

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pogačar, G., 2015. Variantni projekt vodovodnega sistema Besnica. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F., somentor Kozelj, D.): 69 str.

Datum arhiviranja: 02-02-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pogačar, G., 2015. Variantni projekt vodovodnega sistema Besnica. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F., co-supervisor Kozelj, D.): 69 pp.

Archiving Date: 02-02-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

GREGOR POGAČAR

**VARIANTNI PROJEKT VODOVODNEGA SISTEMA
BESNICA**

Diplomska naloga št.: 253/VKI

**VARIANT PROJECT OF WATER SUPPLY SYSTEM
BESNICA**

Graduation thesis No.: 253/VKI

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Dušan Žagar

Somentor:
asist. dr. Daniel Kozelj

Ljubljana, 26. 01. 2015

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Gregor Pogačar izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Variantni projekti vodovodnega sistema Besnica«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 9.1.2015

Gregor Pogačar

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	628.1(497.4Besnica)(043.2)
Avtor:	Gregor Pogačar
Mentor:	Profesor dr. Franc Steinman
Somentor:	Asistent dr. Daniel Kozelj
Naslov:	Variantni projekt vodovodnega sistema Besnica
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	69 str., 25 pregl., 28 sl., 11. graf., 7 pril.
Ključne besede:	vodovodni sistem, pitna voda, vodovarstvena območja, modeliranje, starost vode, hitrost vode, požarna varnost, variante.

Izvleček

Cilj diplomske naloge je bil prikazati različne variante reševanja problematike zagotavljanja pitne vode in vode za gašenje požarov v dolini Besnice. Združevanje omenjenih funkcij na istem cevovodu v majhnih naseljih je z vidika kakovosti vode lahko problematično, saj moramo za gašenje požarov v sistemu zadrževati ogromne količine vode. Posledično je čas zadrževanja v sistemu daljši in kakovost vode slabša. S pomočjo programskega orodja Epanet 2.0 sem v različnih simulacijah to problematiko tudi prikazal in z alternativnimi variantami skušal prikazati rešitve, ki podajajo starostno ugodno vodo ter na še ustrezen način rešujejo zagotavljanje pitne vode in vode za gašenje požarov. Za izbiro tiste prave končne variante, pa bodo potrebni kompromisi, ki bodo zadovoljili investitorja, bodoče porabnike in gasilsko stroko.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	628.1(497.4Besnica)(043.2)
Author:	Gregor Pogačar
Supervisor:	Professor dr. Franc Steinman
Cosupervisor:	Assistant Professor dr. Daniel Kozelj
Title:	Variant project of water supply system Besnica
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	69 p., 25 tab., 28 fig., 11. graph., 7 ann.
Key words:	water supply system, drinking water, water protection areas, modeling, water age, water velocity, fire safety, variants.

Abstract

The goal of my thesis was to show different problems regarding the supply of fresh drinking water and water used for fighting fires in the valley of Besnica. Merging previously mentioned functions on the same water-line system in small settlements can be problematic from water quality point of view due to large quantities of water being held up inside the system because of firefighter-related use. As a result, the retention of water is longer and thus the quality drops. With the use of software tool Epanet 2.0 and with different simulations I showcased these problems and with some alternatives tried to propose some solutions. The solutions provide adequate water, age-wise and for firefighter use. The choice of the right alternative rests on the compromise between the investors, future consumers and firefighter experts.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju pri seminarju prof. dr. Borisu Komparetu, mentorju pri diplomskem delu prof. dr. Francu Steinmanu in somentorju dr. Danielu Kozelju. Zahvaljujem se tudi Borutu Železniku iz podjetja Hidroinženiring d.o.o., ki mi je pomagal pri tehničnih zadevah na konkretnem primeru, Nataši Šušteršič iz razvojne službe JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o. za potrebne podatke ter Mirku Kocuvanemu iz oddelka za gospodarski razvoj in promet Mestne občine Ljubljana. Zahvaljujem se tudi vsem ostalim, ki so mi pomagali pri diplomskem delu ter me spremljali na poti študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVA O AVTORSTVU	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
1 UVOD	1
2 OBRAVNAVANO OBMOČJE IN PROGRAMSKA OPREMA.....	2
2.1 Mestna občina Ljubljana	2
2.1.1 Vodovod v mestni občini Ljubljana	3
2.1.2 Pokritost območja	5
2.2 Obstoječe stanje oskrbe z vodo v dolini Besnice	6
2.2.1 Vodovodni sistem Zgornja Besnica	7
2.2.2 Vodovodni sistem šola Besnica.....	8
2.2.3 Vodovodni sistem Besnica vas.....	9
2.3 Kratek opis programske opreme Epanet 2.0.....	10
3 PROJEKT VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA	11
3.1 Predvidena ureditev območja Besnice.....	11
3.2 Bilanca porabe vode na območju.....	12
3.3 Podzemna voda	14
3.4 Zajetje podzemne vode z vrtino ZGB-1/05 v Zgornji Besnici.....	15
3.4.1 Izdatnost vrtine ZGB-1/05	16
3.4.2 Fizikalno–kemijske in mikrobiološke lastnosti vode	18
3.5 Možni viri onesnaženja podzemne vode v vrtini ZGB-1/05 ter predlagane sanacije....	22
3.5.1 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO I	24
3.5.2 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO II.....	26
3.5.3 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO III.....	27
3.6 Opis predvidenih objektov	27
3.6.1 Črpalni jašek	27
3.6.2 Cevovod.....	29

3.6.3 Vodohran	30
3.7 Električna energija.....	33
3.8 Prenos podatkov o izmerah.....	33
3.9 Požarna varnost	34
3.10 Geomehanske karakteristike	35
3.11 Ravnanje z gradbenimi odpadki	35
3.12 Ureditev gradbišča	35
3.13 Izvajanje gradnje in vpliv na vode	36
4 MODELIRANJE POSAMEZNE VARIANTE VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA.....	38
4.1 Varianta 1	38
4.1.1 Hidravlično modeliranje.....	39
4.1.2 Rezultati hidravličnih izračunov	41
4.1.2.1 Minimalna poraba	41
4.1.2.2 Maksimalna poraba.....	41
4.1.2.3 Kritična poraba.....	42
4.1.2.4 Gladina vodohrana.....	43
4.1.2.5 Hitrosti vode.....	43
4.1.2.6 Starost vode.....	44
4.1.3 Ocena investicije - varianta 1	47
4.1.4 Varianta 1 – opcijska rešitev A.....	50
4.2 Varianta 2.....	53
4.2.1 Hidravlično modeliranje.....	55
4.2.2 Rezultati hidravličnih izračunov	56
4.2.2.1 Minimalna poraba	56
4.2.2.2 Kritična/maksimalna poraba.....	57
4.2.2.3 Gladina vodohrana.....	58
4.2.2.3 Hitrost vode.....	58
4.2.2.4 Starost vode.....	59
4.2.3 Ocena investicije varianta 2	60

4.3 Varianta 3.....	61
5 ZAKLJUČEK	64
VIRI.....	66

KAZALO SLIK

Slika 1: Dolina Besnice (www.pbase.com 7.8.2013)	2
Slika 2: Vodovodni sistemi v Ljubljani in okolici v upravljanju JP VO-KA (www.vo-ka.si, 8.9.2013)	4
Slika 3: Zajetje vodovodnega sistema Besnica Šola (lasten posnetek)	9
Slika 4: Zajetje vodovodnega sistema Besnica vas (lasten posnetek).....	10
Slika 5: Vrtina ZGB-1/05 (lasten posnetek)	16
Slika 6: Odvzem vode iz vrtine ZGB-1/05 (Žibrat in Mencej, 2009)	19
Slika 7: Divja odlagališča v bližine vrtine (Žibrat in Mencej, 2009).....	19
Slika 8: Predlog začetka izgradnje vodotesnega jarka za odtekanje vode iz območja vrtine (Žibrat in Mencej, 2009)	20
Slika 9: Izvir 100m vzhodno od vrtine (možni dodatni vir vode ob obilnejših padavinah – poplavljanje) (Žibrat in Mencej, 2009)	20
Slika 10: Parkirišče ob vrtini (črpalni preizkus) (Mencej in Šetina, 2008).....	24
Slika 11: Izvir v strugi potoka gorvodno od vrtine in gozdna cesta, ki poteka mimo vrtine (Mencej in Šetina, 2008)	25
Slika 12: Travnik v ožjem vodovarstvenem območju (Mencej in Šetina, 2008).....	26
Slika 13: Možni viri onesnaženja v VVO III - Travnik in del sadovnjaka pod vrhom Kržareja (Mencej in Šetina, 2008)	27
Slika 14: Stroj za izdelavo vrtine (http://users.volja.net/alen44/vas/vrtina/index.html , 25.7.2014)	28
Slika 15: Črpalni jašek Brezno – primer črpalnega jaška (www.regeneracija.si, 12.9.2013) .	28
Slika 16: Primer črpališča Brezno (www.regeneracija.si, 12.9.2013).....	29
Slika 17: Vodovod pod cesto, položen v zaščitno cev (Žitnik in sod., 2008, str. 446)	30
Slika 18: Manjši vodohran v prerezu (Panjan, 2002, str. 48)	31
Slika 19: Model vodovodnega sistema varianta 1	39
Slika 20: Tlaki na omrežju pri maksimalni porabi - varianta 1	42
Slika 21: Tlaki na omrežju pri kritični porabi - varianta 1.....	42
Slika 22: Hitrost vode po ceveh - varianta 1	44
Slika 23: Možni načini mešanja vode v vodohranu (Lewis, 2000).....	46
Slika 24: Model vodovodnega sistema varianta 2 s predlaganimi požarnimi bazeni.....	55
Slika 25: Tlaki na omrežju pri minimalni porabi - varianta 2.....	57
Slika 26: Tlaki na omrežju pri kritični/maksimalni porabi - varianta 2	57
Slika 27: Hitrosti vode po ceveh - varianta 2	58
Slika 28: Model vodovodnega sistema Besnica varianta 3.....	62

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vodovodni sistemi v številkah (www.vo-ka.si, 8.9.2013)	5
Preglednica 2: Izvajanje javne službe oskrbe s pitno vodo v okoliških naseljih doline Besnice (Program oskrbe s pitno vodo, 2013)	5
Preglednica 3: Minimalne vrednosti izdatnosti trenutnih zajetij (Hidroinženiring d.o.o., 2008)	6
Preglednica 4: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Zgornja Besnica 7.11.2012	7
Preglednica 5: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Zgornja Besnica 3.12.2012	8
Preglednica 6: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Besnica šola 30.8.2013	8
Preglednica 7: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Besnica šola 13.8.2013	9
Preglednica 8: Izračun dnevne porabe na območju	12
Preglednica 9: Standardi kakovosti podzemne vode (Uredba o standardih kakovosti podzemne vode, Uradni list RS št. 100/2005, priloga 1)	15
Preglednica 10: Rezultati merjenja samoizliva na vrtini ZGB-01/05 v letu 2008 (Žibrat in Mencej, 2009)	17
Preglednica 11: Rezultati merjenja samoizliva na vrtini ZGB-1/05 v letu 2009 (Žibrat in Mencej, 2009)	17
Preglednica 12: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2005 (Žibrat in Mencej, 2009)	20
Preglednica 13: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2006 (Žibrat in Mencej, 2009)	21
Preglednica 14: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2007 (Žibrat in Mencej, 2009)	21
Preglednica 15: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2008 (Žibrat in Mencej, 2009)	21
Preglednica 16: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2009 (Žibrat in Mencej, 2009)	22
Preglednica 17: Vodovarstvena območja v Mestni občini Ljubljana (www.ljubljana.si, 8.9.2013)	23
Preglednica 18: Prikaz dnevne izravnave dotekajoče in porabljene vode v vodohranu (Mutschmman in Stimmelmayer, 1999, str. 20)	32
Preglednica 19: Prikaz stroškov izgradnje črpališča (Hidroinženiring d.o.o., 2008)	48
Preglednica 20: Prikaz stroškov izgradnje cevovoda odsek 1 (2520 m)	49
Preglednica 21: Prikaz stroškov izgradnje vodohrana	49
Preglednica 22: Prikaz stroškov izgradnje celotnega vodovodnega omrežja s pripadajočimi objekti	50

Preglednica 23: Potrebna količina vode za gašenje stavb v naseljih (Tehnična smernica za požarno varnost, TSG-1-001:2010).....	54
Preglednica 24: Potrebna količina vode za gašenje stavb izven naselij (Tehnična smernica za požarno varnost, TSG-1-001:2010).....	54
Preglednica 25: Prikaz stroškov investicije varianta 2 v primerjavi z varianto 1	61

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Vzorec (pattern) porabe vode na območju v času 24ur	40
Grafikon 2: Vzorec porabe (pattern), ki prikazuje dogodek požara ob 6-ti uri zjutraj v času 288 urne simulacije (12 dni)	41
Grafikon 3: Gladina vode v vodohranu med 288 urno simulacijo s požarom - varianta 1.....	43
Grafikon 4: Starost vode v izbranih vozliščih po 12ih dneh - varianta 1	45
Grafikon 5: Čas zadrževanja vode v vodohranu - varianta 1	47
Grafikon 6: Nihanje gladine v vodohranu - varianta 1 opcija A	51
Grafikon 7: Starost vode po 12-ih dneh - varianta 1 opcija A.....	52
Grafikon 8: Čas zadrževanja vode v vodohranu - varianta 1 opcija A.....	52
Grafikon 9: Nihanje gladine vode v vodohranu v 24 urni simulaciji - varianta 2	58
Grafikon 10: Starost vode - varianta 2.....	59
Grafikon 11: Nihanje gladine vode v vodohranu - varianta 2	60

1 UVOD

Tema diplomske naloge je bila izbrana po dogovoru z mentorjem pri seminarju »Projekt vodovodnega sistema Besnica« prof. dr. Borisom Komparetom, z namenom, da se v razširjenem diplomskem delu obravnava problematiko zagotavljanja oskrbe s pitno vodo in vodo za gašenje požarov v naseljih z majhno populacijo. Z vidika kakovosti se zagotavljanje požarne in pitne vode na istem vodovodnem sistemu lahko izključuje, saj je razlika med porabljeno vodo porabnikov in zadrževano požarno vodo v majhnih naseljih prevelika. Posledično se starost vode veča in njena kakovost slabša, zato se moramo vprašati kakšen je namen izgradnje vodovodnega sistema in kje so meje kompromisov, ki jih lahko dosežemo. Ali gradimo vodovod za distribucijo pitne vode in na prvo mesto postavljamo porabnika ali pa želimo na račun kakovosti vode reševati tudi požarno varnost. Zaradi takšnih vprašanj, ki se pojavljajo v fazi iskanja primernih rešitev sem se podal v simuliranje variant predvidenega vodovodnega sistema in z izračuni poskušal ovrednotiti posamezne rešitve.

V prvem delu diplomske naloge sem podal splošne značilnosti obravnavanega območja ter opisal trenutno stanje oskrbe s pitno vodo. Predstavljena so poročila kakovostnih analiz vode iz zajetij, ki so trenutno v uporabi, ter izračun bilance porabe vode na obravnavanem območju. V nadaljevanju sem predstavil novo vrtino ZGB-1/05, ki predstavlja glavni vodni vir, podal tabele kakovosti zajete vode za daljše časovno obdobje ter opisal možne vire onesnaženja pitne vode po posameznih vodovarstvenih območjih. Poglavje sem zaključil z opisom potrebnih objektov in naprav, ki sem jih opremil s potrebnimi izračuni za modeliranje predvidenega vodovodnega sistema.

V zadnjem sklopu diplomskega dela pa sem se posvetil konkretnemu hidravličnemu modeliranju in predstavitvi možnih rešitev. S pomočjo orodja Epanet 2.0 sem naredil modele posameznih predvidenih variant vodovodnega sistema Besnica in simuliral različne situacije. V rezultate sem vključil grafične prikaze sistema v različnih hidravličnih situacijah, kjer lahko razberemo hitrosti vode po ceveh, njeno starost, gladino vodohrana v različnih časovnih simulacijah in tlake na posameznih vozliščih v času kritične, maksimalne ali minimalne porabe. Izračunal sem tudi grobo oceno investicije posameznih variant ter rezultate med seboj primerjal.

Skupno sem v diplomskem delu obravnaval 3 variante vodovodnega sistema ter 1 opsijsko rešitev, ki podaja alternativo za reševanje problematike starosti vode.

2 OBRAVNAVANO OBMOČJE IN PROGRAMSKA OPREMA

Glavno območje s katerim se bom ukvarjal v tem delu predstavlja dolina Besnice (slika 1). Leži v osrednje slovenski regiji, jugo-vzhodno od Ljubljane in se uvršča k Predalpskemu ter zaznamuje začetek Posavskega hribovja. Večino področja predstavlja gozd, le manjši predeli so poseljeni in primerni za kmetijsko obdelavo. Dolina Besnice se razteza vse od vstopne točke na vzhodnem delu Ljubljane - Podgrad pri Zalogu, do Malega Trebeljevega na vzhodu. Celotna dolina je dolga cca. 13 km in ima značilno obliko rečne doline s številnimi stranskimi dolinami.



Slika 1: Dolina Besnice (www.pbase.com 7.8.2013)

Obrobno območje doline sestavljajo vasi na pobočjih, kot so Janče, Tuji Grm, Gabrje, Vnajnjarje, Mali vrh, Volavlje, Prežganje, Javor ter Malo in Veliko Trebeljevo. Celotno omenjeno območje leži na 330 do 792 m.n.v. in ima cca. 1600 prebivalcev poseljenih v razpršenih naseljih (www.wikipedia.org, 7.9.2013). Tukaj najdemo predvsem stanovanjske hiše, kmetijske objekte in počitniške hišice. Večina prebivalstva je dnevnih migrantov zaposlenih v Ljubljani oziroma v okoliških mestih, v popoldanskih urah pa se ukvarjajo s kmetijsko dejavnostjo (sadjarstvo, živinoreja, poljedelstvo) (www.ljubljana.si, 7.9.2013). Le malo je samozaposlenih kmetov, saj razmere v gospodarstvu tega skoraj ne dopuščajo.

2.1 Mestna občina Ljubljana

Kot sem že omenil v prejšnjem poglavju dolina Besnice leži jugo-vzhodno od Ljubljane in spada pod njeno okrilje, zato je najbolje, da pogledamo nekaj osnovnih značilnosti širšega območja.

Ljubljanska občina je ena od enajstih mestnih občin v Sloveniji (298 m.n.v.) in je geografsko, kulturno, znanstveno, ekonomsko, politično, in administrativno središče Slovenije. Razprostira se na 275 km² in ima cca. 300 tisoč prebivalcev. Občina se razdeli na 17 manjših delov oziroma četrtnih skupnosti, ki pripomorejo k učinkovitejšemu delovanju občine kot celote (<http://sl.wikipedia.org>, 7.9.2013).



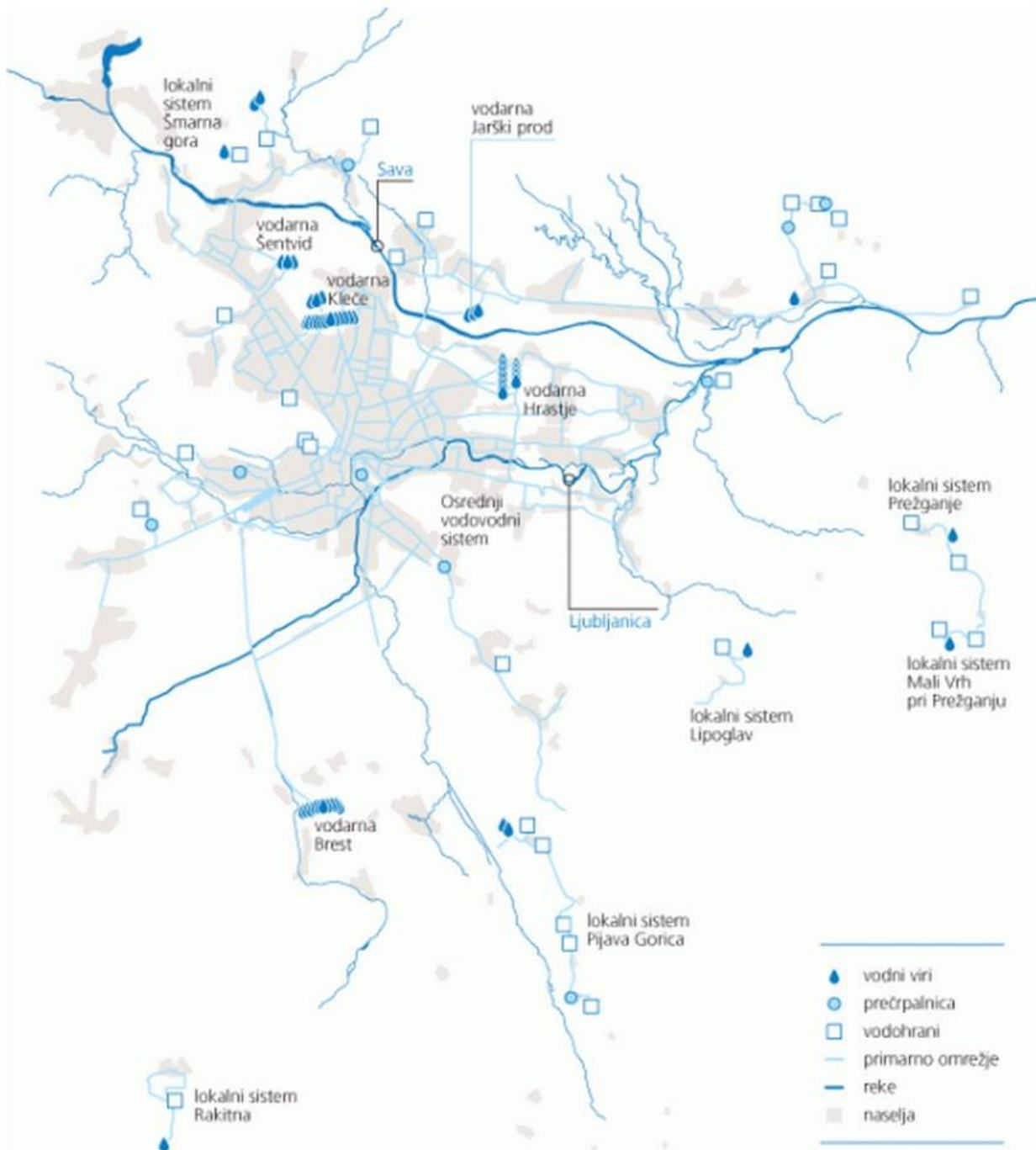
Slika 2: Položaj mestne občine Ljubljana v Sloveniji (<http://sl.wikipedia.org>, 7.9.2013)

Ljubljana ima dolgo tradicijo urejene javne oskrbe s pitno vodo, o čemer pričajo prvi dokazi, ki so bili najdeni še iz časa stare rimljanske Emone, iz začetka prvega tisočletja. Kasneje v srednjeveškem obdobju naj bi javna oskrba s pitno vodo zamrla in ponovno oživel v sredini 19. stoletja, ko je čiste pitne vode za naraščajoče prebivalstvo primanjkovalo (Jamnik, 2000).

2.1.1 Vodovod v mestni občini Ljubljana

»Z gospodarskimi javnimi službami se zagotavljajo materialne javne dobrine (v nadaljnjem besedilu: javne dobrine) kot proizvodi in storitve, katerih trajno in nemoteno proizvodnjo v javnem interesu zagotavlja Republika Slovenija (v nadaljnjem besedilu: republika) oziroma občina ali druga lokalna skupnost (v nadaljnjem besedilu: lokalna skupnost) zaradi zadovoljevanja javnih potreb, kadar in kolikor jih ni mogoče zagotavljati na trgu.« (Zakon o gospodarskih javnih službah, UL RS, št. 32/1993)

Tako je v Zakonu o gospodarskih javnih službah opisan pomen gospodarskih javnih služb. Mestna občina Ljubljana (v nadaljevanju MOL) izvajanje gospodarske javne službe na področju oskrbe s pitno vodo in odvajanju ter čiščenju odpadnih voda dodeljuje Javnemu podjetju Vodovod – Kanalizacija d.o.o. (v nadaljevanju JP VO-KA). Podjetje je na področju zagotavljanja preskrbe s pitno vodo največje v Sloveniji ter eno od vodilnih na svojem regijskem območju (www.vo-ka.si, 8.9.2013).



Slika 2: Vodovodni sistemi v Ljubljani in okolici v upravljanju JP VO-KA (www.vo-ka.si, 8.9.2013)

Podjetje upravlja s centralnim in šestimi lokalnimi vodovodi, petimi vodarnami, 44 vodnjaki ter še osmimi manjšimi lokalnimi črpališči. Skupno se preko 40.990 priključkov na vodovodnem sistemu preskrbuje 315.000 uporabnikov. Glede na razsežnosti celotnega vodovodnega omrežja pa je najbolje, da ga predstavim v številkah.

Preglednica 1: Vodovodni sistemi v številkah (www.vo-ka.si, 8.9.2013)

Parameter	Obseg
Dolžina vodovodnega omrežja	1117 km
Število vodovodnih priključkov	40.990
Število vodohranov	31
Prostornina vodohranov	23.542 m ³
Število vodarn osrednjega vodovodnega sistema	5
Število lokalnih črpališč	8
Število prečrpalnic	11
Število hidropostaj	20
Letna količina prodane vode	20.967.740 m ³

2.1.2 Pokritost območja

V MOL prebiva cca. 300.000 prebivalcev, a žal vsi še niso priključeni na javno vodovodno omrežje. Po podatkih je oskrbovanih 296.601 prebivalcev kar v odstotkih predstavlja 99%-no pokritost. Preostali 1% se oskrbuje z vaškimi vodovodi, lastnimi vrtinami ali zbrano kapnico (Javno podjetje Vodovod Kanalizacija, 2013).

V naslednji tabeli bom prikazal naselja, ki so zajeta v širšem obravnavanem območju doline Besnice in podal število prebivalcev posameznega naselja ter število oskrbovancev s pitno vodo v tem naselju.

Preglednica 2: Izvajanje javne službe oskrbe s pitno vodo v okoliških naseljih doline Besnice (Program oskrbe s pitno vodo, 2013)

Ime naselja	Št. prebivalcev	Št. oskrbovanih
Besnica	233	0
Gabrje pri Jančah	103	0
Janče	20	0
Prežganje	153	153
Ravno Brdo	53	0
Tuji Grm	70	0
Malo Trebeljevo	193	193
Mali Vrh	81	77
Veliko Trebeljevo	95	95
Volavlje	183	74
Zgornja Besnica	117	30

Iz tabele je razvidno, da so na območju že vzpostavljeni nekateri vodovodi (Mali Vrh in Prežganje), ki jih upravlja JP VO-KA (slika 2), vendar so številni prebivalci še neoskrbovani. Projekt vzpostavitve novih vodovodnih sistemov je v izdelavi in v prihodnosti lahko pričakujemo večinsko pokritost območja.

