

ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА РАЗВОЈА ВОДОСНАБДЕВАЊА НАСЕЉА ОЦАЦИ
HYDRAULIC ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF THE WATER SYSTEM OF
SETTLEMENT ODZACI

Jelena Vukić, Matija Stipić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Kratak sadržaj – У овом раду урађена је детаљна анализа постојећег стања водоводне мреже у насељу Оцаци, на основу уочених проблема и недостатака у мрежи, урађен је пројекат реконструкције. Хидрауличка анализа је урађена у складу са немачким техничким нормама DVGW W410. Помоћу софтверског пакета ЕПАНЕТ, урађене су две симулације, једна која обухвата постојеће стање и друга за новопостојеће стање.

Кључне речи: Хидрауличка анализа, дистрибутивна мрежа, водоснабдевање, ЕПАНЕТ

Abstract – This paper describes the assessment of state of water supply system of settlement Odzaci. First it was observed deficiencies and problems in the water supply network and also it was given the adequate evaluation and description of the current state of the system. In the end the reconstruction project was developed. Simulations of the current stage and reconstruction were carried out in the software package EPANET 2.0. and the results are displayed graphically and in tabular form. Hydraulic analysis was conducted according to German technical standards DVGW W 410. At the end are given two variants of the state of reconstruction: mode without fire consumption and mode with fire consumption on the network.

Keywords: Hydraulic analysis, water supply, distribution network, EPANET

1. УВОД

Насеље Оцаци се тренутно снабдева водом из три бушена бунара, из којих се црпи вода лошег квалитета. Дистрибуциона цевна мрежа је релативно густа и углавном задовољава потребе, међутим, квалитет ценовода је лош, јер је при самој изградњи коришћен некавалитетан материјал, те је више од половине ценовода изграђено од азбест цементних цеви. Други проблем представља што је велики део ценовода већих профила грађен од челика, најчешће само са класичном антикорозивном заштитом врло ограниченог трајања [1].

2. ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА

Покривеност насеља водоводном мрежом је задовољавајућа. Водоводна мрежа снабдева 2415 домаћинстава и 125 пословних субјеката. Водозахват у насељу Оцаци налази се у југозападном делу насеља и делимично је урастао у насеље. Такав положај намеће као проблем могућност загађења простора водоснабдевања од отпадних вода суседних насељских блокова. У оквиру водозахвата активна су три дубоко бушена бунара: и то:

- Бунар "8" који се водом снабдева са дубине од 84 м и даје 17 L/s
- Бунар "9" који се водом снабдева са дубине од 84 м и даје 15 L/s
- Бунар "10" који се водом снабдева са дубине од 85 м и даје 18 L/s

Према последњим извештајима у којима је анализирана сирова вода са бунара 8, 9 и 10 као и сабирна вода, у свим узорцима уочена је повећана концентрација садржаја амонијака, гвожђа и фосфата.

Из табеле 1. можемо уочити да је вода мутна, а да је присутна количина гвожђа скоро тринаест пута већа од вредности прописаних МКД скалом.

