

Kandidatka:
Jerneja Čepon

Hidravlični preračun vodovodnega omrežja Vodice

Diplomska naloga št.: 3043

Mentor:
prof. dr. Boris Kompare

Somentor:
asist. dr. Matej Uršič

Ljubljana, 23. 12. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Jerneja Čepon izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom: » Hidravlični preračun vodovodnega omrežja Vodice«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 10.12.2008

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.1.033
Avtor:	Jerneja Čepon
Mentor:	prof. dr. Boris Kompare, univ. dipl. inž. gradb.
Somentor:	asist. Matej Uršič, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.
Naslov:	Hidravlični preračun vodovodnega omrežja Vodice
Obseg in oprema:	96 str., 8 pregl., 14 sl., 37 graf., 3 pril.
Ključne besede:	pitna voda, vodovodno omrežje, hidravlični model, požarna varnost, tlak, predlog rekonstrukcije, občina Vodice

Izveček

Veliko slovenskih občin se srečuje s problematiko oskrbovanja s pitno vodo. Pojavlja se predvsem problem dotrajanosti cevovodov in objektov na omrežju, poddimenzioniranost omrežja ter neustrezna izbira materiala za cevovode. Z opisano problematiko se srečuje tudi občina Vodice, zato se je pokazala potreba po rekonstrukciji omrežja.

Izdelati je bilo potrebno hidravlični model vodovodnega omrežja Vodice, z njim preveriti delovanje celotnega omrežja in njegovo skladnost s trenutno veljavnimi standardi za normalno delovanje. Izkazalo se je, da je omrežje hidravlično preobremenjeno, zato so bile predlagane različne rešitve za izboljšanje sistema. Izbrana je bila optimalna rešitev, ki je bila podana kot končni predlog rekonstrukcije omrežja.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.1.033
Author: Jerneja Čepon
Supervisor: Prof. Boris Kompare, Ph. D.
Cosupervisor: Assist. Matej Uršič
Title: Hydraulic simulation of the Vodice water supply system
Notes: 96 p., 8 tab., 14 fig., 37 graph., 3 ann.
Key words: drinking water, water supply network, hydraulic model, pressure, fire security, reconstruction proposal, community Vodice

Abstract

Many Slovenian communities are facing drinking water supply issues. Major problems are the life span of pipelines and other supply system equipment, undersized water supply network and inappropriate pipeline material. The community of Vodice is facing the previously-described issues. A need to reconstruct and recondition the drinking water pipeline system was identified.

It was necessary to develop a hydraulic model of Vodice's drinking water pipeline system. A simulation, based on the hydraulic model, was used to analyze the current pipeline system's functionality and conformity with technical standards. Through this a deviation from the applicable technical standards was identified and various solutions to improve the pipeline system's functionality were proposed. The most optimal solution was selected for the reconstruction and reconditioning proposal.

ZAHVALA

Za pomoč in nasvete pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Borisu Kompari.

Hvala asist. Mateju Uršiču za pomoč, nasvete in strokovno podporo, predvsem pa za veliko potrpežljivost, ki jo je izkazal ob nastajanju tega diplomskega dela.

Zahvalila bi se tudi svojim najbližjim, staršem in bratu, ki so mi omogočili študij, mi stali ob strani in mi pomagali vsak dan narediti lepši.

VIII ČEPON, J. 2008. Hidravlični preračun vodovodnega omrežja Vodice.
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Komunalna smer.

KAZALO VSEBINE

KAZALO PREGLEDNIC	XI
KAZALO SLIK	XII
KAZALO GRAFIKONOV	XIII
1 UVOD.....	15
1.1 Namen diplomske naloge	15
2 PODATKI O OBSTOJEČEM OMREŽJU	17
2.1 Splošne značilnosti	17
2.2 Pridobivanje in prikaz podatkov, potrebnih za izdelavo naloge.....	18
2.2.1 Pridobivanje demografskih podatkov, podatkov o obstoječem stanju in porabi vode.....	18
2.2.2 Prikaz podatkov o obstoječem stanju na vodovodnem omrežju in podatkov o količini porabljene vode	20
3 HIDRAVLIČNI MODEL IN ANALIZA IZRAČUNA ZA OBSTOJEČE STANJE IN PREDVIDENO STANJE V PRIMERU POŽARA	34
3.1 Opis hidravličnega modela in analiza izračuna za obstoječe stanje	34
3.1.1 Podatki, predpostavke in prilagoditve pri hidravličnem izračunu za obstoječe stanje	34
3.2 Analiza hidravličnega izračuna za obstoječe stanje.....	53
3.2.1 Analiza hidravličnega izračuna za čas enega dneva (24 ur)	53
3.2.2 Analiza hidravličnega izračuna za čas 3 dni (72 ur) in 7 dni (168 ur).....	55
3.2.3 Analiza hidravličnega izračuna v času najvišje dnevne porabe.....	59
3.2.4 Analiza hidravličnega izračuna v času najmanjše dnevne porabe.....	60
3.3 Opis in izračun hidravličnih razmer v primeru gašenja požara	61
3.3.1 Podatki, predpostavke in poenostavitve pri hidravličnem izračunu za stanje v primeru gašenja požara	61
3.4 Analiza hidravličnega izračuna za stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara.....	64
3.4.1 Analiza hidravličnega izračuna za celotno omrežje za stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara	64
3.4.2 Analiza hidravličnega izračuna za stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe	66
4 IDENTIFIKACIJA MOŽNIH REŠITEV	67
4.1 Nujne rešitve z eno samo možnostjo izvedbe.....	67

4.2	Nujne rešitve z različnimi možnostmi izvedbe	68
4.2.1	Predstavitev različnih možnosti izvedbe	69
5	HIDRAVLIČNI MODEL IN ANALIZA HIDRAVLIČNEGA IZRAČUNA ZA REKONSTRUIRANO STANJE	70
5.1	Opis hidravličnega modela za rekonstruirano stanje.....	70
5.1.1	Podatki, predpostavke in prilagoditve pri hidravličnem izračunu za rekonstruirano stanje.....	70
5.2	Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje	73
5.3	Opis in izračun hidravličnih razmer za rekonstruirano stanje v primeru gašenja požara	79
5.4	Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara.....	80
5.4.1	Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara.....	81
5.4.2	Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje porabe	82
6	KONČNI PREDLOG REKONSTRUKCIJE	87
7	DISKUSIJA	88
8	ZAKLJUČEK.....	90
VIRI	92
PRILOGE	95

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki o neobratujočem vodohranu Šinkov Turn (Tehnični podatki o vodohranih, 2007).....	24
Preglednica 2: Tehnični podatki o obratujočih vodohranih Bukovica in Repnje (Tehnični podatki o vodohranih, 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007)	25
Preglednica 3: Tehnični podatki o hidropostajah (Matavulj G., 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007).....	28
Preglednica 4: Tehnični podatki o črpališču Vodice (Tehnični podatki o črpališču, 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007).....	30
Preglednica 5: Tehnični podatki za vodohrana Bukovica in Repnje, uporabljeni v modelu....	36
Preglednica 6: Razporeditev porabe vode po skupinah (Poročilo o prodani vodi..., 2008)	37
Preglednica 7: Procentualni prikaz letne porabe pitne vode glede na skupino in podskupine (Poročilo o prodani vodi..., 2008)	39
Preglednica 8: Prikaz podatkov porabe vode uporabljenih v modelu	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema vodovodnega omrežja Vodice	22
Slika 2: Vodohran Bukovica 1	26
Slika 3: Vodohran Bukovica 2	26
Slika 4: Vodohran Repnje	27
Slika 5: Hidropostaja Utik.....	29
Slika 6: Hidropostaja Šinkov Turn.....	29
Slika 7: Črpališče Vodice.....	30
Slika 8: Črpališče Vodice - notranjost	31
Slika 9: Črpališče Vodice – notranjost.....	31
Slika 10: Lega vozlišč M1. K27. T25 in M1. K27. T28 v omrežju.....	63
Slika 11: Prikaz lokacij novih hidroforjev v omrežju	71
Slika 12: Lega zaprtih cevi v omrežju	73
Slika 13: Lega vozlišč M1. K.28. T2 in M1. K2. T5 v omrežju.....	80
Slika 14: Lokacija hidroforja Vodice 1, točke M1.K28.T30 in cevi M1.K28.P28 v omrežju.....	83

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Korelacijski koeficienti za primerjavo vzorca porabe vode v dveh zaporednih dneh v času od 4.1. 2008 do 16.3. 2008	33
Grafikon 2: Vzorec porabe – Gospodinjstva in javna poraba – vaško naselje (Gradbeniški priročnik, 2008)	40
Grafikon 3: Vzorec porabe – Gospodinjstva in javna poraba – mestno naselje (Gradbeniški priročnik, 2008)	41
Grafikon 4: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m ³ letno - Gostilna Skaručna, (Nedokumentiran vir 2)	41
Grafikon 5: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m ³ letno (Laboratorijska tehnika Burnik) (Nedokumentiran vir 3).....	42
Grafikon 6: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m ³ letno (Pečarstvo Fujan) (Nedokumentiran vir 4).....	42
Grafikon 7: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki pod 1000 m ³ letno (Nedokumentiran vir 4)	43
Grafikon 8: Vzorec porabe – Kmetijstvo (Nedokumentiran vir 1)	43
Grafikon 9: Vzorec porabe – Ustanove (Nedokumentiran vir 5)	44
Grafikon 10: Vzorec skupne porabe vode	46
Grafikon 11: Izračunano nihanje gladine v vodohranu Komenda.....	49
Grafikon 12: Primerjava merjenih in izračunanih tlakov	50
Grafikon 13: Primerjava merjenih in izračunanih pretokov	52
Grafikon 14: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 24 ur	53
Grafikon 15: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 24 ur	54
Grafikon 16: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 72 ur	55
Grafikon 17: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 168 ur	55
Grafikon 18: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 72 ur	56
Grafikon 19: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 168 ur	57
Grafikon 20: Primerjava merjenega in izračunanega nihanja gladine v vodohranu Bukovica za čas 4 dni (96 ur)	58
Grafikon 21: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1. K24. T21 v času 72 ur	59
Grafikon 22: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1. K27. T26 v času 72 ur	60
Grafikon 23: Vzorec porabe – Požar (Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov, 1991).....	62

Grafikon 24: Nihanje gladine vode v vodohranu Repnje za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)	64
Grafikon 25: Nihanje gladine vode v vodohranu Bukovica v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure).....	65
Grafikon 26: Krivulja črpanja za novo dodana hidroforja (Hydro MPC..., 2005).....	72
Grafikon 27: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 24 ur	74
Grafikon 28: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 24 ur	75
Grafikon 29: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 72 ur	76
Grafikon 30: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 168 ur	76
Grafikon 31: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 72 ur	77
Grafikon 32: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 168 ur	77
Grafikon 33: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)	81
Grafikon 34: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)	82
Grafikon 35: Krivulja črpanja za dodaten hidrofor vzporeden s cevjo M1.K28.P28	84
Grafikon 36: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1.K28.T6 v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.20 ure)	85
Grafikon 37: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1.K28.T2 v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.20 ure)	85

1 UVOD

Pitna voda je eno od najpomembnejših živil. Zanesljiva, varna, nemotena in strogo nadzorovana oskrba s pitno vodo je ključnega pomena za zdravje in kakovost življenja. V Sloveniji imamo za oskrbo s pitno vodo preko 1000 vodovodnih sistemov, ki skupaj oskrbujejo preko 90 % vseh prebivalcev (Pitna voda, 2007).

Vodovodni sistemi so v veliki večini v občinski lasti, zato se veliko slovenskih občin srečuje s problematiko oskrbovanja s pitno vodo. Pojavlja se predvsem problem dotrajanosti cevovodov in objektov na omrežju, poddimenzioniranost omrežja ter neustrezna izbira materiala za cevovode. Posledica naštetega so velike izgube vode, motnje pri dobavljanju pitne vode in veliki obratovalni stroški vodovodnega sistema. Izgube so veliko finančno breme, potrebno pa je upoštevati tudi dejstvo, da je s pitno vodo potrebno ravnati gospodarno, saj njeni viri niso neomejeni. Občinske uprave želijo imeti urejene vodovodne sisteme, kljub temu pa so sanacije in rekonstrukcije le teh zaradi velikih finančnih stroškov velikokrat postavljene v drugi plan. Vodovodni sistemi so tako v številnih primerih v zelo slabem stanju in ne zagotavljajo zadostnih količin kvalitetne pitne vode. Glede na pomen pojma pitne vode pa navedena problematika ni zanemarljiva. S predstavljeno problematiko se srečuje tudi občina Vodice.

1.1 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Študijski program, ki sem ga obiskovala, zagotavlja predvsem pridobivanje teoretičnega znanja, ki je pomemben temelj mojega nadaljnjega dela. Kljub vajam, kjer naj bi praktično uporabljali pridobljeno teoretično znanje, pa sem med študijem pogrešala več praktičnega dela. Tako sem se odločila, da se z njim srečam pri izdelavi diplomskega dela.

Odločila sem se za izdelavo zasnove projekta rekonstrukcije vodovodnega omrežja Vodice. Pri tem naj bi uporabila v času študija pridobljeno znanje, se spoznala z osnovami projektiranja in se srečala tudi s problemi, ki se ob izdelavi takih projektov pojavljajo.

Glavni namen diplomske naloge je pridobiti in prikazati vse podatke, ki so potrebni za izdelavo hidravličnega preračuna, in izdelava le tega za obstoječi vodovodni sistem občine Vodice.

S hidravličnim modelom je potrebno preveriti delovanje celotnega omrežja in njegovo skladnost s trenutno veljavnimi standardi. Na osnovi simulacij sedanjega in predvidenega stanja je potrebno podati predlog rekonstrukcije omrežja, ki bo odpravil pomankljivosti.

Pri predlogu rekonstrukcije je potrebno preveriti več različnih variantnih rešitev in z utemeljitvijo predlagati najbolj optimalno rešitev. Optimalna rešitev naj bi upoštevala tri kriterije:

- zadostno količino in kakovost dobavljene pitne vode,
- ustrezen tlak v omrežju,
- zagotavljanje požarne varnosti.

2 PODATKI O OBSTOJEČEM OMREŽJU

2.1 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI

Občina Vodice se razprostira na severnem delu gravitacijskega območja Ljubljane. Razteza se od Šmarne gore na jugu do Brnika na severu. Na jugu meji na Mestno občino Ljubljana, na severu na Crklje na Gorenjskem, na zahodu na občino Medvode, na vzhodu pa na občini Komenda in Mengeš (Slovenske občine).

Celotno občino sestavlja 15 manjših naselij in 1 večje središčno naselje – Vodice. Skupno število vseh prebivalcev v občini je 4217. Večina prebivalstva je vezana na dnevne migracije v večja okoliška središča, tako da v občini ni večjih industrijskih obratov. Glede na to, da občina leži pretežno na kmetijskem območju, je kmetijska dejavnost močno prisotna (Predstavitev občine Vodice).

Vodovodni sistem Vodice je del medobčinskega vodooskrbnega sistema Krvavec, ki se je začel graditi leta 1959. Povezovalni cevovod iz vodooskrbnega sistema poteka preko polja med Komendo in Vodiciami. Prve vodovodne povezave v sami občini Vodice so bile zgrajene leta 1966. V kasnejših letih so omrežje razširili, leta 1998 so nanj priključili tudi lastno črpališče. V zadnjih letih so poleg širitve cevovodni sistem in objekte delno tudi rekonstruirali in sanirali. V zadnjem času bi bilo omrežje potrebno temeljite prenove oz. rekonstrukcije, saj se poleg občasnih problemov z dobavo zadostne količine pitne vode pojavljajo predvsem velike izgube vode (Sirc, 2008).

2.2 PRIDOBIVANJE IN PRIKAZ PODATKOV, POTREBNIH ZA IZDELAVO NALOGE

2.2.1 Pridobivanje demografskih podatkov, podatkov o obstoječem stanju in porabi vode

Za izdelavo diplomske naloge je bilo potrebno pridobiti vse podatke o obstoječem vodovodnem sistemu, objektih in napravah na njem, demografske podatke ter podatke o številu in vrsti porabnikov in količini porabljene pitne vode. Na videz zelo enostavna naloga se je na koncu izkazala za skoraj najbolj zapleteno, predvsem pa časovno najbolj dolgotrajno.

Pridobivanje podatkov se je začelo na Občini Vodice, kjer pa žal s tovrstnimi podatki ne razpolagajo.

Občina Vodice je bila ustanovljena leta 1995. Z ustanovitvijo nove občine se je pojavil problem oskrbe s pitno vodo in predvsem problem upravljanja vodovodnega omrežja. Pri tem se je v naslednjih desetih letih zamenjalo preko pet različnih upravljalcev. Skromna dokumentacija, ki je na občini že obstajala, je upravljalcem bila predana, vendar ob koncu opravljanja funkcije upravljalca občini ni bila vrnjena. Upravljalci, ki se med leti 1995 in 2005 upravljali z vodovodnim sistemom, so občini predajali le najnujnejšo sprotno dokumentacijo v zelo skopi obliki. Komunikacije glede podatkov med njimi pa zaradi konkurenčnosti in slabih odnosov ni bilo (Sirc, 2008).

Leta 2005 je Občina Vodice ustanovila Javno podjetje Komunala Vodice, čigar dejavnosti so (Odlok o ustanovitvi ..., 2005):

- oskrba s pitno vodo,
- oskrba industrijskih in drugih porabnikov z vodo ter oskrba naselij s požarno vodo v javni rabi, javna pooblastila in druge naloge, ki mu jih zaupa ustanovitelj in druge pravne osebe.

Občina je podjetju predala vso dokumentacijo s področja vodovoda, s katero je razpolagala. Glede na razmere v preteklosti pa je ta dokumentacija bila zelo slaba.

Nekaj osnovnih podatkov o omrežju je bilo pridobljenih od JP Komunla Vodice, ostali podatki o objektih na omrežju in njihovih tehničnih lastnostih pa pri trenutnem vzdrževalcu omrežja, podjetju Prenova gradbenik d.o.o.

Zataknilo se je pri podatkih o količinah porabljene vode. Glede na to, da je JP Komunala Vodice dolžna enkrat letno posredovati podatke o količini porabljene vode Agenciji Republike Slovenije za okolje ter glede na dejstvo, da za pretekla leta niso razpolagali z realnimi podatki, so bili za leto 2007 pridobljeni šele februarja 2008.

Osnovni pridobljeni podatki so bili:

- podatki o količini prodane vode v času od 1. 1. 2007 do 31. 1. 2008 (Poročilo o prodani vodi..., 2008),
- izhodni pretoki in izhodni tlaki na črpališču (Banovec, 2008a),
- pretoki in tlaki na glavni dovodni cevi iz Komende (Banovec, 2008a),
- tlaki v Vodicach (Banovec, 2008a)
- nihanje gladine v vodohranu Bukovica (Banovec, 2008b).

Vse nadaljne podatke, ki so bili potrebni za izdelavo hidravličnega preračuna, je bilo potrebno pridobiti iz teh osnovnih podatkov. Ob upoštevanju dejstva, da so bili pridobljeni podatki slabo dokumentirani, pa se je bilo potrebno zanašati tudi na inženirsko presojo in predvidevanja.

2.2.2 Prikaz podatkov o obstoječem stanju na vodovodnem omrežju in podatkov o količini porabljene vode

2.2.2.1 Podatki o omrežju

Vodovodno omrežje se napaja iz dveh vodnih virov. Dvotretjinsko napajanje je iz krvavškega vodovoda – zajetje Krvavec. Enotretjinsko napajanje omrežja pa je iz lastnega vodnega vira – črpališče Vodice.

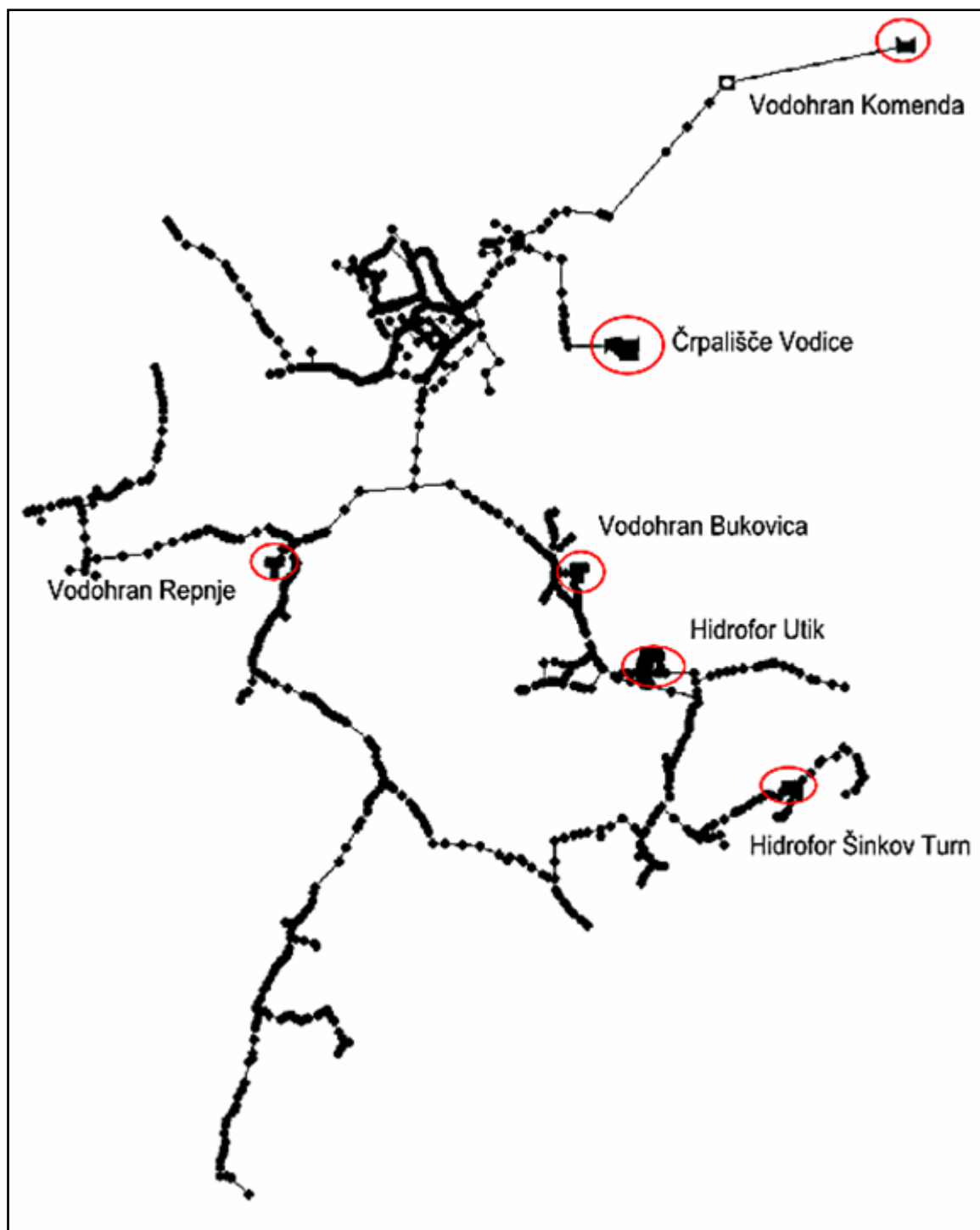
Zajetje Krvavec je obravnavano kot gravitacijski vodni vir. V preteklosti so bile težave pri zagotavljanju zadostne količine pitne vode zaradi navezave na vodni vir zajetje Krvavec, saj je prihajalo do zakalitve vira. S postopnim prehajanjem na ustrežnejši način upravljanja in kombiniranjem navezave na kamniški vodovod se je ta problem rešil.

Črpališče Vodice je bilo zgrajeno leta 1998 in je z dvema vrtinama edini vir za pitno vodo v celotni občini. Obstaja sicer še 11 vodnih virov, ki niso v rabi za pitno vodo. Večinoma so to zajeti izviri, ki so v delni rabi za vzporedno oskrbo z nepitno vodo. Na celotnem območju ni zasebnih vodovodnih sistemov (Program oskrbe s pitno....., 2008).

Skupna dolžina cevi (nad DN 80) v celotnem omrežju je 42.866 m. V vaseh Repnje, Polje pri Vodicach, Skaručna, Vesca in delno v vaseh Selo pri Vodicach, Koseze ter Utik so v omrežju še prvotne azbestnocementne cevi (AC), ki so bile položene ob izgradnji omrežja v letih 1966 – 1969. Prav tako je del teh prvotno položenih cevi v uporabi tudi še v samem mestu Vodice. V kasnejših rekonstrukcijah in širitvah v letih 1988, 1992 in 1997 so bile v vaseh Zapoge, Dornice, Dobruša, Torovo, Šinkov Turn in delno v vaseh Selo pri Vodicach in Koseze položene polietilenske cevi (PE). V zadnjem desetletju so bile v Vodicach položene cevi iz nodularne litine (NL), leta 2007 pa je bil obnovljeno celotno vodovodno omrežje v vasi Bukovica. Stare cevi so zamenjali s cevmi iz polietilena visoke gostote (PEHD).

Dimenzije cevi v celotnem vodovodnem sistemu se gibljejo od Φ 80 mm do Φ 250 mm. Izjemoma se pojavijo cevi Φ 50 mm (Sirc, 2008).

Podatki o koordinatah obstoječega omrežja so bili pridobljeni v taki obliki, da so vsebovali samo X in Y koordinati. Za pridobitev tretje koordinate (koordinate nadmorske višine) je bilo potrebno s pomočjo Digitalnega modela višin DMV – 25 (Geodetska uprava republike Slovenije, 2000) omrežje še enkrat zrisati s programom Sewer+ (SI – King d. o. o., Navodila za uporabo....). Uporabljeni model višin DMV – 25 ima ocenjeno povprečno natančnost za celotno Slovenijo na 3,2 m, za ravnine 1,1 m, za gričevje 2,3 m, za hribovje 3,8 m in za gorovja 7,7 m (Geodetska uprava republike Slovenije, 2008).



Slika 1: Shema vodovodnega omrežja Vodice

2.2.2.2 Podatki o objektih in napravah na vodovodnem omrežju

Na celotnem vodovodnem omrežju se nahajajo sledeči objekti in naprave:

- vodohran Bukovica – dva vodohrana z dvema celicama,
- vodohran Repnje – en vodohran z dvema celicama,
- vodohran Šinkov Turn,
- hidropostaja Šinkov Turn,
- hidropostaja Utik,
- črpališče Vodice.

Položaje objektov na omrežju prikazuje Slika 1.

Vsi objekti in naprave, razen vodohrana Šinkov Turn, so v redni uporabi (Nedokumentiran vir 6).

Vsi tehnični podatki o objektih in napravah na omrežju so podani v sledečih preglednicah.

V preglednicah so za tehnične parametre uporabljeni simboli:

X.....x koordinata

Y.....y koordinata

Q.....pretok

P.....nazivna moč črpalke

H.....dobavna višina

*Preglednica 1: Tehnični podatki o neobratujočem vodohranu Šinkov Turn
(Tehnični podatki o vodohranih, 2007)*

<i>Vodohran Šinkov Turn</i>		
<i>Vodohran Šinkov Turn – vodohran ni v obratovanju</i>	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu</i>	Šinkov Turn
	<i>X</i>	/
	<i>Y</i>	/
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Maksimalna višina vode</i>	
	<i>Površina</i>	/
	<i>Prostornina</i>	50,00 m ³

Preglednica 2: Tehnični podatki o obratujočih vodohranih Bukovica in Repnje
(Tehnični podatki o vodohranih, 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007)

Vodohran Bukovica		
Vodohran Bukovica 1	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu</i>	Bukovica1
	X	462459.61
	Y	114699.19
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,30 m
	<i>Površina</i>	38,50 m ²
	<i>Prostornina</i>	100,00 m ³
Vodohran Bukovica 2	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu</i>	Bukovica2
	X	462467.19
	Y	114686.18
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,55 m
	<i>Površina</i>	28,30 m ²
	<i>Prostornina</i>	80,00 m ³
Vodohran Repnje		
Vodohran Repnje – Celica 1	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu</i>	Repnje1
	X	460400.51
	Y	114727.11
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,30 m
	<i>Površina</i>	38,50 m ²
	<i>Prostornina</i>	100,00 m ³
Vodohran Repnje – Celica 2	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu</i>	Repnje2
	X	460388.90
	Y	114739.49
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,30 m
	<i>Površina</i>	38,50 m ²
	<i>Prostornina</i>	100,00 m ³



Slika 2: Vodohran Bukovica 1



Slika 3: Vodohran Bukovica 2



Slika 4: Vodohran Repnje

*Preglednica 3: Tehnični podatki o hidropostajah
 (Matavulj G., 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007)*

Hidro postaja Šinkov Turn		
Črpalka 1 Črpalka – ELKO, VCV 50/6T	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Šinkov Turn 1
	X	463923.94
	Y	113296.69
	Q	1,17 – 2,17 l/s
	P	2,2 kW
	H	57 - 27 m
	<i>Dovodni tlak</i>	3, 5 bara
	<i>Tlak v cevovodu</i>	5,9 bara
Črpalka 2, črpalka 3 Črpalka - ELKO, VCV 100/4T	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Šinkov Turn 2, Šinkov Turn 3
	X	463923.94
	Y	113296.69
	Q	1,17 – 2,17 l/s
	P	2,2 kW
	H	57 - 27 m
	<i>Dovodni tlak</i>	3, 5 bara
	<i>Tlak v cevovodu</i>	5,9 bara
Hidropostaja Utik		
Črpalka 1, črpalka 2 Črpalka - GRUDFOS, HYDRO 2000 ME 2CRE 8 - 80	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Utik 1, Utik 2
	X	462922.44
	Y	113957.16
	Q	6 l/s
	P	3 kW
	H	52 m
	<i>Dovodni tlak</i>	3, 2 - 3, 5 bara
	<i>Tlak v cevovodu</i>	5,0 bara



Slika 5: Hidropostaja Utik



Slika 6: Hidropostaja Šinkov Turn

*Preglednica 4: Tehnični podatki o črpališču Vodice
(Tehnični podatki o črpališču, 2007, Načrt vodovodnega omrežja, 2007)*

Črpališče Vodice		
1. vrtina Črpalka VO I - GRUNDFOS SP 46 - 8	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Črpališče1
	<i>X</i>	462792.68
	<i>Y</i>	116175.87
	<i>Q</i>	20 l/s
	<i>P</i>	30 kW
	<i>H</i>	82 m
2. vrtina Črpalka VO II - GRUNDFOS SP 95 - 6	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Črpališče2
	<i>X</i>	462783.53
	<i>Y</i>	116105.53
	<i>Q</i>	10 l/s
	<i>P</i>	13 kW
	<i>H</i>	82 m



Slika 7: Črpališče Vodice



Slika 8: Črpališče Vodice - notranjost



Slika 9: Črpališče Vodice – notranjost

2.2.2.3 Podatki o porabi vode

Osnova za razporeditev porabe vode po različnih porabnikih so bili podatki o količini prodane vode (Poročilo o prodani vodi..., 2008). Podatki zajemajo celotno količino porabljene vode v času od 1.1. 2007 do 31. 1. 2008, ki so jo porabili evidentirani porabniki (fizične in pravne osebe). Glede na to, da v podatkih niso bile prikazane dejanske izgube vode, iz njega ni bilo možno pridobiti podatkov o dejanski količini porabljene vode. Določiti je bilo mogoče le razmerje porabljene vode med različnimi porabniki (gospodinjstva, kmetijstvo,...). Tako določena razporeditev porabe vode po različnih porabnikih je prikazana v poglavju 3.1.1.3.

