



АНАЛИЗА ОДВОЂЕЊА ОТПАДНИХ ВОДА НАСЕЉА НОВИ БЕЧЕЈ  
HYDRAULIC ANALYSIS OF WASTEWATER DISPOSAL OF THE NOVI BEČEJ  
SETTLEMENT

Александар Јанковић, Матија Стипић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

**Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

**Кратак садржај** – У раду је вршена анализа постојећег стања канализационог система отпадних вода у Новом Бечеју, потом је вршена анализа решења одвођења отпадних вода целог насеља. Ради одређивања прецизних података о специфичном јединичном оптерећењу по становнику насеља вршена су мерења протицаја. Анализом постојећег стања утврђивана ја усклађеност са основним прописима и правилима струке, утврђене деонице које одступају од њих и предложена је њихова реконструкција. Затим су предложена два решења одвођења отпадних вода за пројектни период од 25 година уз индустријско оптерећење које се може појавити у пројектом периоду. Све хидрауличке анализе одвођења отпадних вода спроведене су у софтверском пакету EPA SWMM 5.1.

**Кључне речи:** Хидрауличка анализа, анализа постојећег стања, Реконструкција, решења одвођења отпадних вода, мерење протицаја

**Abstract** – In this thesis has performed an analysis of the existing state of the sewage system in Novi Bečej settlement, then has been analyzed solution plans of sewage for the whole settlement. For determining precise data about specific unitary load per capita, flow measurements have been made. With an analysis of the existing state of the sewage system has been determined compliance with elementary regulations and professional norms, routes that have deviated from them and then suggested a reconstruction of those routes. Then have been proposed two solutions for drainage of wastewater for the project period of 25 years with an industrial load that is possible in that project period. All hydraulic analysis is done in software system EPA SWMM 5.1.

**Keywords:** Hydraulic Analysis, Actual State Analysis, Reconstruction, Sewage Proposed Solution, Flow Measurements

**1. УВОД**

Развијеност система за одвођење отпадних вода у АП Војводини је веома мала. Мала покривеност подручја канализационим системима и чињеница да се велика већина отпадних вода одводи до реципијента без пречишћавања изазива велике проблеме са аспекта хигијене и квалитета живота у тим срединама.

**НАПОМЕНА:**

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

Све канализационе мреже у АП Војводини грађене су у етапама, а негде поступак изградње траје веома дуго. Сваки сегмент канализације грађен је савременим материјалима периода у којима је грађен па су зато системи грађени помоћу више различитих материјала и технологија грађења. У зависности од старости и квалитета изведбе јавља се потреба за реконструкцијом појединих деоница.

У насељу Нови Бечеј постоји канализација отпадних вода грађена помоћу три цевна материјала (азбестцементне цеви, бетонске цеви и PVC цеви). У насељу постоји једна пумпна станица.

**2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ НАСЕЉА НОВИ БЕЧЕЈ**

Насеље Нови Бечеј се налази у средњегбанатском округу. Од развијених градских центара најближи су град Зрењанин који је удаљен 38,6 км и град Кикинда удаљен 36,5 км. Од битнијих саобраћајних веза кроз насеље плолазе државни пут првог реда ИБ-15, државни путеви другог реда ПА-117 и ПА-116, железничка инфраструктура регионалног карактера и пловни путеви Тиса и пловни канал Нови Бечеј – Банатска паланка.

Демографска структура на подручју Општине Нови Бечеј је веома неповољна која се огледа у великој депопулацији у свим насељима, неповољној стопи природног прираштаја и неповољној старосној структури. Као последица тога јавља се тенденција пада броја становника.

Један од проблема насеља је висок ниво подземних вода који је последица мале коте терена на кој се налазе поједини делови насеља. Такође, на висок ниво подземне воде утиче брана Бечеј која у појединим периодима године подиже ниво воде на реци Тиси узводно од бране, где се уз обалу налази само насеље. Висок ниво подземне воде угрожава функционисање септичких јама и повећава могућности процуривања подземне воде у систем канализације отпадних вода.