2.2 Obstoječe stanje oskrbe z vodo v dolini Besnice

Zagotavljanje pitne vode na enem od najmanj poseljenih predelov MOL predstavlja svojevrsten problem, vendar Pravilnik o oskrbi s pitno vodo v prvem odstavku tretjega člena to obveznost nalaga ravno občini sami, in sicer:

»(1) Občina mora zagotavljati izvajanje storitev javne službe na vseh poselitvenih območjih na njenem območju, razen na območjih, ki so nad 1500 m nadmorske višine, in poselitvenih območjih, kjer se oskrbuje iz posameznega vodnega vira manj kot 50 prebivalcev s stalnim prebivališčem ali je letna povprečna zmogljivost oskrbe s pitno vodo manj kot 10 m³ pitne vode na dan.« (Pravilnik o oskrbi s pitno vodo (Uradni list RS, št. 35/06, 41/08, 28/11 in 88/12))

Ker obravnavano območje ustreza vsem kriterijem, je za oskrbo s pitno vodo odgovorna občina in posledično bo izvajanje dejavnosti zagotavljanja pitne vode dodeljeno JP VO-KA. V preteklosti so v delu okoliških krajev že uredili vodovodno omrežje (preglednica 2), vendar je velika večina še neurejena – tudi dolina Besnice.

Trenutni vodovodni sistemi na območju komajda zagotavljajo oskrbo s pitno vodo, za zagotavljanje požarne varnosti ali povišane porabe pa je vode absolutno premalo. Vendar problematična ni samo količina vode in premer cevi, ki se uporabljajo (DN 50), ampak tudi njena kakovost. Izkušnje kažejo, da vodna zajetja v bližini poseljenih območij običajno ne zagotavljajo primerne kakovosti vode, zato so se rešitve v zvezi z zagotavljanjem pitne vode morale iskati drugje. V ta namen so bile pred leti opravljene hidrogeološke raziskave za območje doline Besnice ter okoliških krajev, da bi z novimi vodnimi viri lahko zagotovili ustrezno kakovost ter količino pitne vode. V sklopu raziskav so bile opravljene tudi meritve izdatnosti vodnih zajetij, ki se trenutno uporabljajo za oskrbovanje s pitno vodo. Dobljene vrednosti so prikazane v preglednici 3 (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

Preglednica 3: Minimalne vrednosti izdatnosti trenutnih zajetij (Hidroinženiring d.o.o., 2008)

Zajetje	Izdatnost [l/s]
Zg. Besnica	0,05
Za Šolo	0,1
Jerančev hrib	0,15
Skupaj	0,255

Če z navedenimi podatki (skupaj 0,255 l/s) primerjamo srednjo porabo obravnavanega območja, ki znaša 1,1 l/s, nam je gotovo jasno, da v sušnem obdobju vode verjetno

primanjkuje. Problem predstavljajo zajetja, ki vodo zajemajo v zgornjem prepelninskem sloju na območjih izvirov površinskih vodotokov, kar posledično v času deževja pomeni, da je voda neprimerne kakovosti, v sušnih obdobjih pa je primanjkuje.

Poskus, da bi lahko rešil trenutno situacijo, sta bili tudi novi vrtini B-1 (1 l/s) in B-2 (8 l/s) v bližini potoka Valnaček, vendar pa zaradi neurejenega zaledja (tj. bližina kamnoloma) nikoli nista bili vključeni v vodovodni sistem (lokaciji vrtin sta označeni na prilogi D1). Kot ustrezni možni rešitvi sta se kasneje izkazali vrtini ZGB-1/05 (Zgornja Besnica) in TR-1/08 (Trebeljevo), ki tako po kakovosti kot izdatnosti ustrezata potrebam celotnega območja (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

Trenutno se večina območja doline Besnice oskrbuje z vodo lokalnih vodnih virov, ki jih lahko razdelimo na tri zaključene dele. Vsi so v upravljanju lokalnih vodovodnih odborov, ki sami ali s pomočjo MOL redno izvajajo vzdrževalna dela ter analize ustreznosti vode.

2.2.1 Vodovodni sistem Zgornja Besnica

To območje se nahaja v zgornjem delu doline Besnice in trenutno pokriva največje število prebivalcev. Oskrbuje se 25 hiš, cca. 80 prebivalcev in vsaj 35 glav živine. Imajo eno zajetje (Matjaževa Draga) in vodohran v velikosti 50 m³. Vodovod in pripadajoče objekte so sami gradili leta 1993 in ga z lastnimi sredstvi vzdržujejo še danes. S količino vode nikoli niso imeli težav (tudi v času suše leta 2008 ne), jih pa pestijo problemi povezani z mikrobiološko ustreznostjo vode. S pomočjo MOL izvajajo analize vode pri Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor (center za mikrobiologijo – oddelek za sanitarno mikrobiologijo), ki redno odvzema vzorce ter jih analizira (Pregelj, 2013). V spodnji tabeli so prikazani rezultati dveh analiz mikrobioloških lastnosti vode v letu 2012.

Preglednica 4: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Zgornja Besnica 7.11.2012

Parameter	Metoda	Preisk. količina	Kriterij	Rezultat	Enota	Ocena	Začetek Konec
Koliformne bakterije	SM 16-V (V3)	100 ml	0	1	MPN/100 ml	Neskladen	7.11.2012 8.11.2012
Escherichia coli	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/100 ml	Skladen	7.11.2012 8.11.2012
Število kolonij Pri 22° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	/	<10	CFU/ml	/	7.11.2012 10.11.2012
Število kolonij Pri 36° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	100	<10	CFU/ml	Skladen	7.11.2012 9.11.2012

Preglednica 5: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Zgornja Besnica 3.12.2012

Parameter	Metoda	Preisk. količina	Kriterij	Rezultat	Enota	Ocena	Začetek Konec
Koliformne bakterije	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/100 ml	Skladen	3.12.2012 4.12.2012
Escherichia coli	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/100 ml	Skladen	3.12.2012 4.12.2012
Število kolonij Pri 22° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	/	<10	CFU/ml	/	3.12.2012 6.12.2012
Število kolonij Pri 36° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	100	<10	CFU/ml	Skladen	3.12.2012 5.12.2012

2.2.2 Vodovodni sistem šola Besnica

Ta vodovodni sistem se nahaja v srednjem delu doline Besnice in vključuje podružnično šolo ter 2 sosednji hiši. Skupno sistem v času največjega števila otrok oskrbuje do 55 ljudi. Omrežje sestavljata 2 zajetji in vodohran v velikosti 36 m³ (zgrajen pred 15-20 leti). Vodovodni sistem je star cca. 60 let in v času suše ne zagotavlja zadostnih količin vode, saj so zaradi neprimerne vzdrževanja izgube velike. V letu 2008 in 2011 je sistem ostal brez vode in potrebni sta bili gasilski intervenciji za dodajanje le-te v omrežje. Prav tako so mikrobiološke lastnosti vode v posameznih obdobjih neustrezne, zato bi nov vodovodni sistem prinesel občutne izboljšave (Mlakar, 2013).

Preglednica 6: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Besnica šola 30.8.2013

Parameter	Metoda	Preisk. količina	Kriterij	Rezultat	Enota	Ocena	Začetek Konec
Koliformne bakterije	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/100ml	Skladen	30.8.2013 2.9.2013
Escherichia coli	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/100ml	Skladen	30.8.2013 2.9.2013
Število kolonij Pri 22° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	/	<10	CFU/ml	/	30.8.2013 2.9.2013
Število kolonij Pri 36° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	100	<10	CFU/ml	Skladen	30.8.2013 2.9.2013

Preglednica 7: Rezultati mikrobiološke analize vode z vodovoda Besnica šola 13.8.2013

Parameter	Metoda	Preisk. količina	Kriterij	Rezultat	Enota	Ocena	Začetek Konec
Koliformne bakterije	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/10 0ml	Neskladen	13.8.2013 14.8.2013
Escherichia coli	SM 16-V (V3)	100 ml	0	0	MPN/10 0ml	Skladen	13.8.2013 14.8.2013
Število kolonij Pri 22° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	/	<10	CFU/ml	/	13.8.2013 16.8.2013
Število kolonij Pri 36° C	SIST EN ISO 6222:1999	1 ml	100	<10	CFU/ml	Skladen	13.8.2013 15.8.2013
Clostridium perfringens s sporami	SM 08-V	100 ml	0	0	CFU/ml	Skladen	13.8.2013 14.8.2013



Slika 3: Zajetje vodovodnega sistema Besnica Šola (lasten posnetek)

2.2.3 Vodovodni sistem Besnica vas

Ta vodovodni sistem je najmanjši med tremi in zajema le 7 hiš, kar pomeni, da se z vodo oskrbuje 22 ljudi in 3 glave živine. Imajo 1 zajetje z vodohranom velikosti 20 m³ in s količino vode nimajo težav niti v času suše. Vodovod so pred 40-timi leti zgradili sami in ga tudi stalno vzdržujejo, le pri analizah kakovosti vode jim finančno pomaga MOL. Podobno kot drugje po dolini Besnice imajo tudi tu slabše rezultate mikrobioloških preizkusov, zato bo novi vodovodni sistem s primernejšo vodo dobrodošel (Kavcar, 2013).



Slika 4: Zajetje vodovodnega sistema Besnica vas (lasten posnetek)

2.3 Kratek opis programske opreme Epanet 2.0

V tem podnaslovu bom nekaj besed namenil programskemu orodju Epanet 2.0, ki sem ga pri izdelavi diplomskega dela uporabljal za izračun in prikaz hidravličnih simulacij vodovodnega sistema Besnica.

Epanet je računalniški program, ki omogoča opravljanje hidravličnih simulacij na vodovodnih sistemih. V programu lahko ustvarjamo neomejeno velike sisteme, ki jih sestavljajo cevi, vozlišča, črpalke, ventili in rezervoarji. Program nato na podlagi številnih vhodnih podatkov izračuna tlake po sistemu, starost vode in njen izvor ter nam rezultate prikaže v grafih, tabelah ali barvnih mapah. Omogoča številne analize delovanja že obstoječih ali novo načrtovanih vodovodnih sistemov po različnih enačbah za izračune trenjskih izgub (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach in Chezy-manningova enačba), različnih vzorcih delovanja črpalk in porabe na slehernem vozlišču ter s prilagajanjem pravil delovanja omogoča izvesti skoraj optimalen iskani sistem.

V diplomskem delu sem programsko orodje Epanet uporabil za prikaz hidravličnih razmer in primerjavo starosti vode na vodovodnem sistemu Besnica. V različnih simulacijah sem prikazal primerjavo tlakov na posameznih vozliščih, hitrosti vode po celotnem sistemu, spreminjanje gladine vode v vodohranu in starost vode v posameznih vozliščih. Na podlagi dobljenih rezultatov sem variante lažje ovrednotil ter, če je bilo potrebno iskal alternativne rešitve.

3 PROJEKT VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA

V tem poglavju bom opisoval trenutno predviden projekt vodovodnega sistema Besnica in podal rezultate izračunov ter študij, ki obravnavajo problematiko izgradnje novega vodovodnega sistema Besnica. Opisan sistem bom kasneje pri hidravličnih simulacijah obravnaval pod oznako varianta 1.

3.1 Predvidena ureditev območja Besnice

V sklopu projektiranja vodovodnega sistema Besnica je eden glavnih ciljev vključitev izjemno izdatne vrtine ZGB-1/05 v vodovodno omrežje. Za ureditev oskrbe z vodo je predvidena izvedba jaška nad vrtino, vodohrana ter cevovoda med vrtino in predvidenimi odjemalci. Celotna dolžina vodovoda naj bi znašala cca 10 km in vključevala cevi premera DN 50, DN 100 in DN150.

Prvotno predviden projekt izgradnje vodovodnega sistema je vključeval dve fazi, pri čemer naj bi prva faza zajemala izgradnjo črpalnega jaška ter izgradnjo vodovodnega cevovoda med vrtino in predvidenimi porabniki vode, vključno s potrebno armaturo (regulacija tlaka). Sistem bi ob večji porabi vode deloval po principu natege s pomočjo kompresorja za ustvarjanje podtlaka in tako naj bi se na skoraj celotnem območju zagotavljali minimalni tlaki 2,5 bar pri pretoku do 4,0 l/s (izlivna sposobnost vrtine). Do izvedbe druge faze bi pri treh hišah, ki se nahajajo med vrtino in Zgornjo Besnico, ustrezne tlake zagotavljati s pomočjo hišnih hidroforjev.

Druga faza naj bi zajemala vgradnjo predvidene črpalke v vrtino, ki bi po celotnem vodovodnem omrežju zagotavljala pretok do 12 l/s. Delovanje črpalke je predvideno tako, da bi v največji meri varčevala s porabljeno električno energijo, kar pomeni, da bi bilo delovanje črpalke krmiljeno glede na porabo vode v vodovodnem omrežju in nastavljen tlak (2 bar v črpalnem jašku).

Zgoraj opisani fazi izgradnje vodovodnega sistema pa se bosta po vsej verjetnosti spremenili, saj je v vmesnem času prišlo do nekaterih večjih sprememb v hidravličnem modelu in načinu delovanja sistema, npr. zahteva po vključitvi vodohrana. Ta v prvi zasnovi vodovodnega sistema ni bil vključen, ker naj bi zaradi izlivne sposobnosti vrtine obstajale možnosti, da bi sistem deloval brez vodohrana. Po posvetovanju z investitorjem in soglasodajalci se je vodohran vključil v projekt, saj je za zagotavljanje stalne in varne oskrbe ta nujno potreben (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.2 Bilanca porabe vode na območju

Za projektiranje vodovodnega sistema moramo poznati potrebno količino vode, ki jo bomo zagotavljali, zato moramo izračunati bilanco porabe vode na obravnavanem območju. Pri izračunu sem si pomagal z Gradbeniškim priročnikom (2008).

Število porabnikov vode

Podatke o številu prebivalcev sem pridobil na spletni strani statističnega urada (www.stat.si, 22.5.2014). Območje zajema vasi Besnica ter Zgornja in Srednja Besnica, kjer prebiva 357 prebivalcev¹. Po posvetu z vodji vodovodnih odborov na tem območju sem med porabnike vključil tudi 60 glav goveda, ki jih v povprečju oskrbujejo trenutni vodovodni sistemi. K porabi prispeva tudi šola, ki v času največjega obiska oskrbuje do 55 oseb.

Količina vode glede na porabnika

Pri določitvi norme porabe vode posameznih porabnikov sem upošteval vrednosti, ki so podane v Gradbeniškem priročniku (2008, str. 448).

Za stanovanjska naselja vaškega značaja sem upošteval 120 l/os/dan, poraba goveda 60 l/glavo/dan ter učence v šoli 15 l/učenca/dan.

Dnevna poraba

S pomočjo zgoraj navedenih podatkov lahko sedaj izračunam porabo na vodovodnem sistemu v enem dnevu Q_d tako, da število posameznih porabnikov zmnožim z normo njihove porabe.

Preglednica 8: Izračun dnevne porabe na območju

Vrsta porabnik	N [št. porabnikov]	Norma porabe [l/porab./dan]	Q_d [l/dan]
Oseba	357	120 l/os/dan	42.840
Živina	60	60 l/dan	3.600
Šola	55	15 l/učenca/dan	825

SKUPAJ: 47.265 l/dan
47.3 m³/dan

¹ V podatkih statističnega urada sta naselji Besnica in Srednja Besnica združeni (www.stat.si, 22.5.2014).

Poraba in število porabnikov v prihodnje (k_{30})

Vodovodne sisteme se projektira za 30-50 letno obdobje, zato je pri izračunu porabe potrebno upoštevati tudi spremembe v številu prebivalstva v prihodnje. Zaradi spodbujanja kmetijstva in domače pridelave predvidim, da se bo na ruralnem območju doline Besnice letno število prebivalcev povečalo za $p = 0,5\%$.

$$k_{30} = \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = \left(1 + \frac{0,5}{100}\right)^{30} = 1,16$$

k_{30} - koeficient naraščanja prebivalstva

p - letno naraščanje prebivalstva [%]

n - načrtovana doba [leto]

Letno nihanje porabe vode

Poraba vode niha glede na letni čas, pozimi je manjša poleti pa večja, zato bom pri izračunu srednje dnevne porabe Q_{sr} upošteval tudi faktor letnega nihanja porabe vode $k_{let} = 1,5$ (Žitnik in sod., 2008, str. 449).

k_{let} – faktor letnega nihanja

Izgube na vodovodnem sistemu

Pri izračunu predvidene porabe vode moramo upoštevati morebitne izgube na vodovodnem sistemu. Glede na to, da bo sistem novo zgrajen in dobro vzdrževan, predvidim, da izgub na samem cevovodu ne bo oziroma bodo zelo majhne, se pa izgube kot ti. »neomejena poraba« pojavijo pri črpanju, izpiranju vodovodnega sistema in testiranju hidrantnega sistema ter pri morebitnih nedovoljenih odvzemih vode pred števci. Pri izračunu bom zato upošteval faktor $k_{izgube} = 1,15$ (Žitnik in sod., 2008).

k_{izgube} – faktor izgub

Dnevno nihanje porabe vode

Nihanje dnevne porabe se izračuna s koeficientom neenakomerne dnevne porabe, ki je razmerje med največjo oziroma najmanjšo urno porabo vode in povprečno urno porabo vode v dnevu. Pri izračunu bom upošteval faktorja $k_{dnevno\ max} = 2,88$ in $k_{dnevno\ min} = 0,12$ (Žitnik in sod., 2008, str. 450).

Izračun porabe

S pomočjo zgoraj predstavljenih podatkov lahko sedaj določim vse potrebne količine za dimenzioniranje vodovodnega sistema.

$$Q_d = N \times n_p \quad - \text{srednja dnevna poraba danes [m}^3/\text{dan]}$$

$$Q_{d,30} = Q_d \times k_{30} \quad - \text{srednja dnevna poraba čez 30 let [m}^3/\text{dan]}$$

$$Q_{sr} = Q_{d,30} \times k_{izgub} \quad - \text{srednja dnevna poraba čez 30 let ob upoštevanju izgub na omrežju [m}^3/\text{dan]}$$

$$Q_{max} = Q_{sr} \times k_{let} \quad - \text{upoštevanje letnega nihanja porabe vode [m}^3/\text{dan]}$$

$$q_{max} = q_{sr} \times k_{max} \quad - \text{maksimalna urna poraba v dnevu [l/s]}$$

$$q_{min} = q_{sr} \times k_{min} \quad - \text{minimalna urna poraba v dnevu [l/s]}$$

$$Q_d = N \times n_p = 42,8 + 3,6 + 825 = 47,3 \text{ m}^3/\text{dan}^2$$

$$Q_{d,30} = Q_d \times k_{30} = 47,3 \times 1,16 = 54,9 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{sr} = Q_{d,30} \times k_{izgube} = 54,9 \times 1,15 = 63,1 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$Q_{max} = Q_{sr} \times k_{let} = 63,1 \times 1,5 = 94,6 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$q_{sr} = (94,6 \times 1000) / (60 \times 60 \times 24) = 1,1 \text{ l/s}$$

$$q_{max} = 2,88 \times q_{sr} = 3,2 \text{ l/s}$$

$$q_{min} = 0,12 \times q_{sr} = 0,1 \text{ l/s}$$

Maksimalna urna poraba na obravnavanem območju, ki jo predvideva zgoraj naveden izračun, znaša 3,2 l/s brez upoštevanja količine vode za gašenje požarov, ki po pravilniku za obravnavano območje zahteva 10 l/s vode za gašenje požarov in dinamični tlak 2,5 bara. Tako imamo vhodne podatke za iskanje kritičnih pretokov na sistemu pripravljene in se lahko lotim hidravličnega modeliranja vodovodnega sistema.

3.3 Podzemna voda

Podzemne vode so vir pitne vode kar 97% vseh prebivalcev Slovenije, zato je njihova kakovost zelo pomembna. Preverjanje ustreznosti z monitoringom podzemnih voda vsako leto izvaja Agencija za okolje RS (ARSO), ki po določenem programu odvzema vzorce vode na vodnjakih in izvirihi namenjenih oskrbi s pitno vodo. Skupno se 2 do 4-krat letno analizira približno 150 različnih parametrov na vsakem vzorcu, ki omogočajo določanje kemijskega stanja vodnega telesa (Ambrožič in sod., 2008).

»Kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode se ugotavlja za vsako leto posebej in za vsako vodno telo ali skupino vodnih teles podzemne vode na podlagi rezultatov kemijske analize vzorcev vode, ki se pridobijo z rednim in enakomernim vzorčenjem v vodnjaku ali na

² Vrednosti so povzete iz Preglednice 8 - Izračun dnevne porabe na območju

izviru, kjer se podzemna voda odvzema kot pitna voda, na opazovalni vrtini, ki je namenjena meritvam parametrov podzemne vode, ali na izviru, ki je iztok iz telesa podzemne vode.«
(Uredba o standardih kakovosti podzemne vode, Uradni list RS št. 100/2005)

Preglednica 9: Standardi kakovosti podzemne vode (Uredba o standardih kakovosti podzemne vode, Uradni list RS št. 100/2005, priloga 1)

Onesnaževala – parametri podzemne vode	Izražen kot	Enota	Standard kakovosti
OSNOVNI PARAMETRI PODZEMNE VODE			
Nitrati	NO3-	mg/l	50
Posamezni pesticid ter njegovi relevantni* razgradni produkti		µg/l	0,1
Vsota vseh izmerjenih pesticidov in njihovih relevantnih razgradnih produktov **		µg/l	0,5
INDIKATIVNI PARAMETRI PODZEMNE VODE			
Amonij	NH4+	mg/l	0,2
Kalij	K+	mg/l	10
Ortofosfati	PO43-	mg/l	0,2
Lahkohlapni alifatski halogenirani ogljikovodiki:			
– Diklorometan		µg/l	2,0
– Tetraklorometan		µg/l	2,0
– 1,2-dikloroetan		µg/l	3,0
– 1,1-dikloroeten		µg/l	2,0
– Trikloroeten		µg/l	2,0
– Tetrakloroeten		µg/l	2,0
– Vsota lahkohlapnih alifatskih halogeniranih ogljikovodikov***		µg/l	10
Mineralna olja		µg/l	10
Krom	Cr	µg/l	30

Na podlagi pridobljenih rezultatov se ugotovi kemijsko stanje (dobro/slabo) in ovrednoti trende onesnaženosti. Če vodno telo podzemne vode pridobi status območja degradiranega okolja (11. člen Uredbe o standardih kakovosti podzemnih voda, Uradni list RS št. 100/2005) je skladno z Zakonom o varstvu okolja (ZVO-1, Uradni list RS št. 39/06 – UPB) potrebno začeti izvajati sanacijske ukrepe. Da se takšnemu negativnemu stanju izognemo je potrebno vodne vire varovati ter že pred začetkom uporabe prepoznati možne vire onesnaženja in jih ustrezno sanirati. Morebitne vire onesnaženja na področju doline Besnice bom obravnaval v enem od naslednjih poglavij.

3.4 Zajetje podzemne vode z vrtino ZGB-1/05 v Zgornji Besnici

Cilj, ki bi omogočil zagotavljanje zadostne količine pitne vode v vodovodnem sistemu Besnica je bil poiskati izdaten in neoporečen vodni vir v neposredni bližini, saj v tem primeru ne bi bila potrebna izgradnja dodatnih objektov za pripravo pitne vode. Zato je bila leta 2005 na podlagi hidrogeoloških raziskav izvrtana kaptažna vrtina ZGB-1/05, ki naj bi oskrbovala dolino Besnice s pitno vodo.



Slika 5: Vrtina ZGB-1/05 (lasten posnetek)

Vrtina je v dolomitu izvrtana do globine 122 m (Mencej in Šetina, 2008) in zajema vodo pod arteškim tlakom 0,68 bar (Hidroinženiring d.o.o., 2008). Zajeta podzemna voda se nahaja v razpoklinskem vodonosniku na odsekih od 65 do 89 m ter od 95 do 101 m. Od površine do globine 10 m je opremljena z jeklenimi cevmi DN 200, naprej do globine 60 m pa z jeklenimi cevmi DN 150. Globlje se glede na vodonosnik izmenjavajo polne in preluknjane (filterske) cevi DN 100 (Mencej in Šetina, 2008).

3.4.1 Izdatnost vrtine ZGB-1/05

Samoizlivna izdatnost vrtine niha glede na količine vode v vodonosniku. Tako je med letoma 2005 in 2010 v povprečju samoizlivnost znašala 2,2 l/s, najmanjša vrednost je bila v času suše 1,75 l/s (12.3.2008), največja pa takoj po izdelavi vrtine 4 l/s. Za preverjanje maksimalne izdatnosti so bili izvedeni tudi črpalni preizkusi (glej sliko 10), ki so pokazali, da se gladina vode spusti 10 m pod ustje vrtine pri konstantnem črpanju 12 l/s.

V spodnjih tabelah so prikazana posamezna merjenja samoizliva na vrtini ZGB-1/05 v letu 2008 in 2009. Pri izvajanju teh meritev so bili izvedeni tudi sanitarno–higienski in hidrogeološki pregledi, ki so odkrili morebitne možne vire onesnaženja v najožjem vodovarstvenem območju vrtine. (Žibrat in Mencej, 2009).

Preglednica 10: Rezultati merjenja samoizliva na vrtini ZGB-01/05 v letu 2008 (Žibrat in Mencej, 2009)

Datum	Pretok [l/s]	Vodno stanje
12.3.2008	1,75	Nizko
01.04.2008	2,0	Srednje
22.04.2008	2,5	Visoko
23.05.2008	2,5	Srednje do visoko
05.06.2008	2,4	Srednje
13.06.2008	2,4	Srednje
16.06.2008	2,4	Srednje do visoko
25.06.2008	2,5	Srednje do visoko
03.07.2008	2,4	Srednje
05.08.2008	2,5	Srednje do visoko
18.08.2008	2,2	Srednje

Preglednica 11: Rezultati merjenja samoizliva na vrtini ZGB-1/05 v letu 2009 (Žibrat in Mencej, 2009)

Datum	Pretok [l/s]	Temperatura[°C]	Vodno stanje
15.4.2009	1,95	9,9	Nizko do srednje
16.7.2009	1,8	9,8	Nizko
15.9.2009	1,75	9,8	Nizko
3.10.2009	1,75	9,8	Nizko
9.10.2009	1,75	9,7	Nizko
23.10.2009	1,8	9,8	Nizko do srednje
16.11.2009	1,85	9,8	Nizko do srednje
17.11.2009	1,9	9,8	Srednje
19.11.2009	1,8	9,7	Nizko
25.11.2009	2,0	9,7	Srednje do visoko
28.11.2009	2,0	9,7	Srednje do visoko
7.12.2009	1,9	9,5	Srednje
14.12.2009	2,0	9,7	Srednje
23.12.2009	1,9	9,7	Srednje
29.12.2009	2,1	9,8	Srednje do visoko

3.4.2 Fizikalno–kemijske in mikrobiološke lastnosti vode

Na podlagi Zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili (Uradni list RS št. 52/00, 42/02 in 47/04 - ZdZPZ) je bil izdan Pravilniku o pitni vodi Republike Slovenije (Pravilnik o pitni vodi Uradni list RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09).

»Ta pravilnik v skladu z Direktivo Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Uradni list RS št. 330 z dne 5. 12. 1998, str. 32), določa zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda, z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli onesnaženja pitne vode.«

Pravilnik med drugim vpeljuje tudi obvezo notranjega nadzora po sistemu HACCP (angl. Hazard Analysis Critical Control Point oziroma Analiza tveganja kritičnih kontrolnih točk sistema) tudi na področje javne oskrbe s pitno vodo. Nadzor omogoča prepoznavanje mikrobioloških, kemijskih in fizikalnih povzročiteljev, ki lahko predstavljajo potencialno nevarnost za zdravje ljudi. Načrt HACCP torej predstavlja analizo tveganj na vodovarstvenem območju, v objektu zajema, pri pripravi in predelavi vode ter na območju cevovodnega sistema vse do pipe potrošnika (Žitnik in sod., 2008.).