Имя параметра	Резултат	МКД	Јединица мере	Ознака и назив методе
Метис	Без			MH0032 - Одредбање мутности у води *
Боја	Жута			MH0031 - Одредбање боје у води *
Мутноћа	37,6	1,00	NTU	MH0001 - Одредбање мутноће у води
pH	7,1	6,8 - 8,5		MH0002 - Одредбање pH вредности у води
Укупни остатак после испарења на 105 °C	864		mg/l	MH0003 - Одредбање укупног остатка после испарења на 105°C у води
Нитрит	<0,005	0,030	mg/l	MH0004 - Одредбање садржаја нитрита у води
Нитрат	3,7	50,0	mg/l	MH0005 - Одредбање садржаја нитрата у води
Амонијак	1,66	0,5	mg/l	MH0006 - Одредбање садржаја амонијака у води
Нитрид	90	250	mg/l	MH0007 - Одредбање садржаја нитрида у води
Укупно гвожђе	3,8	0,30	mg/l	MH0008 - Одредбање садржаја гвожђа у води
Потрајања МКДМ	11,5	12,0	mg/l	MH0009 - Одредбање потрајања МКДМ у води
Електрична проводљивост	1310	2500	µS/cm	MH0010 - Одредбање електричне проводљивости у води
Манган	0,15	0,05	mg/l	MH0044 - Одредбање садржаја мангана *
Флуорид	0,3	1,2	mg/l	MH0055 *
Са	133		mg/l	*
Маг	80		mg/l	*
Укупна тврдота	37,1		°dH	MH0024 - Одредбање тврдоте воде за пие *
p-Алкалитет	0		mmol/l	*
m-Алкалитет	13,9		mmol/l	*
Фосфат	0,29		mg/l	MH0011 - Одредбање садржаја фосфата у води за пие *
Процент zasićenja калцијумом	12		%	*
Олово	<0,01		mg/l	MH0014 - Одредбање садржаја олова у води *
Кадмијум	<0,003	0,003	mg/l	MH0016 - Одредбање садржаја кадмијума у води *
Бар	0,01	2	mg/l	MH0018 - Вода за пие - стандардне методе за испитивање хигијенске испитивости воде за пие
Нитрог	<0,01		mg/l	MH0019 - Одредбање садржаја нитрогена у води *
Никал	<0,01	0,02	mg/l	MH0020 - Одредбање садржаја никела у води *
Жива	<0,001		mg/l	MH0023 - Одредбање садржаја живе у води *
Натријум	140	200	mg/l	MH0021 - Одредбање натријума у води
Калијум	6,9	12,0	mg/l	MH0022 - Одредбање калијума у води
Арсен	0,007	0,010	mg/l	MH0013 - SRPS ISO 11969:2002
Детерџенти	<0,1		mg/l	MH0053 - Одредбање садржаја детерџента у води
Сульфат	48	250	mg/l	MH0012 - Одредбање сулфата у води *
Фенил	<0,001		mg/l	MH0054 - Одредбање садржаја фенила у води
Укупан диоксид	<0,5		mg/l	*
Укупна PCB	<0,0005	0,0005	mg/l	EPA 608 *
Укупна пестициди	<0,2	0,5	mg/l	EPA 508 *
Укупна ПАМ	<0,0002	0,0002	mg/l	EPA 610 *

Табела 1. Резултати хемијске анализе - Бунар број 9.

Дозвољене вредности амонијака су 0,5 mg/l, а у нашем узорку ова вредност износи 1,66 mg/L. Количина мангана износи 0,15 mg/L, што је уједно три пута веће од дозвољених вредности.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Матија Стипић.

Из приложеног можемо закључити да вода не одговара прописима Правилника о хигијенској исправности воде за пиће [4].

За извршену микробиолошку анализу, табела бр. 2, видимо да су вредности у нашем узорку у складу са прописаним вредностима, тј да је узорак воде за пиће микробиолошки исправан.

Табела 2. Резултати микробиолошке анализе - Бунар број 9.

Назив параметра	Резултат	Гранична вредност	Ознака и назив методе
Укупан број аеробних мезофилних бактерија у 1 мл воде (37°C, 48h)	0	100	MP0062 - SZZZZ 1990 1.1
Укупан број аеробних мезофилних бактерија у 1 мл воде (20°C, 72h)	2		MP0062 - SZZZZ 1990 1.1
Укупан број кооформних бактерија у 100 мл воде	0	10	MP0060 - SZZZZ 1990 2.1 MPN
Укупан број фекалних кооформних бактерија у 100 мл воде	0	0	MP0061 - SZZZZ 1990 2.2 MPN
Присуство фекалних стрептокока у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0063 - SZZZZ 1990 3.1.1 MPN
Присуство Proteus vrsta у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0064 - SZZZZ 1990 4.1 MPN
Присуство Pseudomonas aeruginosa у 100 мл воде	ODSUJSTVO	ODSUJSTVO	MP0066 - SZZZZ 1990 6.1 MPN
Укупан број сулфитредукујућих клостридија у 100 мл воде	0	1	MP0065 - SZZZZ 1990 5.1 MPN

У насељу постоји изграђена мрежа колектора атмосферске канализације. Планом генералне регулације насеља предвиђена је доградња и реконструкција система, у виду зацељена дела постојећих јаркова ради рационалније употребе простора. Одвођење вишка атмосферилеја ка мелиоративним каналима као крајњим реципијентима мора бити императив у смислу одржавања постојећих и доградње нових колектора [2].