2.2.2.4 Podatki o pretokih in tlakih na dovodnih ceveh v omrežje

Pridobljene so bile meritve pretokov in tlakov v času od 3. 1. 2008 do 17. 3. 2008 (Banovec, 2008a), ki niso vsebovale nikakršnih podatkov o merjenjih na vodohranih (nihanje gladine, tlaki, pretoki). Merjeni so bili pretoki na dovodni cevi iz Komende, izhodni pretoki na črpališču Vodice, tlaki v Vodicach, izhodni tlaki na črpališču Vodice in tlaki na dovodni cevi iz Komende. Meritve so se izvajale vsakih 15 minut, 24 ur dnevno. Tlaki so bili merjeni v barih, pretoki pa v l/s.

Na podlagi teh meritev se je določil tipičen vzorec dnevnega dotoka vode v omrežje. V celotnem obdobju je bilo potrebno poiskati dva zaporedna dneva z najbolj podobnim vzorcem dotoka. Glede na to, da so si bili dnevni vzorci dokaj različni, sta bila ta dva dneva določna s pomočjo Pearsonovega koeficienta korelacije, ki prikazuje korelacijsko linearno povezanost med dvema spremenljivkama. Korelacijski koeficient za izbrani dan je bil izračunan na podlagi primerjave podatkov o skupnem dotoku vode v omrežje za izbrani dan in dan pred njim. Vrednosti koeficientov prikazuje Grafikon 1.



Grafikon 1: Korelacijski koeficienti za primerjavo vzorca porabe vode v dveh zaporednih dneh v času od 4.1. 2008 do 16.3. 2008

Glede na rezultate, ki jih prikazuje Grafikon 1, je bil izbran vzorec dotoka vode za 7. marec 2008, ko je koeficient največji. Izbrani vzorec je kasneje služil za umerjanje hidravličnega modela ter pridobitev dejanske količine dnevne povprečne porabe.

3 HIDRAVLIČNI MODEL IN ANALIZA IZRAČUNA ZA OBSTOJEČE STANJE IN PREDVIDENO STANJE V PRIMERU POŽARA

3.1 OPIS HIDRAVLIČNEGA MODELA IN ANALIZA IZRAČUNA ZA OBSTOJEČE STANJE

3.1.1 Podatki, predpostavke in prilagoditve pri hidravličnem izračunu za obstoječe stanje

Hidravlični model in vse nadaljne analize so bile izdelane na podlagi omrežja izrisanega v programu Sewer+ (SL – King d. d., Navodila za uporabo...), s programom Epanet (U. S. Environmental protection agency, Rossman L.A., 2000).

3.1.1.1 Podatki o nastavitvah v programu Epanet

V programu Epanet je bila izbrana opcija računanja hidravličnih izgub po enačbah Darcy – Weisbach. Za vse cevi je bil izbran enak koeficient hrapavosti – $k = 0.1$ mm, ki predstavlja vrednost dolgoročne obratovalne hrapavosti omrežja. Vsi izračuni v Epanetu so bili izračunani za časovni interval 15 minut. Osnovne enote, s katerimi je bil izdelan model so bile:

- **m**za enoto dolžine
- **l/s**za enoto pretoka
- **mm**za enoto notranjega premera cevi

3.1.1.2 Podatki o objektih na omrežju

V model so vključeni vsi objekti, ki jih skupaj z njihovimi tehničnimi lastnostmi prikazuje poglavje 2.2.2.2. Zaradi pomankanja podatkov in lažjega modeliranja je prišlo do nekaterih poenostavitev.

Bukovica 1 in Bukovica 2 sta dva vodohrana, vendar sta njuni celici povezani. V modelu je zaradi skopih podatkov o režimu delovanja vodohranov ter zaradi lažjega modeliranja namesto dveh vodohranov s povezanima celicama predpostavljen en sam vodohran z eno celico, ki po volumnu in višini ustreza združenima vodohranoma.

Vodohran Repnje je vodohran z dvema celicama, zato sta ravno tako kot pri vodohranu Bukovica ti celici združeni v eno samo.

Vodohran Šinkov Turn ni v obratovanju zaradi tehnične neustreznosti, zato ni vključen v hidravlinčni model.

Tehnične podatke za vodohrana Bukovica in Repnje uporabljene v modelu prikazuje Preglednica 5.

Preglednica 5: Tehnični podatki za vodohrana Bukovica in Repnje, uporabljeni v modelu

Vodohran Bukovica		
Vodohran Bukovica	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Bukovica
	X	462452.13
	Y	114689.11
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Površina</i>	64,28 m ²
	<i>Prostornina</i>	180,00 m ³
	<i>Začetna višina vode</i>	1,0 m
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,50 m
	<i>Minimalna višina vode</i>	0,5 m
Vodohran Repnje		
Vodohran Repnje	<i>Oznaka v vodovodnem sistemu (Epanet)</i>	Repnje
	X	460400.51
	Y	114727.11
	<i>Kota dna</i>	375,00 m n. m.
	<i>Površina</i>	77,00 m ²
	<i>Prostornina</i>	200,00 m ³
	<i>Začetna višina vode</i>	1,0 m
	<i>Maksimalna višina vode</i>	2,30 m
	<i>Minimalna višina vode</i>	0,5 m

Črpalka VO II – Grundfos SP 95 – 6 na črpališču Vodice zaradi okvare zadnje leto ni v obratovanju (Nedokumentiran vir 6). Ker so bili podatki o pretokih in tlakih na črpališču merjeni v času, ko črpalka ni delovala, je črpalka v model sicer vključena, vendar je njen status nedelujoč.

Glede na dejstvo, da so črpalke (hidroforji) v Šinkovem Turnu in v Utiku predimenzionirane (to lahko sklepamo iz pridobljenih Q – H krivulj (Hidropostaje vrste IH....., 2007, Hydro MPC..., 2005) in dejanskih razmer na terenu), lahko sklepamo, da ne obratujejo s polno močjo oz. so frekvenčno regulirane. V hidravličnem modelu so bile črpalke omejene na 55 % hitrosti.

3.1.1.3 Podatki o porabi vode in vzorcih porabe

Zaradi neustreznosti podatkov o količini prodane vode v času od 1. 1. 2007 do 31. 1. 2008 (Poročilo o prodani vodi..., 2008) je bilo možno pridobiti le relativne deleže porazdelitve porabe vode po različnih porabnikih, ne pa tudi vzorcev porabe vode. Porabniki so bili kategorizirani v štiri skupine:

- gospodinjstva,
- ustanove,
- industrija in obrt,
- kmetijstvo.

Porazdelitev porabe med različnimi porabniki prikazuje Preglednica 6.

*Preglednica 6: Razporeditev porabe vode po skupinah
(Poročilo o prodani vodi..., 2008)*

<i>Porabnik</i>	<i>Delež skupne letne porabe (%)</i>
<i>Gospodinjstva in javna poraba</i>	72,71
<i>Industrija</i>	5,21
<i>Kmetijstvo</i>	18,63
<i>Ustanove</i>	3,46
<i>Skupaj</i>	100,00

Glede na naravo in količino njihove rabe pitne vode je bila v modelu vsaka skupina porabnikov obravnavana ločeno.

Skupina industrija in obrt je sestavljena iz 13 različnih porabnikov. Znotraj skupine so bili porabniki razdeljeni v dve podskupini:

- porabniki z letno porabo med 400 m³ in 1000 m³ (10 porabnikov),

- porabniki z letno porabo nad 1000 m³ (3 porabniki).

Porabniki z letno porabo nad 1000 m³ so bili obravnavani glede na njihovo dejansko porabo, količina, ki je še ostala v deležu porabe za skupino industrija in obrt, pa je bila enakomerno porazdeljena med porabnike pod 1000 m³.

Skupina kmetijstvo je sestavljena iz dveh podskupin:

- posestvo Agroemona (1 porabnik),
- kmetje z letno porabo nad 400 m³ (21 porabnikov).

Agroemona je obravnavana glede na njeno dejansko porabo, količina, ki je še ostala v deležu porabe za skupino kmetijstvo, pa je bila enakomerno porazdeljena med kmete z letno porabo nad 400 m³.

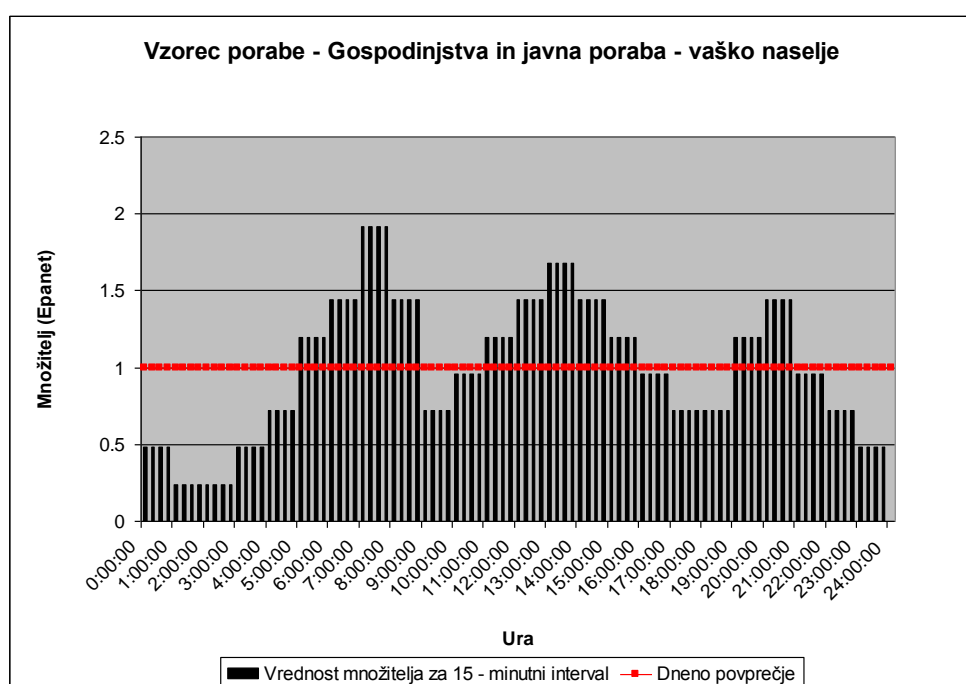
Relativni delež porabe pitne vode za vsako zgoraj predstavljeno skupino in podskupino prikazuje Preglednica 7.

*Preglednica 7: Procentualni prikaz letne porabe pitne vode glede na skupino in podskupine
 (Poročilo o prodani vodi..., 2008)*

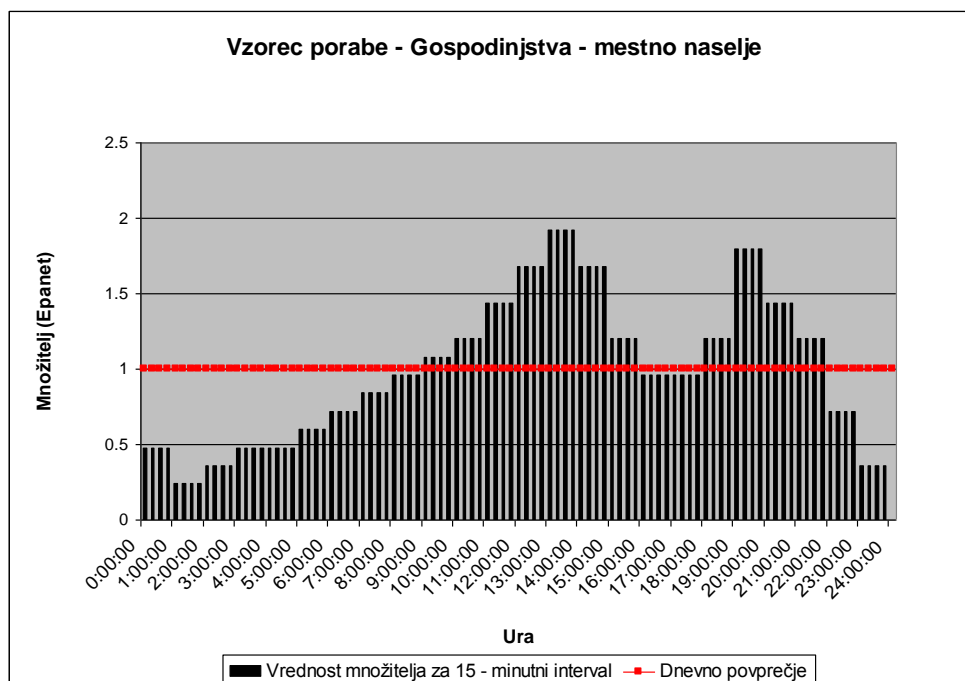
Porabnik		Delež skupne letne porabe (%)	Delež letne porabe podskupine (%)
Gospodinjstva in javna poraba		72,71	
Industrija		5,21	
<i>Porabniki z letno porabo nad 1000 m³</i>	<i>Gostilna Skaručna</i>		14,20
	<i>Labaratorijska tehnika Burnik</i>		8,90
	<i>Pečarstvo Fujan</i>		28,70
<i>Porabniki z letno porabo med 400 in 1000 m³ (10 porabnikov)</i>			48,20
			<i>Skupaj:</i> 100,00
Kmetijstvo		18,63	
<i>Posestvo Agroemona</i>			53,70
<i>Kmetje z letno porabo nad 400 m³ (21 porabnikov)</i>			46,30
			<i>Skupaj:</i> 100,00
Ustanove		3,46	
Skupaj		100,00	

Za vsako skupino je bilo potrebno izdelati 24 urni vzorec porabe glede na naravo njihove porabe. Poleg tega so bili za porabnike nad 1000 m³ v skupini Industrija in obrt izdelani še posamezni vzorci porabe.

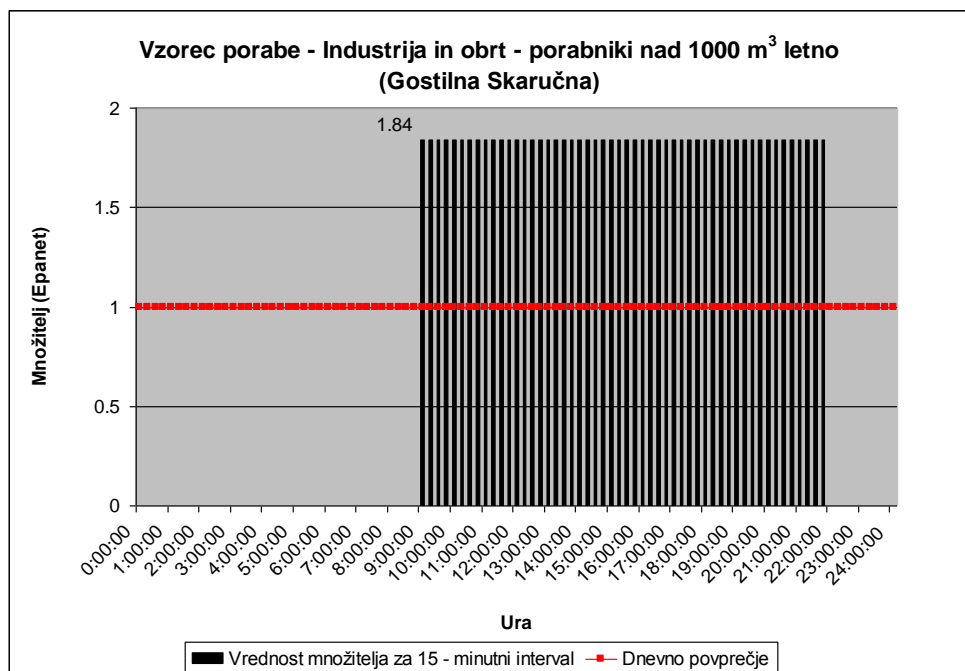
Celotno omrežje zajema poleg naselja, ki ima značaj manjšega mesta, tudi več naselij, ki imajo značaj vasi, zato je bilo potrebno izdelati dva vzorca porabe vode. Vzorca sta bila izdelana s pomočjo Gradbeniškega priročnika (2008). Vsi ostali vzorci so bili izdelani na podlagi informacij o dejanski porabi vode (na letni ravni) različnih porabnikov (Poročilo o prodani vodi..., 2008) in njihovi naravi porabe vode (Nedokumentiran vir 1 – 5). Glede na to, da je v Epanet potrebno vnašati vzorce s pomočjo množiteljev, so tudi sledeči vzorci prikazani v taki obliki.



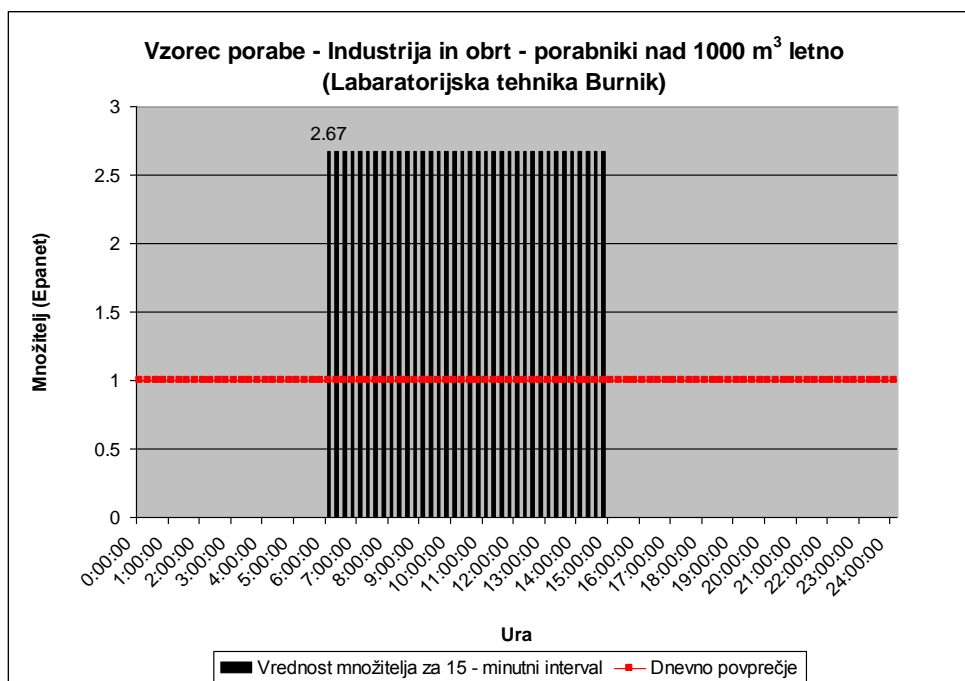
Grafikon 2: Vzorec porabe – Gospodinjstva in javna poraba – vaško naselje
(Gradbeniški priročnik, 2008)



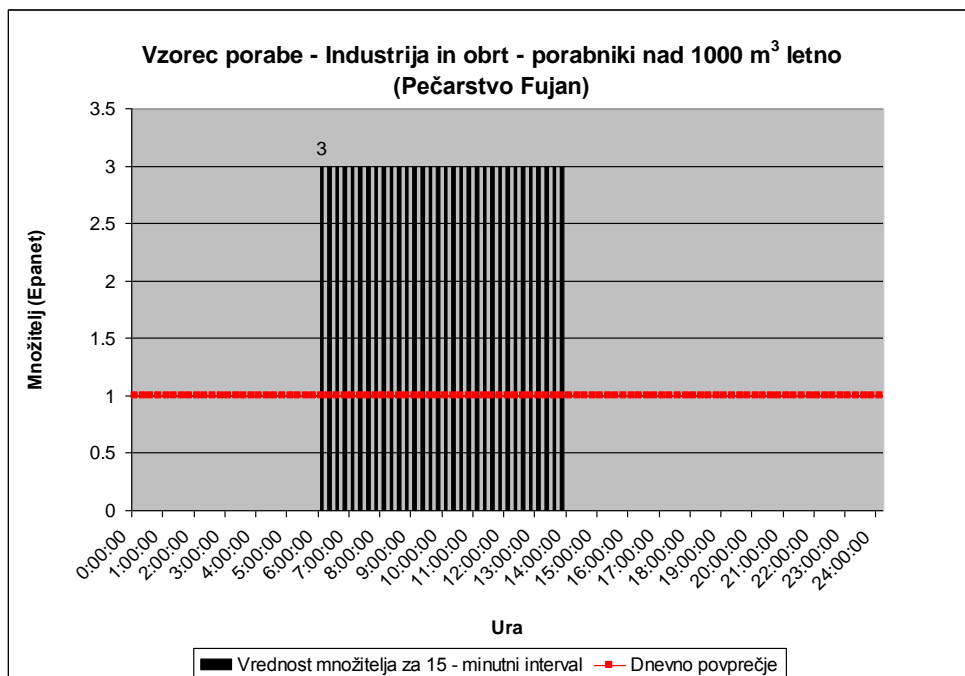
Grafikon 3: Vzorec porabe – Gospodinjstva in javna poraba– mestno naselje
(Gradbeniški priročnik, 2008)



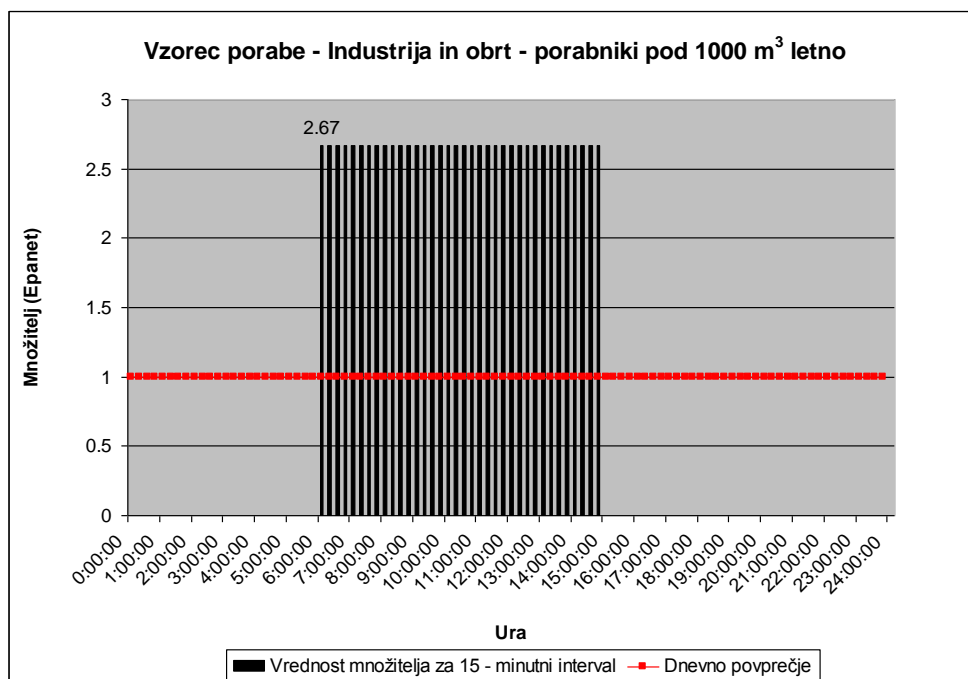
Grafikon 4: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m³ letno - Gostilna Skaručna, (Nedokumentiran vir 2)



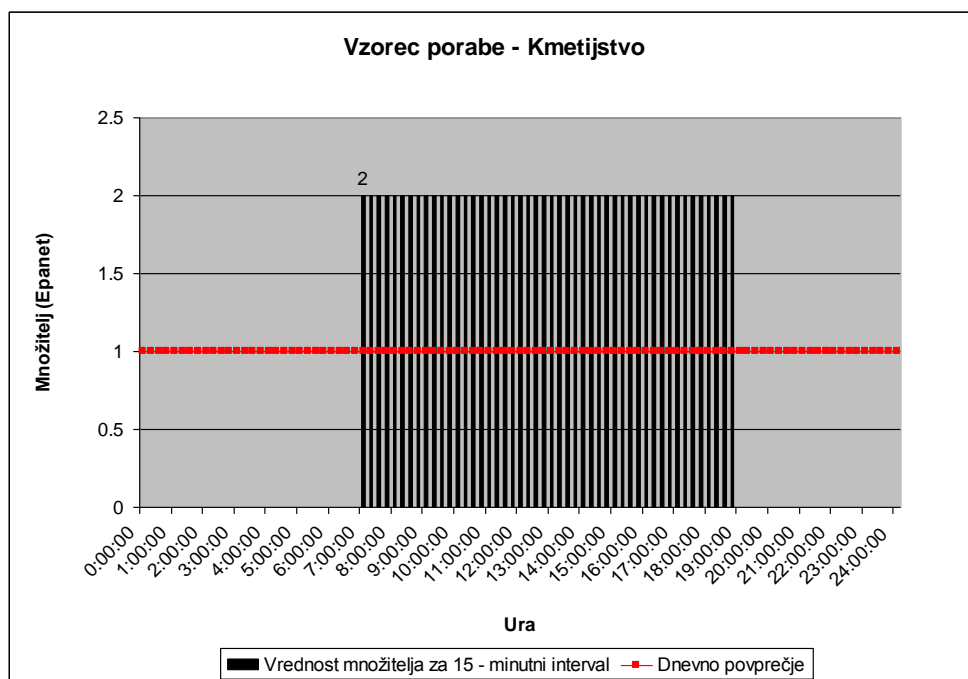
Grafikon 5: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m³ letno (Laboratorijska tehnika Burnik) (Nedokumentiran vir 3)



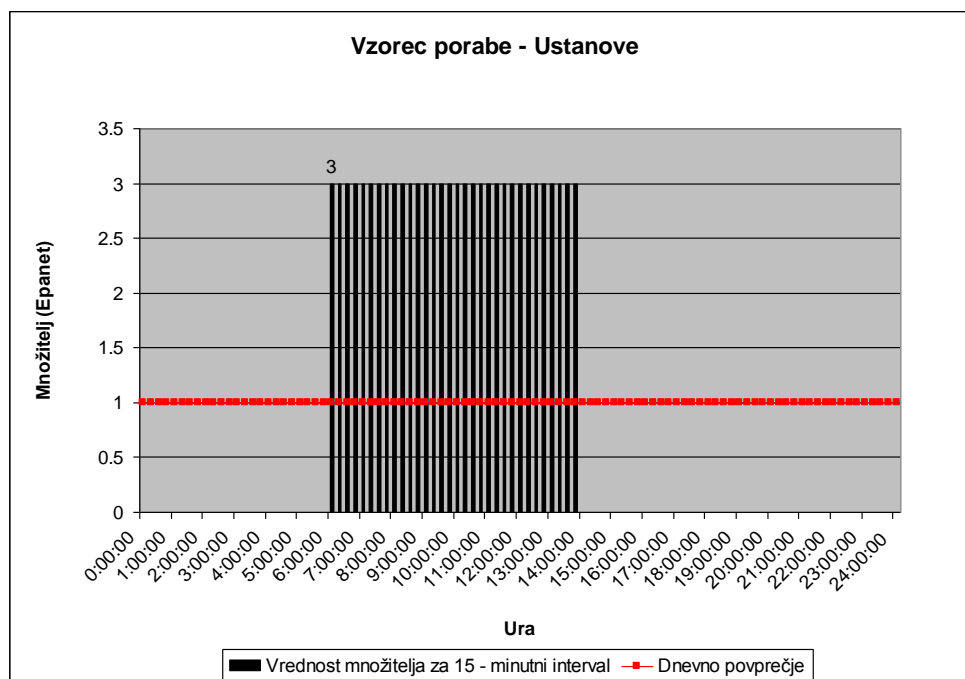
Grafikon 6: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki nad 1000 m³ letno (Pečarstvo Fujan) (Nedokumentiran vir 4)



Grafikon 7: Vzorec porabe – Industrija in obrt – porabniki pod 1000 m³ letno
(Nedokumentiran vir 4)



Grafikon 8: Vzorec porabe – Kmetijstvo (Nedokumentiran vir 1)



Grafikon 9: Vzorec porabe – Ustanove (Nedokumentiran vir 5)

3.1.1.4 Podatki o dotoku vode v omrežje in porabi vode

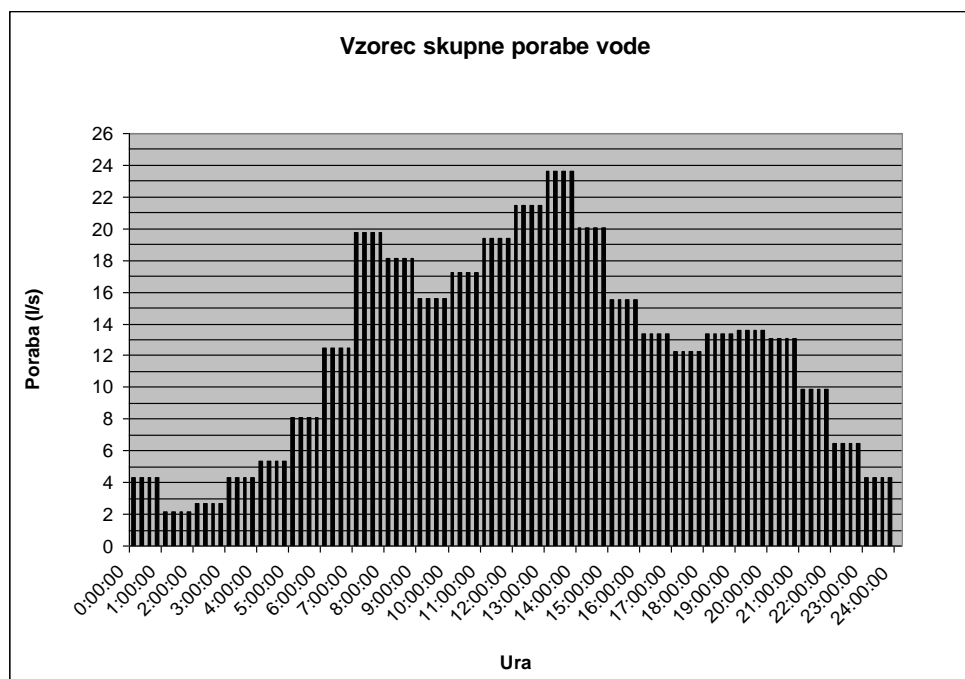
Podatke o dotoku vode v omrežje, ki so bili pridobljeni iz meritev pretokov za izbrani dan 7. 3. 2008 (Banovec, 2008a), prikazuje Priloga A.