V primeru vrtine ZGB-1/05 je vodo odzema in preizkušal Zavod za zdravstveno varstvo Ljubljana vse od leta 2005, ko je bila vrtina izdelana. Skupno je bilo do vključno leta 2009 odvzetih 24 vzorcev za preizkušanje fizikalno–kemijskih lastnosti in 38 vzorcev za preizkušanje mikrobioloških lastnosti vode. Vsi vzorci v tem obdobju so bili skladni s Pravilnikom o pitni vodi, le dva vzorca mikrobiološko nista bila skladna. Do tega je po vsej verjetnosti prišlo zaradi del na jarku, ki poteka poleg vrtine in obilnejših padavin v času odvzema vzorca. Verjetno je del površinske vode ob vrtini pronical do globine zajemanja vode, kar je posledično prikazalo neugodne rezultate mikrobioloških preizkušanj (Žibrat in Mencej, 2009).



Slika 6: Odvzem vode iz vrtine ZGB-1/05 (Žibrat in Mencej, 2009)

Na podlagi teh dognanj so bili predlagani nekateri ukrepi v bližini vrtine (v najožjem vodovarstvenem območju), ki bodo preprečili možno ponovitev mikrobiološkega neskladja.

Ti ukrepi so:

- fizično zavarovanje zajetja ter opozorilna tabla,
- odstranitev divjih odlagališč,



Slika 7: Divja odlagališča v bližini vrtine (Žibrat in Mencej, 2009)

- odvodnjavanje površinske vode v jarku in s ceste,



Slika 8: Predlog začetka izgradnje vodotesnega jarka za odtekanje vode iz območja vrtine (Žibrat in Mencej, 2009)

- ureditev odvodnjavanja območja nizvodno od vrtine v primeru poplavljanja potoka Besnica.



Slika 9: Izvir 100m vzhodno od vrtine (možni dodatni vir vode ob obilnejših padavinah – poplavljanje) (Žibrat in Mencej, 2009)

V nadaljevanju so prikazane še preglednice, ki prikazujejo rezultate mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj vode odvzete na vrtini ZGB-1/05 od leta 2005 do 2009.

Preglednica 12: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2005 (Žibrat in Mencej, 2009)

Vzorci pitne vode				
Datum	Mikrobiološki preskusi		Fizikalno – kemijski preskusi	
	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen
21.1.2005	Redni	Skladen	-	-
24.1.2005	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
10.8.2005	Redni	Skladen	Občasni	Skladen

Preglednica 13: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2006 (Žibrat in Mencej, 2009)

Vzorci pitne vode				
Datum	Mikrobiološki preskusi		Fizikalno – kemijski preizkusi	
	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen
1.6.2006	Redni	Skladen	Redni	Skladen
28.8.2006	Občasni	Neskladen	Občasni	Skladen
11.9.2006	Občasni	Skladen	-	-
17.10.2006	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
8.11.2006	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
29.11.2006	Redni	Skladen	-	-

Preglednica 14: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2007 (Žibrat in Mencej, 2009)

Vzorci pitne vode				
Datum	Mikrobiološki preskusi		Fizikalno – kemijski preizkusi	
	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen
23.1.2007	Redni	Skladen	-	-
15.2.2007	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
12.4.2007	Redni	Skladen	Redni	Skladen
26.7.2007	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
3.9.2007	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
3.10.2007	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
26.10.2007	Občasni	Neskladen	Redni	Skladen
14.12.2007	Občasni	Skladen	-	-

Preglednica 15: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2008 (Žibrat in Mencej, 2009)

Vzorci pitne vode				
Datum	Mikrobiološki preskusi		Fizikalno – kemijski preizkusi	
	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen
12.3.2008	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
1.4.2008	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
15.4.2008	-	-	Redni	Skladen
22.4.2008	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
16.6.2008	Redni	Skladen	Redni	Skladen
18.8.2008	Redni	Skladen	Redni	Skladen

Preglednica 16: Rezultati mikrobioloških in fizikalno-kemijskih preizkušanj v letu 2009 (Žibrat in Mencej, 2009)

Vzorci pitne vode				
Datum	Mikrobiološki preskusi		Fizikalno – kemijski preizkusi	
	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen	Redni/Občasni	Skladen/Neskladen
15.4.2009	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
16.7.2009	Občasni	Skladen	Redni	Skladen
15.9.2009	Redni	Skladen	Redni	Skladen
9.11.2009	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
17.11.2009	Občasni	Skladen	Občasni	Skladen
7.12.2009	Občasni	Skladen	Redni	Skladen

Petletna spremljava skladnosti pitne vode iz zajetja z vrtino ZGB-1/05, je pokazala, da voda ustreza vsem zahtevam Pravilnika o pitni vodi. Zavod za zdravstveno varnost Ljubljana je podal mnenje, da bo po izvedbi prej omenjenih sanacijskih ukrepov v najožjem vodovarstvenem območju, vrtino možno vključiti v sistem oskrbe s pitno vodo.

Pred vključitvijo vrtine v vodovodni sistem bo potrebno izvesti črpalni preizkus ter preveriti lastnosti vode. Te bodo morale ustrezati navedenim vrednostim v prilogi 1 Pravilnika o pitni vodi (Žibrat in Mencej, 2009).

3.5 Možni viri onesnaženja podzemne vode v vrtini ZGB-1/05 ter predlagane sanacije

Onesnaženje vodnega vira je največja nevarnost pri zagotavljanju pitne vode. Varovanje vodnega vira je zato prioriteta in jo moramo zagotoviti pred in med gradnjo vodovodnega sistema ter tudi v njenem obratovalnem obdobju. Niti kakovost in izdatnost vira ne pomenita nič, če je vodni vir izpostavljen onesnaženju. Pred letom 2002, ko je v veljavo vstopil Zakon o vodah, smo območja v bližini vodnega vira razdelili na vodovarstvene pasove, danes pa jim pravimo vodovarstvena območja (Mišigoj, 2003).

Vodovarstvena območja (v nadaljevanju VVO) se določajo na osnovi strokovnih podlag, ki temeljijo na hidrogeoloških karakteristikah vodonosnikov. V osnovi se delijo na prvo, drugo in tretje območje, ki se po intenzivnosti varovalnih ukrepov razlikujejo glede na oddaljenost od vodnega vira. Pomemben je čas pronicanja onesnaženja do vodnega vira, ta čas pa je odvisen od tal (plastovitost, prepustnost, nagib plasti, vrste zemljine), vodnega vira (smeri, globine in hitrosti pretakanja), nagiba celotnega terena in prispevnega območja (Žitnik in sod., 2008). Podrobnejša razčlenitev vodovarstvenih območij, ki jo uporablja MOL pa je prikazana v spodnji tabeli.

Preglednica 17: Vodovarstvena območja v Mestni občini Ljubljana (www.ljubljana.si, 8.9.2013)

VVO 0	Območje zajetja predstavlja ograjeni del VVO neposredno ob zajetju. Tu je potrebno zagotoviti varovanje zajetja pred neposrednim poškodovanjem objektov zajetja in neposrednim vnosom onesnaževal v zajetje ali njegovo bližino.
VVO I	Območje neposredno ob zajetju, kjer je glede na naravne danosti razredčenje majhno, onesnaževala pa hitro dospejo do zajetja, zato se tu izvaja varovanje z najstrožjim vodovarstvenim režimom.
VVO IIA	Ožje območje s strogim vodovarstvenim režimom
VVO IIB	Ožje območje z manj strogim vodovarstvenim režimom
VVO III	Širše območje, na katerem se izvaja varovanje z blažjim vodovarstvenim režimom. Zajema celotno napajalno območje zajetja in je namenjeno dolgoročnemu zagotavljanju zdravstvene ustreznosti pitne vode.

Zakonsko podlago o vodovarstvenih območjih v 74. členu podaja Zakon o vodah (Uradni list RS št. 67/2002, 57/2008, 57/2012 z dne 26. 7. 2002), medtem ko pa se v 76. členu zakon našteva omejitve in prepovedi dejavnosti za posamezna območja.

74. člen Zakona o vodah :

»(1) Da se zavaruje vodno telo, ki se uporablja za odvzem ali je namenjeno za javno oskrbo s pitno vodo pred onesnaževanjem ali drugimi vrstami obremenjevanja, ki bi lahko vplivalo na zdravstveno ustreznost voda ali na njeno količino, vlada določi vodovarstveno območje.

(2) Vlada lahko na predlog imetnika vodne pravice za proizvodnjo pijač zavaruje tudi podzemno vodno telo, ki se uporablja za odvzem mineralne, termalne, termomineralne ali druge podzemne vode za proizvodnjo pijač.

(3) Zaradi različne stopnje varovanja se v vodovarstvenem območju lahko oblikujejo notranja območja z različnimi stopnjami varovanja.

(4) V aktu iz prvega odstavka tega člena se določi zlasti:

1. meje vodovarstvenega območja,
2. meje notranjih območij,
3. ukrepe, prepovedi in omejitve na vodovarstvenem območju in posameznih notranjih območjih (v nadaljnjem besedilu: vodovarstveni režim),
4. vrsta rabe vodnega telesa,
5. navedbo lokalne skupnosti, če je vodno telo namenjeno oskrbi prebivalstva s pitno vodo,
6. nadzor nad izvajanjem predpisanega režima.

(5) Vodovarstveno območje se prikaže v načrtu upravljanja z vodami.

(6) Minister v soglasju z ministrom, pristojnim za zdravje, predpiše podrobnejše kriterije za določitev vodovarstvenega območja.«

Podrobnejši opis za določanje vodovarstvenih območij na konkretnem obravnavanem območju lahko najdemo v Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Uradni list RS, št. 115/07, 9/08 - popr., 65/12 in 93/13, 2007). Za zagotavljanje varnosti vodnega vira na obravnavanem območju je bila s strani MOL (Oddelek za gospodarske dejavnosti in promet) naročena raziskava o možnih virih onesnaženja vodovarstvenih območij ZGB-1/05 ter predvidenih sanacijskih ukrepih.

Možni viri onesnaženja na obravnavanem območju se razdelijo po vodovarstvenih območjih. Torej tisti, ki so v najožjem vodovarstvenem območju (VVO I), tisti v ožjem vodovarstvenem območju (VVO IIA in VVO IIB) in viri onesnaženja v širšem vodovarstvenem območju (VVO III). Znotraj te razporeditve, pa se razdelijo še na nevarne do zelo nevarne ter nevarne do manj nevarne možne vire onesnaženja. V prilogi A je prikazana karta ter legenda možnih virov onesnaženja za konkreten primer (Mencej in Šetina, 2008).

3.5.1 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO I

Poleg že prej omenjenih možnih virov onesnaženja (poglavje 3.3.2) v najožjem območju vrtine, bom predstavil še nekaj virov onesnaženja omenjenih v poročilu izvajalca študije (Mencej, Šetina, 2008).

Identificirani možni viri onesnaženja so :

(1) V VVO I je med nevarnejšimi možnimi viri onesnaženja, območje parkiranja kamionov in traktorjev ter nalaganje lesa (glej sliko 10). Tu bi izlitje nafte ali drugih nevarnih snovi lahko hitro povzročilo onesnaženje črpane vode. Kot sanacijski ukrep se prepove parkiranje, vožnja ter nalaganje lesa na tem območju. Predvidi se novo parkirišče izven vodovarstvenega območja.



Slika 10: Parkirišče ob vrtini (črpalni preizkus) (Mencej in Šetina, 2008)

(2) Drugo problematično območje je močvirje severno od vrtine. Pri večjem črpanju, bi lahko v vrtino pritekla tudi voda iz močvirja, kar bi lahko ob izvajanju različnih dejavnosti na tem območju povzročilo onesnaženje. Predvidi se ureditev struge Besnice, da voda ne bi več odtekala na močvirnat predel, ter se prepove vsaka dejavnost na tem območju.

(3) Problematičen je tudi potok ob gozdni cesti, ki poteka po dolini, saj potok ob višjem vodnem stanju teče po površini v bližini vrtine in del vode ponika v tla, ko pa je vodno stanje nizko se potok pojavi kot izvir na območju prikazanem na sliki 11. Izlito onesnaženje na cesti bi potok kaj hitro pripeljal do zajetja in s tem onesnažil vodo. Predlog sanacijskih ukrepov predvideva odvajanje vode v koritnicah ali odprtem obloženem, neprepustnem jarku mimo vrtine v potok Besnico.



Slika 11: Izvir v strugi potoka gorvodno od vrtine in gozdna cesta, ki poteka mimo vrtine (Mencej in Šetina, 2008)

(4) Ob stiku dveh dolin se ustvarja ravnica, ki je kot nalašč primerna za spravilo lesa. Tudi tu bi razlitje naftnih derivatov razmeroma hitro povzročilo onesnaženje vode v zajetju. Zato naj bo sečnja in spravilo lesa pod nadzorom upravljalca vodovoda, poleg tega pa je o nevarnosti potrebno obvestiti tudi lastnike gozdov.

(5) Morebiten problem predstavlja tudi odsek, kjer ponika del vode občasnega potoka. Ta bi ob večjih količinah črpanja (nad 5l/s) lahko povzročil slabše fizikalno-kemijske in mikrobiološke lastnosti vode. Takrat bi bilo potrebno preprečiti ponikanje površinske vode in tako sanirati nastali problem.

(6) Kot zadnji možni vir onesnaženja v VVO I so gozdovi in gozdne poti, kjer največjo težavo predstavlja možnost izlitja večjih količin naftnih derivatov ter uporaba fitofarmaceutskih sredstev. Lastnike gozdov je potrebno obvestiti o možnostih onesnaženja ter o upoštevanju

ukrepov navedenih v Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Mencej in Šetina, 2008).

3.5.2 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO II

(7) V VVO II med nevarne do zelo nevarne možne vire onesnaženja spada le odsek, kjer ponika voda občasnega potoka. Tako kot v VVO I tudi tukaj lahko pride do slabših fizikalno-kemijskih in mikrobioloških rezultatov ob večji količini črpanja (nad 5 l/s). Zato bo potrebno ponikanje vode v potoku preprečiti (npr. koritnice, odprt betoniran obložen jarek) (Mencej in Šetina, 2008).

(8) Prvi med nevarnimi do manj nevarnimi viri onesnaženja je travnik in gozdna cesta ob potoku (glej sliko 12). Gnojenje brez gnojilnega načrta lahko povzroči onesnaženje vode, ki odteka proti vrtini, zato je potrebno upoštevati ukrepe navedene v Uredbi o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Uradni list RS št. 115/07, 9/08 – popr., 65/12 in 93/13, 2007).



Slika 12: Travnik v ožjem vodovarstvenem območju (Mencej in Šetina, 2008)

(9) Kot naslednji možni vir onesnaženja se ponovno pojavlja del potoka, ki občasno ponika. Ob večjem črpanju bi ravno tako lahko povzročil onesnaženje, zato je potok na tem predelu potrebno urediti (koritnice...).

(10) Zadnji možni vir onesnaženja v VVO II pa predstavlja gozdarska dejavnost. Ponovno je potrebno biti previden pri spravilu in sečnji lesa ter uporabi fitofarmaceutskih sredstev, ker do onesnaženja lahko pride razmeroma hitro. Lastnike gozdov je potrebno obvestiti o morebitnih nevarnostih in upoštevanju ukrepov navedenih v Uredbi o vodovarstvenem območju (Mencej in Šetina, 2008).

3.5.3 Pregled možnih virov onesnaženja v VVO III

V tretjem vodovarstvenem območju se pojavljajo podobni možni viri onesnaženja kot v prvem in drugem območju, le da je stopnja tveganja nekoliko manjša. Kljub temu so sanacijski ukrepi podobni in ne dopuščajo izjem.



Slika 13: Možni viri onesnaženja v VVO III - Travnik in del sadovnjaka pod vrhom Kržareja (Mencej in Šetina, 2008)

3.6 Opis predvidenih objektov

Gradnja vodovodnega sistema je obsežen gradbeni ukrep, ki zahteva temeljito pripravo in vključitev vrsto različnih objektov. Upoštevati moramo predpise, navodila in priporočila proizvajalcev opreme. Gradnja je odvisna od številnih dejavnikov kot so: število porabnikov, velikost in razprostrtost naselja, razgibanost terena, število zacetij v sistemu, medsebojna lega zacetja in porabnikov, način gašenja požarov, namembnost vodovoda, pričakovana razširitev omrežja in finančne zmožnosti. Predvidene rešitve je potrebno primerjati, jih finančno ovrednotiti ter zagotoviti možnost realizacije (Žitnik in sod., 2008).

3.6.1 Črpalni jašek

V primeru vodovodnega sistema Besnica bo vodo zagotavljala podtalnica zajeta z vrtino ZGB-1/05. Podtalnica se napaja iz meteorne ali rečne vode, ki pronica v tla skozi propustne plasti in se zadržuje v prazninah nad/med nepropustnimi plastmi. Hitrost črpanja te vode je pogojena s hitrostjo pronicanja in pretakanja vode med plastmi (odvisna od zemljine in njene zrnivosti).

S hitrim napredkom tehnologije (glej sliko 14) je dandanes zajemanje podtalnice z vrtino postalo cenovno bolj dostopno in čas izvedbe takšne vrtine veliko krajši, tako zajeta voda pa je čistejša od površinsko zajetih voda.



Slika 14: Stroj za izdelavo vrtine (<http://users.volja.net/alena44/vas/vrtina/index.html>, 25.7.2014)

Črpalni jašek (glej sliko 15), ki predstavlja začetno točko vodovodnega sistema, je predviden nad lokacijo vrtine. Jašek bo v celoti vkopan armirano betonski objekt 2 x 2,25 m tlorisnih dimenzij in notranje višine 2 m. Od zunaj bo viden le pokrov 10 do 20 cm nad nivojem urejenega terena, dostop za dovoz opreme in materiala pa bo možen po obstoječi poti, ki se bo po potrebi razširila in utrdila. Znotraj jaška bodo nameščene vse potrebne armature in merilniki pretoka ter urejen odcep za direkten izpust vode iz vrtine. Na črpalnem objektu bo pripravljen tudi priključek na elektro omrežje, ki bo potreben za priklop črpalke.



Slika 15: Črpalni jašek Brezno – primer črpalnega jaška (www.regeneracija.si, 12.9.2013)

V vrtino bo vgrajena tudi vodnjaška črpalka (s pomočjo Grundfosovega spletnega orodja WebCaps sem izbral črpalko SP 46-4-C) opremljena s frekvenčno regulacijo za uravnavanje črpanih količin vode glede na porabo. Karakteristike črpalke so priložene v prilogi B. Zaradi možnosti zagotavljanja večjih količin vode od potrebnih, bo ta sistem predstavljal tudi rezervni vodni vir za območja nad dolino Besnice.

Predvidena je tudi primerna zunanja zaščita črpališča. To bo ograjeno z ograjo aluminijskega žičnega pletiva višine 2 m, z dvokrilnimi vrati za vstop vzdrževalcev. Celotno ograjeno območje pa bo veliko 10 x 10 m (Hidroinženiring d.o.o., 2008).



Slika 16: Primer črpališča Brezno (www.regeneracija.si, 12.9.2013)

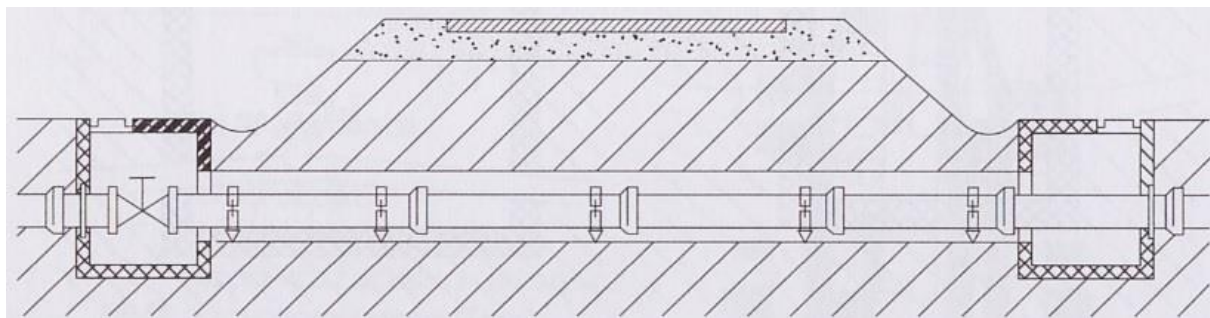
3.6.2 Cevovod

Eno najboljše in zahtevnih gradbenih del predstavlja gradnja cevovoda. Potrebno je zagotoviti povezanost po celotnem območju ter premagati vse geološke, topografske in druge ovire, ki se nahajajo na predvideni trasi cevovodnega omrežja. Zgrajen mora biti tako, da stalno zagotavlja vodo porabnikom ter, da so cevi vedno polne in pod zadostnim tlakom. Da se izognemo morebitnim težavam ali dodatnim stroškom v času gradnje je pripravljenost in poznavanje terena ključnega pomena.

Na nekaj več kot 10 km dolgi trasi cevovoda je za zagotavljanje zadostnih količin vode predvidena vgradnja cevi premera DN 50, DN 100 in DN 150. Z vidika dostopnosti gradbišča in finančno najbolj ugodne rešitve je potek trase določen vzporedno s cesto po dolini Besnice. Predviden odmik od roba vozišča je nekje 1,5 m do 2,5 m, vendar ta na posameznih odsekih zaradi terenskih razmer ali obstoječe pozidave ni mogoč. Na teh delih

bo trasa vodovoda potekala pod cestnim telesom, kjer pa bo potrebna rekonstrukcija cestišča (obnovitev tamponskega sloja ter preplastitev vozišča). Objekti, ki so potrebni na vodovodnem sistemu (podzemni jaški) se bodo v celoti izvedli izven vozišča.

S tehniko vrtnanja se bodo premagala vsa potrebna prečkanja pod voziščem (slika 17), tako da bo teme zaščitne cevi minimalno 1,2 m pod niveleto terena (preprečitev zmrzovanja).



Slika 17: Vodovod pod cesto, položen v zaščitno cev (Žitnik in sod., 2008, str. 446)

Pri prečkanju pod potokom Besnica bo potrebno urediti tudi nastale poškodbe brežine s kamnitimi bloki v dolžini 5 m gor in dol vodno od osi cevovoda.

Težave s previsokim tlakom na območju Spodnje Besnice pa bodo zahtevale vgradnjo nekaj hišnih regulatorjev tlaka, vendar bo to izvedljivo le na odcepkih za skupinske vodovodne priključke (sekundarni cevovod), saj bi zmanjševanje tlaka na glavnem cevovodu ogrozilo oskrbo na višje ležečih predelih cevovoda (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.6.3 Vodohran

Vodohran je osnovni element vodovodnega sistema, ki omogoča shranjevanje vode (glej sliko 18). S svojim volumnom zagotavlja zalogo vode za uravnavanje dnevnega nihanja porabe vode, oskrbuje porabnike v času okvar ali popravil in praviloma zagotavlja količino vode v času gašenja požarov. S svojo lego vodohran zagotavlja primerne tlačne razmere v sistemu od 1 do 7 barov, v času gašenja pa vsaj dinamični tlak 2,5 bara. Izvedba vodohrana mora biti estetska in ekonomična.

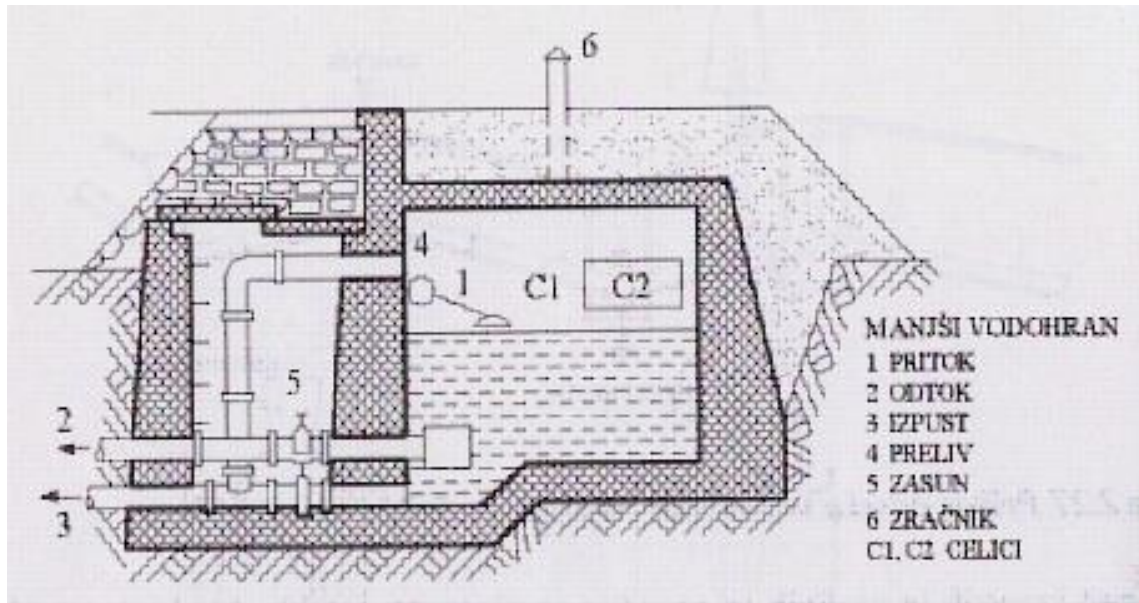
Pri dimenzioniranju vodohrana sta najpomembnejša podatka Q_d (pretok kritičnega dne) in Q_u (urni pretok) v tem dnevu. S pomočjo teh dveh podatkov lahko izračunamo V_f (fluktuirajoča voda) in tako določimo potrebno prostornino vodohrana po enačbi $V_v = V_f + V_p + V_o$ (Žitnik in sod., 2008).

V_v – volumen vodohrana [m³]

V_f – volumen fluktuirajoče vode [m³]

V_p – volumen vode za gašenje požarov [m³]

V_o – volumen vode potrebne v primeru okvare [m³]



Slika 18: Manjši vodohran v prerezu (Panjan, 2002, str. 48)

Vodohran v projektu gradnje vodovodnega sistema Besnica sprva ni bil predviden zaradi zadostne samoizlivne izdatnosti vrtime (tudi za zagotavljanje požarne varnosti), vendar bo vodohran vseeno vključen v projekt vodovodnega sistema, saj bi v primeru okvare omogočal zagotavljanje vode porabnikom.

Dimenzioniranje vodohrana

Kot sem že omenil volumen vodohrana sestavljajo fluktuirajoča voda, voda za gašenje požarov in rezerva vode v primeru okvar.

$V_v = V_f + V_p + V_o$ formula za izračun volumna vodohrana [m³]

Pri izračunu fluktuirajoče vode bom predpostavil, da voda v vodohran doteka konstantno skozi cel dan tako, da bo dotok vode na uro enak 4,17% celotnega volumna.