Насељено место Озаци је увелико приступило изградњи колектора фекалне канализације. Овако захваћена употребљена, комунална отпадна вода се на жалост само уз делимичну примарну прераду, пласира у локални мелиоративни канал (бивши канал 45) преко којег се ове воде пласирају (након око 2,5km) у Канал Дунав – Тиса - Дунав. Са оваквом праксом се мора одмах престати, посебно имајући у виду заштиту подземних вода као основног ресурса водоснабдевања читавог подручја [2].

3. АНАЛИЗА ПОТРОШЊЕ ВОДЕ И КОЕФИЦИЈЕНТИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ

Први корак који је потребно учинити јесте да се одреди специфична потрошња, тј потрошња по једном становнику. Према последњем попису становништва у насељу Озаци живи 9021 становника. Према подацима Републичког завода за статистику, негативан тренд депопулације становника наставиће се и у наредном периоду, а до краја 2051 године предвиђа се да ће у насељу живети 7680 становника.

Услед недостатка података о реалним потребама становништва овог насеља за водом, да бисмо утврдили очекивану потрошњу у овом раду коришћене су техничке норме DVGW W 410, које дају детаљну препоруку за процену потрошње у јавним установама, угоститељским објектима и пољопривредним газдинствима. На основу Норми потрошње за различите категорије потрошача одређујемо потрошњу сваке категорије потрошача [3].

Током хидрауличке анализе за 2019. и 2051. годину усвајамо да ће потрошња јавних установа и пољопривредних газдинства остати иста. Међутим код анализе потрошње индустријске и радне зоне морамо узети у обзир да је по плану генералне регулације предвиђено повећање радне зона на 320,51 хектара, па

се процењује да ће на крају планског периода 2051. године у индустрији бити чак 4000 запослених радника. Док је тренутно у фабрикама у насељу запослено 1569 радника. Ово повећање морамо обухватити приликом прорачуна.

Услед недостатка релативних параметара приликом израде овог рада, биће усвојен губитак воде из водоводне мреже који износи 15% од Qsr.dn.

Приликом димензионисања водоводне мреже у обзир се мора узети и противпожарни проток. Он представља количину воде у јединици времена потребну за гашење једног пожара у трајању од најмање 2 сата. На основу броја становника у насељу усвајамо да меродавни противпожарни проток износи 15 L/s. Ова количина воде биће распоређена у 3 чвора, који су на међусобном растојању од минимум 300м [4].

Срачуната специфична потрошња воде по становнику на дан која обухвата све наведено категорије потрошача, губитке и пожарни протока износи:

$q_{spec} = 192 \text{ L/st.dan}$ за 2019. годину и

$q_{spec} = 215 \text{ L/st.dan}$ за 2051. годину

3.1 Коефицијенти неравномерности

Коефицијенти дневне и часовне неравномерности одређени су на основу препорука датих у немачким техничким нормама DVGW W 410. Ови коефицијенти су дати у функцији броја становника у насељу, а како се број становника у анализираним варијантама у овом раду мења, сходно томе за различите варијате усвајамо и различите коефицијенте. Ови коефицијенти се могу проценити и уз помоћ емпиријских образаца у функцији броја становника „Е“ конкретног насеља [3].

$f_h = 18,1 \times E - 0,1682$

$f_d = 3,9 \times E - 0,0752$

Преко наведеног обрасца добијамо да је $f_h = 1,97$ и

$f_d = 3,92$ за анализу тренутног стања, тј $f_h = 2,0$

$f_d = 4,03$ за варијанту новопројектног стања.

