

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 Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Jernej Muhič

Sanacija vaškega vodovoda Veliki Slatnik - Križe

Diplomska naloga št.: 67

Mentor:

prof. dr. Boris Kompare

Somentor:

doc. dr. Nataša Atanasova

Ljubljana, 26. 10. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **JERNEJ MUHIČ** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»**SANACIJA VAŠKEGA VODOVODA VELIKI SLATNIK – KRIŽE**«.

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

Ljubljana, oktober 2006

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.1 (043.2)

Avtor: Jernej Muhič

Mentor: izr. prof. dr. Boris Kompare

Somentorica: asist. dr. Nataša Atanasova

Naslov: Sanacija vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe

Obseg in oprema: 68 str., 15 pregl., 23 sl., 4 en., 3 gr.

Ključne besede: vaški vodovod, javni vodovod, kvaliteta pitne vode, vodovodni sistem, voda

Izveček

V diplomski nalogi rešujemo problematiko vodooskrbe naselij Veliki Slatnik in Križe ter zaselka Bednje, kateri se nahajajo v vzhodnem delu MO Novo mesto. Naselji se danes oskrbujeta s pomočjo vaškega vodovoda, zaselek Bednje pa s pomočjo kapnic. Ker se kvaliteta vode iz leto v leto slabša, obenem pa je dotrajan tudi že več kot 30 let star vaški vodovod, je potrebno na tem območju zagotoviti ustrezno ter varno preskrbo s pitno vodo prek javnega vodovoda, s katerim bo upravljal za to dejavnost usposobljeni upravljavec.

Obravnavano problematiko prikazujemo in rešujemo v obliki projekta. V prvem delu naloge je natančno opisano in prikazano obstoječe stanje. Nadalje je podrobno obdelana kvaliteta pitne vode, s katero se trenutno oskrbujejo prebivalci tega območja, nato pa so podane še možne variante rešitev obravnavane problematike.

V nadaljevanju je podrobno obdelana izbrana varianta rešitve. Podrobno je predstavljen nov vodovod, vključno z vsemi spremljajočimi objekti, izdelani pa so tudi vsi potrebni izračuni, ki so potrebni za dimenzioniranje novega vodovodnega sistema.

Delovanje novega vodovodnega sistema je bilo simulirano s programom Epanet. Simulacija je bila izvedena za primer minimalne, maksimalne in kritične porabe, s katerimi lahko simuliramo najbolj neugodne razmere v vodovodnem sistemu.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 628.1 (043.2)

Author: Jernej Muhič

Supervisor: prof. dr. Boris Kompare

Co – Supervisor: asist. dr. Nataša Atanasova

Title: Rehabilitation of rural water supply network Veliki Slatnik - Križe

Notes: 68 p., 15 tab., 23 fig., 4 eq., 3 ch.

Key words: village waterworks, public waterworks, quality of drinking water, water supply system, water

Abstract

In this dissertation we are solving the question of water supply for the settlements Veliki Slatnik, Križe and Bednje, the location of which is in the eastern part of city district Novo mesto. The settlements Veliki Slatnik and Križe, today, are supplied with the help of the rural waterworks, while Bednje, is supplied by rainwater. The quality of the water is getting worse and worse every year also because there is more than 30 year old rural water supply network, it is necessary that suitable and safe supply of drinkable water is provided through the public water supply network, which it will operate a qualified worker.

The discussing problem is showed and solved like a project. In the first part of this dissertation, the existent condition is described and showed accurately. Further more, the quality of drinkable water, which is provided to residents of this area now, is described, also the possible variations of solutions to this problem are shown.

In the continue, the selected variation of the solution is precisely described. The new water supply network is presented, including with all fallowing objects is presented, also all the needed calculations are made, which are needed for dimensioning new water supply network.

The operation of the new waterworks system was simulated with the computer program "Epanet". The simulation was performed for cases with minimal, maximal and critical consumption of water. With this consumptions we can simulate the most unpleasant circumstances in the waterworks system.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Borisu Komparetu ter somentorici asist. dr. Nataši Atanasovi. Prav tako se iskreno zahvaljujem tudi vsem ostalim, ki so mi na kakršen koli način pomagali pri študiju oziroma pri izdelavi diplomske naloge.

Za štipendiranje in tehnično pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem podjetju Komunala Novo mesto d.o.o..

Za veliko pomoč ter svetovanja pri izdelavi diplomske naloge se posebej lepo zahvaljujem g. Božidarju Kastelic.

Zahvaljujem se tudi moji družini in prijateljem, ki so mi v času študija stali ob strani.

Hvala, Jernej Muhič

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	VAŠKI VODOVOD VELIKI SLATNIK – KRIŽE	3
2.1	Vodovod skozi čas.....	3
2.2	Opis terena.....	3
2.3	Situacija	5
2.4	Objekti	6
2.4.1	Zajetje	6
2.4.2	Črpališče z vodnjakom	10
2.4.3	Vodohran	12
2.4.4	Cevi v obstoječem vodovodu	16
2.4.5	Armatura	16
2.5	Kvaliteta vode	17
2.5.1	Splošno	17
2.5.2	Analiza vode.....	17
2.5.3	Mikrobiološki vidik onesnaženja pitne vode	21
2.5.4	Zdravstvena ocena Zavoda za zdravstveno varstvo	21
2.5.5	Možni ukrepi za zagotovitev kvalitetne pitne vode	22
2.5.5.1	Sanacija obstoječega vodovodnega sistema z uvedbo čiščenja pitne vode.....	22
2.5.5.1.1	Kloriranje	22
2.5.5.1.2	Dezinfekcija s klorovim dioksidom.....	23
2.5.5.1.3	Ozoniranje	24
2.5.5.1.4	Ultravijolično sevanje.....	24
2.5.5.1.5	Filtracija.....	25
2.5.5.2	San. obstoječega vodovodnega sistema s priključitvijo na javni vodovod.....	26
2.5.5.2.1	Priključitev na javni vodovod Brusnice.....	26
2.5.5.2.2	Priključitev na javni vodovod Hrušica	27
2.5.5.3	Izbira variante	28

3	SANACIJA VAŠKEGA VODOVODA VELIKI SLATNIK – KRIŽE	30
3.1	Splošno	30
3.2	Situacija	30
3.3	Vzdolžni profil	30
3.4	Objekti	31
3.4.1	Novi vodohran Bednje	31
3.4.1.1	Tehnična izvedba	31
3.4.1.2	Stene vodohrana	32
3.4.1.3	Hidroizolacija	32
3.4.1.4	Zračenje	32
3.4.1.5	Drenaža	32
3.4.1.6	Zunanja ureditev	33
3.4.1.7	Cevne zveze in armatura	33
3.4.1.7.1	Dotok	33
3.4.1.7.2	Preliv in izpust	33
3.4.1.7.3	Iztok za Križe	33
3.4.1.7.4	Tlačni preizkus in dezinfekcija vgrajenih elementov	34
3.4.1.8	Elektroenergetski priključek in elektro inštalacije	34
3.4.2	Obstoječi vodohran Križe	34
3.4.2.1	Splošno	34
3.4.2.2	Stene vodohrana	35
3.4.2.3	Hidroizolacija	35
3.4.2.4	Zračenje	35
3.4.2.5	Zunanja ureditev	36
3.4.2.6	Cevne zveze in armatura	36
3.4.2.6.1	Dotok	36
3.4.2.6.2	Preliv in izpust	36
3.4.2.6.3	Iztok za Veliki Slatnik	37
3.4.2.6.4	Tlačni preizkus in dezinfekcija vgrajenih elementov	37
3.4.2.7	Elektroenergetski priključek in elektro inštalacije	37
3.4.3	Cevovodi in armatura	38
3.4.3.1	Polaganje cevovoda	38

3.4.3.2	Tlačni preizkus, dezinfekcija ter geodetski posnetek cevovoda	39
4	HIDRAVLICNI IZRAČUN OMREŽJA	40
4.1	Splošno	40
4.2	Bilanca porabe vode	40
4.2.1	Porabniki vode danes	40
4.2.2	Porabniki vode v prihodnosti	41
4.2.3	Poraba vode	42
4.2.3.1	Norma porabe	42
4.2.3.2	Skupna poraba vode	42
4.2.3.3	Izgube vode v omrežju	43
4.2.3.4	Nihanje porabe vode med letom	43
4.2.3.5	Nihanje porabe vode tekom dneva	44
4.2.3.6	Izračun porabe vode	46
4.3	Dimenzioniranje novega vodohrana Bednje	47
4.4	Dimenzioniranje cevovoda	47
4.5	Armatura	48
4.6	Omrežje	48
4.6.1	Splošno	48
4.6.2	Epanet	48
4.6.2.1	Splošno	48
4.6.2.2	Vnos podatkov	49
4.6.2.3	Prikaz rezultatov	51
4.6.3	Modeliranje našega vodovodnega sistema	51
4.6.3.1	Splošno	51
4.6.3.2	Vnos podatkov	52
4.6.3.3	Prikaz rezultatov	55
4.6.3.3.1	Splošno	55
4.6.3.3.2	Določitev tlakov v omrežju pri minimalni porabi	55
4.6.3.3.3	Določitev tlakov v omrežju po namestitvi reducirnega ventila	56
4.6.3.3.4	Določitev tlakov v omrežju pri maksimalni porabi	57
4.6.3.3.5	Analiza sistema v primeru požara oziroma kritične potrošnje	59

4.6.3.3.6	Izris tlačnih črt.....	62
5	ZAKLJUČEK.....	65
	VIRI	67
	PRILOGE	68

KAZALO SLIK

Slika 1: Širše območje vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe.....	4
Slika 2: Ožje območje vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe.....	5
Slika 3: Zunanost zajetja.....	8
Slika 4: Notranost zajetja.....	9
Slika 5: Prispevna površina vodnega vira.....	9
Slika 6: Črpališče z vodnjakom in zajetje.....	11
Slika 7: Notranost črpališča.....	11
Slika 8: Kovinski pokrov vhoda v vodnjak.....	12
Slika 9: Vodohran Križe s sprednje strani.....	14
Slika 10: Vodohran Križe z desne stran.....	14
Slika 11: Spodnji del armaturne celice.....	15
Slika 12: Rezervoar vodohrana Križe.....	15
Slika 13: Delovno okolje programa Epanet.....	49
Slika 14: Grafikonični vmesnik za vnos podatkov za primer vozlišča.....	50
Slika 15: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru, ko še nimamo nameščenega reducirnega ventila.....	56
Slika 16: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru, ko namestimo reducirni ventil.....	57
Slika 17: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru maksimalne porabe.....	58
Slika 18: Primer požara v naselju Veliki Slatnik.....	60
Slika 19: Primer požara v naselju Križe.....	61
Slika 20: Tlačna črta Q_{min} brez RV.....	63
Slika 21: Tlačna črta Q_{min} z RV.....	63
Slika 22: Tlačna črta Q_{max}.....	64
Slika 23: Tlačna črta Q_{kri} - Križe.....	64

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2001	17
Preglednica 2: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2002	18
Preglednica 3: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2003	18
Preglednica 4: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2004	18
Preglednica 5: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2005	19
Preglednica 6: Rezultati kemijskih analiz pitne vode, leta 1997	20
Preglednica 7: Število priključkov in oseb priključenih na novo vodovodno omrežje....	41
Preglednica 8: Norma potrošnje po različnih virih	42
Preglednica 9: Nihanje porabe vode med letom na vasi	44
Preglednica 10: Nihanje porabe vode tekom dneva za podeželje.....	44
Preglednica 11: Potrebni vhodni podatki za pos. elemente vodovodnega sistema	50
Preglednica 12: Podatki za vozlišča ter rezultati simulacij	52
Preglednica 13: Podatki za cevi	54
Preglednica 14: Podatki za rezervoarje	54
Preglednica 15: Podatki za razbremenilnik tlaka.....	55

KAZALO ENAČB

Enačba 1: Število prebivalcev čez 20 let.....	41
Enačba 2: Skupna poraba vode.....	43
Enačba 3: Poraba vode čez 20 let skupaj z izgubami	43
Enačba 4: Premer cevovoda	47

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Nihanje porabe vode med letom na vasi	44
Grafikon 2: Nihanje porabe vode tekom dneva.....	45
Grafikon 3: Nihanje porabe vode tekom dneva – vsotna krivulja	46

1 UVOD

V vzhodnem delu MO Novo mesto se nahajata naselji Veliki Slatnik in Križe ter zaselek Bednje, ki jih je potrebno oskrbeti s kvalitetno pitno vodo prek javnega vodovodnega sistema, katerega bo upravljal za to usposobljeni upravljavec.

Naselji imata skupaj 67 gospodinjstev z 207 prebivalci, ki se sedaj oskrbujejo z vodo iz bližnjega vodnega vira Slatnik, s pomočjo vaškega vodovoda. Kvaliteta vode iz vodnega vira Slatnik se iz leta v leto slabša, v svoji več kot 30 letni zgodovini pa je dotrajal tudi sam vaški vodovod.

V zaselku Bednje trenutno stoji 125 objektov, ki so po večini vikendi oziroma zidanice, in se sedaj oskrbujejo s pomočjo kapnic. V veliki večini teh objektov ne najdemo stalnih prebivalcev, se pa njihovo število iz leta v leto povečuje. Tako smo ocenili, da je potrebno v zaselku Bednje priskrbeti vodo za 250 ljudi.

Obravnavano območje je izrazitega ruralnega tipa, na katerem je, med leti 1979 in 2002, število prebivalstva naraščalo z 2 % letno prirastjo. Razmeroma velik odstotek letne prirasti prebivalstva je najverjetneje posledica neposredne bližine Novega mesta, kar je povzročilo, da se ljudje iz tega območja niso odseljevali. Glede na preteklo prirast prebivalstva, lahko predvidimo rahlo umiritev letnega prirasta prebivalstva, tako da smo v izračunih upoštevali le 1% letno prirast prebivalstva.

Skupno je torej potrebno zagotoviti vodo za 557 ljudi, istočasno pa je potrebno naseljema in zaselku zagotoviti tudi požarno vodo.

V nalogi je najprej predstavljeno samo območje predvidene oskrbe ter sam vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe. Opisani so obstoječi objekti, s terenskimi raziskavami pa je bila izdelana tudi dokumentacija obstoječega stanja.

V nadaljevanju je podrobno predstavljena analiza kvalitete pitne vode ter možni načini rešitve obravnavane problematike. Za tem je predstavljen in opisan izbran način reševanja obravnavane problematike.

V poglavju Hidravlični izračuni so izvedeni vsi potrebni izračuni za dimenzioniranje vodovodnega omrežja. Vodovodno omrežje, ki deluje popolnoma gravitacijsko, je bilo dimenzionirano na kritični pretok, ki je bil v našem primeru merodajen za dimenzioniranje cevovoda.

Delovanje načrtovanega vodovodnega omrežja ter požarne zaščite smo simulirali s programom Epanet. Izvedli smo sledeče scenarije: minimalna, maksimalna ter kritična poraba. Z minimalno porabo smo določili najvišje tlake v omrežju, na podlagi katerih smo uvedli ustrezne ukrepe za zagotovitev ustreznih tlakov v omrežju, z maksimalno porabo smo preverili ali so tlaki v omrežju še sprejemljivi v trenutku, ko pride do maksimalnega odjema vode, z kritično porabo pa smo preverili delovanje vodovodnega sistema v primeru požara.

2 VAŠKI VODOVOD VELIKI SLATNIK – KRIŽE

2.1 Vodovod skozi čas

Vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe je bil zgrajen leta 1975. Zgradili so ga krajanji vasi Veliki Slatnik in Križe, s tehnično pomočjo takratnega Vodovoda Novo mesto. Pred tem je bila vodovodna oskrba tega območja povsem neurejena. Zaradi tega so se krajanji organizirali in pričeli graditi vodovod, ki jim je olajšal življenje. Skupaj so tako zgradili zajetje, črpališče z vodnjakom in vodohran ter položili potrebne cevi.

Vodovod je ostal vse do leta 1999, ko so krajanji obnovili vodohran Križe, nespremenjen. Do nove posodobitve vodovodnega sistema je prišlo ponovno leta 2002, ko so krajanji povečali volumen vodnjaka ter zamenjali črpalko v črpališču.

Vodovod je že vse od izgradnje v lasti in upravljanju krajanov, kateri vodo, ki jo uporabljajo za pitje in gospodinjstvo, tudi plačujejo. S tako zbranimi sredstvi krijejo stroške električne energije ter stroške tekočega vzdrževanja. Število krajanov, ki jih oskrbuje vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe, se je od izgradnje vodovoda do danes povečalo za več kot 50%.

Vodovod Veliki Slatnik – Križe je zadnji vaški vodovod na območju Mestne občine (v nadaljevanju MO) Novo mesto. To je predvsem posledica tega, da je ta vodovod ves čas predstavljal primer najbolj urejenega, vzdrževanega in organiziranega vaškega vodovoda, ki ni potreboval dodatnih ukrepov. Kljub vsemu, pa ima danes ta vodovod velike težave z zdravstveno ustreznostjo pitne vode, poddimenzioniranjem in dotrajanostjo vodovodnega sistema. Zato je potrebno ta vodovod sanirati in tako omogočiti krajanom Velikega Slatnika ter Križ nemoteno preskrbo s kvalitetno pitno vodo.

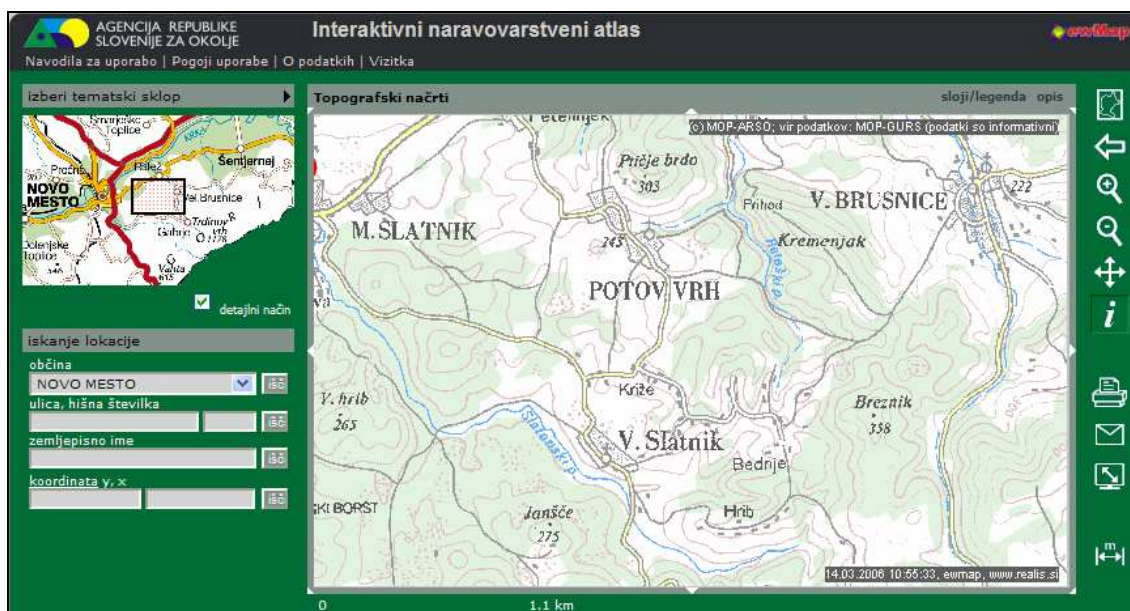
2.2 Opis terena

Območje, na katerem se nahajata naselji Veliki Slatnik in Križe ter predmetni vaški vodovod, se nahaja v vzhodnem delu MO Novo mesto in sodi v katastrsko občino Potov vrh. Območje

predstavlja precej razgibana dolina Slatenskega potoka. Dolina je na severni strani omejena s hribom Ptičje brdo z 303 m n.m.v., na vzhodni strani s hribom Breznik z 358 m n.m.v. ter na jugovzhodni strani s hribom Janšče z 275 m n.m.v..