**3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ**

Због мале промене оптерећења током времена у канализационим системима они се могу анализирати услед максималног оптерећења при устаљеном течењу.

За моделирање отицаја отпадних вода најчешће се користе једначина одржања масе (једначина континуитета) и једначина одржања количине кретања у облику тзв. Сен-Венанових једначина [1]:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + g A \left( \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 \right) + g A S_f = 0 \quad (2)$$

У мирном режиму течења потребни су по један гранични услов (ниво, протицај или крива протока) на узводном и низводном крају, а у бурном режиму задају се два гранична услова на узводном крају и један на низводном. Горе поменуте једначине називају се и моделом динамичког таласа или комплетни динамички талас. Изостављање појединих чланова омогућава једноставније и ефикасније нумеричко решавање, али се са тиме губи на тачности добијеног решења.

#### 4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM 5.1.

EPA Storm Wather Managment Model (SWMM) је динамички симулациони модел падавина-отицања који се користи за појединачне догађаје или дугорочне (континуиране) симулације количине и квалитета отицања из примарно урбаних подручја, али има примену и ван насеља [3]. Приликом димензионисања канализационе мреже Новог Бечеја, прво су унешени улазни подаци који утичу на ток прорачуна. Уз помоћ унешених параметара, модел (канализациона мрежа) почиње анализу и као излаз, односно, резултат добија се проток у мрежи, брзине по деоницама, испуњеност деоница водом итд. У улазне параметре спадају [3]:

- број становника
- анализирани период
- потрошња, односно, количина употребљене воде насеља, индустрије, јавних објеката, инфилтрација стране воде
- врста индустрије
- коеф. неравномерности становништва, индустрије и јавних објеката
- тип и пречник усвојене цеви у насељу, односно, храпавост цеви
- дубине полагања цеви уз услов поштовања минималних и максималних ограничења
- нагиб цеви

#### 5. МЕРЕЊЕ ПРОТИЦАЈА И МЕРОДАВНЕ КОЛИЧИНЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Представљају запремински збир кућних, индустријских отпадних вода и процедурних (инфилтрираних) вода изражених у јединици времена које је потребно одвести канализационим системом до пречистача отпадних вода, а затим у реципијент.

Да би имали што прецизнији податак о дневној потрошњи воде по становнику коришћени су подаци које смо добили од ЈП "КОМУНАЛАЦ" Нови Бечеј о кумулативној годишњој потрошњи воде. Протицај

воде је мерен путем два електромагнетна мерача протока MAG 5100W са сигнал конверторима MAG 5000 у „REMOTE” изведби марке „SIMENS”. Мерачи су постављени код пречистача отпадних вода ПУТОКС 2000 (није у функцији). Обрадом података мерења дошло се до закључка да би за измерен кумулативни проток специфична јединична потрошња по становнику износила 239,43 l/stn/dan што није реално.

Такође податак да разлика између фактурисаног и измереног годишњег протока у односу на фактурисани проток износи 54,9% говори да постоји одређени проблем у функционисању мреже. Из тог разлога, одлучено је да се изврши додатно мерење, овог пута један пут дневно у 13ч, 8 дана заредом. Након накнадног мерења добили смо драстично већи специфични проток. Резултати мерења показују присуство велике количине стране воде и доказују да је стање постојеће канализационе мреже веома лоше (велика инфилтрација услед оштећења) и да се неадекватно користи (испушта се атмосферска вода у фекалну канализацију, нелегални прикључци, испуштање подземне воде од топлотних пумпи за грејање домаћинства итд.).

Пошто мерењем нисмо могли да утврдимо меродавни специфични дотицај морали смо пронаћи други начин да га дефинишемо. Овај дотицај варира од насеља до насеља што зависи од величине насеља, делатности којом се претежно баве становници, дневних навика итд. Најчешће је овај дотицај дефинисан законима или правилницима спрам броја становника у насељу.

