

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Vodarstvo in  
komunalno inženirstvo

Kandidatka:

**Katja Novak**

## **Predlog vodooskrbe v Javorniškem rovtu**

**Diplomska naloga št.: 45**

**Mentor:**  
prof. dr. Boris Kompare

**Somentor:**  
asist. dr. Matej Uršič

Ljubljana, 23. 12. 2005

## **ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisana **KATJA NOVAK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:  
»**PREDLOG VODOOSKRBE V JAVORNIŠKEM ROVTU**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronskega arhiva FGG.

Ljubljana, 23. december 2005

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 628.1(043.2)  
**Avtor:** Katja Novak  
**Mentor:** izr. prof. dr. Boris Kompare  
**Somentor:** Matej Uršič  
**Naslov:** Predlog vodooskrbe v Javorniškem Rovtu  
**Obseg in oprema:** 100 str., 13 pregl., 35 sl., 8 pril.  
**Ključne besede:** vodovodni sistem, pitna voda, vodooskrba, lokalni vodovodi

### **Izveček**

V diplomski nalogi je predstavljeno obstoječe stanje zasebnih vodnih zajetij in vodovodnih sistemov v naselju Javorniški Rovt, v občini Jesenice. Podani so možni ukrepi za izboljšanje oskrbe s pitno vodo, med katerimi je natančneje predstavljena priključitev celotnega naselja na javno vodovodno omrežje.

Obravnavane so štiri možne variante izvedbe vodovodnega sistema, ki se med seboj razlikujejo v legi vodohrana in načinu zagotavljanja požarne varnosti. Hidravlične razmere in kvaliteta vode v vodovodnem sistemu je modelirana v programu Epanet. Predlog vodooskrbe v Javorniškem Rovtu je izbran na podlagi primerjav kakovosti dobavljene vode, učinkovitosti zagotavljanja požarne varnosti in ocenjene višine investicije.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 628.1(043.2)  
**Author:** Katja Novak  
**Supervisor:** Assoc. Prof. Boris Kompare, Ph. D.  
**Co-supervisor:** Matej Uršič  
**Title:** Proposal of water supply in Javorniški Rovt  
**Notes:** 100 p., 13 tab., 35 fig., 8 ann.  
**Key words:** water system, drinking water, water supply, local water supply

### **Abstract**

The existing status of private local water supply systems in the village of Javorniški Rovt, community of Jesenice is described in the project. Possible solutions to improve water supply are proposed. Arrangement of public water supply system for all consumers in the village is discussed in more details.

Four different design solutions of new water supply system are presented. They vary by the location of the tank and by the fire fighting water supply requirements. Hydraulic conditions and water quality behavior were modeled by means of program Epanet. Proposal of water supply in Javorniški Rovt is selected by comparing distributed water quality, fire fighting efficiency and the height of estimated investment.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem somentorju Mateju Uršiču in mentorju izr. prof. dr. Borisu Komparetu. Hvala Jožu Svetini, ker mi je s svojim poznavanjem obravnavanega problema prihranil marsikatero pot. Hvala dr. Mihu Brenčiču, Dragici, Špeli, Nadi in Majdi z Geološkega zavoda za prijaznost in razumevanje. Hvala Andražu, Tomažu in ostali ekipi jeseniške občinske uprave za vse nasvete in podporo.

Seveda so si posebno zahvalo skozi vsa leta študija prislužili moji starši, Jure, Gorazd, Iva, Borut, Janez, Ana, Zdenka in Igor – vsak pač na svoj unikaten način... Hvala.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OPIS OBSTOJEČEGA STANJA .....</b>	<b>2</b>
2.1	SPLOŠNE ZNAČILNOSTI .....	2
2.2	HIDROLOGIJA .....	3
2.2.1	<i>Padavine .....</i>	<i>4</i>
2.2.2	<i>Površinski odtok vode .....</i>	<i>5</i>
2.3	HIDROGEOLOGIJA .....	6
2.4	OBSTOJEČI VODOVODNI SISTEMI.....	7
2.5	KVALITETA VODE .....	8
2.5.1	<i>Analize vode.....</i>	<i>8</i>
<b>3</b>	<b>MOŽNI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE OSKRBE Z VODO .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>ZASNOVA JAVNEGA VODOVODNEGA SISTEMA.....</b>	<b>15</b>
4.1	BILANCA PORABE VODE.....	16
4.1.1	<i>Število porabnikov vode.....</i>	<i>16</i>
4.1.2	<i>Poraba vode po priključkih (<math>Q_d</math>) .....</i>	<i>17</i>
4.1.3	<i>Število porabnikov in poraba vode v prihodnosti (<math>k_{30}</math>).....</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>Letno nihanje porabe vode (<math>k_{let}</math>) .....</i>	<i>19</i>
4.1.5	<i>Vodne izgube (<math>k_{izg}</math>).....</i>	<i>19</i>
4.1.6	<i>Dnevno nihanje porabe vode (<math>k_{max}</math>, <math>k_{min}</math>) .....</i>	<i>19</i>
4.1.7	<i>Poraba vode za gašenje požarov (<math>Q_{poz}</math>).....</i>	<i>22</i>
4.2	ZAJETJE .....	23
4.2.1	<i>Potrebna količina zajemanja vode .....</i>	<i>24</i>
4.2.2	<i>Lega in izvedba zajetja .....</i>	<i>24</i>
4.2.3	<i>Vodovarstveno območje.....</i>	<i>25</i>
4.3	VODOHRAN .....	27
4.3.1	<i>Analitična določitev potrebnega volumna vodohrana .....</i>	<i>28</i>
4.3.2	<i>Lega in izvedba vodohrana .....</i>	<i>31</i>
4.4	OMREŽJE .....	33

4.4.1	<i>Potek trase.....</i>	33
4.4.2	<i>Vrste cevi.....</i>	34
4.4.3	<i>Premeri cevi.....</i>	39
4.4.4	<i>Fazonski kosi.....</i>	43
4.4.5	<i>Armature .....</i>	43
4.5	SPLOŠNO O MODELIRANJU VODOVODNEGA SISTEMA JAVORNIŠKI ROVT .....	45
4.5.1	<i>Programska oprema Epanet 2.0 .....</i>	45
4.5.2	<i>Urejanje vhodnih podatkov o vodovodnem sistemu Javorniški Rovt.....</i>	47
4.6	MODELIRANJE – VARIANTA 1 .....	48
4.6.1	<i>Črpalke.....</i>	48
4.6.2	<i>Hidravlični izračuni .....</i>	50
4.6.3	<i>Zagotavljanje požarne varnosti .....</i>	57
4.6.4	<i>Ocena stroškov.....</i>	57
4.7	MODELIRANJE – VARIANTA 2 .....	59
4.7.1	<i>Črpalke.....</i>	59
4.7.2	<i>Hidravlični izračuni .....</i>	60
4.7.3	<i>Zagotavljanje požarne varnosti .....</i>	63
4.7.4	<i>Ocena stroškov.....</i>	64
4.8	MODELIRANJE – VARIANTA 3 .....	65
4.8.1	<i>Črpalke.....</i>	66
4.8.2	<i>Hidravlični izračuni .....</i>	67
4.8.3	<i>Zagotavljanje požarne varnosti .....</i>	72
4.8.4	<i>Ocena stroškov.....</i>	74
4.9	MODELIRANJE – VARIANTA 4 .....	76
4.9.1	<i>Črpalke.....</i>	76
4.9.2	<i>Hidravlični izračuni .....</i>	77
4.9.3	<i>Zagotavljanje požarne varnosti .....</i>	80
4.9.4	<i>Ocena stroškov.....</i>	81
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>83</b>
<b>VIRI.....</b>		<b>85</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Število porabnikov pitne vode v Javorniškem Rovtu.
- Preglednica 2: Norma porabe ( $n_p$ ) v Javorniškem Rovtu po posameznih odvzemnih mestih.
- Preglednica 3: Dnevna poraba vode ( $Q_{d,0}$ ) v Javorniškem Rovtu.
- Preglednica 4: Poraba vode po odsekih.
- Preglednica 5: Srednji, maksimalni in kritični pretoki na posameznih odsekih.
- Preglednica 6: Izračun dnevne izravnave dotekajoče in porabljene vode.
- Preglednica 7: Dolžine posameznih vej vodovodnega sistema.
- Preglednica 8: Premeri cevi posameznih odsekov – varianta 1 in 2.
- Preglednica 9: Premeri cevi posameznih odsekov – varianta 3 in 4.
- Preglednica 10: Ocena stroškov – VARIANTA 1.
- Preglednica 11: Ocena stroškov – VARIANTA 2.
- Preglednica 12: Ocena stroškov – VARIANTA 3
- Preglednica 13: Ocena stroškov – VARIANTA 4.

## KAZALO GRAFIKONOV

- Grafikon 1: Grafični prikaz mesečne količine padavin v mm v letih 1953 do 2003.
- Grafikon 2: Vsotni krivulji dotoka ter porabe vode v odvisnosti od časa.
- Grafikon 3: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »CŠOD«, »kongo«, »šmid«, »jencelj«, »zupančič«.
- Grafikon 4: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »vikendi glavni«, »meševc«, »lužnik«, »vikendi spodnji«, »vrvač«.
- Grafikon 5: Obratovalni tlak v odvisnosti od časa v zadnjem vozlišču veje »meševc«.
- Grafikon 6: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »CŠOD«, »kongo«, »šmid«, »jencelj«, »zupančič«.
- Grafikon 7: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »vikendi glavni«, »meševc«, »lužnik«, »vikendi spodnji«, »vrvač«.
- Grafikon 8: Vzorec porabe pri gašenju požara, ki se prične ob 6. uri zjutraj in traja dve uri.
- Grafikon 9: Nihanje gladine vode v vodohranu v primeru gašenja požara pri CŠOD.
- Grafikon 10: Nihanje gladine vode v vodohranu, če se požarna voda zagotavlja iz razdelilnega omrežja.
- Grafikon 11: Obratovalni tlak v odvisnosti od časa v zadnjem vozlišču veje »meševc« - brez črpalke.

## KAZALO SLIK

- Slika 1: Pogled na Javorniški Rovt z označenimi nekaterimi značilnostmi.
- Slika 2: Razpršen izvir Velikega Javornika.
- Slika 3: Izvir Malega Javornika pod smreko.
- Slika 4: Prispevna površina zajetij *Plajerca*...
- Slika 5: ...se intenzivno gnoji.
- Slika 6: Medji dol.
- Slika 7: Zelo prepustne kamnine v M. dolu...
- Slika 8: ...apnenec in pobočni grušč.
- Slika 9 in Slika 10: Paša živine na vršnih grebenih Medjega dola.
- Slika 11: Shema vzdolžnega profila dovodnega in oskrbovalnega cevovoda.
- Slika 12: Vrste cevi – varianta 1 in 3.
- Slika 13: Vrste cevi – varianta 2 in 4.
- Slika 14: Prirobnice.
- Slika 15: T-kos z obojkami.
- Slika 16: Nekaj primerov fazonskih kosov s prirobnicami.
- Slika 17: Loputa.
- Slika 18: Zasun.
- Slika 19: Lovilnik nesnage.
- Slika 20: Zračniki.
- Slika 21: Nadzemni hidrant.
- Slika 22: Podzemni hidrant.
- Slika 23: Tlaki v omrežju v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.
- Slika 24: Tlaki v omrežju v času minimalne porabe – brez reducirnih ventilov.
- Slika 25: Hitrost vode v vodovodnem sistemu.
- Slika 26: Lega reducirnih ventilov.
- Slika 27: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.
- Slika 28: Tlaki v omrežju v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.
- Slika 29: Lega reducirnih ventilov.

Slika 30: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

Slika 31: Obratovalni tlak v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.

Slika 32: Lega reducirnih ventilov.

Slika 33: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

Slika 34: Lega reducirnih ventilov.

Slika 35: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

## **KAZALO PRILOG**

Priloga A: Hidrogeološka karta

Priloga B: Obstoječa zajetja, izdatnost izvirov in rezervoarji

Priloga C: Prispevna površina izvira Mali Javornik

Priloga D: Načrt vodohrana

Priloga E: Situacija (varianta 2)

Priloga F: Karakteristike črpalk

Priloga G: Regulator tlaka R8 – tehnični podatki

Priloga H: Vzdolžni profili (varianta 2)



## 1 UVOD

Tema diplomske naloge je bila izbrana na podlagi lastnih izkušenj z vodooskrbo v Javorniškem Rovtu in dejstva, da je naselje do leta 2005 edino v občini Jesenice, ki nima javnega vodovodnega sistema. Cilj te naloge je tako podati predlog oskrbe naselja s kakovostno pitno vodo v zadostnih količinah. Diplomska naloga je nadaljevanje seminarja z naslovom Ocena delovanja lokalnega vodovoda Javorniški Rovt, v katerem sem podrobneje obravnavala obstoječe stanje vodooskrbe.

V diplomski nalogi so najprej prikazane splošne, hidrološke in hidrogeološke značilnosti obravnavanega območja ter lega obstoječih zajetij in vodohranov. Podani so rezultati fizikalno-kemijskih in mikrobioloških analiz nekaterih izvirov. Med njimi je tudi izvir, ki predstavlja količinsko in kakovostno najprimernejši vir pitne vode za celotno naselje.

Na kratko so opisani različni možni pristopi k izboljšanju vodooskrbe na obravnavanem območju, izmed vseh možnosti pa je v diplomski nalogi obravnavana izgradnja novega, javnega vodovodnega omrežja. Četrto poglavje se zato začne z bilanco porabe vode, ki je osnova za dimenzioniranje zajetja, vodohrana in omrežja. Ker je naselje v prostoru zelo razpršeno, sem obravnavala dve možni postavitvi vodohrana. Oba vodovodna sistema sem nato obravnavala tudi v funkciji hidrantnega omrežja za gašenje požarov. Tako sem s pomočjo programa *Epanet 2.0* simulirala hidravlične razmere v štirih različnih variantah izvedbe vodovodnega sistema Javorniški Rovt.

V zaključku je podana primerjava vseh štirih variant. Pri tem sem upoštevala tri kriterije – kvaliteto dobavljene pitne vode, zagotavljanje požarne varnosti in višino posamezne investicije.

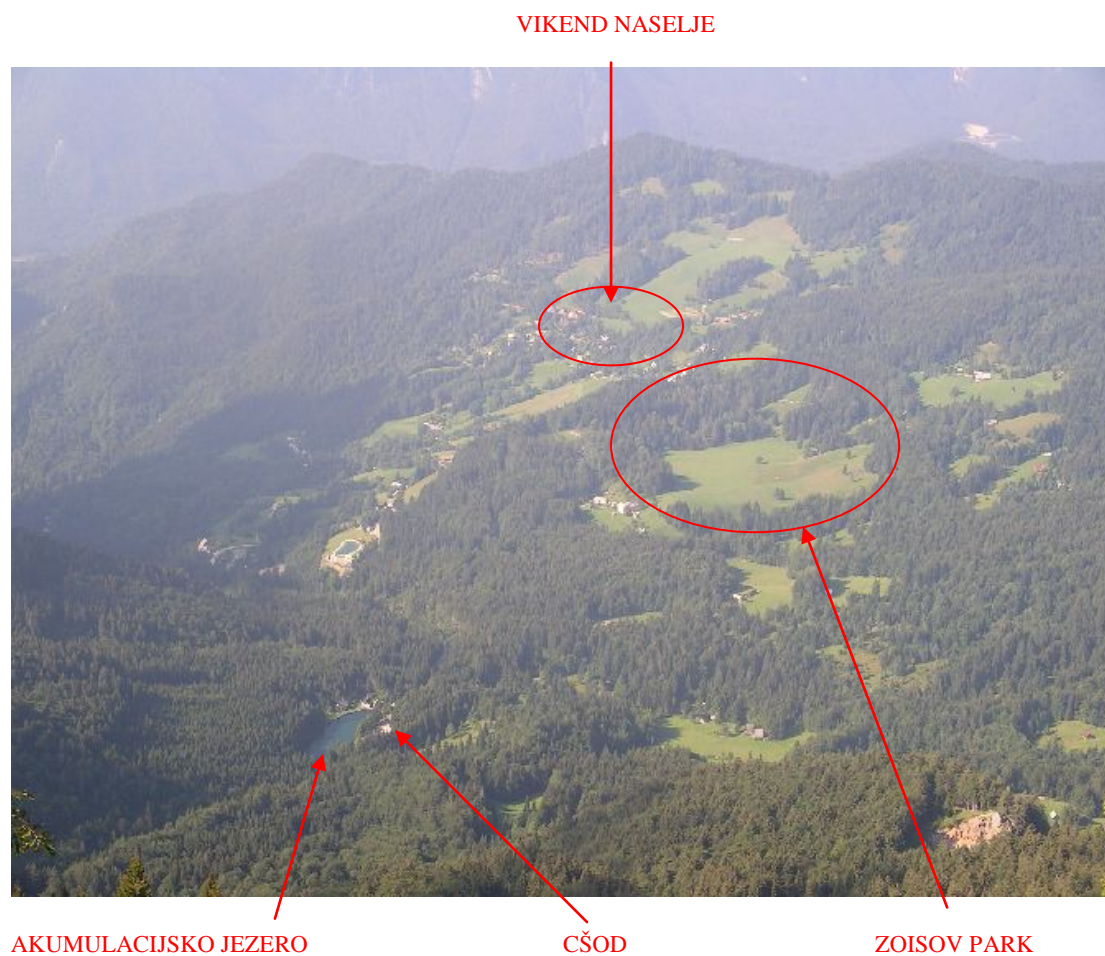
## 2 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

### 2.1 Splošne značilnosti

Obravnavano območje leži v občini Jesenice, na severozahodu Slovenije, v povirju potoka Javornik, ki teče po prisojnih pobočjih Karavank. Relief je zelo razgiban in raznolik. V dokaj strma pobočja vrezujejo svoje struge številni manjši pritoki potoka Javornik. Na nekdanjih izkrčenih pobočjih se nahajajo obdelovalne površine, pašniki in travniki, preostali del obravnavanega območja pa je porasel z mešanimi gozdovi.

Razpršeno naselje Javorniški Rovt danes predstavljajo kmetije, stanovanjske in počitniške hiše posejane na nadmorski višini od 840 do 1100 metrov. Ob enem izmed potokov, ki je zajezjen v treh manjših jezercih, je urejen botanični park, t.i. Zoisov park, ki ga krasijo številne prvotne (avtohtone) in tujerodne (alohtone) drevesne vrste. Na njegovem robu se nahaja planinski dom Pristava. Glavna izvira potoka Javornik, na severovzhodnem delu obravnavanega območja, se stekata v akumulacijsko jezero s površino 3366 m<sup>2</sup> in globino od 2 do 4 m. Jez je bil zgrajen leta 1901 za potrebe pogona turbin v valjarni Javornik. Na bregu tega umetnega jezera je bila leta 1992 opuščena vojaška karavla obnovljena, v njej pa ima danes prostore Center šolskih in občolskih dejavnosti (CŠOD), ki je poimenovan po fosilu trokrparju – Trilobit. Da bi se v čim večji meri zajele značilnosti kraja, ki bi bile povezane z dejavnostmi centra, je bila urejena Naravoslovna in rudarska učna pot. Dolga je osem kilometrov, z višinsko razliko 600 m, na njej pa je petnajst opazovalnih točk. Prvih nekaj postaj se nahaja v okolici glavnih izvirov potoka Javornik. (Konobelj, 2004). Nekaj osnovnih značilnosti je prikazanih na sliki 1.





Slika 1: Pogled na Javorniški Rovt z označenimi nekaterimi značilnostmi.

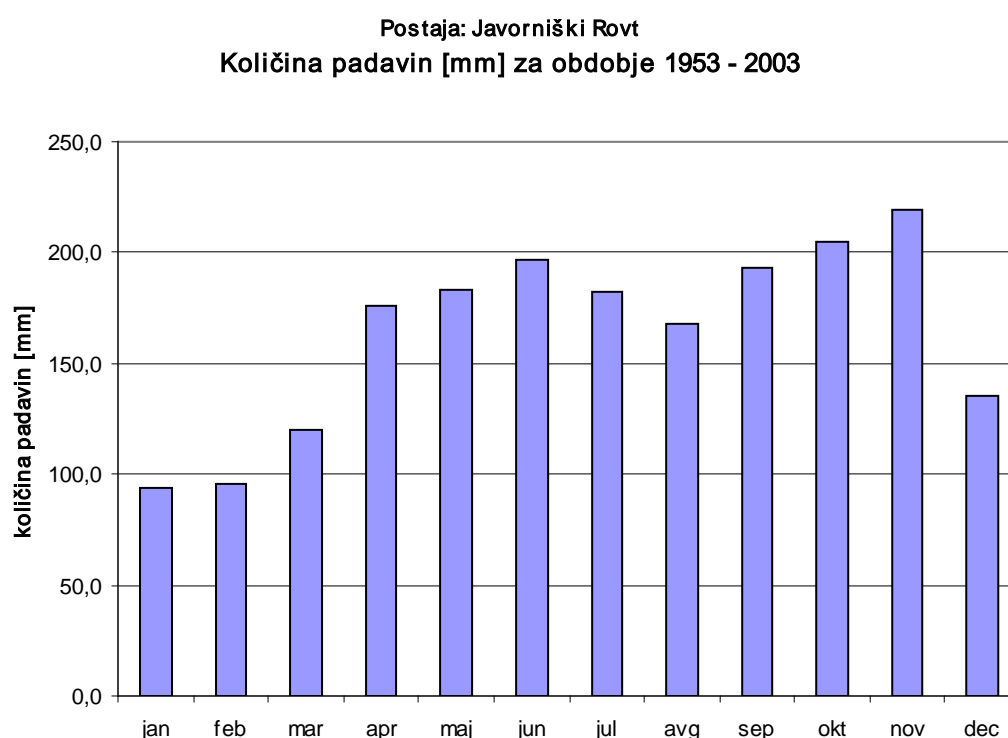
V bližini CŠOD se pojavljajo številni opuščeni kozolci, seniki in drugi pomožni kmetijski objekti. Redki so preurejeni v manjše počitniške hišice. Vodooskrba tega območja razpršene gradnje ni predmet naloge.

## 2.2 Hidrologija

Za potrebe naloge sem podatke o količini padavin pridobila na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Zupančič, 2004), podatki o površinskem odtoku vode pa so mi bili posredovani s strani Geološkega zavoda Slovenije (Brenčič et al., 1997).

### 2.2.1 Padavine

Po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje povprečna letna količina padavin na obravnavanem območju znaša 1960 mm. Dolgoletno mesečno povprečno količino padavin prikazuje grafikon 1. Izraziti so pozno jesenski maksimumi z 220 mm/mesec padavin. Med najbolj sušne mesece spadata januar in februar z nekaj manj kot 100 mm, poleti pa je minimum dosežen avgusta, ko v povprečju pade 170 mm padavin.



Grafikon 1: Grafični prikaz mesečne količine padavin v mm v letih 1953 do 2003.

Količina padavin je sicer v poletnem minimumu višja kot v zimskih mesecih, vendar ocenjujem, da je za vodooskrbo bolj kritično poletno obdobje. Zaradi višjih temperatur je izhlapevanje namreč intenzivnejše. Na podlagi empiričnih tabel in grafov, ki jih navajata Mutschmann in Stimmelmayer (1999), naj bi evapotranspiracija v Javorniškem Rovtu v povprečju znašala približno 550 mm letno. Od tega kar 50% v juniju, juliju in avgustu. Poleg tega se poveča poraba vode in na račun vikendašev tudi število porabnikov.

### 2.2.2 Površinski odtok vode

V povodju potoka Javornik se pojavlja več kot sto izvirov različnih tipov, obsega pa Javorniški potok, sedem desnih pritokov (Jezernica in drugi neimenovani potočki), dva leva pritoka in več izvirov ob boku doline. V večjem delu povodja potoka Javornik, kjer leži večina naselja Javorniški Rovt, voda prihaja na dan v obliki solzil, močil ali izvirov, katerih pretok ne presega 1,0 l/s. Nekateri manjši pritoki ponikajo v grušč in se nižje pojavljajo kot sekundarni izviri. Večinoma potoki v sušnih obdobjih ne presahnejo, ponekod pa suhe hudourniške struge kažejo na občasne toda visoke pretoke. Pravo nasprotje sta glavna izvira potoka Javornik – Veliki in Mali Javornik. Izvir Velikega Javornika je razpršen, voda prihaja na dan v šestih krakih, pa tudi drugje izpod grušča (Slika 2). Meritve pretoka, ki jih je leta 1997 opravljal takratni Inštitut za geologijo, geofiziko in geotehniko v okviru raziskave Hidrogeologija Karavank (med Stolom in Ljubeljskim prelazom), so pokazale, da izdatnost vseh šestih izvirov skupaj presega 100 l/s. (Brenčič et al., 1997b)



Slika 2: Razpršen izvir Velikega Javornika.

Izvir Malega Javornika je bolj koncentriran (Slika 3), suha struga nad njim pa pove, da ob višjih vodostajih voda izvira tudi višje. Minimalna izdatnost izvira *Pod smreko*, kot je zaradi svoje specifične lege poimenovan, je ocenjena na 15 l/s. Mali Javornik je v večini zajet in speljan po cevovodu do izvira Velikega Javornika, kjer je zbiralnik. Od tod del zajete vode

teče po cevovodu v dolino kot tehnološka voda, preostali del pa po betonskih rakah v akumulacijsko jezero pri Domu Trilobit. (Brenčič et al., 1997b)



Slika 3: Izvir Malega Javornika pod smreko.

### 2.3 Hidrogeologija

Glavne količine vode v povodju potoka Javornik se drenirajo iz karbonatnih masivov Struške in Belščice preko t.i. Košutinega preloma, ki ločuje bolj prepustne dachsteinske apnence in dolomite od manj prepustnih spodnje in srednje triasnih ter paleozojskih plasti. Na mestih, kjer prelom prečkajo doline, nastopajo pomembni in močni izviri. Eden takih je zelo izdaten glavni izvir potoka Javornik. Površinsko največji del povodja potoka Javornik tvorijo neprepustne do slabo prepustne karbonsko permske in eocenske klastične kamnine, ki vodo v glavnem odvajajo po površini in skozi preperinske drenažne izvire (Brenčič et al., 1997b).

Glede na hidrogeološke značilnosti je obravnavano območje razčlenjeno v naslednje enote:

- 1. Neprepustne plasti (površinski odtok):** Ta enota zajema spodnje do srednje permske kamnine (mejni skladi in švagerinski apnenci, klastične in karbonatne trogkofelske plasti, kot tudi groedenski peščenjaki) in werfenske plasti. Prevladuje površinski odtok, najdemo

pa tudi manjše lokalne vodonosnike, iz katerih izteka voda iz močil ali izvirov s pretokom pod 1 l/s.

- 2. Neprepustne plasti (prevladuje površinski odtok z majhnimi razpoklinskimi vodonosniki):** Druga, prav tako slabo prepustna enota, so rabeljske plasti in laporji ter ploščasti apnenci z roženci anizijsko-ladinijskih plasti. Prevladuje površinski odtok, mestoma nastopajo lokalni razpoklinski vodonosniki v apnencih.
- 3. Porozni vodonosniki v kvartarnih sedimentih:** v tej enoti so združeni vsi nevezani sedimenti. To so ledeniške talne morene, morenski nasipi in nizke terase, podorni nanosi, pobočne breče, naplavine in debelejšje tvorbe pobočnega grušča. Z izjemo talnih moren v teh kamninah prevladuje podzemni odtok.
- 4. Lokalni razpoklinski vodonosniki v dolomitih:** Enota zajema anizijske dolomite in belerofonski dolomit. Ti dolomiti so vseskozi dobro skladnati z vmesnimi glinenimi plastmi. Prevladuje površinski odtok. Točkovni izviri se pojavljajo le na stikih s slabše prepustnimi plastmi in so vezani na lokalne razpoklinske vodonosnike.
- 5. Zakraseli, razpoklinski vodonosnik (masivni in plastnati apnenci, dolomiti):** Enota vključuje plastnate dachsteinske apnence z grebena Stola, masivne dachsteinske grebenske apnence z Begunjščice in liasne apnence s področje Begunjščice. Prevladuje podzemni odtok. (Brenčič et al., 1997a)

Hidrogeološke razmere so prikazane v prilogi A.