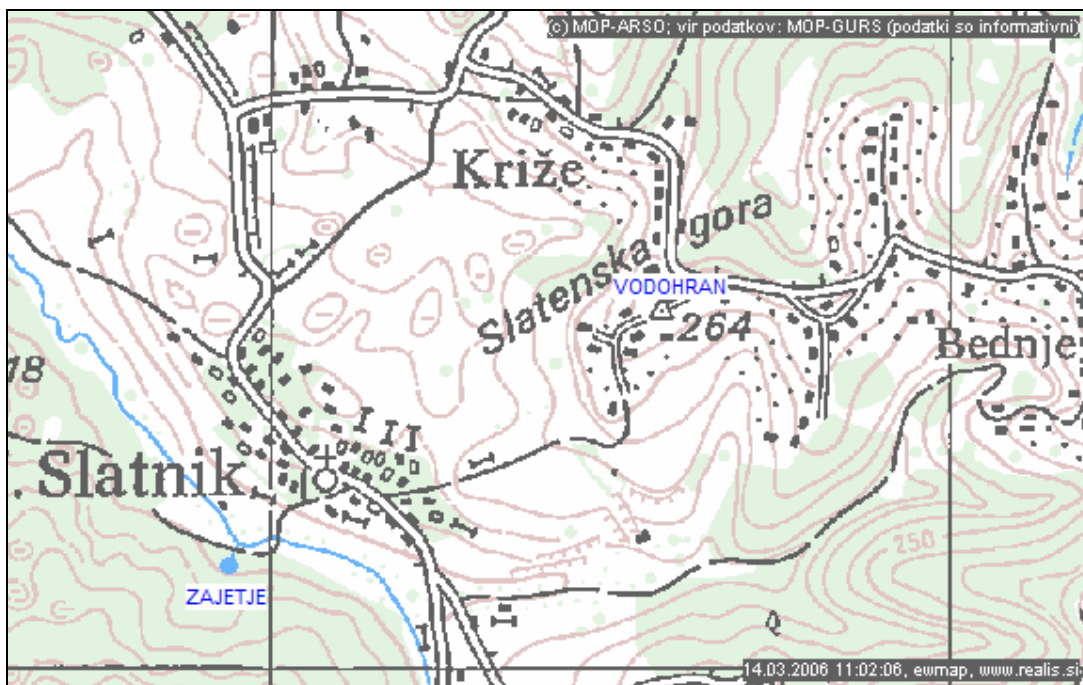
Najvišja točka vodovoda, kjer stoji vodohran Križe, je na višini 265 m n.m., najnižja točka, kjer se nahaja zajetje, pa je na višini 195 m n.m., neposredno ob vznožju hriba Janšče. Trasa tlačnega cevovoda, ki poteka od zajetja do vodohrana, poteka po dokaj enostavnem terenu, ki se ves čas zmerno vzpenja. Del terena je poraslega s travniki, ostalo pa so polja in vinogradi.

Na *Sliki 1* je prikazana karta obravnavanega območja, na katerem se nahajata naselji Veliki Slatnik in Križe, ter sam vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe. V levem zgornjem kvadratu je prikazan položaj obravnavanega območja glede na Novo mesto, v desnem kvadratu pa je prikazano samo območje z okoliškimi hribi in naselji.



Slika 1: Širše območje vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe

Na *Sliki 2* je prikazana podrobnejša karta obravnavanega območja, na kateri sta bolj natančno prikazani naselji Veliki Slatnik in Križe. Na sliki sta označeni tudi poziciji zajetja in vodohrana.



Slika 2: Ožje območje vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe

2.3 Situacija

V *Prilogi A* je prikazana situacija vaškega vodovoda Veliki Slatnik - Križe. Situacija prikazuje potek obstoječega vaškega vodovoda po območju vodovodnega oskrbovanja in položaj vodovodnih objektov na terenu. Situacija prikazuje predvsem natančni potek cevovodov ter pozicijo ostalih objektov vodovodnega omrežja. Poleg navedenega so iz situacije razvidni tudi premeri, tipi ter dolžine obstoječih cevi med posameznimi vozlišči.

Situacija je bila izdelana s pomočjo geodetskih kart območja ter podatkov katastra komunalnih objektov in naprav, Komunale Novo mesto. Ker je situacija obravnavanega vodovoda v katastru komunalnih objektov in naprav izdelana zelo pomanjkljivo, je bila situacija dopolnjena z lastnimi terenskimi raziskavami.

2.4 Objekti

V vodovodno omrežje so vključeni naslednji objekti:

- zajetje,
- črpališče z vodnjakom,
- vodohran,
- cevi in
- armatura.

Vsak izmed teh objektov je opisan v nadaljevanju.

2.4.1 Zajetje

Zajetje stoji ob vznožju hriba Janšče z 275 m n.m.v., kateri predstavlja tudi poglobitveni del prispevne površine izvira. Zajetje je postavljeno na koti 195 m n.m.v., neposredno na izviru Slatnik, ki je le eden izmed izvirov Slatenskega potoka.

Zajetje je urejeno tako, da je izvir Slatnik obzidan s škarpo iz naravnega kamna, v kateri je puščena vhodna odprtina dimenzij 115 x 80 cm. Ta je namenjena predvsem za odtok viškov vode, ki se ne zajamejo, po potrebi pa tudi kot vhod v zajetje. Odtok viškov vode je speljan po betonskem podu, ki se za ograjo zliva v potok Veliki studenec. Ta se po približno 40 m izlije v Slatenski potok. Vhodna odprtina je zaščitena s kovinskimi mrežnimi vrati dimenzij 130 x 90 cm, ki omogočajo odtok viškov vode, obenem pa onemogočajo neposreden vstop v zajetje. V notranjosti zajetja je na desni strani vgrajena prelivna cev premera 80 mm po kateri se voda iz izvira gravitacijsko pretaka v cca 4 m oddaljen vodnjak, ki se nahaja neposredno pod črpališčem. Zajetje je skupaj s črpališčem obdano z 1,5 m visoko pleteno pocinkano ograjo, ki preprečuje približevanje objektom.

Zaradi neobstoja kakršne koli dokumentacije je podroben načrt zajetja, ki je prikazan v *Prilogi B*, narejen na podlagi lastnih raziskav na terenu. Kot že rečeno je zajetje zgrajeno iz kamnite škarpe. Na sprednji strani ima vhodno odprtino dimenzij 115 x 80 cm, ki je zaščitena s kovinskimi mrežnimi vrati dimenzije 130 x 90 cm. V notranjosti zajetja se na desni strani, 15 cm nižje od spodnjega roba vhodne odprtine nahaja prelivna cev po kateri se voda pretaka

v vodnjak. Pred samim zajetjem je zgrajen betonski podest dimenzij 2,8 x 4 m, po katerem odtekajo viški vode.

Vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe, se s pitno vodo oskrbuje iz vodnega vira, ki ga predstavlja izvir Slatnik, ki je izvir studenca Veliki studenec. Izvir je kraškega tipa in se nahaja neposredno ob vznožju hriba Janšče, na koti 195 m n.m.v.. Njegova izdatnost znaša v sušnem obdobju 3 l/s, kar predstavlja zadostno količino vode za oskrbo predmetnega območja. Po pripovedovanju oskrbnika vodovoda, vode ni še nikoli zmanjkalo. Iz prispevne površine se voda preceja skozi plasti zemljine in kameninske razpokline v samo notranjost hriba Janšče, nakar privre na dan skozi kameninsko razpoko ob vznožju hriba.

Poglavitni del prispevne površine izvira predstavlja hrib Janšče, ki je porasel z mešanim gozdom. Glede na sam relief terena pa lahko predpostavimo, da je prispevna površina dosti večja. Glede na to, da se izvir nahaja na najnižji točki obravnavanega območja, gledano od točke izvira gorvodno po Slatenskem potoku, lahko predvidevamo, da spada v prispevno površino tudi širše območje naselja Veliki Slatnik ter okoliških njiv oziroma travnikov.

Ker je vodni vir kraškega tipa, je kvaliteta vode zelo odvisna od zunanjih vplivov. Tako se voda v deževju močno kali in onesnažuje predvsem z gnilobnimi bakterijami. Kot taka, pa v bakteriološkem smislu ni primerna za pitje. V kemičnem pogledu je voda neoporečna.

Eden od razlogov za mikrobiološko neoporečnost pitne vode je tudi ta, da naselje Veliki Slatnik nima urejene kanalizacije. Tako se lahko vsaj del odpadnih voda steka proti izviru. Poleg tega je v naselju tudi pokopališče, kar še dodatno poveča možnost onesnaženja.

Po besedah skrbnika vodovoda si krajani želijo čimprejšnjo sanacijo vodovoda s priključitvijo na javni vodovod, saj se je v vodovodnem sistemu že večkrat pojavila tudi gnojevka, zaradi česar so morali vodovod popolnoma izprazniti in sprati s čisto vodo, ki so jo pripeljali s cisternami. Samo mislimo si lahko, kakšen je občutek, ko ti v kuhinjo namesto vode priteče gnojevka.

Na *Sliki 3* je prikazana zunanost zajetja vodnega vira, ki ga predstavlja izvir Slatnik. Na sliki se vidi obzidava izvira s kamnito škarpo, vhodna odprtina ter mrežna zaščitna vrata. Lepo se vidi tudi betonski podest, po katerem odtekajo viški vode v Veliki studenec.

Na *Sliki 4* je prikazana notranjost zajetja.

Na *Sliki 5* pa je prikazana prispevna površina vodnega vira. Slika prikazuje ortofoto posnetek območja izvira. S slike sicer ni moč razbrati višinskih razmer na terenu, te lahko vidimo v *Prilogi A*, lahko pa vidimo, da se gorvodno od izvira nahajajo del naselja Veliki Slatnik ter obdelovalne površine. Nad samim izvirom je z gozdom porasel hrib Janšče, prikazan na spodnjem robu slike.



Slika 3: Zunanost zajetja



Slika 4: Notranjost zajetja



Slika 5: Prispevna površina vodnega vira

2.4.2 Črpališče z vodnjakom

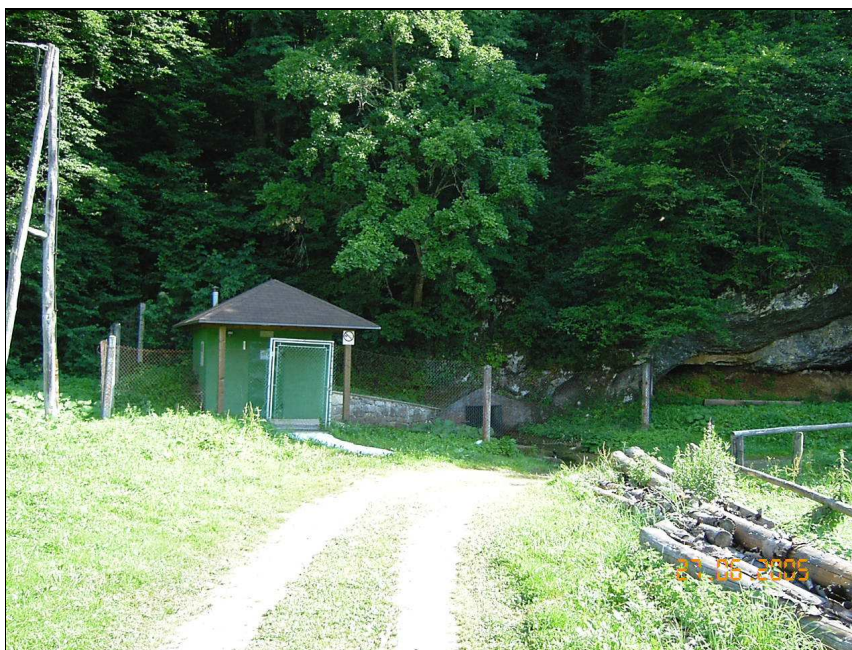
Črpališče z vodnjakom se nahaja cca 4 m desno od zajetja in je postavljeno, podobno kot zajetje, na koto 195 m n.m.v.. Iz črpališča se vodo prečrpava v vodohran Križe, na koto 265 m n.m., od koder se nato gravitacijsko napajata naselji Veliki Slatnik in Križe. Zaradi neobstoja kakršne koli dokumentacije je podroben načrt črpališča z vodnjakom, ki je prikazan v *Prilogi B*, narejen na podlagi lastnih raziskav na terenu.

Črpališče predstavlja betonski objekt notranjih dimenzij 2 x 2,5 m, pod katerim se nahaja vodnjak prostornine cca 10 m³. Vstop v črpališče je omogočen skozi kovinska vrata dimenzij 0,85 x 1,85 m. V črpališču je še vedno montirana črpalka Jastrebac CVN – 1 – 6 z močjo 4 kW, ki je v času svojega obratovanja dnevno obratovala 3 – 4 ure in prečrpala 140 m³ vode na dan pri manometrski višini 70 m. Pri obnovitvi črpališča je bila ta črpalka nadomeščena z novo potopno črpalko, proizvajalca GRUNDFOS, ki je bila vgrajena v sesalno cev. Nova črpalka se vklaplja oziroma izklaplja na osnovi višine vodostaja v vodohranu Križe, kamor prečrpava vodo iz vodnjaka. V notranjosti črpališča se nahaja tudi kovinski pokrov vodnjaka, dimenzij 65 x 65 cm, ki se nahaja na levi strani, takoj za vhodom v črpališče. Črpališče ima tudi svoj elektro priključek s števcem porabljene električne energije, ki je izveden v elektro omarici. Črpališče je locirano ob poti in je dostopno z avtomobilom.

Na *Sliki 6* je prikazano črpališče z vodnjakom in zajetje. Na sliki se lepo vidi pozicija objektov v vznožju hriba Janšče ter sama razdalja med objektoma. Na sliki se vidi tudi zaščitna ograja, ki obdaja oba objekta, ter v ozadju zarast hriba Janšče.

Na *Sliki 7* je prikazana notranjost črpališča. V ospredju slike lahko vidimo črpalko Jastrebac CVN – 1 – 6, ki ni več v uporabi, v ozadju slike pa črna cev, v kateri je montirana nova črpalka. Na zadnji steni lahko vidimo tudi tipala, s pomočjo katerih se črpalka vklaplja oziroma izklaplja.

Na *Sliki 8* je prikazan kovinski pokrov vhoda v vodnjak, ki se nahaja na levi strani, takoj za vhodnimi vrati črpališča z vodnjakom.



Slika 6: Črpališče z vodnjakom in zajetje



Slika 7: Notranjost črpališča



Slika 8: Kovinski pokrov vhoda v vodnjak

2.4.3 Vodohran

Vodohran Križe stoji na vrhu Slatenske gore, ki se nahaja v naselju Križe. Lociran je med vinogradi ob lokalni cesti, tako da je dostopen z avtomobilom. Vodohran stoji na najvišji točki vodovodnega omrežja, na koti 265 m n.m.v.. Ta kota omogoča gravitacijsko oskrbovanje velike večine oskrbovanih objektov, tako da se morajo le objekti, ki se nahajajo v neposredni bližini vodohrana, oskrbovati s pomočjo hidroformnih postaj. Vodohran je bil, podobno kot ostali objekti, zgrajen leta 1974. Zaradi neobstoja kakršne koli dokumentacije je podroben načrt vodohrana, ki je prikazan v *Prilogi C*, narejen na podlagi lastnih raziskav na terenu.

Vodohran je armirano – betonske izvedbe. Sestavljen je iz rezervoarja in armaturne celice. Rezervoar je kvadratne oblike, tlorisnih dimenzij 4,5 x 4,5 m. Najvišji nivo vode v rezervoarju je pri višini 200 cm, merjeno od dna rezervoarja, kar pomeni, da ima rezervoar prostornino 40,5 m³. Prav tako kot rezervoar, je tudi armaturna celica kvadratne oblike. Armaturna celica je razdeljena na zgornji in spodnji del. Zgornji del je dimenzij 150 x 140 x 230 cm in služi predvsem kot vhod v vodohran. Vstop v vodohran je omogočen preko

kovinskih vrat, dimenzij 0,8 x 1,8 m. V zgornjem delu so nameščene tudi kovinske lestve, po katerih se povzpne v rezervoar, ter dotočni del dotočno – iztočne cevi po kateri se prečrpava vodo iz vodnjaka v vodohran, obenem pa tudi napaja naselje Veliki Slatnik. Dotočno cev predstavlja alkatena cev zunanjskega premera 75 mm (Al 75 cev). Voda, ki priteče po dotočni cevi, se izliva v rezervoar na višini 225 cm, merjeno od dna rezervoarja. Spodnji del armaturne celice je dimenzij 150 x 140 x 110 cm. V spodnjem delu je nameščen iztočni del dotočno – iztočne cevi, za naselje Veliki Slatnik, kot že omenjeno je ta narejen iz Al 75 cevi, ter odcep za naselje Križe, ki je zgrajen iz Al 63 cevi. V armaturni celici je montiran tudi varnostni preliv, ki služi v primeru okvar tipal za merjenje višine gladine vode, ter dodatna iztočna cev, ki pa ni v uporabi. Na vseh ceveh so nameščeni zasuni. Rezervoar je v celoti prekrit z zemljo.

Na *Sliki 9* je prikazan vodohran Križe s sprednje strani. Na sliki se vidijo vhodna vrata ter zunanja stena vodohrana, ki je v nekoliko slabšem stanju. Na vrhu vodohrana vidimo prezračevalno cev.

Na *Sliki 10* vidimo vodohran z desne strani. Lepo se vidi, kako je cel vodohran prekrit z zemljo, ki je porasla s travno rušo. V ozadju se vidijo vikendi oziroma zidanice.

Na *Sliki 11* je prikazan spodnji del armaturne celice vodohrana. Vidimo lahko dotočno in iztočno cev ter zasune.

Na *Sliki 12* je prikazana notranjost kvadratnega rezervoarja. Lepo se vidi vhodna odprtina v rezervoar, del lestev, po katerih se povzpemo, da pridemo v rezervoar, ter dotočna cev, po kateri priteka voda iz črpališča v rezervoar.



Slika 9: Vodohran Križe s sprednje strani



Slika 10: Vodohran Križe z desne strani



Slika 11: Spodnji del armaturne celice



Slika 12: Rezervoar vodohrana Križe

2.4.4 Cevi v obstoječem vodovodu

Vse cevi v vodovodnem omrežju so bile položene ob izgradnji vodovoda leta 1975. Vodovodni sistem se od takrat dalje ni nič spreminjal, odpravljale so se le nastale okvare. Glede na starost cevovodov, so le – ti v dokaj dobrem stanju in po besedah upravljavca, na njih ne prihaja do prevelikih izgub.

Skupna dolžina vseh cevovodov znaša 2255 m. Od tega je 816 m tlačnega voda, ki poteka od črpališča do vodohrana Križe, in je zgrajen iz alkatena cevi zunanjšega premera 75 mm oziroma notranjšega premera 61,4 mm (v nadaljevanju Al 75 cevi), 1024 m sekundarnega voda za naselje Križe, ki je zgrajen iz alkatena cevi zunanjšega premera 63 mm oziroma notranjšega premera 51,4 mm (v nadaljevanju PE 63 cevi) ter 415 m sekundarnega voda za naselje Veliki Slatnik, ki je zgrajen iz Al 75 cevi. Vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe oskrbuje skupaj 67 gospodinjstev, kar pomeni da je na njem izvedenih 67 hišnih priključkov, ki so zgrajeni iz alkatena cevi zunanjšega premera 32 mm oziroma notranjšega premera 26 mm (v nadaljevanju PE 32 cevi). Vse cevi so iz materiala Al 80, PN 12,5 bar – a. Prva oznaka pomeni gostoto materiala iz katerega so cevi, druga pa dopustni delovni tlak. (Vir: JP Komunala Novo mesto, kataster, Kataster komunalnih objektov in naprav)

2.4.5 Armatura

Poleg zasunov, ki so montirani v črpališču z vodnjakom, vodohranu ter na posameznih hišnih priključkih, armaturo sestavljajo še trije nadzemni hidranti, ki so montirani na Al 63 cevovodu za naselje Križe, štiri nadzemni hidranti, ki so montirani na Al 75 cevovodu za naselje Veliki Slatnik ter en zračnik.

2.5 Kvaliteta vode

2.5.1 Splošno

Kvaliteta vode je poleg zagotavljanja zadostnih količin vode verjetno najpomembnejši faktor v vodooskrbi. Po pogodbi, ki je bila sklenjena med MO Novo mesto in Zavodom za zdravstveno varstvo Novo mesto, Zavod vsakoletno, od leta 1991, opravlja zdravstveni nadzor nad kvaliteto pitne vode na obravnavanem vaškem vodovodu.