Zaradi pomankanja podatkov o dejanski dnevni porabi vode v omrežju, je bil za podatek dejanske povprečne dnevne porabe vode (Q_{povp}) privzet podatek o povprečnem dnevnem dotoku vode v omrežje za izbrani dan 7.3. 2008.

Glede na razporeditev porabe vode po porabnikih, ki je prikazana v poglavju 3.1.1.3, in privzet podatek o dnevni povprečni porabi vode, so bili v modelu uporabljeni podatki, ki jih prikazujeta Preglednica 8 in Grafikon 10.

Preglednica 8: Prikaz podatkov porabe vode uporabljenih v modelu

Porabnik		Poraba pri Q_{povp} (l/s)	Poraba podskupine pri Q_{povp} (l/s)
Gospodinjstva in javna poraba		8,962	
Industrija		0,642	
<i>Porabniki z letno porabo nad 1000 m³</i>	<i>Gostilna Skaručna</i>		0,091
	<i>Labaratorijska tehnika Burnik</i>		0,184
	<i>Pečarstvo Fujan</i>		0,057
<i>Porabniki z letno porabo med 400 in 1000 m³ (10 porabnikov)</i>			0,309
			<i>Skupaj: 0,642</i>
Kmetijstvo		2,296	
<i>Posestvo Agroemona</i>			1,232
<i>Kmetje z letno porabo nad 400 m³ (21 porabnikov)</i>			1,064
			<i>Skupaj: 2,296</i>
Ustanove		0,426	
Skupaj		12,326	



Grafikon 10: Vzorec skupne porabe vode

3.1.1.5 Predpostavke in prilagoditve pri izdelavi hidravličnega modela za obstoječe stanje

Za umerjanje modela so bili uporabljeni podatki, ki jih prikazuje Priloga A in podatki o merjenih tlakih na omrežju za izbrani dan, 7. 3. 2008 (Banovec, 2008a), ki jih prikazuje Priloga B.

Zaradi pomanjkanja nekaterih podatkov, ki so za model nujno potrebni, je bilo z namenom, da se model čimbolj približa realnemu stanju omrežja, uporabljenih tudi nekaj inženirskih poenostavitev in predpostavk.

Prvi pomemben manjkajoči podatek je bilo nihanje gladine na glavnem vodohranu v Komendi, iz katerega je dobavljeno 2/3 količine vse pitne vode v vodovodnem omrežju Vodice. Dotok vode iz vodohrana Komenda je v modelu omejen s pomočjo ventila za uravnavanje pretoka (Flow Control Valve). Ventil tako uravnava pretok točno po merjenih podatkih za izbrani dan, 7. 3. 2008 (Banovec, 2008a).

Delovanje črpalke na črpališču Vodice, ki dobavlja 1/3 vode v vodovodno omrežje, je v sistemu definirano glede na tlak takoj za jaškom, kjer se združita cevovod iz Komende in cevovod iz črpališča (v nadaljevanju jašek Lokarje). Kadar tlak na tem mestu pade pod 5.1 bara, naj bi se vključila črpalka VO I na črpališču v Vodicach. Njeno delovanje naj bi se reguliralo glede na vrednost tlakov v jašku Lokarje, saj je njena prvotna naloga vzdrževanje tlaka v omrežju.

Podatki o tlakih na jašku Lokarje so zelo pomankljivi. Merjeni so samo na eno decimalno mesto, poleg tega pa ni točnega podatka na kateri višini so merjeni. Iz podatkov o tlakih na jašku Lokarje in podatkov o delovanju črpalke je tudi lepo razvidno, da črpalka deluje tudi v primerih, ko se tlak dvigne na 5, 2 bara. Glede na dejstvo, da delovanje črpalke ni odvisno samo od tlakov, ampak tudi od drugih dejavnikov, ki niso definirani, je bilo delovanje črpalke definirano z ventilom za uravnavanje pretoka (Flow Control Valve). Pretok je enako kot v primeru vodohrana Komenda definiran na podlagi merjenih podatkov za izbrani dan, 7. 3. 2008 (Banovec, 2008a).

Pri prvih hidravličnih izračunih, pri katerih so bili v modelu upoštevani predstavljeni podatki in praktične rešitve, je prišlo do razhajanj med rezultati, ki nam jih je podal hidravlični model in pa podatki, ki so bili merjeni na samem omrežju. Predvsem je prišlo do neskladij pri delovanju vodohranov in pri vrednostih tlaka po celotnem omrežju. Po številnih različnih ukrepih in poizkusih izboljšanja modela, ki niso dali željenih rezultatov, se je pokazala potreba po preverbi natančnosti oziroma verodostojnosti pridobljenih merjenih podatkov za izbrani dan 7. 3. 2008 (Banovec, 2008a).

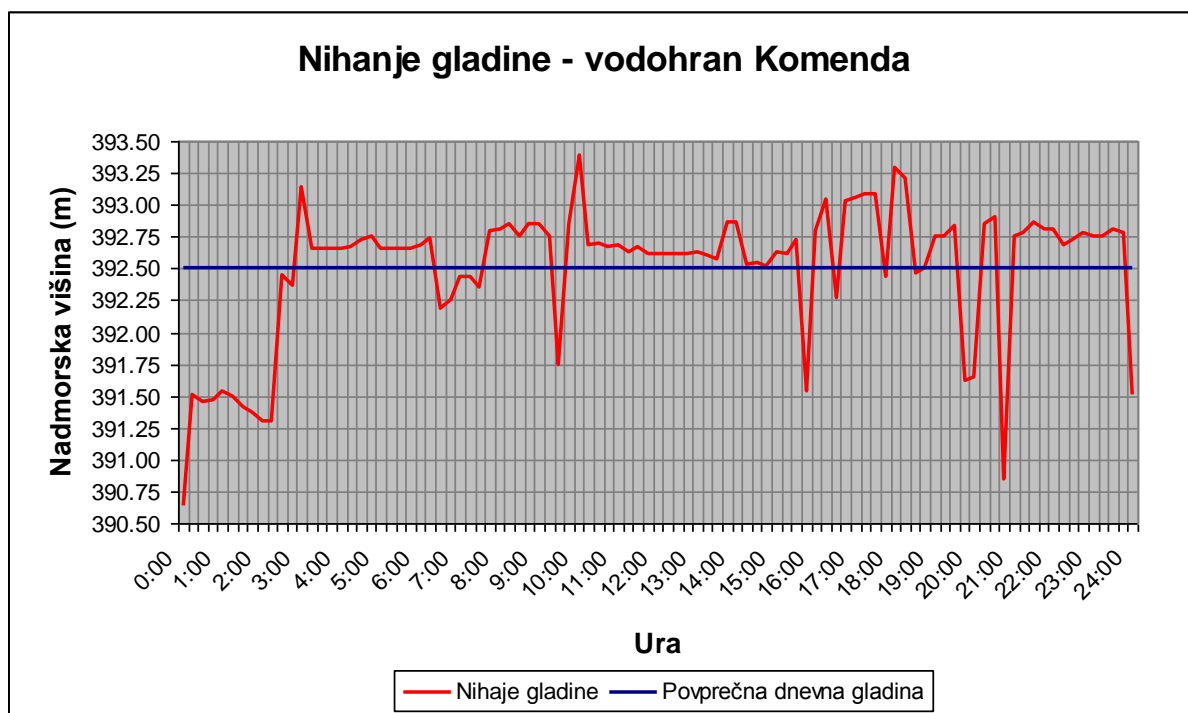
3.1.1.6 Preverba pridobljenih merjenih podatkov za izbrani dan (7. 3. 2008)

Preverba meritev je bila izdelana s pomočjo programa Epanet (U. S. Environmental protection agency, Rossman L.A., 2000). Izdelan je bil osnovni model, ki je ponazarjal vodohran Komenda, dovodni cevovod iz Komende do Vodice in vozlišče, kjer so bili merjeni tlaki na dovodni cevi iz Komende.

Izdelanih je bilo več izračunov, ki so temeljili na različnih robnih pogojih, ki so dokončno definirali osnovni model.

3.1.1.6.1 Izračun nihanja gladine vode v vodohranu Komenda glede na merjene pretoke in merjene tlake v Vodicih

Prvi izračun je bil narejen za model, ki so ga definirali merjeni tlaki v Vodicih (na dovodni cevi iz Komende) in pretoki merjeni na iztoku vodohrana Komenda (Banovec, 2008a). Izračun modela nam je podal nihanje gladine vodohrana Komenda, ki ga prikazuje Grafikon 11.

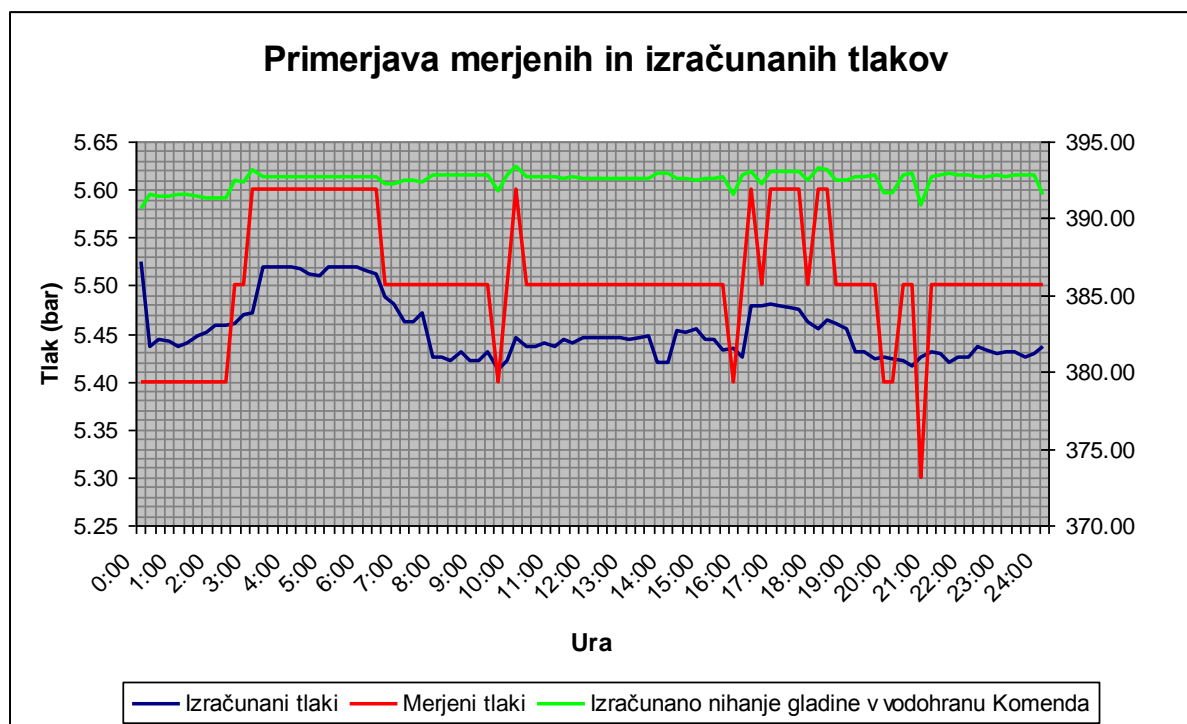


Grafikon 11: Izračunano nihanje gladine v vodohranu Komenda

Grafikon nam prikazuje dnevno nihanje gladine vodohrana s približno amplitudo 3 m. V nihanju gladine se pojavljajo konice, ki niso realne, saj lahko z gotovostjo trdimo, da se pri iztoku iz vodohrana pribl. 10 l/s gladina vodohrana v 15 minutah ne more spremeniti za 2 m oz. bi to pomenilo, da ima vodohran skupno površino pribl. 4,5 m². Iz izračunanih podatkov dobimo povprečno izračunano dnevno gladino, ki nam v nadaljnjih analizah služi za definiranje robnega pogoja.

3.1.1.6.2 Primerjava merjenih tlakov in izračunanih tlakov v Vodica

Drugi izračun je bil narejen za model, katerega robni pogoj je gladina vodohrana v Komendi ter iztok iz vodohrana Komenda. Ker podatka o dejanskem merjenem nihanju gladine vode ni na voljo, so tlaki v Vodica definirani na podlagi merjenih pretokov na iztoku vodohrana Komenda (Banovec, 2008a) in povprečne izračunane gladine vode v vodohranu Komenda (glej točko 3.1.1.6.1). Linijske izgube v povezovalnem cevovodu znašajo približno 2 m, kar pomeni, da ima nihanje gladine vodohrana v Komendi (cca. 3m) odločujoč vpliv na tlake v Vodica. Izračun modela nam je podal vrednosti tlakov v Vodica (na dovodni cevi iz Komende). Vrednosti, ki nam jih je podal izračun, so bile primerjane z vrednostmi, ki so jih podale dejanske meritve. Primerjavo prikazuje Grafikon 12.

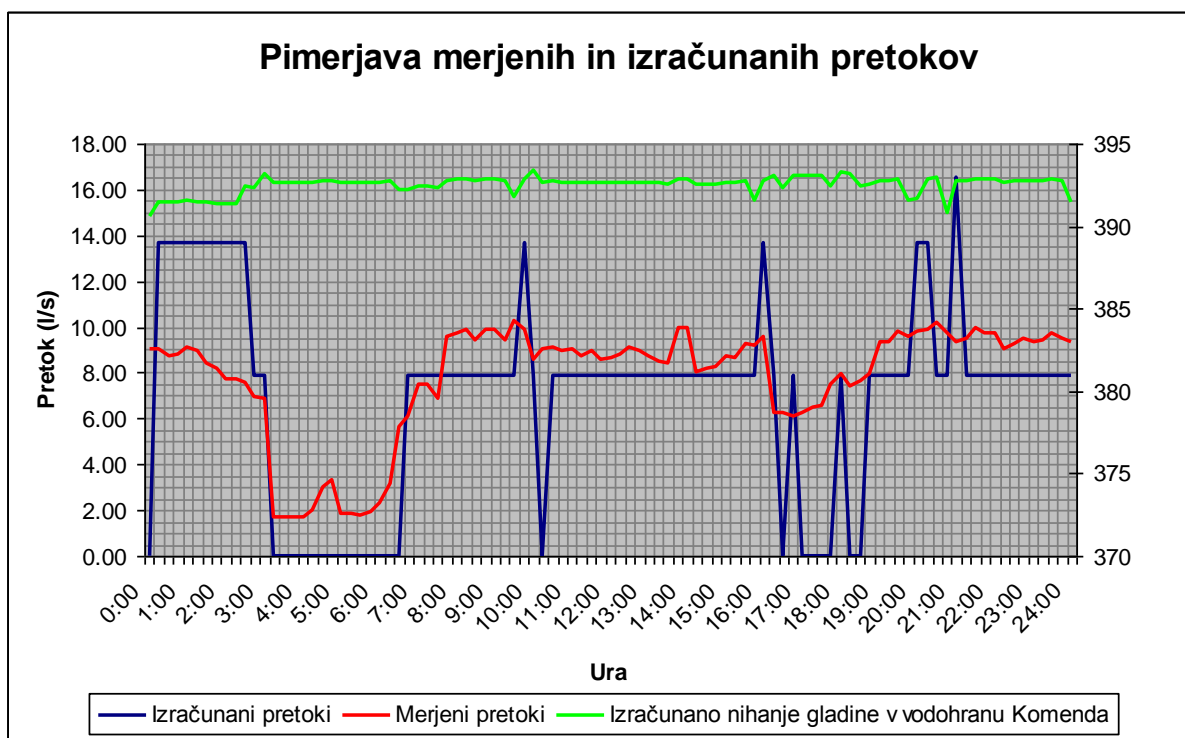


Grafikon 12: Primerjava merjenih in izračunanih tlakov

Iz grafikona je razvidno, da so merjeni in izračunani tlaki med seboj primerljivi razen v času, ko tudi v izračunanem nihanju gladine vodohrana Komeda prihaja do nenormalnih konic. Na podlagi merjenih pretokov lahko umerimo model do te mere, da dobimo dejanske merjene vrednosti pretokov v omrežju, dobimo pa maksimalno 3% razlike med merjenimi in izračunanimi podatki o tlakih v Vodicach (na dovodni cevi iz Komende), ki se najverjetneje pojavljajo zaradi majhne natančnosti merjenih podatkov o tlakih. Merjene vrednosti tlakov so podane z natančnostjo enega decimalnega mesta, medtem ko nam model poda glede na merjene pretoke, izračunane podatke o tlakih z natančnostjo treh decimalnih mest.

3.1.1.6.3 Primerjava merjenih pretokov in izračunanih pretokov na dovodni cevi iz Komende

Tretji izračun je bil narejen za model, katerega robni pogoj je gladina vodohrana v Komendi ter merjeni tlaki v Vodicach (na dovodni cevi iz Komende) (Banovec, 2008a). Ker podatka o dejanskem merjenem nihanju gladine vode ni na voljo, so pretoki definirani na podlagi merjenih podatkov o tlakih v Vodicach (na dovodni cevi iz Komende) in povprečne izračunane gladine vode v vodohranu Komenda (glej točko 3.1.1.6.1). Izračun modela nam je podal vrednosti pretokov na iztoku vodohrana Komenda. Rezultati izračuna, so bili primerjani z vrednostmi, ki so jih podale dejanske meritve. Primerjavo prikazuje Grafikon 13.



Grafikon 13: Primerjava merjenih in izračunanih pretokov

Grafikon primerjave pretokov nam pokaže, da se merjeni in izračunani pretoki med seboj ne ujemajo. Na podlagi merjenih tlakov v Vodících lahko model umerimo do te mere, da dobimo v Vodících (na dovodni cevi iz Komende) dejanske merjene vrednosti tlakov. Do večjih razhajanj pride v primerjavi merjenih in izračunanih vrednosti pretokov. Največja razhajanja so v času, ko pride do konic v izračunanem nihanju gladine vode v vodohramu Komenda. Takrat se merjeni in izračunani podatki o pretokih razlikujejo za 40 % oz. so v nekaterih primerih izračunane vrednosti pretoka celo 0. Najverjetneje pride do teh razlik predvsem zaradi že omenjene premajhne natančnosti merjenih podatkov o tlakih.

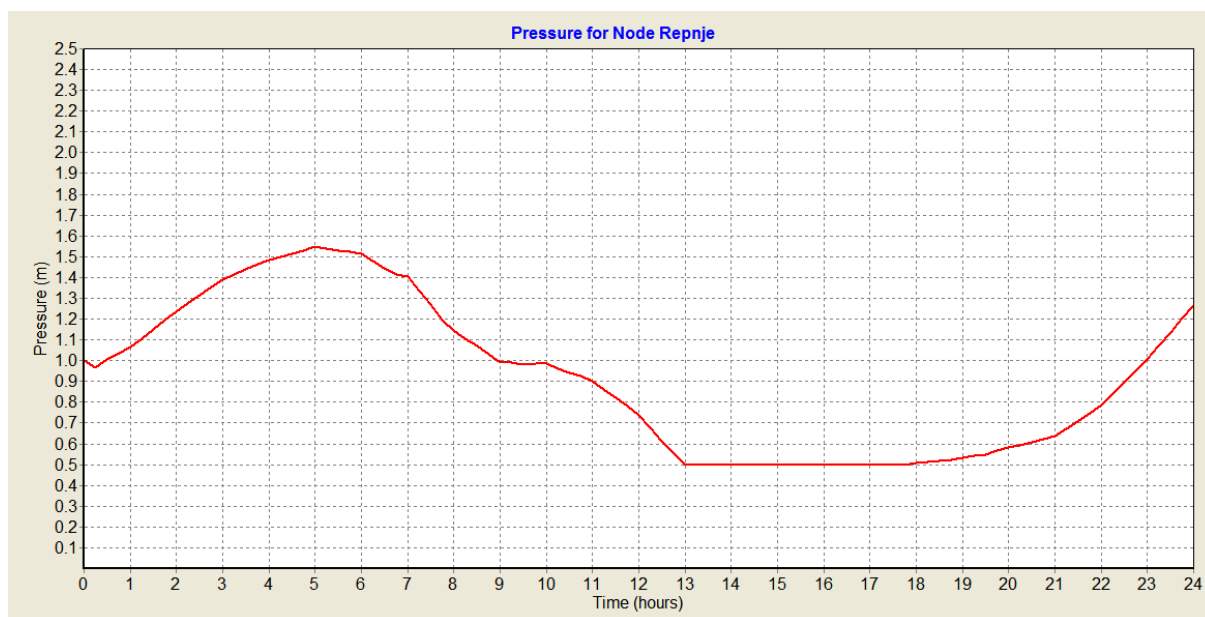
Iz podanih komentarjev na Grafikon 11, Grafikon 12 in Grafikon 13 lahko ocenimo, da model lahko nabolj približamo realnemu stanju v primeru umerjanja samo glede na dejanske merjene podatke o pretokih (Banovec, 2008a). Na podlagi te ocene se v nadaljni izdelavi in umerjanju hidravličnega modela merjene vrednosti tlakov ne bodo upoštevale kot merodajne.

3.2 ANALIZA HIDRAVLIČNEGA IZRAČUNA ZA OBSTOJEČE STANJE

Hidravlični izračun je bil narejen za primer, ki ga definirajo v prejšnjih poglavjih predstavljeni podatki in poenostavitve. Pri analizi izračuna je bila pozornost usmerjena predvsem na delovanje vodohranov in na spremljanje tlakov v času najvišje in najnižje dnevne porabe.

3.2.1 Analiza hidravličnega izračuna za čas enega dneva (24 ur)

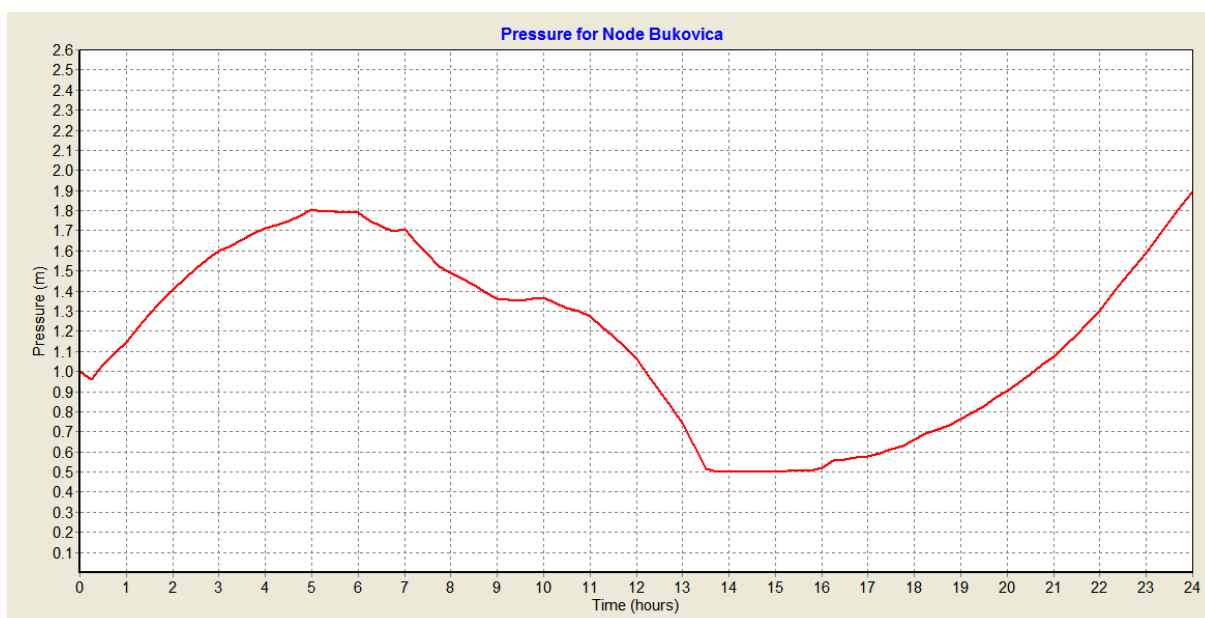
Analiza izračuna za celoten dan temelji predvsem na spremljanju delovanja vodohranov. Spreminjanje nivoja gladine za čas 24 ur prikazujeta Grafikon 14 in Grafikon 15.



Grafikon 14: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 24 ur

Iz grafikona je razvidno, da se gladina v vodohranu Repnje takoj po začetku delovanja malo zniža. Najverjetneje je to začetna nestabilnost v prvih nekaj minutah. Nihanje gladine v kasnejših urah dneva nam kaže, da se vodohran v dnevnih konicah, ko je poraba največja, prazni. Najbolj se sprazni v opoldanski konici, ko gladina pade pod minimalno višino. V času, ko je poraba manjša, se gladina zopet dvigne. Dejstvo, da je gladina ob začetku dneva nižja od gladine na koncu dneva, nam kaže, da se vodohran tekom večih dni polni.

Delovanje vodohrana Repnje je lepše prikazano in bolj razvidno v analizah za izračune, ki so trajali dlje časa (72 in 168 ur).



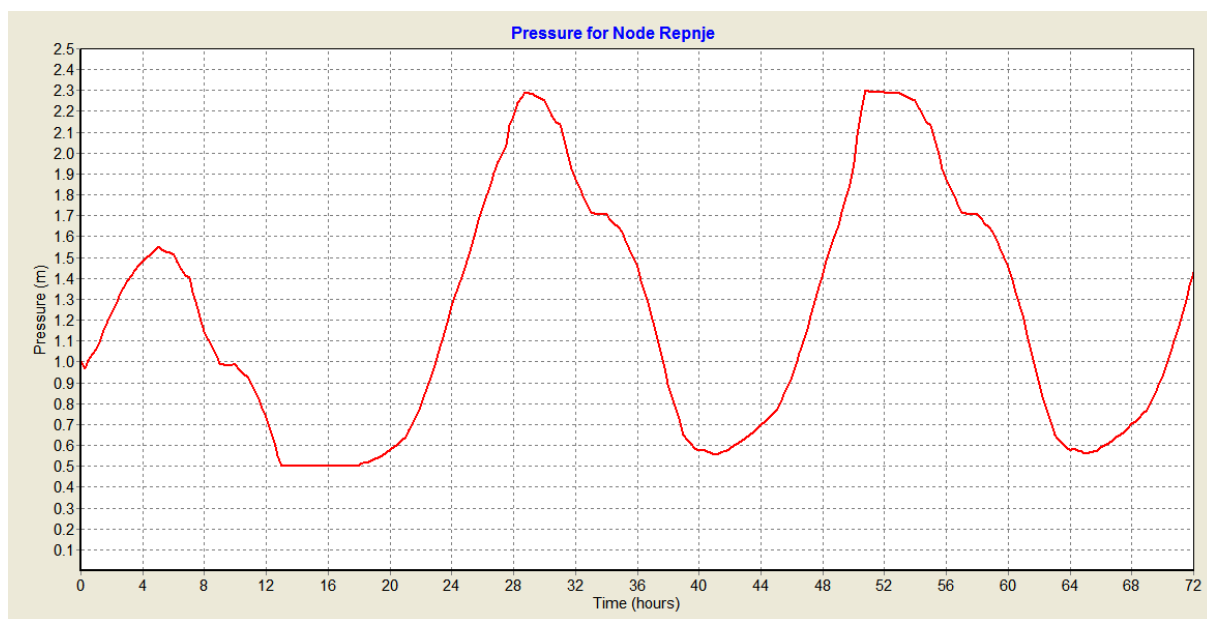
Grafikon 15: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 24 ur

Tako kot pri vodohranu Repnje se tudi v tem primeru v začetnih nekaj minutah vodohran prazni zaradi začetne nestabilnosti. Nihanje gladine, ki je prikazano v kasnejših urah dneva, je prav tako kot v vodohranu Repnje odvisno od porabe vode v omrežju. V dnevnih konicah porabe se gladina niža oz. vodohran prazni. V času opoldanske konice gladina pade pod minimalno višino, kar pomeni, da se vodohran sprazni. V času ko je poraba manjša pa se gladina viša oz. se vodohran polni. Dejstvo, da je gladina ob začetku dneva nižja od gladine na koncu dneva, nam kaže, da se vodohran tekom večih dni polni.

