

**ХИДРАУЛИЧКЕ АНАЛИЗЕ ВАРИЈАНТИ ВОДОСНАБДЕВАЊА
НАСЕЉА АРТИЉЕВО У НОВОМ САДУ****HYDRAULIC ANALYSES OF WATER SUPPLY VARIANTS FOR
THE SETTLEMENT ARTILJEVO IN NOVI SAD**Бојан Тојага, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Насеље Артиљево на Поповици у Новом Саду нема никакав вид водоснабдевања. У овом раду су наведена и анализирана потенцијална решења водоснабдевања овог конзума из градског водовода и предложено је најекономичније и најпоузданије. Хидрауличке анализе су урађене у програмском пакету Epanet.

Кључне речи: Водоснабдевање, цевне мреже, Epanet, хидрауличка анализа.

Abstract – The settlement of Artiljevo in Popovica does not have any form of water supply. In this paper, potential solutions to this problem are given and analysed. Finally, the most economical solution is proposed. The analysis was done in the EPANET software package.

Keywords: Water supply, pipe network, Epanet, hydraulic analysis.

1. УВОД

Водоснабдевање у општем смислу представља процес транспорта воде од извора до потрошача (становништво, пољопривреда, индустрија, итд.). Када је реч о водоснабдевању становништва (насеља, градова, села) пијаћом водом, систем водоснабдевања се најчешће састоји из извора сирове воде (што могу бити бушени или копани бунари, реке, језера, мора итд.), постројења за прераду воде, дистрибутивне цевне мреже и самих потрошача, односно конзума. Свака од ових основних целина може у себи садржати различите пумпне системе као и системе за контролу и управљање.

2. НАСЕЉЕ ПОПОВИЦА

Насеље Поповица је део Сремске Каменице тј. Новог Сада. Границе насеља су железничка пруга Петроварадин-Беоцин на северу, Малокаменички поток на западу, граница са НП „Фрушка гора“ на југу и Новоселски поток на истоку. Кота терена креће се у распону од 90 m до 350 m надморске висине. Терен на коме је насеље карактерише врло „узбуркан“ рељеф што ово мало насеље чини врло захтевним за водоснабдевање. Пројектоване висинске зоне и зоне потрошње насеља Поповица дате су у *табели 1* а у *табели 2* дат је

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Слободан Ташин, ванр. проф.

преглед основних објеката водоснабдевања по зонама потрошње. Сви у *табели 2* наведени објекти водоснабдевања снабдевени су одговарајућим пумпним системима. Почетна тачка система је пумпна станица ПС1 „Код пруге“ која воду повлачи из локалне водоводне мреже и потискује је директно у резервоар Р1 „Мошина вила“ без успутне потрошње. Радне карактеристике свих постојећих пумпи унете су у хидраулички модел система водоснабдевања насеља Поповица.

Табела 1. *Пројектоване висинске зоне и зоне потрошње насеља Поповица*

Висинска зона	КОТА [m]		Зона потрошње
	од	до	
I	100	110	1
II	110	145	2
III	145	180	3 и 4
IV	180	210	5
V	210	235	6 и 7
VI	235	250	8
VII	250	290	9
VIII	290	330	10

Табела 2. *Основни објекти водоснабдевања зона потрошње насеља Поповица*

Зона потрошње	Снабдева се из :
1	ПС „Лиман“ и резервоар „Институт“
2	Резервоар Р1 „Мошина вила“
3	ХП1 „Мошина вила“
4 + 5	ПС1-1 „Мошина вила“ и резервоар Р2
6	ХП2
7 + 8	ЦС2 и резервоар Р3
9	ХП3-1
10	ХП3-2

3. СПЕЦИФИЧНЕ ПОТРОШЊЕ НАСЕЉА ПОПОВИЦА

Специфичне потрошње Поповице срачунате су на бази анализе експлоатационих података о протоцима пумпних постројења, карактеристичним притисцима и нивоима воде у резервоарима у изабраном периоду од три године.