2.5.2 Analiza vode

Na obravnavanem vodovodu opravlja Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto bakteriološke analize dvakrat letno in sicer prvič v prvi ter drugič v drugi polovici leta, kemijske analize pa le enkrat letno in sicer v prvi polovici leta. Rezultati analiz mikrobioloških ter kemijskih preiskav so predstavljeni v *Preglednicah 1 – 5*. Rezultati so prikazani za obdobje med leti 2001 in 2005.

Legenda za parametre v naslednjih preglednicah:

NU = neustrezen; U = ustrezen

Preglednica 1: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2001 (Vir: ZZV Novo mesto)

Leto			2001			
			Prva polovica		Druga polovica	
Bakteriološka analiza	Enota	Normativ	Zajetje	Omrežje	Zajetje	Omrežje
E.Coli	MPN/100ml	0	5,1	16	16	16
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	16	16	16	16
Skupno število mikroorganizmov pri 22°C	v 1ml	< 100	80	80	140	100
Skupno število mikroorganizmov pri 37°C	v 1ml	< 100	50	50	50	20
Ocena			NU	NU	NU	NU
Kemijska analiza						
Ocena			U	U	U	U

Preglednica 2: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2002 (Vir: ZZV Novo mesto)

Leto			2002			
			Prva polovica		Druga polovica	
Bakteriološka analiza	Enota	Normativ	Zajetje	Omrežje	Zajetje	Omrežje
E.Coli	MPN/100ml	0	9,2	> 16	16	16
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	9,2	> 16	16	16
Skupno število mikroorganizmov pri 22°C	v 1ml	< 100	50	50	> 300	> 300
Skupno število mikroorganizmov pri 37°C	v 1ml	< 100	40	30	300	300
Ocena			NU	NU	NU	NU
Kemijska analiza						
Ocena			U	U	U	U

Preglednica 3: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2003 (Vir: ZZV Novo mesto)

Leto			2003			
			Prva polovica		Druga polovica	
Bakteriološka analiza	Enota	Normativ	Zajetje	Omrežje	Zajetje	Omrežje
E.Coli	MPN/100ml	0	2,2	2,2	> 16	16
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	16	16	> 16	16
Skupno število mikroorganizmov pri 22°C	v 1ml	< 100	> 300	150	> 300	> 300
Skupno število mikroorganizmov pri 37°C	v 1ml	< 100	260	60	> 300	> 300
Ocena			NU	NU	NU	NU
Kemijska analiza						
Ocena			U	U	U	U

Preglednica 4: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2004 (Vir: ZZV Novo mesto)

Leto			2004			
			Prva polovica		Druga polovica	
Bakteriološka analiza	Enota	Normativ	Zajetje	Omrežje	Zajetje	Omrežje
E.Coli	MPN/100ml	0	> 16	> 16	> 100	> 100
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	> 16	> 16	> 100	> 100
Skupno število mikroorganizmov pri 22°C	v 1ml	< 100	> 300	> 300	> 300	> 300
Skupno število mikroorganizmov pri 37°C	v 1ml	< 100	30	70	180	> 300
Ocena			NU	NU	NU	NU
Kemijska analiza						
Ocena			U	U	U	U

Preglednica 5: Zbirni pregled rezultatov bakterioloških ter kemijskih preiskav pitne vode na vaškem vodovodu Veliki Slatnik – Križe, leta 2005 (Vir: ZZV Novo mesto)

Leto			2005			
			Prva polovica		Druga polovica	
Bakteriološka analiza	Enota	Normativ	Zajetje	Omrežje	Zajetje	Omrežje
E.Coli	MPN/100ml	0	27	17	>80	>80
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	27	17	>80	>80
Skupno število mikroorganizmov pri 22°C	v 1ml	< 100	>200	>200	>200	>200
Skupno število mikroorganizmov pri 37°C	v 1ml	< 100	>200	>200	>200	>200
Ocena			NU	NU	NU	NU
Kemijska analiza						
Ocena			U	U	U	U

Kot lahko vidimo, so bili vsi vzorci analizirane vode zdravstveno neustrezni. Razlog za takšno stanje je predvsem v tem, da se prav tako kot vodovodi, ki so v upravljanju JP Komunala Novo mesto, tudi ta vaški vodovod napaja s pomočjo kraškega vira. Problem pri tem vodovodu pa je ta, da se vode pred distribucijo v omrežje ne obdela oziroma ustrezno pripravi.

Glede na podatke ZZV Novo mesto vidimo, da je voda bakteriološko oporečna. Preseženo je skupno število mikroorganizmov, zaskrbljujoče pa je predvsem to, da so v vodi konstantno prisotne bakterije fekalnega izvora, kar pomeni, da je prisotna stalna nevarnost hidričnih epidemij črevesnih bolezni.

Pri ocenjevanju rezultatov kemičnih preiskav je potrebna določena previdnost, saj so bile izvedene le osnovne fizikalno kemične preiskave, na podlagi katerih lahko rečemo, da je voda kemično neoporečna. Osnovne fizikalno kemične preiskave ne zajemajo vrste kemičnih kontaminantov, kot so na primer pesticidi, za katere vemo, da so lahko pogosto prisotni v sledovih. Zaradi tega bi bilo potrebno občasno opraviti tudi razširjeno preiskavo s katero bi ugotovili ali je voda morda kontaminirana z insekticidi, herbicidi, fungicidi, mineralnimi gnojili ali drugimi strupenimi snovmi.

Na resnost problema onesnaženja pitne vode s kemičnimi snovmi nas opozarja povišana koncentracija dveh selektivnih herbicidov iz skupine anilidov: metolaklor in atrazina, v letu 1997. Glej *Preglednico 6*.

Dne, 28.05.1997, so porabniki pitne vode iz obravnavanega vodovoda zaznali nenavaden okus pitne vode in to sporočili zdravstvenemu inšpektorju. Ta je nato o tem obvestil Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto. Zavod je v prisotnosti zdravstvenega inšpektorja še isti dan odvzel vzorce pitne vode iz vodovoda in jih analiziral. Vzorce so odvzeli tudi naslednji dan. Rezultati analiz vzorcev, za oba dneva, so prikazani v *Preglednici 6*.

Preglednica 6: Rezultati kemijskih analiz pitne vode, leta 1997 (Vir: ZZV Novo mesto, Poročilo o prisotnosti herbicidov v pitni vodi vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe, 02.06.1997)

	Kemijska analiza	
	Metolaklor	Atrazin
Vzorčenje	[$\mu\text{g/l}$]	[$\mu\text{g/l}$]
19.06.1996	0	0
28.05.1997 (prvi vzorec)	0,029	0,87
29.05.1997 (zajetje)	0,025	1,34
29.05.1997 (omrežje)	0.048	0.75

V teh vzorcih določene koncentracije, metolaklor in atrazina, niso presegle maksimalno dopustnih koncentracij, 2 $\mu\text{g/l}$, po takrat veljavnem pravilniku (Pravilnik o higieni neoporečnosti pitne vode – Ur. l. SFRJ št. 33/87 in 13/91), zato so morali vodo oceniti kot primerno, se pravi kemijsko neoporečno.

Če pa rezultate analiz primerjamo s tedaj veljavnimi smernicami evropske gospodarske skupnosti (Directive 80/778/EEC) ugotovimo, da so koncentracije atrazina presegle maksimalno dopustno koncentracijo, 0,1 $\mu\text{g/l}$.

Ugotovimo lahko, da so koncentracije atrazina dosegale približno 50% največje dopustne koncentracije po tedaj veljavnemu slovenskem pravilniku ter hkrati presegle maksimalne

dopustne koncentracije, ki jih je predpisala EGS in so v veljavi še danes, za približno 1000%. Višje koncentracije, zlasti atrazina, na zajetju kažejo, da je prišlo do kontaminacije na prispevnem območju tega zajetja.

Obe najdeni substanci sta torej herbicida in sta strupeni tako za ljudi kot tudi za živali. Atrazin spada v IV, metolaklor pa v III skupino strupov. Izmerjene koncentracije najverjetneje niso povzročale akutnih simptomov, lahko pa zanesljivo trdimo, da v nobenih koncentracijah niso zdravju koristne.

2.5.3 Mikrobiološki vidik onesnaženja pitne vode

V splošnem velja, da je največje tveganje za obolenje takrat, kadar je voda kontaminirana s človeškimi ali živalskimi iztrebki. Če je pitna voda mikrobiološko neoporečna, to še ne pomeni, da lahko eliminiramo nalezljive bolezni, saj se lahko povzročitelji bolezni, ki se prenašajo preko pitne vode, prenašajo tudi na druge načine, kot na primer s hrano ali z osebe na osebo. Je pa možnost okužbe bistveni manjša, kadar je uporabnikom zagotovljena mikrobiološko neoporečna pitna voda.

2.5.4 Zdravstvena ocena Zavoda za zdravstveno varstvo

Prisotnost fekalnih in koliformnih bakterij v vseh vzorcih nas opozarja, da bi bilo potrebno vodo pred uporabo prekuhavati, saj obstaja možnost, da pride pri ljudeh do hidrične epidemije črevesno nalezljivih bolezni.

Zato Zavod za zdravstveno varstvo dolgoročno priporoča priklop vaškega vodovoda na večji javni vodovodni sistem, s katerimi upravlja strokovno usposobljen upravljavec ali pa sanacijo obstoječega vodovodnega sistema z uvedbo kondicioniranja (filtracija in kloriranje) vode.

Potrebno bi bilo vzpostaviti tudi vodovarstvena območja, s čimer bi še dodatno zavarovali vodni vir. (Vir: ZZV Novo mesto, 2001)

2.5.5 Možni ukrepi za zagotovitev kvalitetne pitne vode

Zdravstveno ustrezno pitno vodo lahko predmetnemu vaškemu vodovodu zagotovimo predvsem s:

- sanacijo obstoječega vodovodnega sistema z uvedbo čiščenja pitne vode ali,
- sanacijo obstoječega vodovodnega sistema s priključitvijo na javni vodovod.

Poleg problema zagotavljanja zdravstveno ustrezne pitne vode, predstavljajo problem tudi nezadostne količine pitne vode ter tehnična nepopolnost vodovodnega sistema. Zato je pomembno, da se problematika vaškega vodovoda Veliki Slatnik - Križe rešuje celostno.

2.5.5.1 Sanacija obstoječega vodovodnega sistema z uvedbo čiščenja pitne vode

Pri tem načinu reševanja obravnavane problematike je potrebno, poleg celovite obnove obstoječega vodovodnega sistema, vanj dograditi tudi objekte za pripravo oziroma čiščenje pitne vode. Pri samem čiščenju je potrebno uvesti tako filtriranje kot tudi dezinfekcijo pitne vode.

Dezinfekcija pitne vode je postopek (največkrat kemijski, lahko tudi fizikalni oz. mehanski), s katerim v vodi uničimo vegetativne oblike mikroorganizmov. Najbolj razširjene in uporabljene metode za dezinfekcijo pitne vode so naslednje:

- dezinfekcija s klorom (kloriranje),
- dezinfekcija s klorovim dioksidom,
- dezinfekcija z ozonom (ozoniranje) in
- dezinfekcija z ultravijoličnim sevanjem.

2.5.5.1.1 Kloriranje

Zaradi velike učinkovitosti in lahke uporabe je kloriranje najbolj uporabljena metoda. Klor (Cl_2) ima veliko oksidacijsko sposobnost, ki povzroča razgradnjo organskih snovi. Green in

Strumpt sta ugotovila, da sloni dezinfekcijski učinek klora na reakciji klora z encimi, ki so ključnega pomena za metabolične procese celice. Če so ključni encimi dezaktivirani, celice odmrejo. Za tovrstno dezinfekcijo potrebujemo ejetor, s katerim doziramo potrebno količino plinskega klora v vodo. Običajna doza je 0,1 – 0,3 mg/l.

Natančna doza klora je pomembna, ker:

- prevelike količine klora poslabšujejo organoleptične lastnosti vode,
- premajhne količine klora nimajo primerne dezinfekcijske učinka.

Po opravljenem kloriranju je potrebna kontrola količine klora v vodi in če ga je preveč, je potrebno dekloriranje. Za male vaške vodovode je kloriranje vprašljivo, saj imamo praktično opravka z površinsko vodo, katera lahko vsebuje tudi parazite, ki so lahko na klor rezistentni.

Pri uporabi klora kot dezinfekcijskega sredstva se moramo zavedati tudi tega, da tvori klor v stiku z organsko snovjo spojine, ki so kancerogene. To pomeni, da nastaja v vodah, ki so bolj organsko onesnažene, več kancerogenih spojin. Ta problem rešujemo tako, da povečamo koncentracijo klora in s tem zmanjšamo kontaktni čas, kar onemogoča nastanek teh spojin. Viške klora oziroma prosti rezidualni klor nato odstranimo s pomočjo žveplovega dioksida (SO₂). (Vir: Rismal M., 1995, Čiščenje pitne vode)

2.5.5.1.2 Dezinfekcija s klorovim dioksidom

Klorov dioksid (ClO₂) je že od začetka svoje uporabe znan kot močno dezinfekcijsko sredstvo. Zaradi zelo visoke baktericidnosti in viricidnosti je izredno učinkovit, saj je 2,5 – krat močnejši oksidant od klora. Zaradi močne oksidacije in razgradnje skupnega organskega ogljika je učinkovit pri odstranjevanju vonja in okusa. Zaželeno je, da se kot dezinfekcijsko sredstvo uporablja namesto klora tam, kjer voda vsebuje sledove fenolov. Ti tvorijo s klorom klorfenole, ki dajejo vodi neprijeten vonj in so strupeni. Njegov učinek na mikroorganizme je hitrejši in dolgotrajnejši kot pri kloru. Že pri zelo nizki koncentraciji ubija praktično vse znane bakterije in viruse. Njegov zaščitni učinek pred ponovno mikrobiološko zarastjo ali v primeru

novega onesnaženja je visok, zato je primeren za sekundarno dezinfekcijo. V omrežju se lažje vzdržuje predpisano koncentracijo prostega klorovega dioksida kot prostega klora.

Njegova slabost je ta, da pri dezinfekciji kot končni proizvod nastajajo toksični kloriti (ClO_2^-) in klorati (ClO_3^-). Ni priporočljivo, da se uporablja pri vodah, ki imajo preveliko vsebnost železa, mangana in ostali reducirajočih snovi. Omejitev za njegovo širšo uporabo je višja cena, saj je v primerjavi s plinskim klorom kar petkrat dražji. (Vir: Ravnikar J., 2004, Odstranjevanje parazitov v kraških pitnih vodah)

2.5.5.1.3 Ozoniranje

Ozon (O_3) je najhitrejše in najmočnejše dezinfekcijsko sredstvo. Poleg oksidacijske sposobnosti uničevanja virusov vpliva tudi na okus, vonj in barvo vode. Za popolnoma prečiščeno vodo je potrebna doza ozona 1 – 1,2 mg/l, tako da ostane v vodi po čiščenju še 0,4 mg/l rezidualnega ozona.

Ozon je nestabilen in popolnoma razpade na kisik (O_2) v manj kot eni uri, zato se presežki pojavijo le redko. Če pa se presežki že pojavijo in je količina rezidualnega ozona v vodi prevelika, pride v omrežju do korozije. Druga negativna lastnost ozona pa je ta, da je škodljiv za zdravje. Zaradi obeh razlogov je pred črpanjem vode v omrežje potrebno izvesti nevtralizacijo (odstranitev) ozona prek aktivnega oglja. (Vir: Rismal M., 1995, Čiščenje pitne vode)

2.5.5.1.4 Ultravijolično sevanje

Dezinfekcija z ultravijoličnim sevanjem je lahko zelo učinkovita metoda. Ultravijolična (v nadaljevanju UV) svetloba se proizvaja s posebno svetilko, ki proizvaja UV žarke, kateri opravljajo dezinfekcijo. Obsevanje vode z UV svetlobo deluje na principu absorbiranja UV žarkov, kar povzroči fotokemične spremembe in uničuje mikroorganizme. Z zadostno sevalno dozo, ki istočasno onemogoča reaktivacijo klic, je možna več kot 99,99 % deaktivacija bakterij in virusov, učinkovita ja tudi proti manjšim količinam alg. Vse bolj se uporabljajo srednje tlačne žarnice s širšim sevalnim spektrom, ki so učinkovite tudi proti sporam

parazitov. UV svetloba pa ima tudi kemični učinek, saj delno razgrajuje pesticid atrazin in zmanjšuje absorbirane organske ogljikovodike. Kljub kemijskemu učinku pa UV dezinfektorji razkuženi vodo ne dodajajo nobenih kemičnih substanc, zato ji ne slabšajo okusa, barve, vonja in mineralne sestave ter na povzročajo nevarnosti nastanka toksičnih stranskih proizvodov, kot so klorfenoli, halometani in drugi. (Vir: Ravnikar J., 2004, Odstranjevanje parazitov v kraških pitnih vodah)

2.5.5.1.5 Filtracija

Filtracija je fizični in kemični proces odstranjevanja suspendiranih in koloidnih primesi iz vode, s pronicanjem skozi porozni medij. Pri tem se zmanjša število bakterij in spremenijo se fizikalno – kemične lastnosti vode. Za filterni material lahko uporabimo več različnih materialov, kot so pesek, zdrobljeno steklo, antracid, magnezijeve in kalcijeve karbonate, aktivno oglje in podobne materiale. Glede na hitrost precejanja skozi filtre, ločujemo hitre in počasne filtre. Med procesom filtracije poteka istočasno več procesov čiščenja vode.

Najpomembnejši med njimi so:

- mehansko precejanje,
- sedimentacija,
- adsorbpcija in absorbcija,
- kemijsko – elektrolitski vplivi in
- biološka aktivnost. (Vir: Rismal M., 1995, Čiščenje pitne vode)

Poleg omenjenih načinov dezinfekcije pa se danes vedno bolj uporablja tehnologija membranske filtracije z mikro ($10^{-7} - 10^{-6}$ m), ultra ($10^{-8} - 10^{-7}$ m), ali nanofiltri ($10^{-9} - 10^{-8}$ m). V oklepajih so navedene velikosti por posameznih filtrov ali membran. Pri tej metodi se vodo stiska preko selektivno propustne membrane, ki odstranjuje iz vode zelo majhne delce, koloidne snovi, večje organske snovi in podobno. Če so pore na membrani dovolj majhne (nanofiltracija), lahko zadrži tudi viruse. (Vir: Ravnikar J., 2004, Odstranjevanje parazitov v kraških pitnih vodah)

2.5.5.2 Sanacija obstoječega vodovodnega sistema s priključitvijo na javni vodovod

Po pripovedovanju g. Kastelic Božidarja, ki v Komunali Novo mesto deluje na področju obnov in rekonstrukcij vodovodni sistemov, so v preteklosti problematiko večine vaških vodovodov reševali s priključitvijo na javni vodovod. Ta način so uporabljali predvsem zaradi tega, ker se je večina vaških vodovodov oskrbovala iz vodnih virov, ki so bili nekvalitetni tako po kvaliteti, kakor tudi po količini pitne vode, obenem pa so predstavljala velik problem tudi neustrezna, močno dotrajana in poddimenzionirana vodovodna omrežja.

Podobno, sicer v nekoliko milejši obliki, velja tudi za vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe, tako da nameravajo na enak način rešiti tudi problematiko tega vodovoda.

S tem načinom reševanja obravnavane problematike, lahko Komunala Novo mesto zagotavlja, porabnikom pitne vode obravnavanega vodovoda, ustrezne količine neoporečne pitne vode iz kakovostnega vodnega vira. Istočasno pa se bo rešila tudi problematika dotrajanosti ter poddimenzioniranosti vodovodnega omrežja in problematika preskrbe s pitno vodo na področju hriba Bednje, kjer še nimajo urejenega vodovodnega sistema.

Celotna obnova vodovodnega sistema in priključitev le – tega na javno vodovodno omrežje omogoča Komunali Novo mesto tudi najlažje izpolnjevanje vse ostrejših zahtev, ki jih predpisujejo zakoni, odloki, pravilniki ter direktive s področja preskrbe s pitno vodo.