Preglednica 18: Prikaz dnevne izravnave dotekajoče in porabljene vode v vodohranu
(Mutschman in Stimmelmayer, 1999, str. 20)

Čas [h]	Dotok [% Vd]	Poraba [% Vd]	Količina vode [% Vd]	Σ Razlike [% Vd]	Σ Dotoka [% Vd]	Σ Porabe [% Vd]
1	4.17	1	3.17	3.17	4.17	1
2	4.17	0.5	3.67	6.83	8.33	1.5
3	4.17	0.5	3.67	10.50	12.50	2
4	4.17	0.5	3.67	14.17	16.67	2.5
5	4.17	0.5	3.67	17.83	20.83	3
6	4.17	6.5	-2.33	15.50	25.00	9.5
7	4.17	12	-7.83	7.67	29.17	21.5
8	4.17	8.5	-4.33	3.33	33.36	30
9	4.17	3.5	0.67	4.00	37.50	33.5
10	4.17	3	1.17	5.17	41.67	36.5
11	4.17	3	1.17	6.33	45.83	39.5
12	4.17	4.5	-0.33	6.00	50.00	44
13	4.17	10	-5.83	0.17	54.17	54
14	4.17	9	-4.83	-4.67	58.33	63
15	4.17	1.5	2.67	-2.00	62.50	64.5
16	4.17	1.5	2.67	0.67	66.67	66
17	4.17	2	2.17	2.83	70.83	68
18	4.17	2	2.17	5.00	75.00	70
19	4.17	3	1.17	6.17	79.17	73
20	4.17	5.5	-1.33	4.83	83.33	78.5
21	4.17	9	-4.83	0.00	87.50	87.5
22	4.17	8.5	-4.33	-4.33	91.67	96
23	4.17	3	1.17	-3.17	95.83	99
24	4.17	1	3.17	0.00	100.00	100

V_d – dnevni volumen porabe na sistemu

Dnevno se bo v vodohranu Besnica zamenjalo $V_d = 94,6 \text{ m}^3$ vode, iz česar lahko ugotovim, da bo vsako uro v vodohran priteklo $3,9 \text{ m}^3$ vode. S pomočjo petega stolpca Σ Razlike [% Vd] lahko določim potreben volumen dnevnega nihanja.

$$V_f = (\max - \min) \times V_d = (17,83\% + 4,67\%) \times 94,6 = 21,29 \text{ m}^3$$

Dodatni volumen, ki ga moram upoštevati pri skupnem volumnu vodohrana, je količina vode za gašenje požara. Ta volumen določim s pomočjo Pravilnika o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/91, Uradni list RS, št. 1/95 –

Zsta, 58/99 – ZTZPUS, 52/00 - ZGPro in 83/05). Za obravnavano območje pravilnik določa 72 m³ vode namenjene za gašenje požarov.

$V_p = 72 \text{ m}^3$ - volumen vode, ki je potrebna za gašenje požara

Kot zadnji del volumna pa upoštevam volumen, ki zagotavlja vodo v primeru okvare. Ta znaša 20% dnevne porabe na vodovodnem sistemu (Žitnik in sod, 2008).

$V_o = 20\% \times V_d = 94,6 \times 0,2 = 19 \text{ m}^3$ - volumen, ki zagotavlja vodo v primeru okvare

Torej skupni potrebni volumen vodohrana znaša:

$$V_v = V_f + V_p + V_o \approx 21 + 72 + 19 = 112 \text{ m}^3$$

V projektu za izvedbo vodovodnega sistema Besnica je predviden vodohran velikosti 100 m³, kar je nekaj manj kot sem izračunal zgoraj, zato sem se o izberi velikosti posvetoval s predstavniki JP VOKA. Pridobil sem mnenje, da je vodohran velikosti 100 m³ na območju doline Besnice sprejemljiva rešitev, zato bom pri hidravličnih simulacijah sistema uporabljal vodohran velikosti 100 m³.

3.7 Električna energija

Električno energijo na predvidenem vodovodnem sistemu Besnica bomo potrebovali za delovanje vodnjaške črpalke ter merilne in druge naprave na mestu črpališča. Na lokacijah vseh predvidenih objektov je omogočen dostop do električne energije, tako da dodatna širitev električnega omrežja ne bo bila potrebna. Po določitvi odzemnega mesta s strani distributerja električne energije se bo dovod do objekta uredil s podzemnim kablom, kjer bo stala elektro omara za merjenje porabljene energije. Tako bo vodovodni sistem preskrbljen z dobavo vode tudi v času večje porabe (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.8 Prenos podatkov o izmerah

Za zagotavljanje nemotenega delovanja vodovodnega sistema bo potrebno konstantno spremljanje, ki ga bo opravljal bodoči upravljavec s pomočjo sodobne standardizirane opreme za prenos podatkov. Prenos se bo uredil po brezžičnih zvezah v dispečerski center bodočega upravljavca, ki bo s pomočjo pridobljenih podatkov lažje nadzoroval delovanje vodovodnega sistema. Meritve se bodo izvajale že v fazi gradnje in sicer je predvideno

merjenje nivoja vode v vrtini, merjenje pretoka in kontrola vstopa v ograjeno območje črpališča. Pred zagonom celotnega sistema pa so predvidene vse meritve iz faze gradnje ter dodatno merjenje delovanja črpalke (vklop, izklop) in meritve tlaka v omrežju (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.9 Požarna varnost

V trenutno predvidenem sistemu naj bi z vodovodom zagotavljali tudi požarno varnost, zato je potrebno upoštevati kriterije, ki so podani v Pravilniku o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (Uradni list SFRJ, št. 30/91, Uradni list RS, št. 1/95 – Zsta, 58/99 – ZTZPUS, 52/00 - ZGPro in 83/05). Zagotoviti je potrebno zadostne količine vode za gašenje pri minimalnem dinamičnem tlaku 2,5 bara.

Prvotni načrt je predvideval, da bo po prvi fazi gradnje na celotnem območju zagotovljen odvzem 10 l/s pri tlaku vode 2,5 bar, razen na odseku med vrtino in Zg. Besnico (trije hidranti), po opravljeni drugi fazi pa bo odvzem 10 l/s pri 2,5 bar zagotovljen tudi na problematičnih hidrantih. Tako bo zagotovljena varnost v primeru požara na celotnem območju variante 1 (Hidroinženiring d.o.o., 2008). Vendar sem že v poglavju 3.1 omenil, da je v projektu prišlo do nekaterih sprememb, ki lahko vplivajo na zaporedje izvajanje gradnje, nikakor pa ne bodo zmanjševale požarne varnosti na območju gradnje vodovoda.

Pomembno je tudi, da do požara ne pride na samih vodovodnih objektih. Področje gradnje požarno varnih objektov v RS ureja Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 110/2002 z dne 18. 12. 2002), ki v prvem odstavku devetega člena podaja bistvene zahteve.

Zakon o graditvi objektov – 1. odstavek 9. člena

»(1) Z gradbenimi predpisi se za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo eno, več ali vse naslednje bistvene zahteve:

- mehanske odpornosti in stabilnosti,
- varnosti pred požarom,
- higienske in zdravstvene zaščite in zaščite okolice,
- varnosti pri uporabi,
- zaščite pred hrupom in
- varčevanja z energijo in ohranjanja toplote.« (Uradni list RS, št. 110/2002 z dne 18. 12. 2002)

Ena od zahtev je tudi varnost pred požarom. Zato pri gradnji objektov vključenih v vodovodnem sistemu ni predvidena vgradnja vnetljivih materialov, poleg tega pa so vsi objekti na vodovodnem omrežju vkopani, tako da nastanek požara praktično ni možen (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.10 Geomehanske karakteristike

Kot sem že omenil v poglavju 3.6.2, je poznavanje geomehanske sestave tal ena od stvari, ki nam lahko preprečijo morebitne težave pri sami gradnji vodovodnega sistema. Na območju gradnje vodovodnega cevovoda Besnica so površinske plasti humusne, meljaste in glinene. Verjetno se pod 0,5 m nahaja tudi nekaj dolomita in apnenca ter posamezna območja laporja. V spodnjem delu doline je poleg glinene in lapornate podlage možno pričakovati tudi nanose potoka Besnica, vendar taka sestava tal zagotavlja vsaj 100 do 150 kN/m² obremenitve, kar v primeru gradnje vodovodnega sistema ne predstavlja nikakršnega problema (predvidena obremenitev temeljnih tal zaradi izgradnje objektov bo dosegla maksimalno 80 kN/m²).

V slučaju, da bi pri gradnji zasledili slabši, manj nosilen material, pa bo potreben ogled geomehanika in projektanta, ki bosta podala ustrezno rešitev temeljenja predvidenih objektov. (Hidroinženiring d.o.o., 2008)

3.11 Ravnanje z gradbenimi odpadki

Pri gradnji je pomembno ustrezno ravnanje tudi z gradbenimi odpadki. Glede na to, da se predvideva uporaba naravnih mineralnih materialov (lomljenec in beton) negativen vpliv na okolico ni pričakovan. Večji problem se pojavi pri odpadkih kot so PVC materiali, karton, papir, višek izkopanega materiala, ostanki betona in podobno. Za odpadno embalažo se na gradbišču postavi zabojnike, ki se jih po potrebi prazni na za to primernih deponijah. Višek gradbenega materiala lahko porabimo za zasipanje ostalih objektov ali pa se ga odpelje na stalno gradbeno deponijo. Morebitne nepredvidene odpadke, ki bi se tekom gradnje pojavili, se primerno deponira in s tem zagotavlja čisto gradnjo (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.12 Ureditev gradbišča

Zakonsko ureditev gradbišča določa Pravilnik o gradbiščih (Uradni list RS, št 55/2008, 54/2009 z dne 4. 6. 2008), ki je bil izdan na podlagi šestega odstavka 82. člena in četrtega

odstavka 84. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 110/2002 z dne 18. 12. 2002).

Pravilnik o gradbiščih (Uradni list RS, št 55/2008, 54/2009 z dne 4. 6. 2008):

»Ta pravilnik določa način označitve in organizacijo ureditve gradbišča, vsebino in način vodenja evidence izvajanja del na gradbišču ter način izvajanja sprotne kontrole gradnje.«

Na gradbišču je potrebno zagotoviti ustrezne pogoje za delo, zavarovati območje v skladu z veljavno zakonodajo in vse poškodovane površine po končanih delih ustrezno sanirati ter vzpostaviti v prvotno stanje. Nekaj teh nalog lahko najdemo tudi v načrtu organizacije gradbišča, ki je vsebinsko opisan v tretjem odstavku šestega člena Pravilnika o gradbiščih (Uradni list RS, št 55/2008, 54/2009 z dne 4. 6. 2008).

V pravilniku lahko razberemo, da je potrebno za normalno delovno okolje namestiti gradbiščni bivalnik s pisarno, garderobo in prostorom za shranjevanje priročnega orodja. Potrebno je priskrbeti tudi ustrezne prenosne sanitarije za zaposlene na gradbišču ter urediti redno praznjenje. Predvideno lokacijo gradbiščnih objektov (cca. 50 m²) pa mora izvajalec del predhodno uskladiti z lastniki parcel. Za prometno dostopnost se bo po potrebi utrdilo dovozno pot, sicer pa bo promet potekal po cesti iz Besnice proti Malem Trebeljevem in po nekaterih lokalnih cestah (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

3.13 Izvajanje gradnje in vpliv na vode

Pri gradnji vodovoda je potrebno misliti tudi na potek same gradnje in njen vpliv na vodo, naravo in okolje. Gradnje vodovodnih sistemov se lahko izvajajo v bližini vodovarstvenih območij, zato je možnost onesnaženja toliko večja. Predvideno območje gradnje vodovoda Besnica se v večini nahaja izven vodovarstvenih območji vodnih virov, vanje vstopa le pri izgradnji črpališča nad vrtino ZGB-1/05, v varovalni pas potoka Besnica pa bo vstopil le na nekaterih delih predvidene gradnje. Vpliv gradnje na vodni režim je sicer resda zanemarljiv, vendar je potrebno upoštevati možnosti onesnaženja površinskih plasti zemljine zaradi delovanja gradbene mehanizacije na tem območju. Posebno previdnost je potrebno nameniti gradnji črpališča nad vrtino, saj je ohranitev čistega vodnega vira ključnega pomena.

Prav tako je pri gradnji pomembno uporabljanje naravnih materialov, ki kljub morebitni delovni nesreči ne bi ogrožali okolja (izjeme sta apno in cement). Zato bo gradnja temeljila na uporabi dolomita, lomljenca, betona in kamnitih blokov, izkopen material pa se bo porabljal za zasutje gradbenih jam in obnavljanje poškodovanih brežin potoka. Pozornost je

potrebno nameniti tudi manjši količini tehnološke vode z nekoliko povečanim pH-jem, ki bo nastala zaradi uporabe cementa. To vodo bo potrebno zbrati in jo ponovno uporabiti, oziroma jo odvesti izven varovalnega območja vodotokov in vodovarstvenih območij.

Po končani gradnji bodo vse poškodovane površine prekrivane s humusom ter zatravljene, tudi območje gradbiščnih objektov (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

4 MODELIRANJE POSAMEZNE VARIANTE VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA

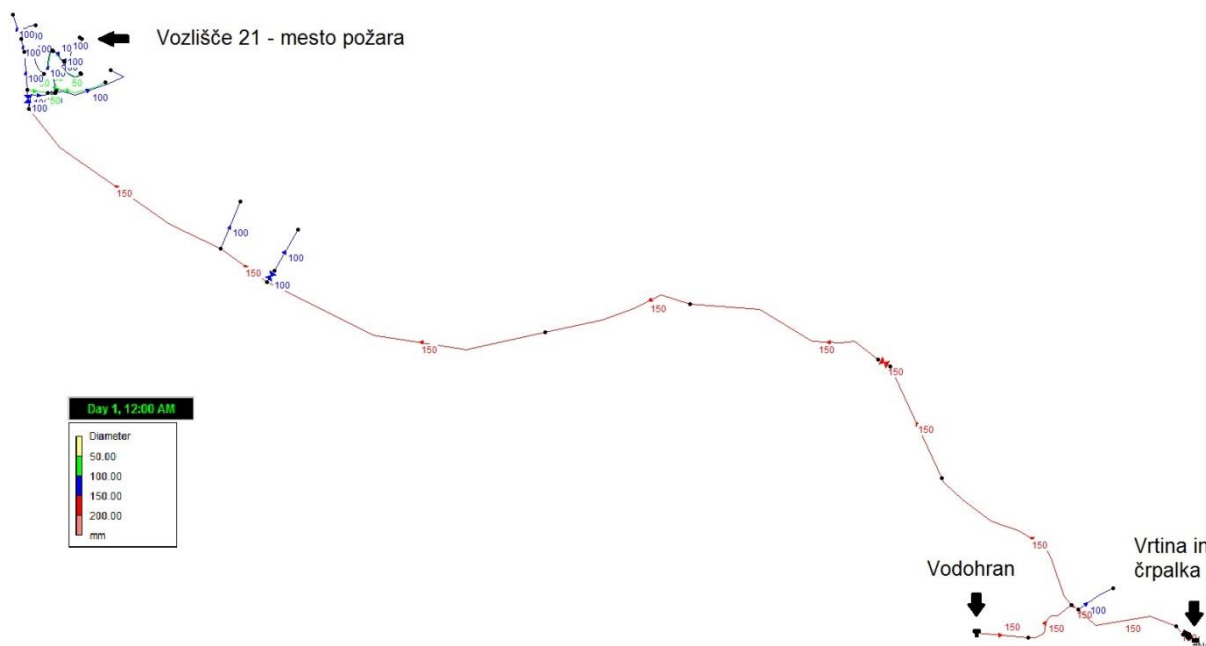
V tem poglavju bom prikazal modeliranje posameznih variant vodovodnega sistema, ki so se tekom raziskovanja pokazale kot možne opcije zagotavljanja pitne vode in vode za gašenje požarov v dolini Besnice. Skupno bom modeliral 3 variante, kjer bo varianta 1 predstavljala trenutno predviden projekt, varianta 2 bo vključevala spremembe na področju zagotavljanja vode za gašenje požarov, pri varianti 3 pa bom zamenjal vodni vir in obrnil smer delovanja vodovodnega sistema. Podrobnejše opise sprememb bom podal v poglavju obravnavane variante.

Za modeliranje sem uporabljal programsko orodje Epanet 2.0 (<http://www.epa.gov>, 2.10.2014), s katerim sem preveril hidravlično situacijo pri posameznih simulacijah vodovodnega sistema. Osnovni model in izračune v obliki datoteke Epanet sem pridobil pri podjetju Hidroinženiring d.o.o., s tem modelom pa sem nato izdelal različne računске primere in opravil simulacije. Pri izračunih sem uporabljal Darcy-Weisbachovo enačbo za določitev trenjskih izgub, l/s kot osnovno enoto in podatke, ki sem jih pridobil pri JP VO-KA in Hidroinženiring d.o.o. (npr. kote terena pri obstoječih objektih, dolžine cevi itd.).

4.1 Varianta 1

V varianti 1 sem simuliral projekt, ki je trenutno predviden za izvedbo in sem ga delno opisal že v poglavju 3. Tukaj vodni vir predstavlja vrtina ZGB-1/05, kjer bo stalo črpališče z vgrajeno vodnjaško črpalko SP-46-4-C, ki sem jo določil s pomočjo Grundfosovega spletnega orodja Webcaps (karakteristike črpalke so podane v prilogi B). V simulaciji sistema bo voda tekla po dolini navzdol v smeri vzhod–zahod, pri zagotavljanju potreb pa bo pomagal tud 100 m³ vodohran, s pomočjo katerega bo zagotovljeno dnevno nihanje porabe vode, voda za gašnji požarov in voda, ki bo skrbela za oskrbo v primeru okvare. Podrobnejše skice predvidenega vodovodnega sistema so prikazane v prilogah D2, D3 in D4.

Na sliki 19 je prikazan model vodovodnega sistema v programu Epanet 2.0, na katerem so podani premeri uporabljenih cevi, lokacija zajetja ter vodohrana in mesto predvidenega požara.



Slika 19: Model vodovodnega sistema varianta 1

4.1.1 Hidravlično modeliranje

S pomočjo programskega orodja Epanet 2.0 sem na že vzpostavljenem modelu z različnimi modifikacijami začel iskati najugodnejšo hidravlično rešitev sistema. Zaradi cilja po čim manjši starosti vode ob pravilnem delovanju sem v modelu vnesel številne spremembe:

- porabo vode posameznih odjemnih mest sem prilagodil tako, da so skladni s količinami iz poglavja 3.2 Bilanca porabe vode,
- zaradi spremenjene velikosti vodohrana sem z enačbo [1] izračunal potrebni premer vodohrana, ki ga za izračune uporablja programsko orodje Epanet. Za vodohran velikosti 100 m³ sem v program vnesel izračunan premer 6,51 m,

Enačba [1]: $V = \pi * r^2 * h$

$$r = \sqrt{\frac{100}{\pi * 3}} = 3,26m \rightarrow D = 2xr = 6,51 m$$

V - volumen vodohrana [m³]

r - polmer vodohrana [m]

h - višina vodohrana [m] (izbral sem višino 3 m)

D - premer vodohrana [m]

- v model sem dodal črpalko nad črpališčem in prilagodil njeno vklopjanje glede na količino vode v vodohranu,
- s pomočjo enačbe [1] sem določil najnižjo raven vodohrana tj. 0,57 m, ki še ohranja količino vode, potrebne v primeru okvare, izračunane v poglavju 3.6.3,

$$h_{rezerve} = \frac{V_{rezerve}}{\pi * r^2} = \frac{19}{\pi * 3,26^2} = 0,57 \text{ m}$$

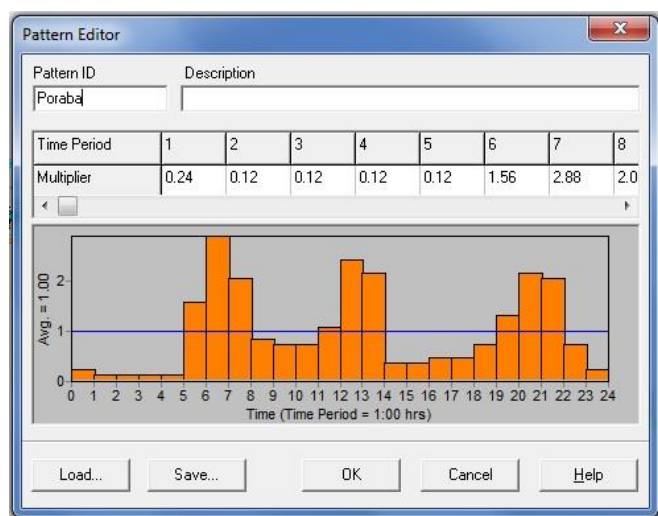
$V_{rezerve}$ - volumen potrebne rezerve v vodohranu [m³]

r - polmer vodohrana [m]

$h_{rezerve}$ - višina vode v vodohrana, ki zagotavlja rezervo [m]

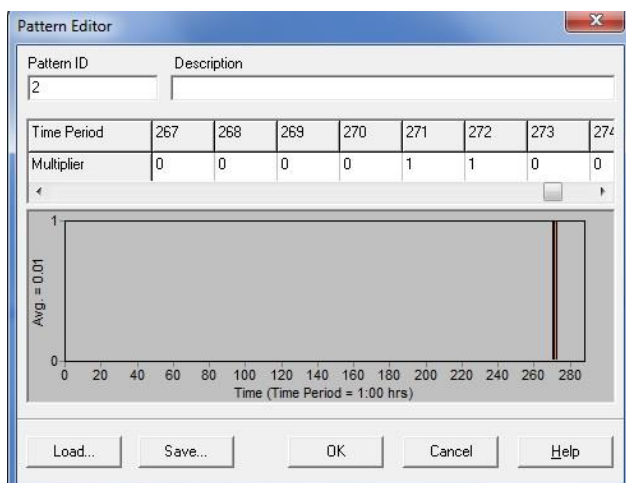
- najvišjo raven gladine vode v vodohranu sem določil na 3 m in višino vode v vodohranu pri začetku simulacije nastavil na 0,6 m,
- v vozlišču »21« (glej sliko 19), kjer simuliram požar, sem vzorec porabe prilagodil tako, da se požar zgodi le enkrat v času simulacije,
- na regulatorju tlaka 5-5.1 sem povišal prepust tlaka, da zagotavljam 2,5 bar na mestu požara v vozlišču »21« (slika 21).

Pri simulacijah sem uporabil dva različna vzorca dnevnega nihanja porabe vode (angl. pattern). Prvi vzorec predstavlja porabo porabnikov (grafikon 1).



Grafikon 1: Vzorec (pattern) porabe vode na območju v času 24ur

Drugi vzorec pa predstavlja porabo vode v primeru požara (grafikon 2). Da sem v sistemu dobil najbolj kritične hidravlične razmere sem požar, ki traja 2 uri, simuliral ravno v času najvišje dnevne porabe, tj. ob 6:00 zjutraj. Za boljši prikaz problematike starosti vode sem požar simuliral v 12-tem dnevu normalnega obratovanja vodovodnega sistema.



Grafikon 2: Vzorec porabe (pattern), ki prikazuje dogodek požara ob 6-ti uri zjutraj v času 288 urne simulacije (12 dni)

4.1.2 Rezultati hidravličnih izračunov

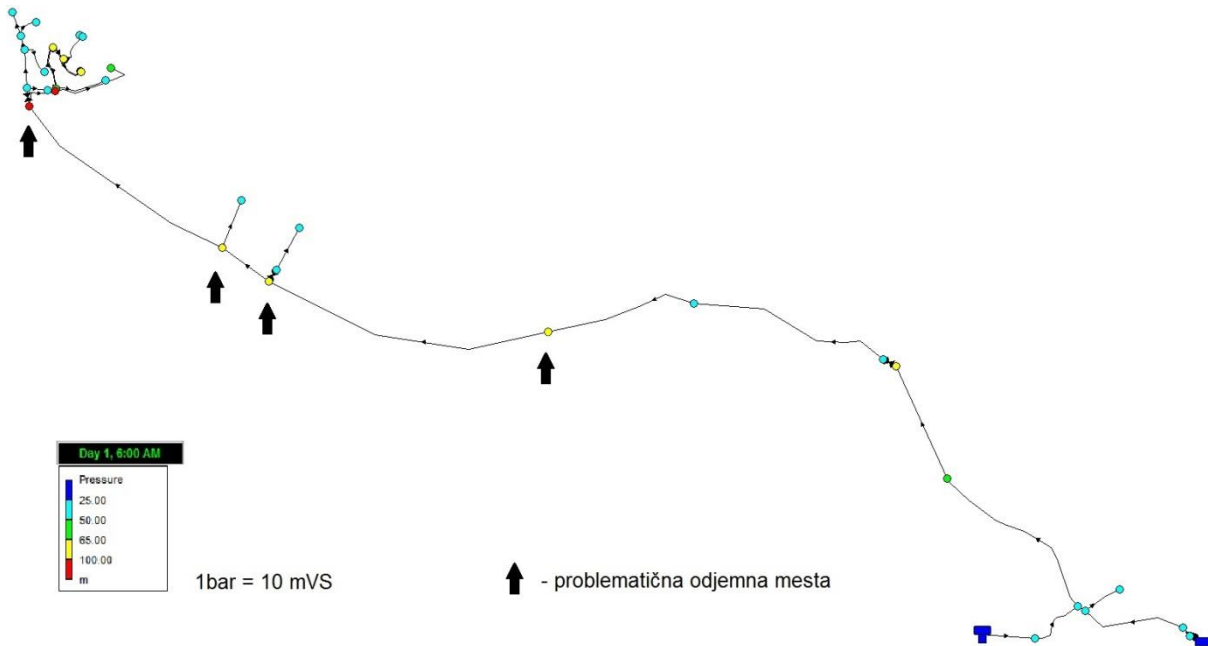
V tem podglavju bom podal dobljene rezultate iz simulacij Epanet 2.0 modela za varianto 1. Prikazal bom hidravlično situacijo na sistemu, ko je poraba vode minimalna, maksimalna in kritična, podal rezultate starosti vode (čas od vira vode do končnega porabnika), ter hitrosti na posameznih odsekih in prikazal razmere v vodohranu skozi daljše obdobje simulacije.

4.1.2.1 Minimalna poraba

Iz grafikona 1 vidimo, da minimalna poraba na sistemu nastopi v zgodnjih jutranjih urah, in sicer med 1:00 in 5:00 uro zjutraj. V tem času so tlaki na sistemu najvišji, vendar se ti zaradi razpoložljive energije in vgrajenih reducirnih ventilov ne razlikujejo bistveno od tlakov v času maksimalne ter kritične porabe. Tlaki ustrezajo mejnim vrednostim 2,5-6,5 bar, problematična so le odjemna mesta (glej sliko 20), kjer tlak preseže priporočene vrednosti, zato bo potrebna vgradnja dodatnih reducirnih ventilov. Ti morajo biti vgrajeni na sekundarnem cevovodu, saj bi zmanjšanje energije na primarnem cevovodu ogrozilo ustrezno oskrbo na višje ležečih predelih vodovodnega sistema. Ta težava se pojavlja pri vseh nadaljnjih simulacijah vodovodnega sistema varianta 1.