Средњи дневни протицај кћних отпадних вода рачуна се помоћу следеће једначине:

$$Q_{sr,dn} = N * q_{sp}$$

Где N број становника на крају пројектног периода, а  $q_{sp}$  специфично јединично оптерећење по становнику. Усвојено јединично специфично оптерећење по становнику за насеље Нови Бечеј износи  $q_{sp}=135$  l/s.

Оптерећење од индустрије, с обзиром да не постоје подаци о врсти индустрије која ће се налазити на том подручју, рачунато је помоћу једноставног приступа [2]:

- За активности са малом потрошњом воде:

$$q_{ind} = 0,2 \text{ до } 0,5 \left[ \frac{1}{s*ha} \right] \quad (3)$$

- За активности са великом потрошњом воде:

$$q_{ind} = 0,5 \text{ до } 1,0 \left[ \frac{1}{s*ha} \right] \quad (4)$$

За насеље Нови Бечеј као меродавно индустријско оптерећење усвојено је  $q_{ind}=0,5$  l/s/ha што за површину индустријске зоне од 19ha износи  $q_{ind}=9,5$  l/s.

За новопроектвану канализацију количина процедурне воде процењује на 0,1 l/s/km док у местима са високим нивоима подземних вода као што је Нови Бечеј ова вредност може бити знатно већа. За анализу постојећег стања канализације отпадних вода усвојено јединично оптерећење од инфилтрације које износи  $q_{inf}=0.2$  l/s/km, док за пројектовано стање ово оптерећење износи  $q_{inf}=0.16$  l/s/km.

## 6. АНАЛИЗА ХИДРАУЛИЧКОГ ПРОРАЧУНА

Хидраулички прорачун спроводи се на основу максималног оптерећења који се може јавити у канализационом систему. То оптерећење чине употребљена вода из домаћинства, индустријска отпадна вода и страна вода чије се количине одвојено утврђују [2].

Оптерећење од отпадних вода из домаћинства аплицира се као чворно оптерећење. Прво се одреди максимални дневни протикај помоћу израза:

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * K_d \left[ \frac{1}{s} \right] \quad (5)$$

Где је  $K_d$  коефицијент дневне неравномерности.

Потом се тај протикај подели са укупном дужином мреже као што је приказано на следећем изразу:

$$Q_{spec,deon} = \frac{Q_{max,dn,ukup}}{\Sigma L} \quad (6)$$

Где је  $\Sigma L$  – укупна дужина канализационе мреже. Коначно, специфично чворно оптерећење добијамо тако што специфични деонични проток помножимо са припадајућом дужином за тај чвор:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (7)$$

Где је  $\Sigma L_i$  – збир половина дужине свих деоница које су повезане у тај чвор.

Оптерећење од процедурних вода своди се, такође, на чворно оптерећење по истом принципу.

Оптерећење од индустријских отпадних вода аплицира се као тачкасто оптерећење на један чвор код индустријског подручја.

У програмски пакет EPA SWMM 5.1. задаје се одговарајући дијаграм часовне неравномерности за оштерећење од кућних отпадних вода као и за индустријске отпадне воде. Коефицијент максималне часовне неравномерности, која се уноси у дијаграм рачуна се помоћу формуле:

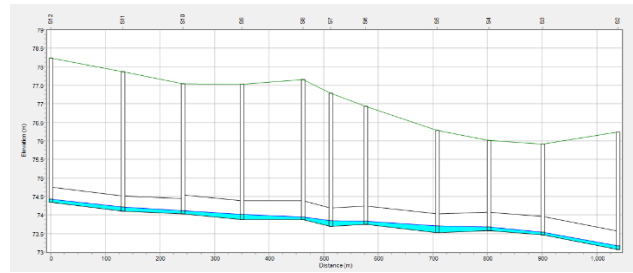
$$K_h = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{sr,dn}}} \leq 3 \quad (8)$$

Отпадне воде од инфилтрације уносе се без часовних неравномерности (коефицијент часовне неравномерности  $K_h=1$ ). Као резултат прорачуна у овом програмском пакету добијају се брзине, протикаји и испуњености цеви у сваком тренутку трајања симулације.