Za priključitev vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe na javni vodovod, s katerim upravlja izvajalec javne službe preskrbe s pitno vodo, imamo na voljo naslednji dve varianti:

- priključitev na javni vodovod Brusnice ter
- priključitev na javni vodovod Hrušica.

2.5.5.2.1 Priključitev na javni vodovod Brusnice

Pri tej varianti se lahko vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe naveže na javni vodovod Brusnice v naselju Potov vrh. Vodovodni sistem Brusnice se napaja z vodo iz vrtine Brusnice,

ki se nahaja na koti 236 m n.m.v.. Iz vrtine se vodo prečrpava v vodohran Brusnice, na koto 270 m n.m.v.. Črpalka na vrtini Brusnice črpa 8 l/s povprečno 11 ur/dan. Priključitev obravnavanega vaškega vodovoda na javni vodovodni sistem Brusnice bi od vodovodnega sistema Brusnice zahtevala dodatnih cca 100 m³ vode na dan (preračunano v poglavju 4.2.3.6), kar po besedah g. Zorko Istoka, ki v komunalni deluje na področju vodooskrbe, ne bi bil problem. V tem primeru bi pač morala črpalka črpati vodo več ur na dan. Po moji oceni cca 3.5 dodatne ure na dan.

Za samo povezavo med vodovodoma bi bilo potrebno položiti cca 800 m povezovalnega cevovoda, po katerem bi se voda iz vodohrana Brusnice, gravitacijsko pretakala v vodohran Križe, na koto cca 265 m n.m.v.. Iz vodohrana Križe bi se, na enak način kakor se sedaj, napajali naselji Veliki Slatnik ter Križe. Obstoječi vodni vir ter zajetje ob vznožju hriba Janšče, pa se ne bi več uporabljala za potrebe vodooskrbe.

2.5.5.2.2 Priključitev na javni vodovod Hrušica

Pri tej varianti se lahko vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe naveže na javni vodovod Hrušica v zaselku Hrib. Javni vodovod Hrušica se je do nedavnega napajal z vodo, ki jo v vodohran Hrušica, ki stoji na koti 340 m n.m.v., dovažali z avtociстерno. V vrtini Hrušica, katera je do leta 2003 napajala vodovod Hrušica, so se namreč pojavili pesticidi, tako da voda iz te vrtine ni več primerna za pitje. Problem preskrbe s pitno vodo vodovoda Hrušica je bil, po podatkih Komunale Novo mesto, rešen v prvi polovici leta 2006. Vodovod Hrušica so navezali na bližnji vodovodni sistem Orehek – Dolž, ki se napaja iz štirih vrtin v Stopičah, in mu tako zagotovili zdravstveno neoporečno pitno vodo. (Vir: Komunala Novo mesto)

Vodovodni sistem Orehek – Dolž se oskrbuje s pitno vodo iz štirih vrtin v Stopičah, ki se nahajajo na koti cca 193,5 m n.m.v.. Od tu se vodo črpa v vodohran Dolž na koto 445,5 m n.m.v., od koder se nato gravitacijsko napaja vsa naselja na tem področju. Na zajetju Stopiče se povprečno črpa 37 l/s vode 24 ur na dan. Glede na nivo vode v vodohranu Dolž, se vodo prečrpava v vodohran, viške pa se spušča v bližnji potok. 24 urno črpanje je potrebno zato, ker se v nasprotnem primeru pojavijo problemi z motnostjo pitne vode. Po besedah g. Zorka,

zagotavljanje dodatnih cca 100 m³ vode na dan (preračunano v poglavju 4.2.3.6) iz tega vodnega vira ne bi predstavljal nikakršen problem.

S to priključitvijo bi predmetnemu vaškemu vodovodu, podobno kot ostalim vodovodnim sistemom, ki se napajajo iz vrtin v Stopičah, ustrezne tlake zagotavljal vodohran Dolž, ki stoji na koti 445,5 m n.m.. Iz vodohrana Dolž bi se voda gravitacijsko pretakala v vodohran Hrušica na koto 340 m n.m.. Iz vodohrana Hrušica bi se voda nato gravitacijsko pretakala v novi vodohran Bednje, na koto 305 m n.m., od tu pa v obstoječi vodohran Križe, na koto 265 m n.m..

Za izvedbo povezave med vodovodom Hrušica in vaškim vodovodom Veliki Slatnik – Križe je potrebno skupaj položiti cca 2600 m cevovoda ter izgraditi nov vodohran Bednje. Res je, da ta varianta zahteva bistveno večje količine cevovoda ter nov vodohran, vendar pa s to varianto omogočimo priključitev na javni vodovod tudi večjemu številu objektov, ki se sedaj preskrbujejo s kapnico. Poleg tega pa lahko gravitacijsko napajamo tudi objekte, ki se sedaj napajajo iz vodohrana Križe s pomočjo hidroformnih postaj.

2.5.5.3 Izbira variante

Če želimo naselji Veliki Slatnik in Križe oskrbeti z ustrezno količino kvalitetne pitne vode morata biti izpolnjena dva pogoja. Prvi pogoj je ta, da je potrebno zagotoviti ustrezno količino kvalitetne pitne vode, drugi pogoj pa ta, da je potrebno zagotoviti ustrezen vodovodni sistem, po katerem se bo voda distribuirala do porabnikov.

Glede na to, da je obstoječi vodovodni sistem močno dotrajan, tehnično nepopoln in izrabljen, saj je v obratovanju že več kot 30 let, ne moremo mimo dejstva, da je potrebno obstoječi cevovod opustiti in ga nadomestiti z novim, ki bo ustrezal vsem standardom in predpisom, ki trenutno veljajo za sisteme za preskrbo s pitno vodo.

Obstoječi vodni vir je iz mikrobiološkega vidika neustrezen za preskrbo s pitno vodo. Kvaliteta pitne vode se iz leta v leto slabša, zaskrbljujoče pa je predvsem to, da je voda onesnažena z bakterijami fekalnega izvora, kar predstavlja nevarnost hidričnih epidemij. To

pomeni, da bi bilo potrebno vodo iz tega vira pred uporabo ustrezno obdelati in pripraviti. Obstoječega vodni vir je kraškega tipa, kar pomeni, da se kvaliteta vode zelo hitro spreminja. Glede na velikost obravnavanega vodovodnega sistema in izvor pitne vode, bi bila uvedba postopka čiščenja pitne vode iz ekonomskega vidika neupravičena. Poleg tega pa s tem načinom sanacije ne moremo ustrezno rešiti problematike oskrbe s pitno vodo na hribu Bednje.

Pri zagotavljanju pitne vode iz javnega vodovoda Brusnice se srečujemo s podobno problematiko kot pri predhodni varianti. Voda iz vrtine Brusnice je slabše kakovosti kakor voda iz vrtin v Stopičah, obenem pa omenjena navezava prav tako ne rešuje problematike preskrbe s pitno vodo na hribu Bednje.

Tako se za najprimernejšo varianto sanacije vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe izkaže varianta, kjer predmetnemu vaškemu vodovodu zagotovimo pitno vodo iz vodovoda Hrušica. Ta varianta je najprimernejša zaradi tega, ker omogoča popolno gravitacijsko obratovanje vodovoda, ker poteka trasa povezovalnega vodovoda po hribu Bednje, kar omogoča, da se na vodovod priključi večje število objektov, ki se sedaj oskrbujejo s pomočjo kapnice in nenazadnje, ker zagotavlja predmetnemu vaškemu vodovodu ustrezne količine kvalitetne pitne vode.

3 SANACIJA VAŠKEGA VODOVODA VELIKI SLATNIK – KRIŽE

3.1 Splošno

Kot že omenjeno, v poglavju 2.5.5.3, se vaški vodovod Veliki Slatnik - Križe sanira na naslednji način. Zaradi dotrajanosti, izrabljenosti in poddimenzioniranosti obstoječega vodovodnega sistema, se le-tega skoraj v celoti opusti, ohrani se le vodohran Križe, ki bo služil kot razbremenilnik za naselje Veliki Slatnik. Obstoječi vodovodni sistem se nadomesti z novim, katerega se, v zaselku Hrib, priključi na javni vodovod Hrušica. V sklopu novega vodovodnega sistema se izgradi tudi nov vodohran Bednje, ki bo napajal objekte na pobočju hriba Bednje, naselje Križe ter vodohran Križe. Novi vodovodni sistem bo deloval popolnoma gravitacijsko. Tako se bo voda iz vodohrana Hrušica gravitacijsko pretakala v novi vodohran Bednje, od tu pa v obstoječi vodohran Križe.

3.2 Situacija

V *Prilogi D* je prikazana situacija novega vodovodnega sistema. Situacija prikazuje potek novega vodovodnega sistema po območju vodovodnega oskrbovanja in položaj vodovodnih objektov na terenu. Situacija prikazuje predvsem natančni potek cevovodov ter pozicijo ostalih objektov vodovodnega omrežja. Poleg navedenega so iz situacije razvidni tudi premeri, tipi ter dolžine novih cevi med posameznimi vozlišči.

Situacija je bila izdelana s pomočjo geodetskih kart območja ter z lastnimi terenskimi raziskavami.

3.3 Vzdolžni profil

V *Prilogah E* so prikazani vzdolžni profil novega vodovodnega sistema. Vzdolžni profili prikazujejo vzdolžni potek dotočnega cevovoda med vodohranom Hrušica in vodohranom Bednje, primarni vod, ki poteka od vodohrana Bednje do naselja Križe, primarni vod med vodohranom Križe in naseljem Veliki Slatnik ter sekundarne odcepe. V vzdolžnih profilih so

prikazane kote terena, kote dna cevi, dolžine cevi ter ostali elementi, potrebni za popolni prikaz vodovodnega omrežja.

3.4 Objekti

V novo vodovodno omrežje so tako vključeni naslednji objekti:

- novi vodohran Bednje,
- obstoječi vodohran Križe,
- cevovod ter
- armatura.

Vsak izmed teh objektov je opisan v nadaljevanju.

3.4.1 Novi vodohran Bednje

3.4.1.1 Tehnična izvedba

Novi vodohran Bednje se locira na z gozdom porasel hrib Bednje, na koto 305 m n.m.v.. Vodohran je armiranobetonske izvedbe in je sestavljen iz vodne in armaturne celice. Vodna celica je v tlorisu okrogle oblike premera cca 7,20 m in višine 3,90 m. Z vmesno steno je predeljena na dve ločeni enoti. Vstop v vodni celici je iz zgornjega armaturnega prostora, po kovinskih lestvah. V talni plošči vodnih celic sta na vsaki strani predelne stene poglobitvi za namestitev talnega izpusta in iztoka s sesalnim košem.

Armaturna celica je pravokotne oblike, tlorisnih dimenzij cca 3,00 x 3,40 m in višine 5,75 m. V njej so nameščene vodovodne armature za dotok, odtok, preliv in izpust vode. Zgornji del armaturne celice je predeljen s pregradno steno v kateri so montirana vrata dimenzij 80 x 200 cm. Prvi prostor je namenjen za vgradnjo elektroopreme in je tudi ločeno prezračevan. Vstop v spodnji del armaturne celice je po kovinski lestvi skozi odprtino dimenzij 100 x 260 cm, ki je pokrita s pohodno rešetko. Načrti vodohrana so prikazani v *Prilogah F*.

3.4.1.2 Stene vodohrana

Dno in stene vodnih celic so obloženi z keramičnimi ploščicami. Strop vodne celice je prepleskan s hidrozanom. Zgornji del armaturne komore je v celoti obložen z nedrsečimi glaziranimi keramičnimi ploščicami. Strop armaturne komore je izoliran s 5 cm stiroporjem in prepleskan z belo akrilno barvo. Ravno tako so prepleskane tudi stene in strop v kletni etaži.

3.4.1.3 Hidroizolacija

Vse stene, ki so zasute z zemljo morajo biti hidroizolirane z IZOTEKOM V4.

3.4.1.4 Zračenje

Vodohran je prezračevan vzgonsko preko vertikalnih zračnikov. V ta namen se za dotok svežega zraka v spodnji del armaturne celice vgradi cev iz nodularne litine premera 300 mm, ki se konča z izpustno glavo. Ta omogoča tako iztok vode, kot tudi dotok zraka.

Za dovod zraka v elektro prostor je v spodnji del vhodnih vrat vgrajena rešetka, dimenzij 40 x 20 cm, odvod pa poteka preko rešetke premera 20 cm, ki je nameščena pod stropom.

Za odvod zraka iz vodnih celic so nameščeni trije zračniki premera 20 cm, ki so izvedeni z jekleno cevjo in kapo.

3.4.1.5 Drenaža

Za odvod zalednih voda je potrebno ob objektu položiti drenažno cev premera 100 mm. Odtok iz drenaže je v zbirni jašek na dnu armaturne celice. Površinske vode se spelje po odvodnih jarkih.

3.4.1.6 Zunanja ureditev

Celoten objekt se prekrije z zemljo debeline 1 m. Viden del fasade se obloži z naravnim kamnom, venec krovne plošče pa se prekrije z bakreno pločevino. Celoten objekt se ogradi z pleteno ograjo višine 2 m. Okolico vodohrana se zatravi in zasadi z avtohtonim grmičevjem.

3.4.1.7 Cevne zveze in armatura

V vodohranu so predvidene inštalacije za dotok, odtok, preliv in izpust vode iz obeh prekatov vodne celice. Vsi elementi morajo ustrezati delovnemu tlaku 6 bar in biti po obdelavi vroče cinkani.

3.4.1.7.1 Dotok

V novi vodohran Bednje voda gravitacijsko priteka iz vodohrana Hrušica po cevovodu iz nodularne litine premera 80 mm (NL DN 80). Na dotočni cevi je vgrajena elektromotorna loputa, bipolarni merilnik pretoka ter nepovratna loputa, vse DN 80. Dotočna cev se v zgornji etaži razcepi na dva cevovoda DN 80, po katerih doteka voda v posamezno vodno celico. Na obeh krakih sta montirana zasuna premera 80 mm (DN 80), na skupnem vertikalnem vodu pa je vgrajen ventil Bermad tip 720 – 67, ki ga upravlja regulator s plovcem.

3.4.1.7.2 Preliv in izpust

Za izpust vode iz posamezne vodne celice sta v steno vodnih celic vgrajena F kosa DN 100, ki sta v armaturni celici opremljena z zasunoma DN 100. Odtok iz prelivnih cevovodov in izpustov je speljan po cevi do izpustnega jaška, ter naprej do izpustne glave.

3.4.1.7.3 Iztok za Križe

Iztok iz posameznega dela vodne celice poteka preko sesalnih košev DN 100 do skupnega razdelilnega cevovoda DN 100 v armaturni celici. Na iztoku je vgrajen merilnik pretoka

DN 80 za njim pa elektromotorna loputa DN 100. Povezavo z vodovodnim omrežjem se izvede izven vodohrana, na prehodih skozi stene vodohrana so vgrajeni FF kosi.

3.4.1.7.4 Tlačni preizkus in dezinfekcija vgrajenih elementov

Po montaži cevovodov in vodovodnih armatur se opravi tlačni preizkus vgrajenih elementov na 6 bar – ov.

Po vgradnji fazonskih kosov v vodno celico se opravi preizkus vodotesnosti vodne celice. Pri tem mora biti celotna AB konstrukcija odkrita, brez zasipa, hidroizolacije in zaščitnega tesnilnega premaza.

Po tlačnem preizkusu se izvede dezinfekcija in izpiranje vodne celice in vgrajenih elementov. Dezinfekcijo se opravi pod nadzorom Zavoda za zdravstveno varstvo Novo mesto, kateri izda potrdilo o klornem šoku.

3.4.1.8 Elektroenergetski priključek in elektro inštalacije

Objekt se priključi na nizko napetostno omrežje po navodilih distributerja. Elektroomarico tip MPO z meritvijo porabljene električne energije se postavi na betonski podstavek, ob ograji objekta, skladno z navodili distributerja.

Okoli objekta in ob elektroenergetskemu kablu se položi Fe – Zn valjanec za ozemljitev. V objektu se poleg inštalacije za napajanje merilne opreme montira tudi razsvetljavo in vtičnice za pogon električnega orodja.

3.4.2 Obstoječi vodohran Križe

3.4.2.1 Splošno

Obstoječi vodohran Križe je edini objekt vaškega vodovoda Veliki Slatnik - Križe, ki bo ostal v uporabi tudi po njegovi sanaciji. Iz njega se bo napajalo naselje Veliki Slatnik, kateremu bo

zagotavljal ustrezno tlačno črto. Vodohran Križe bo tako predstavljal tudi razbremenilnik za naselje Veliki Slatnik, saj bi direktna oskrba Velikega Slatnika iz vodohrana Bednje, povzročila prevelike tlake v omrežju. Zaradi same velikosti vodohrana iz njega ne moremo zagotavljati ustreznih količin požarne vode za naselje Veliki Slatnik, zato te, v primeru požara, zagotavlja vodohran Bednje. Vodohran Križe je podobno, kot celotni vaški vodovod Veliki Slatnik – Križe v slabem in dotrajanem stanju, zato ga je potrebno temeljito sanirati. Sanacijski ukrepi so opisani v nadaljevanju. Obstoječe stanje vodohrana je podrobno opisano v poglavju 2.4.3, podroben načrt vodohrana pa je prikazan v *Prilogi C*.

3.4.2.2 Stene vodohrana

Dno in stene rezervoarja, ki so zgrajene iz nezaščitenega armiranega betona, je potrebno obložiti z keramičnimi ploščicami, strop rezervoarja pa prepleskati s hidrozanom. Zgornji del armaturne celice je potrebno v celoti obložiti z nedrsečimi glaziranimi keramičnimi ploščicami, strop armaturne komore pa izolirati s 5 cm stiroporjem in prepleskati z belo akrilno barvo. Ravno tako se prepleska tudi stene in strop v spodnjem delu armaturne celice.

3.4.2.3 Hidroizolacija

Vodohran je potrebno popolnoma odkopati, odstraniti staro hidroizolacijo ter sanirati morebitne poškodbe na objektu. Nato se vse stene, ki bodo zasute z zemljo, ponovno hidroizolira z IZOTEKOM V4.

3.4.2.4 Zračenje

Vodohran je prezračevan vzgonsko preko vertikalnega zračnika. Sveži zrak priteka v vodohran skoz rešetko, montirano v spodnjem delu vhodnih vrat.

3.4.2.5 Zunanja ureditev

Po sanaciji se celoten objekt prekrije z zemljo debeline cca 1 m. Viden del fasade se obloži z naravnim kamnom, venec krovne plošče pa se prekrije z bakreno pločevino. Okolico vodohrana se zatravi in zasadi z avtohtonim grmičevjem.

3.4.2.6 Cevne zveze in armatura

V vodohranu se obstoječo inštalacijo popolnoma odstrani in nadomesti z novo, katera bo prilagojena novemu vodovodnemu sistemu, poleg tega pa bo tudi tehnično popolna. Tako se v vodohran inštalira novo vodovodno inštalacijo za dotok in odtok vode iz rezervoarja, inštalacijo za preliv in izpust vode pa se ohrani. Vsi elementi morajo ustrezati delovnemu tlaku 6 bar in biti po obdelavi vroče cinkani.

3.4.2.6.1 Dotok

V obnovljeni vodohran Križe voda gravitacijsko priteka iz vodohrana Bednje po cevovodu iz nodularne litine premera 100 mm (NL DN 100). Na dotočno cev se vgradi zasun DN 100, merilnik pretoka DN 80 ter regulator nivoja Metalgrad, tip RN 1, DN 100, izvedba B, glej *Prilogo G*. Dotočno cev se montira na levo stran armaturne celice. Cev se napelje iz spodnjega v zgornji del armaturne celice in nato v rezervoar, podobno kot je to narejeno sedaj.

3.4.2.6.2 Preliv in izpust

Za izpust vode iz rezervoarja sta v steno vodnih celic vgrajena F kosa DN 80, ki je v armaturni celici opremljena z zasunoma DN 80. Odtok iz prelivnega cevovoda in izpustov je speljan po cevi do izpustnega jaška, ter naprej do izpustne glave. Obdrži se obstoječi izpust in preliv.