Након одређених коефицијената неравномерности, рачунамо средње дневне, максималне дневне и максималне часовне потрошње становништва, према следећим обрасцима:

$Q_{srdn} = N \cdot q$

$Q_{maxdn} = f_d \cdot Q_{sr.dn} = f_d \cdot (Q_{god} / 365)$

$Q_{maxh} = f_h \cdot Q_{sr.dn} = f_h \cdot (Q_{god} / 365 \cdot 24)$

где је :

N- број становника; q- специфична потрошња;

$Q_{max,dn}$ -максимална дневна потрошња

$Q_{max,h}$ -максимална часовна потрошња

$Q_{sr.dn}$ -средња дневна потрошња

Резервоари представљају основни део водоводне мреже, његове функције су регулисање неравномерности потрошње, залихе за случај пожара, залихе за случај хаварија на мрежи као и обезбеђење потребних притисака [3]. На основу одређене максималне дневне потрошње врши се димензионисање резервоара. У обе варијанте анализе усвајаће се подземни резервоар са две одвојене коморе. Резервоари са две коморе се најчешће примењују да би једна била у функцији ако се друга комора чисти или евентуално санира.

У првој варијанти за 2019. годину укупна запремина резервоара биће 974 m³ при чему је запремина једне коморе 487 m³. Површина дна једне коморе резервоара је 122m².

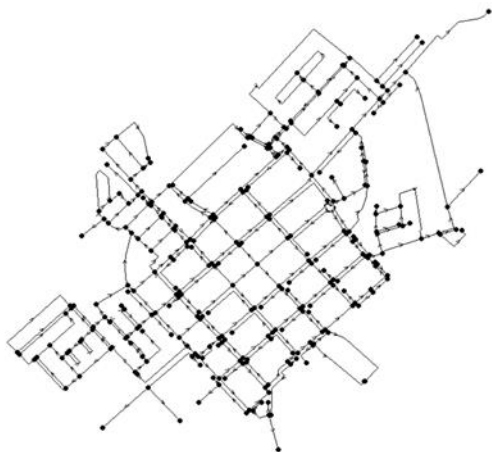
У другој варијанти за 2051. годину укупна запремина резервоара биће 864 m³ при чему је запремина једне коморе 432 m³. Површина дна једне коморе резервоара је 108m².

4. ПЛАНИРАНО СТАЊЕ ВОДОСНАБДЕВАЊА

У овом раду биће урађене две анализе, за које је потребно направити и два симулациона модела. Симулациони модел дистрибутивне мреже је представљен као скуп веза спојених чворовима. Користила се упрошћена прорачунска шема по којој се вода равномерно троши по дужини цевовода, што условљава претпоставку о равномерном распореду потрошача дуж дистрибутивне мреже. Први модел представља тренутно стање водоводне мреже тј, стање за 2019. годину, а други представља стање на крају пројектног периода. У обе варијанте усвојен је исти водозахват, у оквиру ког су активна 3 дубоко бушена бунара. Капацитети бунара и њихов број пројектовани су да задовоље максималне дневне потребе становништва. Вода из бунара се потисним пумпама потискује у резервоар који је димензионисан на основу разлике часовне потрошње и дотока у току дана.

4.1. Почетни симулациони модел

Постојећу дистрибутивну мрежу чини 294 чвора, а потрошња унутар мреже је сконцентрисана у овим чворовима. Дистрибутивна мрежа је мешовитог типа у којој преовлађује прстенасти тип мреже, али је и присутно чак 87 гранатих делова мреже.



Слика 1. Ситуација водоводне мреже насеља Оџаци-2019. Година

Код гранатих мрежа токови су једнозначно дефинисани, тј. до сваког чвора вода може да дође само једним путем. Прекидом протока у једној деоници услед хаварије или ремонта прекида се довод воде у свим низводним деоницама, што је од посебног значаја са становишта непрекидног снабдевања водом, [3]. Укупна дужина дистрибутивне мреже износи: 40.300,54 m.