## 7. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

### 6.1 Анализа постојећег стања

Анализом постојећег стања канализације отпадних вода у Новом Бечеју утврђена је појава успора на деоницама са „контрападом“ као и мале брзине струјања због веома малог пада на појединим деоницама. На Слици 1 издвојен је подужни профил деонце главног колектора у улици ЈНА која је грађена од бетонских цеви. На подужном профилу се види веома мали подужни пад и поменута појава успора. С обзиром да је на постојећу мрежу прикључено тек око 23% од укупног броја становника у насељу јасна је појава ниског степена испуњености цевовода (око 23%). Анализом су утврђене деонице које је потребно реконструисати.



Слика 1. Подужни профил, ул. ЈНА постојеће стање – резултат симулације

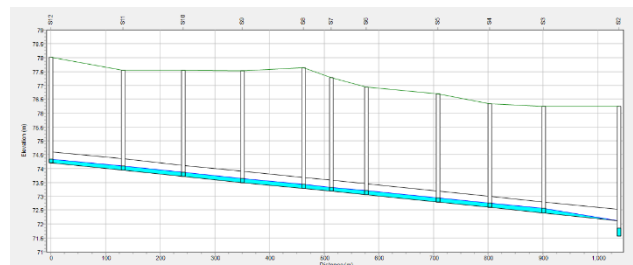
### 6.2. Анализа пројектованог стања

За решење одвођења отпадних вода комплетног насеља Нови Бечеј у раду су предвиђене 2 варијанте одвођења отпадних вода.

#### 6.2.3. Пројектовано стање – Варијанта 1

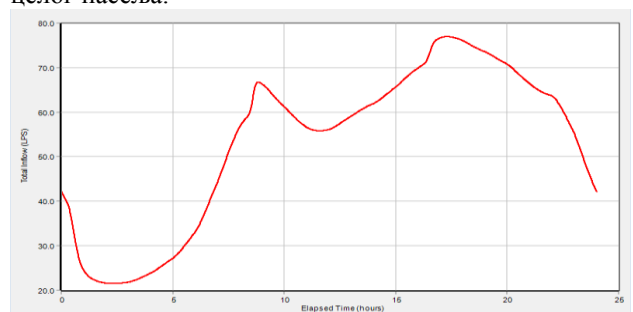
Овим решењем предвиђа се реконструкција појединих делова постојеће канализације и изградња нове канализације за остатак насеља где већ канализација није изграђена. Реконструишу се све деонице код којих се јавља „контра пад“, деонице на које се, због мале дубине укопавања, не могу адекватно прикључити секундарни канализациони колектори и канализациони колектори у Келемановом блоку због велике старости мреже.

На Слици 2 приказан је подужни профил колектора у улици ЈНА након реконструкције. Пречник овог цевовода износи  $\varnothing 400$ , а степен испуњености се креће од 35 до 38% у тренутку максималног оптерећења првог дана у 17.09h.



Слика 2. Подужни профил, ул. ЈНА пројектовано стање - резултат симулације

На Слици 3 приказан је хидрограм укупног протикаја отпадне воде у чвору С2 који представља збирни хидрограм у који фигурише комплетна отпадна вода целог насеља.