3.4.2.6.3 Iztok za Veliki Slatnik

Iztok iz rezervoarja se izvede preko sesalnega koša DN 100 do cevovoda DN 100 v armaturni celici. Na iztok se vgradi merilnik pretoka DN 80 za njim pa elektromotorno loputo DN 100. Povezavo z vodovodnim omrežjem se izvede izven vodohrana, na prehodih skozi stene vodohrana so vgrajeni FF kosi.

3.4.2.6.4 Tlačni preizkus in dezinfekcija vgrajenih elementov

Po montaži cevovodov in vodovodnih armatur se opravi tlačni preizkus vgrajenih elementov na 6 bar – ov.

Po vgradnji fazonskih kosov v vodno celico se opravi preizkus vodotesnosti vodne celice. Pri tem mora biti celotna AB konstrukcija odkrita, brez zasipa, hidroizolacije in zaščitnega tesnilnega premaza.

Po tlačnem preizkusu se izvede dezinfekcija in izpiranje rezervoarja in vgrajenih elementov. Dezinfekcijo se opravi pod nadzorom Zavoda za zdravstveno varstvo Novo mesto, ki izda potrdilo o klornem šoku.

3.4.2.7 Elektroenergetski priključek in elektro inštalacije

Objekt se priključi na nizko napetostno omrežje po navodilih distributerja. Elektroomarico tip MPO z meritvijo porabljene električne energije se postavi na betonski podstavek ob objektu, skladno z navodili distributerja.

Okoli objekta in ob elektroenergetskemu kablu se položi Fe – Zn valjanec za ozemljitev. V objektu se poleg inštalacije za napajanje merilne opreme montira tudi razsvetljavo in vtičnice za pogon električnega orodja.

3.4.3 Cevovodi in armatura

Skupna dolžina vseh novih cevovodov zanaša: $891,5 \text{ m} + 1570,1 \text{ m} + 958,5 \text{ m} + 244 \text{ m} + 122,7 \text{ m} + 256,5 \text{ m} + 172,3 \text{ m} + 252,2 \text{ m} + 249 \text{ m} + 257,9 \text{ m} + 347,2 \text{ m} = 5321,9 \text{ m}$. Od tega je 3420,1 m primarnih vodov in 1901,8 m sekundarnih vodov.

Vodovodni odseki so:

- primarni cevovod NL DN 80 od zaselka Hrib, navezava na vodovod Hrušica, do novega vodohrana Bednje (H12 – D10), dolžine 891,5 m,
- primarni cevovod NL DN 100 od vodohrana Bednje do naselja Križe (K1 – K22), dolžine 1570,1 m,
- primarni cevovod NL DN 100 od vodohrana Križe do naselja Veliki Slatnik (S1 – S10), dolžine 958,5 m,
- sekundarni cevovod NL DN 100 od točke K4 do točke A3 v dolžini 244 m, od točke K5 do točke B2 v dolžini 122,7 m, od točke K7 do točke C2 v dolžini 256,5 m, od točke K10 do točke E2 v dolžini 172,3 m, od točke K13 do točke F3 v dolžini 252,2 m, od točke K15 do točke G4 v dolžini 249 m, od točke S6 do točke J3 v dolžini 257,9 m ter od točke K22 do točke L3 v dolžini 347,2 m.

Cevovodi so iz nodularne litine z elastičnim spojem na mufo in gumijastim tesnilom, premera DN 100 in DN 80 mm.

Na cevovodih so vgrajeni protipožarni hidranti, zračniki, podzemni hidranti, ki so tudi v funkciji blatnikov, in sektorski zasuni. Vse našteje armature ter fazonski kosi so iz nodularne litine, tlačnega razreda PN 16.

3.4.3.1 Polaganje cevovoda

Cevovode se polaga v jarek pod cono zmrzovanja, kar pomeni, da mora biti teme cevi minimalno 1,2 m pod koto terena. Jarek je spodnje širine 60 cm, oziroma na odsekih kjer v istem jarku poteka tako primarni kot tudi sekundarni vod, širine 80 cm. Glej *Prilogo H*.

Cevovod mora biti položen na posteljico debeline 10 cm iz sipkega materiala od izkopa oziroma v vozišču iz peska 0 – 16 mm. Posteljica mora biti izdelana po projektirani niveleti. Osnovni zasip v debelini 30 cm nad temenom cevi se izvede s sipkim materialom od izkopa oziroma v vozišču iz peska 0 – 16 mm. Vsi spoji morajo ostati nezasuti. Ostal zasip se izvede po uspešnem tlačnem preizkusu in geodetskem posnetku in sicer v cesti po pogojih iz soglasja upravljavca cest, drugje pa z materialom od izkopa, ki se mu odstrani kamne večje od premera 20 cm. Elektroenergetski kabel mora biti položen na posteljico in zasuti z osnovnim zasipom iz peska granulacije 0 – 8 mm.

3.4.3.2 Tlačni preizkus, dezinfekcija ter geodetski posnetek cevovoda

Po montaži se cevovod zasipa z osnovnim zasipom, tako da ostanejo spoji odkriti. Nato se cevovod napolni z vodo in odzrači. Po 24 urah, ko se cementna obloga v cevi dodobra napoji z vodo se izvede tlačni preizkus na tlak 20 bar. Preizkus traja 1 uro. Pri preizkusu je potrebno upoštevati navodila proizvajalca cevi ter navodila nadzornega organa investitorja. Tlačni preizkus je uspešen, če izguba tlaka v 1 uri ne presega 0,2 bara. O tlačnem preizkusu se na koncu naredi zapisnik.

Po končani gradnji oziroma pred samim začetkom obratovanja cevovoda je potrebno opraviti klorni šok oziroma dezinfekcijo cevovoda. Klorni šok opravi območni Zavod za zdravstveno varstvo, ki o tem izda tudi ustrezen atest.

Po uspešno opravljenem tlačnem preizkusu in pred dokončnim zasutjem cevovoda je potrebno narediti še geodetski posnetek cevovoda.

Tako gradbena, kot tudi montažna dela bodo zaradi dokaj razgibanega terena relativno zahtevna, zaradi velikosti samega vodovodnega sistema pa tudi razmeroma draga, predvsem glede na število oskrbljenih prebivalcev. Popis vseh gradbenih in montažnih del, skupaj s predračunom, je prikazan v *Prilogi I*. Montažne sheme so prikazane v *Prilogi J*.

4 HIDRAVLIČNI IZRAČUN OMREŽJA

4.1 Splošno

Hidravlični izračun omrežja je izdelan s pomočjo programa Epanet 2.0. Hidravlični izračun je narejen za izbrano varianto sanacije, poglavje 2.5.5.3, vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe, pri kateri je predvidena kompletna zamenjava obstoječega vaškega vodovoda z novim vodovodom, katerega se naveže na javni vodovod Hrušica v zaselku Hrib. Podatki, na podlagi katerih je narejen hidravlični izračun, so pridobljeni iz različnih virov (lastne terenske raziskave, literatura, obstoječi podatki Komunale Novo mesto). V hidravličnem izračunu je dimenzioniran tudi novi rezervoar Bednje ter potrebni premeri cevi.

4.2 Bilanca porabe vode

4.2.1 Porabniki vode danes

Na obstoječe vodovodno omrežje je trenutno priključenih 67 priključkov z 207 prebivalci, iz obeh naselij (leta 1979 je bilo 40 gospodinjstev s 130 prebivalci) ter nekaj vikendašev. (Vir: Popis prebivalstva 2002)

Po izvedbi izbrane variante sanacije se bo lahko na novo vodovodno omrežje priključilo tudi dodatnih 125 objektov, kateri se sedaj oskrbujejo s pomočjo kapnice, kar pomeni novih 125 priključkov. Od teh ima kar 110 novih priključkov status vikenda, le 15 pa status stanovanjske hiše. Zaradi tega računamo le po 2 prebivalca na novi priključek.

Na tem območju tudi ni in ni predvidenega novega večjega porabnika pitne vode, kot je na primer industrija ali turizem, ki bi ga bilo potrebno v analizi porabe vode posebej upoštevati. Število priključkov in oseb, ki se bodo lahko priključili na novo vodovodno omrežje, takoj po sanaciji, je predstavljeno v *Preglednici 7*.

Preglednica 7: Število priključkov in oseb priključenih na novo vodovodno omrežje

Porabniki	Priključkov	Oseb
Veliki Slatnik, Križe	67	207
Novi priključki	125	250
SKUPAJ	192	457

4.2.2 Porabniki vode v prihodnosti

Glede na podatke med leti 1979 in 2002, lahko ugotovimo, da je število prebivalstva, na tem območju, med podanimi leti, naraščalo z 2% letno prirastjo. Ker je naše območje izrazito podeželje, na njem običajno ne bi pričakovali take prirasti prebivalstva. Razmeroma visoka letna prirast prebivalstva je gotovo posledica neposredne bližine Novega mesta, kar je povzročilo, da se ljudje iz tega območja niso odseljevali. Glede na preteklo prirast prebivalstva, lahko predvidimo rahlo umiritev letnega prirasta prebivalstva, tako da v naslednjih izračunih upoštevamo le 1% letno prirast prebivalstva.

Število prebivalcev čez n let se računa po naslednji enačbi za izračun rasti števila prebivalstva:

$$P_n = P_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

P_n ... število prebivalcev čez n let,

P_0 ... današnje število prebivalcev,

p ... naravni prirastek v %

n ... število let

Za naš primer prikazuje število prebivalcev, ob 1% letni prirasti, čez 20 let, *Enačba 1*:

$$P_n = P_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = 457 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{20} = 557 \text{ prebivalcev} \quad \dots \text{Enačba (1)}$$

4.2.3 Poraba vode

4.2.3.1 Norma porabe

Norma porabe pomeni porabo vode na prebivalca na dan. Norma porabe se močno razlikuje na različnih področjih. Praviloma je norma porabe večja na bolj razvitih mestnih območjih in manjša na manj razvitih ruralnih območjih. V našem primeru je trenutna norma potrošnje (n_p) 120 litrov na osebo na dan.

V *Preglednici 8* je prikazana norma porabe, za območja podobna našim, kakor jo navajajo različni viri.

Preglednica 8: Norma potrošnje po različnih virih

Vir	Norma porabe [l/(os*dan)]
Kolar, Ljubljana 1983	80 – 100
Tehničar, Beograd 1989	150 – 170
Kompare, Ljubljana 1999/2000	100 – 200
Mutschmann, Stimmelmayer, Beograd 1999	50 - 90

Glede na zgornje podatke je bila izbrana norma potrošnje 150 litrov na osebo na dan za hišne priključke ter 75 litrov na osebo na dan za vikende (cca 1/2 porabe hišnega priključka).

4.2.3.2 Skupna poraba vode

Glede na število prebivalcev v hišah, število vikendov ter normo porabe, lahko izračunamo skupno porabo vode čez 20 let, in sicer po naslednji enačbi:

$$Q_{20} = Q_h + Q_v = N_h \cdot n_{p,h} + N_v \cdot n_{p,v}$$

- Q_{20} ... skupna poraba vode čez 20 let
- Q_h ... poraba hišnih priključkov
- Q_v ... poraba vikend priključkov
- N_h ... število oseb – hiše

- N_v ... število oseb – vikendi
 $n_{p,h}$... norma porabe - hiše
 $n_{p,v}$... norma porabe - vikendi

Skupno porabo vode, v našem primeru, izračunamo po *Enačbi 2*:

$$Q_{20} = Q_h + Q_v = N_h \cdot n_{p,h} + N_v \cdot n_{p,v} = 251 \cdot 150 + 306 \cdot 75 = 60600 \text{ l/dan}$$

... **Enačba (2)**

4.2.3.3 Izgube vode v omrežju

Za izgradnjo novega vodovoda so predvideni kakovostni materiali ter predpisani obvezni preizkusi vodotesnosti. Kljub temu pa lahko tudi na takih vodovodih prihaja do izgub, in sicer od 10 – 15%. Za naš vodovod upoštevamo 10% izgube (p).

Porabo vode čez 20 let skupaj z izgubami izračunamo po *Enačbi 3*:

$$Q_{20 + izg} = \frac{Q_{20}}{\left(1 - \frac{p}{100}\right)} = \frac{60,6}{\left(1 - \frac{10}{100}\right)} = 67,3 \text{ m}^3/\text{dan}$$

... **Enačba (3)**

4.2.3.4 Nihanje porabe vode med letom

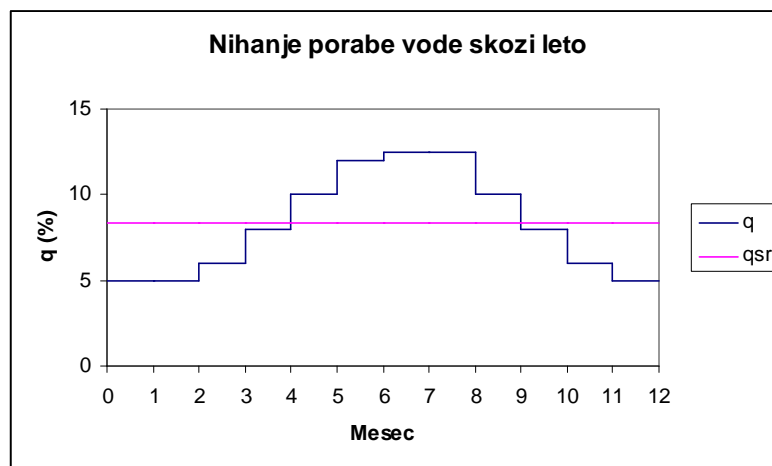
Poraba vode se tekom leta spreminja, glej *Preglednico 9* in *Grafikon 1*. Pozimi je manjša, poleti pa večja. Porabniku je potrebno zagotoviti ustrezne količine vode tudi tisti dan, ko je poraba največja – t.i. kritični dan. Nihanje porabe vode med letom upoštevamo s koeficientom nihanja porabe vode med letom (a), kateri predstavlja razmerje med porabo vode kritičnega dne in porabo vode povprečnega dne. Pri večini vodovodov, lahko upoštevamo, da je koeficient nihanja porabe vode med letom $a = 1,5$ (Gradbeniški priročnik, 1998)

Preglednica 9 in *Grafikon 1* nam prikazujeta nihanje porabe vode na vasi, koeficient nihanja porabe vode med letom, za vas, $a = 1,5$. (Mutschmann in Stimmelmayer, 1988)

Preglednica 9: Nihanje porabe vode med letom na vasi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ	Pov.
q_{vas} (%)	5	5	6	8	10	12	12,5	12,5	10	8	6	5	100	8,3

Grafikon 1: Nihanje porabe vode med letom na vasi



4.2.3.5 Nihanje porabe vode tekom dneva

Neenakomerno porabo vode preko dneva za podeželje nam prikazujejo *Preglednica 10*, *Grafikon 2* ter *Grafikon 3* (Mutschmann in Stimmelmayer, 1988). Poraba je največja med 6. in 7. uro, najmanjša pa med 1. in 5. uro.

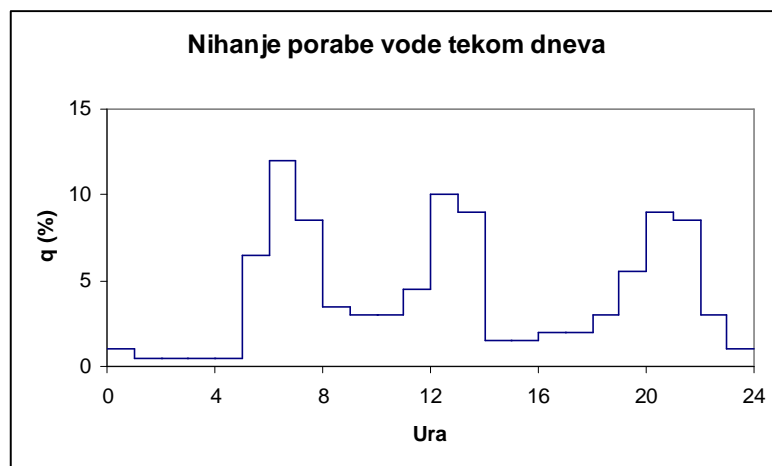
Preglednica 10: Nihanje porabe vode tekom dneva za podeželje

	Dotok	Poraba	Razlika	Σ Dotok	Σ Poraba	Σ Razlika
Ura	% Vd	% Vd	% Vd	% Vd	% Vd	% Vd
00-01	4,167	1	3,167	4,167	1	3,167
01-02	4,167	0,5	3,667	8,334	1,5	6,834
02-03	4,167	0,5	3,667	12,501	2	10,501
03-04	4,167	0,5	3,667	16,668	2,5	14,168
04-05	4,167	0,5	3,667	20,835	3	17,835
05-06	4,167	6,5	-2,333	25,002	9,5	15,502
06-07	4,167	12	-7,833	29,169	21,5	7,669
07-08	4,167	8,5	-4,333	33,336	30	3,336

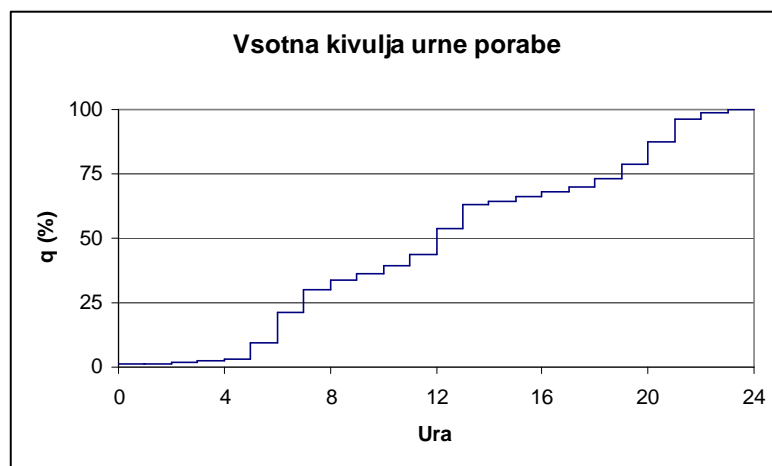
» Se nadaljuje ... «

» ... nadaljevanje «						
08-09	4,167	3,5	0,667	37,503	33,5	4,003
09-10	4,167	3	1,167	41,670	36,5	5,170
10-11	4,167	3	1,167	45,837	39,5	6,337
11-12	4,167	4,5	-0,333	50,004	44	6,004
12-13	4,167	10	-5,833	54,171	54	0,171
13-14	4,167	9	-4,833	58,338	63	-4,662
14-15	4,167	1,5	2,667	62,505	64,5	-1,995
15-16	4,167	1,5	2,667	66,672	66	0,672
16-17	4,167	2	2,167	70,839	68	2,839
17-18	4,167	2	2,167	75,006	70	5,006
18-19	4,167	3	1,167	79,173	73	6,173
19-20	4,167	5,5	-1,333	83,340	78,5	4,840
20-21	4,167	9	-4,833	87,507	87,5	0,007
21-22	4,167	8,5	-4,333	91,674	96	-4,326
22-23	4,167	3	1,167	95,841	99	-3,159
23-24	4,167	1	3,167	100,008	100	0,008

Grafikon 2: Nihanje porabe vode tekom dneva



Grafikon 3: Nihanje porabe vode tekom dneva – vsotna krivulja



Srednja dnevna potrošnja: $q_{sr} = \frac{100\%}{24} = 4,176\%$

Maksimalna potrošnja: $b_{max} = \frac{q_{max}}{q_{sr}} = \frac{12\%}{4,167\%} = 2,88$

Minimalna potrošnja: $b_{min} = \frac{q_{min}}{q_{sr}} = \frac{0,5\%}{4,167\%} = 0,12$

4.2.3.6 Izračun porabe vode

$Q_{20+izg} = 67.300$ l/dan oz. 0,78 l/s ... skupna dnevna potrošnja na obravnavanem območju čez 20 let z upoštevanimi izgubami

$a = 1,5$... koeficient neenakomerne porabe

$Q_{sr} = Q_{20+izg} \times a = 0,78 \times 1,5 = 1,17$ l/s ... srednja dnevna potrošnja

$Q_{max} = Q_{sr} \times 2,88 = 3,37$ l/s ... maksimalna dnevna potrošnja

$Q_{min} = Q_{sr} \times 0,12 = 0,14$ l/s ... minimalna dnevna potrošnja

$Q_{pož} = 10$ l/s 2 uri ... požarna voda

$Q_{kri} = Q_{max} + Q_{pož} = 13,37$ l/s 2 uri ... kritična potrošnja

4.3 Dimenzioniranje novega vodohrana Bednje

$$V_{vh} = Q_p + Q_f + Q_o = 72 + 22,74 + 10,11 = 104,85 \text{ m}^3 \quad \dots \text{ volumn vodohrana}$$

$$Q_p = q_p \times 2 \times 3.6 = 10 \times 2 \times 3.6 = 72 \text{ m}^3 \quad \dots \text{ požarna rezerva}$$

$$Q_f = (\Sigma \text{Razlika}_{\max} - \Sigma \text{Razlika}_{\min}) \times Q_{sr} \\ = (17,835\% + 4,669\%) \times 98,5 \text{ m}^3/\text{dan} = 22,74 \text{ m}^3/\text{dan} \quad \dots \text{ nihanje potrošnje}$$

$$Q_o = k \times Q_{sr} = 0,10 \times 101,1 = 10,11 \text{ m}^3 \quad \dots \text{ rezerva v primeru okvare (10\%)}$$

Izberem tipski vodohran prostornine 100 m^3 .