Подаци су преузети из SCADA система ЈКП „Водовод и канализација“ Нови Сад. У табели 3 дат је преглед специфичних потрошњи конзумних подручја која се водом снабдевају из постојећих објеката водоснабдевања Поповице:

- $Q_{d, sr}$ – срачуната средња дневна потрошња одговарајућег конзумног подручја;
- $Q_{d, max} = K_d \cdot Q_{d, sr}$ – максимална дневна потрошња одговарајућег конзумног подручја;
- $Q_{h, max} = K_h \cdot Q_{d, max}$ – максимална часовна потрошња одговарајућег конзумног подручја,
- $K_d = 1,8$, $K_h = 1,7$ – коефицијенти дневне и часовне неравномерности потрошње срачунати или процењени на основу експлоатационих података

Табела 3. Специфичне потрошње конзумних подручја насеља Поповица

Конзумно подручје	$Q_{d, sr}$		$Q_{d, max}$		$Q_{h, max}$	
	[m³/d]	[m³/h]	[m³/d]	[m³/h]	[m³/h]	[L/s]
ХПЗ-1	72,2	3,0	130	5,4	9,2	2,56
ХПЗ-2	55,6	2,3	100 ⁴⁾	4,2	7,1	1,97
РЗ	61,1	2,5	110 ⁴⁾	4,6	7,8	2,16
ПС2	188,9	7,9	340	14,2		
ХП2	61,1	2,5	110	4,6	7,8	2,16
Р2	250,0	10,4	450	18,8	31,9	8,85
ПС1-1	500,0	20,8	900	37,5		
ХП1	300	12,5	540	22,5	38,3	10,63
Р1	150	6,3	270	11,3	19,1	5,31
ПС1	950,0	39,6	1710	71,3		

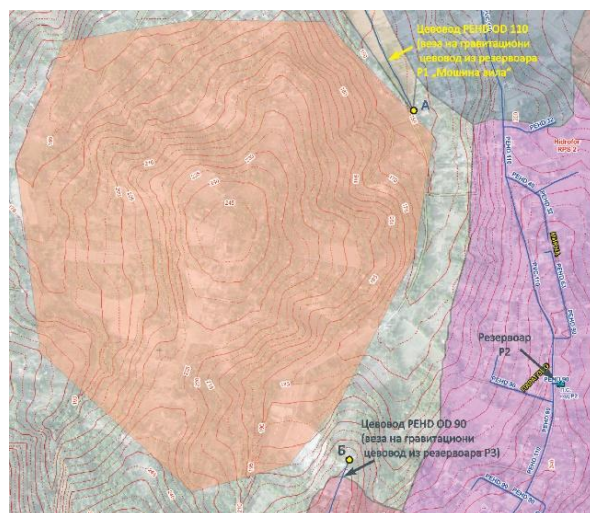
Треба истаћи да је максимални капацитет постојеће пумпне станице ПС1 „Код пруге“ око 17,5 L/s (63 m³/h) што је на је граници прихватљивости према критеријуму пумпања 22 h/24 h док је по строжијем критеријуму 20 h/24 h ово недовољан капацитет. Самим тим, пумпна станица ПС1 „Код пруге“, као почетна тачка система водоснабдевања насеља Поповица, не може поуздано да задовољи потребе овог конзумног подручја у дану са максималном дневном потрошњом. Овај закључак се потврђује уназад неколико година када су се током летњих месеци веома често уводиле рестрикције у водоснабдевању овог подручја.

Према томе, закључује се да ширење система водоснабдевања Поповице на конзумно подручје Артиљево није могуће без реконструкције односно повећања капацитета пумпне станице ПС1 „Код пруге“. Пажљивијом анализом расположивих експлоатационих података може се уочити да је паралелно са реконструкцијом ПС1 неопходно да се реконструише и потисни цевовод према резервоару Р1 са обзиром на мали проточни капацитет овог (најважнијег) цевовода у систему.