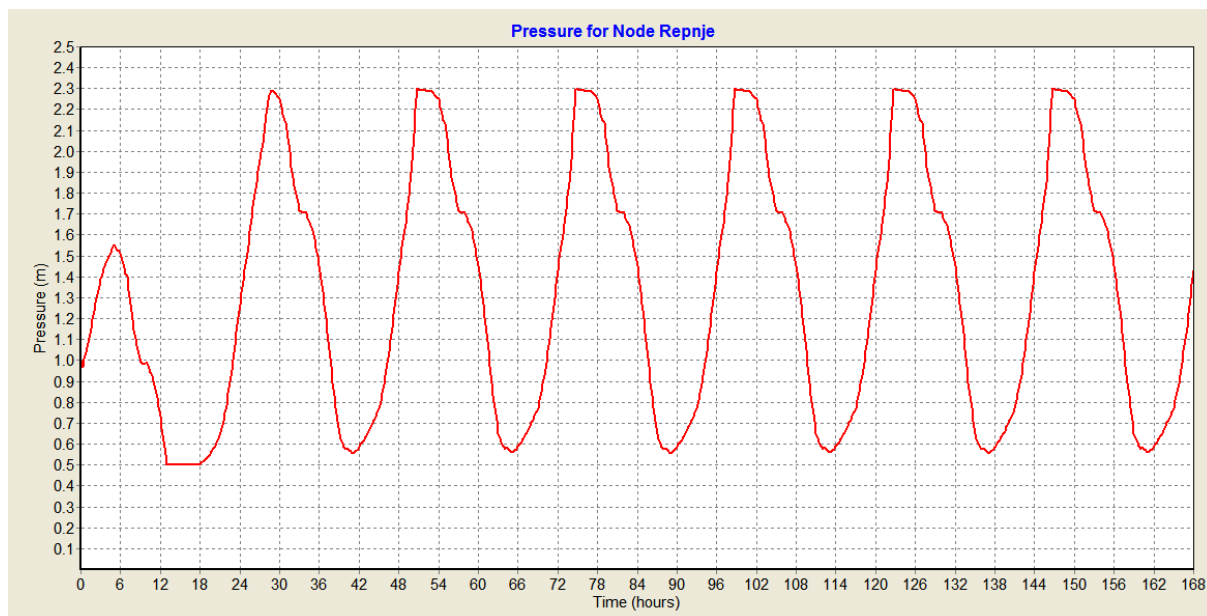
Delovanje vodohrana Bukovica je lepše prikazano in bolj razvidno v analizah za izračune, ki so trajali dlje časa (72 in 168 ur).

3.2.2 Analiza hidravličnega izračuna za čas 3 dni (72 ur) in 7 dni (168 ur)

V tej analizi je predstavljeno delovanje vodohranov za daljše obdobje. Sledeči grafikoni prikazujejo nihanje gladine za vodohrana Repnje in Bukovica za čas 3 in 7 dni (72 in 168 ur).



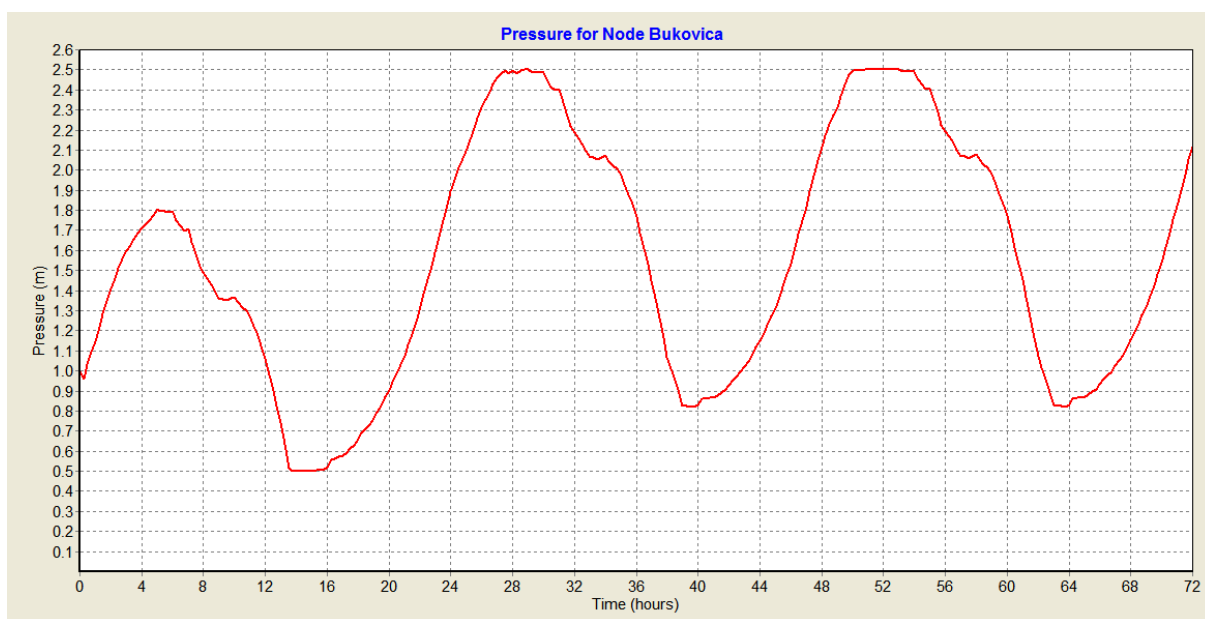
Grafikon 16: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 72 ur



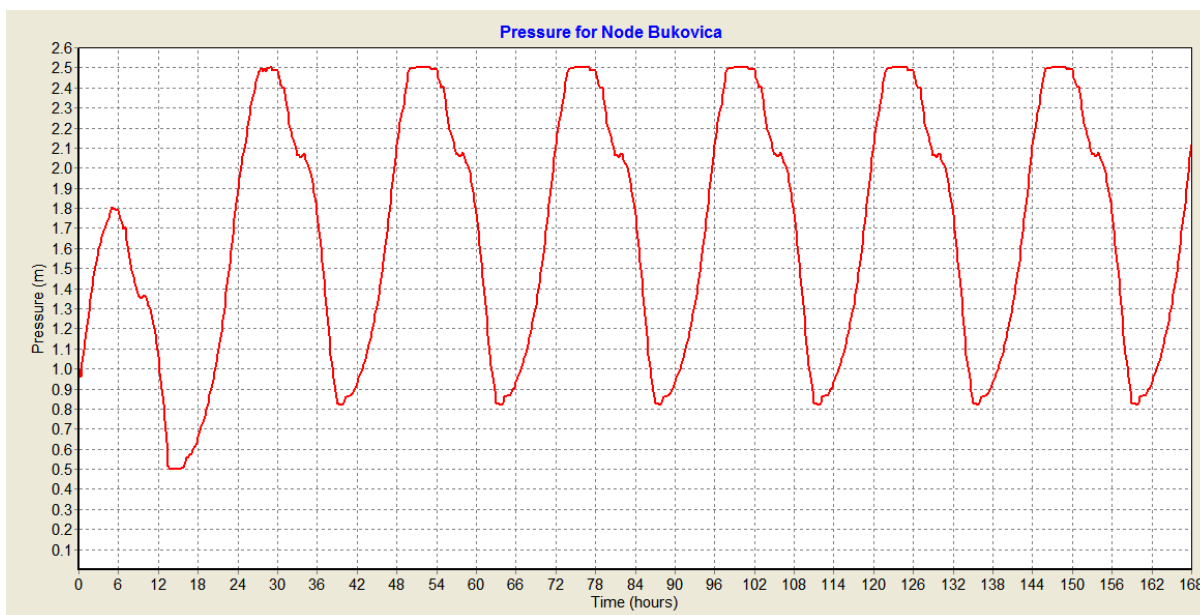
Grafikon 17: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 168 ur

Prikazana grafikona kaže, da se nihanje gladine stabilizira in postane ciklično že drugi dan. Vodohran se do vrha napolni že po prvem nočnem polnjenju. Do spraznjenja vodohrana pride samo prvi dan, v vseh naslednjih dneh pa se v konicah gladina precej zniža, vendar se do minimalne višine ne spusti nikoli. Gladina niha za približno 1.8 m.

Nihanje gladine je tipično za vzorce porabe, ki so uporabljeni v modelu. Do nižanja gladine prihaja v času dnevnih konic porabe, medtem ko se gladina dviga v času minimalne porabe.



Grafikon 18: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 72 ur



Grafikon 19: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 168 ur

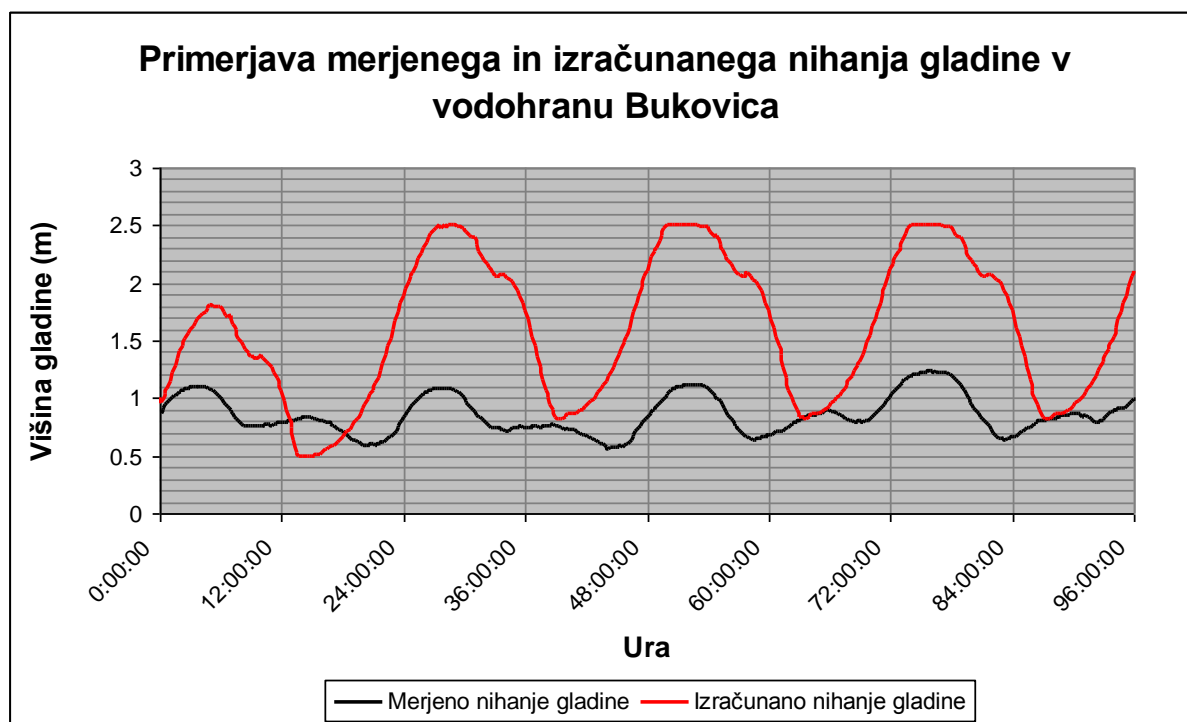
Prav tako kot v vodohranu Repnje se tudi v vodohranu Bukovica po začetni nestabilnosti nihanje gladine ustali že drugi dan in postane ciklično. Gladina se dvigne do maksimalne višine v času nočnega polnenja. Niha za približno 1.7 m in nikoli ne pade do minimalne višine.

Nihanje gladine je tipično za vzorce porabe, ki so uporabljeni v modelu. Do nižanja gladine prihaja enako kot v vodohranu Repnje v času dnevnih konic porabe, medtem ko se gladina dviga v času minimalne porabe.

3.2.2.1 Primerjava merjenega in izračunanega nihanja gladine v vodohranu Bukovica

Na podlagi hidravličnega izračuna za 7 dni (168 ur), je bila narejena tudi primerjava merjenega in izračunanega nihanja gladine vodohrana Bukovica. Meritve nihanja gladine (Banovec, 2008b) niso bile pridobljene v istem časovnem obdobju, iz katerega so bili pridobljeni podatki za umerjanje modela (Banovec, 2008a). Izvajale so se v času od 29. 4. 2008 – 7. 5. 2008.

Primerjavo merjenega in izračunanega nihanja gladine za čas 4 dni (96 ur) prikazuje Grafikon 20.



Grafikon 20: Primerjava merjenega in izračunanega nihanja gladine v vodohranu Bukovica za čas 4 dni (96 ur)

Iz zgornejga grafikona je razvidno, da izračunano nihanje gladine lovi trend nočnega polnenja in jutranjega praznjenja vodohrana, kot ga prikazujejo rezultati merjenega nihanja gladine (Banovec, 2008b). Razlike so vidne predvsem v popoldanskem času, saj merjeni rezultati (Banovec, 2008b) kažejo na polnenje vodohrana, izračunani rezultati pa kažejo na nižanje gladine oz. na praznjenje vodohrana. Amplituda nihanja je pri izračunanem nihanju veliko večja od amplitude pri merjenem nihanju. Najverjetneje je vzrok teh razlik dejstvo, da nihanje gladine ni bilo merjeno v istem časovnem obdobju, iz katerega so pridobljeni podatki za umerjanje modela. Časovna neuskklajenost meritev je povzročila neuskklajenost med osnovnimi podatki, ki definirajo delovanje vodohrana (poraba vode in dotok vode v omrežje), iz te neuskklajenosti pa najverjetneje sledijo tudi razlike v samem delovanju vodohrana.

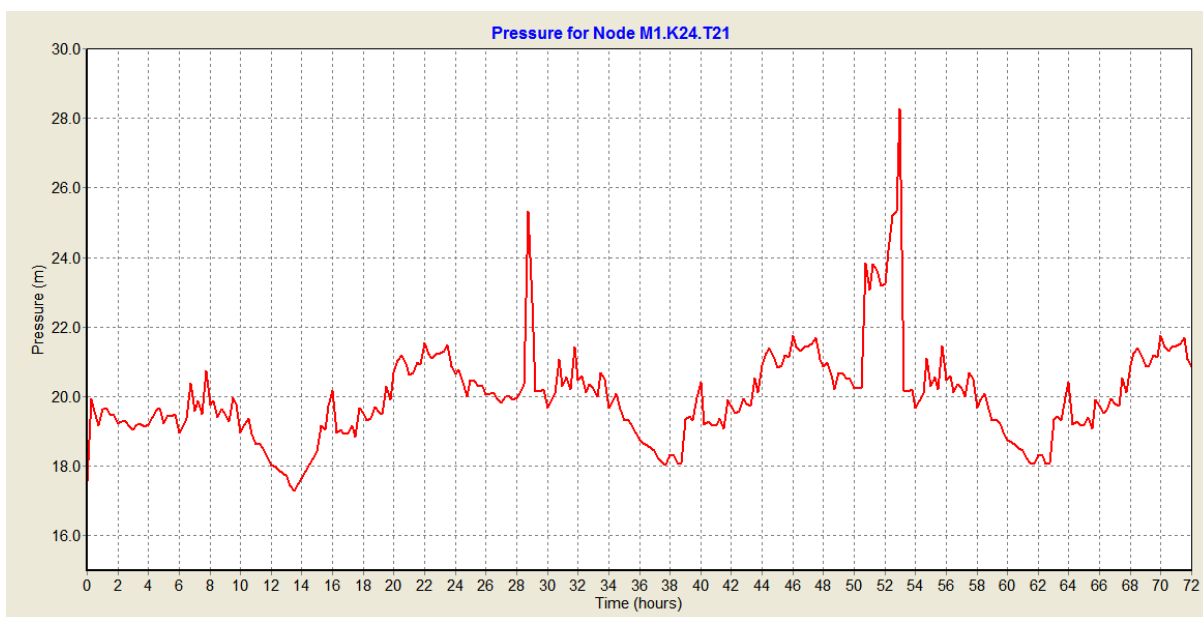
Primerjava merjenega in izračunanega nihanja gladine vodohrana je bila izdelana samo za vodohran Bukovica, saj za vodohran Repnje ni bilo na razpolago podatkov o merjenem nihanju gladine.

3.2.3 Analiza hidravličnega izračuna v času najvišje dnevne porabe

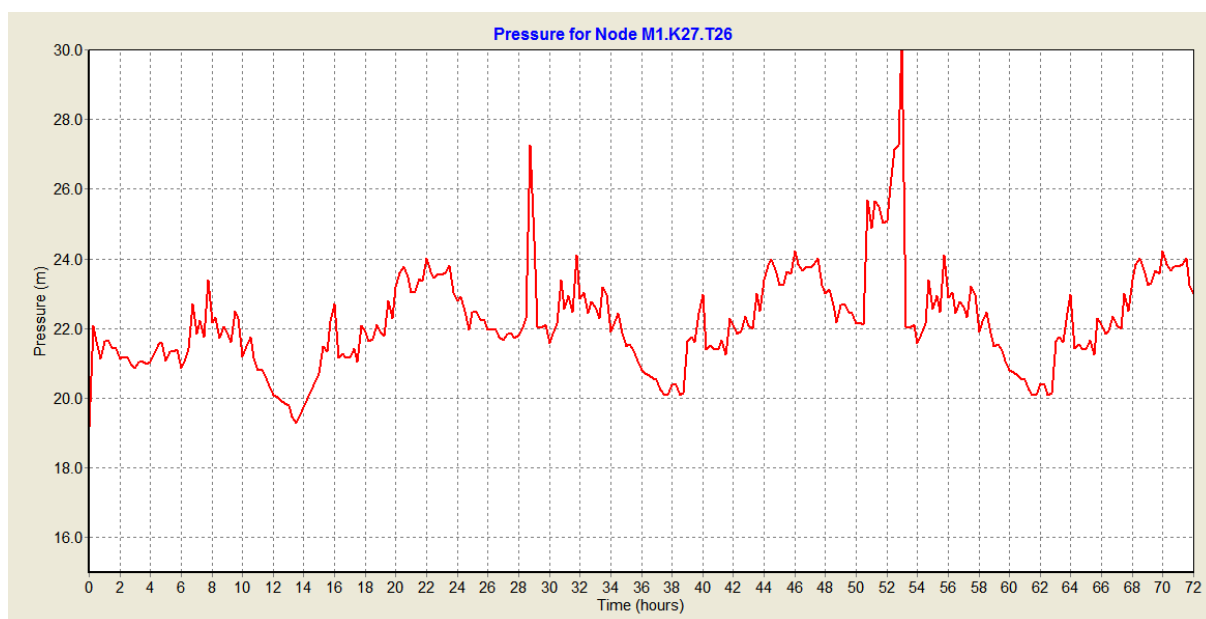
Do najvišje dnevne porabe vode v omrežju prihaja med trinajsto in štirinajsto uro dneva. Ker je hidravlični izračun narejen za 15- minutni interval, je bil za analizo hidravličnega izračuna izbran točen čas 13.30. Vrednosti tlakov ob tem času nam prikazuje Priloga C1.

Iz slike prikazane v Prilogi C1 je razvidno, da se vozlišča, kjer so tlaki nižji od 2,1 bara (točke obarvane s svetlo modro barvo), pojavljajo na S obrobju omrežja. Ta vozlišča so združena v dve območji – območje 1 in območje 2, kot prikazuje Priloga C1. Obe območji s tlaki pod 2 bara ležita na nadmorski višini nad 355 m n.m.

Grafikon 21 in Grafikon 22 prikazujeta spreminjanje tlakov v času 72 ur v vozliščih z najnižjim tlakom na območju 1 (vozlišče M1. K24. T21) in območju 2 (vozlišče M1. K27. T26).



Grafikon 21: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1. K24. T21 v času 72 ur



Grafikon 22: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1. K27. T26 v času 72 ur

Iz prikazanih grafikonov je razvidno, da je najnižji tlak v omrežju v kritični točki na območju 1 (M1. K24. T21) ob 13.30 prvega dne. Vrednost tlaka je takrat 1.73 bara. Na območju 1 se tlaki v naslednjih dneh v času največje dnevne porabe gibljejo okrog vrednosti 1,8 bara, na območju 2 pa okrog vrednosti 1,9 bara. Tlaki na obeh območjih v času največje dnevne porabe dosežejo vrednosti pod 2,0 bara in ne ustrezajo standardom, ki jih določa inženirska praksa oz. pravilnik (TIDD01..., 2003).

3.2.4 Analiza hidravličnega izračuna v času najmanjše dnevne porabe

Do najmanjše dnevne porabe vode v omrežju prihaja med eno in drugo uro ponoči. Ker je hidravlični izračun narejen za 15- minutni interval je bil za analizo hidravličnega izračuna izbran točen čas 1.30. Vrednosti tlakov ob tem času nam prikazuje Priloga C2.

Iz slike v Prilogi C2 je razvidno, da se v času minimalne porabe vrednosti tlakov v omrežju gibljejo od 2 bara do 6 barov. Tlaki vrednosti 7 barov nikjer ne presežejo, kar pomeni, da omrežje v času minimalne porabe ustreza standardom, ki jih določa inženirska praksa oz. pravilnik (TIDD01..., 2003).

3.3 OPIS IN IZRAČUN HIDRAVLIČNIH RAZMER V PRIMERU GAŠENJA POŽARA

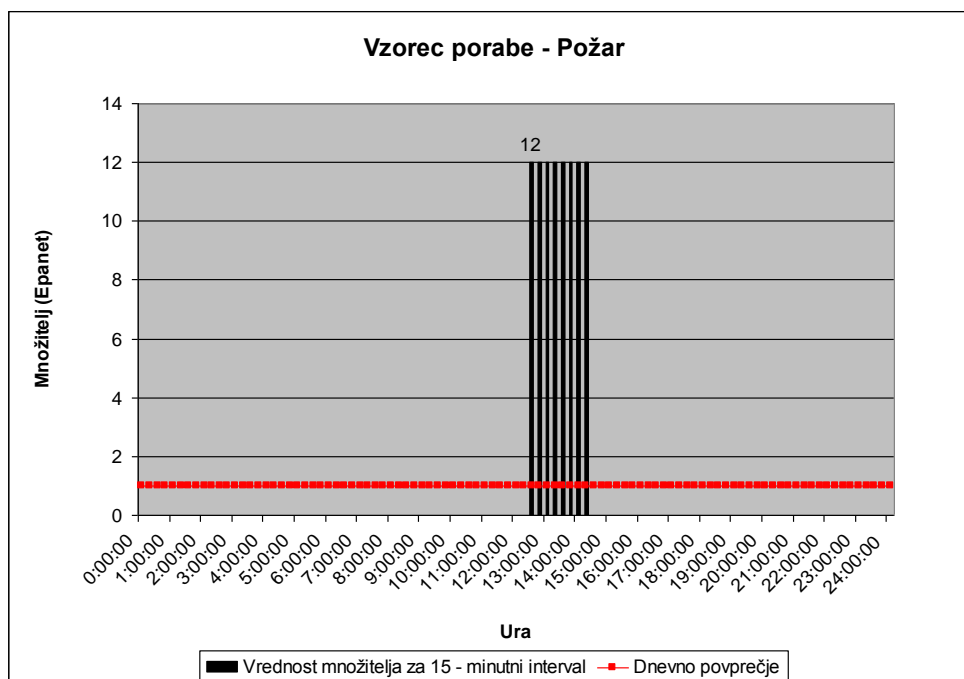
3.3.1 Podatki, predpostavke in poenostavitve pri hidravličnem izračunu za stanje v primeru gašenja požara

V primeru hidravličnega modela za predvideno stanje v primeru gašenja požara so bili uporabljeni isti podatki, predpostavke in poenostavitve, ki so prikazane v poglavju 3.1.1. Poleg teh pogojev delovanja sistema, pa so bili definirani še nekateri dodatni pogoji.

3.3.1.1 Dodatni pogoji delovanja hidravličnega modela pri izračunu za stanje v primeru gašenja požara

Pogoje za simulacijo požara določa Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur. l. SFRJ, št. 30/1991) glede na število prebivalcev, priključenih na vodovodno omrežje. Za obravnavani primer pravilnik (Pravilnik o tehničnih normativih....., 1991) določa eno požarno mesto v strnjenem naselju ter gašenje požara iz dveh hidrantov na oddaljenosti 5 – 80 m, s skupnim odvzemom 10 l/s, ki traja 2 uri.

Tako kot vsa ostala porabe vode je tudi odvzem vode za gašenje požara v Epanetu definiran s pomočjo množiteljev za obdobje 24 ur. Dinamiko porabe vode zaradi požara prikazuje Grafikon 23.

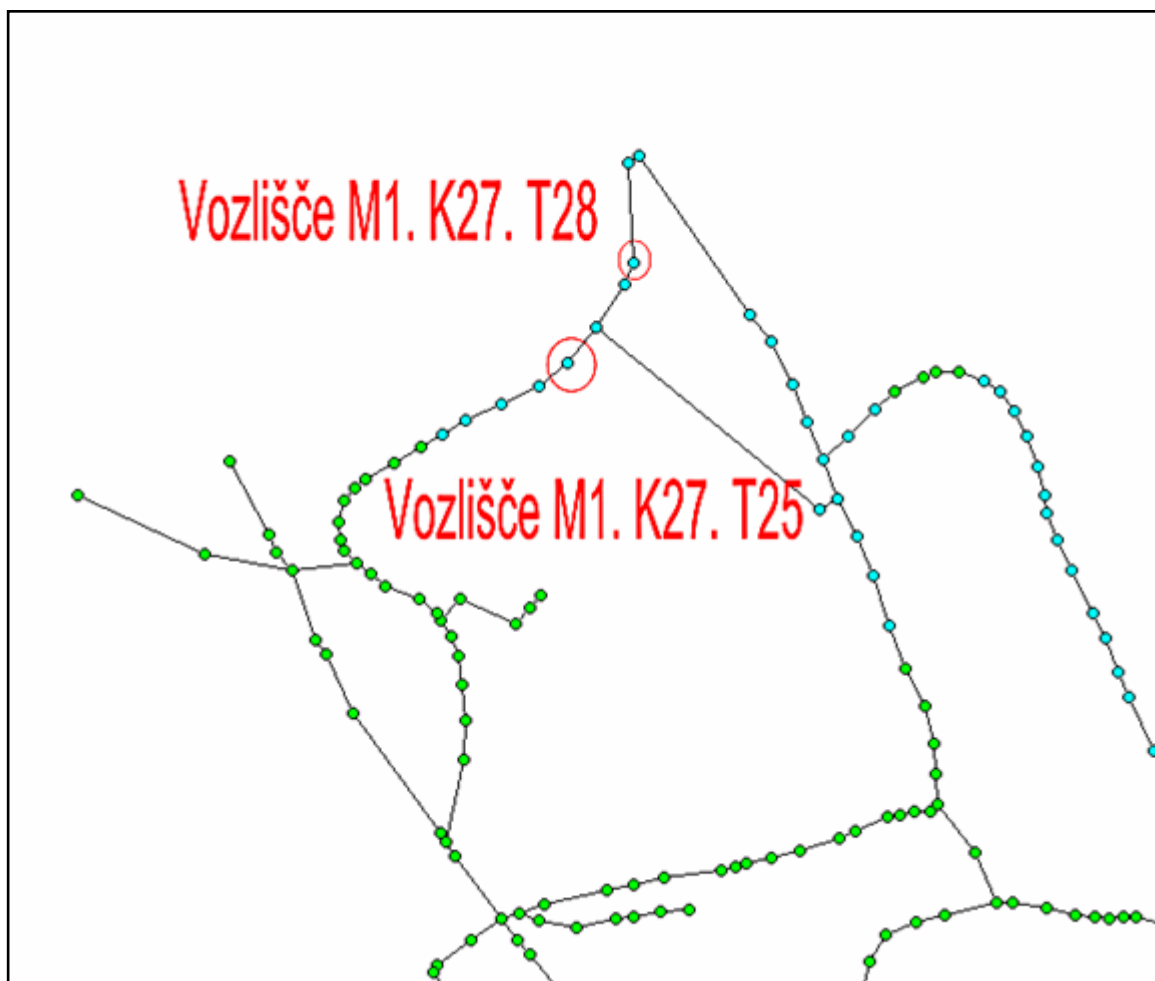


Grafikon 23: Vzorec porabe – Požar

(Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov, 1991)

Požar je bil simuliran od 12.30 do 14.30 ure (v času največje porabe – kritični pretok). Lokacija požarnega mesta je bila določena s pomočjo vrednosti tlakov v omrežju. Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur. l. SFRJ, št. 30/1991) določa požarno mesto v naselju mestnega značaja. Analize, ki jih prikazuje poglavje 3.2.3 in priloga C1, kažejo, da je najnižji tlak v omrežju na območju 1. Območje 1 se ne nahaja znotraj naselja mestnega značaja, zato je požarno mesto izbrano v območju 2. Odvzem vode za gašenje požara je bil predviden na dveh odprtih hidrantih, v vozlišču M1. K27. T25 in vozlišču M1. K27. T28. Lego vozlišč v omrežju prikazuje Slika 10.

Količina porabljene vode mora biti izražena v povprečni dnevni porabi, zato je namesto dve uri trajajočega odvzema 10 l/s v eni točki, poraba definirana z 0,4165 l/s (za obdobje 15 minut) na posameznem hidrantu.



Slika 10: Lega vozlišč M1. K27. T25 in M1. K27. T28 v omrežju

V času simulacije požara je delovaje črpalke na črpališču Vodice spremenjeno. Črpalka VO I deluje od 12.30 do 16.00 s polno močjo.