4.4 Dimenzioniranje cevododa

Potreben premer cevododa je dimenzioniran na podlagi Q_{kr} ter na podlagi hitrosti toka vode v cevododu. Optimalna hitrost toka vode v cevododu, za $Q_{\text{merodajni}} < 30 \text{ l/s}$, znaša med $0,7$ in $1,1 \text{ m/s}$. (Vir: Kompare B., Vodovod vaje, 2001/2002)

Potreben premer našega cevododa je izračunan z Enačbo 4:

$$Q_{kr} = v \cdot S = v \cdot \frac{\pi \cdot \Phi^2}{4} \Rightarrow \Phi = \sqrt{\frac{Q_{kr} \cdot 4}{v \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{13,37 \cdot 10^{-3} \cdot 4}{1,1 \cdot \pi}} = 0,124 \text{ m} = 124 \text{ mm}$$

... Enačba 4

$$Q_{kr} = 13,37 \text{ l/s} \quad \dots \text{ kritični pretok}$$

$$v = 1,1 \text{ m/s} \quad \dots \text{ hitrost toka vode v cevododu, izberem glede na } Q_{kr}$$

$$S \quad \dots \text{ prerez cevi}$$

$$\Phi \quad \dots \text{ premer cevi}$$

Iz izračuna lahko vidimo, da potrebujemo, za zagotovitev kritičnega pretoka, cevi premera 124 mm . Vendar pa glede na to, da predstavljajo večino oskrbovanih objektov vikendi, da je

področje oskrbe sorazmerno malo požarno ogroženo ter po nasvetu Komunale Novo mesto, izberemo za vse cevovode cevi iz nodularne litine premera 100 mm (NL DN 100).

4.5 Armatura

Na cevovodih so projektirani požarni hidranti, zračniki, blatniki in sektorski zasuni. V najnižjih točkah cevovoda, kjer cevovod poteka skozi naselje, so v funkciji blatnih izpustov montirani podzemni hidranti. V najvišjih točkah cevovoda pa so montirani avtomatski zračniki podzemne izvedbe, HAWLE tip 922 S, ki za vgradnjo ne potrebujejo jaškov.

Požarni hidranti, ki so postavljeni na medsebojni oddaljenosti od 80 – 120 m, so nadzemne izvedbe. Podzemni hidranti so montirani v najnižjih točkah vodovoda, kjer so v funkciji blatnih izpustov, ter tam, kjer bi nadzemni ovirali promet.

4.6 Omrežje

4.6.1 Splošno

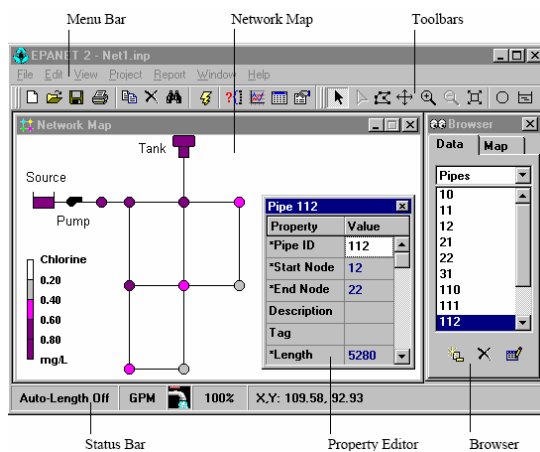
Hidravlični izračun obravnavanega vodovodnega omrežja je narejen s programom EPANET. V nadaljevanju je na kratko opisan sam program, vnos podatkov ter oblika rezultatov. Nato je narejen še izračun našega omrežja.

4.6.2 Epanet

4.6.2.1 Splošno

Računalniški program Epanet je program, ki simulira hidravliko in kvaliteto vode v vodovodnem omrežju, skozi daljše časovno obdobje. Vodovodno omrežje je sestavljeno iz cevi, vozlišč, črpalk, ventilov, rezervoarjev in izvirov. Epanet računa pretok vode v ceveh, tlak v vozliščih, višino vode v rezervoarjih in koncentracije različnih snovi v vodovodnem omrežju skozi simulirano obdobje.

V Epanet je potrebno najprej vnesti vhodne podatke, preko grafičnega vmesnika ali tekstovnih datotek, nato se simulira hidravliko ter kvaliteto vode, nakar nam program poda rezultate v obliki tabel, grafikonov ali barvnih map. Na *Sliki 13* je prikazano delavno okolje programa Epanet.



Slika 13: Delovno okolje programa Epanet (Vir: EPA, 2000)

4.6.2.2 Vnos podatkov

Kot je bilo omenjeno že v uvodu, je možen vnos podatkov, za vodovodni sistem, preko grafičnih vmesnikov za vsak element posebej ali pa preko tekstovne datoteke.

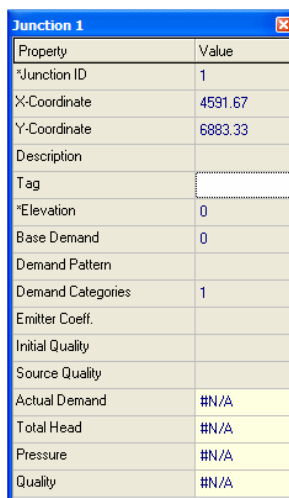
Pred samim vnosom podatkov o vodovodnem sistemu v program, je potrebno vodooskrbni sistem zmodelirati. Narišemo vozlišča, cevi, rezervoarje, zajetja, črpalke, ventile in vse ostale elemente vodovodnega omrežja. Preveriti je potrebno tudi obstoječe nastavitve programa ter jih po potrebi spremeniti. S tem je mišljeno, da nastavimo ustrezen merski sistem (enote), izberemo metodo računa linijskih izgub (Darcy – Weisbach, Hazen – Williams, Manning) ter določimo potrebno natančnost računanja (število iteracij).

Ko imamo program nastavljen začnemo vnašati podatke za vsak element posebej. Pri vnosu podatkov se moramo zavedati, da so nekateri podatki nujni, drugi pa so namenjeni le boljši preglednosti oziroma boljšemu določevanju nekaterih elementov. Kateri podatki so nujni za določen element nam prikazuje *Preglednica 11*.

Preglednica 11: Potrebni vhodni podatki za posamezne elemente vodovodnega sistema

Element	Potrebni podatki
Vozlišče	<ul style="list-style-type: none"> - oznaka vozlišča - nadmorska višina - poraba v vozlišču
Cev	<ul style="list-style-type: none"> - oznaka cevi - premer cevi - koeficient hrapavosti
Rezervoar	<ul style="list-style-type: none"> - nadmorska višina dna rezervoarja - premer rezervoarja - začetna višina vode v rezervoarju - maksimalna višina vode v rezervoarju - minimalna višina vode v rezervoarju - oznaka rezervoarja
Črpalka	<ul style="list-style-type: none"> - oznaka - moč črpalke (krivulja črpalke)
Zajetje	<ul style="list-style-type: none"> - oznaka - skupna višina (nadmorska + tlak)
Ventil	<ul style="list-style-type: none"> - PRV (razbremenilnik tlaka) - PSV (vzdrževalnik tlaka) - PBV (zmanjšanje tlaka za nek tlak) - FCV (vzdržuje pretok) - TCV (simulira delno odprt ventil) - GPV (za mod. spec. elementov)

Izgled grafičnega vmesnika za vnos podatkov nam prikazuje Slika 14.



Slika 14: Grafični vmesnik za vnos podatkov za primer vozlišča

4.6.2.3 Prikaz rezultatov

Rezultate izračuna, programa Epanet, je mogoče prikazati na več načinov. Izbira načina prikaza je odvisna predvsem od rezultata, ki ga želimo videti. Izberemo način, ki nam bo najnazorneje prikazal rezultat. Prikaz je možen s pomočjo grafikonov, preglednic ali v situaciji vodovodnega omrežja.

S pomočjo grafikonov lahko dobro predstavimo določene rezultate analiz (npr. tlake v cevovodu) ali pa določene vnesene podatke (npr. vzdolžni prerez cevovoda).

Prav tako lahko prestavimo rezultate analiz in vnesene parametre tudi s pomočjo preglednic. Ta predstavitev je mogoče za določene parametre manj pregledna, so pa podatki zbrani v tabeli ustreznejši za nadaljnjo obdelavo.

Zadnji možni način je prikaz rezultatov v situaciji, kjer je možen zelo lep pregled izbranega parametra, po celotnem omrežju, saj se vrednosti izbranih parametrov tudi obarvajo. Poleg tega je v situaciji možen tudi izpis izbranih faktorjev ob posameznem elementu, možna pa je tudi animacija spreminjanja podatkov skozi določeno časovno obdobje.

4.6.3 Modeliranje našega vodovodnega sistema

4.6.3.1 Splošno

V naše vodovodno omrežje so vključeni naslednji elementi:

- trije rezervoarji,
- cevovod ter
- razbremenilnik tlaka, katerega smo namestili naknadno, po prvi simulaciji.

Vsi elementi so bili vneseni v program, tako da je lahko bila izvedena pravilna analiza delovanja sistema.

Pred samim vnosom podatkov so bili definirani osnovni parametri programa. Izbrane so bile SI enote, račun linijskih izgub po Chezy – Manningu ter osnovna enota za pretok (l/s). Za izračun hidravlike omrežja je izbran stacionarni model.

S pomočjo grafičnega vmesnika so bile vnesene koordinate točk, ki predstavljajo vozlišča ter začetek oziroma konec cevi. X in Y koordinati sta bili odčitani iz situacije, s pomočjo programa AutoCad, nadmorska višina pa je bila odčitana iz izohips. Te točke so bile nato med seboj povezane z orodjem, ki omogoča vnos cevi. Podatek o dolžini cevi ni bil vnesen, temveč je bila vključena funkcija Auto – Length On, katera omogoča, da program sam določa dolžine cevi na osnovi koordinat vozlišč.

Nato so bili vneseni in definirani še podatki za rezervoarje. Določene so bile koordinate, nadmorska višina dna posameznega rezervoarja, premeri ter maksimalne in minimalne višine vode v posameznemu rezervoarju. Določena je bila tudi začetna višina vode v posameznemu rezervoarju.

Razbremenilnik tlaka je bil vnesen po prvi simulaciji, potem, ko je bila določena točka, kjer mora biti pozicioniran. V *Prilogi K* je prikazan načrt reducirnega jaška.

4.6.3.2 Vnos podatkov

V *Preglednicah 12 – 15* so predstavljeni podatki, ki so bili vneseni v program Epanet.

Preglednica 12: Podatki za vozlišča ter rezultati simulacij

Oznaka	X – koor.	Y – koor.	Višina	Tlak pri Q_{min} brez RV	Tlak pri Q_{min}	Tlak pri Q_{max}	Tlak pri Q_{kri} Veliki Slatnik	Tlak pri Q_{kri} Križe
H2	519996,1400	71298,7200	336.1	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50
H3	519590,6000	71313,1500	305.6	35,98	35,98	35,98	35,98	35,98
H4	519454,5200	71150,1500	290.1	51,47	51,47	51,47	51,47	51,47
H5	519262,9900	71032,6800	306.1	35,45	35,45	35,45	35,45	35,45
H6	519117,3600	71050,4900	312.6	28,95	28,95	28,95	28,95	28,95
H7	519178,5000	71390,0200	295.6	45,95	45,95	45,95	45,95	45,95
H8	519102,1600	71523,5000	273.6	67,95	67,95	67,95	67,95	67,95

» se nadaljuje ... «

» ... nadaljevanje «								
H9	518910,0381	71678,3577	223.6	117,95	117,95	117,95	117,95	117,95
H10	518947,1400	71786,2400	252.6	88,95	88,95	88,95	88,95	88,95
H11	518912,9100	71865,1500	267.1	74,45	74,45	74,45	74,45	74,45
H12	519192,8186	71971,4260	285.6	55,95	55,95	55,95	55,95	55,95
D1	519229,8636	72052,1073	283.6	57,95	57,95	57,95	57,95	57,95
D2	519254,4326	72100,5069	288.1	53,45	53,45	53,45	53,45	53,45
D3	519226,1075	72196,4675	271.1	70,45	70,45	70,45	70,45	70,45
D4	519243,7867	72273,1920	263.9	77,65	77,65	77,65	77,65	77,65
D5	519222,2739	72404,1121	273.1	68,45	68,45	68,45	68,45	68,45
D6	519223,2960	72517,7150	279.9	61,65	61,65	61,65	61,65	61,65
D7	519267,7000	72532,3056	278.6	62,95	62,95	62,95	62,95	62,95
D8	519302,1514	72514,5222	273.6	67,95	67,95	67,95	67,95	67,95
D9	519375,9240	72515,8025	270.8	70,75	70,75	70,75	70,75	70,75
D10	519335,7566	72542,5070	308.6	46,55	46,55	46,55	46,55	46,55
K1	519535,6742	72543,0001	308.6	13,00	13,00	12,96	12,96	12,29
K2	519375,8416	72516,2956	270.8	37,20	37,20	36,79	36,79	30,64
K3	519302,1335	72515,0018	273.6	34,40	34,40	33,82	33,82	25,17
K4	519267,6859	72532,8091	278.6	29,40	29,40	28,73	28,73	18,77
K5	519222,7371	72518,1771	279.9	28,10	28,10	27,34	27,34	15,83
K6	519215,1782	72553,1120	282.4	25,60	25,60	24,78	24,78	12,13
K7	519133,3597	72584,6372	272.1	35,90	35,90	34,95	34,95	19,52
K8	519047,3551	72568,6025	261.6	46,40	46,40	45,33	45,33	27,23
K9	519007,3455	72587,1629	256.6	51,40	51,40	50,28	50,28	30,83
K10	518914,0181	72626,1516	263.6	44,40	44,40	43,17	43,17	20,72
K11	518892,5979	72583,3681	261.1	46,90	46,90	45,63	45,63	21,85
K12	518811,9092	72539,1947	257.4	50,60	50,60	49,26	49,26	22,84
K13	518758,6482	72552,1799	253.6	54,40	54,40	53,04	53,04	25,13
K14	518747,6818	72557,3364	253.6	54,40	54,40	53,03	53,03	24,81
K15	518643,1783	72565,9307	259.6	48,40	48,40	47,01	47,01	16,16
K16	518580,3902	72607,6128	252.6	55,40	55,40	53,99	53,99	21,23
K17	518584,9741	72675,8078	248.6	59,40	59,40	57,98	57,98	23,59
K18	518568,5868	72768,6181	253.7	54,30	54,30	52,87	52,87	16,22
K18a	518459,8700	72790,3200	247.9	60,10	60,10	58,65	58,65	19,36
K19	518453,0966	72792,0696	247.9	60,10	20,00	20,00	20,00	19,36
K20	518340,7012	72872,0203	243.6	64,40	24,30	24,30	24,30	20,69
K21	518311,2767	72871,1680	238.6	69,40	29,30	29,30	29,30	25,06
K22	518277,3397	72885,4313	235.6	72,40	32,30	32,30	32,30	27,27
L1	518262,4705	72841,9233	231.9	76,10	36,00	36,00	36,00	30,97
L1a	518098,8396	72840,4369	218.6	89,40	49,30	49,29	49,29	44,27
L2	518056,4825	72835,6681	219.6	88,40	48,30	48,29	48,29	43,27
L3	517965,5978	72821,7400	212.6	95,40	55,30	55,29	55,29	50,26
G1	518637,3649	72554,5061	260.1	47,90	47,90	46,51	46,51	15,66
G2	518588,4417	72535,0018	262.6	45,40	45,40	44,00	44,00	13,16
G3	518508,0273	72473,8115	256.1	51,90	51,90	50,50	50,50	19,66
G4	518521,7838	72397,1289	248.6	59,40	59,40	58,00	58,00	27,16
S1	518587,7117	72535,0698	262.6	3,15	3,15	3,15	3,02	3,15
» se nadaljuje ... «								

» ... nadaljevanje «								
S2	518507,5197	72473,9607	256.1	9,65	9,65	9,63	5,85	9,63
S3	518486,7439	72480,4466	249.1	16,65	16,65	16,63	12,06	16,63
S4	518433,5985	72446,8750	238.6	27,15	27,15	27,12	20,27	27,12
S5	518456,2378	72346,1432	230.6	35,15	35,15	35,10	24,51	35,10
S6	518150,9160	72265,7258	204.6	61,15	61,15	61,08	39,40	61,08
S7	518065,8658	72295,8572	205.9	59,85	59,85	59,77	34,99	59,77
S8	517989,8859	72385,9391	211.6	55,15	55,15	55,06	30,29	55,06
S9	517946,8447	72462,2106	209.9	55,85	55,85	55,76	30,98	55,76
S10	517967,1926	72501,7612	209.6	56,15	56,15	56,06	31,28	56,06
J1	518225,6885	72196,3415	202.9	62,85	62,85	62,77	41,10	62,77
J2	518258,6835	72121,6403	200.1	65,65	65,65	65,57	43,90	65,57
J3	518329,3129	72102,8682	201.6	64,15	64,15	64,07	42,40	64,07
A1	519278,2402	72600,7585	272.6	35,40	35,40	34,73	34,73	24,77
A2	519340,7705	72729,7789	281.6	26,40	26,40	25,73	25,73	15,77
A3	519369,7531	72727,882	282.1	25,90	25,90	25,23	25,23	15,27
B1	519221,7691	72404,0699	273.1	34,90	34,90	34,14	34,14	22,62
B2	519223,7198	72396,2613	272.8	35,20	35,20	34,44	34,44	22,92
C1	519112,1550	72735,0332	255.6	57,40	57,40	56,44	56,44	41,02
C1a	519124,8760	72780,1569	252.6	55,40	55,40	54,44	54,44	39,02
C2	519139,5052	72834,4961	246.6	61,40	61,40	60,44	60,44	45,02
E1	518902,2390	72715,2904	257.6	50,40	50,40	49,16	49,16	26,72
E2	518906,4835	72796,7366	254.6	53,40	53,40	52,16	52,16	29,72
F1	518810,5360	72505,9442	265.1	42,90	42,90	41,56	41,56	15,14
F2	518811,2740	72365,1939	251.6	56,40	56,40	55,06	55,06	28,63
F3	518787,4248	72334,1013	249.1	58,90	58,90	57,56	57,56	31,13

Preglednica 13: Podatki za cevi

Cev	Premer [mm]	Hrapavost
NL DN 125	125	0,012
NL DN 100	100	0,012
NL DN 80	80	0,012

Preglednica 14: Podatki za rezervoarje

Oznaka	Viš. dna	Zač. viš. vode	Min. viš. vode	Maks. viš. vode	Premer
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
VHH	338,6	3	0	3	6,8
VHB	310	3	0	3	6,8
VHK	265	2	0,06	2	5,1

Preglednica 15: Podatki za razbremenilnik tlaka

Oznaka	Zač. toč.	Konč. toč.	Premer [mm]	Vrsta	Nastavitev [m]
RV	K18a	K19	80	PRV	20

4.6.3.3 Prikaz rezultatov

4.6.3.3.1 Splošno

Po uspešnem vnosu vseh potrebnih podatkov in po uspešno opravljenem hidravličnem izračunu, ki ga izvede program, dobimo številne rezultate, kateri so predstavljeni v nadaljevanju, in sicer v obliki Grafikonov, tabel ter v sami vodovodni situaciji.