4.1.2.2 Maksimalna poraba

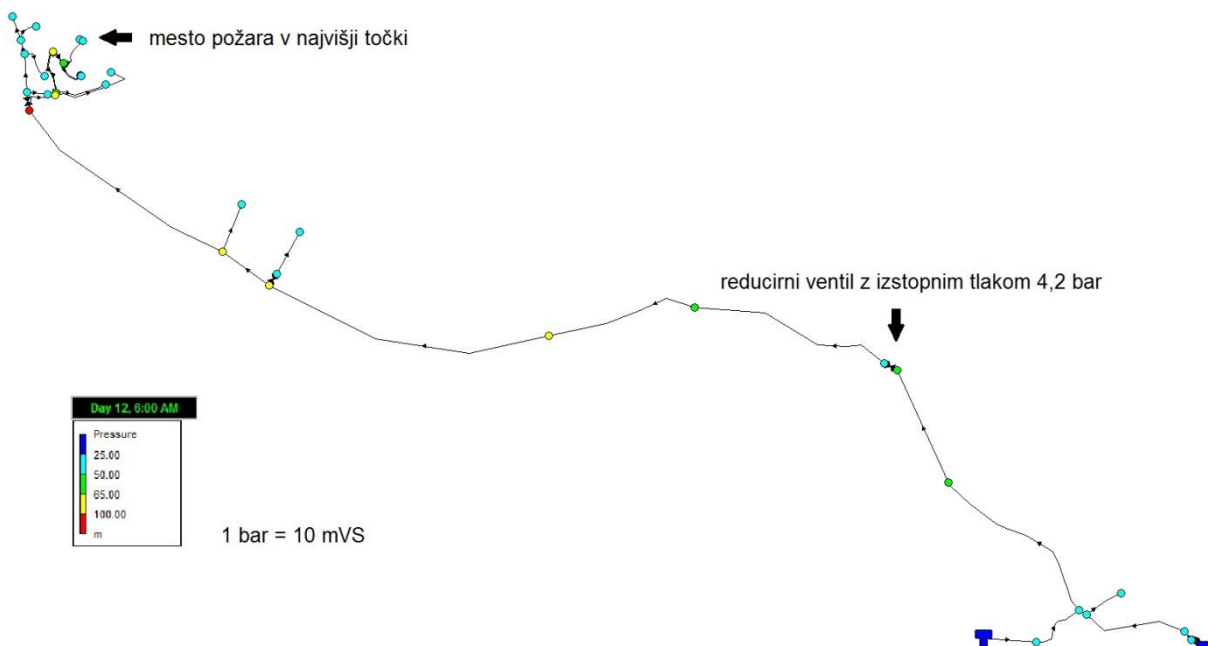
Pri simulaciji maksimalne porabe sem rezultate preverjal ob 6:00 uri zjutraj. Kot kaže grafikon 1 je poraba na vodovodnem omrežju takrat največja. Ugotovim, da se tlaki bistveno ne spremenijo v primerjavi z minimalno porabo in so še vedno v mejah dovoljenega. Situacija tlakov na posameznih vozliščih je grafično enaka kot v času minimalne porabe - slika 20.



Slika 20: Tlaki na omrežju pri maksimalni porabi - varianta 1

4.1.2.3 Kritična poraba

Kritično porabo na sistemu pa lahko razberemo skoraj na koncu 288 urne simulacije, ko sočasno nastopita maksimalna poraba (grafikon 1) ter požar (grafikon 2). To se zgodi ob 6:00 zjutraj v 12-tem dnevu in takrat poraba na sistemu znaša 13,2 l/s. Tlaki na sistemu so v času takšne porabe najnižji, zato moramo preveriti ali so hidravlične zahteve izpolnjene.

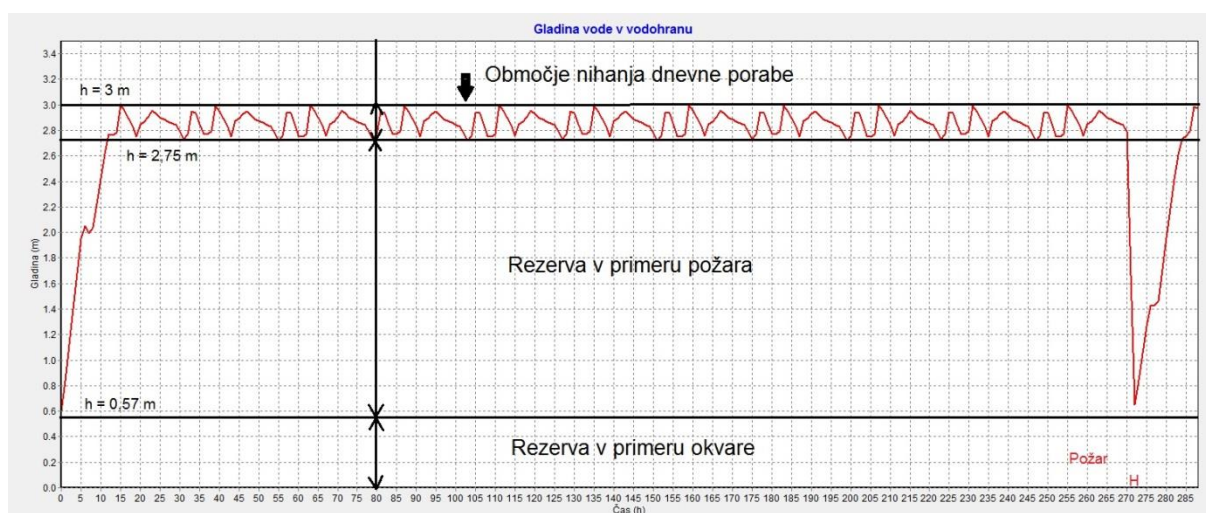


Slika 21: Tlaki na omrežju pri kritični porabi - varianta 1

Kot je vidno iz slike 21 so tlaki na vseh odjemnih mestih v času kritične porabe v mejah dovoljenega 2,5-6,5 bar (le prej omenjena odjemna mesta presegajo mejo 6,5 bar). Problematiko na najbolj kritičnem mestu, kjer simuliram požar, pa sem rešil tako, da sem reducirni ventil 5-5.1, ki je označen na sliki 21 ponastavil na vrednost 4,2 bar. Tako na najvišje ležečem odjemnem mestu (vozlišče 21) v času kritične porabe še zagotavljam nekaj več kot 2,5 bar tlaka potrebnega za gašenje požara.

4.1.2.4 Gladina vodohrana

V spodnjem grafikonu 3 bom prikazal še nihanje gladine vodohrana v 288-urni simulaciji. V tem primeru predpostavim, da se 12. dan zgodi požar, predvidena poraba na ostalih odjemnih mestih pa ostaja enaka.



Grafikon 3: Gladina vode v vodohranu med 288 urno simulacijo s požarom - varianta 1

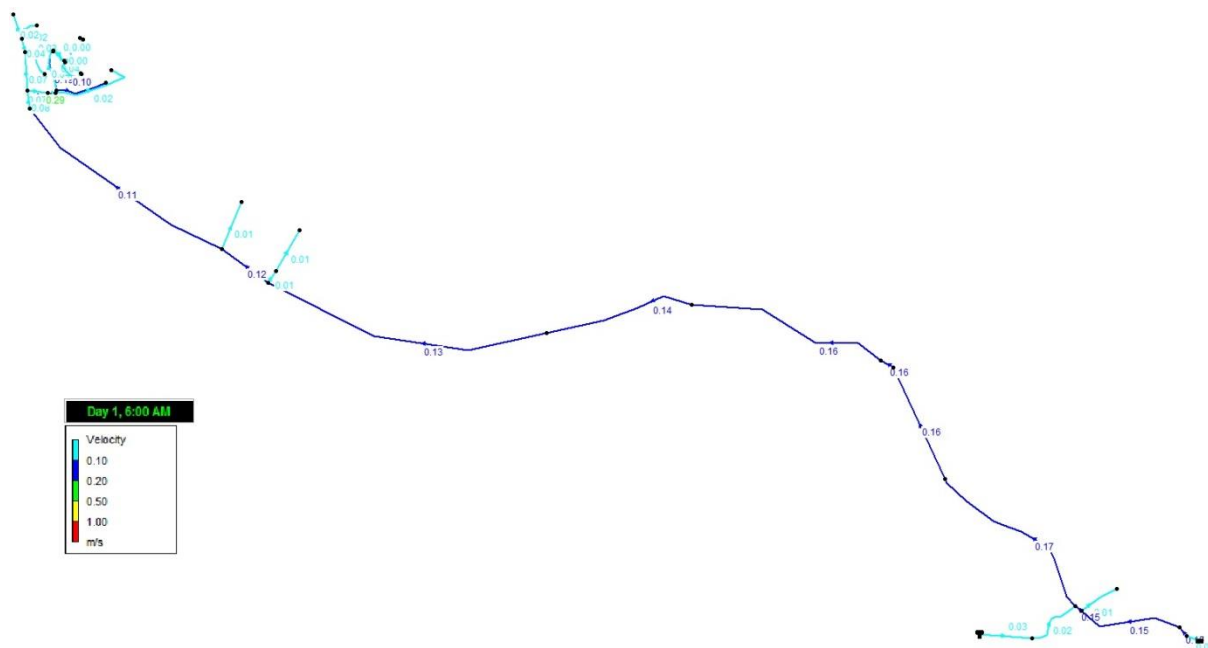
Iz grafikona 3 lahko razberemo, da je bila gladina v vodohranu na začetku simulacije nastavljena na 0,6 m in se nato začne višati. Črpalka napolni vodohran, do maksimalne višine 3 m, nato pa ga dnevna poraba prazni in polni do višine (2,75 m), ki še zagotavlja rezervo požara in okvare v vodohranu. V 270-ti uri delovanja simulacije se zgodi požar in vidimo lahko, da gladina v vodohranu začne strmo padati. V dveh urah simuliranega požara se voda v vodohranu približa gladini 0,6 m, ki še zagotavlja rezervo v primeru okvare, po koncu požarnega dogodka pa črpalka ponovno napolni vodohran in vzorec se ponovi.

4.1.2.5 Hitrosti vode

Hitrost vode v cevovodu je pomembna z vidika ohranjanja kakovosti vode in vzdrževanja čistega prereza vodovodnega sistema. Voda v cevovodu naj bi vsaj enkrat dnevno dosegla hitrost 0,5 m/s, saj s tem preprečimo morebitno odlaganje sedimentov. Če se to ne zgodi tudi

v času največje porabe, ko so hitrosti najvišje, pa je potrebno razmisliti o vgradnji naprav za možnost izpiranja cevovoda. Količina vode za izpiranje cevovoda mora biti enaka 10-kratnemu volumnu cevovoda, ki se izpira (www.vo-ka.si, 9.2.2014).

Ker nam programsko orodje Epanet 2.0 omogoča izračun hitrosti vode na posameznih odsekih vodovodnega sistema, bom s sliko prikazal najvišje hitrosti, ki jih doseže voda v simulaciji variante 1 in s tem preveril ali dosežemo predpisane hitrosti.



Slika 22: Hitrost vode po ceveh - varianta 1

Kot je razvidno iz slike 22, hitrosti na nobenem delu cevovoda ne dosežajo zelenih vrednosti in to kljub temu, da je situacija prikazana v času maksimalne porabe ob 6:00 zjutraj. Ko hitrosti na sistemu pogledamo v času kritične porabe so rezultati sicer mnogo boljši, saj je pretok po sistemu veliko večji, vendar se požar ne dogaja vsakodnevno in zato so za nas pomembne le hitrosti v času največje porabe v običajnem dnevu. Te hitrosti ne dosežajo mejnih vrednosti, zato bo morebitno poslabšanje kakovosti vode potrebno preprečiti z občasnim izpiranjem cevovoda.

4.1.2.6 Starost vode

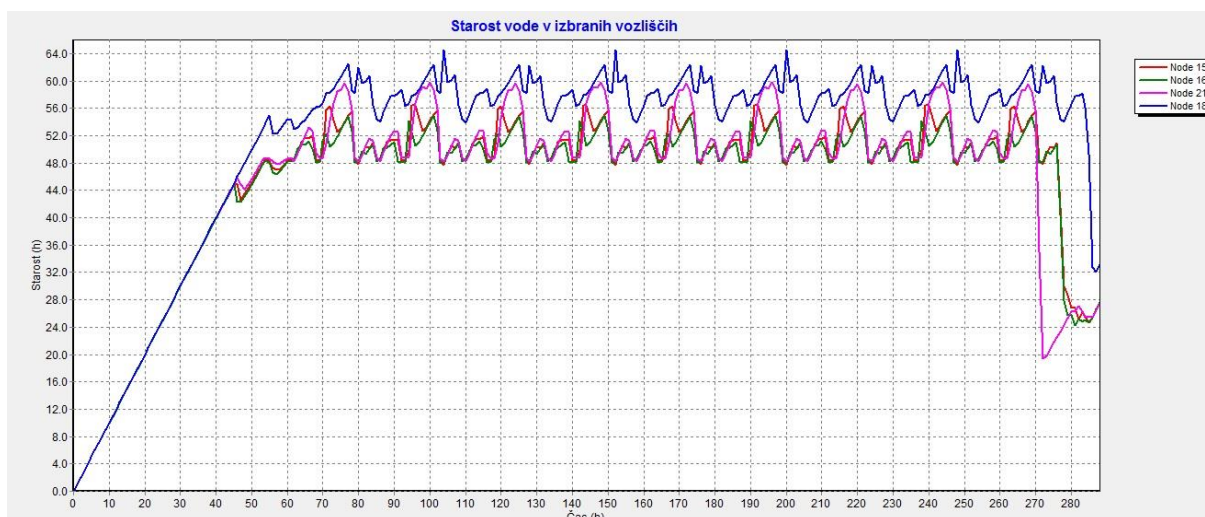
Programsko orodje Epanet 2.0 nam omogoča tudi prikaz starosti, ki jo doseže voda v posameznem delih vodovodnega sistema po določenem času simulacije. Ta podatek je izjemno pomemben indikator z vidika ustreznosti vode, ki preko vodovodnega cevovoda pride do porabnika. Da je voda ustrezna na viru (vhodna točka cevovoda) še ne pomeni, da porabnik pije vodo, ki ustreza standardom podanim v Pravilniku o pitni vodi. Zastajanje vode

v cevovodu in vodohranu lahko resno ogrozi njeno kakovost, zato je dimenzioniranje vodovoda, ki do porabnika dovede ustrezno vodo, zelo pomembno.

Žal neke univerzalne meje, ki določa še ustrezno starost vode ni, saj takšna določitev zahteva številne lastnosti in parametre vode, ki jo obravnavamo, ter opreme, ki jo uporabljamo za distribucijo do porabnikov. Zato sem pri določitvi ali je voda starostno še ugodna upošteval nepisano pravilo, ki ga iz izkušenj upošteva tudi distributer pitne vode na obravnavanem območju MOL, tj. JP VO-KA.

Dosedanje izkušnje JP VO-KA kažejo, da je bolj problematična starost vode v vodohranu, kjer imamo prosto gladino in ne toliko starost vode v cevovodu, ki je tesno zaprt. Zato se upošteva pravilo, da naj voda v vodohranu ne zastaja več kot 48 ur, starost vode v cevovodu pa lahko doseže tudi do teden dni in naj bi bila kakovostno še ustrezna za porabnike.

Na grafikonu 4 bom prikazal starost vode v 4-ih vozliščih, ki so najbolj oddaljeni od črpališča in vodohrana, torej v vozliščih, ki se nahajajo na skrajnem koncu cevovoda. Za boljši prikaz ponavljajočega vzorca, sem uporabil 12 dnevno simulacijo delovanja sistema.

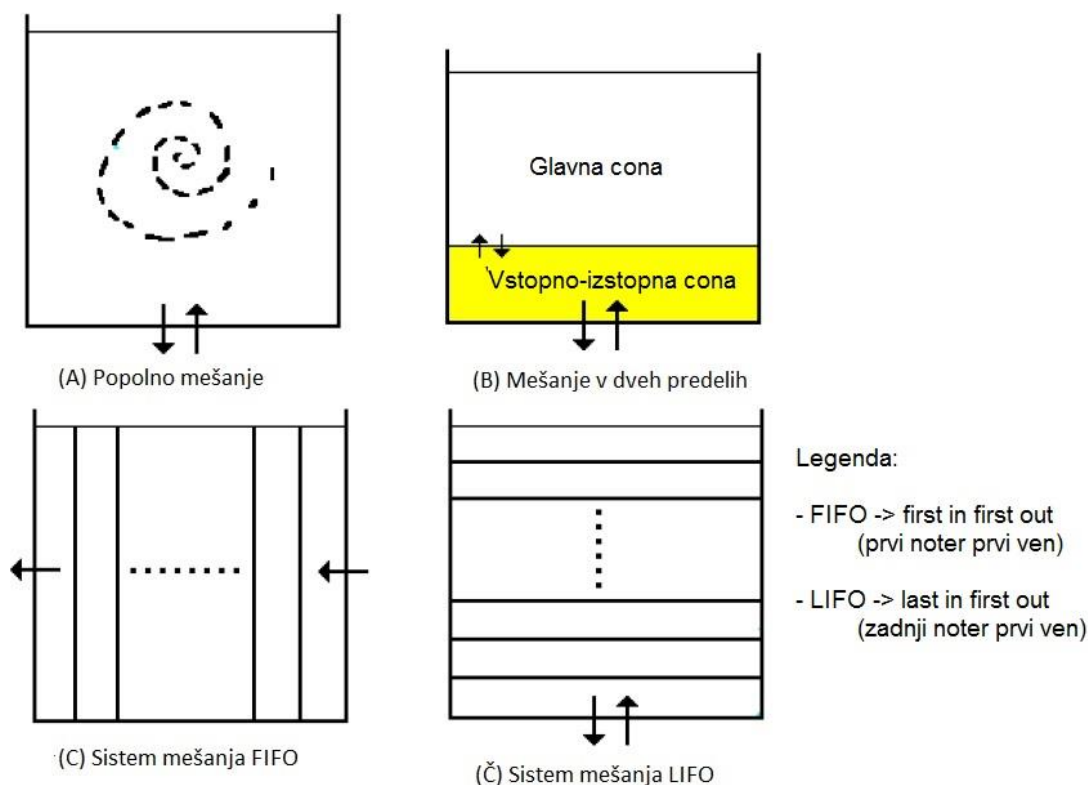


Grafikon 4: Starost vode v izbranih vozliščih po 12ih dneh - varianta 1

Na grafikonu 4 lahko vidimo, da se vzorec začne ponavljati po cca. 70-ih urah običajnega delovanja sistema, najvišjo starost, ki jo doseže voda v tej simulaciji pa znaša 64 ur. Če upoštevamo zgoraj opisana pravila za starostno ustreznost vode je voda na vseh 4-ih vozliščih starostno ustrezna.

Kot sem že omenil pa po izkušnjah JP VO-KA večjo problematiko staranja vode predstavlja vodohran, ki ima prosto vodno gladino, zato bom v nadaljevanju prikazal tudi situacijo na tem objektu vodovodnega sistema.

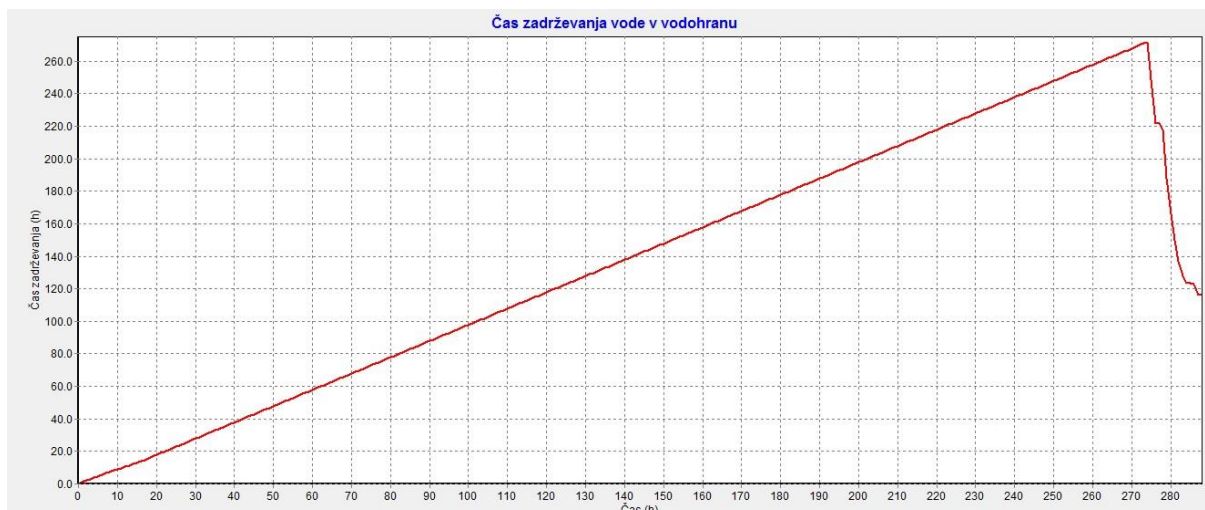
Čas zadrževanja vode v vodohranu je odvisen predvsem od načina njegovega delovanja oziroma načina mešanja vode v njem. V programskem orodju Epanet 2.0 lahko izbiramo med štirimi opcijami, kjer vsaka podaja svoj način mešanja. Vse štiri tipe mešanja bom prikazal v spodnji sliki 23.



Slika 23: Možni načini mešanja vode v vodohranu (Lewis, 2000)

V simulacijah izračunov sem iskal način mešanja vode v vodohranu, ki bi podal čim nižji čas zadrževanja vode v njem in s tem zmanjšal njeno starost. Za najustreznejši model se je izkazal model (A) Popolno mešanje. Starost vode se pri modelu (B) in modelu (C) minimalno poveča, medtem ko način mešanja (Č) linearno povečuje čas zadrževanja vode do nesprejemljivih vrednosti.

V spodnjem grafikonu 5 bom prikazal čas zadrževanja vode v vodohranu, ki ga podaja simulacija pri izbiri načina popolnega mešanja prikazanega v 12 dnevni simulaciji delovanja vodovodnega sistema.



Grafikon 5: Čas zadrževanja vode v vodohranu - varianta 1

Kot lahko razberemo iz grafikona 5 čas zadrževanja nikakor ne ustreza zelenim vrednostim. Razvidno je, da starost v času normalnega delovanja sistema skoraj linearno narašča do starosti 270 ur in v času po požaru, ko se vodohran izprazni pade na še vedno visoko vrednost 115 ur. Predvidevam, da do takšne starosti vode v vodohranu prihaja zaradi količine vode, ki mora ostajati v vodohranu in posledično številnih vklopov in izklopov črpalke, ki ne samo da polni vodohran ampak ves ta čas tudi oskrbuje porabnike. Tako voda, ki bi morala priti iz vodohrana v omrežje, ostaja v vodohranu in zmanjšuje svojo kvaliteto.

Glede na rezultate časa zadrževanja vode v vodohranu, lahko rečem, da voda v tej simulaciji vodovodnega sistema starostno ni ustrezna.

4.1.3 Ocena investicije - varianta 1

Da bom predvidene variante sistema lahko med seboj primerjal, moram izdelal tudi grobo oceno investicije. Izdelava ocene investicijskih stroškov je naloga, kjer je potrebno s čim večjo natančnostjo in v celotnem obsegu predvideti stroške investicije. Pridobiti je potrebno cene posameznih storitev, materialov in naprav, ki jih bomo za izvedbo potrebovali, ter vse združiti v zaključeno celoto. Na podlagi teh ocen se kasneje lažje odločimo za ustrezno izbiro investicije glede na višino celotnih stroškov.

Za prikaz ocene investicije si bom pomagal z dokumentom »Popis del s predizmerami in predračunom« izdelanim s strani podjetja Hidroinženiring d.o.o. maja 2008 za vodovodni sistem Besnica–Zg. Besnica. V tem dokumentu je podan natančen popis takrat predvidenih del in potrebnega materiala s cenami. Ker pa se je projekt v času od leta 2008 do danes dopolnjeval, si bom pri ocenah posameznih dodatnih stroškov pomagal z izračuni investicij

na podobnih vodovodnih sistemih in njihovih komponentah (podatki posredovani s strani podjetja Hidroinženiring d.o.o., 2014).

Pri popisu del s predizmerami in predračunom vodovodnega sistema Besnica je vodovodni sistem razdeljen na 5 posameznih odsekov in črpališče, ne vsebuje pa stroškov vodohrana, ki je bil v projekt vključen kasneje. Stroške vodohrana in cevovoda (odsek 6), ki bo povezoval vodohran s sistemom bom zato dodal v tej oceni investicijskih stroškov.

V spodnjih tabelah bom prikazal oceno vrednosti posameznih delov vodovodnega sistema in na koncu seštel celotno okvirno vrednost investicije.

Črpališče nad vrtino ZGB-1/05

Pri oceni investicijskih stroškov črpališča je potrebno upoštevati zemeljska dela (zakoličba objekta, izkop, zasutje...), betonska dela, tesarska dela (številni opaži), zidarska dela (hidroizolacija, vgradnja lestve in pokrova, tlaki, keramične ploščice...), obrtniška dela (dobava pokrova, pleskanje elementov...), montažna dela, nabavo potrebnega materiala ter elektro napeljave in opreme. V spodnji tabeli bom prikazal stroške izgradnje črpališča po skupinah, podrobnejša razčlenitev del s stroški pa je prikazana v popisu del s predizmerami in predračunom (Hidroinženiring d.o.o., 2008).

Preglednica 19: Prikaz stroškov izgradnje črpališča (Hidroinženiring d.o.o., 2008)

Vrsta stroška	Cena [€]
Gradbena dela	19.000,00
Montaža	3.700,00
Nabava materiala	14.300,00
Elektro napeljava in oprema	17.200,00
Skupaj	54.200,00

Odseki cevovoda

Za lažjo izdelavo ocene investicije je vodovodni sistem razdeljen na 6 odsekov. Predstavil bom sestavo stroškov odseka 1 v dolžini 2520 m, za ostale pa bom podal le končno oceno vrednosti. Pri oceni investicije gradnje vodovodnega cevovoda je potrebno upoštevati gradbena in montažna dela, nabavo materiala ter hišne vodovodne priključke.

Preglednica 20: Prikaz stroškov izgradnje cevovoda odsek 1 (2520 m)

Vrsta stroška	Cena [€]
Gradbena dela	180.400,00
Montažna dela	46.700,00
Nabava materiala	97.700,00
Hišni vodovodni priključki	25.300,00
Skupaj	350.100,00

Vodohran

Kot sem že omenil v začetku poglavja ocena investicije iz leta 2008 še ni vključevala vodohrana v vodovodnem sistemu, zato si bom pri oceni pomagal s podatki gradnje vodohranov na drugih, že izvedenih vodovodnih sistemih. Predpostavim, da bodo vsa potrebna dela na območju v mejah pričakovanega in ne bo prišlo do presenečenj tj. dodatnih del pri izkopu oziroma izvedbi vodohrana. V stroške bom vključil tudi izgradnjo cevovoda, ki bo povezoval vodohran z glavnim cevovodom (665 m), pri čemer bom za izgradnjo tekočega metra cevovoda upošteval ceno 185,00 EUR/m (ocena stroška za cev DN 150 na tekoči meter uporabljena v izračunih investicije vodovodnih sistemov v občinah Sodražica, Kočevje in Ribnica – priloga C).

Preglednica 21: Prikaz stroškov izgradnje vodohrana

Vrsta stroška	Cena [€]
Cevovod do vodohrana - (665 m)	123.100,00
Izgradnja 100 m ³ vodohrana	160.000,00
Skupaj	283.000,00

Skupna vrednost investicije

V skupno vrednost investicije vodovodnega sistema Besnica po varianti 1 je vključena izgradnja črpališča nad vrtino, izgradnja 100 m³ velikega vodohrana in vodovodni cevovod po celotnem območju. Skupni stroški investicije variante 1 so prikazani v preglednici 22.