Индустријске и радне зоне прикључене су у чворовима 119, 118, 127 и 128. Приликом димензионисања мреже потребно је урачунати и додатни противпожарни проток, овај проток од 5 литара биће додат у чворове 78, 92 и 125 Пожар је симулиран у трајњу од 9 до 11 часова

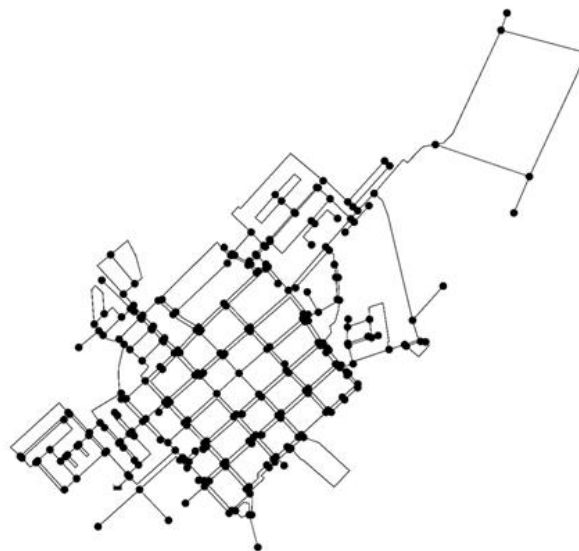
4.2. Планирани симулациони модел

Приликом пројектовања ове мреже за новопроектвано стање, тежило се да мрежа буде што више прстенаста. У деловима мреже где због положаја потрошача није било изводљиво изградити прстенасту мрежу, остали су слепи огранци, којих у мрежи има 55.

У новом пројектованом стању присутно је 267 чворова, а укупна дужина дистрибутивне мреже износи 44182.4 m (Слика 1, Слика 2.).

Приликом израде идејног решења за 2051. годину, узели смо у обзир да ће према Просторном плану насеља Оџаци доћи до проширења индустријске и радне зоне као и претварања пољопривредног земљишта у земљиште радних зона

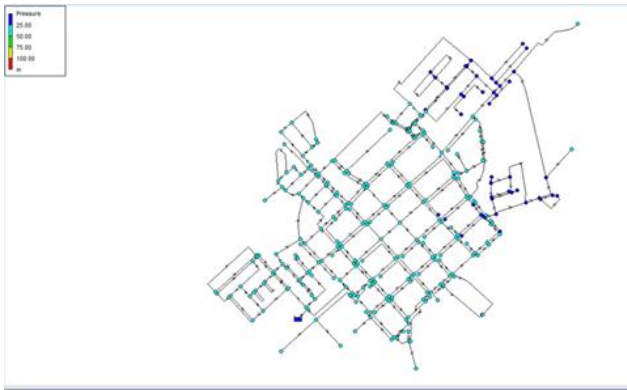
Индустријске и радне зоне прикључене су у чворовима 118, 127, 128, 295, 296, 297, 298 и 299.



Слика 2. Ситуација водоводне мреже насеља Оџаци-2051. година.

Додатни противпожарни проток од 5 L/s је додат у чворове са најнеповољнијим положајем, тј чворове 78, 125 и 296, [3]. Пожар је симулиран у трајњу од 9 до 11 часова.

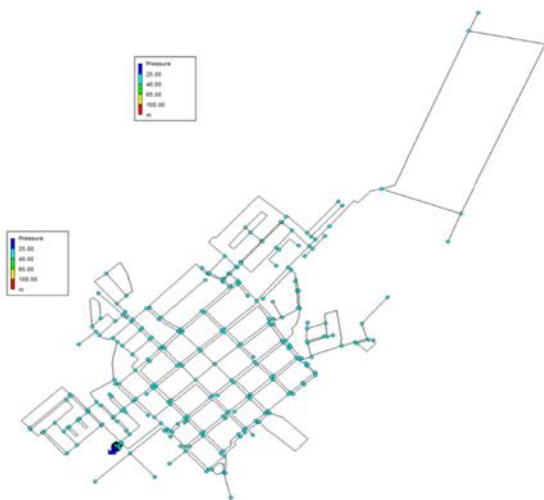
Анализом тренутног стања утврђено је да се на појединим деоницама јављају притисци већи од прописаних. На слици 3 приказани су притисци у свим чворовима. Видимо да у северозападном делу насеља у моменту максималног часовног оптерећења владају притисци нижи од прописаних вредности. У појединим чворовима у моменту када се пожар јавља притисак пада на 1,2 бар (Слика 3.).