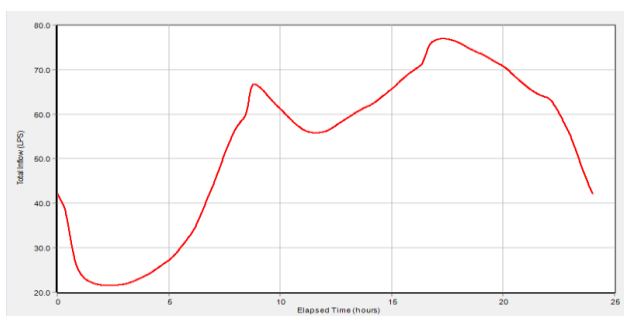


Слика 3. Хидрограм укупног протикаја у чвору С2 – варијанта 2

### 6.2.3. Пројектовано стање – Варијанта 2

Овим решењем предвиђа се реконструкција свих деоница које немају задовољавајући пад терена, деонице које немају задовољавајућу дубину уклапања и деонице од армираног бетона у Келеменовом блоку због старости цевовода. Ово решење представља комплетну канализациону мржу која је у складу са свим прописима и правилима струке. Овакво решење захтева реконструкцију око 90% постојеће канализационе мреже.

На Слици 4 приказан је хидрограм укупног протицаја отпадне воде у чвору С2 који представља збирни хидрограм у који фигурише комплетна отпадна вода целог насеља. Поређењем са сликом бр. 3 види се да није дошло до значајне промене хидрограма између две варијанте, што значи да реконструкција по варијанти 2 служи да олакша функционисање и одржавање мреже.



Слика 4. Хидрограм укупног протицаја у чвору С2 – варијанта 2

## 8. ЗАКЉУЧАК

Постојећа канализација у Новом Бечеју грађена је дуг временски период, коришћени су различити цевни материјали (армиранобетонске, азбест-цементне и PVC цеви) па је старост мреже између једне и шездесет година. Велика старост мреже и неусклађеност мреже са основним правилима струке изазивају велике проблеме у функционисању мреже.

За изградњу и реконструкцију мреже предвиђене су цеви од тврдог поливинил хлорида (PVC) због повољних карактеристика у односу на друге материјале. Предност овог материјала је у великој понуди на домаћем тржишту, повољним хидрауличким карактеристикама и отпорности на агресивно дејство употребљене воде, малој сопственој тежини, задовољавајућој цени итд. У пројекту предвиђене су цеви пречника Ø250, Ø300 и Ø400мм. Поред ових цеви употребљене су полиетиленске цеви високе густине (PEHD) за изградњу потисних водова.

Радам су предвиђена два решења одвођења канализације отпадних вода за која су, као и за постојеће стање, урађена хидрауличка анализа помоћу софтверског пакета EPA SWMM 5.1.

Комплетна мрежа као и пумпне станице димензионисане су на основу максималног часовног оптерећења. Пумпне станице су предвиђене са или без потисног вода, у зависности од локације и захтева терена. Пумпни базени су правоугаоног облика 2x2 или 2x3 м.

Доминантни пречник цевовода је Ø250мм док су поједини колектори грађени пречницима Ø300, а примарни колектори пречника Ø400. Процент испуњености ни у једној деоници цевовода не прелази 65% ради овоздушјења цевовода које спречавања појаву непријатних мириса.

У мастер раду су димензионисани основни грађевински објекти канализационе мреже. Урађен је и предмер и предрачун радова и приложени сви графички прилози који приказују предлоге и добијене резултате.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Георгије Хајдин: Механика флуида књига прва – Увођење у хидраулику, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [2] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [3] SWMM5- упутство за употребу

### Кратка биографија:

**Александар Јанковић** рођен је у Новом Саду 1994. године. Завршио основне академске студије на Факултету техничких наука универзитета у Новом Саду на Департману за грађевинарство и геодезију – одсек хидротехника 2017 године. Мастер рад на истом одсеку из области Грађевинарство – комунална хидротехника одбранио је 2019. године

**доц. др Матија Стипић** рођен је у Сомбору 1964. године. Докторирао на Факултету техничких наука универзитета у Новом Саду 2009. године, а од 2011. године има звање доцента. Области интересовања су хидраулика и комунална хидротехника.