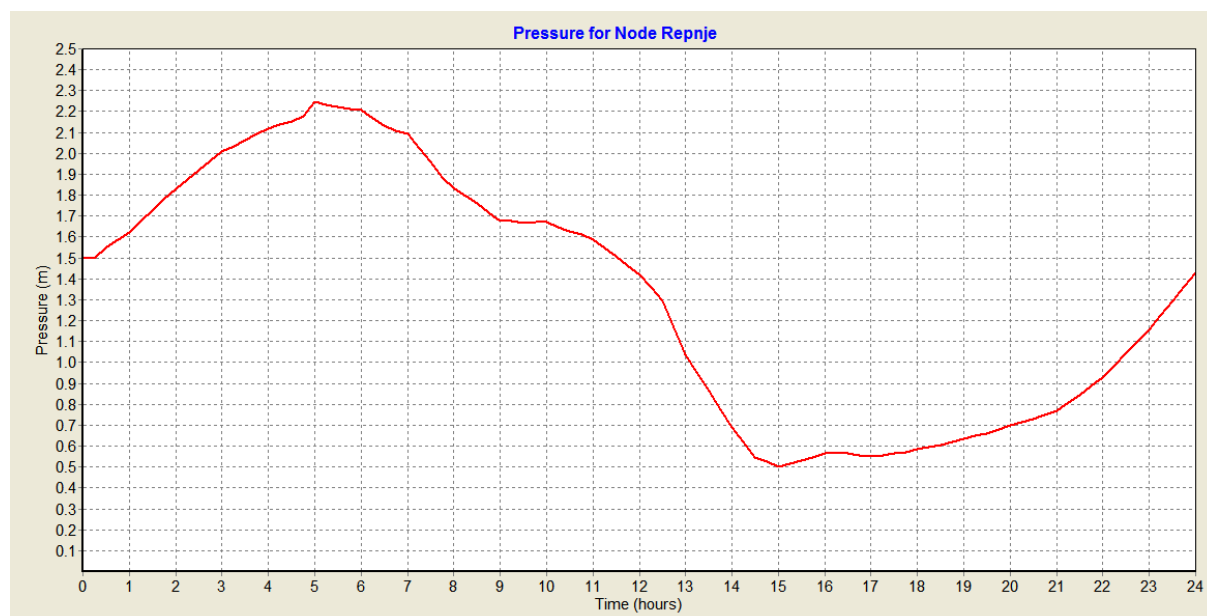
V prikazanih tehničnih podatkih o črpalci VO I predstavljenih v poglavju 2.2.2.2 je definirana največja možna količina črpanja 20 l/s. Po zagotovilih predstavnika JP Komunala Vodice črpalca VO I realno lahko črpa do 15 l/s, zato delovanje črpalke s polno močjo v modelu pomeni črpanje 15 l/s.

3.4 ANALIZA HIDRAVLIČNEGA IZRAČUNA ZA STANJE V PRIMERU ODVZEMA VODE ZA GAŠENJA POŽARA

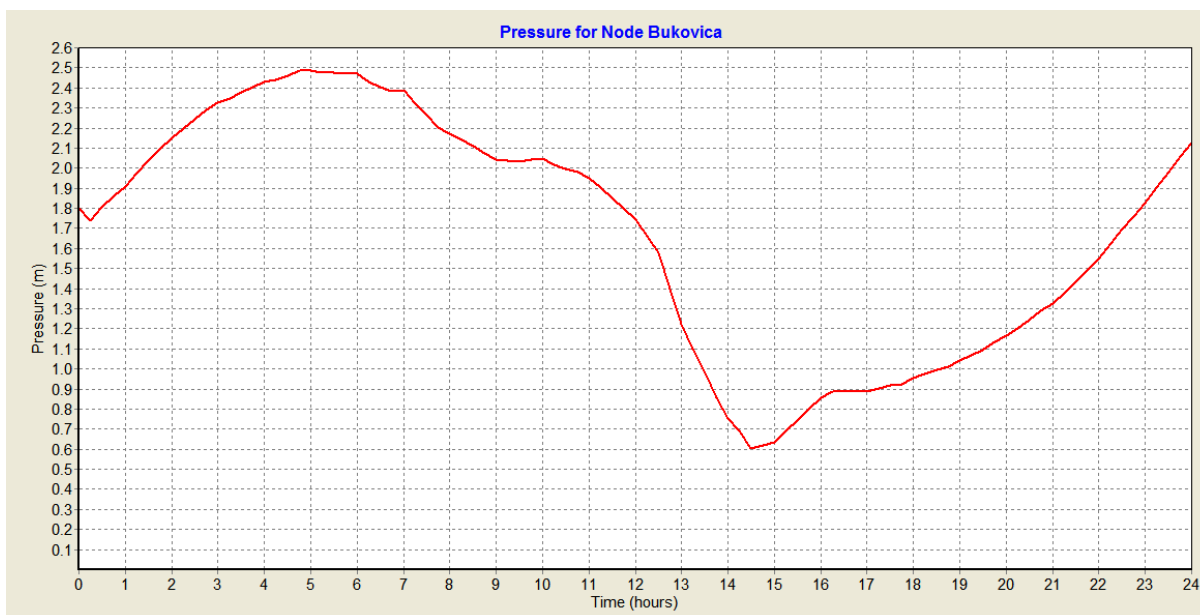
Tako kot pri analizi izračuna hidravličnega modela za obstoječe stanje, je tudi v tem primeru pozornost usmerjena predvsem v delovanje vodohranov ter spremljanje tlakov v času odvzema vode za gašenje požara (od 12.30 do 14.30).

3.4.1 Analiza hidravličnega izračuna za celotno omrežje za stanje v primeru odvzema vode za gašenja požara

Analiza izračuna za celoten dan temelji predvsem na spremljanju delovanja vodohranov. Spreminjanje nivoja gladine v primeru požara prikazujeta Grafikon 24 in Grafikon 25.



Grafikon 24: Nihanje gladine vode v vodohranu Repnje za čas 24 ur
(v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)



*Grafikon 25: Nihanje gladine vode v vodohranu Bukovica v primeru požara za čas 24 ur
(v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)*

Grafikon kaže, da se v času največje porabe in požara gladina vode v vodohranu zelo zniža, vendar ne doseže minimalnega dovoljenega nivoja vode. To pomeni, da se vodohran ne sprazni ter da volumen vode v vodohranu zadošča za gašenje požara. Gladina vode na koncu dneva je višja od gladine na začetku dneva. Razlog za to je delovanje črpalke VO I na črpališču Vodice, ki tudi po končanem odvzemu vode za gašenje požara še vedno 1,5 ure deluje s polno močjo (črpanje 15 l/s).

Krivulji nihanja gladine v obeh vodohranih kažeta na dejstvo, da ima vodovodno omrežje Vodice zadostno količino vode za odvzem vode za gašenje požara na območju mesta Vodice.

3.4.2 Analiza hidravličnega izračuna za stanje v primeru odvzema vode za gašenja požara v času največje dnevne porabe

Do največje dnevne porabe pride v času od 12.30 – 14.30.

Razporeditev tlakov v primeru gašenja požara ob 13.30 uri, prikazana na sliki v Prilogi C3, kaže, da sta v celotnem omrežju dve področji (območje 1 in območje 2), kjer je vrednost tlakov pod 2 bara. Na enem izmed teh območij (območje 2) ležita tudi točkai M1. K27. T25 in M1. K27. T28, v katerih je predviden odvzem vode za gašenje požara na odprtem hidrantu. Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (1991) zahteva na odprtem hidrantu minimalen tlak 2,5 bara, zato Priloga C3 kaže, da vodovodno omrežje ne zagotavlja požarne varnosti, saj ne ustreza zahtevanim normativom (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991).

Rezultati analize, predstavljeni v poglavju 3.4.2 in Prilogi C3 so merodajeni za oceno požarne varnosti, zato lahko na podlagi njih ugotovimo, da omrežje ne zagotavlja ustrezne požarne varnosti.

4 IDENTIFIKACIJA MOŽNIH REŠITEV

4.1 NUJNE REŠITVE Z ENO SAMO MOŽNOSTJO IZVEDBE

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur. l. SFRJ, št. 30/1991) zahteva, da je minimalni notranji premer vseh cevi v vodovodnem omrežju 100 mm. Še pred analizami hidravličnega izračuna so tehnični podatki o omrežju pokazali, da je prvi in najnujnejši ukrep na omrežju zamenjava cevi, katerih notranji premer je manjši od 100 mm, saj bo le tako zagotovljen eden glavnih kriterijev za požarno varnost omrežja. V obstoječem omrežju obstaja še veliko število cevi s premerom 50 mm in 90 mm. Zamenjava naj bi potekala po sledečih odsekih:

- **Odsek Repnje - Polje (M1. K11.):** celoten cevovod Φ 90 (1217 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Polje – Skaručna – Vojsko (M1. K12.):** celoten cevovod Φ 90 (2517 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Polje (M1. K14.):** celoten cevovod Φ 90 (522 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Selo (M1. K16., M1. K75., M1. K76., M1. K77.):** celotni cevovodi Φ 90 (550 m), zamenjani s cevovodi Φ 110
- **Odsek Selo – Šinkov Turn (M1. K17., M1. K73.):** celotni cevovodi Φ 90 (263 m), zamenjani zamenjani s cevovodi Φ 110
- **Odsek Šinkov Turn (M1. K18.):** celoten cevovod Φ 90 (1617 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Koseze (M1. K21.):** celoten cevovod Φ 90 (1055 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Skaručna (M1. K64., M1. K65, M1. K64):** celotni cevovodi Φ 50 (254 m), zamenjani s cevovodi Φ 110

- **Odsek Povodje (M1. K13.):** del cevovoda Φ 90 (230 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Vesca (M1. K15.):** del cevovoda Φ 90 (388 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Vojsko (M1. K63.):** del cevovoda Φ 50 (100 m), zamenjan s cevovodom Φ 110
- **Odsek Vodice (M1. K31., M1. K32., M1. K51., M1. K52.):** deli cevovodov Φ 50 (456 m), zamenjani s cevovodom Φ 110

Celotna količina vseh zamenjanih cevi meri 9169 m.

4.2 NUJNE REŠITVE Z RAZLIČNIMI MOŽNOSTMI IZVEDBE

Analize hidravličnega modela za obstoječe stanje in analize za primer požara v času največje dnevne porabe kažejo, da je na več mestih v omrežju potrebno zagotoviti višje tlake. Prenizki tlaki za normalno obratovanje omrežja so na območju 1 in območju 2, ki jih prikazuje Priloga C3.

Tlake na območju 1 in območju 2 se teoretično lahko dvigne na dva načina:

- s pomočjo hidroforja (varianta 1),
- s pomočjo novega vodohrana (varianta 2).

4.2.1 Predstavitev različnih možnosti izvedbe

Varianta 1

Hidrofor ima značaj lokalnega učinka, zato bi bilo potrebno namestiti na območju s prenizkim tlakom svoj hidrofor z ustrezno krivuljo črpanja.

Varianta 2

Vodohran na ustrezni lokaciji in višini (375 m n. m.) bi zagotovil višje tlake na širšem območju. Glede na dejstvo, da sta območje 1 in območje 2 na istem delu omrežja, bi tlake uspešno dvigoval en vodohran z ustreznimi karakteristikami.

Ob dejstvu, da na severnem območju omrežja, kjer se nahajata območje 1 in območje 2 ni ustrezne vzpetine oz. ustrezno dvignjenega terena, kjer bi lahko postavili vodohran, je bila za rešitev problema prenizkih tlakov izbrana varinta 1.

5 HIDRAVLIČNI MODEL IN ANALIZA HIDRAVLIČNEGA IZRAČUNA ZA REKONSTRUIRANO STANJE

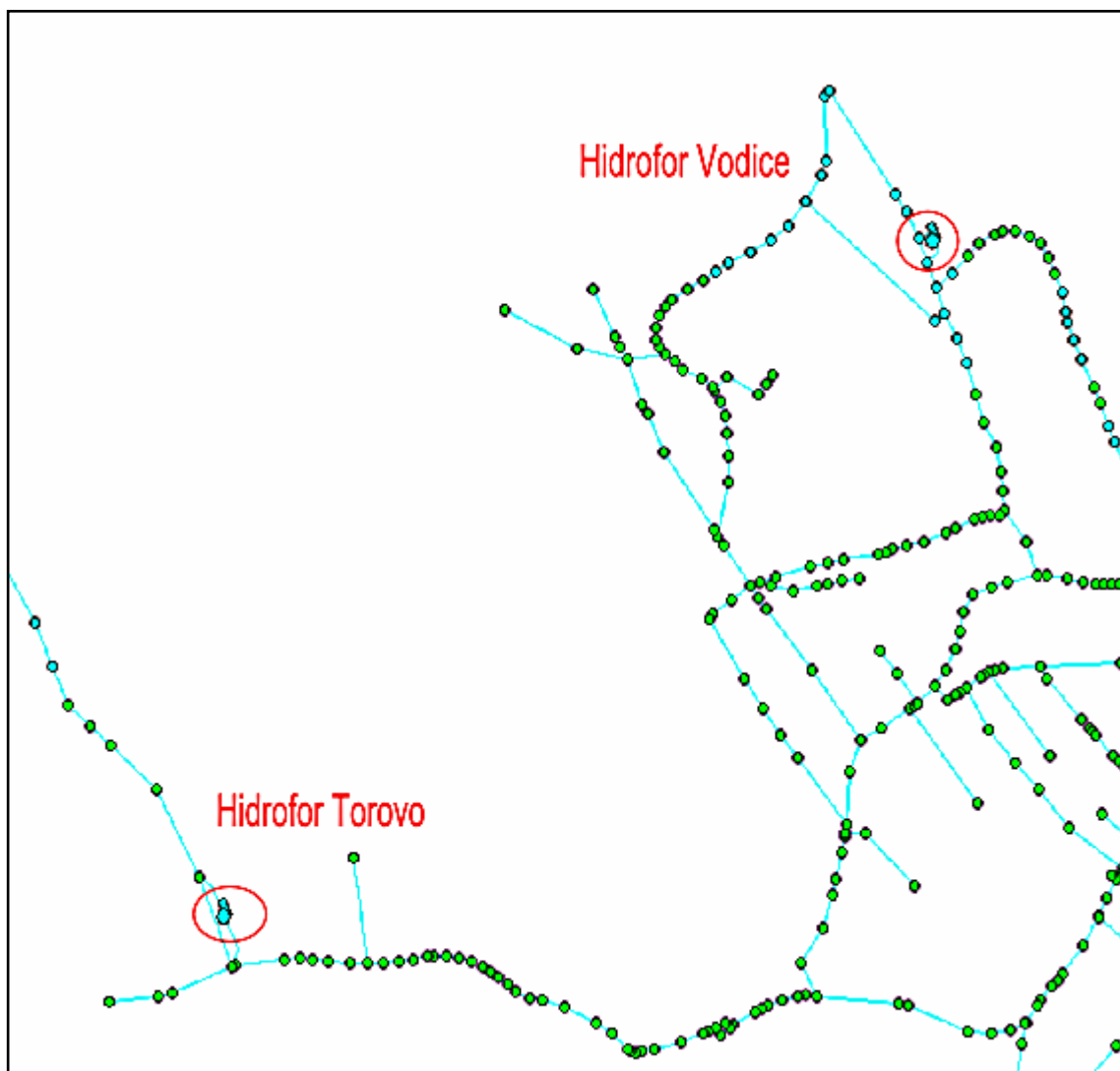
5.1 OPIS HIDRAVLIČNEGA MODELA ZA REKONSTRUIRANO STANJE

5.1.1 Podatki, predpostavke in prilagoditve pri hidravličnem izračunu za rekonstruirano stanje

Za hidravlični model rekonstruiranega stanja je bil uporabljen model, na osnovi katerega so bile izdelane analize za obstoječe stanje. V skladu s predlaganimi rešitvami so bili temu modelu dodani še ukrepi, ki skupaj z osnovnim modelom predstavljajo rekonstruirano stanje omrežja.

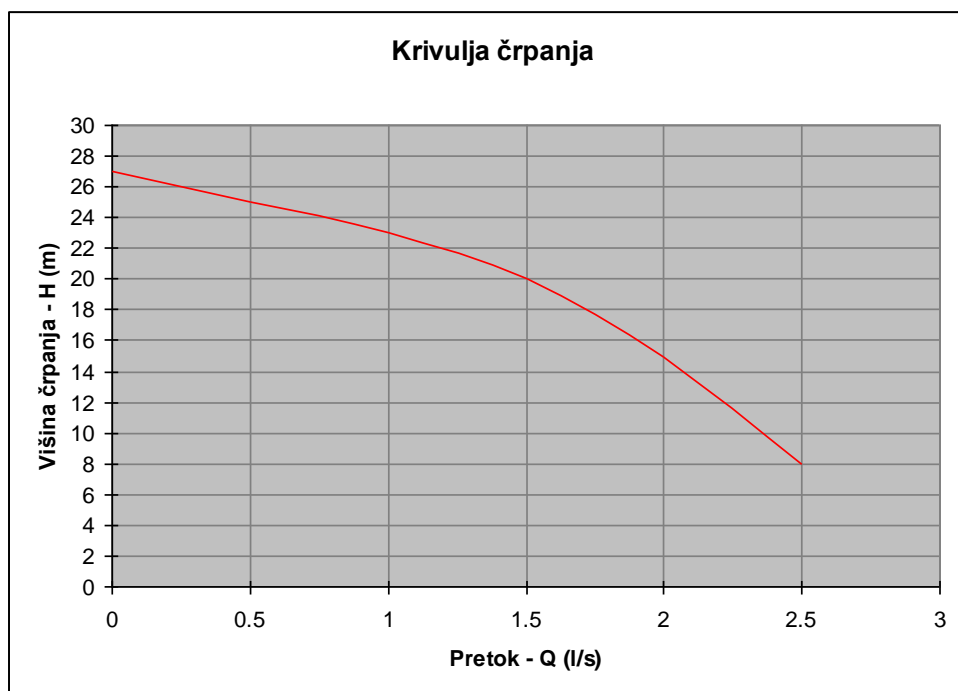
5.1.1.1 Predstavitev ukrepov

Poleg zamenjave vseh cevi $\Phi 50$ in $\Phi 90$ z cevmi $\Phi 110$ sta v skladu z izbrano varianto rekonstrukcije omrežja v model obstoječega stanja bila dodana še dva hidroforja. Hidroforja sta bila dodana na obeh območjih prenizkih tlakov. Na območju 1 je bil dodan hidrofor Torovo vzporedno k cevi M1. K24. P1, na območju 2 pa hidrofor Vodice vzporedno k cevi M1. K27. P33. Lokaciji hidroforjev prikazuje Slika 11.



Slika 11: Prikaz lokacij novih hidroforjev v omrežju

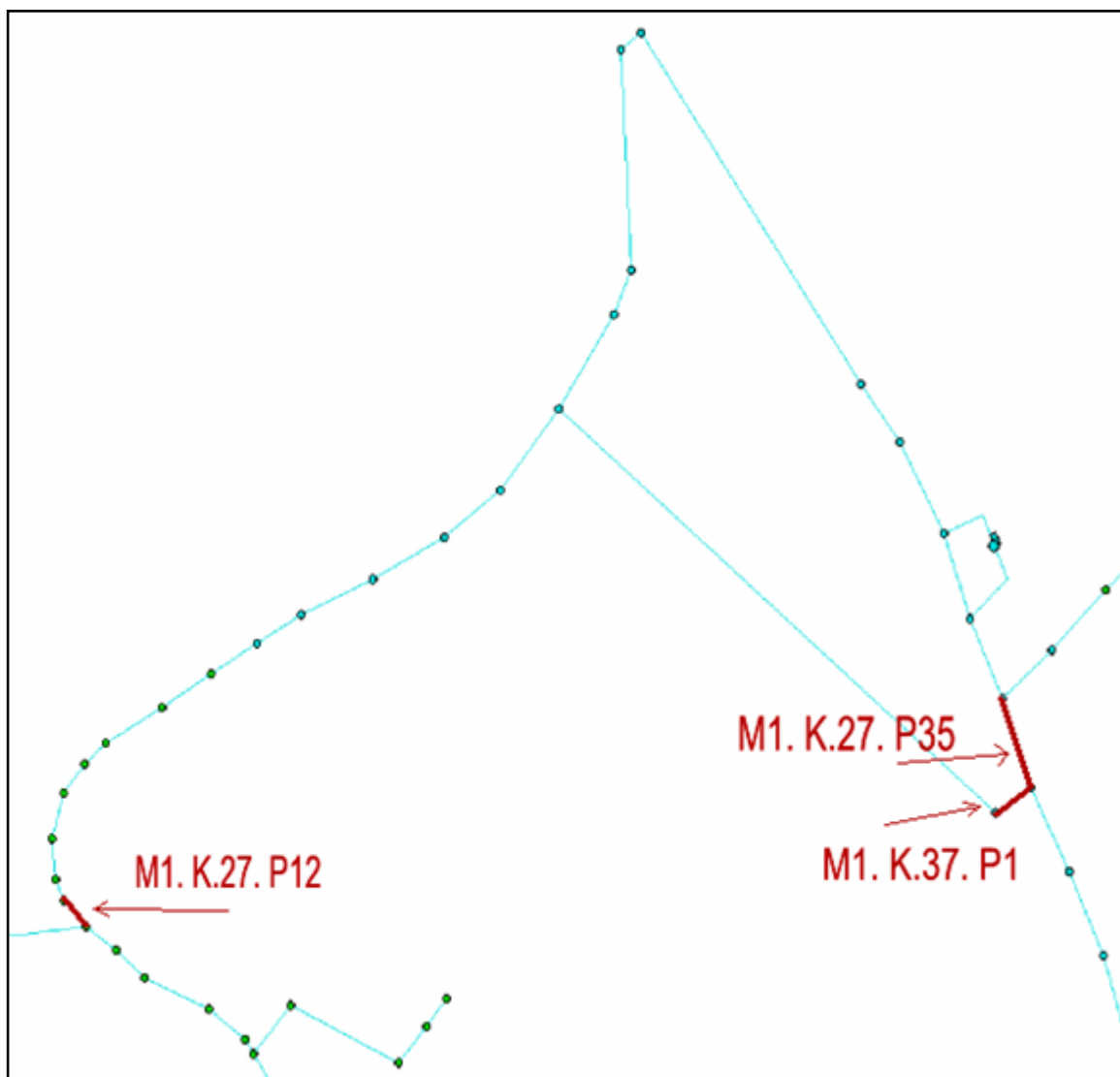
Delovanje hidroforjev je definirano s krivuljo črpanja. V obeh primerih novo dodanega hidroforja je bila na podlagi pretokov in vrednosti tlakov v obstoječem omrežju ter na podlagi vrednosti tlakov, ki jih želimo doseči, izbrana krivulja črpanja (Hydro MPC..., 2005), ki jo prikazuje Grafikon 26.



Grafikon 26: Krivulja črpanja za novo dodana hidroforja (Hydro MPC..., 2005)

Na območju 2, je sistem obstoječih cevovodov narejen v obliki večih zank. Učinek hidroforja bi tako bil porazdeljen na celotnem območju vseh zank. Da bi višje tlake dosegli samo na območju, kjer je to potrebno, je bilo nekaj cevi zaprtih, tako da je bilo območje zvišanja tlakov omejeno. Cevi so bile izbrane tako, da je kljub njihovu zaprtju oskrba z vodo v vseh vozliščih nemotena in njihovo zaprtje nima večjih negativnih posledic.

Zaprte so bile sledeče cevi M1. K27. P35, M1. K27. P12 in M1. K37. P1. Njihovo lego v omrežju prikazuje Slika 12.



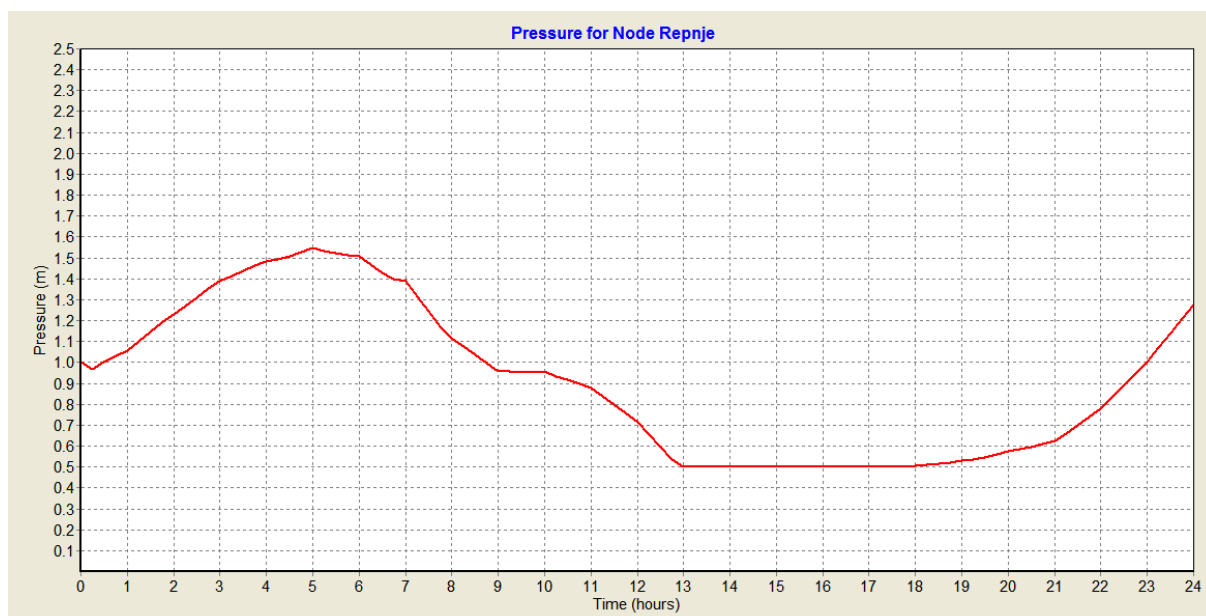
Slika 12: Lega zaprtih cevi v omrežju

5.2 ANALIZA HIDRAVLIČNEGA IZRAČUNA ZA REKONSTRUIRANO STANJE

Hidravlični izračun je bil narejen za primer, ki ga definirajo v poglavju 5.1 predstavljeni podatki, poenostavitve in ukrepi. Pri analizi izračuna je bila pozornost usmerjena predvsem na delovanje vodohranov in na spremljanje tlakov v času najvišje in najnižje porabe.

5.2.1.1 Analiza hidravličnega izračuna za čas enega dneva (24 ur)

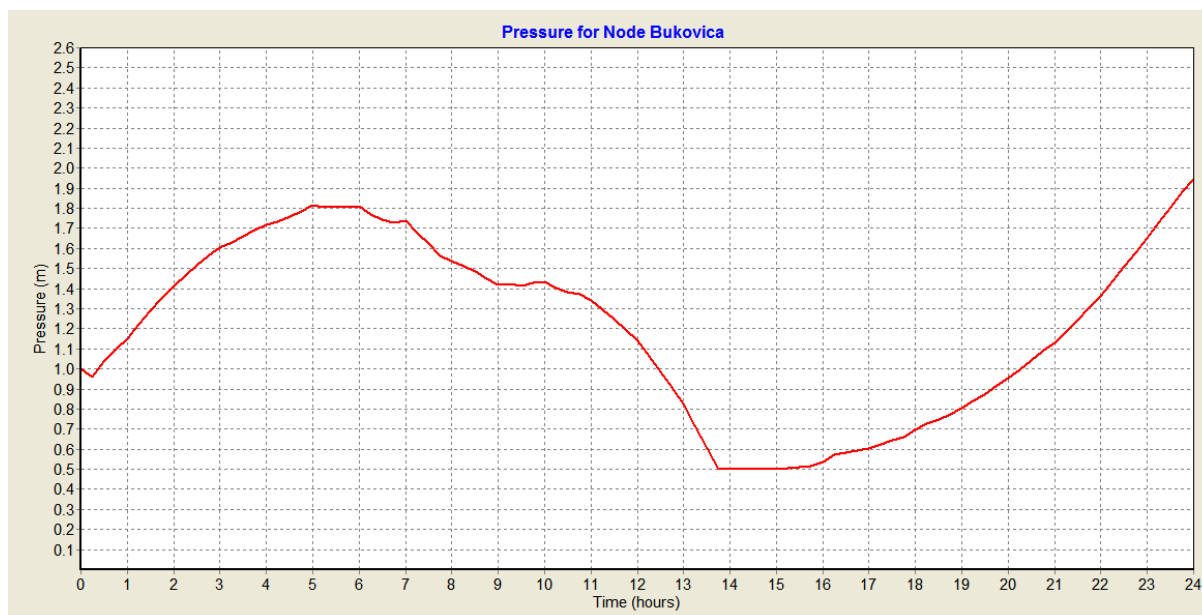
Analiza izračuna za celoten dan temelji predvsem na spremljanju delovanja vodohranov. Spreminjanje nivoja gladine za čas 24 ur prikazujeta Grafikon 27 in Grafikon 28.



Grafikon 27: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 24 ur

Iz grafikona je razvidno, da se gladina v vodohranu Repnje takoj po začetku delovanja malo zniža. Najverjetneje je to začetna nestabilnost v prvih nekaj minutah. Nihanje gladine v kasnejših urah dneva nam kaže, da se vodohran v dnevni konici, ko je poraba največja, prazni. Najbolj se sprazni v opoldanski konici, ko gladina pade pod minimalno višino. V času, ko je poraba manjša, se gladina zopet dvigne. Dejstvo, da je gladina ob začetku dneva nižja od gladine na koncu dneva, nam kaže, da se vodohran tekom večih dni polni.

Delovanje vodohrana Repnje je lepše prikazano in bolj razvidno v analizah za izračune, ki so trajali daljše obdobje (72 in 168 ur).