4. НАСЕЉЕ АРТИЉЕВО

Насеље Артиљево смештено је уз западну границу насеља Поповица практично између Григовачког пута на истоку и Малокаменичког пута на западу. Артиљево је заправо брдо са врхом на надморској висини од око

250 m. Изохипсе терена насеља Артиљево приказане су на слици 1. Ради се о прилично захтевном терену са становишта водоснабдевања, пре свега због великих висинских разлика терена на којем су лоцирани потенцијални потрошачи. На слици 1 означени су и крајеви два цевовода постојећег система водоснабдевања Поповице који су најближи насељу Артиљево. Конкретно тачка „А“ означава крај цевовода РЕHD OD 110 који се одваја са гравитационог цевовода који полази из резервоара Р1 „Мошина вила“ а тачка „Б“ означава крај цевовода РЕHD OD 90 који се одваја са гравитационог цевовода из резервоара РЗ. Ове две тачке су логичне потенцијалне тачке на које би могао да се прикључи будући систем водоснабдевања Артиљево. Трећа потенцијална варијанта је гравитационо из резервоара Р2.



Слика 1. Изохипсе терена насеља Артиљево и границе постојеће дистрибутивне мреже

Специфична дневна потрошња воде по становнику насеља Артиљево усвојена је на нивоу од

$$Q_{spec} = 150 \text{ L/st/dan.}$$

За конкретно подручје не постоје релевантни демографски подаци па је број становника/ потрошача процењен на основу броја изграђених кућа и укупног броја плацева на том подручју, уз претпоставку да је просечан број становника по објекту три. На тај начин долази се до броја од $P = 330$ становника и средње дневне потрошње конзумног подручја Артиљево од:

$$Q_{d, sr} = Q_{spec} \cdot P = 49,5 \text{ m}^3/\text{d} = 2,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Узимајући исте коефицијенте дневне и часовне неравномерности потрошње K_d и K_h као за читаво насеље Поповица, добијају се следеће вредности максималне дневне и максималне часовне потрошње Артиљево:

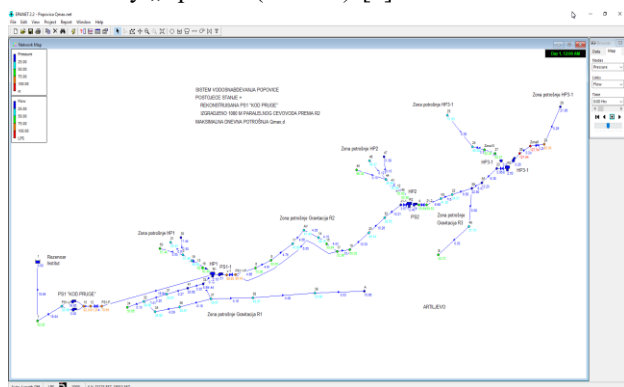
$$Q_{d, max} = K_d \cdot Q_{d, sr} \approx 90 \text{ m}^3/\text{d} = 3,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{h, max} = K_h \cdot Q_{d, max} \approx 6,5 \text{ m}^3/\text{h} = 1,8 \text{ L/s}$$

5. ХИДРАУЛИЧКИ МОДЕЛ СИСТЕМА ВОДОСНАБДЕВАЊА ПОПОВИЦЕ

За потребе хидрауличких анализа варијанти водоснабдевања насеља Артиљево развијен је квазистационарни хидраулички модел постојећег система водоснабдевања

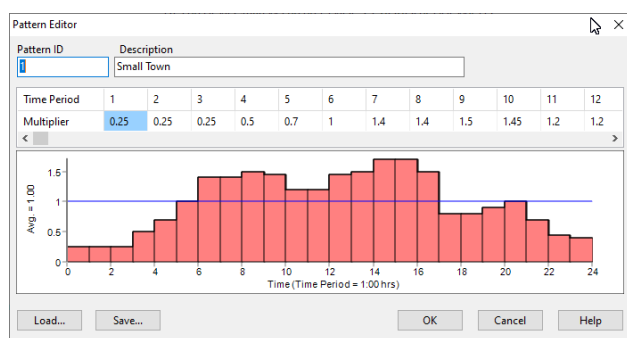
Поповице. Хидраулички модел је сачињен у програмском пакету „Еранет“ (слика 2) [1].