Vodovodni sistem smo računali za naslednje porabe: Q_{\min} , Q_{\max} ter Q_{krit} . Q_{\max} določa minimalne tlake v omrežju, Q_{\min} določa maksimalne tlake v omrežju in Q_{kri} določa tlake v omrežju v primeru, ko se pojavi požar. Rezultati analiz so predstavljeni v *Preglednici 12*.

4.6.3.3.2 Določitev tlakov v omrežju pri minimalni porabi

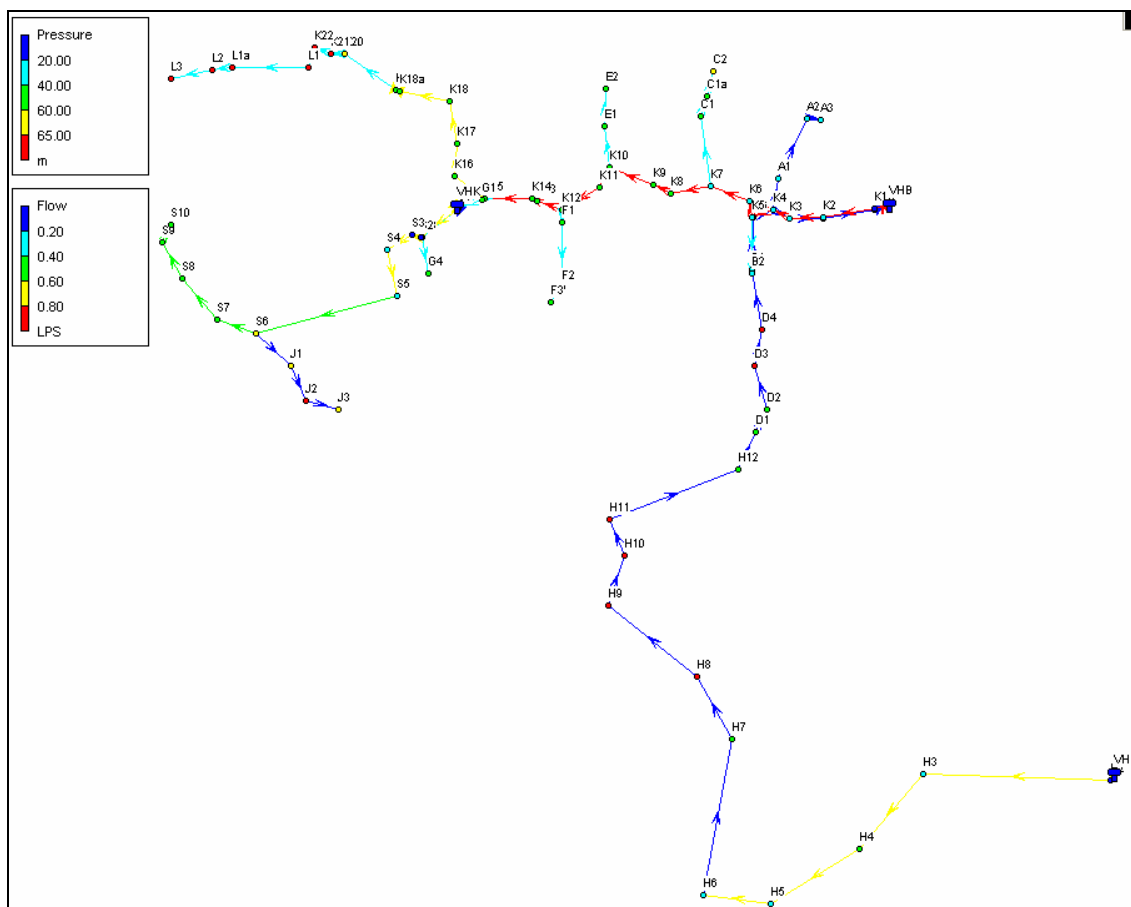
Za določitev maksimalnih tlakov v omrežju smo morali v naš vodovodni model vnesti podatke o minimalni porabi, na podlagi katere se določi maksimalne tlake v omrežju. Situacijo našega vodovodnega sistema nam prikazuje *Slika 15*. Na sliki so označena tudi vozlišča. Nekatere oznake vozlišč se zaradi gostote podatkov, žal prekrivajo.

Slika 15 nam prikazuje tlake v posameznih vozliščih, ter pretoke v posameznih ceveh, pri minimalni dnevni potrošnji Q_{\min} , in sicer v situaciji, ko v sistemu še nimamo nameščenega reducirnega ventila. Višino tlakov v posameznem vozlišču nam prikazuje tudi *Preglednica 12*.

Iz slike oziroma preglednice lahko vidimo, da se od točke K19 dalje v omrežju pojavijo tlaki večji od 6 bar-ov, v točki L3 vse do 10 bar-ov, zato moramo v točki K18a namestiti reducirni ventil. Večji tlaki od 6 bar-ov se pojavijo tudi na sekundarnem cevovodu J, vendar pa tu ne

presežejo tlaka 6,5 bar-a. Zaradi tega se skupnega reduciranja odcepa J ne izvede, temveč se izvede redukcija posameznega hišnega priključka.

Tlaki večji od 6 bar-ov se pojavijo tudi od točke D3 dalje, vendar pa gre v tem primeru za dotočni cevovod v vodohran Bednje, na katerem ne bodo izvedeni hišni priključki, zato le-tega ni potrebno reducirati.

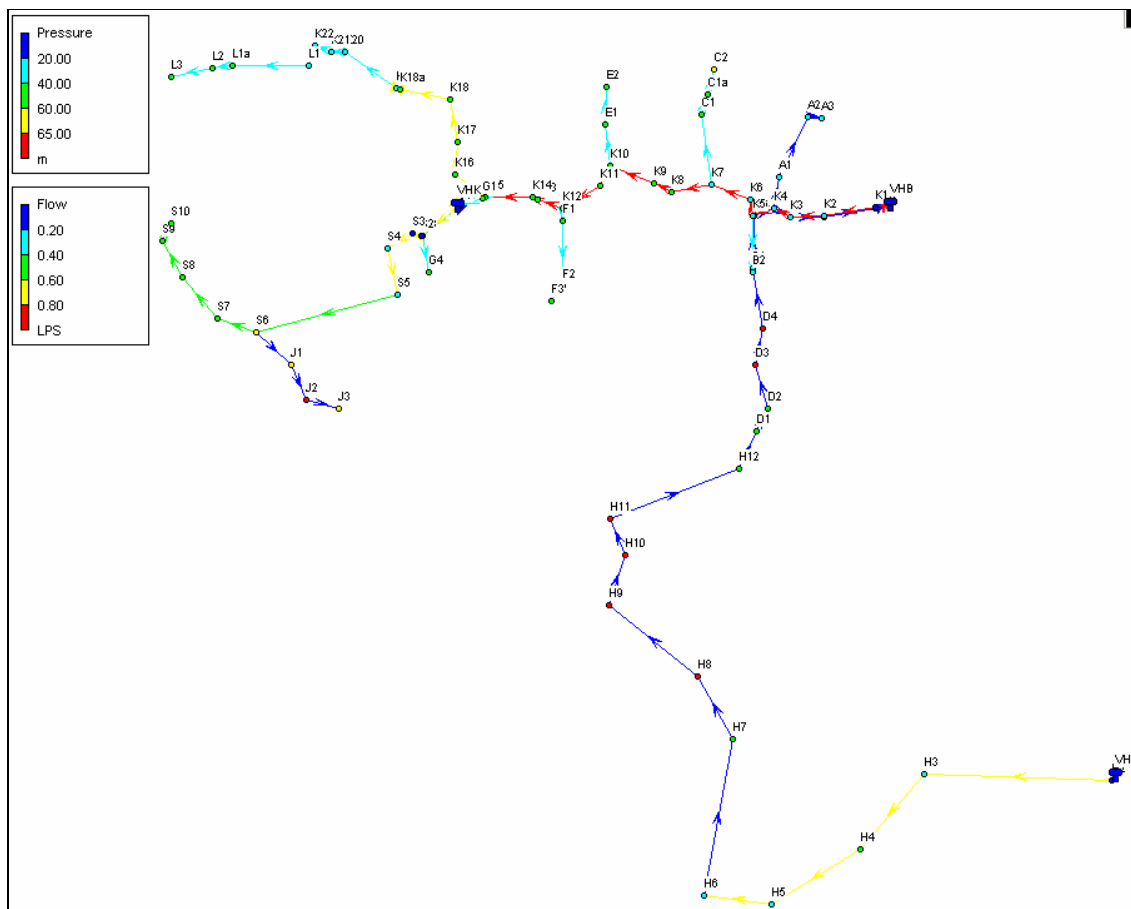


Slika 15: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru, ko še nimamo nameščenega reducirnega ventila

4.6.3.3 Določitev tlakov v omrežju po namestitvi reducirnega ventila

Slika 16 nam prikazuje situacijo modeliranega sistema v katerega smo vključili tudi reducirni ventil. V točko K18a smo vnesli podatke za reducirni ventil oziroma razbremenilnik tlaka, ki

so prikazani v *Preglednici 15*. Iz slike oziroma *preglednice 12* je lepo razvidno, da so po namestitvi reducirnega ventila v točko K18a, od te točke dalje, tlaki v omrežju manjši od 6 bar-ov. Tako se v točki L3 pojavijo tlaki le do 5,5 bar-a. Tudi v tem primeru smo upoštevali minimalno porabo.



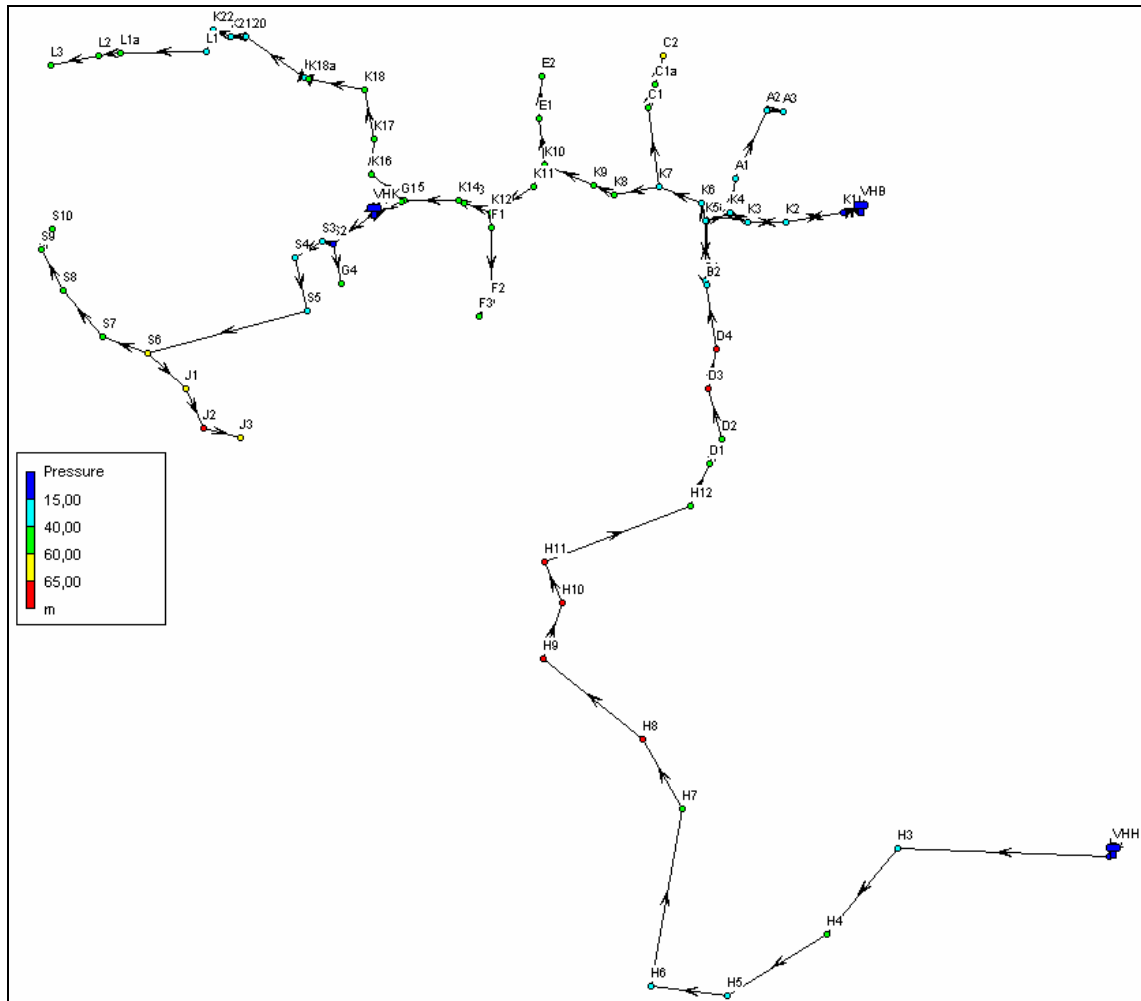
Slika 16: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru, ko namestimo reducirni ventil

4.6.3.3.4 Določitev tlakov v omrežju pri maksimalni porabi

Določevanje tlakov v omrežju pri maksimalni porabi je pomembno predvsem zaradi tega, da ugotovimo, če imamo v primeru maksimalne porabe, v vodovodnem sistemu še zadostne tlake, za nemoteno delovanje sistema.

Slika 17 nam prikazuje tlake v posameznih vozliščih, pri maksimalni dnevni potrošnji Q_{max} . Višino tlakov v posameznem vozlišču nam prikazuje tudi *Preglednica 12*.

Iz slike oziroma tabele lahko vidimo, da imamo tudi v primeru maksimalne potrošnje, v sistemu popolnoma ustrezne tlake.



Slika 17: Situacija vodovodnega sistema s prikazom tlakov v vozliščih, v primeru maksimalne porabe

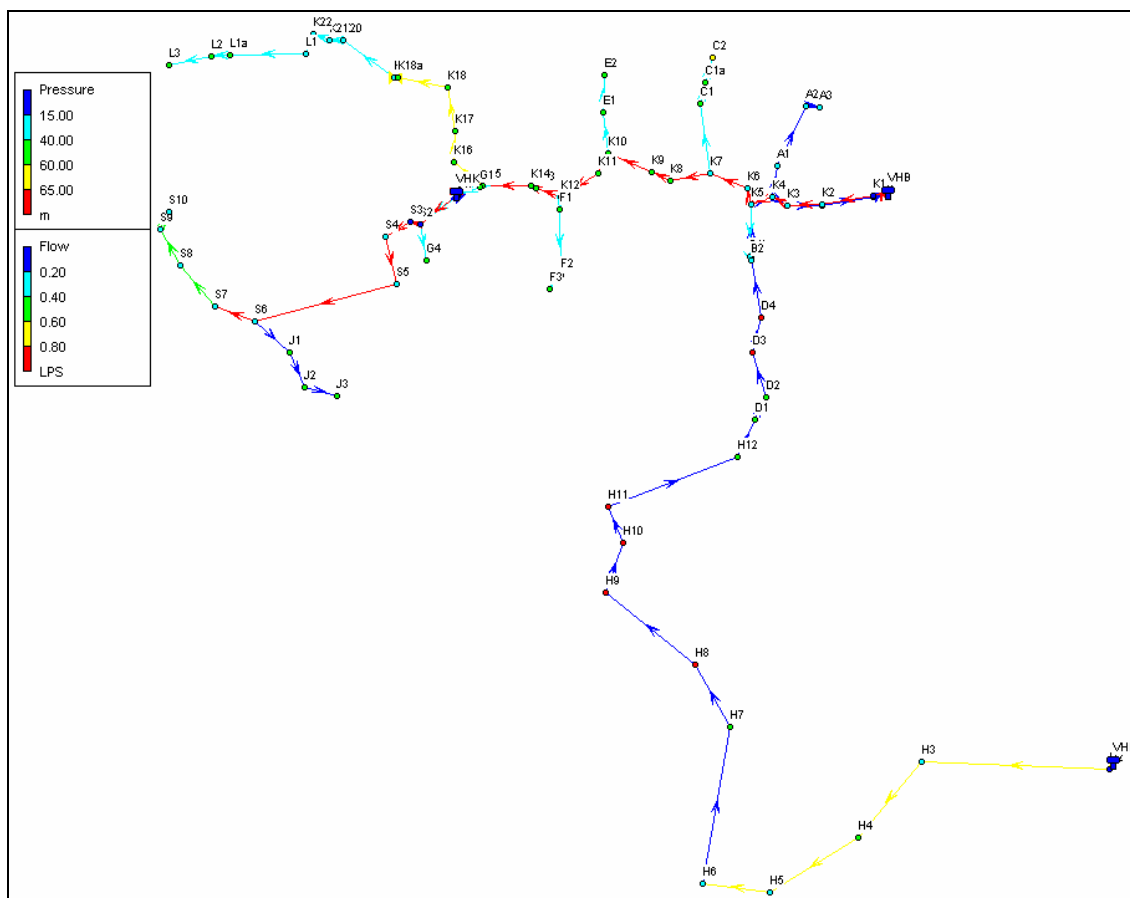
4.6.3.3.5 Analiza sistema v primeru požara oziroma kritične potrošnje

V primeru požara je potrebno zagotavljati velike količine vode z ustreznim tlakom na enem mestu. Zaradi tega potrebujemo ustrezno dimenzioniran vodovodni sistem, ki nam to omogoča. Kot lahko vidimo v poglavju 4.2.3.6, predstavlja v našem primeru poglavitno količino vode prav voda namenjena gašenju požarov.

Glede na Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Ur.l. SFRJ, 30/91) je potrebno, v naseljih z do 5000 prebivalci, zagotavljati 10 l/s požarne vode 2 uri, in sicer za en požar. Pravilnik določa tudi, da mora biti tlak v zunanjem hidrantnem omrežju izračunan v odvisnosti od višine objektov ter drugih pogojev, vendar ne manjši od 2,5 bara.

V našem primeru smo analizirali sistem v primeru požara tako, da smo v sistem vnesli maksimalno dnevno porabo Q_{\max} ter dodali še točkovno porabo 10 l/s, kot simulacijo požara. Požar smo simulirali tako v naselju Veliki Slatnik, kot tudi v naselju Križe.

Pri simulaciji požara v naselju Veliki Slatnik smo v točko S7, kjer se nahaja nadzemni hidrant, vnesli porabo 10 l/s. Po analizi sistema smo ugotovili, da je tlak v točki S7 enak 35 m, kar zadošča zahtevam Pravilnika. Poleg tega smo ugotovili tudi, da ne pride do porušitve ostalega sistema. To pomeni, da se lahko kljub požaru v naselju Veliki Slatnik, ostalim naseljem oziroma uporabnikom, ki so tudi priključeni na obravnavani vodovodni sistem, zagotovi ustrezne količine vode z ustreznim tlakom. Simulacijo požara v naselju Veliki Slatnik nam prikazuje *Slika 18*.