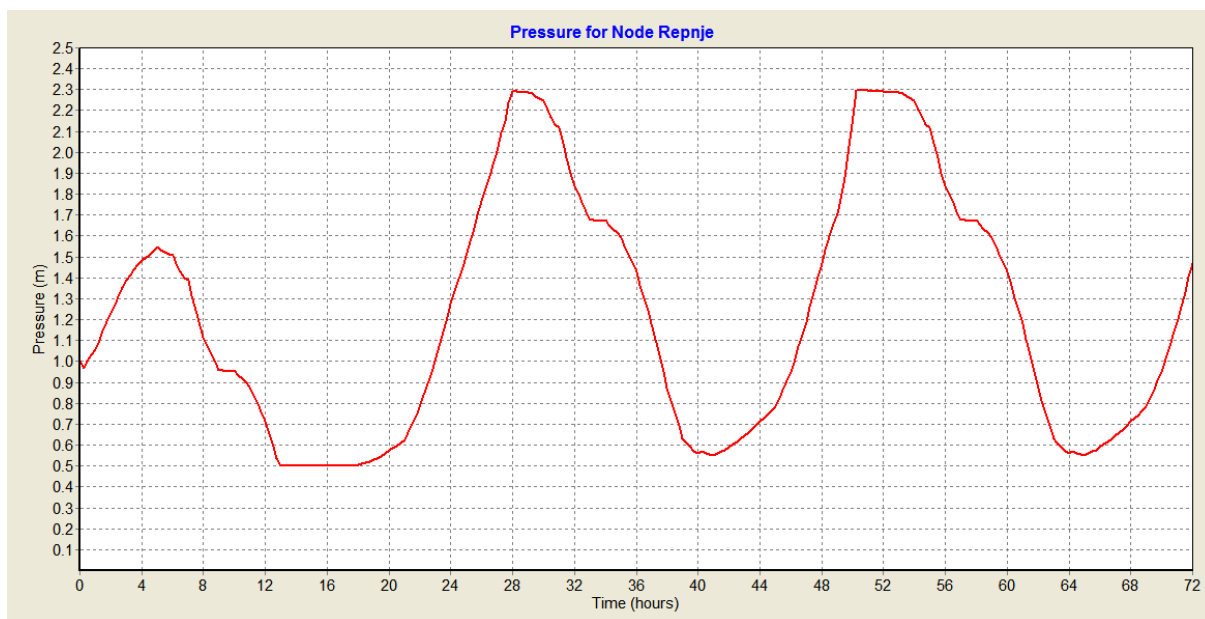
Grafikon 28: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 24 ur

Tako kot pri vodohranu Repnje se tudi v tem primeru v začetnih nekaj minutah vodohran prazni zaradi začetne nestabilnosti. Nihanje gladine, ki je prikazano v kasnejših urah dneva, je prav tako kot v vodohranu Repnje odvisno od porabe vode v omrežju. V dnevnikih konicah porabe se gladina niža oz. vodohran prazni. V času opoldanske konice gladina pade pod minimalno višino, kar pomeni, da se vodohran sprazni. V času, ko je poraba manjša, pa se gladina viša oz. se vodohran polni. Dejstvo, da je gladina ob začetku dneva nižja od gladine na koncu dneva, nam kaže, da se vodohran tekom večih dni polni.

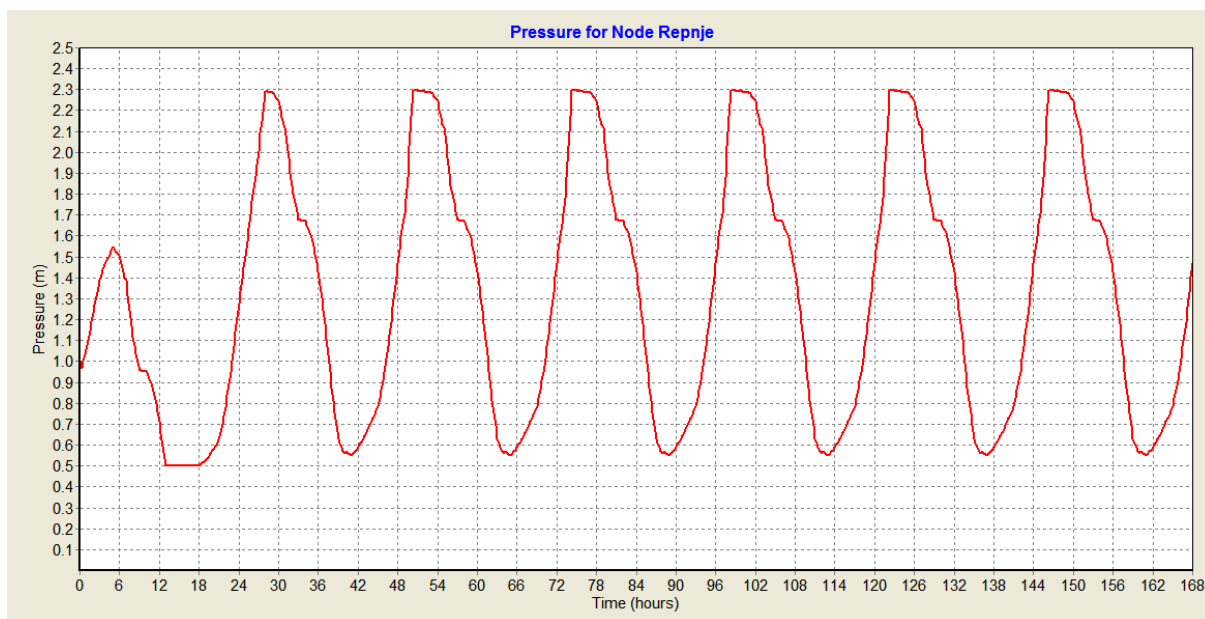
Delovanje vodohrana Bukovica je lepše prikazano in bolj razvidno v analizah za izračune, ki so trajali dlje časa (72 in 168 ur).

5.2.1.2 Analiza hidravličnega izračuna za čas 3 dni (72 ur) in 7 dni (168 ur)

V tej analizi je predstavljeno delovanje vodohranov za daljše obdobje. Sledeči grafikoni prikazujejo nihanje gladine za vodohrana Repnje in Bukovica za čas 3 in 7 dni (72 in 168 ur).



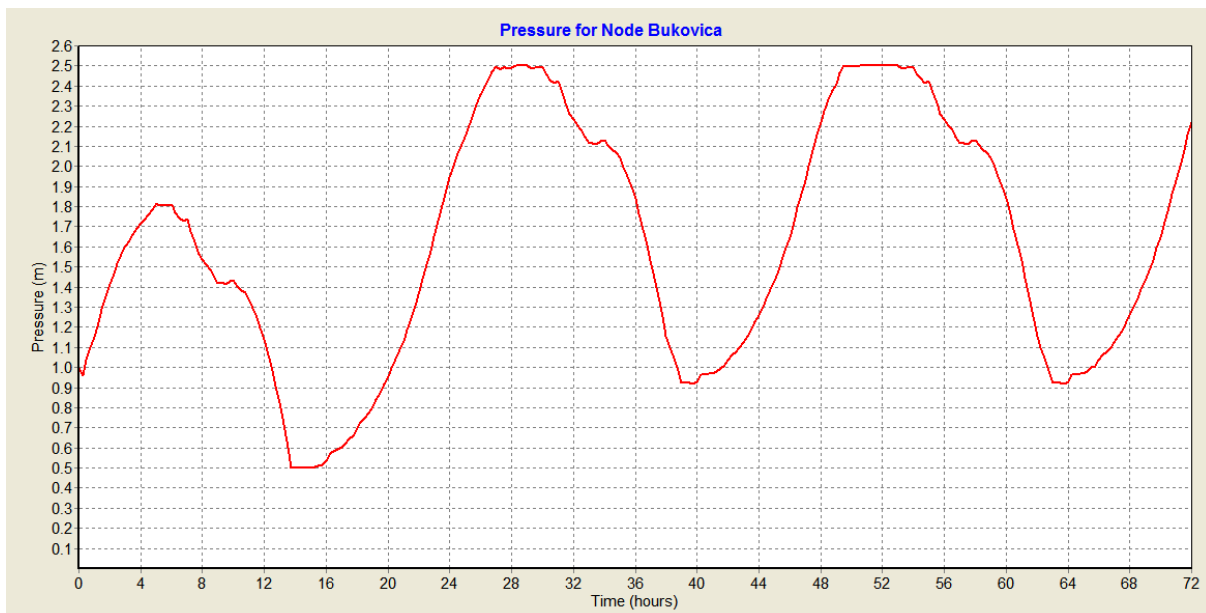
Grafikon 29: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 72 ur



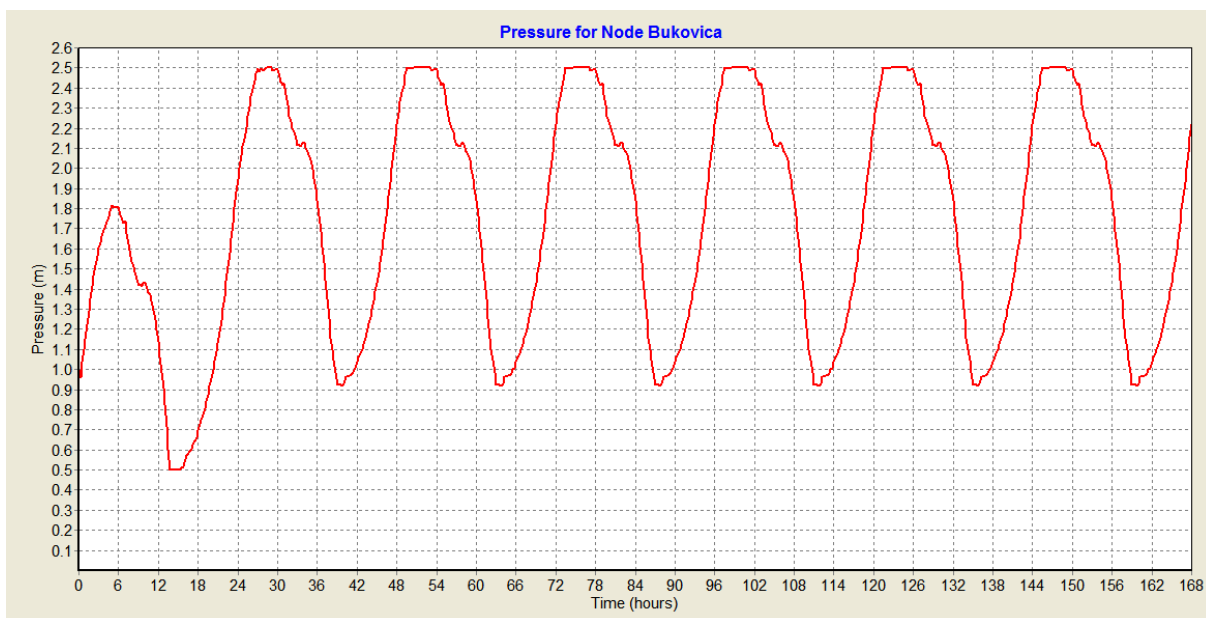
Grafikon 30: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v času 168 ur

Prikazana grafikona kažeta, da se nihanje gladine stabilizira in postane ciklično že drugi dan. Vodohran se do vrha napolni že po prvem nočnem polnjenju. Do spraznenja vodohrana pride samo prvi dan, v vseh naslednjih dneh pa se v konicah gladina precej zniža, vendar se do minimalne višine ne spusti nikoli. Gladina niha za približno 1.8 m.

Nihanje gladine je tipično za vzorce porabe, ki so uporabljeni v modelu. Do nižanja gladine prihaja v času dnevnih konic porabe, medtem ko se gladina dviga v času minimalne porabe.



Grafikon 31: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 72 ur



Grafikon 32: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v času 168 ur

Prav tako kot v vodohranu Repnje se tudi v vodohranu Bukovica po začetni nestabilnosti nihanje gladine ustali že drugi dan in postane ciklično. Gladina se dvigne do maksimalne višine v času nočnega polnenja. Niha za približno 1.6 m in nikoli ne pade do minimalne višine.

Nihanje gladine je tipično za vzorce porabe, ki so uporabljeni v modelu. Do nižanja gladine prihaja enako kot v vodohranu Repnje v času dnevnih konic porabe, medtem ko se gladina dviga v času minimalne porabe.

5.2.1.3 Analiza hidravličnega izračuna v času največje dnevne porabe

Do najvišje dnevne porabe vode v omrežju prihaja med trinajsto in štirinajsto uro dneva. Ker je hidravlični izračun narejen za 15- minutni interval, je bil za analizo hidravličnega izračuna izbran točen čas 13.30. Vrednosti tlakov ob tem času nam prikazuje Priloga C4.

Iz slike v Prilogi C4 je lepo razvidno, da so vsi tlaki v omrežju nad minimalno dovoljeno vrednostjo 2,0 bara. To pomeni, da so v omrežju v času dnevne konice, ko je maksimalna poraba vode, tlaki, ki ustrezajo normativom, določenim s pomočjo inženirske prakse oz. pravilnika (TIDD01..., 2003).

5.2.1.4 Analiza hidravličnega izračuna v času najmanjše dnevne porabe

Do najmanjše dnevne porabe vode v omrežju prihaja med eno in drugo uro ponoči. Ker je hidravlični izračun narejen za 15- minutni interval, je bil za analizo hidravličnega izračuna izbran točen čas 1.30. Vrednosti tlakov ob tem času nam prikazuje Priloga C5.

Iz slike v Prilogi C5 je lepo razvidno, da so vsi tlaki v omrežju pod maksimalno dovoljeno vrednostjo 7 barov. To pomeni, da so v omrežju v času, ko je minimalna poraba vode, tlaki, ki ustrezajo normativom, določenim s pomočjo inženirske prakse oz. pravilnika (TIDD01..., 2003).

5.3 OPIS IN IZRAČUN HIDRAVLIČNIH RAZMER ZA REKONSTRUIRANO STANJE V PRIMERU GAŠENJA POŽARA

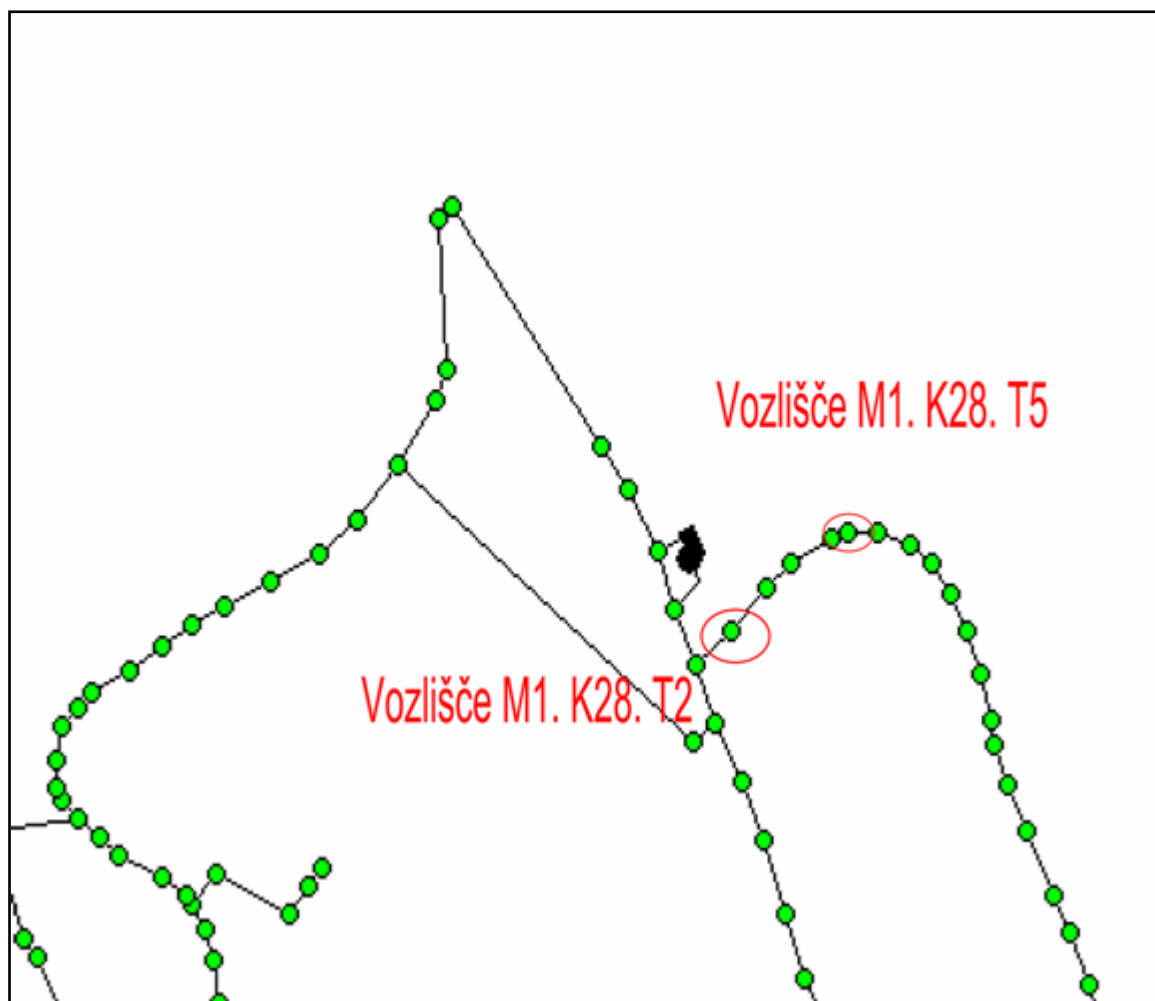
V primeru hidravličnega modela za rekonstruirano stanje v primeru gašenja požara so bili uporabljeni isti podatki kot v primeru za hidravlični model za rekonstruirano stanje, prikazani v poglavju 3.3.1. Poleg teh pogojev delovanja sistema pa so bili definirani še nekateri dodatni pogoji.

5.3.1.1 Dodatni pogoji delovanja hidravličnega modela za rekonstruirano stanje pri izračunu v primeru gašenja požara

Pogoji za simulacijo požara, ki jih določa Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur. l. SFRJ, št. 30/1991), so privzeti iz poglavja 3.3.1.1.

Lokacija požarnega mesta je bila na podlagi analize hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v času največje dnevne porabe in v skladu s Pravilnikom o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur. l. SFRJ, št. 30/1991) določena na novo, zato sta bili predvideni tudi novi lokaciji za odvzem vode za gašenje požara.

Odvzem vode za gašenje požara je bil predviden na dveh odprtih hidrantih, v vozlišču M1. K28. T2 in vozlišču M1. K28. T5. Lego vozlišč v omrežju prikazuje Slika 13.



Slika 13: Lega vozlišč M1. K.28. T2 in M1. K2. T5 v omrežju

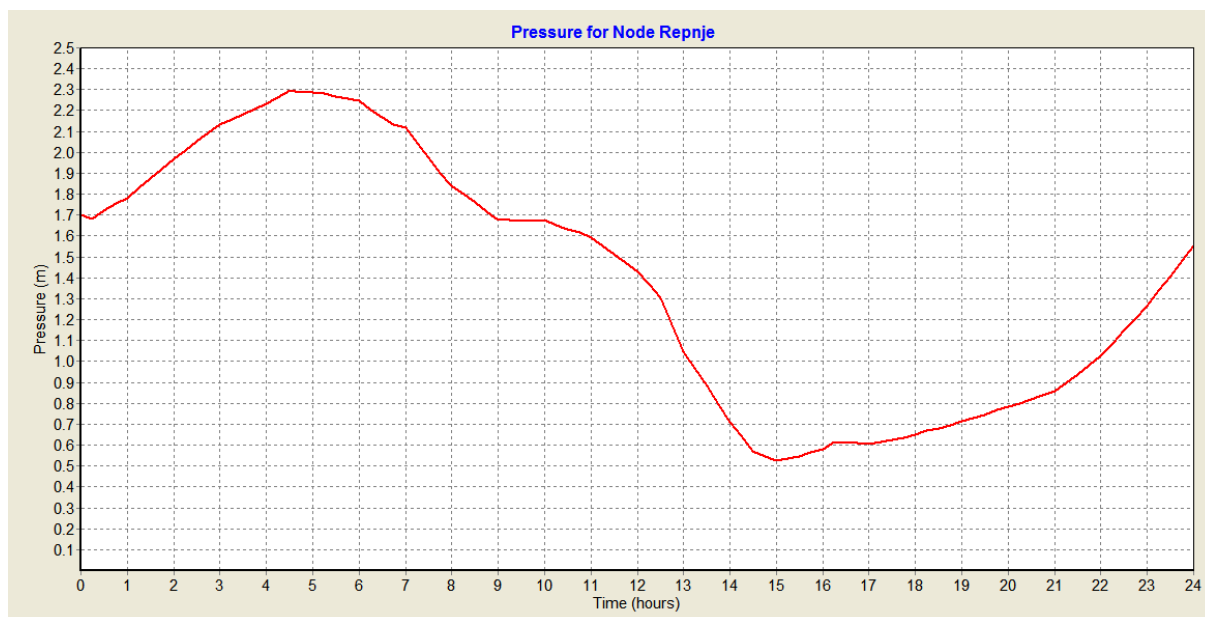
Delovanje črpalke na črpališču Vodice je definirano, kot ga prikazuje poglavje 3.3.1.1.

5.4 ANALIZA HIDRAVLICNEGA IZRAČUNA ZA REKONSTRUIRANO STANJE V PRIMERU ODVZEMA VODE ZA GAŠENJE POŽARA

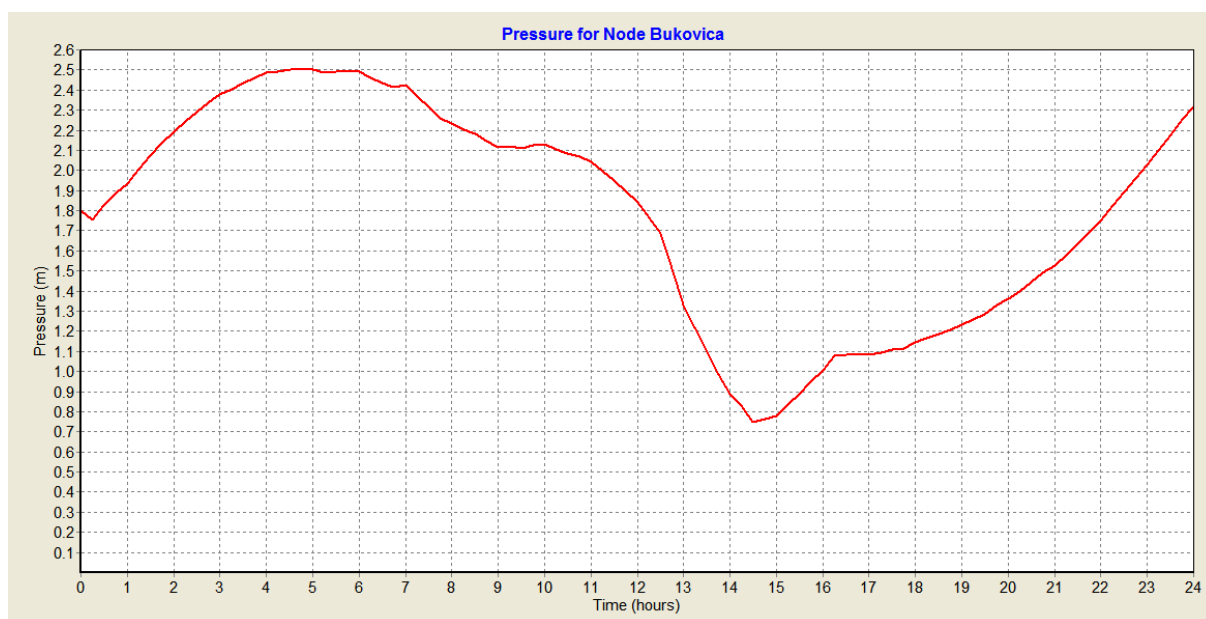
Tako kot pri analizi izračuna hidravličnega modela za rekonstruirano stanje je tudi v tem primeru pozornost bila usmerjena predvsem v delovanje vodohranov ter spremljanje tlakov v času odvzema vode za gašenje požara (od 12.30 do 14.30).

5.4.1 Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara

Analiza izračuna za celoten dan temelji predvsem na spremljanju delovanja vodohranov. Spreminjanje nivoja gladine v primeru gašenja požara prikazujeta Grafikon 33 in Grafikon 34.



*Grafikon 33: Nihanje gladine v vodohranu Repnje v primeru požara za čas 24 ur
(v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)*



*Grafikon 34: Nihanje gladine v vodohranu Bukovica v primeru požara za čas 24 ur
(v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.30 ure)*

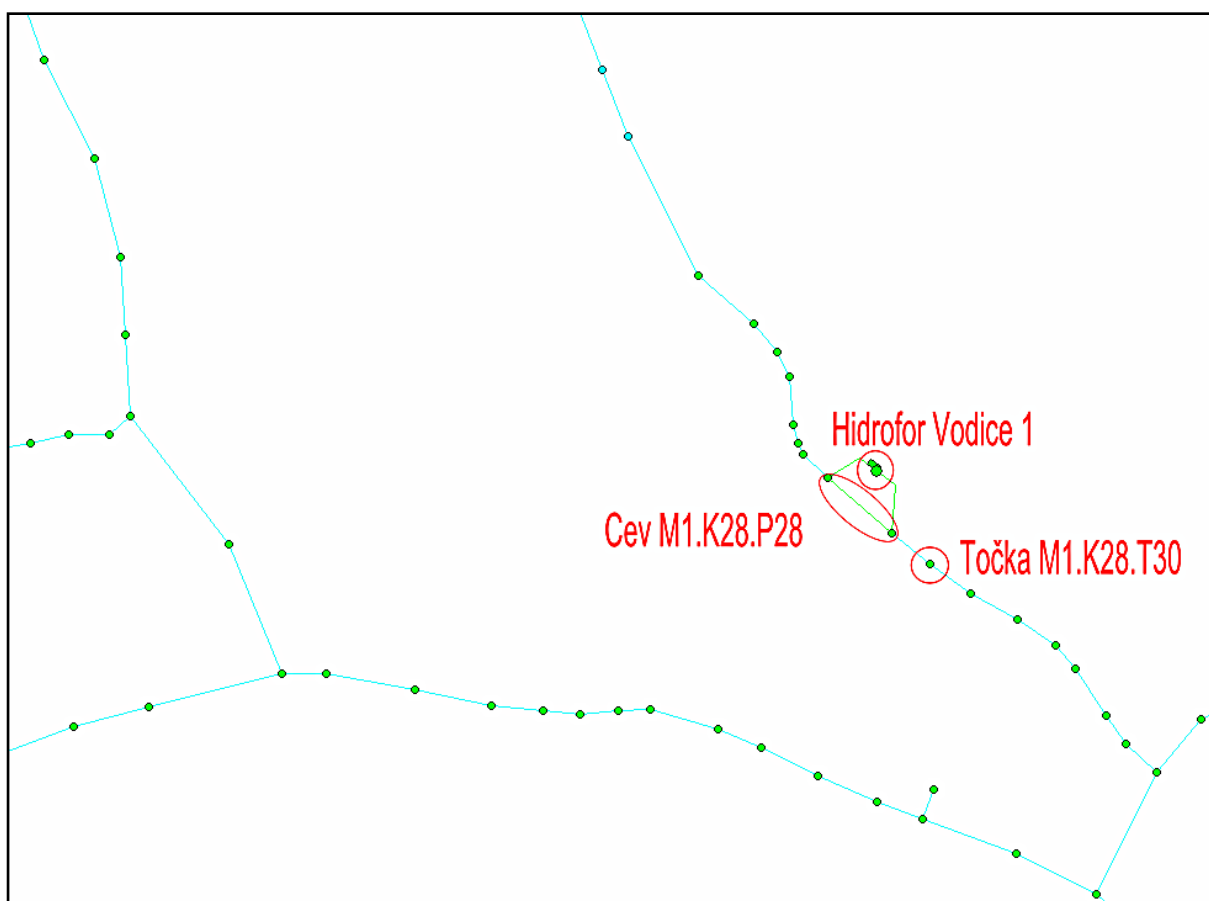
Oba prikazana grafikona kažeta, da gladina v vodohranih ne doseže minimalne gladine. To pomeni, da je vode za gašenje požara v omrežju dovolj. Na grafikonih je razvidno tudi dejstvo, da odvzem vode za gašenje požara ne spremeni bistveno delovanja vodohrana. Najverjetneje je to delovanje nespremenjeno na račun dodatne vode, ki jo v času gašenja požara v omrežje načrpa črpalka na črpališču Vodice, ki deluje s polno močjo.

5.4.2 Analiza hidravličnega izračuna za rekonstruirano stanje v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje porabe

Do največje dnevne porabe pride v času od 12.30 – 14.30. Priloga C6 prikazuje omrežje ob 13.30.

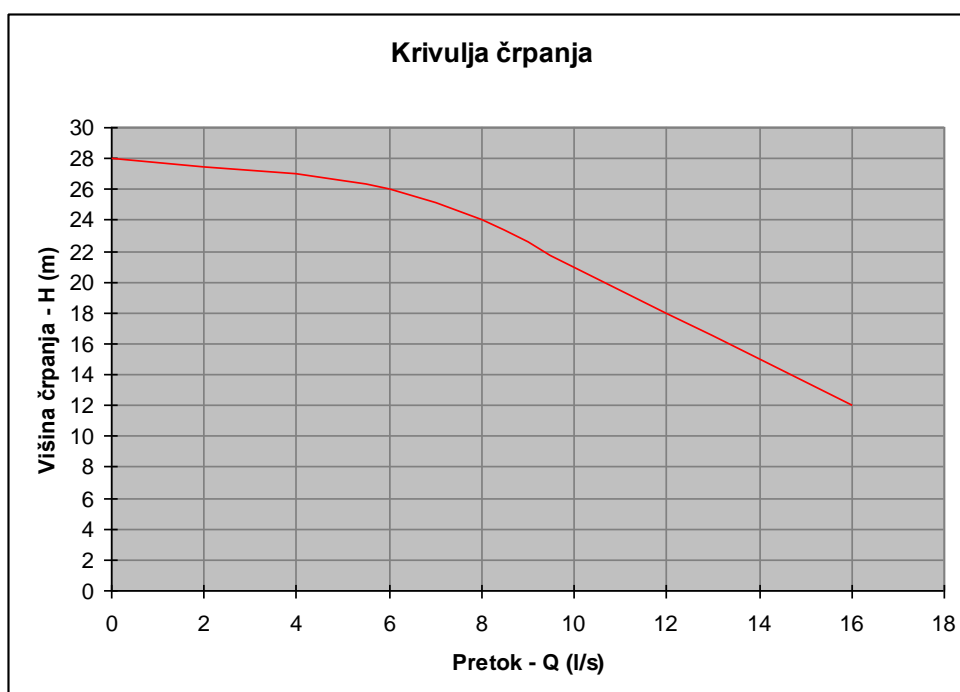
Razporeditev tlakov v primeru gašenja požara, prikazana na sliki v Prilogi C6 kaže, da v času gašenja požara pride do tlakov nižjih od 2 bara. Območje z tlaki nižjimi od 2 barov je na sliki v Prilogi C6 zajeto v območje 3. V tem območju ležita tudi hidranta, na katerih je predviden odvzem vode za gašenje požara. Prenizki tlaki onemogočajo normalno delovanje omrežja (TIDD01..., 2003) in ne zagotavljajo požarne varnosti (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991) zato je bil dodan modelu za rekonstruirano stanje še dodaten ukrep.