Слика 2. Хидраулички модел система водоснабдевања Поповице у Еранет-у

У хидраулички модел унети су сви постојећи главни објекти система водоснабдевања [2, 3]. Модел је калибрисан тако да у највећој могућој мери одговара стварном стању које се може сагледати из доступних експлоатационих података. Са друге стране, са обзиром да је закључено да је капацитет пумпне станице ПС1 „Код пруге“ недовољан да подмири чак и потребе постојећег конзума, у хидрауличком моделу је претпостављено да су и ова пумпна станица и њен потисни цевовод ка резервоару Р1 реконструисани тако да им је капацитет довољан за подмирење увећане потрошње која се очекује након прикључења насеља Артиљево на водоводни систем Поповице.

За дијаграм часовне неравномерности потрошње читавог конзумног подручја усвојен је класичан дијаграм који одговара мањем насељеном месту (слика 3), при чему је за максимални коефицијент часовне неравномерности узета вредност $K_h = 1,7$.



Слика 3. Дијаграм часовне неравномерности потрошње за мали град [4]

6. АНАЛИЗА МОГУЋИХ ВАРИЈАНТИ ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА АРТИЉЕВО

На основу анализе расположивих података о дистрибутивној мрежи насеља Поповица, диспозиције и висинских положаја основних објекта водоснабдевања, стања хидромашинске опреме у резервоарима и пумпним станицама, положаја и рељефа насеља Артиљево и анализе расположивих експлоатационих података дефинисане следеће четири потенцијално могуће варијанте водоснабдевања насеља Артиљево:

Варијанта А1 – снабдевање преко гравитационог цевовода из резервоара Р1 „Мошина вила“ помоћу нове релејне пумпне станице РПС „Артиљево“ изграђене на крају цевовода РЕНД OD 110 у улици Гиговачки пут (тачка „А“ на слици 1);

Варијанта А2 – снабдевање из гравитационог цевовода резервоара Р1 „Мошина вила“ преко новог резервоара и хидрофорског постројења „Артиљево“ који су изграђени на крају цевовода РЕНД OD 110 у улици Григивачки пут (тачка „А“ на слици 1);

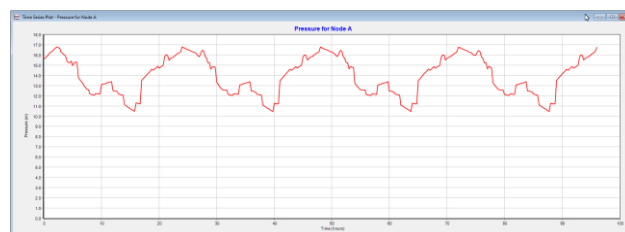
Варијанта „Б“ – снабдевање из резервоара Р2 помоћу постојећег хидрофорског постројења ХП2 у њему и новог повезног цевовода према насељу Артиљево;

Варијанта „В“ – снабдевање преко гравитационог цевовода из резервоара Р3, новим цевоводом који се наставља на крај постојећег цевовода РЕНД OD 90 у зони живинарске фарме „Оморика Ф“ (тачка „Б“ на слици 2).

У наставку се дају најважнији резултати који су произишли из хидрауличких анализа све четири предложене варијанте водоснабдевања.