Preglednica 22: Prikaz stroškov izgradnje celotnega vodovodnega omrežja s pripadajočimi objekti

Vrsta stroška	Cena [€]
Črpališče nad vrtino ZGB-1/05	54.200,00
Vodovod odsek1 - (2520 m)	350.100,00
Vodovod odsek2 - (1940 m)	329.600,00
Vodovod odsek3 - (2240 m)	327.700,00
Vodovod odsek4 - (1372 m)	251.900,00
Vodovod odsek5 - (2652 m)	434.900,00
Vodovod odsek6 - (665 m)	123.100,00
Vodohran - 100 m ³	160.000,00
Skupaj	2.031.500,00

4.1.4 Varianta 1 – opsijska rešitev A

Pri simulacijah variante 1 smo lahko opazili, da nekateri rezultati nakazujejo nesprejemljive vrednosti, zato bom v tem podpoglavju poskušal prikazati rešitev, ki bi po mojem mnenju to problematiko lahko rešila.

Težavo predstavlja predvsem čas zadrževanja vode v vodohranu, kar je posledica količine vode, ki jo zadržujemo (požar+okvara) v primerjavi s količino, ki jo porabijo porabniki na oskrbovanem območju. Vodohran se v simulaciji variante 1 obnaša kot požarni bazen, saj se popolnoma aktivira le ob veliki porabi (cca. >10 l/s), drugače pa se polni in prazni samo 10% volumna.

Težavo bi rešil tako, da bi v aktivni volumen vključil še požarno vodo in s tem zmanjšal čas zadrževanja v vodohranu. Seveda se moramo vprašati ali potem zagotavljamo požarno varnost tudi ravno v času, ko je vodohran prazen in zadržuje le vodo za oskrbovanje v primeru okvare. Odgovor na to vprašanje je da, saj izbrana črpalka lahko sama zagotavlja vodo za gašenje požara in oskrbuje porabnike.

Z izbrano konfiguracijo sistema seveda povečujemo tveganje v primeru požara, saj se ob najbolj neugodnem trenutku lahko zgodi, da vode za gašenje ne bi bilo dovolj. Do kritičnega trenutka bi prišlo ob hkratnem izpadu elektrike ali okvari črpalke in požaru v času, ko je gladina v vodohranu na najnižji ravni (rezerva v primeru okvare). V tem primeru bi bilo na voljo le cca. 20 m³ vode, kar je mnogo premalo za zagotovitev predpisanih količin (72 m³) za takšno naselje. Vendar je verjetnost, da se vse prej opisano zgodi v istem trenutku zelo majhna.

Na grafikonu 6 bom prikazal gladino vodohrana v 48-urni simulaciji, ko se požar zgodi ravno v času najnižje gladine v vodohranu (kritičen trenutek).

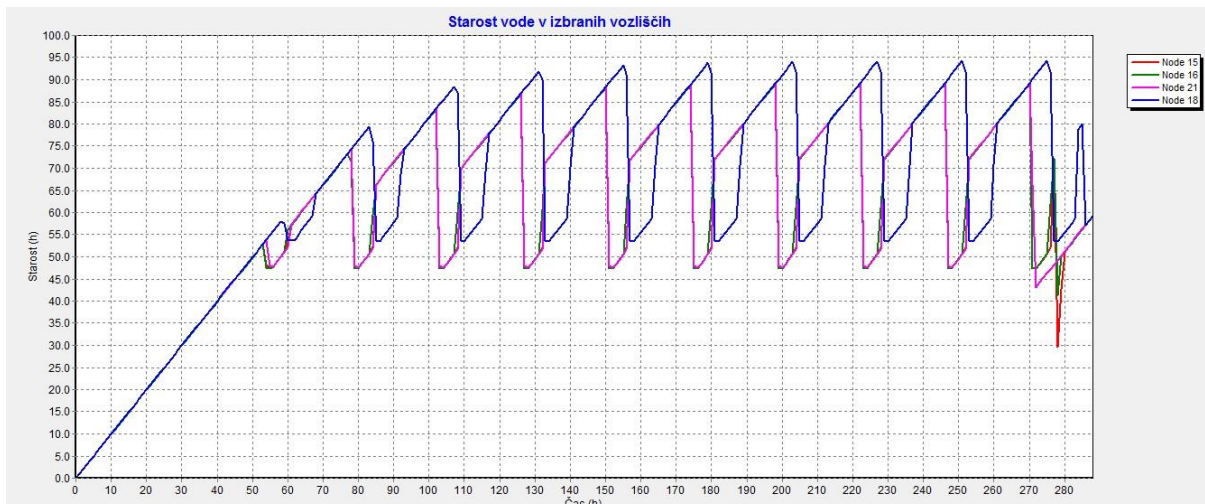


Grafikon 6: Nihanje gladine v vodohranu - varianta 1 opcija A

Na grafikonu 6 lahko vidimo, da simulacijo namenoma začnem z gladino 0,857 m vode v vodohranu. Tako sem dosegel, da je gladina vode v najnižji točki (gladina rezerve v primeru okvare) ravno v času ko se zgodi požar. Nato črpalka sama zagotavlja celotno porabo v času trajanja požara in ko se ta konča, črpalka napolni vodohran ter oskrbuje porabnike. Kasneje se oblikuje vzorec, ki polni in prazni vodohran do gladine rezerve, ki zagotavlja vodo v primeru okvare na vodovodnem sistemu. Sistem torej hidravlično vzdrži tudi v najbolj kritičnem trenutku.

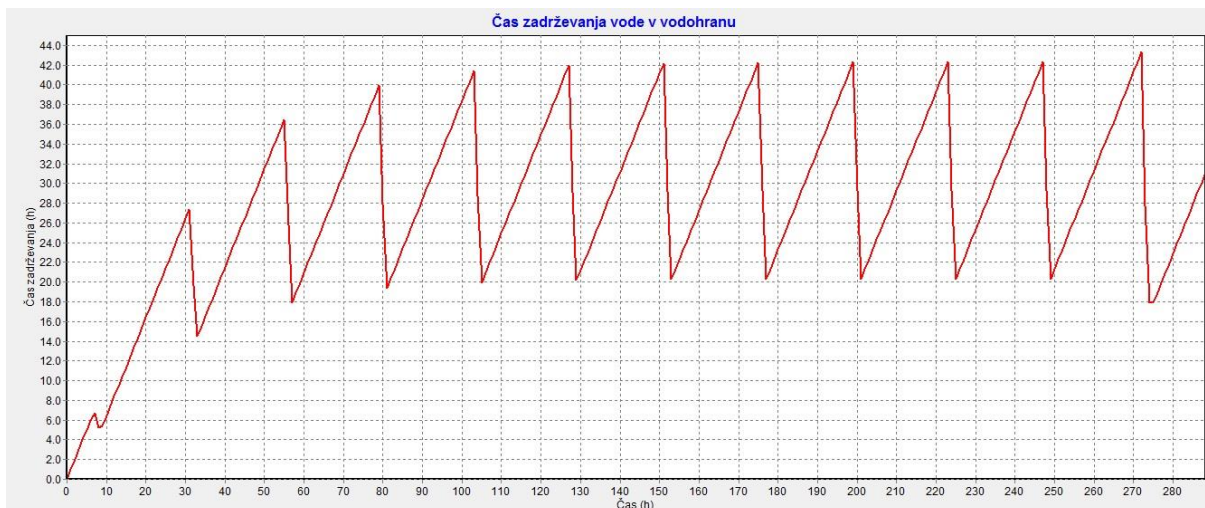
Za opsijsko rešitev variante 1 ne bom ponovno prikazoval grafikonov stanja tlakov in hitrosti vode, saj ti ostajajo enaki kot pri varianti 1, bom pa prikazal starost vode, ki je ključna pri iskanju rešitve.

V naslednjih dveh grafikonih bom prikazal čas zadrževanja vode v vodohranu in starost vode v štirih vozliščih na vodovodnem sistemu. Da lahko stvari primerjamo, bom razmere prikazal na istih vozliščih kot pri varianti 1.



Grafikon 7: Starost vode po 12-ih dneh - varianta 1 opcija A

Iz grafikona 7 lahko razberemo, da se je starost vode nekoliko povečala v primerjavi z varianta 1 (grafikon 4), saj se je v sistem vključil večji del volumna vodohrana. Voda tako v veliki večini časa prihaja iz vodohrana in ne direktno iz vodnega vira kot pri varianti 1. Voda doseže starost 95 ur, kar je po kriterijih, navedenih v poglavju 4.1.2.6, še sprejemljiva vrednost.



Grafikon 8: Čas zadrževanja vode v vodohranu - varianta 1 opcija A

Grafikon 8 pa prikazuje čas zadrževanja vode v vodohranu Zgornja Besnica. Ta v primerjavi z grafikonom 5 iz variante 1 kaže popolnoma drugačno sliko in nakazuje na primerno delovanja sistema kot celote. Čas zadrževanja vode v vodohranu znaša cca. 43 ur, kar je po merilih bodočega upravitelja vodovodnega sistema ustrezna starost (kriterij: maksimalno 48 ur).

Vidimo lahko, da opsijska rešitev A, zgolj s spreminjanjem obratovalnih pravil variante 1, podaja starost vode, ki ustreza nepisanim kriterijem JP VO-KA.

4.2 Varianta 2

V varianti 2 vodovodnega sistema Besnica bom prikazal simulacijo, ki bo po delovanju primerljiva z osnovno varianto 1. Sistem bo zagotavljal vodo porabnikom, ne bo pa zagotavljal potrebnih količin vode za gašenje požarov. Enako kot pri varianti 1 bo vodni vir predstavljala vrtina ZGB-1/05 z vgrajeno vodnjaško črpalko SP 17-4, izbrano s pomočjo spletnega orodja Webcaps. Razumljivo je moč te črpalke občutno manjša kot pri varianti 1, saj tokrat ne zagotavljamo vode za gašenje požarov, ki v času kritične porabe predstavlja večji del pretoka. Podrobnejše karakteristike izbrane črpalke so podane v prilogi B.

Zaradi manjših potreb po vodi sem v celotnem sistemu zmanjšal tudi premere cevi na dimenzije, ki še zagotavljajo zadovoljive tlake v omrežju, ter zmanjšal velikost vodohrana na 45 m³. Ta velikost vodohrana zagotavlja dnevno fluktuacijo vode in vodo v primeru okvare. Pričakujem, da bo zaradi manjših premerov cevi cena na tekoči meter nižja ter starost vode v tem sistemu bolj ustrezna.

Reševanje požarne varnosti

Ker v varianti 2 predvidevam manjše pretoke na vodovodnem sistemu, ki ne zagotavljajo količin potrebne vode za gašenje (10 l/s), bom rešitev za zagotavljanje požarne varnosti iskal z drugimi ukrepi. Problematiko bi reševal s požarnimi bazeni razporejenimi vzdolž vodovodnega sistema. Glede na to, da je poselitev razpršena, bom požarne bazene predvidel na bolj strnjenih območjih, kjer je verjetnost požara večja, pri določitvi lokacij pa bom prednostno obravnaval večje javne objekte (šola) ter tiste, ki predstavljajo višjo stopnjo tveganja (lesno predelovalni objekti).

Po posvetu z Iztokom Zajcem z Gasilske brigade Ljubljana sem si pri določanju velikosti požarnih bazenov pomagal s tehnično smernico za požarno varnost TSG-1-001:2010, ki jo je izdalo Ministrstvo za okolje in prostor. V smernici pod poglavjem 4 lahko najdemo podatke o predvideni količini vode, ki je potrebna za gašenje objektov glede na vrsto stavbe (CC-SI klasifikacija stavb), požarno obremenitev (v MJ/m²) in volumen požarnega sektorja. Na podlagi teh količin pa lahko nato določimo koliko vode potrebujemo za gašenje požara na določenem objektu. V preglednicah 23 in 24 bom te količine tudi prikazal.

Preglednica 23: Potrebna količina vode za gašenje stavb v naseljih (Tehnična smernica za požarno varnost, TSG-1-001:2010)

Vrsta stavb ali dela stavbe (CC-SI)	Količina vode v litrih na sekundo, potrebna za en požar v odvisnosti od prostornine največjega požarnega sektorja v stavbi [m ³]							
	[1]	do 3000	3001 do 5000	5001 do 20000	20001 do 50000	50001 do 200000	200001 do 400000	nad 400001
111 - Enostanovanjske stavbe 112 - Večstanovanjske stavbe 113 - Stanovanjske stavbe za posebne namene 122 - Upravne in pisarniške stavbe 1263 - Stavbe za izobraževanje in znanstveno-raziskovalno delo 1274 - Druge nestanovanjske stavbe, ki niso uvrščene drugje	A	10	10	10	15	20	25	30
	B	5	5	5	10	10	15	15
121 - Gostinske stavbe 123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti pod 1000 MJ/m ² 1241 - Postaje, terminali, stavbe za elektronske komunikacije in z njimi povezane stavbe 1242 - Garažne stavbe 125 - Industrijske stavbe in skladišča do 1000 MJ/m ² 1261 - Stavbe za kulturo in razvedrilo 1262 - Muzeji in knjižnice 1264 - Stavbe za zdravstvo 1265 - Športne dvorane 1271 - Nestanovanjske kmetijske stavbe 1272 - Stavbe za opravljanje verskih obredov, pokopališke stavbe	A	10	10	15	15	20	25	30
	B	5	5	5	10	10	15	15
123 - Trgovske in druge stavbe za storitvene dejavnosti nad 1000 MJ/m ² 125 - Industrijske stavbe in skladišča nad 1000 MJ/m ²	A	15	15	20	25	30	35	40
	B	5	10	10	15	15	15	20

[1] A: če v stavbi ni vgrajen sprinklerski sistem

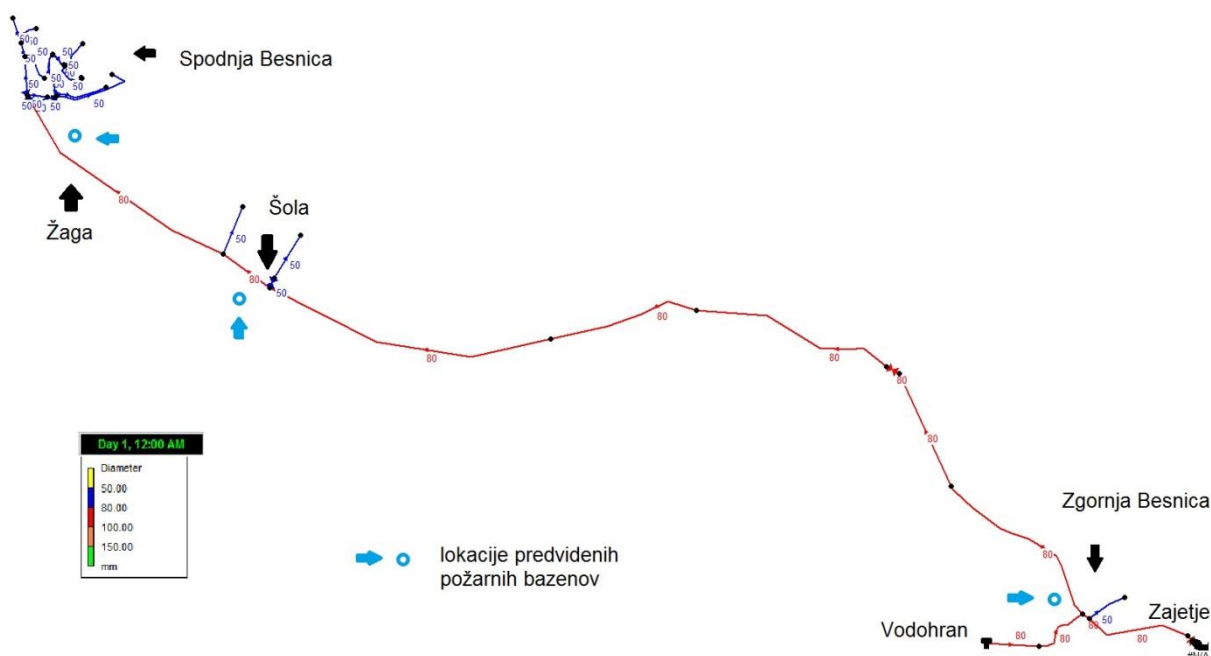
B: če je v stavbi vgrajen sprinklerski sistem

Preglednica 24: Potrebna količina vode za gašenje stavb izven naselij (Tehnična smernica za požarno varnost, TSG-1-001:2010)

Vrsta stavb	Potrebna količina vode (m ³) v odvisnosti od prostornine največjega požarnega sektorja v stavbi	
	Prostornina sektorja	Količina vode [1]
Stavbe izven naselij	do 1000 m ³	5 m ³
	1001 do 2000 m ³	10 m ³
	2001 do 7500 m ³	20 m ³

[1] - V količini vode je upoštevana tudi voda, ki jo s seboj pripeljejo gasilci.

Ker požar obravnavamo kot enkratni dogodek se moram pri iskanju ustrezne količine vode v požarnih bazenih osredotočiti na objekt, ki bi potreboval največ vode. Med najbolj problematična objekta na obravnavanem območju uvrščam šolo in lesno predelovalni objekt (žaga – lokacija označena na sliki 25), kjer je verjetnost velikega požara največja. Po enotni klasifikaciji stavb (CC-SI) se šolska stavba uvršča v kategorijo 1263, lesno predelovalno poslopje pa v kategorijo 125. V nobenem od omenjenih objektov ni vgrajen sistem požarnih škropilnikov (sprinklerski sistem), zato za šolski objekt potrebujemo minimalno zalogo 30 m³ in za lesno predelovalni objekt 40 m³ vode za gašenje. Na podlagi teh priporočil se odločim za izgradnjo treh požarnih bazenov v velikosti 40 m³, razporejenih vzdolž vodovodnega sistema (lokacije so prikazane na sliki 25).



Slika 24: Model vodovodnega sistema varianta 2 s predlaganimi požarnimi bazeni

Kot opcijo je vredno omeniti še možnost četrtega požarnega bazena, ki bi ga predstavljal kar sam vodohran Zgornja Besnica. Potrebno bi bilo urediti le ustrezen dostop do odvzemnega mesta (nadzemni hidrant) za gasilska vozila.

4.2.1 Hidravlično modeliranje

Pri modeliranju variante 2 sem izhajal iz modela variante 1, vnesel sem le modifikacije potrebne za doseg želenega cilja.

- vodohran sem zmanjšal na volumen fluktuacije in rezerve, saj požarna voda ni več potrebna – izberem velikost 45m³

$$r = \sqrt{\frac{45}{\pi * 3}} = 2,18 \text{ m} \rightarrow D = 2xr = 4,36 \text{ m}$$

V - volumen vodohrana [m³]

r - polmer vodohrana [m]

h - višina vodohrana [m] (izbral sem višino 3 m)

D - premer vodohrana [m]

- na vozlišču »21« kjer simuliram požar, sedaj ni več predvidene porabe 10 l/s,
- zamenjal sem premer 17-ih cevi DN 100 z DN 50,
- da sistem še vzdrži sem zamenjal premer 11-ih cevi DN 150 z DN 80,
- pod opcijo »pravila delovanja« (Rule based control) sem prilagodil vklopjanje in izklopjanje črpalke nad vrtino glede na količino vode v vodohranu in podal karakteristike manjše črpalke,
- minimalno gladino vodohrana sem nastavil na 1,27 m kolikor znaša globina, ki zagotavlja količino potrebne rezerve.

$$h_{rezerve} = \frac{V_{rezerve}}{\pi * r^2} = \frac{19}{\pi * 2,18^2} = 1,27 \text{ m}$$

$V_{rezerve}$ - volumen potrebne rezerve v vodohranu [m³]

r - polmer vodohrana [m]

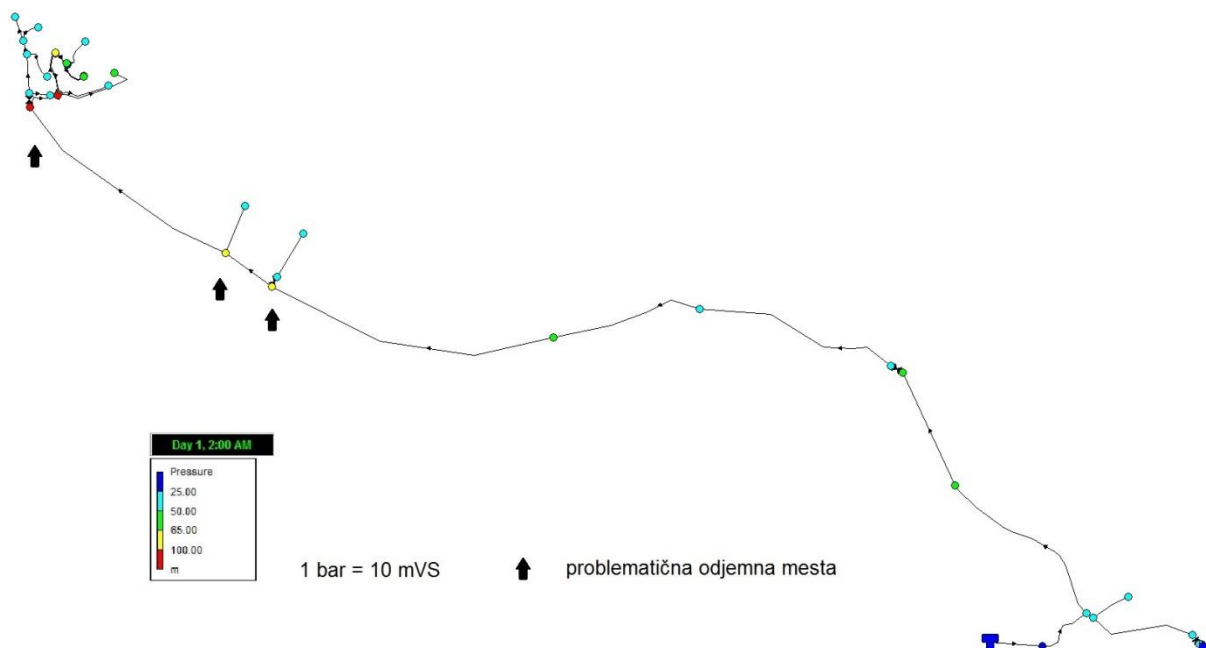
$h_{rezerve}$ - višina vode v vodohrana, ki zagotavlja rezervo [m]

4.2.2 Rezultati hidravličnih izračunov

Podobno kot pri varianti 1 bom v tem poglavju prikazal dobljene rezultate simulacije v programskem orodju Epanet 2.0. Podal bom rezultate v času minimalne ter maksimalne/kritične porabe in hitrosti ter starost vode na vodovodnem sistemu varianta 2.

4.2.2.1 Minimalna poraba

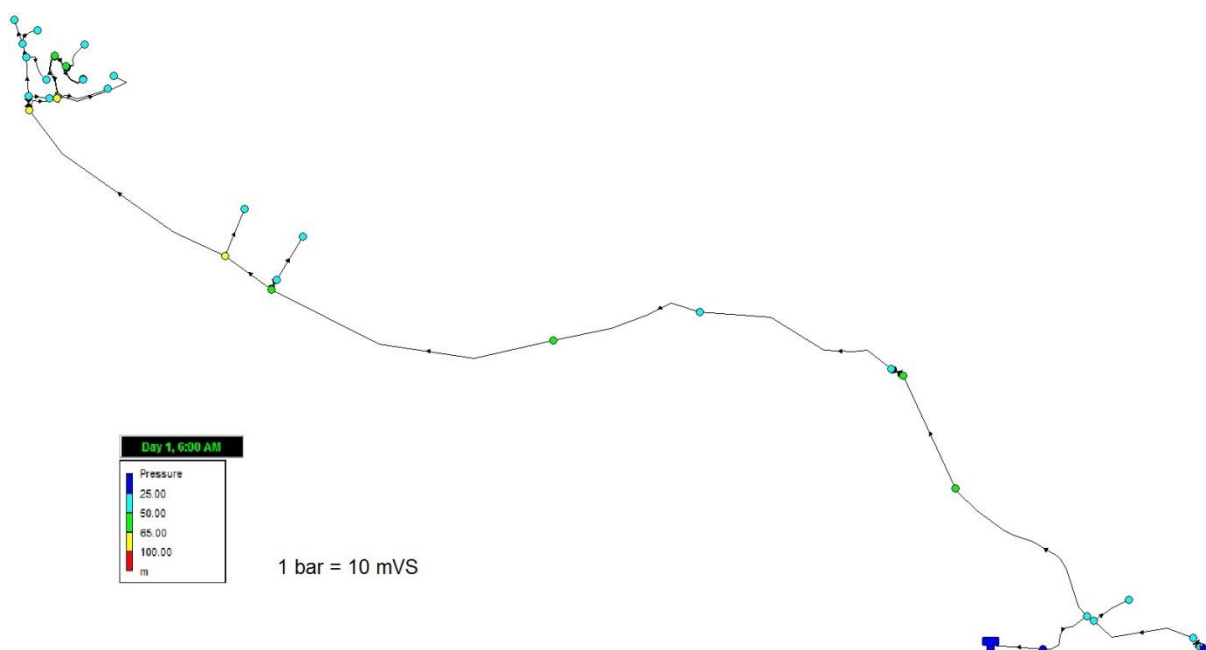
Minimalna poraba 0,13 l/s, tako kot v varianti 1, nastopi v zgodnjih jutranjih urah med 1:00 in 5:00. V tem času so tlaki v sistemu najvišji, zato bo podobno kot pri varianti 1 previsok tlak na problematičnih mestih treba zmanjšati z vgradnjo reducirnih ventilov na sekundarnem cevovodu.



Slika 25: Tlaki na omrežju pri minimalni porabi - varianta 2

4.2.2.2 Kritična/maksimalna poraba

V tem primeru kritična poraba predstavlja tudi maksimalno porabo, saj ne zagotavljamo požarne vode preko vodovodnega sistema. Če tudi bi se požar zgodil med 6:00 in 7:00, bi vodo za gašenje zagotavljali s pomočjo požarnih bazenov. Kritična/maksimalna poraba v sistemu nastopi ob 6:00 zjutraj, tako kot nam prikazuje vzorec porabe (grafikon 1) in znaša 3,2 l/s. Tlaki na omrežju ostajajo podobni in ne prestopajo predpisanih okvirov, razen na mestih, kjer so tudi sicer potrebni reducirni ventili.