## 2.4 Obstoječi vodovodni sistemi

Naselje Javorniški Rovt se je v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja pričelo širiti predvsem na račun številnih počitniških in stanovanjskih hiš, ki so zrasle na njivah in travnikih nekdanjih velikih rovtarskih kmetij. S širjenjem naselja so se pojavile tudi potrebe po urejeni vodooskrbi. Prebivalci so se organizirali in sami financirali vse potrebne elemente, sami pa so tudi opravili vsa potrebna gradbena dela. Ker je območje Javorniškega Rovta precej vodnato, so se gradila predvsem zajetja, ki so oskrbovala le manjše število bližnjih hiš. Tako strnjeni del naselja Javorniški Rovt s pitno vodo oskrbuje sedemnajst medsebojno ločenih vodovodnih sistemov. Vodovodne sisteme sestavlja sedemnajst vodnih zajetij na

izvirih, sedem vodohranov ter 5,0 km polietilenskih cevi različnih premerov, ki ne presegajo  $\phi 50$  mm. Vodovodni sistemi (zajetja, vodohrani, vodovodne cevi), so bili zgrajeni oziroma obnovljeni približno od leta 1960 do 1995.

Zajetja večinoma nimajo imen, zato sem za potrebe te naloge posamezne sisteme oziroma zajetja in vodohrane poimenovala po njihovi legi ali porabnikih, ki jih oskrbujejo. V prilogi B so prikazana naslednja zajetja: *Rasim zgornji*, *Rasim spodnji*, *Novak zgornji*, *Novak spodnji*, *Henček*, *Breljih*, *Pepi*, *Meševc spodnji*, *Lenček spodnji*, *Lenček zgornji*, *Mili potok*, *Vrvač*, *Razingar*, *Šmid*, *Plajerca zgornji*, *Plajerca spodnji* in *Karavla*. Poleg lege zajetij je podana tudi izdatnost zajetih izvirov in lega vodohranov. Ostale značilnosti (tip zajetij, vodohranov, potek trase posameznih cevovodov, premeri in dolžine posameznih cevi, položaj odjemnih mest ter značilnosti prispevnih površin) sem podrobneje obravnavala že v seminarski nalogi z naslovom Ocena delovanja lokalnega vodovoda Javorniški Rovt (Novak, 2004).

## **2.5 Kvaliteta vode**

Kvaliteto zajete vode v nekaterih zajetjih ogrožajo predvsem dejavnosti na prispevnem območju v bližini zajetij – intenzivno gnojenje kmetijskih zemljišč ter gradnja novih stanovanjskih in počitniških hiš z neprimerno urejenim odvajanjem odpadnih voda. Količina vode v obravnavanih zajetjih preko celega leta večinoma pokriva potrebe po pitni vodi. Stanje je v poletnih mesecih kritično edino na najnižje ležečem zajetju *Šmid*. Tam izvir lahko celo presahne in pitno vodo je prebivalcem potrebno dovažati s cisternami.

### **2.5.1 Analize vode**

Nekaj preiskav kvalitete pitne vode na individualnih zajetjih je strokovna služba javnega komunalnega podjetja opravila na pobudo in stroške porabnikov pitne vode. Po njihovem pripovedovanju in na podlagi maloštevilnih pisnih poročil o preskusu vode na individualnih zajetjih sem ugotovila, da so bili vzorci vode v poletnih mesecih večkrat odvzeti iz zajetja *Šmid*, ter iz omrežja, ki dobavlja vodo iz zajetja *Plajerca zgornji* oziroma *Plajerca spodnji*. Vsakič so mikrobiološke preiskave pokazale, da je voda zdravstveno neustrezna. Rezultati

analiz, ki jih je bilo možno dobiti v arhivu javnega komunalnega podjetja, so prikazani v preglednicah. Poročil o preiskavah vode na preostalih manjših zajetjih ni bilo možno pridobiti. Po pripovedovanjih prebivalcev so bile mikrobiološke preiskave na veliki večini zajetij vsaj enkrat izvedene in analize naj bi vsakič pokazale, da je voda zdravstveno ustrezna. Podatka v katerem delu leta in ob kakšnih pogojih so bili vzorci odvzeti, nisem dobila. Da bi z večjo gotovostjo lahko trdili, da zajeta voda ustreza vsem kriterijem kakovosti, bi bilo potrebno opraviti kemične in mikrobiološke analize v sušnem obdobju, v času nalivov, pozimi in v času taljenja snega.

Preglednica: Mikrobiološka analiza pitne vode z dne 10.6.2003 – *Plajerca*, omrežje (Poročilo o preskusu vode, 2003)

PREISKAVA	ENOTA	REZULTAT	KRITERIJ
<i>Escherichia coli</i>	MPN/100ml	> 16	0
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	> 16	0
Število mikroorganizmov pri 22°C	v 1 ml	> 300	-
Število mikroorganizmov pri 37°C	v 1 ml	> 300	100

Preglednica: Mikrobiološka analiza pitne vode z dne 19.6.2003 – *Plajerca*, omrežje (Poročilo o preskusu vode, 2003)

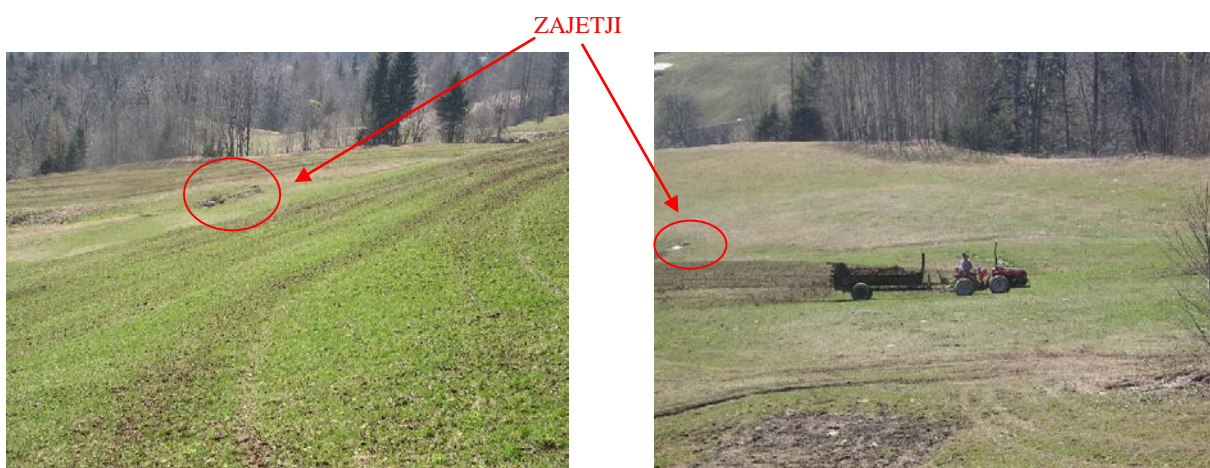
PREISKAVA	ENOTA	REZULTAT	KRITERIJ
<i>Escherichia coli</i>	MPN/100ml	9,2	0
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	> 16	0
Število mikroorganizmov pri 22°C	v 1 ml	140	-
Število mikroorganizmov pri 37°C	v 1 ml	19	100

Preglednica: Mikrobiološka analiza pitne vode z dne 17.6.2003 – *Šmid*, na izlivki (Poročilo o preskusu vode, 2003)

PREISKAVA	ENOTA	REZULTAT	KRITERIJ
<i>Escherichia coli</i>	MPN/100ml	0	0
Skupne koliformne bakterije	MPN/100ml	0	0
Število mikroorganizmov pri 22°C	v 1 ml	300	-
Število mikroorganizmov pri 37°C	v 1 ml	130	100

Rezultati mikrobioloških analiz vode iz zajetja *Plajerca* z dne 10.06.2003 kažejo na precej alarmantno stanje. Vsi parametri so krepko presegali mejne dovoljene koncentracije, ki jih je določal takrat veljavni Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode (1997). Stanje se po več kot tednu dni ni bistveno spremenilo. Veliko število bakterij *Escherichia coli* in skupnih koliformnih bakterij kaže na fekalno onesnaženje vode na zajetju. Neposredna okolica zajetja ter prispevno območje v celoti leži na pašniku, zato živina oziroma njihovi iztrebki, ki pri paši ostajajo na napajalnem območju, predstavljajo največji vir onesnaženja. Poleg tega se prispevna površina v spomladanskih mesecih intenzivno gnoji (Slika 4 in Slika 5). Druga analiza, z dne 19.6.2003, je v primerjavi s predhodno na istem mestu pokazala manjše število mikroorganizmov pri 22°C in 37°C. Iz tega bi lahko sklepala, da je bil prvi vzorec odvzet po intenzivnem deževju ter da na kakovost vode močno vplivajo površinske vode oziroma, da je gladina podtalnice nizko pod površjem, na kar opozarja tudi zamočvirjena okolica.

Podobno lahko zaključim iz rezultatov analize zajetja *Šmid*. Tudi tu bi na podlagi povečanega števila mikroorganizmov pri 22°C in 37°C in zamočvirjene okolice zajetja sklepala na velik vpliv površinskih vod na podtalnico, ki je nizko pod površjem. Analiza z dne 17.6.2003 sicer ne kaže na onesnaženje s fekalijami, česar pa ne potrjujejo pričevanja porabnikov vode, zajete v zajetju *Šmid*. Glede na rezultate analiz voda iz zajetij *Plajerca* in *Šmid* brez predhodnega čiščenja ni primerna za pitje.

Slika 4: Prispevna površina zajetij *Plajerca*...

Slika 5: ...se intenzivno gnoji.



Opazovanja kvalitete in izdatnosti nekaterih izvirov je javno komunalno podjetje izvajalo v preteklih letih z namenom poiskati primeren vodni vir za vodooskrbo celotnega naselja Javorniški Rovt. Med ostalim so bili vzorci večkrat vzeti predvsem na obeh glavnih izviroh potoka Javornik. Največ pregledov je bilo opravljenih na izviru Mali Javornik oziroma *Pod smreko*. Le-ta je v primerjavi z izvirom Veliki Javornik za morebiten zajem bolj primeren, saj je bolj koncentriran. To je tudi razlog, da so se podrobnejše analize izvajale večinoma na izviru *Pod smreko*.

V arhivu strokovne službe, ki je izvajala vzorčenje, je bilo možno dobiti le poročila meritev, ki so bile opravljene septembra in oktobra leta 2000, aprila 2003 in maja 2005. V preglednicah so prikazani rezultati zadnjih fizikalno-kemijskih in mikrobioloških analiz vzorcev, odvzetih na izviru *Pod smreko*. Ostala razpoložljiva poročila kažejo le malenkostno nihanje motnosti, elektroprevodnosti in trdote.

Preglednica: Fizikalno-kemijska analiza pitne vode z dne 24.4.2003 – izvir *Pod smreko* (Poročilo o preskusu vode, 2003)

PREISKAVA	ENOTA	REZULTAT	KRITERIJ
<i>Barva</i>	m <sup>-1</sup>	< 0,2	0,5
<i>Motnost</i>	NTU	0,2	5
<i>pH</i>		8,1	6,5 - 8,5
<i>Elektroprevodnost (pri 25°C)</i>	mS/cm	207	2500
<i>Poraba KMnO<sub>4</sub></i>	mg KMnO <sub>4</sub> /l	1,6	10
<i>Amonij</i>	mg NH <sub>4</sub> /l	< 0,02	0,1
<i>Celotni fosfor</i>	mg PO <sub>4</sub> /l	< 0,05	0,3
<i>Nitrati</i>	mg NO <sub>3</sub> /l	2,38	50
<i>Nitriti</i>	mg NO <sub>2</sub> /l	< 0,02	0,1
<i>Karbonatna trdota</i>	st. N	5,9	-
<i>Nekarbonatna trdota</i>	st. N	0,1	-
<i>Celokupna trdota</i>	st. N	6,0	-

Preglednica: Mikrobiološka analiza pitne vode z dne 20.5.2005 – izvir *Pod smreko* (Poročilo o preskusu vode, 2005)

PREISKAVA	ENOTA	REZULTAT	KRITERIJ
<i>Escherichia coli</i>	št./100 ml	0	0
Skupne koliformne bakterije	št./100 ml	0	0
<i>Enerococcus spp.</i>	št./100 ml	0	0
Število mikroorganizmov pri 22°C	v 1 ml	11	-
Število mikroorganizmov pri 37°C	v 1 ml	0	100

Rezultati fizikalno-kemijskih in mikrobioloških analiz vzorcev, odvzetih na izviri *Pod smreko*, kažejo, da je to zelo kvaliteten vir vode in predstavlja veliko možnost za vodooskrbo Javorniškega Rovta. Preiskovani vzorci izvira *Pod smreko* so bili brez barve in tudi količina koloidnih delcev, ki bi povzročali preveliko motnost, je bila zelo majhna. Vrednost pH = 8,1 kaže na precej alkalen značaj vode. Karbonatna trdota 5,9 °N (oziroma 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l) vodo uvršča med posebno dobre (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999) oziroma zmerno trde (DeZuane, 1997). Elektroprevodnost (207 µS/cm) kaže na količino raztopljenih snovi v vodi. Glede na rezultate različnih analiz sem ugotovila, da le-ta niha od 184 do 208 µS/cm. Te lastnosti vodi daje kraško – razpoklinsko padavinsko zaledje izvira *Pod smreko*. Iz nizkih vrednosti vseh ostalih parametrov lahko ugotovim, da se na prispevni površini ne uporablja gnojil in da podtalnice ne onesnažujejo odpadne vode ali živalski iztrebki.

Mikrobiološke preiskave vzorcev, vzeti na izviri *Pod smreko* kažejo na mikrobiološko neoporečnost. Verjetnost, da so (bile) v vodi prisotne patogene bakterije in virusi je tako zelo majhna. Potrebno pa je poudariti, da napajalno območje izvira *Pod smreko* sestavlja kraško-razpoklinski vodonosnik, zato je tveganje za onesnaženje vodnega telesa precej veliko. Prispevna površina je sicer obsežna, vendar ima zelo slabo filtracijsko sposobnost. Pri pretakanju podzemne vode skozi razpoke v hribini in pobočni grušč se mikroorganizmi večinoma ne odstranijo.

### 3 MOŽNI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE OSKRBE Z VODO

Na podlagi vseh ugotovitev obstoječega stanja, predstavljenega v poglavju 2, lahko povzamem probleme vodooskrbe v Javorniškem Rovtu:

- Mikrobiološki parametri vzorčevane vode iz zajetij *Plajerca zgornji*, *Plajerca spodnji* in *Šmid* presegajo dovoljeno mejno vrednost.
- Zaradi lege v ali pod naseljem so poleg zajetij *Plajerca zgornji*, *Plajerca spodnji* in *Šmid* ogrožena (ali pa tudi že onesnažena) zajetja *Novak zgornji*, *Novak spodnji*, *Henček*, *Brelih*, *Pepi* in *Razingar*.
- Vodovarstvena območja niso določena in tudi vodovarstvenih režimov se ne izvaja.
- Količina vode v zajetju *Šmid* v poletnih mesecih pogosto ne pokriva potreb.
- Nekatera obstoječa zajetja in vodohrani so izvedeni nestrokovno, kar se kaže na slabši kakovosti vode.

Osnova pri iskanju rešitev, ki bi izboljšale vodooskrbo v Javorniškem Rovtu, so podatki o izdatnosti vodnih virov ter preiskave njihove kvalitete. Glede na hidrološke in hidrogeološke značilnosti obravnavanega območja dobava zadostne količine vode vsem porabnikom ne bi smela biti problem. Nasprotno pa zaradi velikega števila zajetij, ki se nahajajo tudi znotraj strnjene naselja, večjo oviro predstavlja zagotavljanje primerne kvalitete vode. Za izboljšanje vodooskrbe z vidika količine in kvalitete je možnih več ukrepov:

1. sanacija in varovanje obstoječih vodnih virov z vodovarstvenimi območji,
2. čiščenje vode pred vhomom v omrežje,
3. oskrba iz ustrežnejših, že zajetih izvirov,
4. priključitev na javno vodovodno omrežje.

Samo s sanacijo in rednim čiščenjem zajetij problem mikrobiološko neustrezne kvalitete vode ne bi bil rešen. Potrebna bi bila uvedba vodovarstvenih pasov in izvajanje režimov znotraj let, kar pa bi bilo s socialnega in ekonomskega vidika težko izvedljivo. Nekaj kmetov bi s prepovedjo paše živine v prvem in drugem varstvenem območju namreč izgubilo vir dohodka, ob številnih stanovanjskih in počitniških hišah pa bi bilo potrebno sanirati greznice. Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (2004) v prvem varstvenem območju tudi ne dovoljuje stanovanjskih stavb. Na ta način se vsaj tri zajetja ne bi smela več uporabljati,

nov vir pitne vode pa bi bilo potrebno poiskati več kot tridesetim stanovanjskim in počitniškim hišam.

Primerno kakovost vode bi se lahko zagotovilo z ustreznimi postopki čiščenja vode iz obstoječih izvirov. Ekonomsko najbolj upravičena in tehnično najlažje izvedljiva bi bila dezinfekcija onesnažene vode s kloriranjem pred vhomom v omrežje ali pa ultrafiltracija na mestu porabe. S tem pa ne bi bil rešen problem nezadostne količine vode v najnižje ležečem zajetju in za te porabnike bi bilo potrebno poiskati nov vodni vir.

Zdravstveno ustrezno vodo bi se lahko dobavljalo tudi iz novih ali že obstoječih virov, ki ležijo nad naseljem in bi jih bilo možno varovati z vodovarstvenimi območji. Če bi se na ta način pitna voda zagotavljala najnižje ležečim porabnikom, bi bilo potrebno položiti najmanj 1000 m novih cevi, zaradi več kot 200 m višinske razlike pa bi bila potrebna vgradnja regulatorjev tlaka.

Rešitev problema vodooskrbe v Javorniškem Rovtu je tudi vzpostavitev javnega omrežja, ki bi bilo enotno, večje ter s tem tehnično in gospodarsko bolj ekonomično. Glede na podatke o izdatnosti izvirov ter rezultate fizikalno-kemijskih in mikrobioloških analiz vode bi bil za zajem najprimernejši izvir Mali Javornik, imenovan tudi *Pod smreko*, ki leži na nadmorski višini 1086 m. Prispevno površino bi se zavarovalo z ustreznimi pravnimi akti. Celotna razdelilna mreža bi se zgradila na novo. Obstoječi vodni viri in pripadajoča vodovodna omrežja bi lahko delno ostala v uporabi. Prebivalce bi oskrbovala z manj kakovostno vodo, ki bi se jo uporabljalo za zalivanje vrtov, splakovanje stranišč, pranje perila, čiščenje prostorov. S finančnega vidika gre gotovo za enega najdražjih ukrepov, vendar se lahko samo na ta način zagotovi primerna količina in kakovost vode, ki bo redno kontrolirana s strani upravljavca sistema za oskrbo s pitno vodo.

#### 4 ZASNOVA JAVNEGA VODOVODNEGA SISTEMA

Najprimernejši vir pitne vode, iz katerega se bo oskrbovalo naselje Javorniški Rovt je izvir Malega Javornika, t.i. *Pod smreko*. Izvir se nahaja na nadmorski višini 1086 m, večji del naselja pa leži od 840 do 1000 m n.m. Najviše ležita kmetija Vrvač (1070 m) in kmetija Meševc z nekaj okoliškimi stanovanjskimi hišami (1038 m). Glede na število porabnikov, velikost in razpršenost naselja ter razgibanost terena bo Javorniški Rovt oskrboval vejičast vodovodni sistem. Zaradi enostavnejšega upravljanja s celotnim vodovodnim sistemom bo voda najprej tekla iz zajetja v vodohran po dovodni cevi, nato pa iz vodohrana po oskrbovalnem cevovodu do porabnikov. Voda se bo do večine porabnikov v strnjenem delu naselja dovajala gravitacijsko. V nalogi (poglavja od 4.6 do 4.9) so obravnavane štiri različne možnosti vodooskrbe v Javorniškem Rovtu:

##### VARIANTA 1:

- vodohran leži na koti 1026 m n.m.,
- do kmetij Meševc in Vrvač se voda dovaja s črpalkami,
- požarna varnost se zagotavlja z vodo iz že obstoječih vodohranov in akumulacij površinskih voda;

##### VARIANTA 2:

- vodohran leži na koti 1057 m n.m.,
- do kmetije Vrvač se voda črpa,
- požarna varnost se zagotavlja z vodo iz že obstoječih vodohranov in akumulacij površinskih voda;

##### VARIANTA 3:

- vodohran leži na koti 1026 m n.m.,
- do kmetij Meševc in Vrvač se voda črpa,
- požarna varnost se zagotavlja z vodo iz vodovodnega omrežja;

##### VARIANTA 4:

- vodohran leži na koti 1057 m n.m.,
- do kmetije Vrvač se voda dovaja s črpalko,
- požarna varnost se zagotavlja z vodo iz vodovodnega omrežja.

V poglavjih od 4.1 do 4.5 je prikazana priprava vseh podatkov, ki so potrebni za izgradnjo hidravličnega modela vodovodnega sistema – poraba vode, lega zajetja, vodohrana in omrežja v prostoru.

Za izdelavo hidravličnega izračuna vodovodnega sistema Javorniški Rovt sem uporabila program *Epanet 2.0*. Večino vhodnih podatkov sem pripravila v programu *AutoCAD* s posebnim orodjem *Sewer+2000*, ki je namenjen projektiranju, dimenzioniranju ter hidravličnem preverjanju vodovodnih in kanalizacijskih sistemov. Za kartografsko podlago sem uporabila temeljni topografski načrt v merilu 1:5000 in kataster stavb. Ocena porabe vode na posameznih odzemnih mestih je povzeta po empiričnih vrednostih, ki jih navajata Mutschmann in Stimmelmayer (1999). Podatke o številu prebivalcev in namembnosti objektov (stanovanjske, počitniške hiše, kmetije) sem pridobila na spletnih straneh geografskega informacijskega sistema občine Jesenice (Občina Jesenice, 2004) ter na podlagi lastnih ogledov na terenu.

#### **4.1 Bilanca porabe vode**

Podatki o porabi pitne vode so potrebni pri projektiranju vseh elementov vodovodnega sistema – zajetja, vodohrana in razdelilne mreže. Pri izračunu porabe vode se upošteva obstoječe število in vrsto porabnikov, normo porabe vode, predviden porast prebivalstva v prihodnosti, koeficient letnega nihanja porabe, koeficient izgub, koeficient dnevnega nihanja porabe vode ter količino vode, potrebno pri gašenju požara.

##### **4.1.1 Število porabnikov vode**

Podatke o številu prebivalcev (Preglednica 1) in namembnosti objektov sem pridobila na spletnih straneh geografskega informacijskega sistema občine Jesenice (Občina Jesenice, 2004) ter na podlagi lastnih ogledov na terenu.

Večino naselja sestavljajo enodružinske hiše, v katerih stalno prebiva 192 stanovalcev. Od dvanajstih starih kmetij svojemu namenu danes služijo še štiri. Kmetje se ukvarjajo z živinorejo. V njihovih hlevih je skupaj približno trideset glav živine – konj, krav in prašičev. Velik porabnik pitne vode je Dom Trilobit, v katerem je urejen Center šolskih in obšolskih dejavnosti. Ko imajo kapacitete polno zasedene, je v teh prostorih dnevno do 50 učencev, učiteljev in drugega osebja. Po ocenah je v enem dnevu največ toliko tudi obiskovalcev Doma

Pristava ob Zoisovem parku, ki se poslužujejo tamkajšnje gostinske ponudbe. Višek turistične sezone v Javorniškem Rovtu je v poletnih mesecih. Skoraj tretjino oskrbovanih objektov predstavljajo počitniške hiše. Število porabnikov vode se zato poveča ob koncih tedna, predvsem v poletnih mesecih. Da sem dobila število porabnikov v počitniških hišah, sem pomnožila število vikendov s štiri. Ocenjujem namreč, da so poleti v soboto ali nedeljo v vseh vikendih v povprečju štiri osebe.

Preglednica 1: Število porabnikov pitne vode v Javorniškem Rovtu.

	<i>N</i>
stanovalci	192
živina	50
vikendaši	140
gosti – ČŠOD	50
gosti – Dom Pristava	50

#### 4.1.2 Poraba vode po priključkih ( $Q_d$ )

Strokovna literatura navaja različne izkustvene vrednosti porabe vode po posameznih priključkih. Razlikujejo se predvsem zato, ker izhajajo iz različnih območij oskrbe in različnih klimatskih pogojev. Odstopanja za 15 % so vedno mogoča. (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999). Za oceno porabe pitne vode na posameznih odzemnih mestih v Javorniškem Rovtu sem upoštevala vrednosti srednje porabe po statistiki nemškega gradbeništva, kot jih navajata Mutschmann in Stimmelmayer (1999). Norma porabe za Javorniški Rovt je podana v preglednici 2.

Preglednica 2: Norma porabe ( $n_p$ ) v Javorniškem Rovtu po posameznih odzemnih mestih.

	$n_p$
enodružinske stanovanjske hiše	150 l/preb·dan
kmetijstvo - večja živina	75 l/žival·dan
počitniške hiše	70 l/preb·dan
ČŠOD	150 l/gost·dan
Dom Pristava	50 l/gost·dan

Iz števila porabnikov in norme porabe vode po posameznih odvzemnih mestih določim dnevno porabo ( $Q_{d,0}$ ), ki je prikazana v preglednici 3:

$$Q_{d,0} = N \cdot n_p$$

Preglednica 3: Dnevna poraba vode ( $Q_{d,0}$ ) v Javorniškem Rovtu.

vrsta porabnika	N	$n_p$	$Q_{d,0}$
enodružinske stanovanjske hiše	192	150 l/preb-dan	28800 l/dan
kmetijstvo - večja živina	50	75 l/žival-dan	3750 l/dan
počitniške hiše	140	70 l/preb-dan	9800 l/dan
CŠOD	50	150 l/gost-dan	7500 l/dan
Dom Pristava	50	50 l/gost-dan	2500 l/dan
SKUPAJ			52350 l/dan

#### 4.1.3 Število porabnikov in poraba vode v prihodnosti ( $k_{30}$ )

Vodovodni sistem se dimenzionira za dobo 30 let (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999). V tem času naj bi se poraba vode povečala zaradi naraščanja števila porabnikov, kar opisuje koeficient naraščanja števila porabnikov pitne vode  $k_{30}$ . Urbanistični načrti za Javorniški Rovt zaenkrat predvidevajo le manj obsežno širjenje stanovanjskih in počitniških območij, z gospodarskega vidika pa je razvoj usmerjen v turizem in ohranjanje kmetijstva. Tako lahko v najbolj optimistični varianti predpostavljam, da se bo število vseh porabnikov pitne vode v naslednjih 30 letih povečevalo za  $p = 0,5\%$  na leto. Koeficient naraščanja števila porabnikov pitne vode določa enačba:

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

$p$ ... letno naraščanje števila porabnikov [%]

$n$ ... načrtovana doba [let]



#### 4.1.4 Letno nihanje porabe vode ( $k_{let}$ )

V preglednici 2 navedene norme porabe vode veljajo za povprečni dan v letu. Poraba vode je med letom neenakomerna, pozimi manjša in poleti večja. Porabnikom mora biti dovedeno dovolj vode tudi na dan največje porabe (t.i. kritični dan). Povečanje porabe v poletnih mesecih se upošteva s koeficientom letnega nihanja porabe vode  $k_{let}$ , ki je razmerje med količino vode, porabljene v kritičnem dnevu in povprečno dnevno porabo vode. Za oskrbo obravnavanega območja predpostavim vrednost koeficienta  $k_{let} = 2,5$  (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999). Javorniški Rovt je namreč razmeroma turistično naselje, saj se predvsem v poletnih mesecih – v turistični sezoni poveča število vikendašev, gostov v Domu Pristava ter obiskovalcev Centra šolskih in občolskih dejavnosti. Nihanje porabe tekom leta je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju zajetja.