Kot dodaten ukrep, potreben za dvig tlakov na območju 3 (prikazanem na sliki v Prilogi C6), je v omrežje bil dodan dodaten hidrofor. Hidrofor Vodice1 je bil postavljen vzporedno s cevjo M1.K28.P28. Lokacijo hidroforja Vodice 1 in cevi M1.K28.P28 v omrežju prikazuje Slika 14.



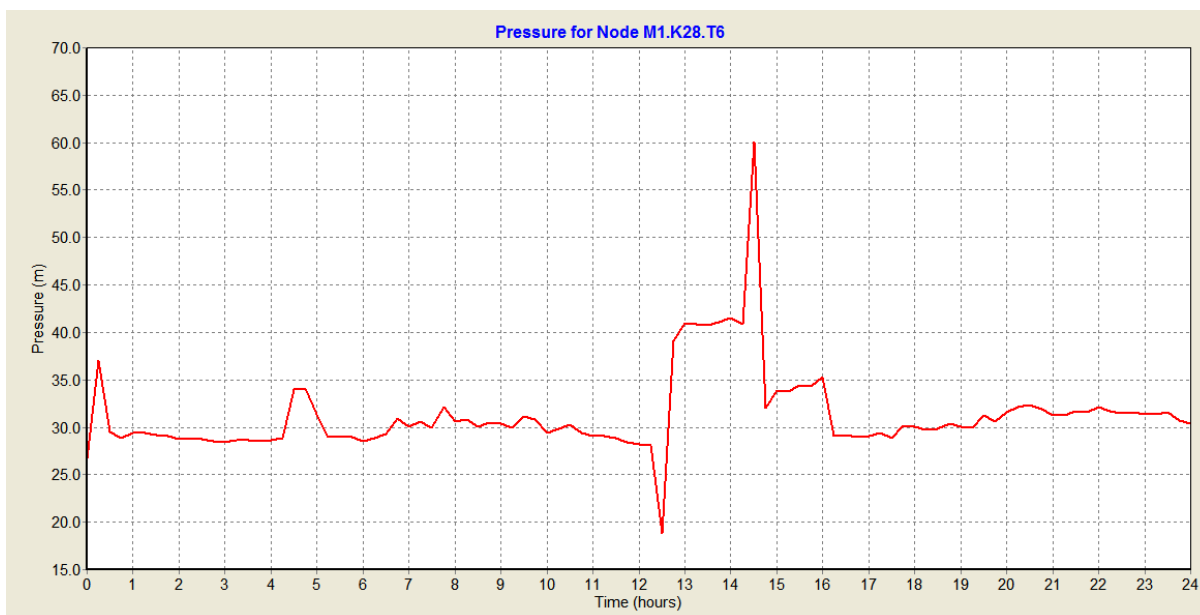
Slika 14: Lokacija hidroforja Vodice 1, točke M1.K28.T30 in cevi M1.K28.P28 v omrežju

Delovanje hidroforja Vodice1 je definirano na podlagi krivulje črpanja, ki jo prikazuje Grafikon 35, vklop oz. izklop hidroforja pa na podlagi vrednosti tlakov v vozlišču M1.K28.T30 (lokacija vozlišča M1.K28.T30 prikazuje Slika 14). Vključi se, ko tlaki v vozlišču padejo pod 4 bare. Praktično to pomeni, da hidrofor deluje samo v času odvzema vode za gašenje požara (takrat, ko se požar nahaja znotraj območja, ki ga pokriva hidrofor) in zagotavlja minimalne zahtevane tlake na odprtih hidrantih in v omrežju (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991, TIDD01..., 2003). Cev M1.K28.P28, ki je vzporedna z hidroforjem Vodice1, je v času delovanja hidroforja zaprta oz. odprta v času, ko hidrofor ne deluje.

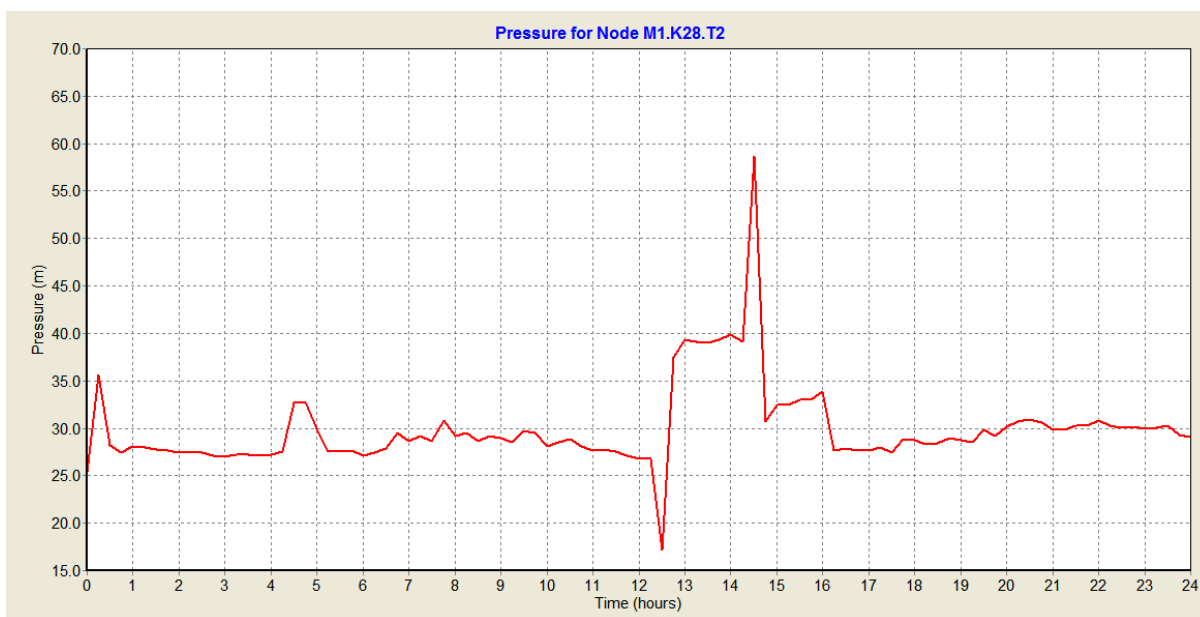


Grafikon 35: Krivulja črpanja za dodaten hidrofor vzporeden s cevjo M1.K28.P28

Sledeča grafikona prikazujeta spreminjanje vrednosti tlakov v točkah kjer so odprti hidranti za odvzem vode za gašenje požara. Odvzem vode je v času od 12.30 do 14.30 ure, istočasno pa deluje tudi novo dodani hidrofor Vodice 1.



Grafikon 36: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1.K28.T6 v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.20 ure)



Grafikon 37: Spreminjanje vrednosti tlaka v vozlišču M1.K28.T2 v primeru požara za čas 24 ur (v primeru odvzema vode za gašenje požara v času od 12.30 do 14.20 ure)

Grafikon 36 in Grafikon 37 kažeta, da hidrofor Vodice 1 v času odvzema vode za gašenje požara (od 12.30 do 14.30 ure) uspešno zagotavlja dovolj velike tlake za zagotavljanje požarne varnosti (Pravilnik o tehničnih..., 1991) na obeh odprtih hidrantih, kjer poteka odvzem vode.

Izračun rekonstruiranega stanja v primeru gašenja požara z dodanim novim hidroforjem nam v času največje dnevne porabe ob 13.30 poda tlake, ki jih prikazuje Priloga C7.

Vrednosti tlakov prikazane na sliki v Prilogi C7, se v celotnem omrežju v času največje dnevne porabe in odvzema vode za gašenje požara gibljejo v razponu od 2 do 7 barov. To pomeni, da so dosežene vrednosti tlakov, ki ustrezajo normativom, ki jih določa inženirska praksa oz. pravilnik (TIDD01..., 2003).

6 KONČNI PREDLOG REKONSTRUKCIJE

Na podlagi analiz, ki jih prikazujeta poglavji 5.2 in 5.4 so predlagani sledeči ukrepi za rekonstrukcijo omrežja:

- zamenjava vseh cevi, ki imajo Φ 50 in Φ 90 z cevmo Φ 110,
- v omrežje se dodata dva nova hidroforja - hidrofor Torovo (vzporedno cevi M1. K24. P1) in hidrofor Vodice (vzporedno cevi M1. K27. P33), ki delujeta 24 ur na dan in s tem na kritičnih območjih zagotavljata tlake višje od 2 bara, ki zagotavljajo nemoteno delovanje omrežja,
- v omrežju se trem cevem (M1. K27. P35, M1. K27. P12, M1. K37. P1) spremeni status iz odprtih v zaprte, saj je njihova sprememba statusa poglavitna za uspešno delovanje hidroforja Vodice,
- omrežju se doda dodaten hidrofor Vodice1 (vzporedno cevi M1.K28.P28), ki deluje po potrebi (kadar tlaki v vozlišču M1.K28.T30 padejo pod 4 bare).

Hidroforji se izberejo na podlagi krivulj črpanja, ki so predstavljene v poglavjih 5.1.1.1 in 5.4.2, iz ponudbe na trgu.

Predstavljeni ukrepi zagotavljajo nemoteno delovanje omrežja tako v vseh kritičnih trenutkih dneva ob povprečni porabi vode, kakor tudi ob povečanem odvzemu vode za gašenje požara.

7 DISKUSIJA

Glavni namen diplomske naloge, ki je bil pridobiti in prikazati vse podatke, ki so potrebni za izdelavo hidravličnega modela in preračuna, izdelava le tega za obstoječi vodovodni sistem Vodice ter izmed predlaganih ukrepov za izboljšanje izbrati optimalnega in ga podati kot predlog rekonstrukcije, je v nalogi bil dosežen.

Obstoječe stanje vodovodnega omrežja v občini Vodice se je izkazalo za nezadostno v smislu nemotenega oskrbovanja s pitno vodo, saj ne ustreza pogojem, ki so potrebni za požarno varnost (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991), prav tako pa tudi ne ustreza standardom, ki jih določa inženirska praksa oz. pravilnik (TIDD01..., 2003). Nezadostnost omrežja se kaže predvsem v prenizkih tlakih, zato je bilo potrebno predlagati ukrepe za izboljšanje omrežja.

Izmed predlaganih ukrepov je bil izbran optimalen ukrep, ki je bil podan kot končni predlog rekonstrukcije. Podani predlog končne rekonstrukcije naj bi izboljšal omrežje do take mere, da njegovo delovanje zadošča normativom za normalno obratovanje omrežja (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991, TIDD01..., 2003). Vsebuje zamenjavo premajhnih cevi, tri nove dodatne hidroforje v omrežju in zaprtje treh cevi.

Zamenjava premajhnih cevi in novo dodani hidroforji uspešno zagotavljajo dovolj velike tlake za normalno obratovanje, ki jih določa inženirska praksa oz. pravilnik (TIDD01..., 2003) in požarno varnost (Pravilnik o tehničnih normativih..., 1991). Zaprtje treh cevi, ki je potrebno za uspešno delovanje hidroforjev Vodice in Vodice1, ne bi smelo imeti negativnih posledic, saj je dovod vode v vsa vozlišča, ki se stikajo z zaprtimi cevmi nemoten in pod dovolj velikimi tlaki.

Poleg doseženega namena diplomske naloge in predloga rekonstrukcije je izdelava te diplomske naloge prinesla tudi nekaj novih dejstev in spoznanj.

Pridobivanje osnovnih potrebnih podatkov za izdelavo naloge je pokazalo na dejstvo, da se pristojne službe (občinske službe, komunalne službe ali upravljalci omrežij) ne zavedajo dovolj pomembnosti hranjenja in pridobivanja točnih podatkov o omrežju in tehničnih objektih na njem. Z ustreznimi in sistematično urejenimi podatki bi bilo spremljanje delovanja omrežja lažje in bolj natančno.

Predstavljene primerjave med izračunanimi in merjenimi podatki, prikazane v poglavju 3.1.1.6, kažejo na to, da bi bilo za izdelavo bolj natančnega hidravličnega modela, ki opisuje realno stanje omrežja, meritve potrebno ponoviti. Cilj ponovitve meritev je zagotoviti eksaktne reference o samih meritvah ter večjo natančnost in zanesljivost merjenih podatkov, na podlagi katerih se model umerja. Na podlagi ponovljenih meritev bi dobili večjo zanesljivost in natančnost hidravličnega modela.

Izdelava naloge je pokazala, da se je potrebno pri izdelavi realnega modela zaradi skoposti in netočnosti podatkov velikokrat zanašati na inženirsko presojo in izkušnje.

Pomemben zaključek naloge je tudi dejstvo, da se vodovodnim omrežjem posveča premalo pozornosti in posledično tudi premalo finančnih sredstev. Porabniki pitne vode in pristojni organi za vzdrževanje omrežij in dobavo pitne vode se še vedno ne zavedajo dovolj, da viri pitne vode niso neomejeni. Njihovo ravnanje z vodovodnim omrežjem in pitno vodo bi lahko bilo bolj gospodarno.

8 ZAKLJUČEK

Glavni namen diplomske naloge, ki je bil pridobiti in prikazati vse podatke, ki so potrebni za izdelavo hidravličnega modela in preračuna, izdelava le tega za obstoječi vodovodni sistem Vodice ter izmed predlaganih ukrepov za izboljšanje izbrati optimalnega in ga podati kot predlog rekonstrukcije, je v nalogi bil dosežen.

Obstoječe stanje vodovodnega omrežja v občini Vodice se je izkazalo za nezadostno v smislu nemotenega oskrbovanja s pitno vodo. Podan je bil predlog rekonstrukcije za izboljšanje modela do take mere, da njegovo delovanje zadošča normativom za normalno obratovanje omrežja. Predlog rekonstrukcije vsebuje zamenjavo premajhnih cevi, tri nove dodatne hidroforje v omrežju in zaprtje treh cevi.

Zamenjava premajhnih cevi in novo dodani hidroforji uspešno zagotavljajo dovolj velike tlake za normalno obratovanje. Zaprtje treh cevi, ki je potrebno za uspešno delovanje hidroforjev Vodice in Vodice1, ne bi smelo imeti negativnih posledic. Dovod vode v vsa vozlišča, ki se stikajo z zaprtimi cevmi, je nemoten in pod dovolj velikimi tlaki.

Poleg doseženega namena diplomske naloge in predloga rekonstrukcije je izdelava te diplomske naloge prinesla tudi nekaj novih spoznanj.

Pridobivanje osnovnih potrebnih podatkov za izdelavo naloge je pokazalo na dejstvo, da se pristojne službe (občinske službe, komunalne službe ali upravljalci omrežij) ne zavedajo pomembnosti hranjenja in pridobivanja točnih podatkov o omrežju in tehničnih objektih na njem. Z ustreznimi in sistematično urejenimi podatki bi bilo spremljanje delovanja omrežja lažje in bolj natančno, dobili pa bi tudi večjo zanesljivost in natančnost hidravličnega modela. Izdelava naloge je pokazala tudi, da se je potrebno pri izdelavi realnega modela zaradi skoposti in netočnosti podatkov velikokrat zanašati na inženirsko presojo in izkušnje.

Pomemben zaključek naloge je tudi dejstvo, da se vodovodnim omrežjem posveča premalo pozornosti. Porabniki pitne vode in pristojni organi za vzdrževanje omrežij in dobavo pitne vode se še vedno ne zavedajo dovolj, da viri pitne vode niso neomejeni. Njihovo ravnanje z vodovodnim omrežjem in pitno vodo bi lahko bilo bolj gospodarno.

VIRI

Banovec, P. Operativni podatki (online). Message to: Čepon, J. 16. 4. 2008a. Osebna komunikacija.

Banovec, P. Bukovica - nihanje (online). Message to: Čepon, J. 12. 6. 2008b. Osebna komunikacija.

Geodetska uprava republike Slovenije, 2000. Digitalni model višin DMV – 25. Geodetska uprava republike Slovenije.

Geodetska uprava Republike Slovenije.

http://prostor.gov.si/cepp/GURS_izpisiso.jsp?ID={EBE6B040-5373-4821-B19D-525E2BFF8C99} (11. 11. 2008)

Hidropostaje vrste IH, IF, IP – tehnična dokumentacija.

http://www.elkomb.si/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=148 (16. 1. 2008).

Hydro MPC – tehnična dokumentacija.

<http://www.grundfos.si/> (16. 1. 2008).

Matavulj, G., 2007. Zapisnik vzdrževanja črpalnih agregatov. Prenova gradbenik d.o.o.: 5 f.

Navdila za uporabo programa Sewer +.

<http://www.sl-king.si/Sewer/Navodila/WebHelp/Sewer2004.htm> (avgust, september 2007).

Občina Vodice.

<http://www.vodice.si/> (6. 5. 2008).

Odlok o ustanovitvi Javnega podjetja komunala Vodice.

<http://www.lex-localis.info/KatalogInformacij/VsebinaDokumenta.aspx?SectionID=b7e1323e-3b17-4935-accf-6d4aca8a09a6> (10. 5. 2008).

Pitna voda.

<http://www.pitna-voda.si/> (10. 5. 2008).

Poročilo o prodani vodi za leto 2007. 2008. Javno podjetje komunala Vodice: 21f.

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov. Ur. l. SFRJ, št. 30/1991.

Predstavitev občine Vodice.

http://www.vodice.si/?Id=vsebina&Page=predstavitev_obcine (10. 5. 2008).

Program oskrbe s pitno vodo za leto 2008. 2008. Javno komunalno podjetje Vodice: 11f.

Rossman L.A., 2000. Epanet 2 – Users manual. National risk management laboratory: 200 strani.

Sirc, M. Diplomaska naloga (online). Message to: Čepon, J. 5. 5. 2008. Osebna komunikacija.

Slovenske občine.

<http://sl.wikipedia.org/wiki/Občina> (15. 11. 2008).

Sl – King d. o. o.

<http://www.sl-king.si/> (16. 8. 2007).

TIDD01 – Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema. 2003. Javno podjetje vodovod – kanalizacija d.o.o.: 26 f.

Tehnični podatki o vodohranih na vodovodnem omrežju Vodice. 2007. Vodice. Javno podjetje komunala Vodice: 3f.

Tehnični podatki o črpališču Vodice. 2007. Vodice. Javno podjetje komunala Vodice: 2f.

U. S. Environmental protection agency.

<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html> (5. 9. 2007).

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A., et al. 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, d.d: str. 450.

Nedokumentirani viri

- [1] Nedokumentiran vir. Telefonski pogovor z predstavnikom Agroemone. Osebna komunikacija: (31. 3. 2008).
- [2] Nedokumentiran vir. Telefonski pogovor z predstavnikom Gostilne Skaručna. Osebna komunikacija: (25. 3. 2008).
- [3] Nedokumentiran vir. Telefonski pogovor z predstavnikom Labaratorijske tehnike Burnik. Osebna komunikacija: (24. 3. 2008).
- [4] Nedokumentiran vir. Telefonski pogovor z predstavnikom Pečarstva Fujan. Osebna komunikacija: (24. 3. 2008).
- [5] Nedokumentiran vir. Telefonski pogovor z predstavnikom Osnovne šole Vodice. Osebna komunikacija: (24. 3. 2008).
- [6] Nedokumentiran vir. Javno podjetje komunala Vodice : Osebna komunikacija: (september 2007 – september 2008).

PRILOGE

Priloga A: Meritve pretokov v omrežju za 7. 3. 2008

Priloga B: Meritve tlakov v omrežju za 7. 3. 2008

Priloga C: Razporeditve tlakov v omrežju v času najmanjše in največje porabe

C1 Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v času največje dnevne porabe (13.30)

C2 Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v času najmanjše dnevne porabe (1.30)

C3 Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)

C4 Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v času največje dnevne porabe (13.30)

C5 Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v času najmanjše dnevne porabe (1.30)

C6 Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)

C7 Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju in dodatnim ukrepom v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)

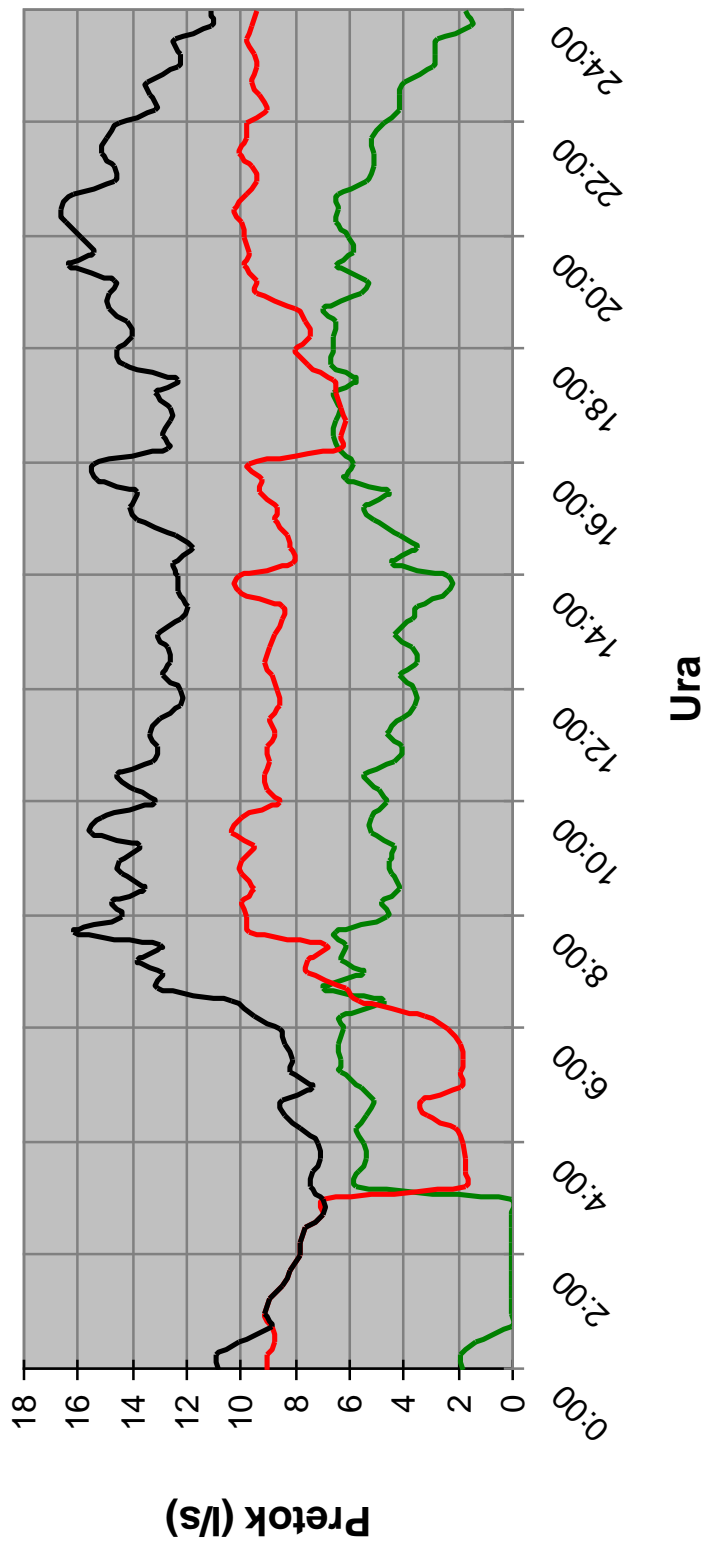
PRILOGA A: MERITVE PRETOKOV V OMREŽJU ZA 7. 3. 2008

<i>Datum</i>	<i>Pretok – cev iz črpališča Vodice (l/s)</i>	<i>Pretok – dovodna cev iz vodohrana Komenda (l/s)</i>	<i>Skupni pretok v Vodicah (jašek Lokarje) (l/s)</i>
7.3.2008 0:00	1.8	9.009	10.809
7.3.2008 0:15	1.9	9.009	10.909
7.3.2008 0:30	1.3	8.696	9.996
7.3.2008 0:45	0	8.772	8.772
7.3.2008 1:00	0	9.091	9.091
7.3.2008 1:15	0	8.929	8.929
7.3.2008 1:30	0	8.403	8.403
7.3.2008 1:45	0	8.197	8.197
7.3.2008 2:00	0	7.752	7.752
7.3.2008 2:15	0	7.752	7.752
7.3.2008 2:30	0	7.576	7.576
7.3.2008 2:45	0	6.944	6.944
7.3.2008 3:00	0	6.897	6.897
7.3.2008 3:15	5.7	1.684	7.384
7.3.2008 3:30	5.6	1.692	7.292
7.3.2008 3:45	5.3	1.692	6.992
7.3.2008 4:00	5.4	1.736	7.136
7.3.2008 4:15	5.7	2.041	7.741
7.3.2008 4:30	5.3	3.049	8.349
7.3.2008 4:45	5.1	3.311	8.411
7.3.2008 5:00	5.5	1.859	7.359
7.3.2008 5:15	6.3	1.832	8.132
7.3.2008 5:30	6.3	1.808	8.108
7.3.2008 5:45	6.4	1.905	8.305
7.3.2008 6:00	6.2	2.336	8.536
7.3.2008 6:15	6.3	3.155	9.455
7.3.2008 6:30	4.7	5.618	10.318
7.3.2008 6:45	6.9	6.135	13.035
7.3.2008 7:00	5.4	7.463	12.863
7.3.2008 7:15	6.3	7.519	13.819
7.3.2008 7:30	6.1	6.849	12.949
7.3.2008 7:45	6.5	9.615	16.115
7.3.2008 8:00	4.6	9.709	14.309
7.3.2008 8:15	4.8	9.901	14.701
7.3.2008 8:30	4.1	9.434	13.534
7.3.2008 8:45	4.4	9.901	14.301
7.3.2008 9:00	4.5	9.901	14.401
7.3.2008 9:15	4.3	9.434	13.734
nadaljevanje na naslednji strain.....			

nadaljevanje s prejšnje strain.....			
7.3.2008 9:30	5.2	10.309	15.509
7.3.2008 9:45	5.2	9.901	15.101
7.3.2008 10:00	4.6	8.547	13.147
7.3.2008 10:15	4.9	9.009	13.909
7.3.2008 10:30	5.4	9.091	14.491
7.3.2008 10:45	4.3	8.929	13.229
7.3.2008 11:00	4	9.009	13.009
7.3.2008 11:15	4.6	8.696	13.296
7.3.2008 11:30	4	8.929	12.929
7.3.2008 11:45	3.6	8.547	12.147
7.3.2008 12:00	3.6	8.621	12.221
7.3.2008 12:15	4.1	8.772	12.872
7.3.2008 12:30	3.5	9.091	12.591
7.3.2008 12:45	3.7	8.929	12.629
7.3.2008 13:00	4.3	8.696	12.996
7.3.2008 13:15	3.7	8.475	12.175
7.3.2008 13:30	3.5	8.403	11.903
7.3.2008 13:45	2.3	10	12.3
7.3.2008 14:00	2.3	10	12.3
7.3.2008 14:15	4.4	8.065	12.465
7.3.2008 14:30	3.5	8.197	11.697
7.3.2008 14:45	4.1	8.264	12.364
7.3.2008 15:00	5.1	8.696	13.796
7.3.2008 15:15	5.4	8.621	14.021
7.3.2008 15:30	4.5	9.259	13.759
7.3.2008 15:45	6.1	9.174	15.274
7.3.2008 16:00	5.8	9.615	15.415
7.3.2008 16:15	6.4	6.25	12.65
7.3.2008 16:30	6.6	6.289	12.889
7.3.2008 16:45	6.5	6.098	12.598
7.3.2008 17:00	6.3	6.289	12.589
7.3.2008 17:15	6.6	6.494	13.094
7.3.2008 17:30	5.7	6.579	12.279
7.3.2008 17:45	6.7	7.519	14.219
7.3.2008 18:00	6.6	7.937	14.537
7.3.2008 18:15	6.6	7.407	14.007
7.3.2008 18:30	6.5	7.634	14.134
7.3.2008 18:45	6.9	7.937	14.837
7.3.2008 19:00	5.5	9.346	14.846
7.3.2008 19:15	5.3	9.346	14.646
7.3.2008 19:30	6.5	9.804	16.304
7.3.2008 19:45	5.8	9.615	15.415
7.3.2008 20:00	6	9.804	15.804
7.3.2008 20:15	6.5	9.901	16.401
7.3.2008 20:30	6.4	10.204	16.604
7.3.2008 20:45	6.4	9.709	16.109
nadaljevanje na naslednji strani.....			

nadaljevanje s prejšnje strani.....			
7.3.2008 21:00	5.3	9.346	14.646
7.3.2008 21:15	5.1	9.524	14.624
7.3.2008 21:30	5.1	10	15.1
7.3.2008 21:45	5.2	9.709	14.909
7.3.2008 22:00	4.7	9.709	14.409
7.3.2008 22:15	4.1	9.009	13.109
7.3.2008 22:30	4.1	9.259	13.359
7.3.2008 22:45	3.9	9.524	13.424
7.3.2008 23:00	2.9	9.346	12.246
7.3.2008 23:15	2.8	9.434	12.234
7.3.2008 23:30	2.7	9.709	12.409
7.3.2008 23:45	1.5	9.524	11.024
8.3.2008 0:00	1.7	9.346	11.046
Povprečna dnevni pretok v Vodica (jašek Lokarje) (l/s)			12.326