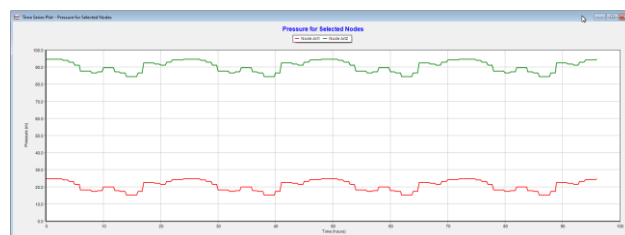
Варијанта А1

Као озбиљан проблем везан за варијанту водоснабдевања А1 треба приметити (слика 4) да се часовна потрошња насеља Артиљево покрива из нове релејне пумпне станице али преко гравитационог цевовода из резервоара Р1 „Мошина вила“ што за последицу може да има велика колебања притиска у конзумном подручју „Гравитација Р1“ а у пиковима потрошње неприхватљиво ниске притиске код потрошача у непосредној близини предложене РПС „Артиљево“.



Слика 4. Дијаграм промене натпритиска на усису РПС „Артиљево“

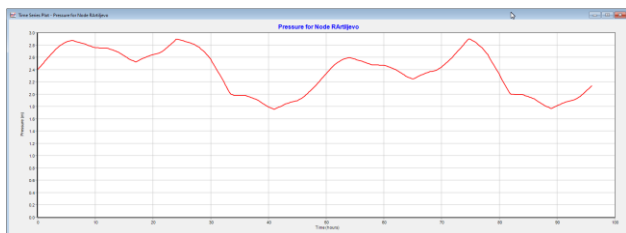
Натпритисци у зони насеља Артиљево крећу се у границама од око 1,5 bar у вишим деловима насеља до око 9,5 bar у најнижим деловима (слика 5). Из тог разлога, у погодним тачкама дистрибутивне мреже насеља биће неопходно да се уграде одговарајући редуцири притиска. Овај закључак важи за све разматране варијанте водоснабдевања.



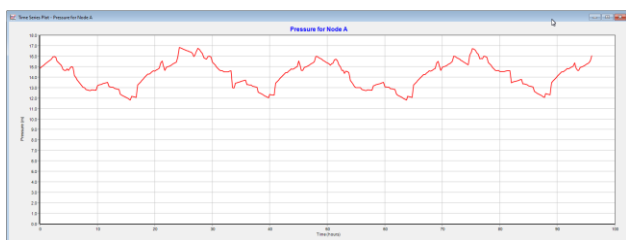
Слика 5. Дијаграм промене натпритиска у најнижим и највишим деловима насеља Артиљево

Варијанта А2

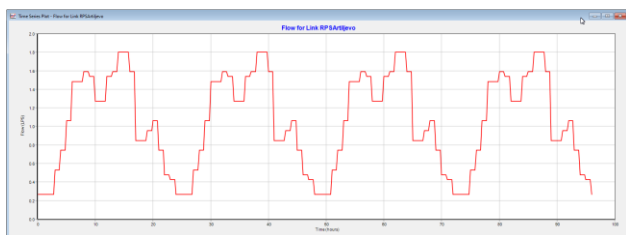
На сликама 6–8 приказани су дијаграми промене нивоа воде у предложеном резервоару „Артиљево“, натпритиска на улазу у резервоар и протока ХП „Артиљево“.