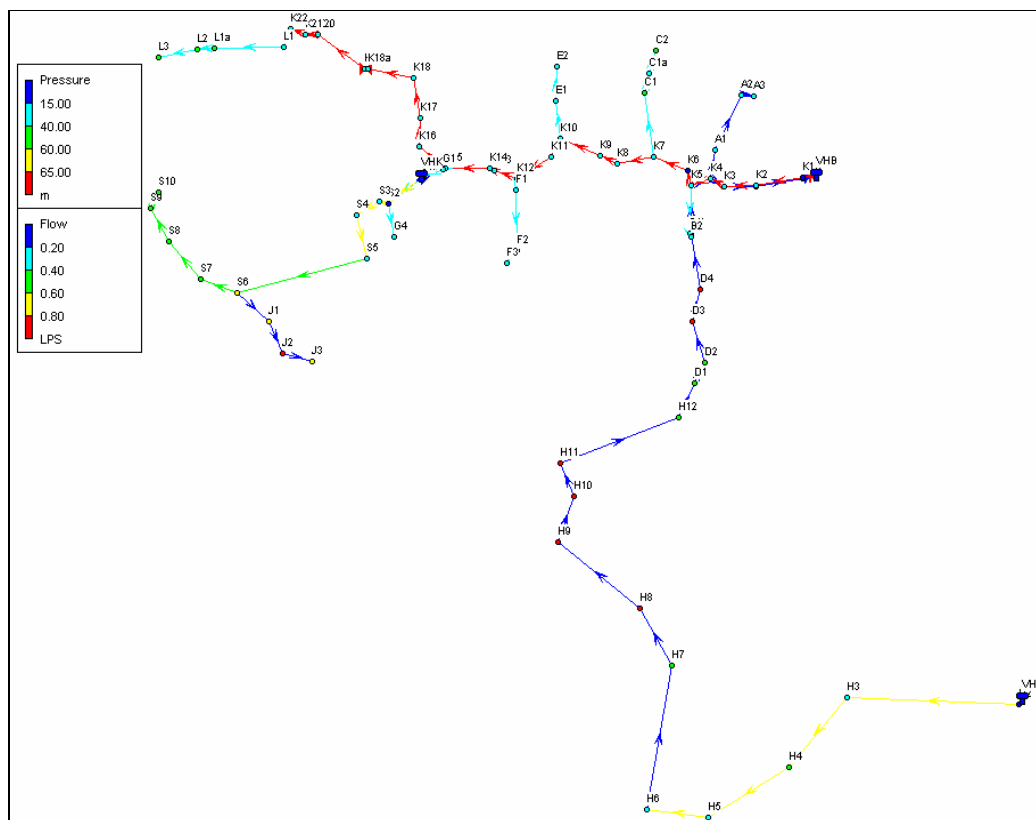


Slika 18: Primer požara v naselju Veliki Slatnik

Podobno, kot smo simulirali požar v naselju Veliki Slatnik, smo simulirali tudi požar v naselju Križe. V točko K22 smo vnesli porabo 10 l/s. Pri analizi rezultatov smo ugotovili, da so bili tlaki v točki K22 visoki le 6,4 m, v točki K18 pa je prišlo celo do podtlaka, kar vsekakor ni v skladu s Pravilnikom.

Pri nadaljnji analizi smo ugotovili, da se lahko zagotovili 10 l/s požarne vode z ustreznimi tlaki le, če se spremeni predvideni premer primarnega voda K iz DN 100 na DN 125 mm, kakor smo tudi izračunali v poglavju 4.4. Vendar pa ta ukrep iz vidika sanitetne vode ne pride v poštev. V poštev ne pride predvsem zaradi tega, ker bi se že tako majhni pretoki še zmanjšali. To pa bi povzročilo povečano usedanje snovi, obenem pa tudi podaljšalo čas zamenjave vode v sistemu.

Nadalje smo ugotovili, da lahko v točki K22 zagotavljamo namesto 10 l/s, 8 l/s požarne vode. Pri tej količini bi bil tlak v točki K22 enak 27,3 m, kar pa že izpolnjuje zahteve pravilnika glede tlakov. Poleg tega pa lahko pri tej količini požarne vode, nemoteno oskrbujemo tudi ostale uporabnike, ki so priključeni na naš sistem. Z manjšo količino požarne vode se lahko zadovoljimo predvsem zaradi dejstva, da na obravnavanem področju predstavljajo velik del pozidave vikendi, kateri pa niso tako požarno ogroženi. Simulacijo požara v naselju Križe, z 8 l/s požarne vode, nam prikazuje *Slika 19*.



Slika 19: Primer požara v naselju Križe

4.6.3.3.6 Izris tlačnih črt

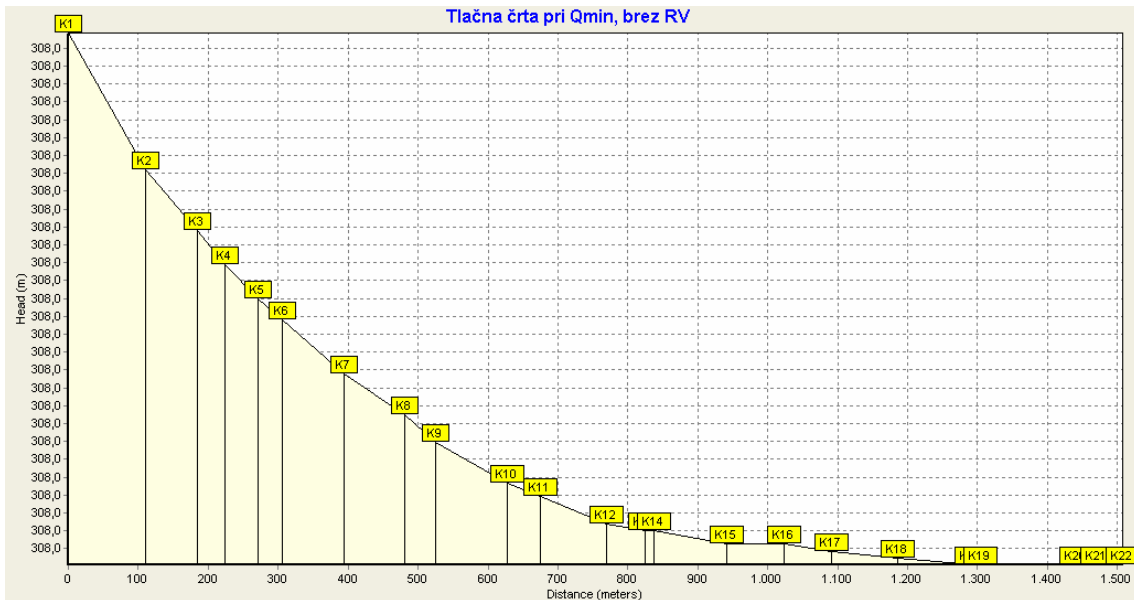
Na *Slikah 20 do 23* so prikazane tlačne črte za odsek K1 do K22.

Slika 20 nam prikazuje tlačno črto, ki se pojavi v primeru minimalne porabe Q_{\min} , ko še nimamo nameščenega reducirnega ventila. Vidimo lahko, da tlake celotnemu odseku zagotavlja vodohran Bednje, ki stoji na koti 305 m n.m..

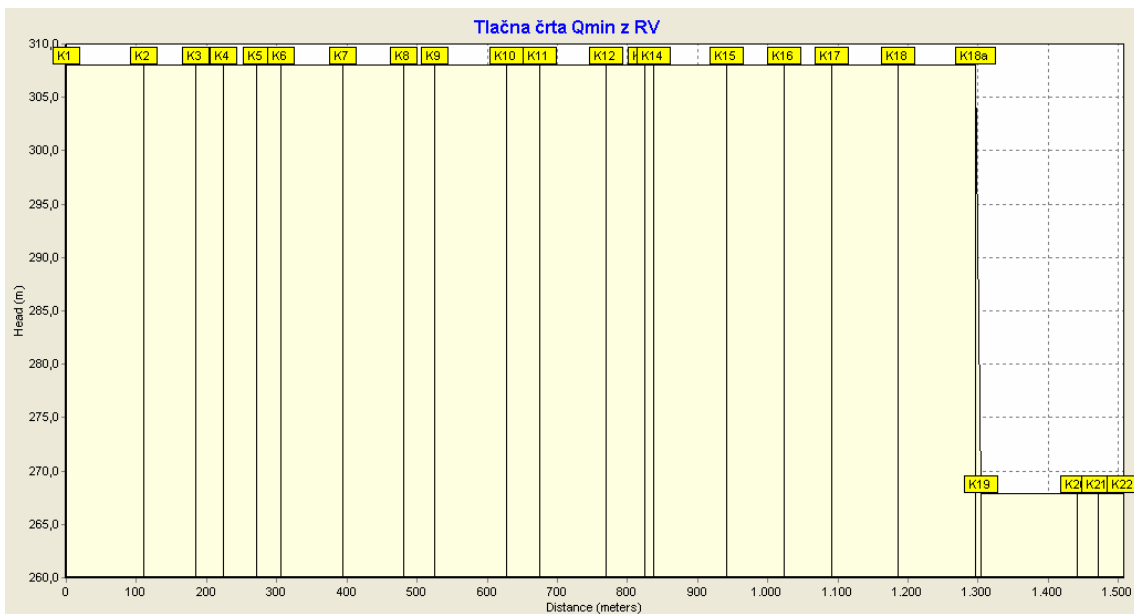
Slika 21 nam prikazuje tlačno črto, ki se pojavi v primeru minimalne porabe Q_{\min} ob delovanju reducirnega ventila. Vidimo lahko, da ustrezne tlake do točke K18a zagotavlja vodohran Bednje, od točke K19 dalje pa reducirni ventil.

Slika 22 nam prikazuje tlačno črto, ki se pojavi v primeru maksimalne porabe Q_{\max} ob delovanju reducirnega ventila. Podobno kot na prejšnji sliki lahko tudi tukaj vidimo, da ustrezne tlake do točke K18a zagotavlja vodohran Bednje, od točke K19 dalje pa reducirni ventil. Razlika je le ta, da so tu tlaki nekoliko nižji.

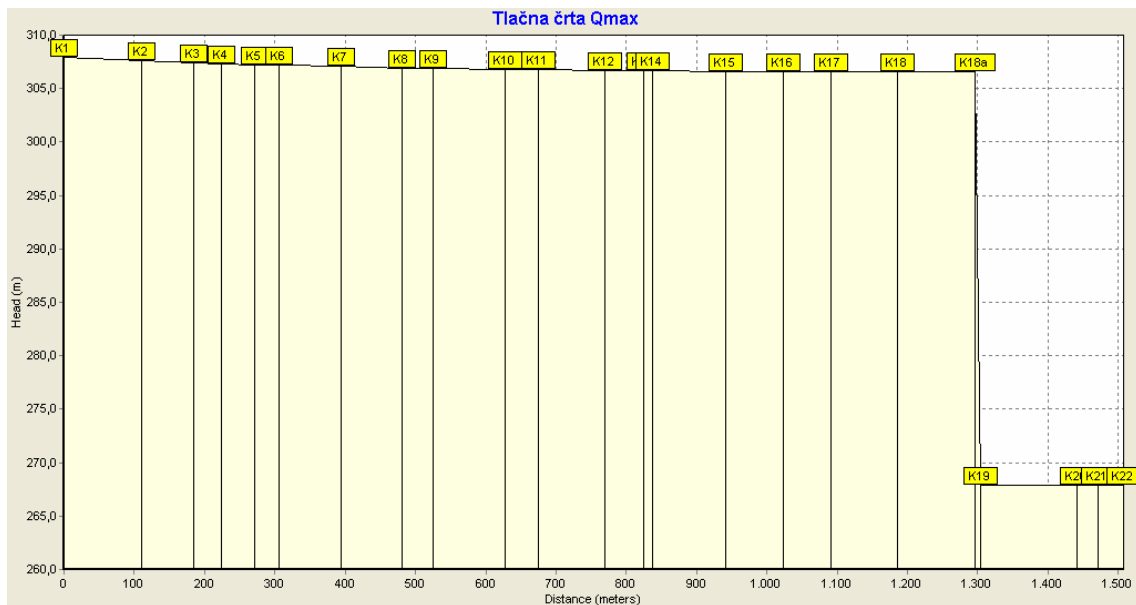
Slika 23 nam prikazuje tlačno črto, ki se pojavi v primeru kritične porabe Q_{kri} v naselju Križe. Iz slike lahko vidimo, da se, zaradi izredno velike porabe v točki K22, tlačna črta strmo spušča vzdolž celotnega odseka.



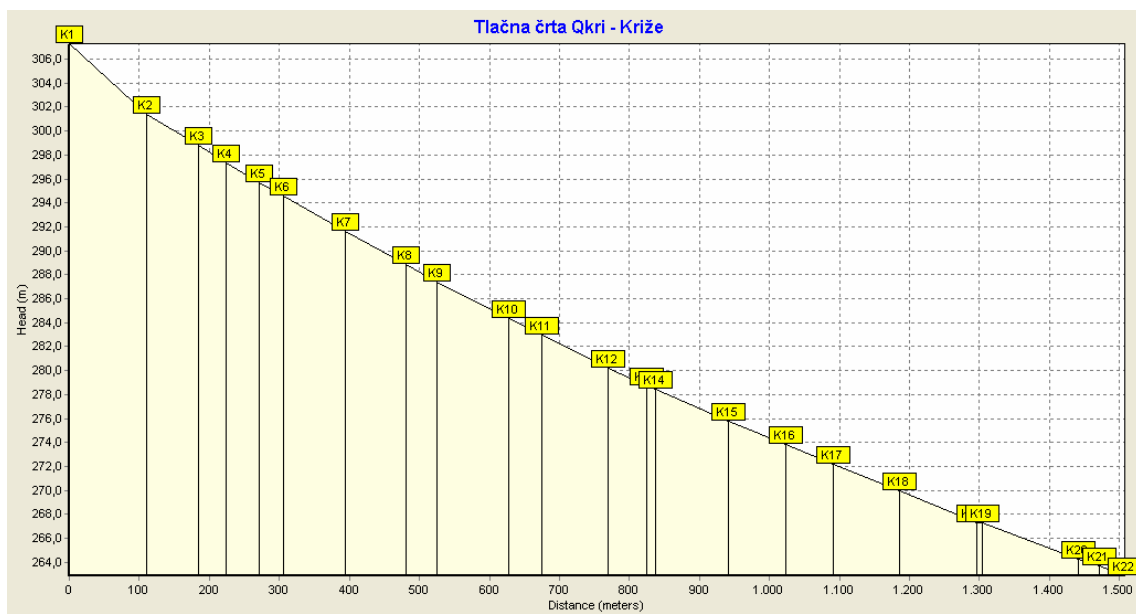
Slika 20: Tlačna črta Q_{min} brez RV



Slika 21: Tlačna črta Q_{min} z RV



Slika 22: Tlačna črta Q_{max}



Slika 23: Tlačna črta Q_{kri} - Križe

5 ZAKLJUČEK

Preskrba prebivalstva z neoporečne pitno vodo, s pomočjo javnih vodovodov, je danes, na območju Mestne občine Novo mesto, v veliki večini naselij, prej pravilo kakor pa ugodnost, ki so jo deležni le nekateri.

Tako predstavljata danes naselji Veliki Slatnik ter Križe še zadnji dve naselji, ki nimata rešene problematike preskrbe s pitno vodo niti na terenu niti na papirju. To je predvsem posledica relativno dobro vzdrževanega vaškega vodovoda, s pomočjo katerega se naselji napajata danes.

Obstoječi vaški vodovod je v obratovanju že več kot 30 let, kar pomeni da je že močno dotrajan in izrabljen, obenem pa tudi močno poddimenzioniran. Zaskrbljujoče pa je predvsem to, da se kvaliteta vode iz leta v leto slabša.

V nalogi smo poizkušali poiskati najprimernejšo rešitev, ki bi omenjenima naseljema zagotovila neoporečno pitno vodo prek javnega vodovoda. Izbrano rešitev smo tudi projektno obdelali.

Tako smo predvideli, da se na obravnavanem območju zgradi popolnoma nov, sodoben vodovod, ki se bo, prek vodovoda Hrušica, napajal iz vodnega vira Stopiče. V novem vodovodnem sistemu smo predvideli tudi izgradnjo novega 100 m³ vodohrana Bednje, na koti 305 m n.m., ter sanacijo obstoječega vodohrana Križe. Za dimenzioniranje vodovoda smo upoštevali kritični pretok Q_{kri} , kateri predstavlja maksimalno dnevno potrošnjo Q_{max} ter požarno vodo $Q_{pož}$.

Kljub temu, da se je iz izračunov izkazalo, da za zagotavljanje Q_{kri} , potrebujemo premer cevi DN 125 mm, smo se odločili, da se celoten vodovod izgradi iz cevi premera DN 100 mm. Odločitev za premer cevi DN 100 mm je bila predvsem posledica tega, da veliko večino potrebne vode predstavlja požarna voda, za katero predvidevamo, da zaradi relativno majhne požarne ogroženosti obravnavanega območja, ne bo prav pogosto potrebna.

Sam vodovodni sistem deluje popolnoma gravitacijsko. Zaradi velikih višinskih razlik je bilo potrebno v sistem umestiti tudi reducirni ventil. Vodovodni sistem je bil analiziran s programom Epanet. Pri analizi smo upoštevali več možnih scenarijev, ki se lahko pojavijo v sistemu.

S prvo analizo, kjer smo predvideli minimalno porabo, smo določili maksimalne tlake v omrežju. S tem smo določili točko, v kateri je potrebno reduciranje. To je točka K18a. Nadalje smo v sistem, v točko K18a, vnesli podatke za reducirni ventil in sistem ponovno preverili. Ugotovili smo, da sistem po vstavitvi reducirnega ventila v točko K18a, deluje skoraj v celoti v meji dovoljenih tlakov. Tlaki, ki presegajo mejo 6 barov se pojavijo le še na odseku J, vendar pa ne presežejo meje 6,5 bara, zato se odločimo, da se ta odsek ne reducira v celoti, temveč se izvede redukcija na posameznih hišnih priključkih. Nato smo analizirali sistem v primeru maksimalne potrošnje. To je bilo potrebno predvsem zaradi kontrole, če so v primeru maksimalne potrošnje še zadostni tlaki za normalno delovanje vodovodnega omrežja. Izkazalo se je, da sistem deluje popolnoma normalno tudi v tem primeru. Ker smo vodovodni sistem dimenzionirali tudi za požarno zaščito, smo nenazadnje preverili tudi delovanje sistema v primeru kritične potrošnje. Požar smo simulirali tako v naselju Veliki Slatnik kakor tudi v naselju Križe. Ugotovili smo, da lahko naselju Veliki Slatnik nemoteno zagotavljamo ustrezne količine požarne vode, 10 l/s. Ugotovili smo tudi, da lahko naselju Križe zagotavljamo le 8 l/s požarne vode brez nevarnosti za moteno delovanje ostalega sistema, saj se v primeru 10 l/s požarne vode, v sistemu pojavijo podtlaki. Glede nato, da je obravnavano področje relativno malo požarno ogroženo, saj je večinoma poseljeno z vikendi, je 8 l/s požarne vode povsem sprejemljivih.

VIRI

- Cehte I., 2003. Ocena delovanja lokalnega vodovoda Dobrava pri Senovem. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 82 strani,
- Sirk J., 2004. Ureditev vodooskrbe vasi Krn in pašnih planin nad vasjo. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 90 strani,
- Ravnikar J., 2004, Odstranjevanje parazitov v kraških pitnih vodah, Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 138 strani,
- Rismal M., 1995. Čiščenje pitne vode. Skripta. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Inštitut za zdravstveno hidrotehniko,
- Mutschman J., Stimmelmayer F., 1999. Snabeževanje vodom. Priručnik. Beograd. Građevinska knjiga: 698 strani,
- Tehničar: Građevinski priručnik. 1989. Beograd. Građevinska knjiga: 1049 strani,
- Kolar J., 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Učbenik. Ljubljana. Državna založba Slovenije: 523 strani,
- Kompare B., 2001/2002. Vodovod. Vaje in predavanja. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
- Poročilo o prisotnosti herbicidov v pitni vodi vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe. 1997. Novo mesto. Zavod za zdravstveno varstvo,
- Poročilo o kvaliteti pitne vode iz vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe. 2002 – 2005. Novo mesto. Zavod za zdravstveno varstvo,
- Interaktivni naravovarstveni atlas.
<http://kremen.arso.gov.si/NVatlas>,
- Kataster Komunale Novo mesto d.o.o.. 2006
- Popis prebivalstva. 2002.
<http://www.stat.si/popis2002/>,
- Navodila za program EPANET 2.0. 2000.
<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/EN2manual.PDF>

PRILOGE

Priloga A: Situacija vaškega vodovoda Veliki Slatnik – Križe

Priloga B: Načrt zajetja in črpališča z vodnjakom

Priloga C: Vodohran Križe

Priloga D: Situacija novega vodovoda

Priloge E: Vzdolžni prerezi vodovoda

Priloge F: Načrti vodohrana Bednje

Priloga G: Regulator nivoja Metalgrad

Priloga H: Prečni presek jarka

Priloga I: Popis gradbenih in montažnih del s predračunom

Priloga J: Montažne sheme

Priloga K: Načrt reducirnega jaška