Meritve pretokov v omrežju za 7. 3. 2008



— Pretok v cevi iz črpališča Vodice

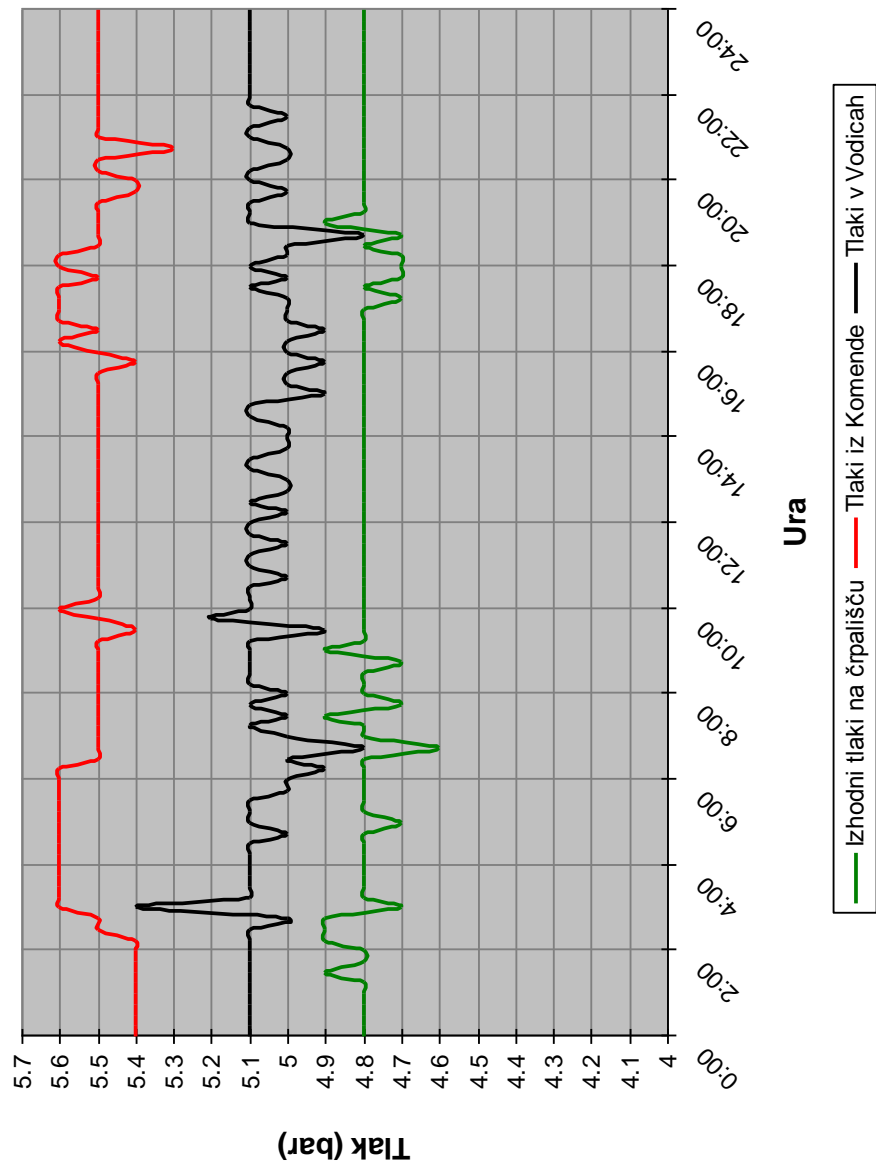
— Pretok v dovodni cevi iz vodohrana Komenda

— Skupni pretok v Vodica

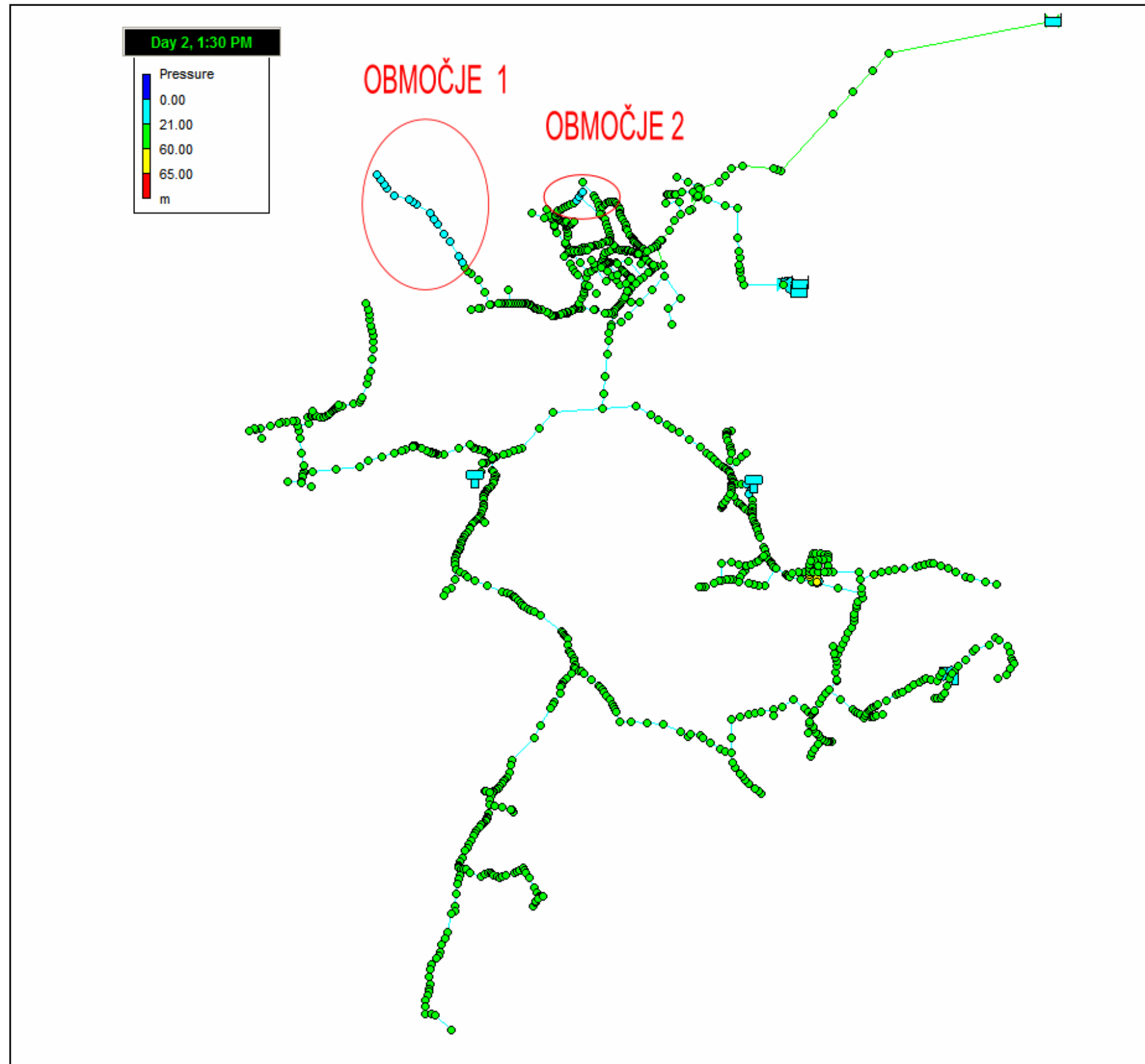
PRILOGA B: MERITVE TLAKOV V OMREŽJU ZA 7. 3. 2008

<i>Datum</i>	<i>Izhodni tlaki na črplaišču</i>	<i>Tlaki iz Komende</i>	<i>Tlaki v Vodica</i>		<i>Datum</i>	<i>Izhodni tlaki na črplaišču</i>	<i>Tlaki iz Komende</i>	<i>Tlaki v Vodica</i>
7.3.2008 0:00	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 12:00	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 0:15	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 12:15	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 0:30	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 12:30	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 0:45	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 12:45	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 1:00	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 13:00	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 1:15	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 13:15	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 1:30	4,9	5,4	5,1		7.3.2008 13:30	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 1:45	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 13:45	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 2:00	4,8	5,4	5,1		7.3.2008 14:00	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 2:15	4,9	5,4	5,1		7.3.2008 14:15	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 2:30	4,9	5,5	5,1		7.3.2008 14:30	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 2:45	4,9	5,5	5,0		7.3.2008 14:45	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 3:00	4,7	5,6	5,4		7.3.2008 15:00	4,8	5,5	4,9
7.3.2008 3:15	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 15:15	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 3:30	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 15:30	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 3:45	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 15:45	4,8	5,4	4,9
7.3.2008 4:00	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 16:00	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 4:15	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 16:15	4,8	5,6	5,0
7.3.2008 4:30	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 16:30	4,8	5,5	4,9
7.3.2008 4:45	4,8	5,6	5,0		7.3.2008 16:45	4,8	5,6	5,0
7.3.2008 5:00	4,7	5,6	5,1		7.3.2008 17:00	4,8	5,6	5,0
7.3.2008 5:15	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 17:15	4,7	5,6	5,0
7.3.2008 5:30	4,8	5,6	5,1		7.3.2008 17:30	4,8	5,6	5,1
7.3.2008 5:45	4,8	5,6	5,0		7.3.2008 17:45	4,7	5,5	5,0
7.3.2008 6:00	4,8	5,6	5,0		7.3.2008 18:00	4,7	5,6	5,1
7.3.2008 6:15	4,8	5,6	4,9		7.3.2008 18:15	4,7	5,6	5,0
7.3.2008 6:30	4,8	5,5	5,0		7.3.2008 18:30	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 6:45	4,6	5,5	4,8		7.3.2008 18:45	4,7	5,5	4,8
7.3.2008 7:00	4,8	5,5	5,0		7.3.2008 19:00	4,9	5,5	5,1
7.3.2008 7:15	4,8	5,5	5,1		7.3.2008 19:15	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 7:30	4,9	5,5	5,0		7.3.2008 19:30	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 7:45	4,7	5,5	5,1		7.3.2008 19:45	4,8	5,4	5,0
7.3.2008 8:00	4,8	5,5	5,0		7.3.2008 20:00	4,8	5,4	5,1
7.3.2008 8:15	4,8	5,5	5,1		7.3.2008 20:15	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 8:30	4,8	5,5	5,1		7.3.2008 20:30	4,8	5,5	5,0
7.3.2008 8:45	4,7	5,5	5,1		7.3.2008 20:45	4,8	5,3	5,0
7.3.2008 9:00	4,9	5,5	5,1		7.3.2008 21:00	4,8	5,5	5,1
7.3.2008 9:15	4,8	5,5	5,1		7.3.2008 21:15	4,8	5,5	5,1
nadaljevanje na naslednji strani.....					nadaljevanje na naslednji strani.....			

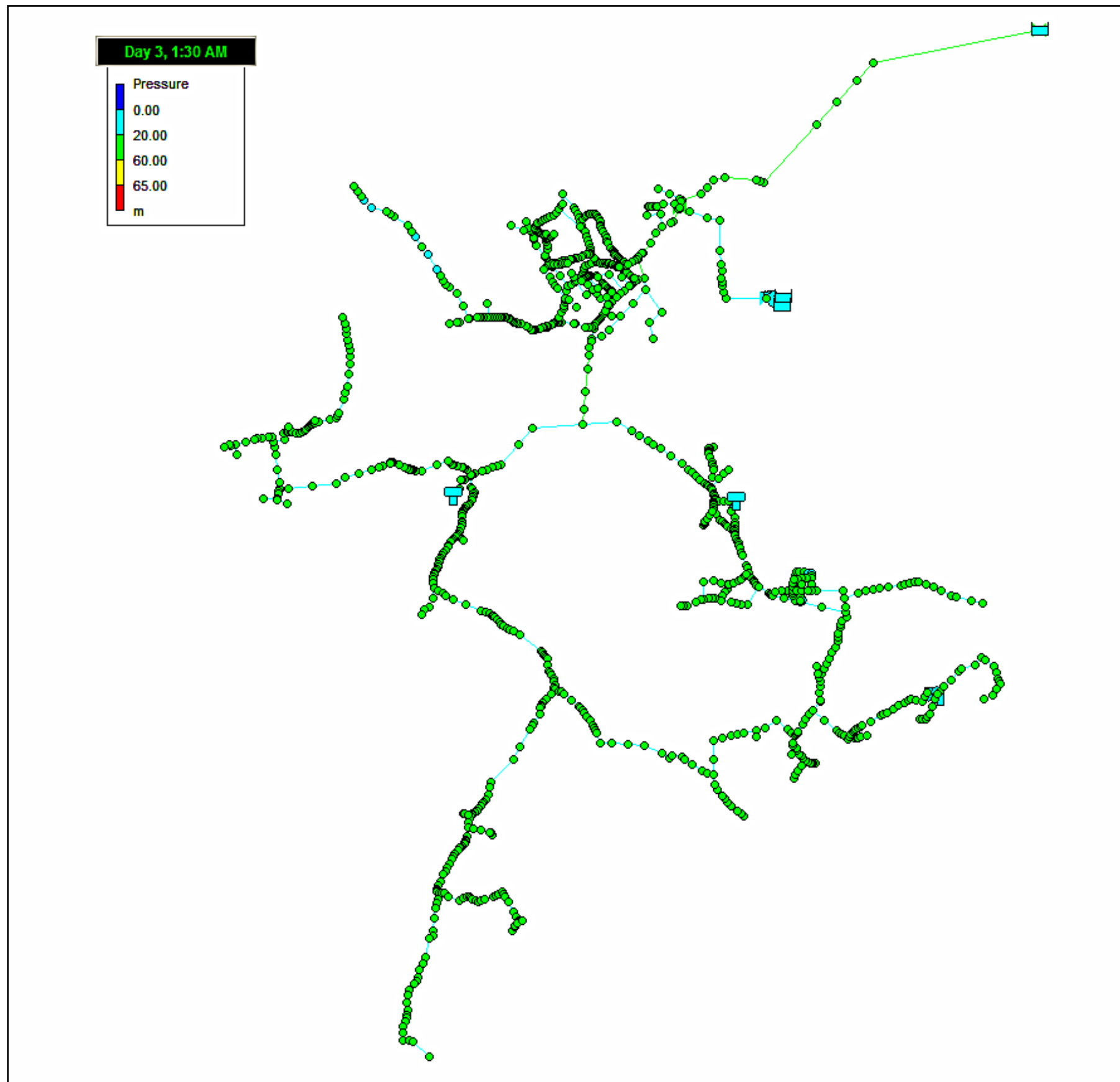
Meritve tlakov v omrežju za 7. 3. 2008



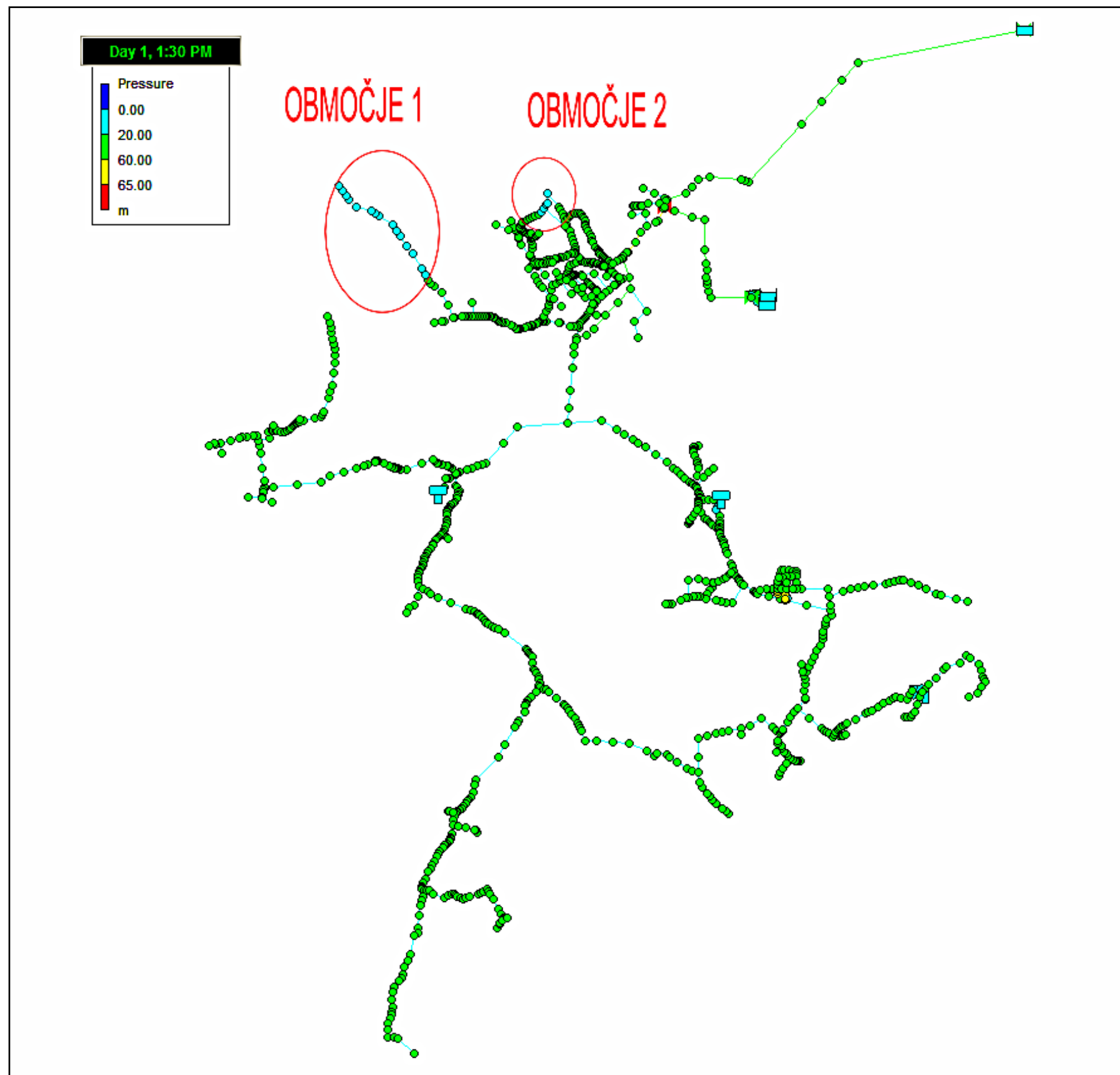
PRILOGA C1: Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v času največje dnevne porabe (13.30)



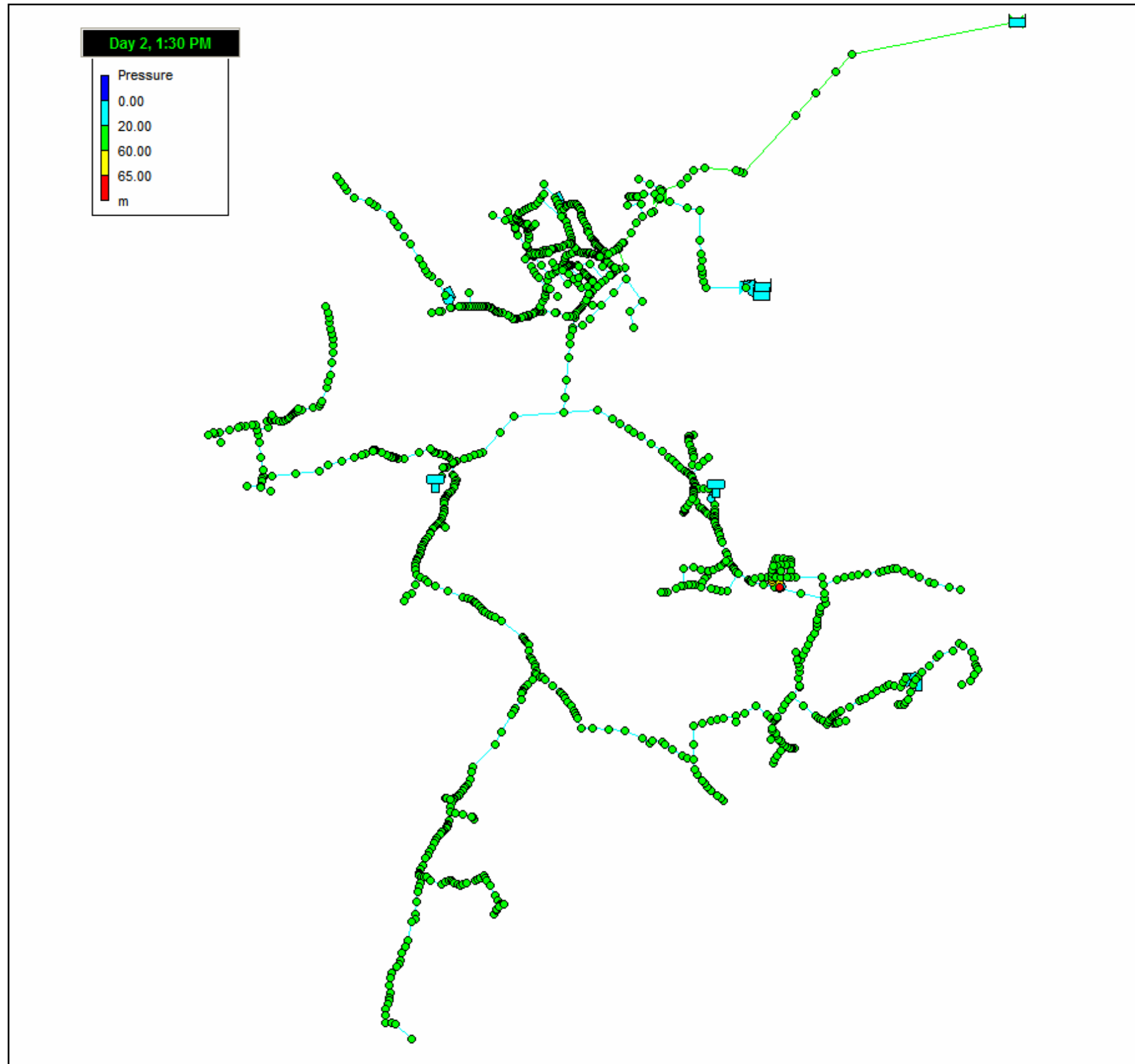
PRILOGA C2: Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v času najmanjše dnevne porabe (1.30)



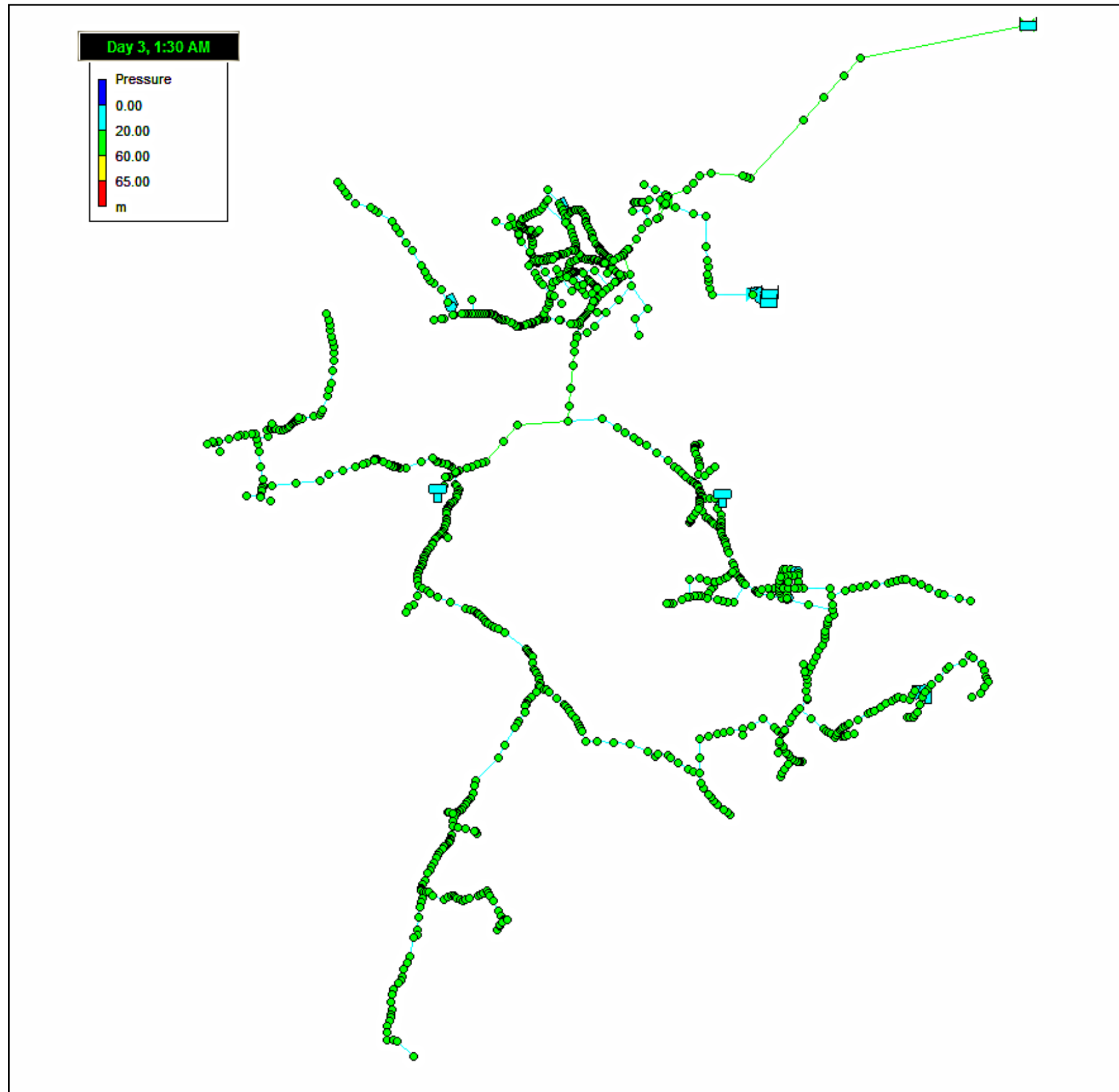
PRILOGA C3: Razporeditev tlakov v obstoječem omrežju v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)



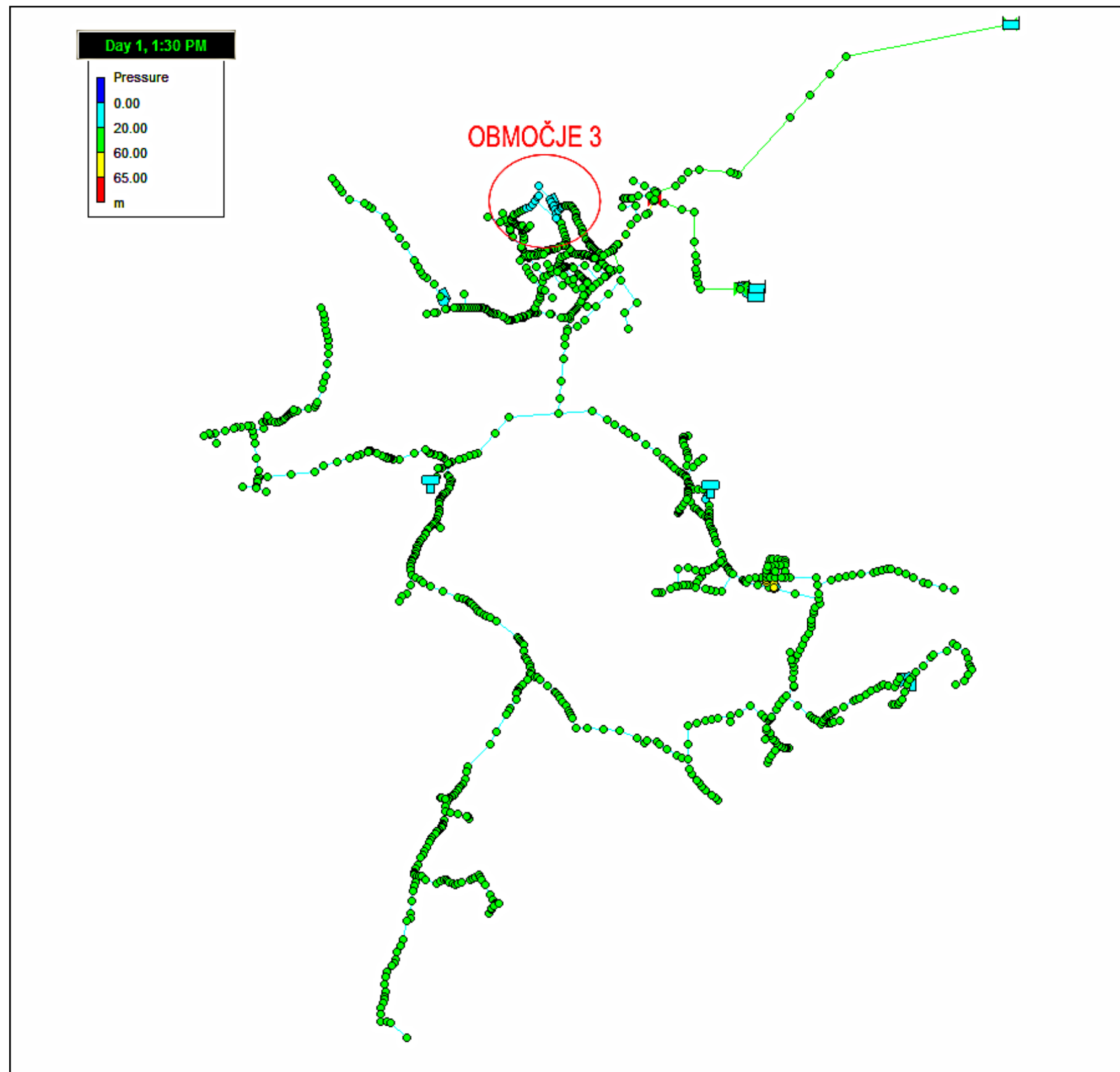
PRILOGA C4: Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v času največje dnevne porabe (13.30)



PRILOGA C5: Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v času najmanjše dnevne porabe (1.30)



PRILOGA C6: Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)



PRILOGA C7: Razporeditev tlakov v rekonstruiranem omrežju in dodatnim ukrepom v primeru odvzema vode za gašenje požara v času največje dnevne porabe (13.30)