Слика 6. Дијаграм промене нивоа воде у резервоару „Артиљево“



Слика 7. Дијаграм промене натпритиска на улазу у резервоара „Артиљево“

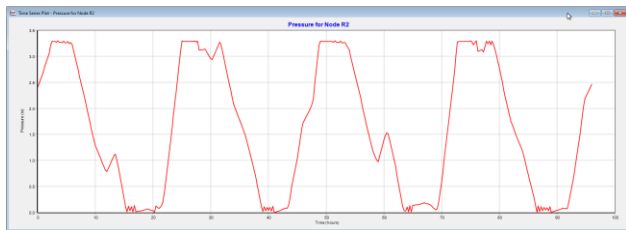


Слика 8. Дијаграм промене протока ХП „Артиљево“

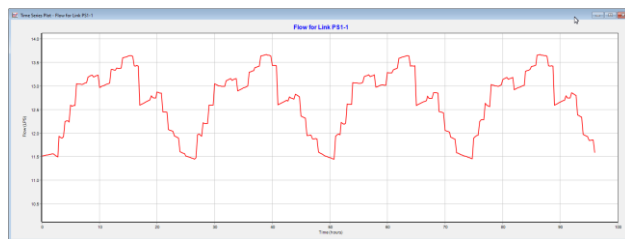
На основу приказаних резултата може се закључити да је варијанта А2 водоснабдевања насеља Артиљево која подразумева изградњу новог резервоара и хидрофорског постројења „Артиљево“ који се (нови резервоар) снабдева преко гравитационог цевовода из резервоара Р1 „Мошина вила“ – хидраулички прихватљива и технички релативно лако остварива.

Варијанта Б

На слици 9 приказан је дијаграм промене нивоа воде у резервоару Р2 из којег се снабдева насеље Артиљево преко хидрофорског постројења ХП2. На слици 10 приказан је дијаграм промене протока пумпне станице ПС1-1 која пуни водом резервоар Р2.



Слика 9. Дијаграм промене нивоа воде у резервоару Р2



Слика 10. Дијаграм промене протока ПС1-1

Као што се види, резервоар Р2 се потпуно празни сваког дана иако пумпна станица ПС1-1 непрекидно ради 24 h на дан. Према томе, варијанта Б водоснабдевања насеља Артиљево није прихватљива. Ова варијанта била би могућа једино у случају повећања капацитета ПС1-1 и потисног цевовода према резервоару Р2.

Варијанта „В“

Слично као у случају варијанте Б, хидрауличка анализа понашања система водоснабдевања показује да су постојећи цевовод ПС1-1 – Р2 и постојеће пумпе у ПС1-1 „Мошина вила“ уска грла која не дозвољавају подмиривање максималне дневне потрошње читавог конзумног подручја низводно од ПС1-1. Према томе, и ова варијанта водоснабдевања била би могућа једино у случају повећања капацитета пумпне станице ПС1-1 и потисног цевовода према резервоару Р2.

7. ЗАКЉУЧАК

Упоредном анализом предложених варијанти водоснабдевања насеља Артиљево може се закључити да су све четири варијанте хидраулички могуће и технички оствариве. Ипак, реконструкција пумпне станице ПС1-1 „Мошина вила“ и изградња новог цевовода потисног цевовода до резервоара Р2, што су неопходни предуслови за варијанте Б и В, представљају превелик и временски захтеван инвестициони подухват. Из тог разлога, варијанте А1 и А2 су повољније у погледу инвестиционих трошкова.

Поређењем варијанти водоснабдевања А1 и А2 предност се даје варијанти А2 пре свега због додатног резервоарског простора у систему, што ће свакако обезбедити стабилније и поузданије снабдевање насеља Артиљево.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rossman, L., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., Haxton, T., EPANET 2.2 User Manual, U.S., Cincinnati, Ohio, EPA/600/R-20/133.
- [2] Haestad Methods, Walsky, T.M, Chase, D.V., Savić, D.A., Grayman, W.M, Backwith, S., Koelle, E. Advanced Water Distribution Modeling and Management, Haestad Press, 2003.
- [3] Axworthy, D.H. Water Distribution Network Modelling: From Steady State to Waterhammer, Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto, 1997.
- [4] Ташин, С. Прорачун цевних мрежа, интерна скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2018.

Кратка биографија:



Бојан Тојага рођен је у Сомбору 2001. год. Основне академске студије из области машинства, смер Енергетике и процесне технике на Факултету техничких наука у Новом Саду је завршио 2023. године.