#### 4.1.5 Vodne izgube ( $k_{izg}$ )

Koeficient vodnih izgub je razmerje med zajeto in prodano vodo. Večina izgub je posledica dotrajanega vodovodnega omrežja, kjer voda pušča iz počenih cevi, slabih ventilov in stikov. Gradbeniški priročnik za dobro vzdrževane sisteme navaja koeficient vodnih izgub  $k_{izg} = 1,15$  (Berdajs et al., 1998). Zajeta količina vode mora pokrivati tudi izgube na omrežju.

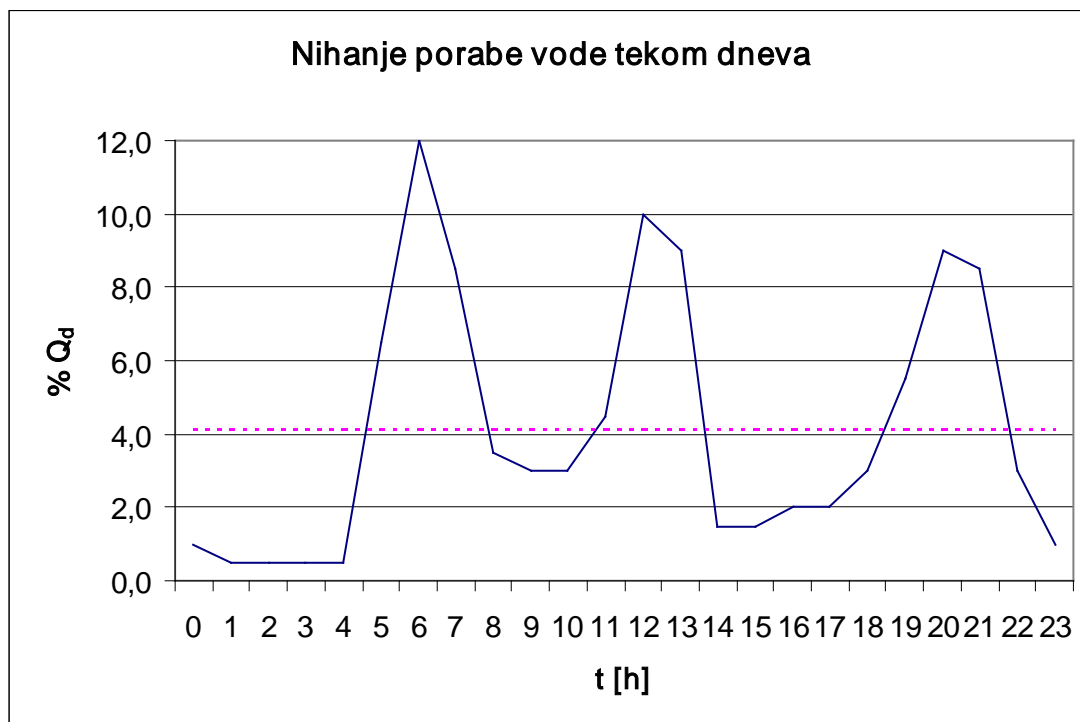
#### 4.1.6 Dnevno nihanje porabe vode ( $k_{max}$ , $k_{min}$ )

Poraba vode tekom dneva ni konstantna. Čez dan doseže maksimalno, ponoči minimalno vrednost, odvisna pa je od načina življenja prebivalcev obravnavanega naselja. Amplituda med maksimalno in minimalno porabo vode je večja pri manjših naseljih. Potek urne porabe je povzet po vrednostih, ki jih navajata Mutschmann in Stimmelmayer (1999) za vaško območje. Neenakomernost urne porabe je pomembna pri dimenzioniranju vodohrana.

Preglednica: Neenakomernost urne potrošnje na dan največje porabe. (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999, str. 20)

čas [h]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
poraba [% $Q_d$ ]	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5	12,0	8,5	3,5	3,0	3,0	4,5

čas [h]	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
poraba [% $Q_d$ ]	10,0	9,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0	5,5	9,0	8,5	3,0	1,0



Grafikon: Neenakomernost urne porabe. (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999, str. 19)

Koeficient neenakomernosti dnevne porabe  $k_{dan}$  zapišemo kot razmerje med največjo oziroma najmanjšo urno porabo vode in srednjo dnevno porabo vode ( $Q_d$ ):

$$k_{\max} = \frac{\max Q_d}{Q_d} = \frac{12,0\%}{4,17\%} = 2,88 \quad k_{\min} = \frac{\min Q_d}{Q_d} = \frac{0,5\%}{4,17\%} = 0,12$$

pri čemer velja:  $Q_d = \frac{100\%}{24} = 4,17\%$

Izračun srednje, maksimalne in minimalne dnevne porabe po posameznih odsekih vodovodnega sistema čez 30 let je prikazan v preglednici 4.

$$Q_d = N \cdot n_p \quad \dots \text{srednja dnevna poraba danes}$$

$$Q_{d,30} = Q_d \cdot k_{30} \quad \dots \text{srednja dnevna poraba čez 30}$$

$$q_{sr} = Q_{d,30} \cdot k_{let} \cdot k_{izg} \quad \dots \text{srednja dnevna poraba čez 30 let ob upoštevanju letnega nihanja porabe in izgube vode}$$

$$q_{max} = q_{sr} \cdot k_{max} \quad \dots \text{maksimalna urna poraba}$$

$$q_{min} = q_{sr} \cdot k_{min} \quad \dots \text{minimalna urna poraba}$$

Preglednica 4: Poraba vode po odsekih.

	$Q_d$	$Q_{d,30}$	$q_{sr}$	$q_{sr}$	$q_{max}$	$q_{min}$
odvzemna mesta	l/dan	l/dan	l/dan	l/s	l/s	l/s
CŠOD + hiše	8.700	10.092	29.015	0,336	0,967	0,040
kongo	4.900	5.684	16.342	0,189	0,545	0,023
šmid	5.850	6.786	19.510	0,226	0,650	0,027
- jencelj	1.000	1.160	3.335	0,039	0,111	0,005
<b>SKUPAJ šmid</b>				<b>0,264</b>	<b>0,761</b>	<b>0,032</b>
ovinek	4.800	5.568	16.008	0,185	0,534	0,022
zupančič	6.300	7.308	21.011	0,243	0,700	0,029
vikendi glavni	7.100	8.236	23.679	0,274	0,789	0,033
- meševc	6.500	7.540	21.678	0,251	0,723	0,030
- lužnik	1.200	1.392	4.002	0,046	0,133	0,006
- vikendi spodnji	5.500	6.380	18.343	0,212	0,611	0,025
<b>SKUPAJ vikendi glavni</b>				<b>0,784</b>	<b>2,257</b>	<b>0,094</b>
vrvač	500	580	1.668	0,019	0,056	0,002
<b>SKUPAJ</b>	<b>52.350</b>	<b>60.726</b>	<b>174.587</b>	<b>2,021</b>	<b>5,820</b>	<b>0,242</b>

#### 4.1.7 Poraba vode za gašenje požarov ( $Q_{pož}$ )

Predvsem v velikih in gosto naseljenih območjih se požarna varnost najpogosteje zagotavlja z vodo iz vodovodnega sistema, ki tako v primeru požara služi tudi kot hidrantno omrežje. Količina vode, potrebna za gašenje požarov, v takem primeru zavzema velik del volumna vodohrana. Predpisuje jo Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (1991) in je podana v preglednici. Odvisna je od trajanja požara, računskega števila požarov, ki lahko nastopijo hkrati in od števila prebivalcev, ki se oskrbujejo z nekega vodovodnega sistema.

Preglednica: Količina vode, potrebna za gašenje požarov. (Pravilnik o tehničnih..., 1991)

Število prebivalcev (tisoč)	Računsko število istočasnih požarov	Najmanjša količina vode v l/s na en požar ne glede na odpornost objekta proti požaru
do 5	1	10
6 do 10	1	15
11 do 25	2	20
26 do 50	2	25
51 do 100	2	23
101 do 200	3	40
201 do 300	3	45
301 do 400	3	50
401 do 500	3	55
501 do 600	3	60
601 do 700	3	65
701 do 800	3	70
801 do 1000	3	80
1001 do 2000	4	90

Ob upoštevanju določil Pravilnika bi bilo v Javorniškem Rovtu za 2-urno gašenje potrebno zagotoviti 10 l/s vode, oziroma 72 m<sup>3</sup>:

$$10 \text{ l/s} \cdot 2 \text{ h} = 10 \text{ l/s} \cdot 2 \cdot 3600 \text{ s} = 72000 \text{ l} = 72 \text{ m}^3$$

Premeri oskrbovalnega cevovoda in cevi sekundarnega omrežja se dimenzionirajo na t.i. kritični pretok, ki se lahko pojavi na posameznem odseku (Preglednica 5) – poleg maksimalne dnevne porabe ( $q_{max}$ ) mora cevovod prevajati tudi vodo, potrebno za gašenje požara ( $q_{pož}$ ):

$$q_{krit} = q_{max} + q_{pož} = q_{max} + 10 l / s$$

Preglednica 5: Srednji, maksimalni in kritični pretoki na posameznih odsekih.

	q <sub>sr</sub>	q <sub>max</sub>	q <sub>krit</sub>
odvzemna mesta	l/s	l/s	l/s
ČŠOD + hiše	0,336	0,967	10,967
kongo	0,189	0,545	10,545
šmid	0,226	0,650	10,650
- jencelj	0,039	0,111	10,111
<b>SKUPAJ šmid</b>	<b>0,264</b>	<b>0,761</b>	<b>10,761</b>
ovinek	0,185	0,534	10,534
zupančič	0,243	0,700	10,700
vikendi glavni	0,274	0,789	10,789
- meševc	0,251	0,723	10,723
- lužnik	0,046	0,133	10,133
- vikendi spodnji	0,212	0,611	10,611
<b>SKUPAJ vikendi glavni</b>	<b>0,784</b>	<b>2,257</b>	<b>12,257</b>
vrvač	0,019	0,056	10,056
<b>SKUPAJ</b>	<b>2,021</b>	<b>5,820</b>	

Približno 300 porabnikov vode v naselju Javorniški Rovt bo oskrboval majhen, vejičast vodovodni sistem. Zato je možne načine zagotavljanja požarne varnosti potrebno proučiti z vidika ekonomske upravičenosti in ustrezne kakovosti pitne vode. Različni ukrepi za zagotavljanje požarne varnosti so predstavljeni v poglavjih 4.6 do 4.9.

## 4.2 Zajetje

Pri izbiri lege in vrste zajetja je potrebno upoštevati potrebno količino zajemanja vode oziroma izdatnost izvira, hidrogeološke lastnosti, kakovost vode in možnost vzpostavitve zaščitne cone izvira.

#### 4.2.1 Potrebna količina zajemanja vode

Zajetje, ki napaja vodovodni sistem mora zagotavljati maksimalno srednjo dnevno količino vode  $q_{sr}$ :

$$q_{sr} = Q_d \cdot k_{30} \cdot k_{let} \cdot k_{izg} = 52,35 \cdot 1,16 \cdot 2,5 \cdot 1,15 = 174,59 m^3 / dan = 2,02 l / s$$

Za vodooskrbo naselja Javorniški Rovt je količinsko in kakovostno najbolj ustrezen izvir Malega Javornika (t.i. izvir *Pod smreko*), katerega minimalna izdatnost znaša 15 l/s.

Center šolskih in obšolskih dejavnosti ter nekaj okoliških stanovanjskih hiš se bo oskrbovalo direktno iz glavnega dovodnega cevovoda, po katerem voda teče iz zajetja v vodohran (glej poglavje 4.4.1). Zato mora biti poleg srednje dnevne porabe zajeta tudi maksimalna dnevna poraba ČŠOD in bližnjih hiš:

$$q_{zajem} = q_{sr} + q_{max,ČŠOD} = 2,02 + 0,97 = 2,99 l / s = 3,0 l / s$$

#### 4.2.2 Lega in izvedba zajetja

Izvir Mali Javornik je točkoven izvir in se nahaja na višini 1086 m n.m. ob planinski poti proti Medjemu dolu. Voda bo iz zajetja v vodohran dotekala gravitacijsko. Zajetje bo vkopano, voda se bo zajemala 3 do 4 m globoko pod površino. Vtok v objekt bo obložen z drenažnim prodnim zasipom, nepropustno plast, preko katere voda preliva, pa se po potrebi ojača z ilovnatim tamponom. Pri izkopu je potrebno paziti, da se ne poškoduje nepropustne podlage, saj izvir lahko ponikne. Izvir bo pred padavinsko vodo in onesnaženjem iz neposrednega okolja zaščiten z vsaj 0,5 m debelim slojem ilovice.

Višek zajete vode se bo preko prelivne cevi odvajal nazaj v potok Mali Javornik, količina vode, potrebna za oskrbo naselja bo iz zajetja izvira tekla v peskolov, iz njega pa se bo prelivala preko merilnega preлива v zbirni bazen. V njem se bo nahajala cev s sesalno košaro za odvod vode v omrežje ter izpustna in prelivna cev. Krona prelivne cevi mora biti pod normalnim nivojem vode v izvihu. Preliv iz zbirnega bazena ter izpust iz obeh vodnih celic

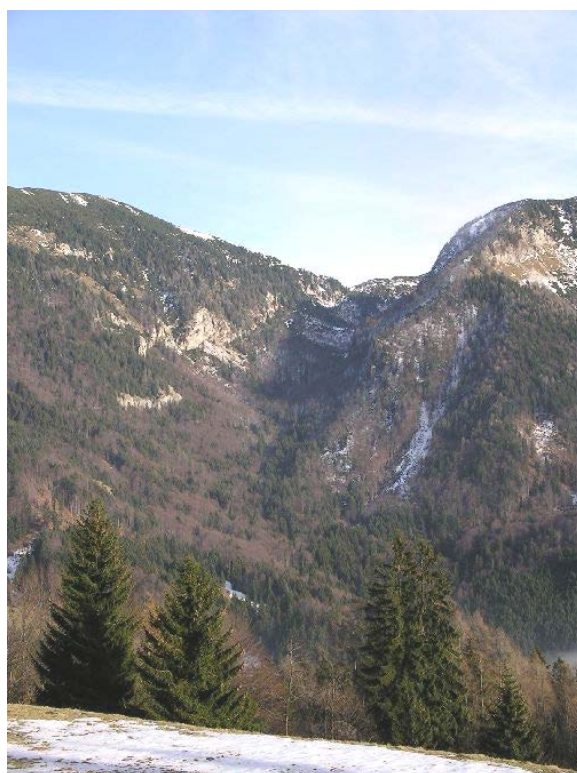
bosta speljana v potok Mali Javornik ob zajetju. Na koncu iztočne oziroma prelivne cevi bo žabji poklopec, mesto vtoka v potok pa bo utrjeno. V armaturni komori bodo vse cevi, razen prelivne opremljene z zasuni. Z zračnikom nad armaturno komoro bo zagotovljena ventilacija. Vhod v armaturno komoro bo urejen vsaj 0,5 m nad terenom, s čimer se prepreči vtok površinskih voda v objekt.

### 4.2.3 Vodovarstveno območje

Kriterije za določitev zunanjih in notranjih meja vodovarstvenega območja ter kriterije za določitev vodovarstvenega režima znotraj le-teh opredeljuje *Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja* (2004). Vodovarstveno območje se zaradi različnih stopenj varovanja lahko deli na: širše, ožje in najožje območje. Širše območje zajema celotno napajalno območje zajetja. Ožje območje je območje, ki glede na naravne danosti zagotavlja dovolj dolg zadrževalni čas, dovolj veliko razredčenje in dovolj dolg čas za ukrepanje. Najožje območje je območje blizu zajetja, kjer je glede na naravne pogoje razredčenje majhno, onesnaževala pa hitro dospejo do zajetja.

Kot prikazuje hidrogeološka karta v prilogi A, dolinski del napajalnega območja tvori večinoma medzrnski vodonosnik v kvartarnih sedimentih (morena), ob robu pa se pojavlja kraško razpoklinski vodonosnik. Po 23. členu Pravilnika je meja najožjega območja za medzrnski vodonosnik enaka najmanj 50 dnevni izohroni ali krožnici, oddaljeni najmanj 50 m od zajetja, kar je daljše; mejo ožjega območja pa določa 400 dnevna izohrona.

Prispevna površina izvira Malega Javornika v Medjem dolu (Slika 6) je zelo velika, vendar so podzemne vode zaradi zelo dobre prepustnosti apnencev (Slika 7 in Slika 8) zelo ranljive. V poletnih mesecih se na vršnih grebenih Belščice in Struške pase živina (Slika 9 in Slika 10). Čeprav so ti pašniki precej oddaljeni od izvirov, prav paša živine predstavlja največjega možnega onesnaževalca glavnih izvirov potoka Javornik. Poleg tega ima okolica glavnih izvirov potoka Javornik precejšen turističen pomen, saj mimo njih vodi t.i. Naravoslovna in rudarska učna pot. Zato tudi odlaganje različnih odpadkov v neposredni okolici izvirov lahko poslabša kvaliteto vode.



Slika 6: Medji dol.



Slika 7: Zelo prepustne kamnine v M. dolu...



Slika 8: ...apnenec in pobočni grušč.





Slika 9 in Slika 10: Paša živine na vršnih grebenih Medjega dola.

Natančnejše hidrogeološke raziskave, ki bi v skladu z omenjenim Pravilnikom določile meje vodovarstvenih območij, niso bile izdelane. Zato samo na podlagi podatkov iz hidrogeološke karte sklepam, da bi bilo potrebno celotno napajalno območje zavarovati kot najožje vodovarstveno območje. Paše živine, ki zaenkrat predstavlja edinega možnega onesnaževalca vodnega vira, Pravilnik v najožjem vodovarstvenem pasu ne dopušča.

Meje napajalnega območja izvira Mali Javornik so prikazane v prilogi C.

### 4.3 Vodohran

Vodohran je element vodovodnega sistema, v katerem se shranjuje voda. Osnovna funkcija vodohrana je izravnava neenakomernosti med dotokom vode iz zajetja in porabo vode v oskrbovanem naselju. V času, ko je poraba vode manjša od pritoka, se vodohran polni, prazni pa se tedaj, ko je poraba večja od dotoka. Določen čas lahko zagotavlja tudi nujno količino vode v primeru okvar in manjših popravil na razdelilni mreži. Kjer je vodovodno omrežje v primeru požara tudi v funkciji hidrantnega omrežja, je vodohran eden ključnih elementov pri zagotavljanju požarne varnosti. S svojo lego zagotavlja ustrezen vodni tlak pri porabnikih.

V tem poglavju je obravnavan vodohran, katerega volumen ne zagotavlja potrebne količine požarne vode, ampak se ta črpa iz drugih virov. V primeru, da se požarna varnost zagotavlja z

vodo iz vodovodnega sistema, se volumen vodohrana temu primerno poveča, kar je obravnavano v poglavju 4.8.

#### 4.3.1 Analitična določitev potrebnega volumna vodohrana

Potreben volumen vodohrana določajo:

- maksimalna srednja dnevna poraba vode in amplitude nihanja porabe tekom dneva ( $\rightarrow V_{nih}$ )
- predvidena količina vode za primer okvar na omrežju ( $V_{okv}$ )
- voda, potrebna za gašenje požara ( $V_{pož}$ )

Vodovodni sistem kot hidrantno omrežje je obravnavan v poglavjih 4.8 in 4.9, zato na tem mestu pri določitvi volumna vodohrana nisem upoštevala vode, potrebne za gašenje požara ( $V_{pož}$ ).

$$V_{vhr} = V_{nih} + V_{okv}$$

Na podlagi predvidenega nihanja porabe vode tekom dneva (Preglednica 6) sem izračunala minimalni volumen vodohrana.

Preglednica 6: Izračun dnevne izravnave dotekajoče in porabljene vode.

 $V_d$ ... dnevni volumen zajetja

čas [h]	dotok [% $V_d$ ]	poraba [% $V_d$ ]	količina vode [% $V_d$ ]	$\Sigma$ razlike [% $V_d$ ]	$\Sigma$ dotok [% $V_d$ ]	$\Sigma$ porabe [% $V_d$ ]
1	4,17	1,0	3,17	3,17	4,17	1,00
2	4,17	0,5	3,67	6,83	8,33	1,50
3	4,17	0,5	3,67	10,50	12,50	2,00
4	4,17	0,5	3,67	14,17	16,67	2,50
5	4,17	0,5	3,67	17,83	20,83	3,00
6	4,17	6,5	-2,33	15,50	25,00	9,50
7	4,17	12,0	-7,83	7,67	29,17	21,50
8	4,17	8,5	-4,33	3,33	33,33	30,00
9	4,17	3,5	0,67	4,00	37,50	33,50
10	4,17	3,0	1,17	5,17	41,67	36,50
11	4,17	3,0	1,17	6,33	45,83	39,50
12	4,17	4,5	-0,33	6,00	50,00	44,00
13	4,17	10,0	-5,83	0,17	54,17	54,00
14	4,17	9,0	-4,83	-4,67	58,33	63,00
15	4,17	1,5	2,67	-2,00	62,50	64,50
16	4,17	1,5	2,67	0,67	66,67	66,00
17	4,17	2,0	2,17	2,83	70,83	68,00
18	4,17	2,0	2,17	5,00	75,00	70,00
19	4,17	3,0	1,17	6,17	79,17	73,00
20	4,17	5,5	-1,33	4,83	83,33	78,50
21	4,17	9,0	-4,83	0,00	87,50	87,50
22	4,17	8,5	-4,33	-4,33	91,67	96,00
23	4,17	3,0	1,17	-3,17	95,83	99,00
24	4,17	1,0	3,17	0,00	100,00	100,00

Kot je prikazano v poglavju 4.2.1, srednja dnevna poraba  $q_{sr}$  v Javorniškem Rovtu znaša  $q_{sr} = 174,59 \text{ m}^3/\text{dan}$ . Iz tega sledi, da je dnevni volumen zajete vode enak:

$$V_d = 174,59 \text{ m}^3 \approx 175 \text{ m}^3$$

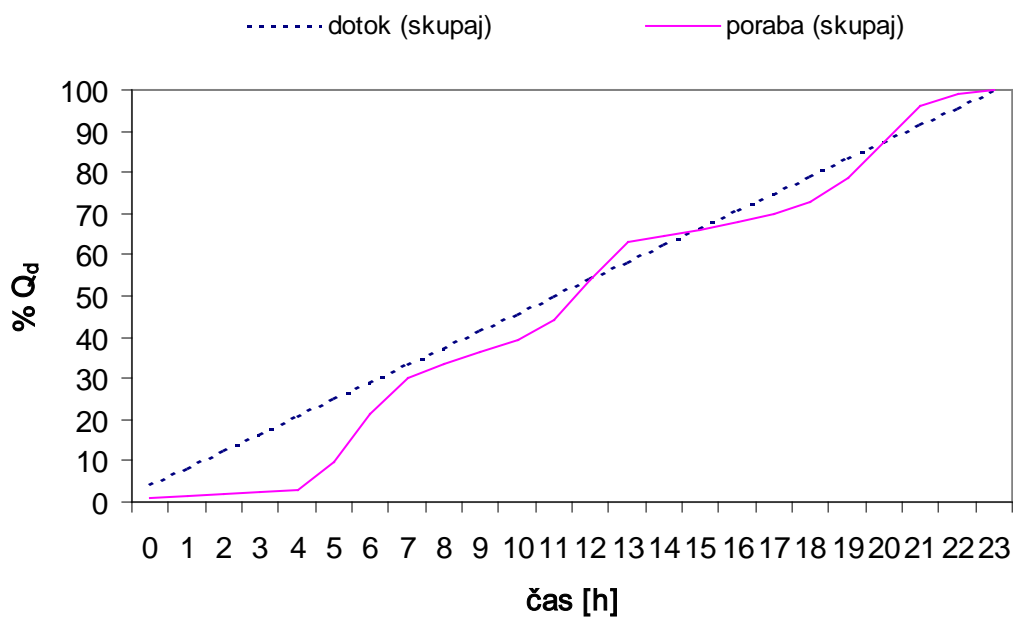
Ta dotok vode iz izvira v vodohran je tekom dneva enakomerno razdeljen. Vsako uro v vodohran priteče:

$$\frac{100\%}{24} \cdot V_d = 4,17\% \cdot V_d = 0,0417 \cdot 175m^3 = 7,3m^3$$

Razlika med količino dotekajoče in porabljene vode je prikazana v četrtem stolpcu »količina vode«. Največje razlike se seveda pojavljajo v času največjih porab. Iz dinamike polnjenja in praznjenja vodohrana, prikazane v petem stolpcu »Σrazlike«, se izračuna volumen, ki je potreben za izravnavo dnevnih oscilacij:

$$V_{nih} = (\max - \min) \cdot V_d = (17,83 + 4,67)\% \cdot 175 = 39,4m^3 = 40m^3$$

V zadnjih dveh stolpcih so prikazane vrednosti vsotnih krivulj, prikazanih na grafikonu 2.



Grafikon 2: Vsetni krivulji dotoka ter porabe vode v odvisnosti od časa.

V vodohranu je potrebno zagotoviti tudi rezervo v primeru kratkotrajne okvare na vodovodnem sistemu. Priporoča se 20% povečanje volumna vodohrana (Mutschmann, Stimmelmayer, 1999).

$$V_{okv} = 0,2 \cdot V_d = 0,2 \cdot 175 = 35 m^3$$

Potreben volumen vodohrana tako znaša:

$$V_{vhr} = V_{nih} + V_{okv} = 40 + 35 = 75 m^3$$

#### 4.3.2 Lega in izvedba vodohrana

Izbiro lege vodohrana v prostoru pogojuje lega zajetja, lega oskrbovanega naselja, predvidene energijske izgube v cevovodu in obratovalni tlak. Najbolj ekonomično je, da se vodohran nahaja čim bliže oskrbovanemu območju. Večja oddaljenost od porabnikov namreč pomeni daljše cevi, ki so dimenzionirane na dnevno konico porabe. Pri določitvi kote vodohrana oziroma dotočne cevi vanj je potrebno upoštevati naslednje:

- nadmorska višina zajetja je 1086 m
- najvišje ležeča kmetija Vrvač se nahaja na 1070 m, sledi kmetija Meševc na 1038 m. Preostali del oskrbovanega naselja leži na 1000 do 840 m n.m.
- linijske energijske izgube
- tlak na odvzemnih mestih naj bi se gibal od 1,5 bar do 6,0 bar.

Najvišje ležeči porabniki se nahajajo na zahodnem delu naselja. Zato bi bilo smiselno vodohran postaviti v njihovo bližino. Maksimalna kota gladine vode v vodohranu bi se lahko gibala na višini okrog 1080 m. Na ta način bi voda gravitacijsko sicer dotekala do najvišje ležeče kmetije Vrvač, vendar tlak ne bi bil zadosten. Na omenjenem odvzemnem mestu bi bilo potrebno primeren tlak v vsakem primeru zagotavljati s črpalko. Tako se postavlja vprašanje, ali kmetiji Meševc zadosten tlak zagotavljati z višino vodohrana ali s črpalko. To je eden izmed kriterijev, ki določa različne variantne rešitve, ki so predstavljene v poglavjih 4.6 do 4.9.

Možni rešitvi sta dve:

- o vodohran se nahaja na nadmorski višini 1026 m, ob gozdni poti v bližini izvira Mili potok (VARIANTA 1 in 3)

- o vodohran se nahaja na 1057 m n.m., ob obstoječi gozdni poti pod kmetijo Vrvač (VARIANTA 2 in 4)

Dostop do vodohrana bo v vsakem primeru urejen po obstoječi gozdni poti. Objekt bo razen vhoda v celoti vkopan. Zaradi toplotne izolacije bo prekrit z 1 m debelo plastjo zemlje, viden bo le vhodni del armaturne komore. Okoli objekta bo speljana drenaža, da zaledna voda ne bi ogrozila stabilnosti objekta.