Slika 26: Tlaki na omrežju pri kritični/maksimalni porabi - varianta 2

4.2.2.3 Gladina vodohrana

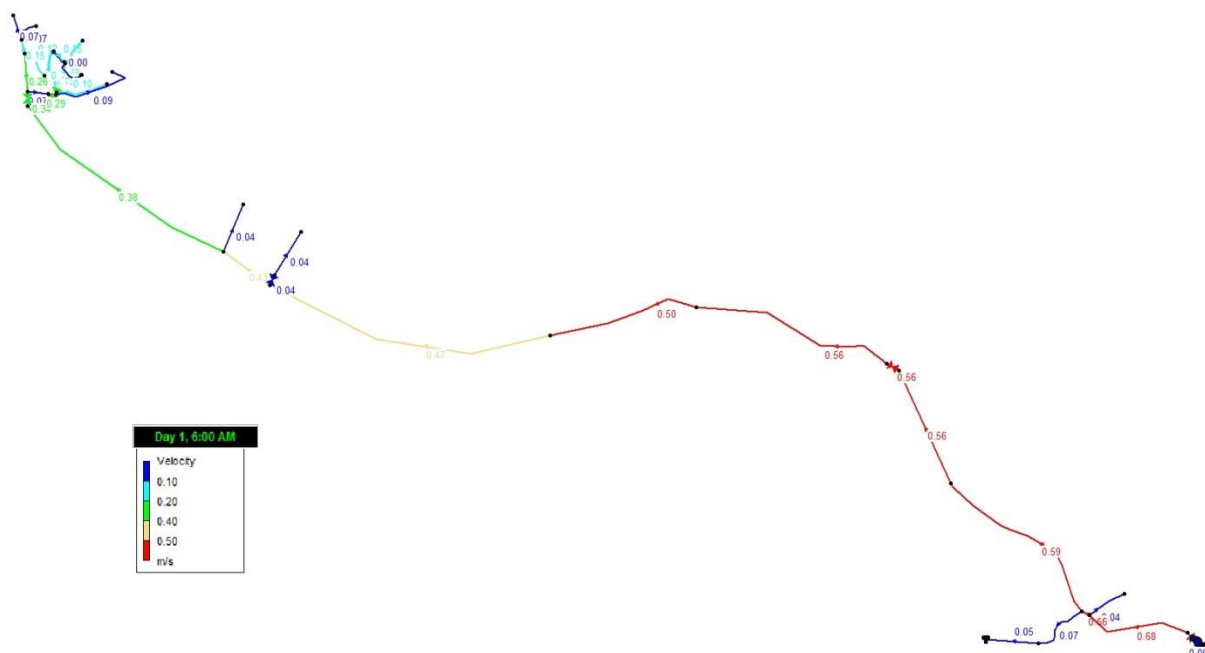
V spodnjem grafikonu 9 bom prikazal še nihanje gladine v vodohranu pri 24-urni simulaciji.



Grafikon 9: Nihanje gladine vode v vodohranu v 24 urni simulaciji - varianta 2

Na grafikonu 9 lahko vidimo, da se simulacija začne z izklopljeno črpalko, ki se vklopi ko gladina v vodohranu doseže skoraj kritično vrednost 1,2 m. To se zgodi ob cca. 5:00 in do 10:00 črpalka ponovno napolni vodohran. Večina vodohrana se sprazni in napolni 2 krat v dnevu, kar je posledica mnogo manjšega volumna kot pri varianti 1. Cikel se ponavlja v odvisnosti od vzorca porabe vode porabnikov, ki je prikazan na grafikonu 1.

4.2.2.3 Hitrost vode

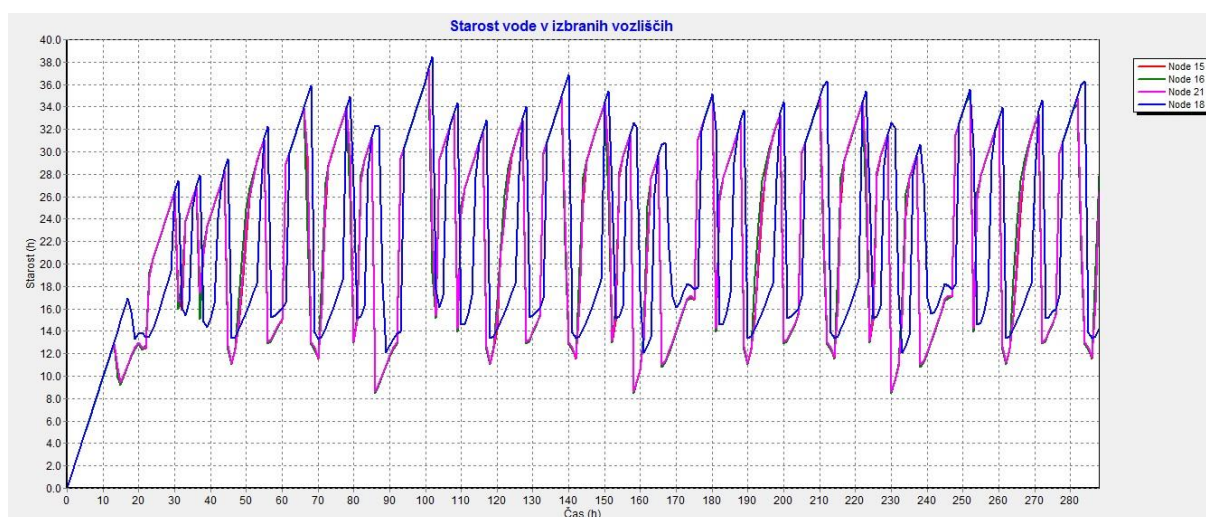


Slika 27: Hitrosti vode po ceveh - varianta 2

Hitrosti vode pri tem modelu v času najvišje porabe ne ustrezajo priporočenim vrednostim (0,5 m/s), zato bo tudi tokrat potrebno izpiranje cevovoda, da se prepreči usedanje in posledično poslabšanje kakovosti vode.

4.2.2.4 Starost vode

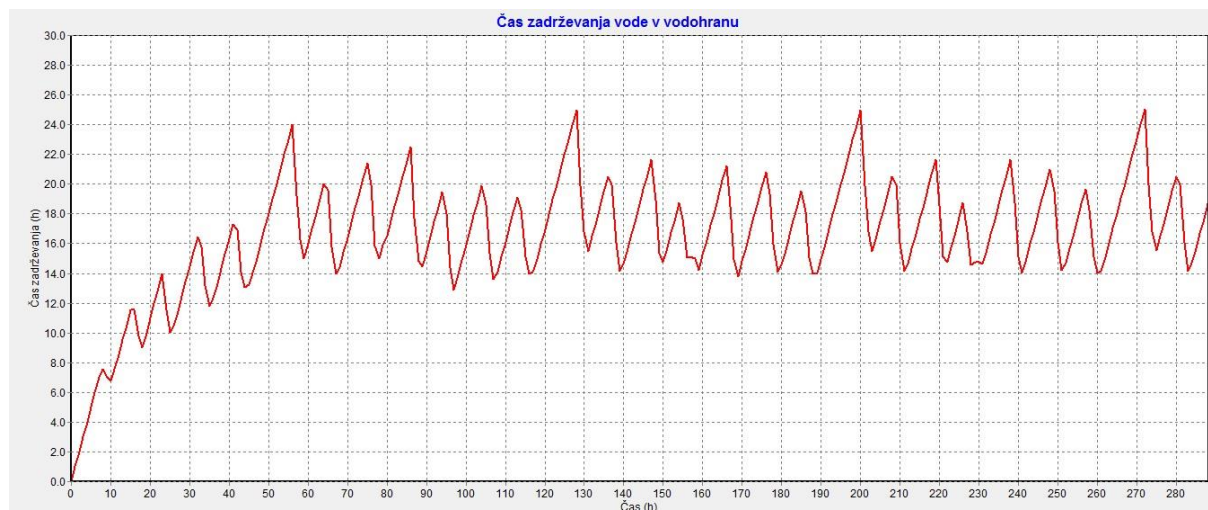
Starost vode je v tej simulaciji pričakovano nižja, saj so količine vode v vodovodnem sistemu bistveno manjše. V spodnjem grafikonu 10 bom prikazal starost vode v 4-ih vozliščih sistema (ista vozlišča kot pri varianti 1), ki so najbolj oddaljena od črpališča in vodohrana. Za prikaz bom uporabil 288 urno oziroma 12 dnevno simulacijo, ki bo pokazala maksimalno starost vode v sistemu.



Grafikon 10: Starost vode - varianta 2

V tej 288ur-ni simulaciji lahko jasno vidimo, da se ponavljajoči vzorec pojavi veliko prej kot pri varianti 1 in sicer po 30 urah, starost vode pa v tem primeru komaj preseže 36 ur oziroma 1 dan in pol. Takšna starost vode je za majhen vodovodni sistem kot je Besnica zelo zadovoljiva in je pokazatelj primerne hidravlične rešitve sistema.

Vendar, kot sem že omenil v poglavju 4.1.2.6, je pomemben predvsem čas zadrževanja vode v vodohranu, kjer ima voda na gladini stik z zrakom. Ta čas zadrževanja bom prikazal v naslednjem grafikonu 11.



Grafikon 11: Nihanje gladine vode v vodohranu - varianta 2

Kot je razvidno iz grafikona je čas zadrževanja vode v vodohranu cca. 24 ur, kar pomeni da se celotna količina vode zamenja v enem samem dnevu. Ta vrednost ustreza pravilu, ki sem ga omenil v poglavju 4.1.2.6, in lahko rečem, da je voda pri varianti 2 starostno ugodna.

4.2.3 Ocena investicije varianta 2

Pri oceni investicije variante 2 bom vrednosti posameznih sprememb prišteval in odšteval od skupne ocene vrednosti variante 1. Podal bom približne cene, saj žal ne razpolagam z vsemi podatki o posameznih kosih opreme, ki so predvideni v celotnem sistemu.

Pri celotni oceni moram privzeti tudi dve predpostavki, ki v primeru, da ne obveljata, lahko bistveno spremenita vrednost investicije.

- Zemljišče in upravitelje požarnih bazenov je mogoče zagotoviti,
- dostop do požarnih bazenov je omogočen za gasilska vozila, oziroma je iz njih omogočen odvzem vode.

V primerjavi z varianto 1 moramo pri izračunu vrednosti investicije variante 2 upoštevati:

Znižanje stroškov v primerjavi z varianto 1:

- manjše cevi (upošteval sem cene v prilogi C, pri DN 50 pa sem predpostavil ceno cevi in montaže 26,00 € na tekoči meter),
- manjši vodohran (45 m³) cena cca. 100.000 €,
- manjša črpalka – zaradi manjših količin črpanja sem v varianti 2 predvidel Grundfosovo vodnjaško črpalko SP 17-4 (karakteristike črpalke so prikazane v prilogi B),

- hidrante in z njimi povezane stroške sem izluščil iz dokumenta »Popis del s predizmerami in predračunom« in znašajo cca. 20.000,00€.

Zvišanje stroškov v primerjavi z varianto 1:

- požarni bazeni - pri Separat d.o.o. sem pridobil informacijo o okvirni ceni 50 m³ požarnega bazena brez gradbenih del cca. 15.000 €, z gradbenimi deli cca. 20.000 €. Stroške izgradnje treh požarnih bazenov velikosti 40 m³ torej ocenim na vrednost 55.000 €.

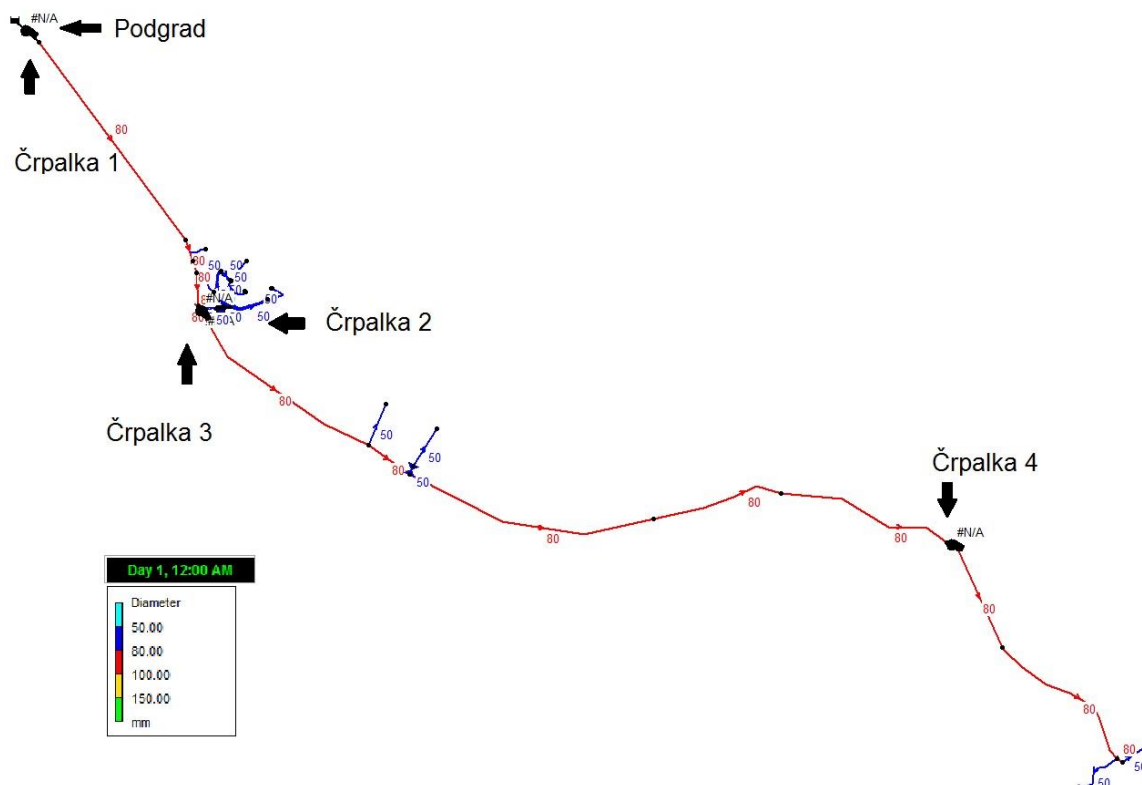
Preglednica 25: Prikaz stroškov investicije varianta 2 v primerjavi z varianto 1

Vrsta stroška	Cena [€]
Izgradnja variante 1	2.031.500,00
Manjše cevi DN 150→ DN 80	-106.700,00
Manjše cevi DN 100→ DN 50	-12.200,00
Črpalka	- 800,00
Manjši vodohran	-80.000,00
Hidrantno omrežje	-20.000,00
Požarni bazeni	+55.000,00
Skupaj	1.866.800,00

Sistem po varianti 2 je torej cenejši in izpolnjuje kriterije o še sprejemljivi starosti vode, seveda pa je treba ločeno zagotoviti požarno varnost.

4.3 Varianta 3

Pri tej varianti vodovodnega sistema Besnica sem želel simulirati priklop vodovoda na Ljubljanski mestni vodovodni sistem. Priklop bi potekal preko zahodnega dela doline od kraja Podgrad, ki je najbližje predvidenemu vodovodnemu sistemu Besnica, in na trasi nima velikih geoloških ovir (npr. višinske razlike). Začetna točka vodovoda Besnica bi postal vodohran Podgrad na Ljubljanskem mestnem vodovodnem sistemu velikosti 150 m³, s koto odvzema 321,75 m, nato pa bi vodo s pomočjo črpalke črpali po dolini navzgor v smeri zahod – vzhod. Potrebno bi bilo zgraditi 4,1 km dolg transportni cevovod, ki bi povezal vodohran Podgrad in predviden vodovodni sistem Besnica, ter 4 črpalke, ki bi skrbele za zadosten tlak na sistemu. Verjetno bi v projektu morali obdržati vodohran Zgornja Besnica, ki bi v tej varianti deloval kot proti-ležni vodohran s koto terena 475,5 m. V sistemu Besnica tako ne bi bil potreben dovod vode iz vrtine ZGB-1/05, medtem ko bi ostali deli vodovodnega sistema v celoti ostali enaki kot pri varianti 2. Na sliki 28 je prikazan celoten predviden sistem.



Slika 28: Model vodovodnega sistema Besnica varianta 3

Po podrobnejšem pogovoru s predstavniki JP VO-KA sem simuliranje na modelu variante 3 ovrigel, saj so se s podrobnejšim obravnavanjem problematike variante 3 odpirale vedno nove in nove težave, ki so v večini kazale na nesprejemljive zaključke. V nadaljevanju bom opisal razloge, ki so pretehtali, da varianto, ki obravnava zgoraj opisan sistem, ovržemo.

Tehnična problematika

- Velik problem predstavlja izgradnja dodatnega cevovoda v dolžini 4,1 km, vzdolž katerega ni niti enega porabnika. Tu nastajajo velike linijske izgube in stroški investicije se enormno povečajo,
- da bi sistem deloval primerno, bi morali zgraditi nov proti-ležni vodohran, ki bi zagotavljal vodo porabnikom (vodohran Zgornja Besnica),
- trenutni vodohran v Podgradu s svojimi kapacitetami ne bi zmožal zagotavljati zadostnih količin vode za celotno dolino Besnice, zato je bi bila potrebna rekonstrukcija tudi tega objekta.

Problematika starosti vode

- Pojavlja se vprašanje kolikšno starost bi dosegla voda, ki bi prepotovala tako dolgo pot do končnih uporabnikov v dolini Besnice,

- poleg tega pa tudi ni povsem znano koliko časa se voda zadržuje v vodohranu Podgrad, zato bi bili izračuni starosti vode na sistemu Besnica le ugibanja.

Obratovalni stroški

- Velik finančni zalogaj bi predstavljali tudi stroški obratovanja 4-ih črpalk, ki bi morale premagovati višinsko razliko cca. 130 m, po več kot 14 km dolgem cevovodu, kar bi izredno povišalo ceno vode.

Prostorska problematika

- Problem pa se pojavlja tudi v prostorski ureditvi okoliških vodovodnih sistemov. Plani občine namreč predvidevajo širitev vodovodnega sistema Podgrad ob reki Savi v smeri Jevnice, ki pa je obratna smer kot sem jo predvidel v varianti 3,
- drugi načrti občine pa predvidevajo tudi združitev vodovodnih sistemov v okolici doline Besnice, ki bi lahko kot vodni vir uporabljali vodo iz vrtine ZGB-1/05

Zaradi zgoraj opisanih neskladij sem hidravlično simuliranje variante 3 opustil in verjamem, da konfiguracija take variante ne bi bila sprejemljiva.

5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu sem obravnaval 3 variante vodovodnega sistema Besnica z namenom, da poiščem najustreznejše ravnovesje med zagotavljanjem pitne in požarne vode na območju oskrbe. Resnejšo težavo, ki lahko nastane pri združevanju omenjenih funkcij v manjših naseljih na istem cevovodu, predstavlja zagotavljanje starostno še primerne vode porabnikom. Zaradi velikih zalog, ki so potrebne za gašenje, lahko prihaja do zastajanja v sistemu, kar posledično podaljša čas zadrževanja vode in s tem slabša njeno kakovost. Tudi hitrosti so v ceveh (pre)velikih premerov na sistemih z majhno porabo nizke in ne dosegajo zelenih vrednosti, zato je kakovost vode še toliko bolj vprašljiva. Ustrezno delovanje sistema in zagotavljanje primerne kakovosti vode pa sta poglobitni stvari, ki ju moramo zagotoviti, če želimo, da bo gradnja vodovodnega sistema upravičena in smiselna, zato sem iskal možne variante, ki te težave ustrezno odpravljajo.

S simuliranjem različnih hidravličnih situacij in upoštevanjem zakonskih omejitev na tem področju sem poskušal rešiti problematiko, ki jo možne variante prinašajo ali odpravljajo. V varianti 1, ki predstavlja trenutno predviden projekt, sem s programskim orodjem Epanet 2.0 pokazal, da sistem hidravlično deluje in s pomočjo primerne črpalke skrbi tudi za požarno varnost na celotnem vodovodnem sistemu. Vendar pa se na podlagi izračunov pojavljajo dvomi o ustrezni starosti vode, zato sem kot rešitev obravnaval tudi opcijo A s spremenjenim načinom delovanja na identičnem vodovodnem sistemu. Pri tej rešitvi lahko vidimo, da z minimalnim zmanjšanjem požarne varnosti izboljšamo starost vode do vrednosti, ki so še sprejemljive in primerne za distribucijo. Ta opsijska rešitev dokazuje, da je z majhnimi spremembami v sistemu delovanja istega vodovodnega sistema mogoče doseči ugodnejše rešitve.

V drugi varianti sem vodovodni sistem razbremenil funkcije zagotavljanja požarne varnosti in prikazal, da hidravlično deluje ter zagotavlja zadostne količine starostno še ustrezne vode. Požarno problematiko sem rešil s pomočjo požarnih bazenov, ki z ustrezno lokacijo zagotavljajo primerno pokritost po celotnem oskrbovanem območju. Za gasilce je v primeru požara najbolj pomembno, da vedo kje imajo zagotovljen odvzem vode, kolikšna je ta količina in da razdalje do požara niso prevelike. Ko so ti pogoji izpolnjeni, lahko rečem, da je zagotavljanje požarne varnosti s požarnimi bazeni na območju doline Besnice sprejemljiva rešitev. Pri oceni investicije te variante lahko opazimo tudi, da predstavlja nižji začetni vložek kot varianta 1, vendar samo primerjava stroškov ni pokazatelj najbolj ustrezne rešitve. Treba bi bilo oceniti še pogostost pojava požara in izdelati oceno ekonomske upravičenosti variante 1 in variante 2.

Varianta 3 pa deluje popolnoma drugače kot varianti 1 in 2. Uporablja drug vodni vir in nasprotno smer toka po cevovodu. Varianta je teoretično izvedljiva, vendar je tehnično, ekonomsko in prostorsko mnogo bolj vprašljiva kot njeni predhodnici. V model sistema sem zaradi obratne smeri toka moral vgraditi 4 dodatne črpalke, ki bi zagotavljale potreben tlak na omrežju. Stroški obratovanja in starost vode bi bili zato mnogo višji, poleg tega pa vodovodni sistem ne bi zagotavljali požarne vode na območju doline Besnice. Zato bi, podobno kot pri varianti 2, skrbeli požarni bazeni, ki bi dodatno zviševali investicijske stroške projekta. Kot sem že omenil, sem nadaljnje simuliranje variante 3 zaradi mnogih neznank opustil in sem mnenja, da ni primerna za reševanje problematike zagotavljanja pitne in požarne vode v dolini Besnice.

Sam menim, da je najbolj pomembna kakovost vode, ki priteče do porabnika, a je potrebno pretehtati tudi opcije reševanja požarne varnosti na oskrbovanem območju in vse skupaj zajeti v finančno sprejemljiv paket. Torej je za izbiro investicije potrebno preveriti mnogo stvari, ki lahko vplivajo nanjo, ter v dani situaciji poiskati najboljšo možno rešitev.

Prepričan sem, da si pri iskanju te rešitve argumenti različnih interesnih skupin nasprotujejo saj investitor išče ekonomsko najugodnejšo rešitev, porabniki pa tisto, ki nudi najkakovostnejšo vodo. Pri vseh opsijskih rešitvah pa moramo upoštevati še predpise, ki zahtevajo projekt z ustrezno požarno varnostjo. Glede na to, da se vodovod v osnovi gradi za oskrbo porabnikov s pitno vodo in se požarno varnost lahko zagotavlja na druge načine, je na podlagi trenutno znanih dejstev najbolj všečna varianta 2, ki zagotavlja nizke stroške obratovanja, nižjo investicijo in starostno najugodnejšo vodo.

VIRI

Ambrožič, Š. in sod. 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje, str. 53-62.

Hidroinženiring d.o.o., 2008. Tehnično poročilo za vodovod Zg. Besnica – Sp. Besnica: 7 str.

Jamnik, B. 2000. Javna oskrba mesta Ljubljane s pitno vodo. Unescov glasnik marec 2000

Javno podjetje Vodovod Kanalizacija, 2013. Program oskrbe s pitno vodo za leto 2013: 124 str.

Kavcar, F. 2013. Informacije o trenutnem vodovodnem sistemu Besnica vas. Osebna komunikacija. (13.10.2013)

Lewis A. Rossman, 2000. Epanet 2 user manual. Water supply and water resources division. National risk management research laboratory, Cincinnati, OH 45268: 200 str.

Mencej, Z. (ur.). Šetina, A. (ur.) 2008. Možni onesnaževalci podzemne vode na vodovarstvenih območjih zajetij pitne vode z vrtinami in predlog sanacijskih ukrepov, Hidroconsulting d.o.o., Ljubljana 2008: str. 1-7

Mencej Z. (ur.), Šetina A. (ur.) 2008. Spremljava skladnosti vzorcev vode s pravilnikom o pitni vodi in meritve samoizliva iz vrtine v letu 2008, Zajem podzemne vode z vrtino ZGB-1/05 v Zgornji Besnici, Hidroconsulting, d.o.o. Ljubljana 2008: str. XXXX

Mišigoj, S., Kompare, B. 2003. Določanje vodovarstvenih območij za vire pitne vode, zbornik Mišičevih vodarskih dni 1989-2009, Aktualni vodnogospodarski projekti: str. 163-171.

Mlakar, N. 2013. Informacije o trenutnem vodovodnem sistemu Besnica šola. Osebna komunikacija. (11.10.2013)

Mutschmann, J., Stimmelmayer, F. 1999. Snabdevanje vodom: priručnik. 3. dopunjeno i izmenjeno izd. Beograd, Građevinska knjiga: 698 str.

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture, vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki, Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana 2002: str.48.

Pregelj, M. 2013. Informacije o trenutnem vodovodnem sistemu Zgornja Besnica. Osebna komunikacija. (11.10.2013).

Popis del s predizmerami in predračunom 2008, Hidroinženiring d.o.o. Mestna občina Ljubljana št. projekta 40-100-11-2007: 60 str.

Tehnična smernica TSG-1-001:2010. Ministrstvo za okolje in prostor, Požarna varnost v stavbah.

Žibrat, J. (ur.), Mencej, Z. (ur.) 2009. Rezultati merjenja pretokov vode iz vrtine ZGB-1/05 pri različnih vodnih stanjih za določitev časa odvzema vzorcev za fizikalno-kemijska in mikrobioloka preizkušanja, Hydroconsulting, d.o.o: str. 1-7

Žitnik, J., in sod. 2008. Gradbeniški priročnik. Četrta dopolnjena in posodobljena izd., 1. natis. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: str. 447–498.

ZAKONI IN PRAVILNIKI

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS, št. 35/2006, 41/2008, 28/2011, 88/2012 z dne 4. 4. 2006.

Pravilnika o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov. Uradni list SFRJ, št. 30/91, Uradni list RS, št. 1/95 – Zsta, 58/99 – ZTZPUS, 52/00 - ZGPro in 83/05.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009 z dne 1. 3. 2004.

Pravilnik o gradbiščih. Uradni list RS, št 55/2008, 54/2009 z dne 4. 6. 2008.

Uredba o standardih kakovosti podzemne vode. Uradni list RS, št. 100/2005 z dne 10. 11. 2005.

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane. Uradni list RS, št. 115/2007 z dne 14. 12. 2007.

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v tik z živili. Uradni list RS, št. 52/00, 42/02 in 47/04 – ZdZPZ.

Zakon o gospodarskih javnih službah. Uradni list RS, št. 32/1993 z dne 17. 6. 1993.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS, št. 67/2002, 57/2008, 57/2012 z dne 26. 7. 2002.

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS, št. 110/2002 z dne 18. 12. 2002.

SPLETNI VIRI

Ljubljana. 2013.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Ljubljana> (Pridobljeno 7. 9. 2013).

Mestna občina Ljubljana. 2013.

http://sl.wikipedia.org/wiki/Mestna_ob%C4%8Dina_Ljubljana (Pridobljeno 7. 9. 2013).

Dolina Besnice. 2013.

<http://www.pbbase.com> (Pridobljeno 7. 8. 2013).

Splošni podatki o življenju v mestu in oznake vodovarstvenih območij. 2013.

<http://www.ljubljana.si>. (Pridobljeno 7. 9. 2013)

JP VO-KA. 2013.

<http://www.vo-ka.si/o-druzbi/poslanstvo-vizija> (Pridobljeno 8. 9. 2013).

Podatki o vodovodnem sistemu Ljubljana. 2013.

<http://www.vo-ka.si/o-druzbi/preskrba-s-pitno-vodo/vodovodni-sistemi-v-stevilkah>
(Pridobljeno 8. 9. 2013).