Слика 3. Приказ притиска у свим чворовима у моменту максималне часовне потрошње за 2019. годину

Брзине у мрежи се крећу од 0,47 m/s у часовима минималног протока, па до 2,52 m/s у часу највише потрошње. Овако велике брзине треба избегавати јер изазивају вибрације и буку у водоводној мрежи.

У предложеном идејном решењу за насеље Оџаци, основни критеријум хидрауличког прорачуна је био да притисци у мрежи не падну испод 2,5 бар, што је овим новопројектованим стањем и задовољено.



Слика 4. Приказ притиска у свим чворовима у моменту максималне часовне потрошње за 2051. годину

Као реконструкциони материјал коришћене су PVC цеви, због њихових многобројних предности. Минимални усвојени пречник у мрежи је Ø 110 mm, чиме су задовољени услови Правилника о хидрантској мрежи. Брзина воде у цевоводу се креће од 0,2 до 1,5 m/s. Препорука је да брзина воде у цевима не би требала да буде мања од 0,4 m/s и из тог разлога се препоручује да се у деоницама са мањом брзином од 0,4 m/s чешће врши испирање помоћу хидраната (Слика 4.).

Одабир пумпи у пумпној станици извршен је на бази програмског пакета ЕПАНЕТ у ком је добијено да је за максималну часовну потрошњу неопходно 77,50 L/s.

Одабране су четири пумпе капацитета по 19,5 l/s које у радној тачки подижу енергију воде на 34 mvs, и једна резервна пумпа у случају хаварија неке од четири пумпе. Према улазним подацима, протоком у часу највеће потрошње и напора, одабрана је пумпа Atmos GIGA-N 32/160.1-3/, која најбоље задовољава задате услове.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе постојећег стања у мрежи дат је предлог идејног решења, који је дат за стање без појаве пожарне потрошње као и са пожарном потрошњом. Према Просторном плану насеља Оџаци доћи ће до проширења индустријске и радне зоне као и претварања пољопривредног земљишта у земљиште радних зона. Овим повећањем радних зона, као великих потрошача воде у технолошким процесима, доћи ће до битног повећања потрошње воде која се мора обухватити анализом. У предложеном идејном решењу за насеље Оџаци добијени резултати су задовољили критеријуме водоснабдевања како по притисцима тако и по протицајима и брзинама воде у цевоводу и битно побољшали постојећи начин водоснабдевања.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Завод за урбанизам Војводине, Студија о стању животне средине у АП Војводини за период 1998-2008. Нови Сад, 2013.
- [2] ЛП "ЗАВОД ЗА УРБАНИЗАМ КУЛА-ОЏАЦИ", ПЛАН ГЕНЕРАЛНЕ РЕГУЛАЦИЈЕ НАСЕЉА ОЏАЦИ ("Сл. гласник РС", број 72/09, 81/09)
- [3] Стипић М. (2019), Скрипта из предмета Комунална хидротехника за студенте IV године одсека за хидротехнику (Део 1), Факултет техничких наука, Нови Сад
- [4] Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (" Сл. лист СРЈ", број 42/98 і 44/99 і "Сл. гласник РС", број 28/2019)
- [5] Правилник о техничким нормативима за инсталације хидрантске мреже за гашење пожара (" Сл. гласник РС", број 3/2018)

Кратка биографија



Јелена Вукић је рођена у Винковцима 1990. године. Звање дипломираног инжењера грађевинарства је стекла 2015. године. Мастер рад на истом факултету, из предмета Комунална хидротехника одбранила је 2020. године.

Матија Стипић рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао је на Факултету техничких наука 2009. године, а од 2011. године има звање доцента. Област интересовања су му хидраулика и комунална хидротехника.