Dotočna in iztočna cev bosta ločeni. Zaradi enostavnejšega upravljanja vodovodnega sistema bo voda v vodohran pritekala direktno iz zajetja po dovodni cevi, do porabnikov pa bo odvedena po oskrbovalnem cevovodu. Dotok iz zajetja oziroma nivo vode v vodohranu bo reguliran s plovnim ventilom. V primeru okvare plovnega ventila se bo višek vode v vodohranu preko preliva odvajal v bližnjo strugo potoka Mili potok. Izpiranje in čiščenje morebitnih usedlin na dnu vodohrana bo omogočal izpust, z manjšim kanalom pa bo urejeno tudi odvodnjavanje armaturne komore – voda se bo stekala v zunanje drenažne cevi. Zasun z ročnim kolesom bo vgrajen na dotočni in odtočni cevi in njunih odcepkih ter na obeh vejah izpusta. Na dotočni in odtočni cevi bo preko ventilov možno tudi jemanje vzorcev vode.

Betonski vodohran bosta tvorili vodna celica in armaturna celica. Vodna celica bo s predelno steno razdeljena na dve ločeni enoti, saj se tako lahko ob rednem vzdrževanju in čiščenju eno izprazni, druga pa zagotavlja nemoteno oskrbo z vodo. Vsaka od njiju bo merila 37,5 m<sup>3</sup>. Tlorisne dimenzije vodne celice bodo 5,0 x 5,0 m, svetla višina vodne celice pa bo merila 3,30 m. Tako bo razdalja med maksimalno gladino in stropom vodne celice 0,30 m, kar omogoča zračenje preko dveh zračnikov. Vse cevi v vodohranu so speljane skozi armaturno celico, kar omogoča uspešen nadzor delovanja. Armaturna celica bo po višini razdeljena na dve etaži. Višina zgornje etaže bo 2,2 m, višina spodnje etaže pa 1,9 m. Tlorisne dimenzije armaturne celice bodo 3,4 x 3,4 m.

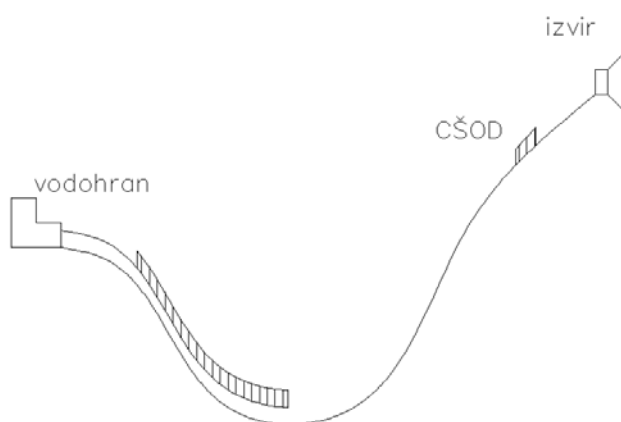
Načrt armaturne komore in celotnega vodohrana je prikazan v prilogi D.

## 4.4 Omrežje

### 4.4.1 Potek trase

Pri projektiranju novega vodovodnega omrežja je najprej potrebno določiti potek trase cevododa. Ta je odvisna predvsem od reliefa, lege zajetja, vodohrana in oskrbovanega območja, poteka drugih komunalnih vodov, v praksi pa v določeni meri tudi od lastništva zemljiških parcel. Traso novega vodovoda sem določila na podlagi temeljnega topografskega načrta v merilu 1:5000, katastra stavb, digitalnega katastrskega načrta in lastnih terenskih ogledov.

Večji del trase poteka po že obstoječih lokalnih ali gozdnih cestah in poteh. S tem je zagotovljen nemoten dostop do celotnega vodovodnega omrežja. Glede na zgradbo, obliko omrežja bo vodovod Javorniški Rovt spadal med vejičaste sisteme. Zaradi enostavnejšega upravljanja vodovoda, bo voda iz zajetja gravitacijsko pritekala v vodohran po t.i. *dovodnem cevovodu*, iz vodohrana do naselja pa po *oskrbovalnem cevovodu*. Ta se razcepi v veje razdelilnega cevododa, ki tvorijo *sekundarno omrežje*. Tudi do večine odzemnih mest bo voda dovedena gravitacijsko. Potrebno je poudariti, da se bo zaradi specifičnosti terena (Slika 11) Center šolskih in občolskih dejavnosti ter nekaj okoliških stanovanjskih hiš oskrbovalo direktno iz glavnega dovodnega cevododa, po katerem voda teče iz zajetja v vodohran. Če bi te porabnike oskrbovali z vodo iz vodohrana, bi bilo potrebno vodo črpati skoraj 60 m višje, oskrbovalni cevovod (iz nodularne litine) pa podaljšati za več kot 600 m.



Slika 11: Shema vzdolžnega profila dovodnega in oskrbovalnega cevododa.

Za potrebe te naloge sem različne dele vodovoda poimenovala po porabnikih, ki jih oskrbujejo. Dolžine posameznih odsekov so prikazane v preglednici 7. Potek trase vodovodnega omrežja pa je prikazan v prilogi E.

Preglednica 7: Dolžine posameznih vej vodovodnega sistema.

		varianta 1 in 3	varianta 2 in 4
PRIMARNI	zajetje - CŠOD (dovodni)	634 m	634 m
	CŠOD - vodohran (dovodni)	1844 m	2046 m
	vodohran - odcep vikendi glavni	195 m	399 m
	odcep vikendi glavni - odcep zupančič	322 m	322 m
	odcep zupančič - odcep šmid	197 m	197 m
	odcep šmid - odcep kongo	513 m	513 m
	SKUPAJ primarni	3705 m	4111 m
SEKUNDARNI	kongo	381 m	381 m
	šmid	453 m	453 m
	- jencelj	150 m	150 m
	zupančič	394 m	394 m
	vikendi glavni	682 m	682 m
	- meševc	265 m	265 m
	- lužnik	138 m	138 m
	- vikendi spodnji	314 m	314 m
	vrvač	333 m	132 m
	SKUPAJ sekundarni	3110 m	2909 m
	SKUPAJ	6815 m	7020 m

#### 4.4.2 Vrste cevi

Vrsto vodovodnih cevi določajo predvsem notranje in zunanje obremenitve ter cena. Danes se v vodovodne sisteme najpogosteje vgrajujejo cevi iz polietilena visoke gostote (PE HD oziroma PE100), t.i. alkatena ali iz duktilne oziroma nodularne litine (NL).



Polietilenske cevi (PE100) so lahke, gladke, gibke, odporne proti obrabi, kislinam in udarcem, mraz jim ne škodi. (Berdajs et al., 1998) Cevi s premerom do 125 mm se lahko dobavljajo zvite v kolute in so dolge do 100 m. Maksimalni nazivni tlak (PN) za tlačne cevi PE100 je 16 bar.

Duktilna litina (NL) je posebna jeklena litina, ki se odlikuje z dobrimi mehanskimi lastnostmi. Cevi so precej težke, običajno so dolge 6 m. Znotraj so zaščitene s cementno prevleko, na zunanji strani pa so proti rjavenju zaščitene z vročim cinkanjem in bitumenskim premazom. V primerjavi s PE100 cevmi so bistveno dražje. (Berdajs et al., 1998) Maksimalni dovoljeni obratovalni tlak v duktilnih ceveh z nominalnim premerom do DN 200 mm po podatkih nekaterih proizvajalcev znaša 40 bar.

#### **4.4.2.1 Hidrostatični tlak**

Izbiro materiala vodovodnih cevi v prvi vrsti določajo maksimalni tlaki, ki se lahko pojavijo v sistemu. Teren na obravnavanem območju je zelo razgiban. Višinska razlika med zajetjem in najnižjo točko dovodnega cevovoda je 203 m (20,3 bar). Na sekundarnem omrežju se največji hidrostatični tlak pojavlja na veji »kongo« – razlika med najvišjo gladino vode v vodohranu in najnižjo točko omenjene veje znaša 191 m (varianta 1 in 3), oziroma 222 m (varianta 2 in 4).

#### **4.4.2.2 Vodni udar**

Poleg hidrostatičnega tlaka je pri določevanju notranjih obremenitev cevi potrebno upoštevati tudi učinke vodnega udara. Nenadna sprememba pretoka v cevi (npr.: vklop/izklop črpalke, odpiranje/zapiranje ventila, hitre spremembe v porabi zaradi gašenja požara, polnjenje cevovoda) lahko povzroči visoke napetosti v stenah cevi. Hitro zapiranje ventila v gorvodni cevi spremeni kinetično energijo tekoče vode v potencialno, kar povzroči udarni val povišanega pritiska, ki se od motnje širi gorvodno po cevovodu; na dolvodni strani se ob zapiranju ventila lahko pojavi podtlak in posledično kavitacija. Vodni udar lahko povzroči precejšnjo škodo – poškodbe na ventilih, razpoke na ceveh in s tem okvare sistema. (Boulos et al., 2005)

Maksimalno povečanje tlaka pri takojšnjem zaprtju ventila v togih ceveh je Joukowski zapisal kot:

$$\Delta H = \pm \frac{c \cdot v_0}{g}; c = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E \cdot e} \right)}}$$

$c$  ... hitrost širjenja tlačnega vala [m/s]

$v_0$  ... hitrost toka pred zaprtjem ventila [m/s]

$\rho$  ... gostota vode = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$\varepsilon$  ... elastični modul vode = 2,05·10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>

$D$  ... premer cevi [m]

$E$  ... elastični modul materiala cevi

(nodularna litina: 1,7·10<sup>11</sup> N/m<sup>2</sup>; polietilen: 0,8·10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>)

$e$  ... debelina stene cevi [m]

Povečanje tlaka zaradi učinka vodnega udara v dovodnem cevovodu, kjer voda teče s hitrostjo  $v_0 = 0,8$  m/s, sem izračunala za primer cevi iz nodularne litine in polietilenske cevi:

NL DN60:       $D = 0,06$  m  
                        $e = 0,005$  m  
                        $E = 1,7 \cdot 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E \cdot e} \right)}} = \sqrt{1000 \cdot \left( \frac{1}{2,05 \cdot 10^9} + \frac{0,06}{1,7 \cdot 10^{11} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \right)} = 1338 \text{ m/s}$$

$$\Delta H = \frac{c \cdot v_0}{g} = \frac{1338 \cdot 0,8}{9,81} = \pm 109 \text{ m}$$

PE100 DN75:     $D = 0,0614$  m  
                        $e = 0,0068$  m  
                        $E = 0,8 \cdot 10^9$  N/m<sup>2</sup>

$$c = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{E \cdot e} \right)}} = \sqrt{\frac{1}{1000 \cdot \left( \frac{1}{2,05 \cdot 10^9} + \frac{0,0614}{0,8 \cdot 10^9 \cdot 6,8 \cdot 10^{-3}} \right)}} = 295 \text{ m/s}$$

$$\Delta H = \frac{c \cdot v_0}{g} = \frac{295 \cdot 0,8}{9,81} = \pm 24 \text{ m}$$

Pri dimenzioniranju cevovoda je te dodatne obremenitve cevi potrebno prišteti maksimalnemu možnemu hidrostatičnemu pritisku v cevi. Tako mora cevovod, ki povezuje zajetje z vodohranom, na najnižjem delu prenesti 203 m v.s. hidrostatičnega pritiska, poleg tega pa še  $\pm 109$  m v.s. tlaka, ki se pojavi v primeru vodnega udara, skupaj torej:

$$203 \text{ m} \pm 109 \text{ m} = \begin{cases} 312 \text{ m v.s.} = 31,2 \text{ bar} \\ 94 \text{ m v.s.} = 9,4 \text{ bar} \end{cases}$$

Da bi se ublažili negativni učinki vodnega udara v vodovodnih sistemih, se lahko:

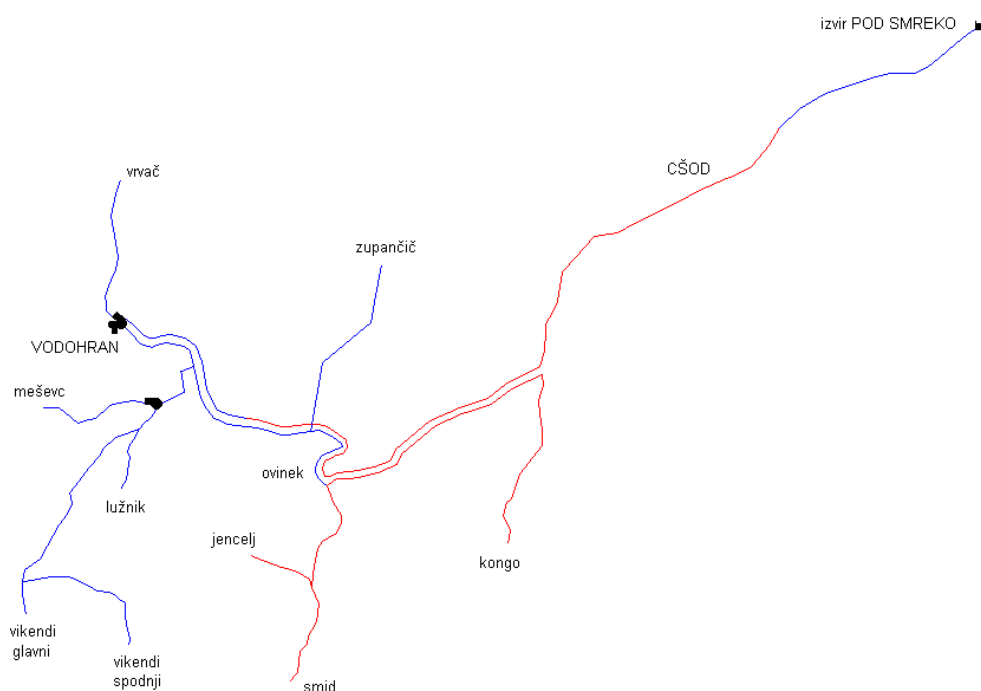
- spremeni karakteristika cevi (npr. povečanje premera)
- ventile odpira/zapira počasneje, saj je velikost povečanega tlaka obratno sorazmerna s trajanjem odpiranja/zapiranja
- vgradi naprave za ublažitev vodnega udara (varnostni ventil, tlačne posode...) (Boulos et al., 2005)

Za določitev vrste in lege naprav za zaščito cevovoda pred vodnim udarom bi bilo potrebno izvesti natančnejše analize oziroma računalniško modeliranje, ki pa ni predmet te naloge.

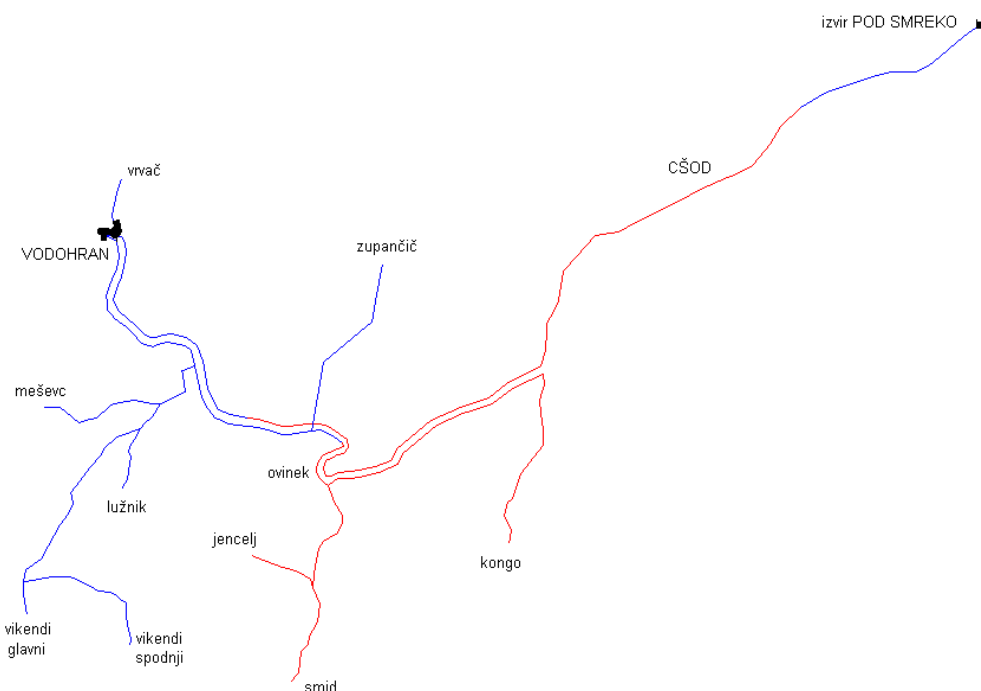
#### 4.4.2.3 Vrste cevi po odsekih

Zaradi znatne razlike v ceni polietilenskih in duktilnih cevi, bi bilo na odsekih, z obratovalnim tlakom manjšim od 16 barov, smotno vgraditi cenejše – polietilenske cevi z nazivnim tlakom PN 16. Zaradi hidrostatičnega tlaka in dodatnih visokih pritiskov v primeru pojava vodnega udara, bodo PE cevi tvorile dovodni cevovod le nad koto 950 m n.m. Različne vrste cevi bodo vgrajene tudi v oskrbovalni cevovod in sekundarno omrežje – odvisno od variantnih rešitev vodooskrbe: v prvi in tretji varianti bodo polietilenske cevi vgrajene nad koto 890 m (Slika

12), v drugi in četrti pa nad 920 m n.m (Slika 13). To pomeni, da bo zaradi višje lege vodohrana (druga in četrta varianta) potrebno vgraditi 100 m več NL cevi. Previsoke tlake v omrežju bodo sicer zniževali reducirni ventili, kljub temu bodo nižji deli cevovoda dimenzionirani na največji možni pritisk. Morebitna okvara reducirnega ventila ima namreč lahko negativne posledice za dolvodno omrežje. Zato bodo cevi, vgrajene pod navedenimi kotami, iz nodularne litine.



Slika 12: Vrste cevi – varianta 1 in 3.



Slika 13: Vrste cevi – varianta 2 in 4.

#### 4.4.3 Premeri cevi

V splošnem je osnova za določitev premera vodovodnih cevi:

- srednja dnevna poraba v kritičnem dnevu  $q_{sr}$  pri dimenzioniranju *dovodnega cevovoda* (od zajetja do vodohrana) oziroma
- maksimalna dnevna poraba v kritičnem dnevu  $q_{max}$ , ki določa premer *oskrbovalnega cevovoda* (od vodohrana do porabnikov) ter
- gospodarna hitrost toka v ceveh.

Premer cevi in posledično hitrost toka vode je potrebno skrbno načrtovati. Če je premer vodovodne cevi manjši, je cev sicer lažja in cenejša, vendar mora biti hitrost vode v njej pri konstantnem pretoku ustrezno večja:

$$Q = S \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

Poleg tega se linijske energijske izgube po Darcy-Weissbachovi enačbi povečujejo s kvadratom hitrosti:

$$E_{lin} = \lambda \frac{L v^2}{d 2g}$$

Iz tega sledi, da so linijske izgube manjše v ceveh z večjim premerom, ki pa so težje in dražje. Pri določevanju premerov različnih odsekov vodovodnega sistema bom upoštevala gospodarne hitrosti vode v cevovodih, kot jih navaja Gradbeniški priročnik (Berdajs et al., 1998).

Preglednica: Notranji premeri cevi, gospodarna hitrost vode in gospodarni pretok. (Berdajs et al., 1998, str. 437)

d <sub>N</sub> mm	v m/s	Q l/s
80	0,80	4,00
100	0,80	6,30
125	0,80	9,80
150	0,85	15,00
200	0,90	28,30
...	...	...

#### 4.4.3.1 Premeri cevi po odsekih

Zaradi visokih tlakov bodo del vodovodnega sistema Javorniški Rovt tvorile cevi iz duktilne oziroma nodularne litine (NL). Nazivni premeri teh cevi se gibljejo od DN 60 do DN 1000 mm. Za odseke, kjer bodo vgrajene cevi iz polietilena visoke gostote (PE100), je možno izbirati med cevmi s premerom od DN 63 do DN 250. Možna je tudi vgradnja cevi s premeri od DN 16 do DN 63, vendar je material nekoliko slabše kakovosti (PE80). Pri tem je potrebno poudariti, da se pri polietilenskih ceveh kot nazivni premer označuje zunanji premer cevi, pri ceveh iz nodularne litine pa premer, ki je približno enak notranjemu premeru. Za hidravlične izračune se upošteva dejanski notranji premer d<sub>N</sub>. (Berdajs et al., 1998)

V vseh štirih variantah srednja dnevna poraba v kritičnem dnevu  $q_{sr}$  ostaja enaka. Razlike se pojavijo pri obravnavi vodovodnega sistema kot hidrantnega omrežja, ki mora poleg maksimalne dnevne porabe v kritičnem dnevu  $q_{max}$ , zagotavljati tudi zadostne količine vode, potrebne za gašenje požara.

Premere cevi posameznih odsekov v varianti 1 in 2 sem določila tako, da se hitrost toka vode v času maksimalne porabe čim bolj približa gospodarni hitrosti (Preglednica 8). Poraba vode na posameznih odsekih je precej nizka in da bi se v njih voda pretakala s primerno hitrostjo, morajo biti dimenzije cevi temu primerno manjše. Na nekaterih odsekih gospodarnih hitrosti ni možno doseči, saj je najmanjši možni nazivni premer cevi iz nodularne litine DN60, polietilenskih cevi pa DN16. Podane so tudi ocene linijskih energijskih izgub v času maksimalne porabe. Pri izračunu sem upoštevala koeficient trenja  $\lambda = 0,025$  na vseh odsekih, čeprav se vrednosti le-tega po posameznih odsekih malenkostno razlikujejo (poglavje 4.6.1).

Preglednica 8: Premeri cevi posameznih odsekov – varianta 1 in 2.

		material	DN [mm]	$d_N$ [mm]	$q_{sr}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$q_{max}$ [l/s]	$v$ [m/s]	$E_{lin}$ [m/km]	$q_{min}$ [l/s]	$v$ [m/s]
PRIMARNI	zajetje - CŠOD	PE100	90	73,6	2,36	0,55	2,98	0,70	8,50	2,05	0,48
	CŠOD - vodohran	PE/NL	60	60	2,02	0,71	2,02	0,71	10,85	2,02	0,71
	vodohran - vikendi glavni	PE100	110	90	1,67	0,26	4,80	0,75	8,07	0,20	0,03
	vikendi glavni - zupančič	PE100	75	61,4	0,88	0,30	2,54	0,86	15,29	0,11	0,04
	zupančič - šmid	PE100	75	61,4	0,64	0,22	1,84	0,62	8,02	0,08	0,03
	šmid - kongo	NL K9	60	60	0,19	0,07	0,54	0,19	0,78	0,02	0,01
SEKUNDARNI	kongo	NL K9	60	60	0,19	0,07	0,54	0,19	0,78	0,02	0,01
	šmid	NL K9	60	60	0,26	0,09	0,76	0,27	1,54	0,03	0,01
	- jencelj	NL K9	60	60	0,04	0,01	0,11	0,04	0,03	0,00	0,00
	zupančič	PE80	40	34,5	0,24	0,26	0,70	0,75	20,73	0,03	0,04
	vikendi glavni	PE100	75	61,2	0,78	0,27	2,26	0,77	12,30	0,09	0,03
	- meševc	PE80	40	34,5	0,25	0,27	0,72	0,77	21,93	0,03	0,04
	- lužnik	PE80	20	18	0,05	0,20	0,13	0,51	18,49	0,01	0,02
	- vikendi spodnji	PE80	40	34,5	0,21	0,22	0,61	0,65	15,74	0,03	0,03
	vrvač	PE80	16	14	0,02	0,13	0,06	0,41	15,18	0,00	0,01

V 3. in 4. varianti minimalne premere cevi določa Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (1991). Premeri cevi razdelilnega cevovoda v omrežju hidrantov ne smejo biti manjši od 100 mm. V skladu z normativi sem določila potrebne premere cevi posameznih odsekov, ki so prikazani v preglednici 9. Pretočne hitrosti v času maksimalne porabe so precej nizke in se gibljejo od 0,01 do 0,6 m/s, ob minimalni porabi pa so v večini cevovodov praktično zanemarljive. Linijske energijske izgube so ocenjene za čas maksimalne porabe, pri izračunu sem upoštevala koeficient trenja  $\lambda = 0,015$ . Glavni dovodni cevovod od Centra za šolske in občolske dejavnosti do vodohrana ne bo tvoril hidrantnega omrežja. Na kritični pretok je dimenzioniran samo del dovodnega cevovoda od zajetja do ČŠOD. Zaradi izdatnosti izvira (minimalno 15 l/s) bi se požarna varnost ČŠOD in okoliških hiš lahko zagotavljala z vodo iz dovodnega cevovoda. Iz tega sledi, da bi bilo temu primerno potrebno povečati dimenzije zajetja.

Preglednica 9: Premeri cevi posameznih odsekov – varianta 3 in 4.

		material	DN	d <sub>N</sub>	q <sub>krit</sub>	v	q <sub>sr</sub>	v	q <sub>max</sub>	v	E <sub>lin</sub>	q <sub>min</sub>	v
			[mm]	[mm]	[l/s]	[m/s]	[l/s]	[m/s]	[l/s]	[m/s]	[m/km]	[l/s]	[m/s]
PRIMARNI	zajetje - ČŠOD	PE100	125	102,2	12,98	1,58	2,36	0,29	2,98	0,36	0,99	2,05	0,25
	ČŠOD - vodohran	PE/NL	60	60	-	-	2,02	0,71	2,02	0,71	6,51	2,02	0,71
	vodohran - vikendi glavni	PE100	125	102,2	14,80	1,81	1,67	0,20	4,80	0,59	2,56	0,20	0,02
	vikendi glavni - zupančič	PE100	125	102,2	12,54	1,53	0,88	0,11	2,54	0,31	0,72	0,11	0,01
	zupančič - šmid	PE100	125	102,2	11,84	1,44	0,64	0,08	1,84	0,22	0,38	0,08	0,01
	šmid - kongo	NL K9	100	100	10,54	1,34	0,19	0,02	0,54	0,07	0,04	0,02	0,00
SEKUNDARNI	kongo	NL K9	100	100	10,54	1,34	0,19	0,02	0,54	0,07	0,04	0,02	0,00
	šmid	NL K9	100	100	10,76	1,37	0,26	0,03	0,76	0,10	0,07	0,03	0,00
	- jencelj	NL K9	100	100	10,11	1,29	0,04	0,01	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00
	zupančič	PE100	125	102,2	10,70	1,31	0,24	0,03	0,70	0,09	0,05	0,03	0,00
	vikendi glavni	PE100	125	102,2	12,26	1,50	0,78	0,10	2,26	0,28	0,57	0,09	0,01
	- meševc	PE100	125	102,2	10,72	1,31	0,25	0,03	0,72	0,09	0,06	0,03	0,00
	- lužnik	PE100	125	102,2	10,13	1,24	0,05	0,01	0,13	0,02	0,00	0,01	0,00
	- vikendi spodnji	PE100	125	102,2	10,61	1,29	0,21	0,03	0,61	0,07	0,04	0,03	0,00
	vrvač	PE100	125	102,2	10,06	1,23	0,02	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00



#### 4.4.4 Fazonski kosi

Fazonski kosi, ki so vgrajeni v vodovodno omrežje, omogočajo prilagajanje vodovodnega omrežja terenu, izdelavo odcepov, medsebojno spajanje cevi različnih premerov, zaključkov, vgraditev armatur. Običajno imajo vsaj na enem koncu obojko (Slika 15) ali prirobnico (Slika 14 in 16). (Berdajs et al., 1998)



Slika 14: Prirobnice.



Slika 15: T-kos z obojkami.



Slika 16: Nekaj primerov fazonskih kosov s prirobnicami.

#### 4.4.5 Armature

Da se posamezni deli vodovodnega sistema lahko izključijo, je potrebna vgradnja *lopūt* (Slika 17) ali *zasunov* (Slika 18). Le-te se bodo nahajale na odcepih, pred hidranti, ob izpustih, zračnikih, pred in za regulatorji tlaka.

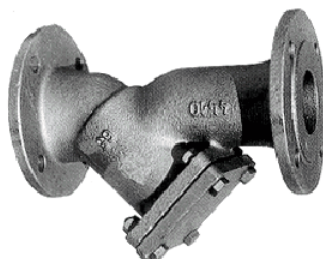


Slika 17: Loputa.