Podatki o številu prebivalstva za posamezno naselje. 2014.

<http://www.stat.si> (Pridobljeno 22. 5. 2014)

Osnovni podatki o življenju na obravnavanem območju. 2013.

<http://www.ljubljana.si/si/zivljenje-v-ljubljani/ljubljansko-podezelje/kmetijstvo/vodovarstveno-obmocje/> (Pridobljeno 8. 9. 2013)

Slika – prikaz izdelave vrtine. 2014

<http://users.volja.net/alen44/vas/vrtina/index.html> (Pridobljeno 25. 7. 2014)

Slika – primer črpalnega jaška. 2013

<http://www.regeneracija.si/reference-crpalni-sistemi.html> (Pridobljeno 12. 9. 2013)

Programsko orodje Epanet. 2014

<http://www.epa.gov/NRMRL/wswrd/dw/epanet.html> (Pridobljeno 2. 10. 2014)

Spletno orodje za določanje črpalk. 2014

<http://net.grundfos.com/Apl/WebCAPS/custom?userid=GMA> (Pridobljeno 11. 11. 2014)

Tehnična navodila za vodovod – Ljubljana. 2014

www.vo-ka.si/sites/default/files/vo_ka_si/stran/datoteke/tehnica_navodila_za_vodovod.pdf
(Pridobljeno 9. 2. 2014)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: KARTA MOŽNIH VIROV ONESNAŽENJA V VODOVARSTVENIH OBMOČJIH ZAJETJA PITNE VODE Z VRTINO ZGB-1/05 V ZGORNJI BESNICI Z LEGENDO

PRILOGA B: KARAKTERISTIKE IZBRANIH ČRPALK SP 46-4-C IN SP 17-4

PRILOGA C: PRIKAZ SESTAVE CEN ZA POSAMEZNE DIMENZIJE VODOVODNIH CEVOVODOV

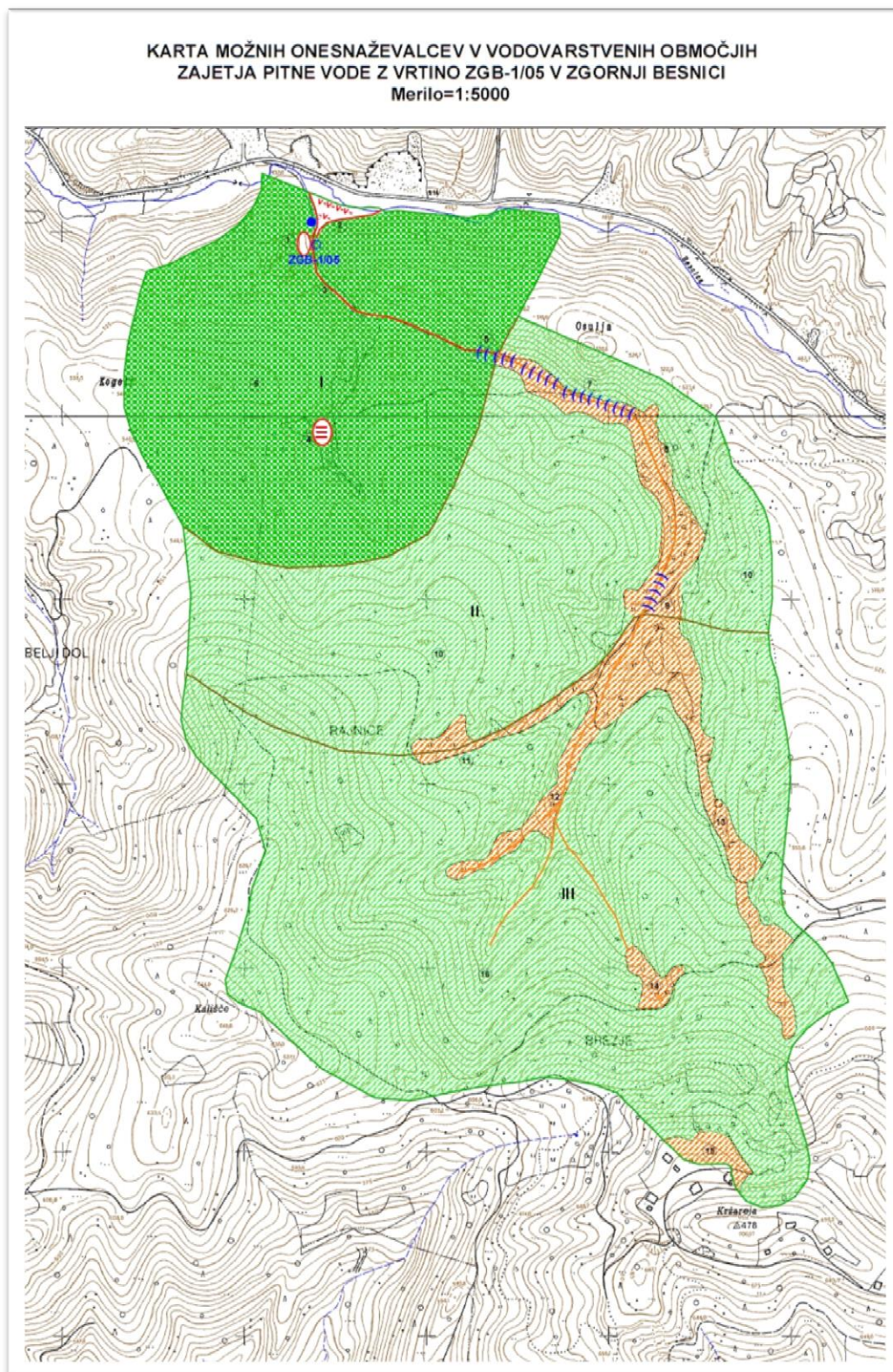
PRILOGA D1: ORTOFOTO POSNETEK OBMOČJA VODOVODNEGA SISTEMA

PRILOGA D2: HIDRAVLIČNA SITUACIJA VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA – KARTA VODA

















PRILOGA D3: HIDRAVLIČNA SITUACIJA VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA – KARTA RELIEFA

PRILOGA D4: HIDRAVLIČNA SITUACIJA VODOVODNEGA SISTEMA BESNICA – KARTA NASELIJ

PRILOGA A: KARTA MOŽNIH VIROV ONESNAŽENJA V VODOVARSTVENIH OBMOČJIH ZAJETJA PITNE VODE Z VRTINO ZGB-1/05 V ZGORNJI BESNICI

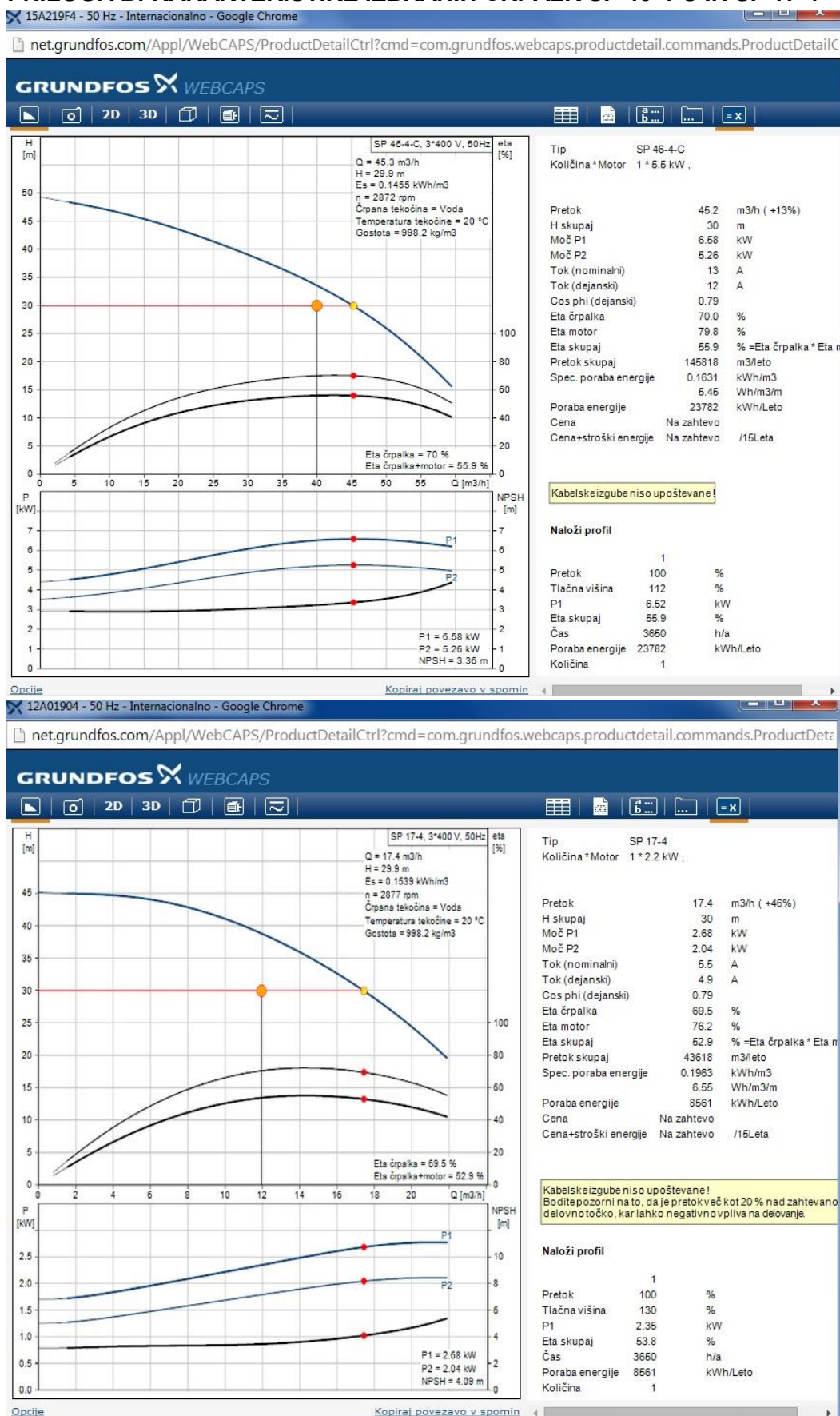


Vir: Študija - Možni onesnaževalci podzemne vode na vodovarstvenih območjih in predlog sanacijskih ukrepov, Hydroconsulting d.o.o., 2008

LEGENDA H KARTI MOŽNIH ONESNAŽEVALCEV V VODOVARSTVENIH OBMOČJIH ZAJETJA PITNE VODE Z VRTINO ZGB-1/05 V ZGORNJI BESNICI		
VODOVARSTVENO OBMOČJE	MOŽNI ONESNAŽEVALCI	
	NEVAREN DO ZELO NEVAREN	MANJ NEVAREN DO NEVAREN
VVO I	 ① parkirišče za nakladanje in odvoz lesa  ② močvirje  ③ gozdna cesta  ④ nakladanje in odvoz lesa  ⑤ območje ponikanja potoka  ⑥ gozd, gozdna pot	
VVO II		 ⑧ travnik, potok  ⑦ odsek, kjer del vode potoka panika  ⑨ gozd, gozdne poti
VVO III		 ⑪ travnik, pot  ⑫ travnik, pot  ⑬ travnik pod gozdno potjo, odtok vode  ⑭ travnik, sadovnjak  ⑮ gozd in gozdne poti
 zunanja meja vodovarstvenega območja  notranji meji vodovarstvenega območja		

Vir: Študija - Možni onesnaževalci podzemne vode na vodovarstvenih območjih in predlog sanacijskih ukrepov, Hydroconsulting d.o.o., 2008

PRILOGA B: KARAKTERISTIKE IZBRANIH ČRPALK SP 46-4-C IN SP 17-4

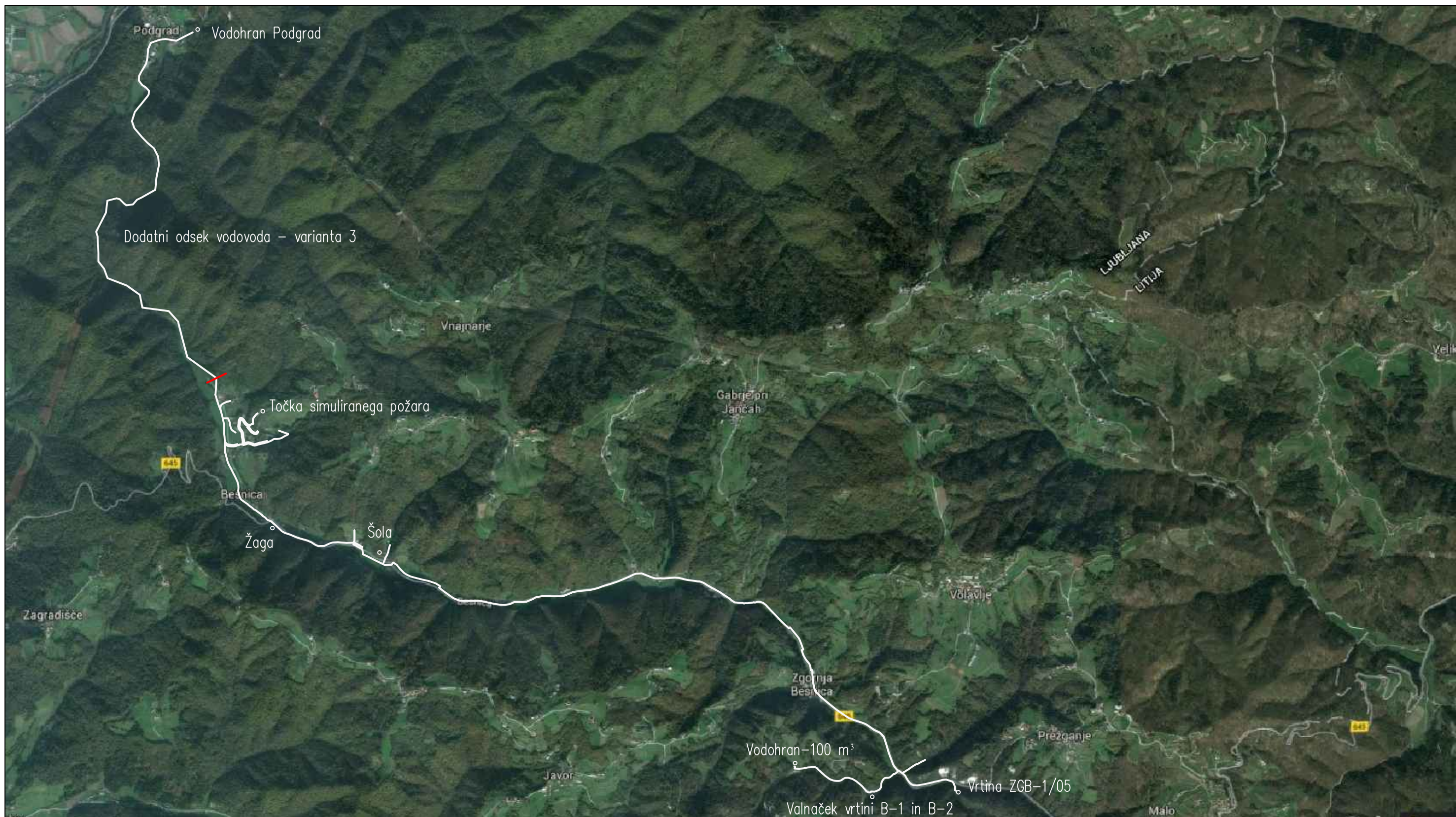


Vir: Spletno orodje WebCaps - <http://net.grundfos.com/Api/WebCAPS>


PRILOGA C: PRIKAZ SESTAVE CEN ZA POSAMEZNE DIMENZIJE VODOVODNIH
CEVOVODOV

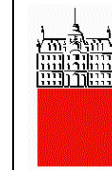
Profil cevi	cena cevi in vod materiala (EUR)	montaza in transport (30 % cene materiala) (EUR)	skupaj cevi in montaza (EUR)	gradbena dela (m) (EUR)	skupaj cenam (EUR)	Profil cevi (mm)	navadni obojni spoj (EUR)	navadni obojni spoj (80%) (EUR)	sidrni spoj (EUR)	sidrni spoj (20%) (EUR)	povprečno (80% n.s., 20% s.s.) (EUR)	vod armature in fazonski kosti (22% cene cevi) (EUR)	skupaj vod material (EUR)
80	21,71	6,51	28,22	143,97	172,19	80	15,88	12,70	25,44	5,09	17,79	3,91	21,71
100	23,18	6,95	30,13	143,97	174,10	100	17,17	13,74	26,29	5,26	18,99	4,18	23,17
125	27,10	8,13	35,23	143,97	179,19	125	20,17	16,14	30,38	6,08	22,21	4,89	27,10
150	32,11	9,63	41,74	143,97	185,71	150	24,08	19,26	35,26	7,05	26,32	5,79	32,11
200	43,55	13,07	56,62	160,68	217,30	200	31,71	25,37	44,27	8,85	34,22	7,53	41,75
250	59,05	17,71	76,76	160,68	237,45	250	44,38	35,50	59,55	11,91	47,41	10,43	57,85
300	72,59	21,78	94,37	206,50	300,87	300	54,04	43,23	81,08	16,22	59,45	13,08	72,53
350	94,37	28,31	122,68	206,50	329,18	350	76,42	61,14	81,08	16,22	77,35	17,02	94,37
400	111,45	33,43	144,88	206,50	351,38	400	86,33	69,06	122,93	24,59	93,65	20,60	114,25
450	136,03	40,81	176,84	271,13	447,97	450							
500	151,04	45,31	196,35	271,13	467,48	500	115,67	92,54	164,50	32,90	125,44		

Vir: Iz dokumenta ocene stroškov ČN Blate in ČN Slovenska vas, 2011



LEGENDA

 Meja med osnovnim vodovodom in dodatnim odsekom variante 3



UNIVERZA V LJUBLJANI
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Univerzitetni študij vodarstva in komunalnega inženirstva

NASLOV: Varianti projekt vodovodnega sistema Besnica

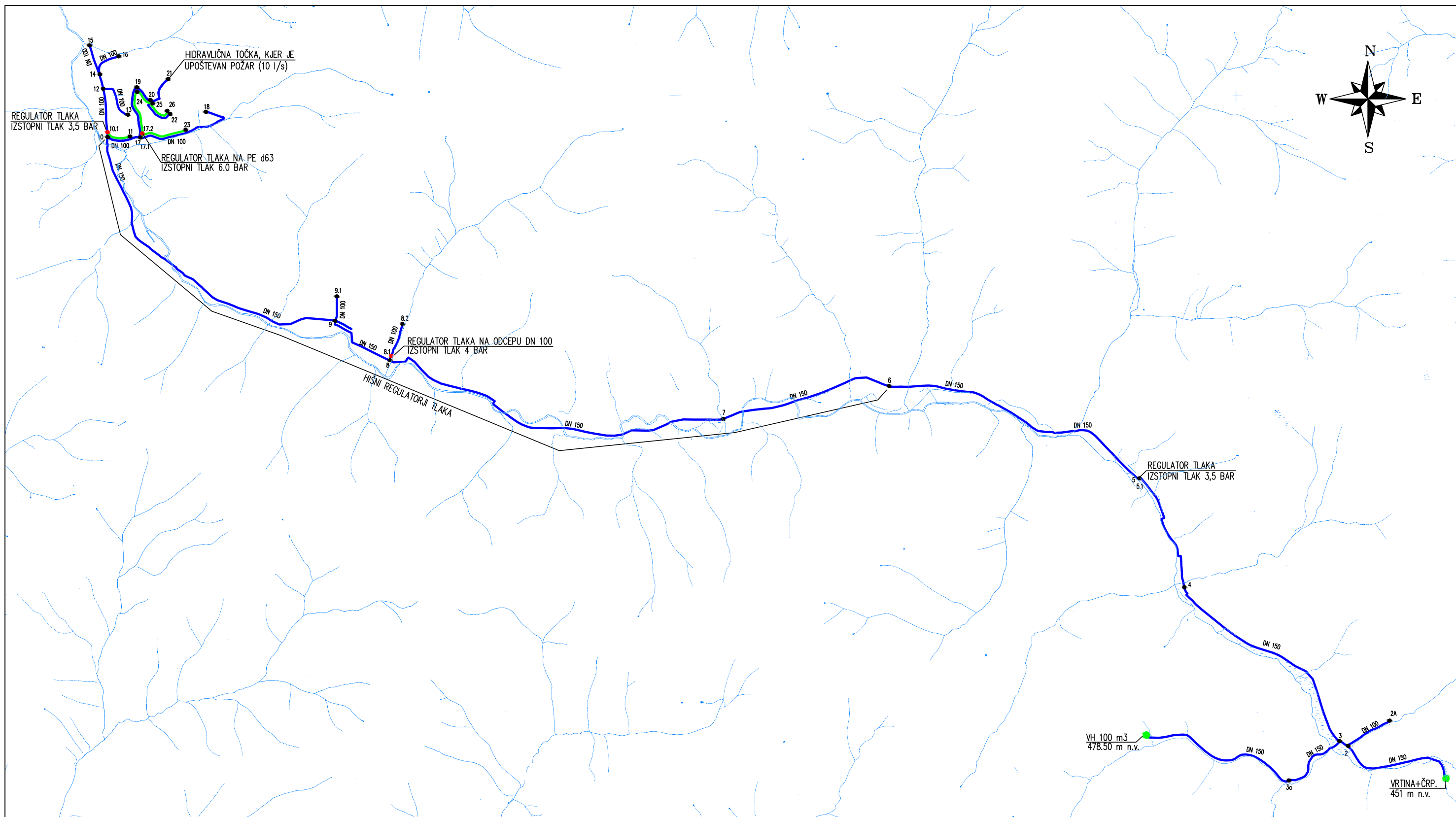
VSEBINA: Ortofoto prikaz obravnavanega območja

IZDELAL: Gregor Pogačar

MERILO: 1:25000


DATUM: 3. 12. 2014

ŠT. PRILOGE: D1



LEGENDA

- CEVOVOD DN 100–150
- CEVOVOD DN 50
- PREDVIDENI OBJEKTI
- HIDRAVLICNA TOČKA
- REGULACIJA TLAKA


UNIVERZA V LJUBLJANI
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Univerzitetni študij vodarstva in komunalnega inženirstva

NASLOV: Varianti projekt vodovodnega sistema Besnica

VSEBINA: Hidravlična situacija vodovod Besnica - karta voda


IZDELAL: Gregor Pogačar MEROLO: 1:15000

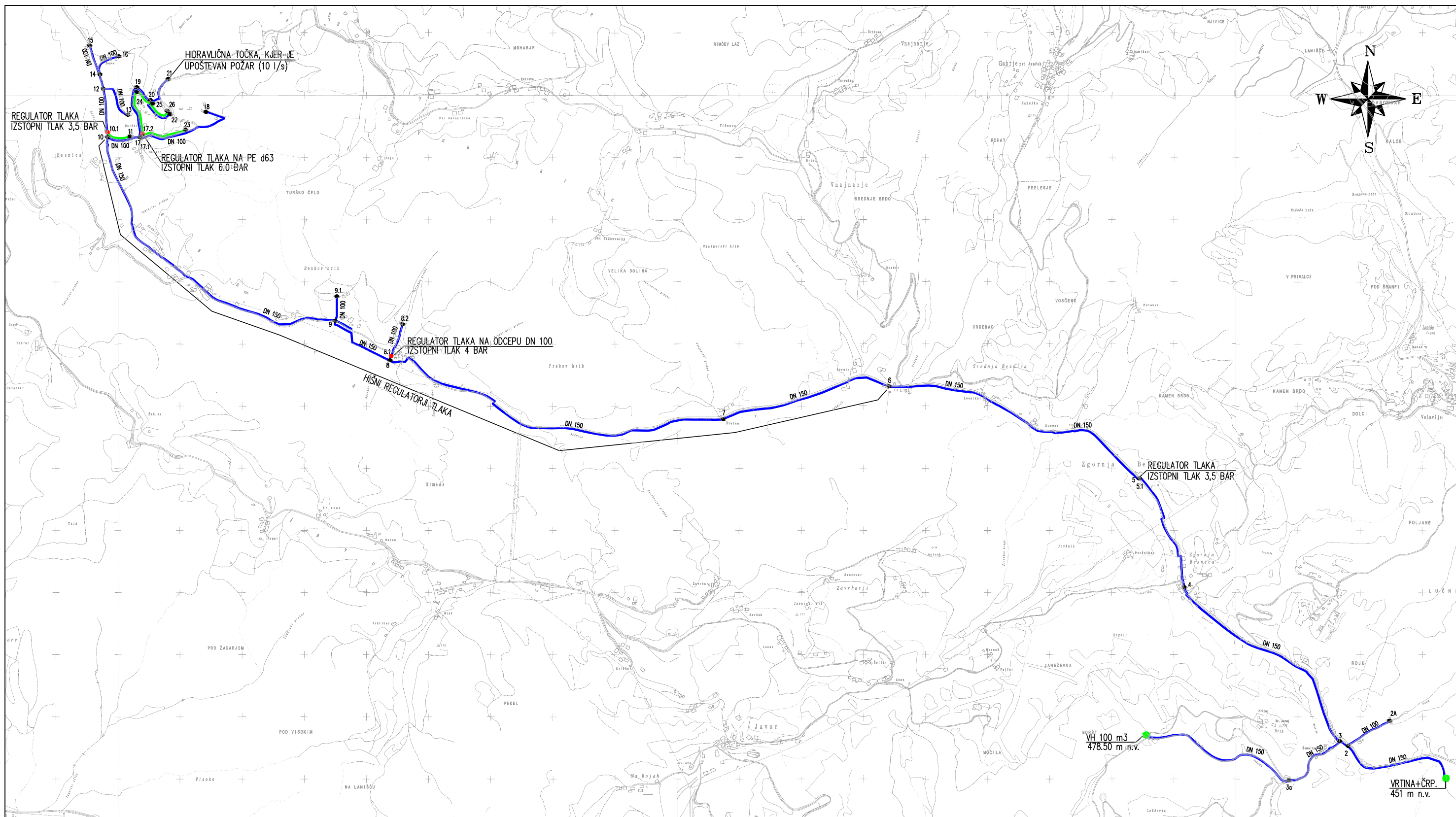
DATUM: 3. 12. 2014 ŠT. PRILOGE: D2



LEGENDA


- CEVOVOD DN 100–150
- CEVOVOD DN 50
- PREDVIDENI OBJEKTI
- HIDRAVLIČNA TOČKA
- REGULACIJA TLAKA

 UNIVERZA V LJUBLJANI Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerzitetni študij vodarstva in komunalnega inženirstva	
NASLOV: Varianti projekt vodovodnega sistema Besnica	
VSEBINA: Hidravlična situacija vodovod Besnica - karta reliefa	
IZDELAL: Gregor Pogačar	MERILO: 1:15000
DATUM: 3. 12. 2014	ŠT. PRILOGE: D3



LEGENDA

- CEVOVOD DN 100–150
- CEVOVOD DN 50
- PREDVIDENI OBJEKTI
- HIDRAVLIČNA TOČKA
- REGULACIJA TLAKA


UNIVERZA V LJUBLJANI
 Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Univerzitetni študij vodarstva in komunalnega inženirstva

NASLOV: Varianti projekt vodovodnega sistema Besnica

VSEBINA: Hidravlična situacija vodovod Besnica - karta naselij

IZDELAL: Gregor Pogačar MERO: 1:15000

DATUM: 3. 12. 2014 ŠT. PRILOGE: D4