Slika 18: Zasun.

Za izpuščanje usedlin v ceveh in izpust vode iz cevovodov pred popravili služi *talni izpust* (*blatnik*, *lovilnik nesnage*), ki je prikazan na sliki 19. Vgrajeni bodo v betonskih jaških na vseh geodetsko najnižjih točkah vodovoda in pred regulatorji tlaka.



Slika 19: Lovilnik nesnage.

Zaradi praznjenja oziroma polnjenja vodovodnega omrežja bodo *zračniki* (Slika 20) vgrajeni na geodetsko najvišjih mestih omrežja, na mestih najnižjega tlaka pa zato, ker plini izhajajo pri nižjih tlakih.



Slika 20: Zračnik.

V variantah 3 in 4 bo vodovodni sistem služil tudi kot hidrantno omrežje. V tem primeru je na oskrbovalni cevovod in na veje sekundarnega omrežja potrebno vgraditi *nadzemne* ali *podzemne hidrante*. Njihova medsebojna razdalja je 80 m. (Pravilnik o tehničnih..., 1991)



Slika 21: Nadzemni hidrant. Slika 22: Podzemni hidrant.

#### 4.5 Splošno o modeliranju vodovodnega sistema Javorniški Rovt

##### 4.5.1 Programska oprema Epanet 2.0

*Epanet 2.0* je program za simulacijo hidravličnih razmer in kvalitete vode v cevovodu pod tlakom. V program se lahko vnaša vse bistvene elemente vodovodnih sistemov: vodni vir, vodohrane, cevi, vozlišča, ventile in črpalke. Izračunane rezultate pa je možno pregledovati v različnih formatih – tabelarično in grafično.

Za vstavljanje *vodnega vira* (Reservoir) v model je potreben podatek o *koti gladine vode* (Head), za simuliranje kvalitete vode pa tudi kvaliteta vode.

Za opis **vodohrana** so potrebni naslednji podatki:

- *nadmorska višina* (Elevation) dna vodohrana;
- *začetna gladina* (Initial Level) vode v vodohranu, ki se meri od dna vodohrana
- *minimalna gladina* (Minimum Level), ki določa nivo, pod katerega se gladina vode ne sme spustiti
- *maksimalna gladina* (Maximum Level), ki določa najvišji nivo vode v vodohranu
- *premer* (Diameter) vodohrana, če ima obliko valja oziroma premer, ki bi ga imel vodohran valjaste oblike z enako prostornino;

Zahtevani podatki o **cevi** (Pipe), ki jo želimo vstaviti v model, so:

- *začetno vozlišče* (Start Node) in *končno vozlišče* (End Node)
- *dolžina* (Length) cevi
- *premer* (Diameter); vnesti je potrebno notranji premer cevi
- *koeficient hrapavosti* (Roughness), pri katerem je potrebno upoštevati enačbo, po kateri bodo računane energijske izgube, ter materiala cevi

**Vozlišče** (Junction) je točkovni tip elementa, v katerem se določi:

- *poraba vode* (Base Demand); porabo vode vzdolž nekega vodovodnega odseka v modelu upoštevamo tako, da skupno porabo vode vzdolž odseka odvezamo na enem mestu – v vozlišču.
- *vzorec nihanja porabe* (Demand Pattern), s katerim določimo časovno spreminjanje porabe tekom dneva
- *nadmorska višina* (Elevation)

V model lahko vključujemo **ventile** (Valve), ki so pomembni pri računanju hidravličnih lastnosti sistema. Z njimi lahko kontroliramo in reguliramo tlake in pretoke v cevovodu. Glede na funkcijo jih delimo v več podskupin. Pri vstavljanju ventila v model vodovodnega sistema je potrebno določiti:

- *premer* (Diameter) ventila
- *tip* (Type) ventila. V *Epanet*-u lahko izbiramo med naslednjimi vrstami ventilov:
  - o *PRV* (*Pressure Reducing Valve*) – ventil za znižanje tlaka (reducirni ventil) zniža tlak na določeno vrednost v dolvodnem omrežju

- *PSV (Pressure Sustaining Valve)* – ventil za vzdrževanje tlaka v gorvodnem omrežju (razbremenilni ventil)
- *PBV (Pressure Breaking Valve)* – ventil, s katerim simuliramo padec tlaka za določeno vrednost
- *FCV (Flow Control Valve)* – ventil za kontrolo pretoka
- *TCV (Throttle Control Valve)* – ventil, s katerim simuliramo lokalne izgube
- *GPV (General Purpose Valve)* – splošni ventil, pri katerem določimo odvisnost izgub od pretoka

Podatki o **črpalki** (Pump), ki jih je potrebno vnesti v program so:

- *višina črpanja* (Pump Curve); vnese se identifikacijsko oznako krivulje, ki opisuje odvisnost višine črpanja od količine načrpane vode

#### **4.5.2 Urejanje vhodnih podatkov o vodovodnem sistemu Javorniški Rovt**

Traso vodovodnega sistema sem v programu *AutoCAD* izrisala na topografsko karto merila 1:5000. S pomočjo posebnega orodja *Sewer+2000*, ki deluje v *AutoCAD*-ovem okolju, sem uredila atributni in grafični del baze podatkov o vodovodnem sistemu Javorniški Rovt. Sicer tudi *Sewer+2000* omogoča hidravlične izračune vodovodnih omrežij, vendar je računanje in izvajanje simulacij v programu *Epanet* enostavnejše in preglednejše. Zato sem podatke o modelu (potek trase cevovoda, nadmorska višina vozlišč, lega zajetja in vodohrana ter premer, dolžina in vrsta cevi na posameznih odsekih) izvozila v *Epanet* vhodno datoteko.

V *Epanet*-u sem bazo podatkov dopolnila s podatki o mestu, velikosti in časovni razporeditvi porabe vode, kot je prikazana v preglednici 4. Poraba gruče stanovanjskih hiš v središču obravnavanega območja (med odsekoma »šmid« in »zupančič«) je bila upoštevana z vnosom porabe v vozlišče »ovinek« na oskrbovalnem cevovodu.

Vnesen je bil tudi potreben volumen vodohrana ( $V_{vhr} = 75 \text{ m}^3$ ). Ker vodohran nima oblike valja, je bilo potrebno iz dejanske oblike izračunati premer, ki bi ga imel valjasti vodohran z enako prostornino (v obravnavanem primeru: Diameter = 5,64 m). *Epanet* zahteva tudi podatke o maksimalni, minimalni in začetni koti gladine vode v vodohranu. Tako maksimalna

globina vode v vodohranu znaša 3 m, gladina vode ne sme pasti pod 1.4 m, simulacija pa je bila začeta s skoraj polnim vodohranom – začetna kota gladine je 2.5 m.

Pred izvedbo hidravličnega izračuna sem popravila še koeficiente hrapavosti. Z orodjem *Sewer+2000* sem namreč izvozila Manningove koeficiente. Ker sem za preračun energijskih izgub v omrežju izbrala Darcy-Weisbachovo enačbo, sem kot koeficiente hrapavosti podala višine hrap v cevovodu, kot jih za polietilenske cevi ponuja *Epanet*:  $\varepsilon = 0.005 \text{ mft} = 0.0016 \text{ mm}$ , za cevi iz nodularne litine pa sem upoštevala tehnične podatke proizvajalca  $\varepsilon = 0.1 \text{ mm}$ .

## 4.6 Modeliranje – VARIANTA 1

V prvi varianti sem obravnavala vodovodni sistem, v katerem vodohran leži na višini 1026 m n.m. Zaradi višinske razlike med vodohranom in odvzemnimi mesti tlačne cone ločujejo reducirni ventili. Požarna varnost se zagotavlja s površinsko vodo iz akumulacij ob ČŠOD in v Zoisovem parku ter iz že obstoječih vodohranov, ki so zaenkrat namenjeni še oskrbi s pitno vodo.

### 4.6.1 Črpalke

Zaradi lege vodohrana, se bo porabnikom na vejah »meševc« in »vrvač« primeren tlak v omrežju zagotavljal s črpalkami. Na obeh odsekih sem predvidela vgradnjo črpalke VCV 50/8T. To je visokotlačna črpalka, z močjo 2,2 kW, ki pri pretoku 0,5 l/s zagotavlja tlak 9,4 bar, pri 1,5 l/s pa 4,8 bar. Poleg črpalke se bo vgradila tudi tlačna posoda (hidrofor) s prostornino 24 l. Karakteristike različnih tipov črpalk so v prilogi F.

Višino črpanja določa enačba:

$$H_{\check{c}} = H_{\text{geod}} + \Delta E + P_{\text{omrežje}} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}}$$

V obravnavanem primeru je koeficient trenja  $\lambda$  odvisen od Reynoldsovega števila in relativne hrapavosti.

$$\lambda = \lambda\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{d}\right)$$

Pri izračunu Reynoldsovega števila sem upoštevala koeficient viskoznosti  $\nu = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . S pomočjo Moodyjevega diagrama, sem ugotovila, da se brezdimenzijski koeficient trenja  $\lambda$  giblje v mejah od 0,02 do 0,04. Natančnejšo vrednost koeficienta na posameznih odsekih sem odčitala iz rezultatov programa *Epanet*, ki za preračun koeficienta trenja  $\lambda$  uporablja aproksimacijo Colebrook – Whiteove enačbe (Rossman, 2000):

$$\lambda = \frac{0,25}{\left[\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}}\right)\right]^2}$$

#### 4.6.1.1 Odsek »meševc«

Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 34,5 \text{ mm}$  in je dolg  $L = 265 \text{ m}$ . Pri maksimalnem pretoku voda v cevovodu teče s hitrostjo  $v = 0,77 \text{ m/s}$ . Višinska razlika med najvišje ležečimi porabniki in priključkom na vejo »vikend glavni« meri  $H_{\text{geod}} = 44 \text{ m}$ . Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{\text{omrežje}} = 1,5 \text{ bar} = 15 \text{ m v.s.}$

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0,77 \cdot 0,0345}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 2,3 \cdot 10^4 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016 \text{ mm}}{34,5 \text{ mm}} = 4,6 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \lambda = 0,024$$

Potrebna višina črpanja tako znaša:

$$H_{\text{č}} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}} = 44 + 0,024 \cdot \frac{265}{0,0345} \cdot \frac{0,77^2}{2 \cdot 9,81} + 15 = 64 \text{ m}$$

Maksimalna poraba na tem odseku znaša  $0,8 \text{ l/s}$ .

#### 4.6.1.2 Odsek »vrvač«

Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 14 \text{ mm}$  in je dolg  $L = 333 \text{ m}$ . Hitrost pri maksimalnem pretoku meri  $0,41 \text{ m/s}$ . Višinska razlika med najvišje ležečimi porabniki in priključkom na oskrbovalni cevovod meri  $H_{\text{geod}} = 46 \text{ m}$ . Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{\text{omrežje}} = 1,5 \text{ bar} = 15 \text{ m v.s.}$

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0,41 \cdot 0,014}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 5,0 \cdot 10^3 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 1,1 \cdot 10^{-4}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,037$$

$$H_c = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}} = 46 + 0,037 \cdot \frac{333}{0,014} \cdot \frac{0,41^2}{2 \cdot 9,81} + 15 = 68,5 \text{ m}$$

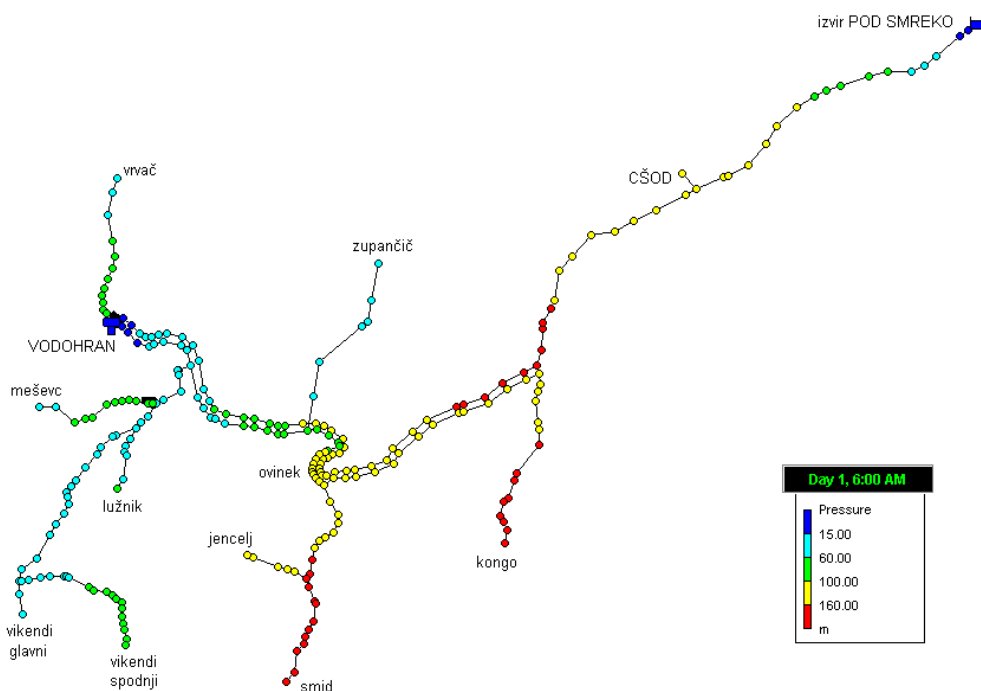
Maksimalna poraba na odseku znaša  $0,1 \text{ l/s}$ .

### 4.6.2 Hidravlični izračuni

#### 4.6.2.1 Maksimalna poraba

V času največje porabe so tlaki v omrežju najnižji. Minimalni dopustni oskrbovalni tlak v omrežju je  $1,5 \text{ bar}$  oziroma  $15 \text{ m}$  vodnega stolpca. (Berdajs et al., 1998) S pomočjo simulacije v *Epanet*-u sem preverila, kakšni tlaki se pojavljajo v vodovodnem sistemu Javorniški Rovt med 6. in 7. uro zjutraj, ko je poraba v naselju največja (Slika 23).



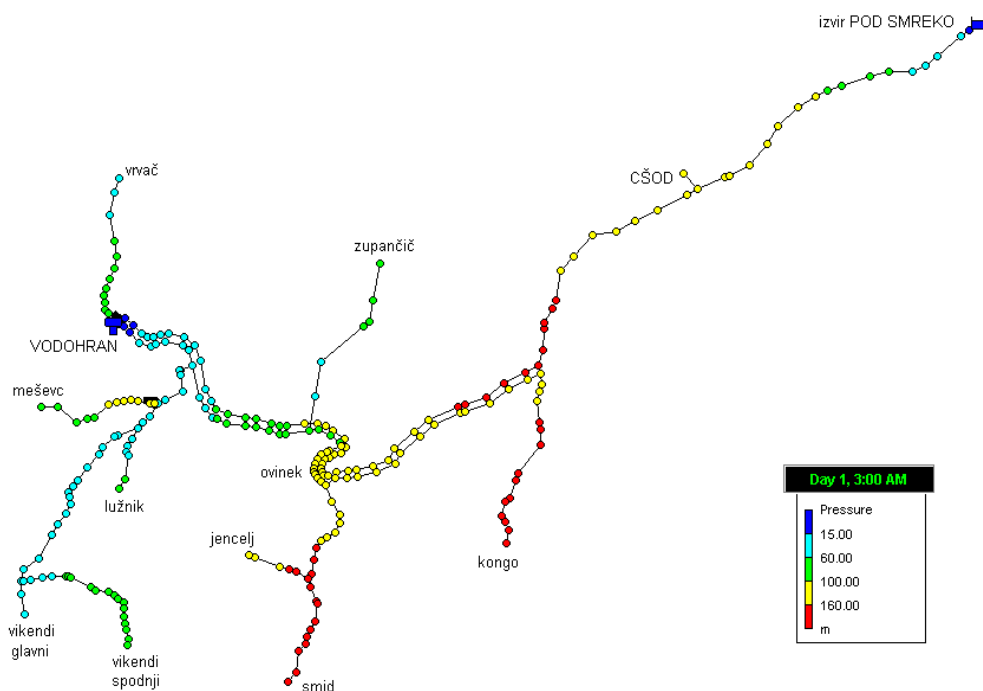


Slika 23: Tlaci v omrežju v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.

Črpalke na vejah »meševc« in »vrvač« v zadnjih vozliščih zagotavljata 4 bar. Tudi na veji »vikendi glavni« se oskrbovalni tlak giblje znotraj dopustnih meja. Na vseh ostalih odsekih bo potrebno vgraditi reducirne ventile – tudi na veji »zupančič«, na kateri se tlaki sicer spustijo na nekaj manj kot 6 bar, a je v času minimalne porabe slika drugačna.

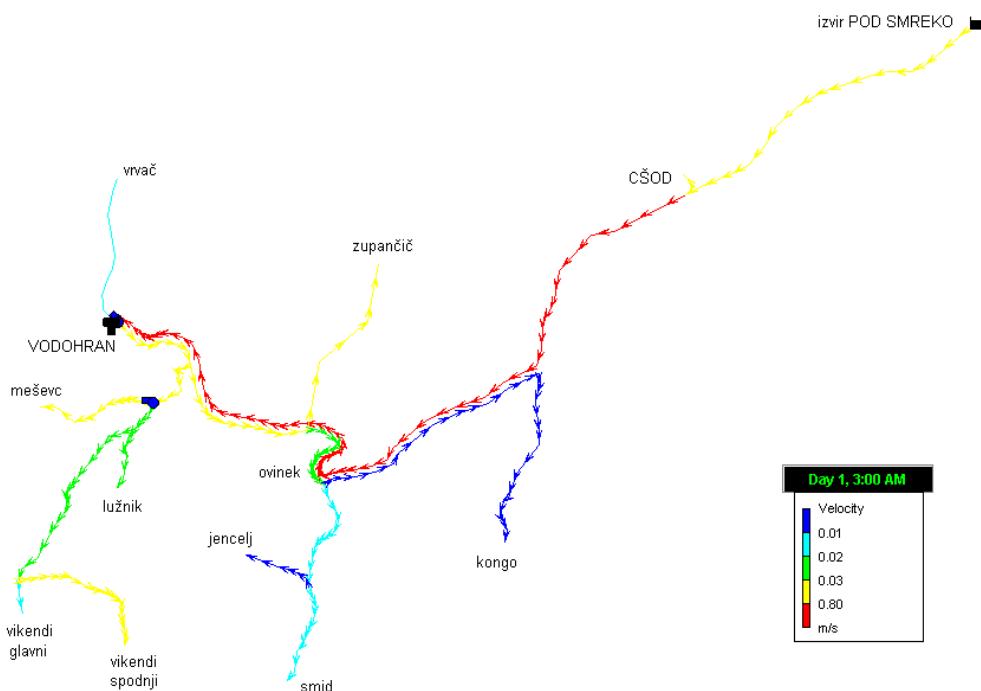
#### 4.6.2.2 Minimalna poraba

Minimalna poraba v naselju Javorniški Rovt je od 2. do 5. ure zjutraj. Simulacija hidravličnih razmer v tem času prikaže največje tlake, ki se pojavljajo v omrežju (Slika 24). Reducirne ventile je potrebno vgraditi na vse veje sekundarnega omrežja, razen na odseke »vikendi glavni«, »meševc« in »vrvač«.



Slika 24: Tlaki v omrežju v času minimalne porabe – brez reducirnih ventilov.

Na sliki 25 so prikazane hitrosti vode, ki se pojavljajo v cevovodu v času najmanjše porabe. Voda najpočasneje teče v ceveh, ki oskrbujejo manjše število porabnikov in v duktilnih ceveh sekundarnega omrežja. Minimalni premer NL cevi je 60 mm, kar pa je preveč glede na porabo na teh odsekih.



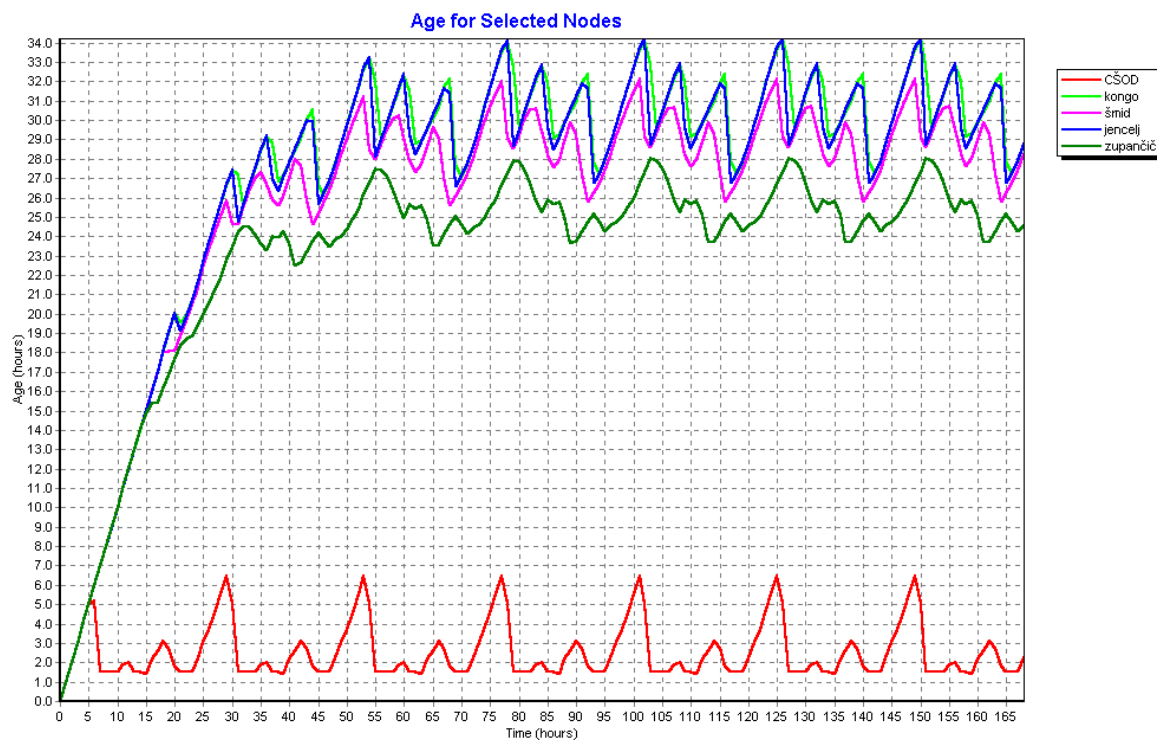
Slika 25: Hitrost vode v vodovodnem sistemu.

#### 4.6.2.3 Starost vode

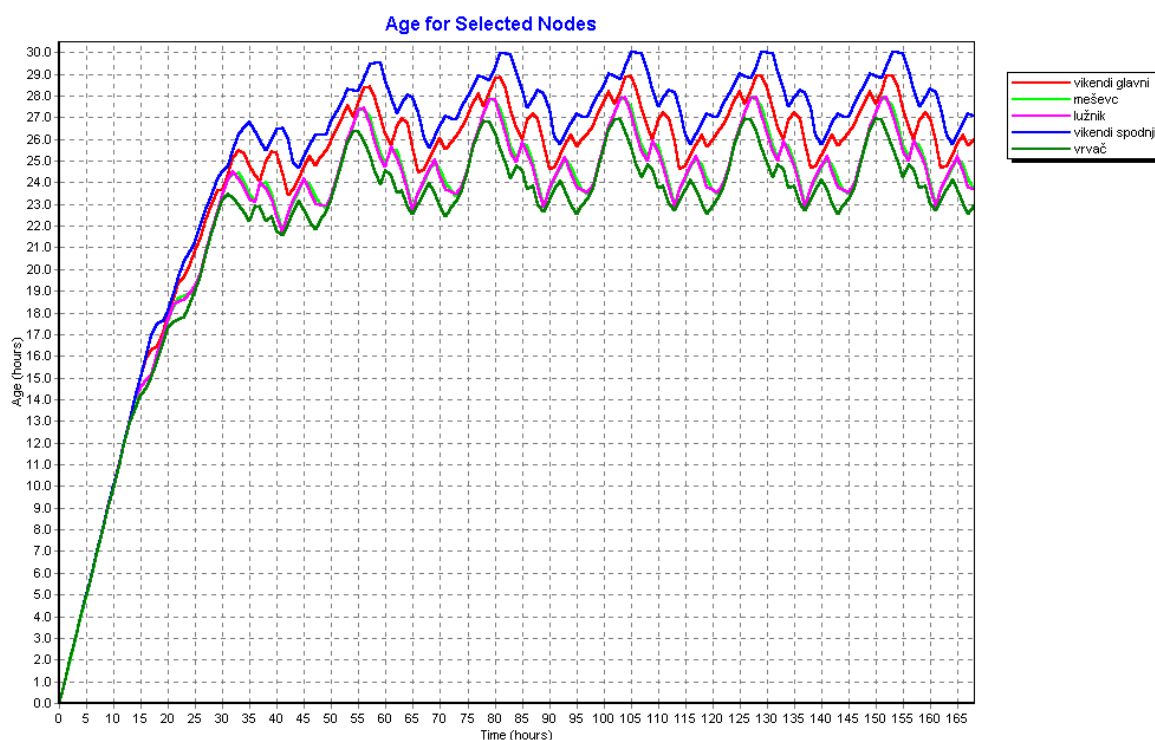
V času najmanjše porabe so hitrosti vode v ceveh majhne, na nekaterih odsekih praktično zanemarljive (preglednica 8). Zastajanje vode omogoča nabiranje usedlin v ceveh in nastanek t.i. biofilmov. Gre za pojav rasti bakterij in drugih mikroorganizmov na notranjih stenah vodohrana in cevovodov. Najugodnejši pogoji rasti so na mestih upočasnjene toka in ob vdoru hranil v sistem. Posamezni mikroorganizmi se sprijemajo na steno in tvorijo formacije, ki se vedno bolj razrašajo. Nastala masa se občasno odlušči in prehaja do drugih delov vodovodnega sistema. Njihovi produkti presnove in sami mikroorganizmi so lahko zdravju škodljivi. Biofilm, ki ga tvori skupek različnih mikroorganizmov, je zelo odporen na konvencionalna sredstva in metode dezinfekcije. Kemična sredstva (klor, ozon...) so zato v še dovoljenih koncentracijah praktično neučinkovita.

*Epanet* omogoča prikaz starosti vode v vodovodnem sistemu po določenem času. Da bi se opazile spremembe v daljšem časovnem obdobju, sem trajanje simulacije s 24 ur povečala na 168 ur (7 dni). Rezultati, ki jih je dal model, so prikazani na grafikonih 3 in 4.

Vzorec staranja vode, ki se bo ponavljal tekom obratovanja vodovodnega sistema Javorniški Rovt, se pojavi po 72 urah od začetka simulacije. V zadnjih vozliščih cevovodov »kongo« in »jencelj« bo starost vode v času minimalne porabe narasla na 34 ur. V ostalih vejah bo starost vode nižja in se bo gibala od 27 do 30 ur. Z najkvalitetnejšo vodo (starost je manjša od 7 ur) se bodo oskrbovali v CŠOD in okoliških hišah, saj priteče direktno iz zajetja.



Grafikon 3: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »CŠOD«, »kongo«, »šmid«, »jencelj«, »zupančič«.



Grafikon 4: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »vikendi glavni«, »meševc«, »lužnik«, »vikendi spodnji«, »vrvač«.

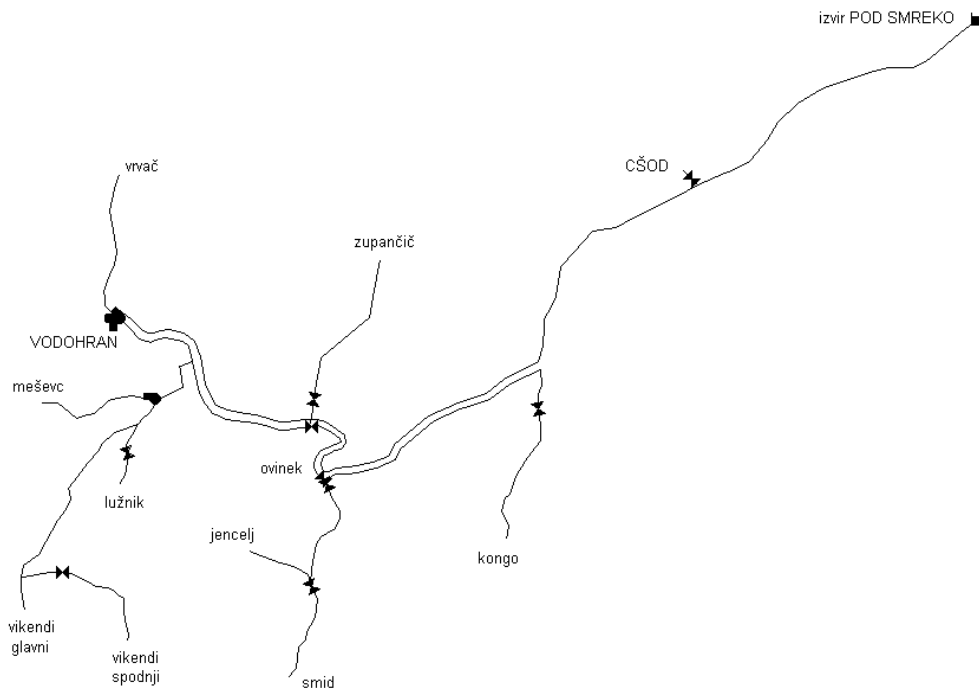
#### 4.6.2.4 Tlačne cone

Na podlagi rezultatov hidravličnega preračuna v programu *Epanet* sem v vzdolžne profile posameznih odsekov vrisala tlačne črte za čas maksimalne in minimalne porabe. Izris tlačnih črt na vzdolžnem profilu cevovoda je osnova za določevanje števila in mesta vgradnje reducirnih ventilov. Le-ti bodo vgrajeni na vejah razdelilnega omrežja, razen na veji »vikendi glavni« ter na »meševc« in »vrvač«, kjer tlak zvišujeta črpalke. Pri določevanju lege reducirnih ventilov oziroma razbremenilnikov sem upoštevala:

- da minimalni dopustni tlak v omrežju znaša 1.5 bar (15 m vodnega stolpca);
- da maksimalni dopustni tlak v omrežju znaša 6.0 bar (60 m vodnega stolpca);

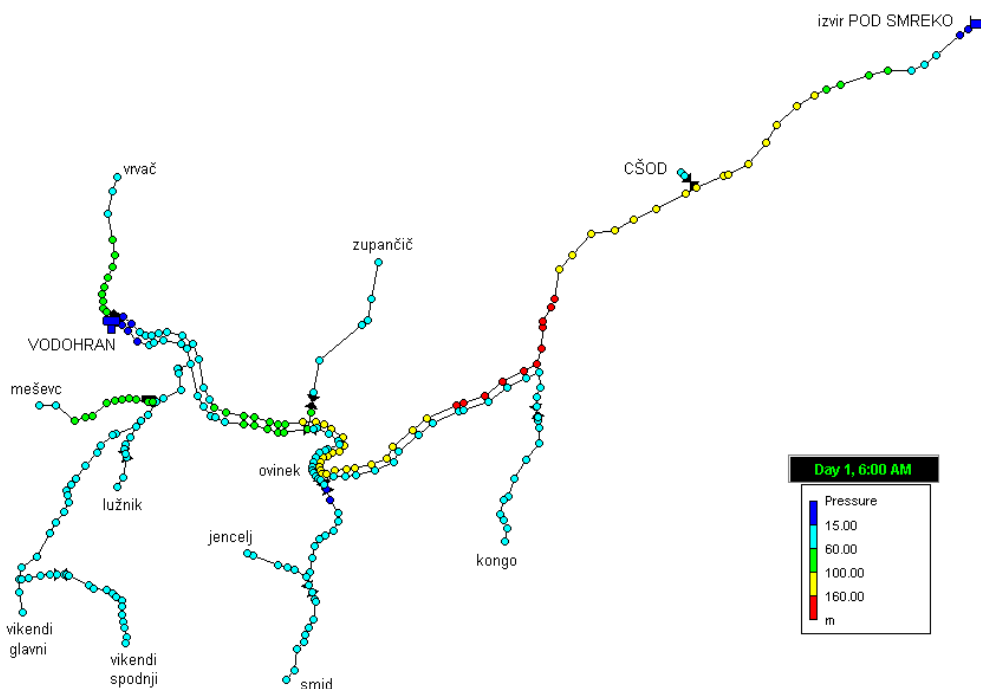
Skupaj bo na omrežju devet reducirnih ventilov. Shematični prikaz le-teh je prikazan na sliki 26. Nazivni premer obeh reducirnih ventilov na oskrbovalnem cevovodu meri DN25, vseh

ostalih pa DN15. Tehnični podatki regulatorja tlaka z nazivnim premerom DN25 so prikazani v prilogi G.



Slika 26: Lega reducirnih ventilov.

Kot prikazuje slika 27, bo tlak večji od 6,0 bar pred reducirnimi ventili na delu oskrbovalnega cevovoda in na veji »zupančič«, nižji od 1,5 bar pa se bo pojavljal na začetnem delu veje »šmid«. Ker je v neposredni okolici gozd oziroma kmetijska zemljišča, na omenjenih odsekih ni predvidenih odvzemnih mest. Če bi se v prihodnosti vseeno pokazala potreba po novih priključkih, jih je možno urediti na bližnjih cevovodih, kjer se tlaki gibljejo v dopustnih mejah. Na vseh ostalih cevovodih se bo tlak v času maksimalne in minimalne porabe gibal znotraj dopustnih meja.



Slika 27: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

#### 4.6.3 Zagotavljanje požarne varnosti

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov določa, da se potrebne količine požarne vode lahko zbirajo v rezervoarjih ali bazenih, iz katerih se voda lahko jemlje z gasilnimi vozili ali prenosnimi gasilnimi črpalkami. V naselju je sedem vkopanih vodo hranov, ki porabnike trenutno oskrbujejo s pitno vodo. Posamezne prostornine le-teh presegajo  $6 \text{ m}^3$ , oddaljenost od najbližjih hiš pa je večinoma manjša od 100 m (priloga B). Poleg akumulacij površinske vode (umetno jezero pri CŠOD in tri jezera v Zoisovem parku), bi voda iz obstoječih vodo hranov lahko predstavljala koristen vir požarne vode.

#### 4.6.4 Ocena stroškov

V preglednici 10 so podane ocene stroškov investicije (brez DDV), ki sem jih pridobila pri projektantih ter na internetnih straneh različnih proizvajalcev oziroma zastopnikov.

## Preglednica 10: Ocena stroškov – VARIANTA 1.

**ZAJETJE**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				2.300.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				700.000,00
				<b>3.000.000,00</b>

**VODOHRAN**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				6.000.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				1.400.000,00
				<b>7.400.000,00</b>

**CEVI**

NL K9 DN60	m	2898	3.213,00	9.311.274,00
PE100 DN110 PN16	m	200	2.455,00	491.000,00
PE100 DN90 PN16	m	700	1.646,00	1.152.200,00
PE100 DN75 PN16	m	1700	1.140,00	1.938.000,00
PE80 DN40 PN12,5	m	1000	323,00	323.000,00
PE80 DN20 PN12,5	m	200	87,00	17.400,00
PE80 DN16 PN12,5	m	400	78,00	31.200,00
				<b>13.264.074,00</b>

**FAZONSKI KOSI**

PE pravokotni odcep (T-kos)	kos	6	4.200,00	25.200,00
NL pravokotni odcep (T-kos)	kos	4	11.000,00	44.000,00
PE koleno	kos	15	2.600,00	39.000,00
NL koleno	kos	67	7.500,00	502.500,00
				<b>610.700,00</b>

**ARMATURE**

blatnik	kos	31	9.100,00	282.100,00
zračnik	kos	39	27.100,00	1.056.900,00
				<b>1.339.000,00</b>

**REGULATORJI TLAKA**

R54 DN15	kos	7	96.000,00	672.000,00
R54 DN25	kos	2	158.400,00	316.800,00
loputa	kos	18	17.000,00	306.000,00
lovilnik nesnage	kos	9	9.100,00	81.900,00
				<b>1.376.700,00</b>

**ČRPALKE**

VCV 50/8T	kos	2	170.000,00	340.000,00
tlačna posoda (24 l)	kos	2	5.500,00	11.000,00
				<b>351.000,00</b>

**PRIPRAVLJALNA, ZEMELJSKA, MONTAŽNA,**

<b>ZAKLJUČNA DELA</b> (ocena projektanta)	m'	6815	25.000,00	170.375.000,00
				<b>170.375.000,00</b>

**SKUPAJ****197.716.474,00**

Pri armaturah in fazonskih kosih so podane samo cene za DN60 pri elementih iz nodularne litine oziroma za DN63 pri polietilenskih kosih.



## 4.7 Modeliranje – VARIANTA 2

V drugi možni izvedbi vodovodnega sistema Javorniški Rovt sem vodohran predvidela na višini 1057 m n.m. Na ta način bi se minimalni dopustni tlak v veji »meševc« še zagotavljalo brez črpalke. Posledično se podaljšata dovodni in oskrbovalni cevovod, poveča se maksimalni hidrostatični tlak in s tem število cevi iz nodularne litine. Tudi v varianti 2 je predvideno, da se požarna varnost zagotavlja s površinsko vodo iz akumulacij ob ČŠOD in v Zoisovem parku ter iz že obstoječih vodohranov, ki so zaenkrat namenjeni še oskrbi s pitno vodo.

### 4.7.1 Črpalke

Lega vodohrana bo vsem porabnikom, razen kmetiji Vrvač zagotavljala minimalni obratovalni tlak. Na odseku »vrvač« je predvidena črpalka EVC41 s hidroforjem. Moč črpalke je 1,0 kW, pri pretoku 0,25 l/s zagotavlja tlak 5,0 bar, pri 0,65 l/s pa 2,5 bar. Karakteristika črpalke je v prilogi F.

Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 14 \text{ mm}$  in je dolg  $L = 132 \text{ m}$ . Hitrost pri maksimalnem pretoku meri  $0,41 \text{ m/s}$ . Višinska razlika med odvzemnim mestom in priključkom na oskrbovalni cevovod meri  $H_{\text{geod}} = 12 \text{ m}$ . Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{\text{omrežje}} = 1,5 \text{ bar} = 15 \text{ m v.s.}$  Višino črpanja določa enačba:

$$H_{\check{c}} = H_{\text{geod}} + \Delta E + P_{\text{omrežje}} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}}$$

Koeficient trenja  $\lambda$  sem določila z Moodyjevim diagramom oziroma rezultati *Epanet-a*.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{0,41 \cdot 0,01}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 5,0 \cdot 10^3 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016 \text{ mm}}{14 \text{ mm}} = 1,1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \lambda = 0,037$$

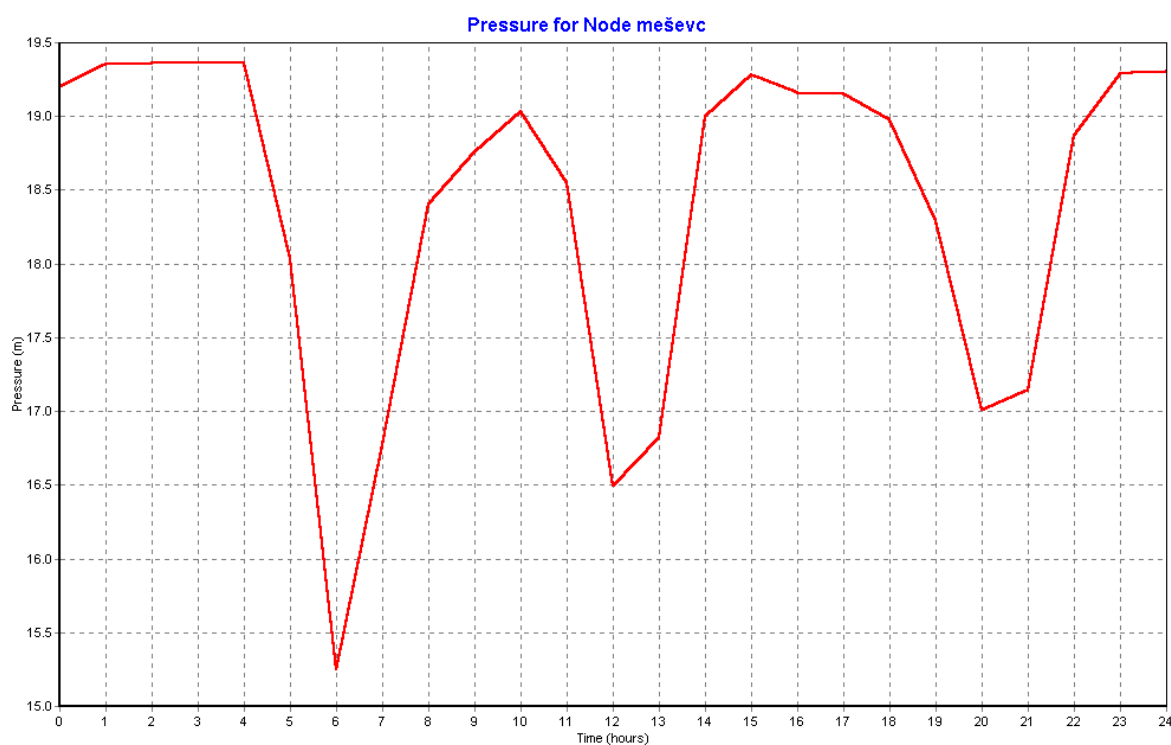
$$H_{\check{c}} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}} = 12 + 0,037 \cdot \frac{132}{0,014} \cdot \frac{0,41^2}{2 \cdot 9,81} + 15 = 34 \text{ m}$$

Maksimalna poraba na odseku znaša  $0,1 \text{ l/s}$ .

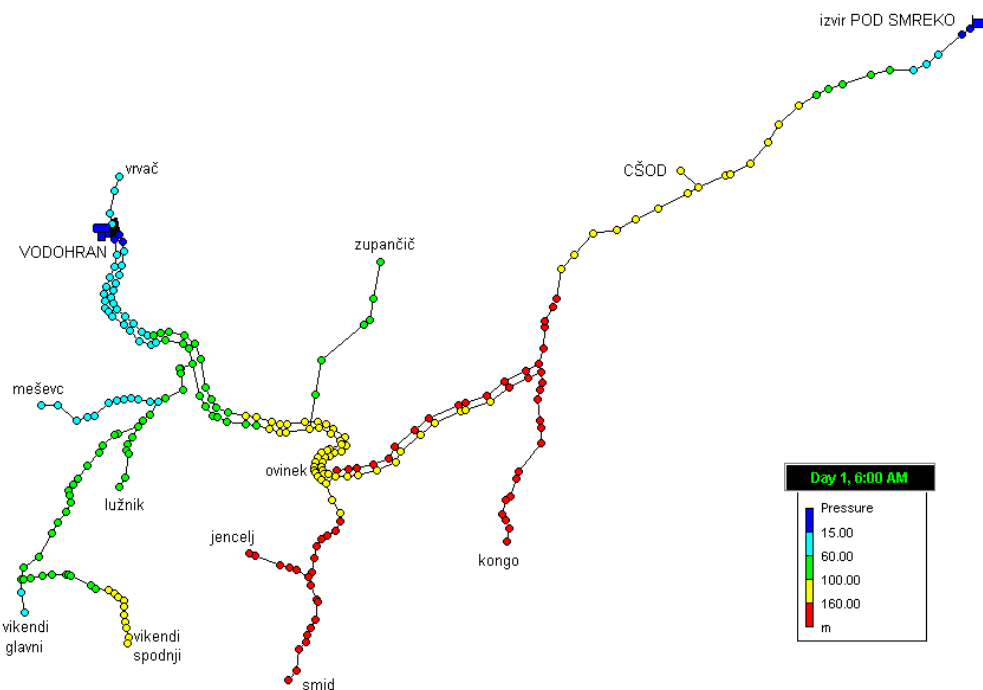
## 4.7.2 Hidravlični izračuni

### 4.7.2.1 Maksimalna poraba

S pomočjo simulacije v *Epanet*-u sem preverila, če je oskrbovalni tlak v zadnjem, najvišje ležečem vozlišču veje »meševc« znotraj dopustnih meja. Grafikon 5 prikazuje, da se v času maksimalne porabe tlak spusti na 15,3 m v.s., kar je skoraj na spodnji dopustni meji, ki znaša 15 m v.s. Na vseh ostalih odsekih bi tlaki brez reducirnih ventilov presegali 6,0 bar (Slika 28).



Grafikon 5: Obratovalni tlak v odvisnosti od časa v zadnjem vozlišču veje »meševc«.



Slika 28: Tlaki v omrežju v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.

#### 4.7.2.2 Minimalna poraba

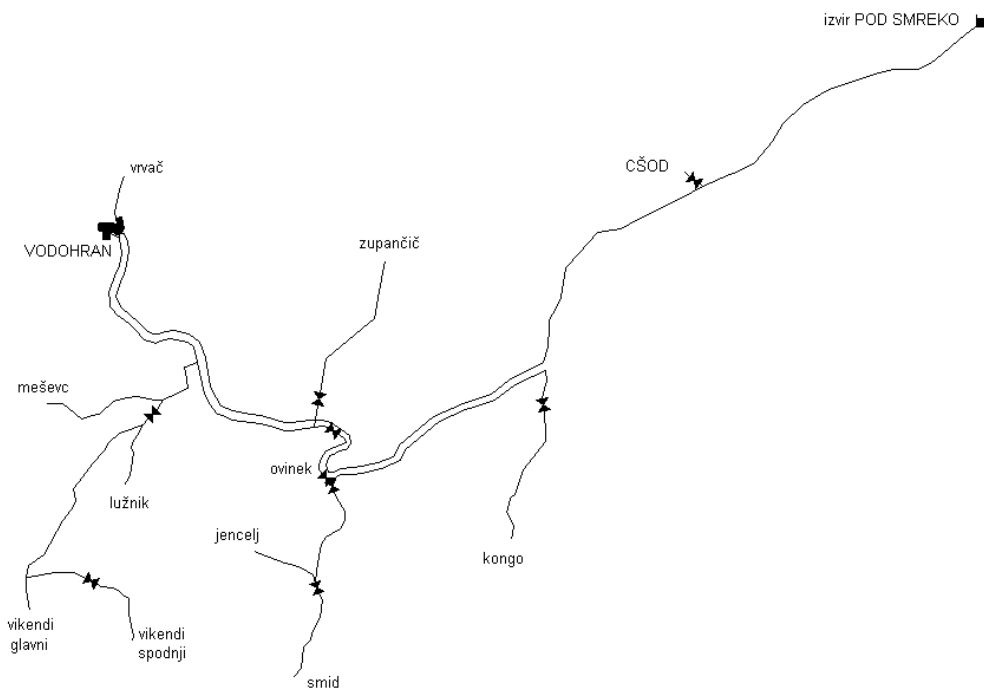
Hidravlične razmere, prikazane na sliki 28 kažejo, da je na vseh vejah razdelilnega omrežja, z izjemo vej »meševc« in »vrvač« potrebna vgradnja reducirnih ventilov, saj so že v času maksimalne porabe tlaki višji od 6,0 bar.

#### 4.7.2.3 Starost vode

Slika hitrosti vode v vodovodnem omrežju v času minimalne porabe je praktično enaka sliki 25, saj povišanje lege vodohrana s 1026 m (varianta 1) na 1057 m n.m. nima večjega vpliva na hitrost vode v vodovodnem omrežju. Posledično se tudi starost vode v obeh variantah ne razlikuje bistveno.

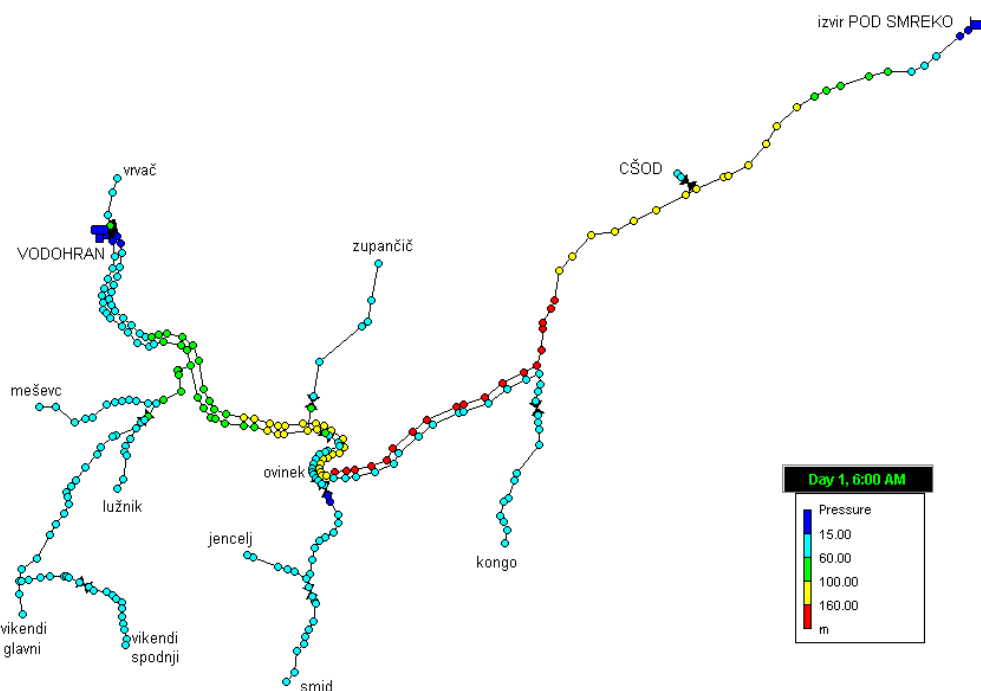
#### 4.7.2.4 Tlačne cone

V primerjavi s prvo varianto število reducirnih ventilov ostaja enako (devet). Nekoliko se razlikujejo lege reducirnih ventilov, ki so shematično prikazani na sliki 29, ter izhodni tlaki. Na oskrbovalnem cevovodu sta med odcepoma »zupančič« in »šmid« predvidena dva reducirna ventila z nazivnim premerom DN25 (priloga G), na vejah sekundarnega omrežja pa reducirni ventili DN15.



Slika 29: Lega reducirnih ventilov.

Tlaki, višji od 6,0 bar, se pojavljajo na delu oskrbovalnega cevovoda med vejama »vikendi-glavni« in »zupančič«, nižji od 1,5 bar pa samo na začetnem delu veje »šmid« (Slika 30). Zaradi situacije na terenu in trenda prostorskega razvoja naselja na teh delih odsekov v prihodnosti ne predvidevam odvzemnih mest.



Slika 30: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

Vzdolžni profil druge variantne rešitve vodovodnega sistema z vrisanimi tlačnimi črtami v času maksimalne porabe je v prilogi H.

#### 4.7.3 Zagotavljanje požarne varnosti

S priključitvijo naselja na javno vodovodno omrežje bodo vsi objekti na obstoječih sistemih izgubili svojo prvotno funkcijo, kar pa ne pomeni, da bodo postali popolnoma neuporabni. Tako kot v varianti 1 je tudi v tem primeru predvideno zagotavljanje požarne varnosti z vodo iz akumulacij površinskih voda in že obstoječih individualnih vodohranov, ki trenutno služijo oskrbi s pitno vodo. Voda bi se iz omenjenih virov jemala z gasilnimi vozili ali prenosnimi gasilnimi črpalkami.

Lega in volumen obstoječih vodohranov je prikazana v prilogi B.

#### 4.7.4 Ocena stroškov

##### Preglednica 11: Ocena stroškov – VARIANTA 2.

###### **ZAJETJE**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)	2.300.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)	700.000,00
	<b>3.000.000,00</b>

###### **VODOHRAN**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)	6.000.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)	1.400.000,00
	<b>7.400.000,00</b>

###### **CEVI**

NL K9 DN60	m	3096	3.213,00	9.947.448,00
PE100 DN110 PN16	m	400	2.455,00	982.000,00
PE100 DN90 PN16	m	700	1.646,00	1.152.200,00
PE100 DN75 PN16	m	1700	1.140,00	1.938.000,00
PE80 DN40 PN12,5	m	1000	323,00	323.000,00
PE80 DN20 PN12,5	m	200	87,00	17.400,00
PE80 DN16 PN12,5	m	200	78,00	15.600,00
				<b>14.375.648,00</b>

###### **FAZONSKI KOSI**

PE pravokotni odcep (T-kos)	kos	6	4.200,00	25.200,00
NL pravokotni odcep (T-kos)	kos	4	11.000,00	44.000,00
PE koleno	kos	15	2.600,00	39.000,00
NL koleno	kos	93	7.500,00	697.500,00
				<b>805.700,00</b>

###### **ARMATURE**

blatnik	kos	31	9.100,00	282.100,00
zračnik	kos	39	27.100,00	1.056.900,00
				<b>1.339.000,00</b>

###### **REGULATORJI TLAKA**

R54 DN15	kos	7	96.000,00	672.000,00
R54 DN25	kos	2	158.400,00	316.800,00
loputa	kos	18	17.000,00	306.000,00
lovilnik nesnage	kos	9	9.100,00	81.900,00
				<b>1.376.700,00</b>

###### **ČRPALKE**

EVC41	kos	1	38.000,00	38.000,00
tlačna posoda (24 l)	kos	1	5.500,00	5.500,00
				<b>43.500,00</b>

###### **PRIPRAVLJALNA, ZEMELJSKA, MONTAŽNA, ZAKLJUČNA DELA (ocena projektanta)**

	m'	7020	25.000,00	175.500.000,00
				<b>175.500.000,00</b>

###### **SKUPAJ**

**203.840.548,00**

V preglednici 11 je podana ocena stroškov celotne investicije vodovodnega sistema, izvedenega po drugi varianti. Pri fazonskih komadih in armaturah so bile upoštevane cene posameznih kosov z nazivnimi premeri DN60 za elemente iz nodularne litine oziroma DN63 za polietilenske kose.

V primerjavi z varianto 1 so ocenjeni stroški celotne investicije sicer večji za nekaj več kot 6.000.000 SIT, ne sme pa se prezreti dejstva, da so zaradi ene same vgrajene črpalke, obratovalni stroški v drugi varianti precej nižji.

#### 4.8 Modeliranje – VARIANTA 3

V zadnjih dveh variantah sem vodovodni sistem Javorniški Rovt obravnavala kot sistem, ki poleg dobavljanja pitne vode porabnikom, v primeru požara opravlja tudi funkcijo hidrantnega omrežja. Če bi se požarna varnost Javorniškega Rovta zagotavljala izključno iz sistema za oskrbo s pitno vodo, bi bilo glede na normative, določene s Pravilnikom o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov (1991), potrebno v vodovodnem sistemu Javorniški Rovt:

- povečati volumen vodohrana,
- na oskrbovalnem cevovodu in sekundarnem omrežju glede na kritični pretok vgraditi cevi, katerih premer je večji ali enak 100 mm,
- kot minimalni obratovalni tlak upoštevati 2,5 bar

Ker je rezerva požarne vode shranjena v vodohranu, se njegov volumen poveča za 72 m<sup>3</sup>, kot je prikazano v izračunu v poglavju 4.1.7. Prostornina vodohrana, ki bi poleg dnevnih oscilacij in rezerve v primeru okvare zagotavljal tudi količino vode, potrebno za gašenje, bi merila:

$$V_{vhr} = V_{nih} + V_{okv} + V_{pož} = 40 + 35 + 72 = 147 \text{ m}^3$$

Potreben volumen vodohrana se v obravnavanem primeru poveča za skoraj 100%. Maksimalna višina gladine vode v vodohranu ostaja enaka (3,0 m), povečajo se le tlorisne dimenzije vodne celice, ki v tem primeru meri 7,0 x 7,0 m.

Če bi se z vodo iz vodovodnega omrežja zagotavljala tudi požarna varnost Centra šolskih in obšolskih dejavnosti ter okoliških stanovanjskih hiš, bi bilo potrebno povečati tudi dimenzije zajetja. Omenjeni porabniki se namreč oskrbujejo direktno iz glavnega dovodnega cevovoda in ne z vodo iz vodohrana (poglavje 4.4.1).

Kot tretja možna varianta zasnove vodovoda Javorniški Rovt, je predstavljena rešitev z vodohranom na višini 1026 m. Previsoke tlake na omrežju znižujejo reducirni ventili.

#### 4.8.1 Črpalke

Na vejah »meševc« in »vrvač« je zaradi nezadostnega tlaka v omrežju potrebno vgraditi črpalke. Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov določa, da mora v primeru požara črpalka prevajati kritični pretok, pri tem pa tlak v omrežju ne sme biti manjši od 2,5 bar. Ker je razlika med maksimalno dnevno porabo in porabo vode za gašenje požarov zelo velika, bi na omenjenih odsekih ta problem najbolje razrešila posebna izvedba t.i. hidropostaje. To je kompaktna celota, sestavljena iz dveh ali treh centrifugalnih črpalk, vertikalnih membranskih tlačnih posod, krmilnih enot in armaturnih elementov, pritrjenih na skupnem podstavku. Ena od črpalk skrbi za zadosten tlak v času maksimalne porabe, v primeru požara, ki povzroči večji padeč tlaka v tlačnem cevovodu, pa se vključita še preostali črpalke. Karakteristike protipožarnih hidropostaj so prikazane v prilogi F.

##### 4.8.1.1 Odsek »meševc«

V primeru požara mora črpalka zagotoviti 10,72 l/s vode. Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 102,2$  mm in je dolg  $L = 265$  m. Pri kritičnem pretoku voda teče s hitrostjo 1,3 m/s. Višinska razlika med najvišje ležečimi porabniki in priključkom na vejo »vikend glavni« meri  $H_{geod} = 44$  m. Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{omrežje} = 2,5$  bar = 25 m v.s. Koeficient trenja  $\lambda$  sem določila z Moodyjevim diagramom oziroma rezultati *Epanet*-a. Potrebno višino črpanja izračunam po enačbi:

$$H_c = H_{geod} + \Delta E + P_{omrežje} = H_{geod} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{omrežje}$$



$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,3 \cdot 0,1022}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 1,2 \cdot 10^5 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016 \text{ mm}}{102,2 \text{ mm}} = 1,6 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \lambda = 0,017$$

$$H_{\zeta} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}} = 44 + 0,017 \cdot \frac{265}{0,1022} \cdot \frac{1,3^2}{2 \cdot 9,81} + 25 = 73 \text{ m}$$

Izbrala sem hidropostajo HP547P. Sestavljata jo dve črpalki z močjo 5,5 kW. Črpalka, ki se vklopi v primeru požara, pri pretoku 5,1 l/s zagotavlja tlak 9,7 bar, pri 11,0 l/s pa 5,0 bar.

#### 4.8.1.2 Odsek »vrvač«

V primeru požara mora črpalka zagotoviti 10,06 l/s vode. Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 102,2$  mm in je dolg  $L = 333$  m. Pri kritičnem pretoku voda teče s hitrostjo 1,2 m/s. Višinska razlika med kmetijo Vrvač in priključkom na oskrbovalni cevovod meri  $H_{\text{geod}} = 46$  m. Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{\text{omrežje}} = 2,5$  bar = 25 m v.s.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,1022}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 1,1 \cdot 10^5 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016 \text{ mm}}{102,2 \text{ mm}} = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,017$$

$$H_{\zeta} = H_{\text{geod}} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} + P_{\text{omrežje}} = 46 + 0,017 \cdot \frac{333}{0,1022} \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} + 25 = 75 \text{ m}$$

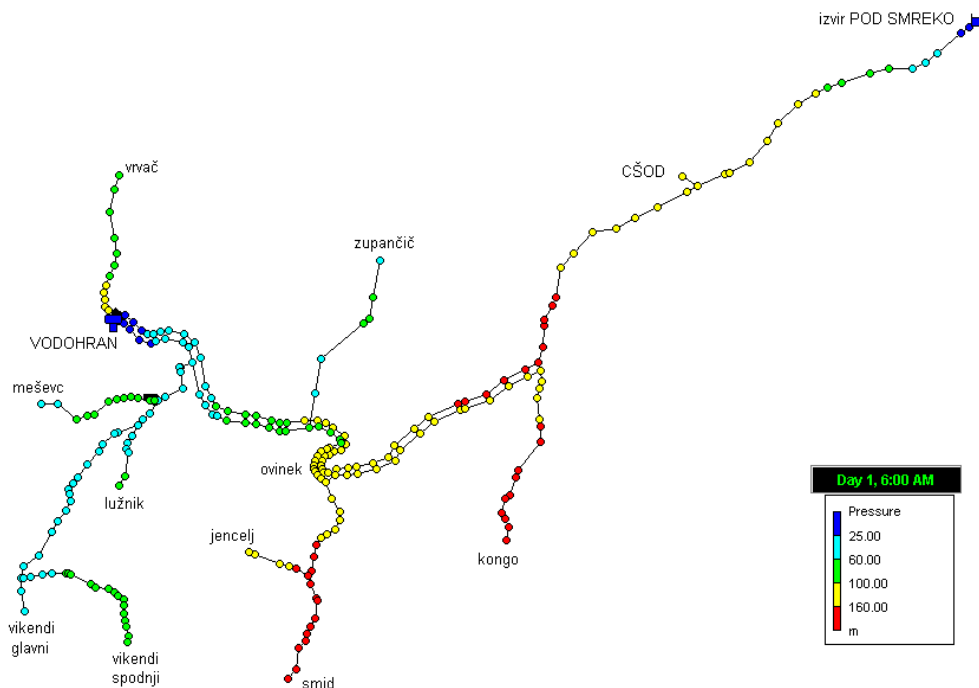
Predvidela sem vgradnjo hidropostaje HP817P, ki jo sestavljajo tri črpalke z močjo 5,5 kW. Pri pretoku 10,0 l/s zagotavlja tlak 9,3 bar, pri 17,3 l/s pa 4,2 bar.

#### 4.8.2 Hidravlični izračuni

V *Epanet* sem vnesla volumen vodohrana  $147 \text{ m}^3$  (Diameter = 7,90 m) in premere cevi, podane v preglednici 9.

#### 4.8.2.1 Maksimalna poraba

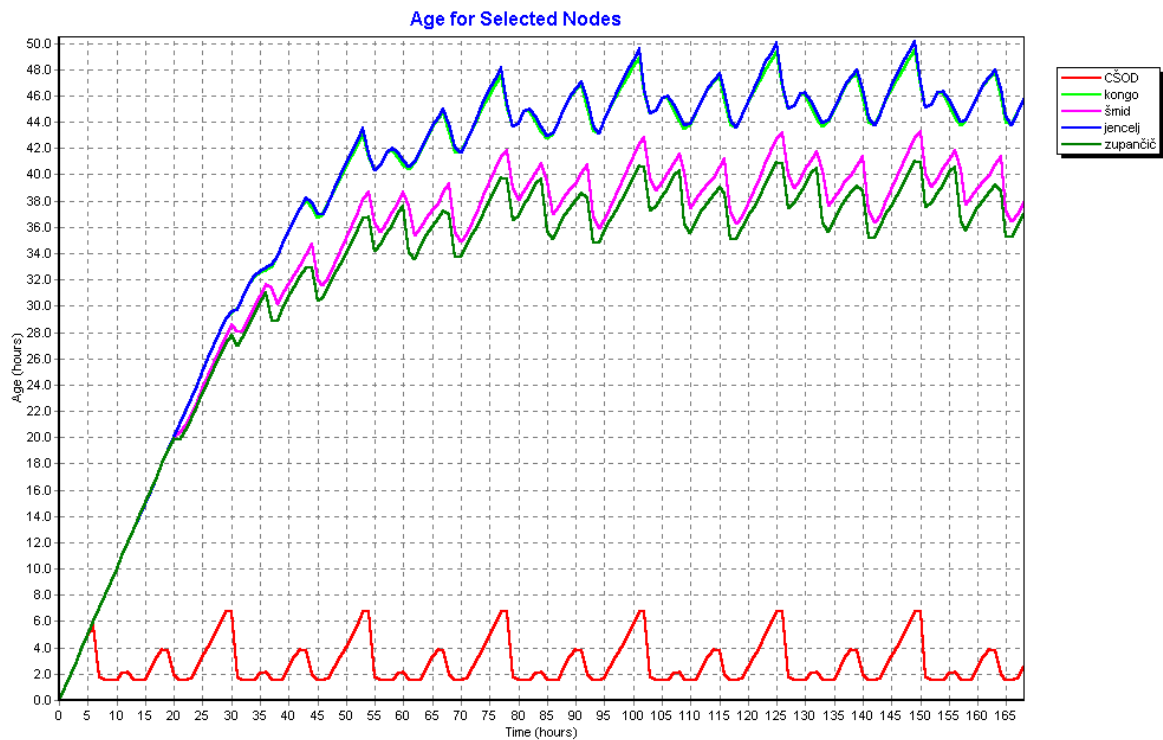
Primerjava slike 23 in slike 31 pokaže, da se s povečanjem premera cevi poviša tudi obratovalni tlak v vodovodnem sistemu. V zadnjem vozlišču veje »vikendi glavni«, na primer, se poveča za 0,5 bar oziroma 5 m vodnega stolpca.



Slika 31: Obratovalni tlak v času maksimalne porabe – brez reducirnih ventilov.

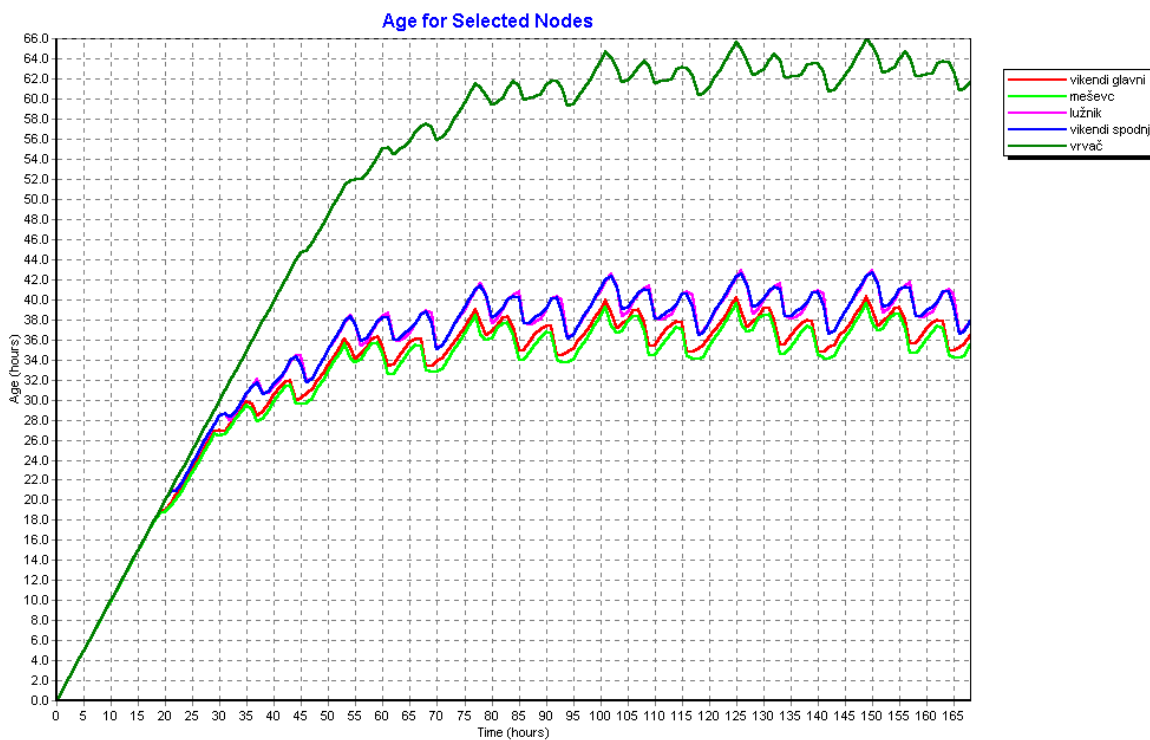
#### 4.8.2.2 Starost vode

Pri nespremenjeni dnevni porabi se zaradi povečanja premera cevi hitrost toka v njih upočasnijo, s tem pa se poveča starost vode na odvzemnih mestih. Tako na primer na veji »kongo« v primerjavi z varianto 1 naraste (s 34 ur) na nekaj več kot 50 ur (Grafikon 6). Do podobnih razlik prihaja tudi na ostalih odsekih. V primerjavi z rezultati, prikazanimi v varianti 1, se zaradi upoštevanja tehničnih normativov za premere cevi hidrantnega omrežja starost vode v ceveh poveča za približno 15 ur.



Grafikon 6: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »CŠOD«, »kongo«, »šmid«, »jencelj«, »zupančič«.

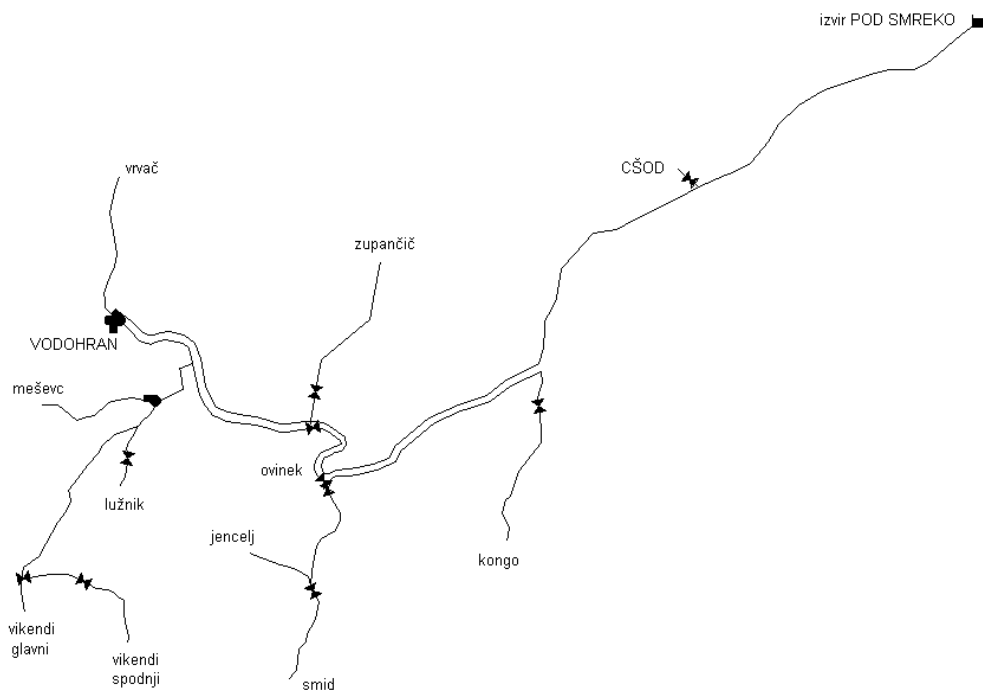
Grafikon 7 prikazuje izrazitejše povišanje starosti vode na odseku »vrvač«, saj Pravilnik za ta odsek zahteva kar 7-krat večji premer cevi od minimalnega primernega (ki je podan v preglednici 8). Povečanje premera cevi je vzrok, da se hitrost toka vode pri enakem pretoku zmanjša, s tem pa se poviša starost vode v cevovodu in poveča verjetnost, da bo na odvzemnih mestih voda slabše kakovosti. Pretočna hitrost v času maksimalne porabe ne presega 0,01 m/s.



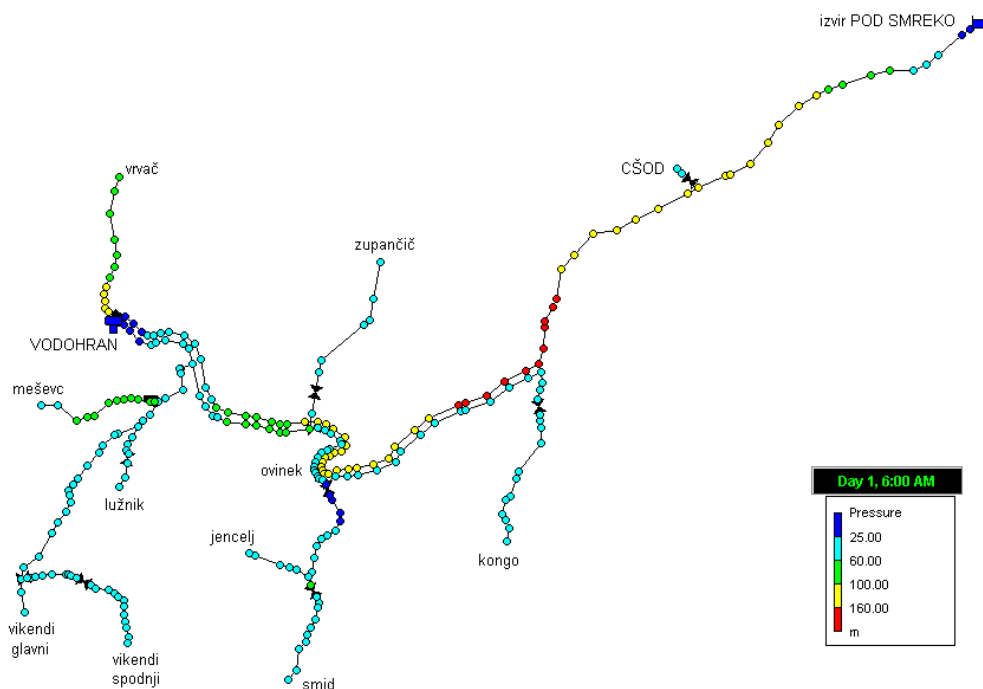
Grafikon 7: Starost vode v zadnjih vozliščih cevovodov »vikendi glavni«, »meševc«, »lužnik«, »vikendi spodnji«, »vrvač«.

#### 4.8.2.3 Tlačne cone

Pri obravnavi vodovodnega sistema Javorniški Rovt kot hidrantnega omrežja je potrebno upoštevati Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov, ki za spodnjo mejo dopustnega tlaka v omrežju določa 2,5 bar. Zgornja meja ostaja 6,0 bar. S pomočjo tlačnih črt, vrisanih na podlagi rezultatov *Epanet-a*, sem določila nove lege in izhodne tlake reduciranih ventilov. V primerjavi z varianto 1 se število ventilov poveča na deset. Poleg tega sem nazivni premer le-teh povečala na DN65 (priloga G), saj morajo v primeru požara prevajati kritični pretok. Shematični prikaz števila in mesta vgradnje ventilov je prikazan na sliki 32. Obratovalni tlaki so povsod znotraj predpisanih meja, razen na delu oskrbovalnega cevovoda med odcepoma »vikendi glavni« in »zupančič«, ter na začetku veje »šmid« (Slika 33). Na teh mestih vodovod poteka preko kmetijskih zemljišč. Na njih prostorski plani ne predvidevajo stanovanjskih oziroma počitniških hiš – novih porabnikov pitne vode.



Slika 32: Lege reducirnih ventilov.

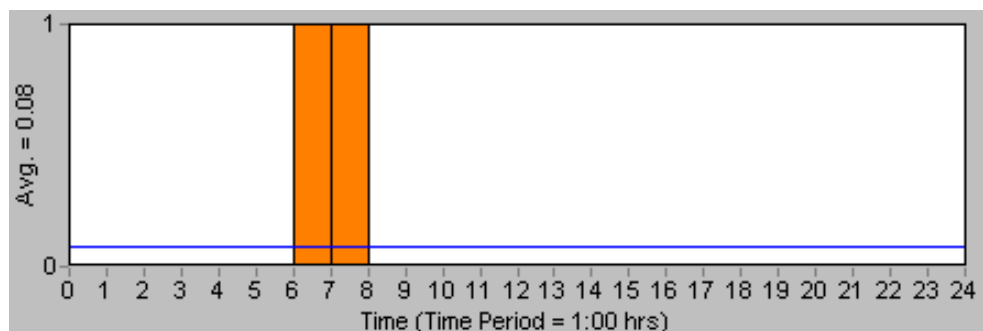


Slika 33: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

### 4.8.3 Zagotavljanje požarne varnosti

Pri preverjanju ustreznosti vodovodnega sistema v pogledu zagotavljanja požarne varnosti je potrebno preveriti, kakšni tlaki se pojavljajo v času gašenja požara na posameznih delih omrežja.

V programu *Epanet* sem simulirala gašenje enega požara hkrati, tako da sem v posamezna vozlišča na vodovodnem sistemu vnašala porabo 10 l/s s časovnim vzorcem, ki se pojavlja v času požara in je prikazan na grafikonu 8. Vzorec sem oblikovala tako, da se poraba pojavi ob 6. uri in traja do 8. ure, t.j. v času maksimalne porabe v Javorniškem Rovtu.

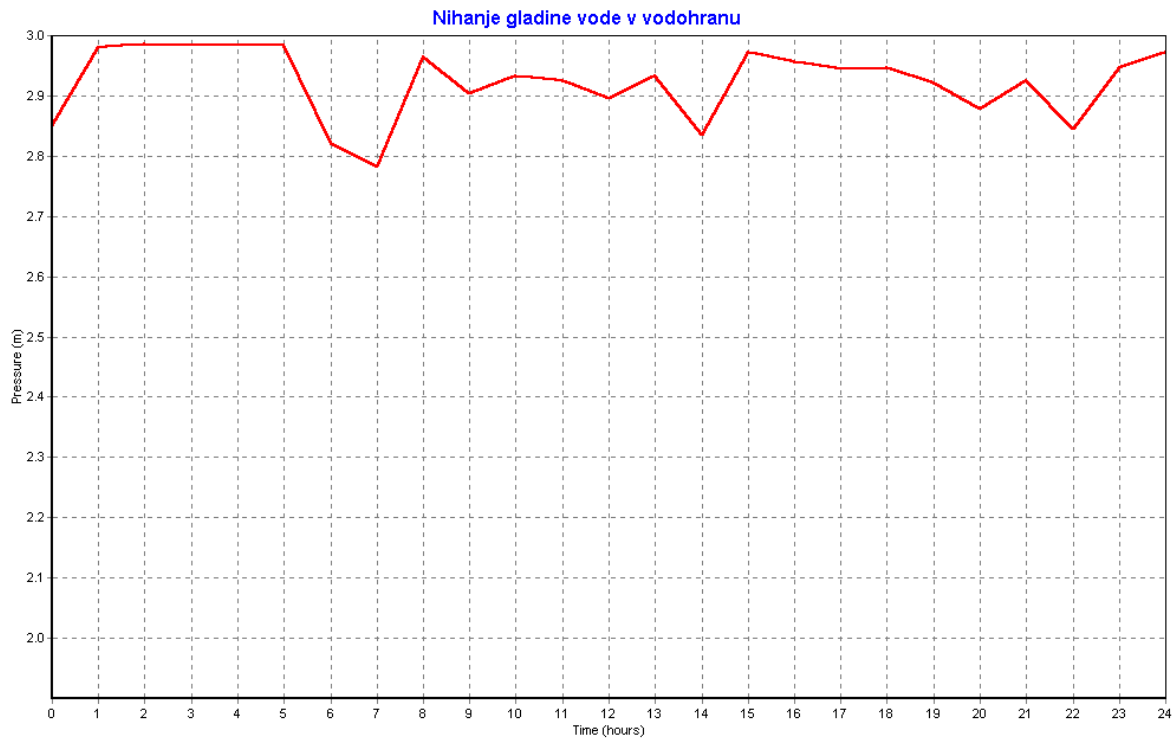


Grafikon 8: Vzorec porabe pri gašenju požara, ki se prične ob 6. uri zjutraj in traja dve uri.

Ugotovila sem, da se potrebna količina požarne vode (10 l/s) lahko odvzame na kateremkoli delu omrežja. Hidravlične razmere namreč pokažejo, da so tlaki na mestih odvzema požarne vode (na hidrantih) višji od 2,5 bar. Pod to mejo (na 2,1 bar) tlaki padejo samo v zadnjem vozlišču veje »vikendi glavni« v primeru črpanja vode iz cevovoda »vikendi spodnji«. Tako sem v skladu s Pravilnikom na delih omrežja, ki so v neposredni bližini stanovanjskih objektov, predvidela vgradnjo nadzemnih hidrantov. Njihova medsebojna razdalja znaša maksimalno 80 m. Tako bo na vodovodnem sistemu skupno 48 hidrantov.

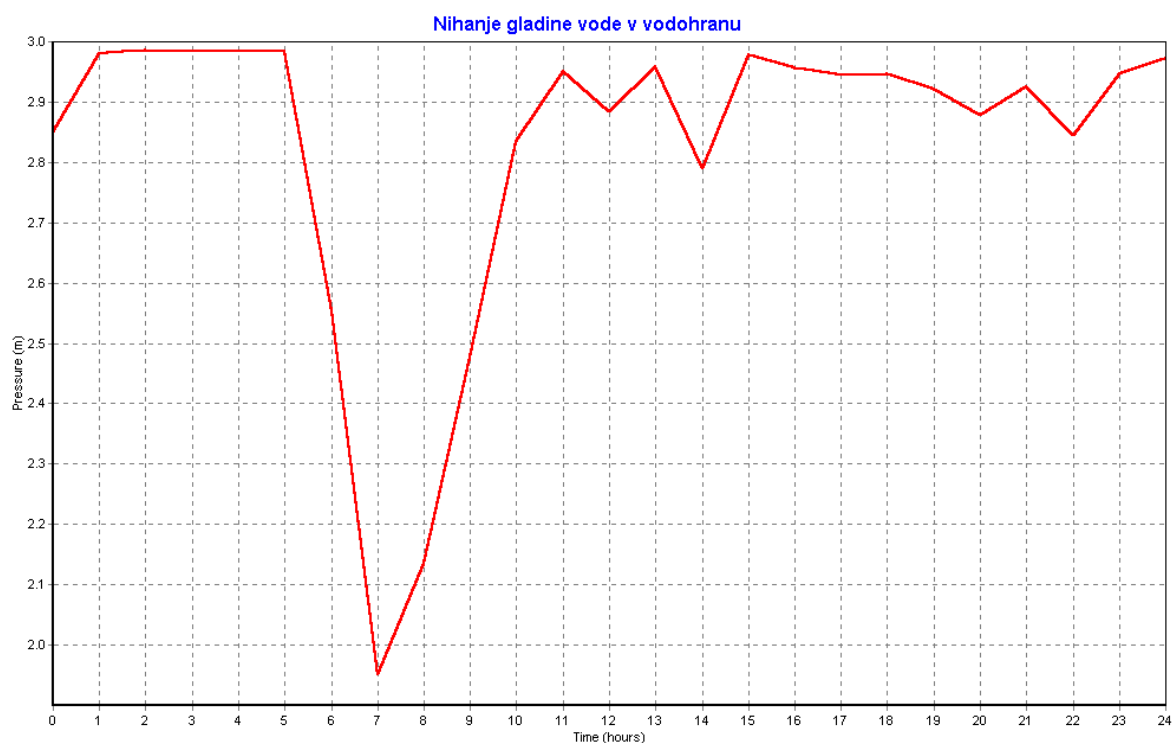
Preverila sem tudi, kako požar pri ČŠOD, za katerega bi se potrebna količina vode zagotavljala iz glavnega dovodnega cevovoda, vpliva na koto gladine vode v vodohranu. Grafikon 9 prikazuje, da ne bi prišlo do izrazitejšega nihanja, saj se to območje ne oskrbuje z vodo iz vodohrana, poleg tega pa izdatnost izvira v celoti pokriva potrebe po vodi. V primeru

daljšega sušnega obdobja (če bi bila izdatnost manjša od 15 l/s), bi se požarna varnost na tem območju lahko zagotavljala z vodo iz bližnjega akumulacijskega jezera.



Grafikon 9: Nihanje gladine vode v vodohranu v primeru gašenja požara pri ČŠOD.

Do večjih sprememb v nihanju gladine vode v vodohranu pride, če se požar gasi z vodo iz razdelilnega omrežja. Ob 5. uri se začne gladina vode spuščati na račun najzgodnejših porabnikov. Spust je še hitrejši eno uro kasneje, ko se poleg maksimalne dnevne porabe začne tudi gašenje požara. Gladina se spusti najnižje ob 7. uri, ko doseže nekaj manj kot 2 m (Grafikon 10).



Grafikon 10: Nihanje gladine vode v vodohranu, če se požarna voda zagotavlja iz razdelilnega omrežja.

#### 4.8.4 Ocena stroškov

Kot je razvidno iz preglednice 12, bi se stroški investicije v primerjavi s prvima dvema variantama povečali za približno 20.000.000 SIT. V izračunu so upoštevani nazivni premeri fazonskih kosov in armatur DN100.



## Preglednica 12: Ocena stroškov – VARIANTA 3

**ZAJETJE**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				2.300.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				700.000,00
				<b>3.000.000,00</b>

**VODOHRAN**

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				12.000.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				1.400.000,00
				<b>13.400.000,00</b>

**CEVI**

NL K9 DN60	m	1398	3.213,00	4.491.774,00
NL K9 DN100	m	1500	3.808,00	5.712.000,00
PE100 DN125 PN16	m	3500	2.738,00	9.583.000,00
PE100 DN75 PN16	m	500	1.140,00	570.000,00
				<b>20.356.774,00</b>

**FAZONSKI KOSI**

NL pravokotni odcep (T-kos)	kos	10	17.200,00	172.000,00
NL koleno	kos	82	13.500,00	1.107.000,00
				<b>1.279.000,00</b>

**ARMATURE**

blatnik	kos	31	16.900,00	523.900,00
zračnik	kos	39	42.000,00	1.638.000,00
hidrant	kos	48	78.000,00	3.744.000,00
				<b>5.905.900,00</b>

**REGULATORJI TLAKA**

R8 DN65	kos	10	320.800,00	3.208.000,00
loputa	kos	20	21.000,00	420.000,00
lovilnik nesnage	kos	10	16.900,00	169.000,00
				<b>3.797.000,00</b>

**ČRPALKE**

HP547P	kos	1	799.000,00	799.000,00
HP817P	kos	1	1.131.000,00	1.131.000,00
				<b>1.930.000,00</b>

**PRIPRAVLJALNA, ZEMELJSKA, MONTAŽNA,  
ZAKLJUČNA DELA (ocena projektanta)**

	m'	6815	25.000,00	170.375.000,00
				<b>170.375.000,00</b>

**SKUPAJ****220.043.674,00**

## 4.9 Modeliranje – VARIANTA 4

V zadnji obravnavani izvedbi vodovodnega sistema Javorniški Rovt sem vodohran predvidela na višini 1057 m n.m., javno vodovodno omrežje pa bi služilo tudi kot hidrantno omrežje. Preverila sem, ali je s podano višino vodohrana na vseh odvzemnih mestih možno zagotoviti minimalni tlak 2,5 bar, kot ga določa Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov in če je, kakšne so hidravlične razmere v vodovodnem sistemu v primeru požara.

### 4.9.1 Črpalke

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov določa strožje zahteve glede spodnje meje obratovalnega tlaka in znaša 2,5 bar. Črpalko je potrebno namestiti na vejo »vrvač«, s pomočjo simulacije v programu *Epanet* pa bom v nadaljevanju preverila, ali je črpalka potrebna tudi za oskrbo zadnjega, najvišje ležečega vozlišča na veji »meševc«.

Kot sem že omenila, probleme zaradi velike razlike med kritičnim pretokom in maksimalno dnevno porabo najbolje rešuje sistem dveh ali treh črpalk, od katerih ena oskrbuje porabnike s pitno vodo, preostali pa se vklopita samo v primeru požara. Tak sistem črpalk in hidroforjev je predviden na veji »vrvač«. V primeru požara mora zagotoviti 10,06 l/s vode. Tlačni cevovod ima notranji premer  $d = 102,2$  mm in je dolg  $L = 132$  m. Pri kritičnem pretoku voda teče s hitrostjo 1,2 m/s. Višinska razlika med kmetijo Vrvač in priključkom na oskrbovalni cevovod meri  $H_{geod} = 12$  m. Tlak v omrežju ne sme biti manjši od  $P_{omrežje} = 2,5$  bar = 25 m v.s.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,1022}{1,14 \cdot 10^{-6}} = 1,2 \cdot 10^5 \quad \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0,0016mm}{102,2mm} = 1,6 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \lambda = 0,017$$

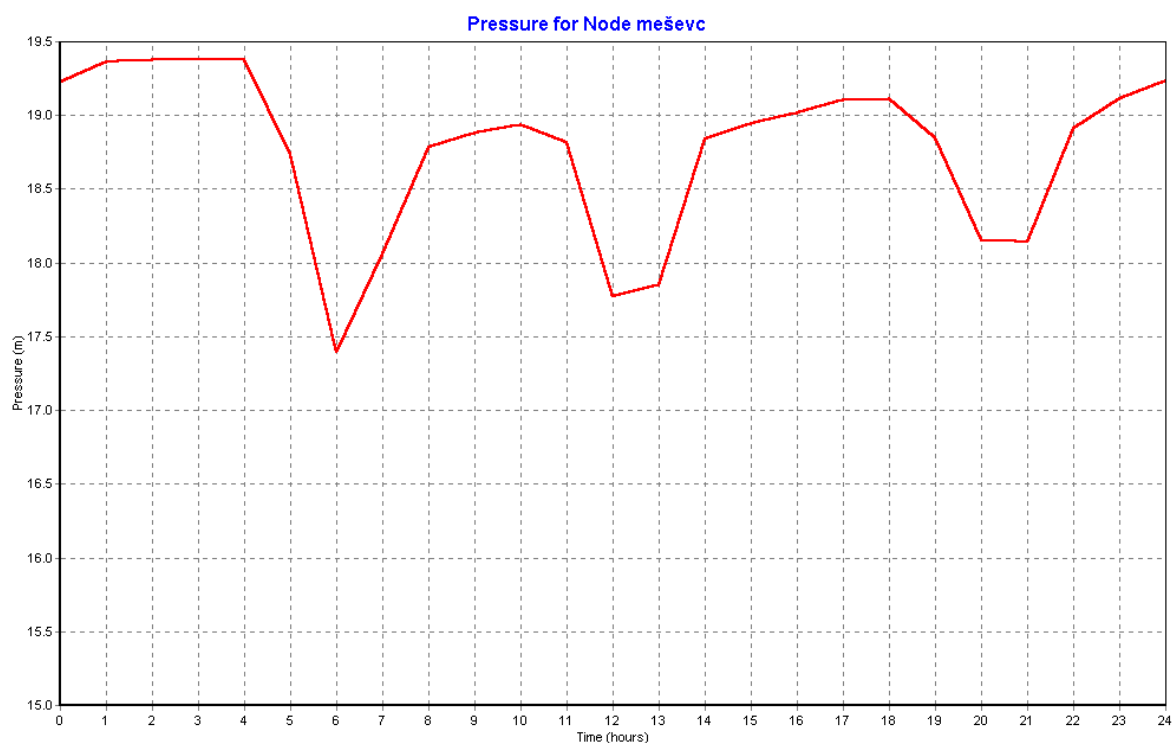
$$H_c = H_{geod} + \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + P_{omrežje} = 12 + 0,017 \cdot \frac{132}{0,1022} \cdot \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} + 25 = 39m$$

Predvidela sem vgradnjo hidropostaje HP815P, ki jo sestavljajo tri črpalke z močjo 4,0 kW. Pri pretoku 10,0 l/s zagotavlja tlak 6,0 bar, pri 17,3 l/s pa 2,9 bar. Karakteristika protipožarne hidropostaje je prikazana v prilogi F.

## **4.9.2 Hidravlični izračuni**

### **4.9.2.1 Maksimalna poraba**

Rezultati hidravličnega modela so pokazali, da oskrbovalni tlaki v zadnjem vozlišču veje »meševc« ne ustrezajo tehničnim normativom, določenim s Pravilnikom (Grafikon 11). Zaradi povečanja premera cevi se v primerjavi z rezultati variante 2, tlaki sicer zvišajo z 1,53 na 1,74 bar, vendar za odvzem požarne vode iz omrežja ti tlaki niso zadostni, so pa dovolj visoki za oskrbo porabnikov s pitno vodo. Iz tega sledi, da je tudi na vejo »meševc« potrebno vgraditi črpalko, ki se bo vklopila samo v primeru gašenja požara in na ta način zagotavljala minimalni tlak v omrežju 2,5 bar. Kot v tretji varianti, izberem hidropostajo HP547P. Sestavljata jo dve črpalke z močjo 5,5 kW. Pri pretoku 5,1 l/s zagotavlja tlak 9,7 bar, pri 11,0 l/s pa 5,0 bar.



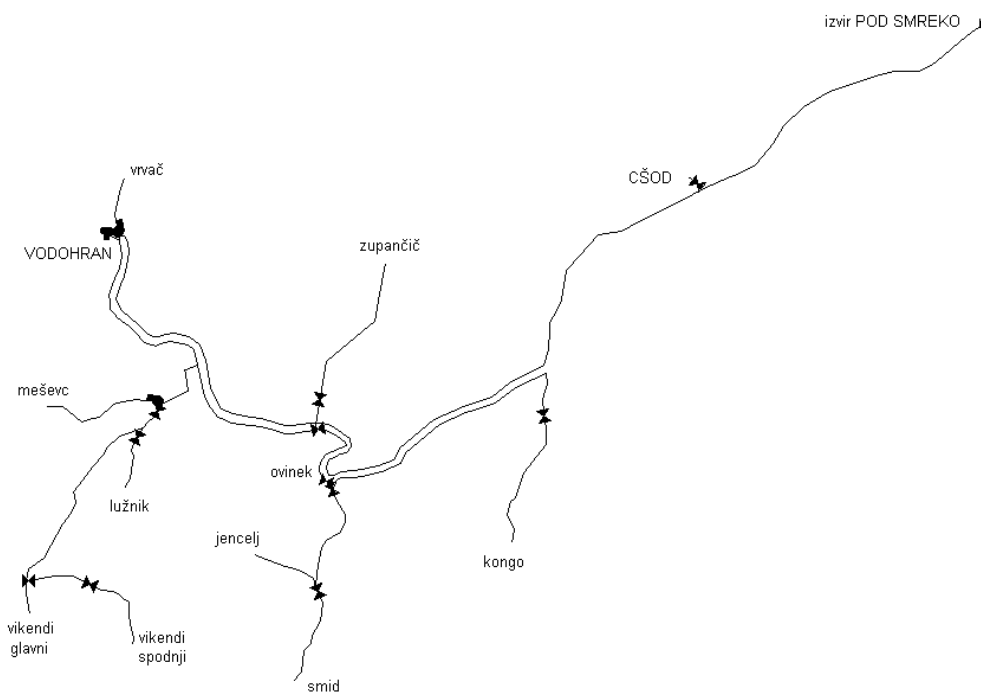
Grafikon 11: Obratovalni tlak v odvisnosti od časa v zadnjem vozlišču veje »meševc« - brez črpalke.

#### 4.9.2.2 Starost vode

Grafikoni starosti vode na zadnjih vozliščih posameznih odsekov so zelo podobni grafikonom, dobljenim v varianti 3. Do večje razlike pride na veji »vrvač«, saj je cevovod zaradi višje lege vodohrana za 200 m krajši. Temu primerno se zniža tudi starost vode – s 66 na 46 ur.

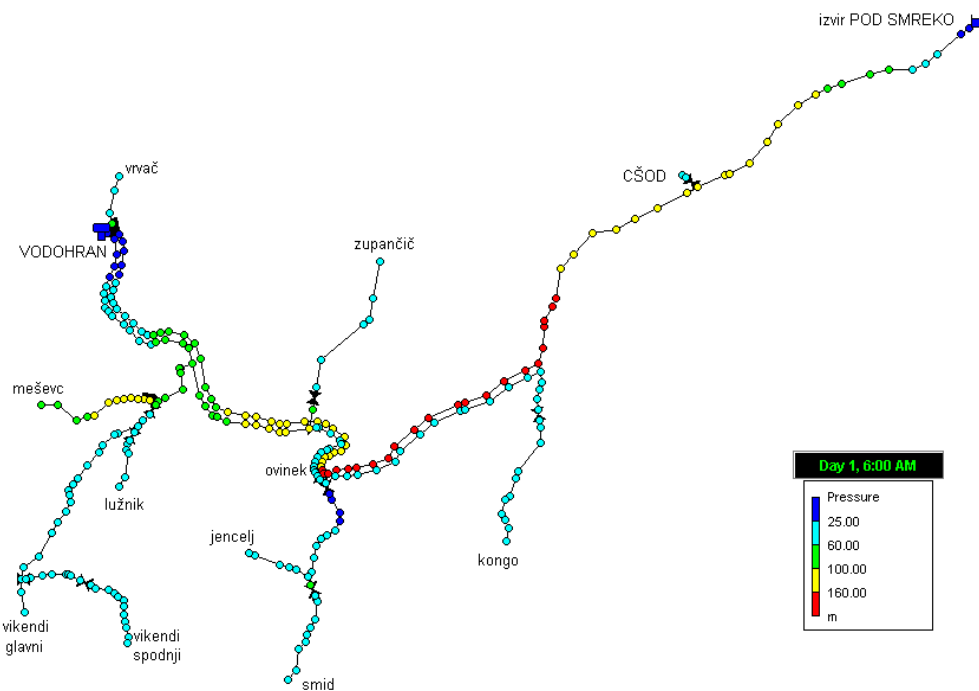
#### 4.9.2.3 Tlačne cone

Tlak na omrežju se mora gibati med 2,5 in 6,0 bar. Lege in izhodne tlake sem določila s pomočjo tlačnih črt, dobljenih na podlagi rezultatov hidravličnega modela v programu *Epanet*. V tej varianti se število ventilov poveča na enajst (Slika 34). Dimenzionirala sem jih na kritični pretok, zato njihov nazivni premer znaša DN65 mm (priloga G).



Slika 34: Lega reducirirnih ventilov.

Tlaki, nižji od 2,5 bar, se tudi v tej varianti pojavljajo na začetku veje »šmid« (Slika 35), kjer v prihodnosti ni predvidenih odvzemnih mest. V primeru, da bi se obstoječa kmetijska zemljišča spremenila v stavbna in bi se pojavili novi porabniki, je hišne priključke možno urediti na oskrbovalnem cevovodu, kjer se tlaki gibljejo v dopustnih mejah.



Slika 35: Tlaki v vodovodnem omrežju z vgrajenimi reducirnimi ventili v času maksimalne porabe.

#### 4.9.3 Zagotavljanje požarne varnosti

Enako kot v varianti 3 sem v programu *Epanet* simulirala gašenje enega požara hkrati, tako da sem v posamezna vozlišča na vodovodnem sistemu vnašala porabo 10 l/s s časovnim vzorcem, ki se pojavlja v času požara in je prikazan na grafikonu 8. Vzorec sem oblikovala tako, da se potreba po požarni vodi pojavi v času maksimalne porabe v Javorniškem Rovtu.

Vodohran na višini 1057 m in črpalki na vejah »meševc« in »vrvač« zagotavljajo odvzem požarne vode na kateremkoli delu omrežja. V primeru gašenja požara v času maksimalne porabe tlaki na hidratnih ne padejo pod 2,5 bar. Skupaj je na sistemu predvidenih 48 hidrantov, njihova medsebojna razdalja pa v skladu s Pravilnikom znaša najmanj 80 m.

#### 4.9.4 Ocena stroškov

Po izračunu je varianta 4 najdražja izmed obravnavanih, toda obratovalni stroški bi bili nižji kot v varianti 3.

#### Preglednica 13: Ocena stroškov – VARIANTA 4.

##### ZAJETJE

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				2.300.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				700.000,00
				<b>3.000.000,00</b>

##### VODOHRAN

betonska, zidarska, montažna dela (ocena projektanta)				12.000.000,00
cevi, fazonski kosi, armature (ocena projektanta)				1.400.000,00
				<b>13.400.000,00</b>

##### CEVI

NL K9 DN60	m	1398	3.213,00	4.491.774,00
NL K9 DN100	m	1500	3.808,00	5.712.000,00
PE100 DN125 PN16	m	3500	2.738,00	9.583.000,00
PE100 DN75 PN16	m	700	1.140,00	798.000,00
				<b>20.584.774,00</b>

##### FAZONSKI KOSI

NL pravokotni odcep (T-kos)	kos	10	17.200,00	172.000,00
NL koleno	kos	108	13.500,00	1.458.000,00
				<b>1.630.000,00</b>

##### ARMATURE

blatnik	kos	31	16.900,00	523.900,00
zračnik	kos	39	42.000,00	1.638.000,00
hidrant	kos	48	78.000,00	3.744.000,00
				<b>5.905.900,00</b>

##### REGULATORJI TLAKA

R8 DN65	kos	11	320.800,00	3.528.800,00
loputa	kos	22	21.000,00	462.000,00
lovilnik nesnage	kos	11	16.900,00	185.900,00
				<b>4.176.700,00</b>

##### ČRPALKE

HP547P	kos	1	799.000,00	799.000,00
HP815P	kos	1	884.000,00	884.000,00
				<b>1.683.000,00</b>

##### PRIPRAVLJALNA, ZEMELJSKA, MONTAŽNA, ZAKLJUČNA DELA (ocena projektanta)

	m'	7020	25.000,00	175.500.000,00
				<b>175.500.000,00</b>

##### SKUPAJ

**225.880.374,00**

V sistem sta sicer vgrajeni dve črpalni postaji, vendar pri oskrbi s pitno vodo obratuje le ena. Druga (na veji »meševc«) se vklopi samo v primeru gašenja požara. Za oceno stroškov vodovodnega materiala so bili tudi v tem primeru izbrani fazonski kosi in armature z nazivnim premerom DN100.



## 5 ZAKLJUČEK

Na podlagi splošnih, hidroloških in hidrogeoloških značilnosti obravnavanega območja ter analiz kakovosti nekaterih izvirov so bili opisani možni ukrepi za izboljšanje vodooskrbe v Javorniškem Rovtu. Za najboljši predlog se je izkazala izgradnja javnega vodovodnega sistema, ki bi s kakovostno pitno vodo oskrboval celotno naselje.

Pri primerjavi štirih obravnavanih variant izvedbe vodovodnega sistema, sem upoštevala tri kriterije:

- kvaliteta dobavljene pitne vode,
- zagotavljanje požarne varnosti naselja in
- cena investicije.

Primarna funkcija vsakega vodovodnega sistema je zagotavljanje pitne vode v ustreznih količinah in primerne kvalitete. Predvsem v manjših vodovodnih omrežjih, med katere sodi tudi vodovodni sistem Javorniški Rovt, se kvaliteta pitne vode in zagotavljanje požarne varnosti z vodo iz vodovoda izključujeta. Zagotavljanje količin vode za gašenje požarov ima namreč negativen učinek na kvaliteto dobavljene vode, saj se voda v ceveh in vodohranu večjih dimenzij pretaka počasneje. Nizke pretočne hitrosti omogočajo nabiranje usedlin in nastanek t.i. biofilmov. Najboljše pogoje za tvorbo biofilma bi mikroorganizmi imeli v vodovodnem sistemu, izvedenem po varianti 3 ali 4, saj bi bile pretočne hitrosti v ceveh tudi v času maksimalne porabe zelo nizke. To bi lahko privedlo do nesprejemljivega poslabšanja kvalitete vode. Povedano drugače, vodovod Javorniški Rovt bi svojo osnovno funkcijo (zagotavljanje pitne vode primerne kvalitete) najbolje opravljal, če bi bil zgrajen, kot je predstavljeno v prvi ali drugi varianti.

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov določa, da se potrebne količine požarne vode lahko črpa iz vodovodnega omrežja ali iz rezervoarjev, bazenov, ki jih napajajo površinske vode. V manjših naseljih, kakršno je tudi Javorniški Rovt, razlik v učinkovitosti gašenja požara v enem ali drugem primeru praktično ni – pod pogojem, da so rezervoarji ali bazeni z zadostno količino vode stalno dostopni in da oskrba s požarno vodo ni onemogočena, če voda zmrzne. Z vidika gasilske prakse je vodo enostavneje črpati iz

sistema za oskrbo s pitno vodo preko hidrantov, saj se le-ti nahajajo v samem naselju. Nove vodovodne sisteme se zato najpogosteje gradi tudi v funkciji hidrantnega omrežja, vendar je tako rešitev potrebno oceniti z vidika kakovosti dobavljene pitne vode in nenazadnje tudi stroškov izgradnje sistema. Glede na to, da je območje Javorniškega Rovta zelo vodnato in ob upoštevanju predpostavke, da je gašenje požara z vodo iz požarnih rezervoarjev in bazenov lahko enako učinkovito kot z vodo iz vodovodnega sistema, bi bilo požarno varnost Javorniškega Rovta možno zagotavljati tudi z vodo iz rezervoarjev ali bazenov.

Ocene stroškov nabave vodovodnega materiala po posameznih variantah kažejo, da bi bila investicija v sistem, izveden po varianti 1, najnižja. Stroški druge variante bi bili nekoliko večji zaradi višje lege vodohrana in posledično daljših cevi večjih dimenzij. Zagotavljanje požarne vode v vodovodnem sistemu (varianta 3 in 4) izgradnjo le-tega občutno podraži. Celotna investicija bi bila v drugi in četrti varianti zaradi višje lege vodohrana sicer nekoliko večja, potrebno pa je poudariti, da bi bili stroški obratovanja nižji. Višja lega vodohrana bi zadosten tlak namreč zagotavljala tudi porabnikom na veji »meševc«. Tako bi bilo manjšo črpalko s hidroforjem potrebno vgraditi samo za pokrivanje potreb na najvišje ležeči kmetiji Vrvač.

Pri izbiri najprimernejše variante izvedbe vodovodnega sistema bi si interesi različnih skupin najverjetneje nasprotovali. Porabniki bi si želeli čim kakovostnejšo pitno vodo, gasilska stroka bi podpirala izgradnjo vodovodnega sistema v funkciji hidrantnega omrežja, investitor pa bi navadno izbral najcenejši projekt. Glede na to, da je primarna funkcija vodovodnega sistema preskrba s pitno vodo ustrezne kvalitete in da se zadostne količine požarne vode lahko zagotavljajo iz površinskih voda, lahko zaključim, da bi bil najboljši kompromis izvedba vodovodnega sistema po varianti 2, ki sicer ni najcenejša, vendar so obratovalni stroški najnižji.

## VIRI

Berdajs, A., Bertoncej, J., Gruden, T., Murn, Z., Musi, A., Paulik, B., Slokan, I., Štembalj – Capuder, M., Zorman, F., Žitnik, D., Žitnik, J. 1998. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 509 str.

Boulos, P. F., Karney, B. W., Wood D. J., Lingireddy, S. 2005. Hydraulic Transient Guidelines for Protecting Water Distribution Systems. Journal American Water Works Association 97, 5: 111-124.

[http://www.mwhsoft.com/page/p\\_product/h2osurge/well030505boulos.pdf](http://www.mwhsoft.com/page/p_product/h2osurge/well030505boulos.pdf) (26.08.2005)

Brenčič, M., Budkovič, T., Lapajne, A., Šinigoj, J. 1997a. Hidrogeologija Karavank (med Stolom in ljubeljskim prelazom): končno poročilo (slovenski del). Ljubljana, Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Inštitut za geologijo, geofiziko in geotehniko, Oddelek za hidrogeologijo: str. 3 – 25 f.

Brenčič, M., Budkovič, T., Lapajne, A., Šinigoj, J. 1997b. Hidrogeologija Karavank (med Stolom in ljubeljskim prelazom): Pregled izvirov na področju med Stolom in Ljubeljskim prelazom: Priloga k poročilu Hidrogeologija Karavank (Med Stolom in Ljubeljskim prelazom). Ljubljana, Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Inštitut za geologijo, geofiziko in geotehniko, Oddelek za hidrogeologijo: str. 29 – 44 f.

Brenčič, M., Budkovič, T., Lapajne, A., Šinigoj, J. 1995. Hydrogeologie der Westlichen Karawanken. Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Bd. 46, str. 5-42.

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. 2. dopolnjena izd. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 234 str.

De Zuane, J. 1997. Handbook of drinking water quality. 2nd ed. New York [etc.], Wiley, cop.: 575 str.

Kač, S. 2004. Hidravlični model vodovodnega sistema Celje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Vodarstvo in komunalno inženirstvo: 82 f.

Konobelj, T. 2004. Javorniški rovt. Jesenice, Občina, Gornjesavski muzej: 35 str.

Ljubisavljević, D. 2001. Komunalna hidrotehnika: primeri iz teorije i prakse. Beograd, Beogradsko mašinsko-grafičko preduzeće, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu: 314 str.

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

Novak, K. 2005. Ocena delovanja lokalnega vodovoda Javorniški Rovt. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Vodarstvo in komunalno inženirstvo: 46 f.

Panjan, J. 1999. Količinske in kakovostne lastnosti voda: študijsko gradivo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 92 str.

Panjan, J. 2002. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 289 str.

Petrešin, E. 1989. Vodovod. Beograd, NIO Poslovna politika: 3 zv.

Poročilo o preskusu vode, Mikrobiološka analiza – Plajerca, omrežje. 2003. Zavod za zdravstveno varstvo Kranj, Laboratorij za sanitarno kemijo. 1 f.

Poročilo o preskusu vode, Mikrobiološka analiza – Šmid, omrežje. 2003. Zavod za zdravstveno varstvo Kranj, Laboratorij za sanitarno kemijo. 1 f.

Poročilo o preskusu vode, Fizikalno kemijska analiza – Medji dol, izvir. 2003. Zavod za zdravstveno varstvo Kranj, Laboratorij za sanitarno kemijo. 1 f.

Poročilo o preskusu vode, Mikrobiološka analiza – Medji dol, izvir. 2005. Zavod za zdravstveno varstvo Kranj, Laboratorij za sanitarno kemijo. 1 f.

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. UL RS št. 64/04: 2915.

Pravilnik o pitni vodi. UL RS št. 19/04: 865.

Pravilnik o tehničnih normativih za hidrantno omrežje za gašenje požarov. UL RS št. 30/91: 359.

Rossman, L. A. 2000. Epanet 2, Users Manual. Cincinnati, U. S. Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory: str. 189

<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/EN2manual.PDF> (05.12.2005)

Rismal, M. 1995. Čiščenje pitne vode. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 1 zv.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. 1. ponatis. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: 295 str.

Steinman, F., Banovec, P., Gosar, L., Šantl, S., Kozelj, D. 2004. Delovanje javnih vodovodnih omrežij kot hidrantnih omrežij – Končno poročilo. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo: 83 str.

<http://www.urszr.si/slo/tdocs/khidranti.pdf> (13.10.2005)

Twort, A. C., Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. 2000. Water supply. 5th ed. London, Arnold, IWA: 676 str.

Zupančič, B., Podatki o količinah padavin v Javorniškem Rovtu (online). Message to: Novak, K. 12. oktober 2004. Osebna komunikacija.

Železnik, B., 2004. Vodovod Javorniški Rovt. Načrt gradbenih konstrukcij. Jesenice, JEKO-IN, Javno komunalno podjetje d.o.o., Občina Jesenice, Komunalna direkcija.

### SPLETNE STRANI

Cmc. 2003

<http://www.cmc-ekocon.si/> (25.09.2005)

Coma Commerce. 2005

<http://www.coma.si/> (19.10.2005)

Fluid Mechanics: Water Hammer. 1999.

[http://www.cwr.uwa.edu.au/cwr/twaching/fmLabs/fm\\_waterhammer/fm\\_waterhammer.html](http://www.cwr.uwa.edu.au/cwr/twaching/fmLabs/fm_waterhammer/fm_waterhammer.html)  
(25.08.2005)

Industrijske armature in avtomatika. 2003

<http://www.aniton.si/> (15.09.2005)

Občina Jesenice. 2004

<http://gis.kaliopa.si/obcinajesenice> (16.11.2004)

Shops d.o.o. Elektrovina, servis in trgovina.

<http://www.shops.si/> (28.09.2005)

Watts Regulator Company: Water Pressure Reducing Valves. 2005.

<http://www.wattsreg.com/wprv/printable.htm> (30.08.2005)

Zagožen, d.o.o.. 2004

<http://www.zagozen.si/> (27.08.2005)