

ХИДРАУЛИЧКА АНАЛИЗА ОДВОЂЕЊА УПОТРЕБЉЕНИХ ВОДА ОПШТИНЕ ПРИЈЕПОЉЕ**HYDRAULIC ANALYSIS OF WASTEWATER DISCHARGE FROM THE MUNICIPALITY PRIJEPOLJE**Вељко Вукашиновић, Матија Стипић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај – У раду је изложено решење одвођења употребљених вода Општине Пријепоље до постројења за пречишћавање отпадних вода. Ради се о примеру канализационог система где се због топографије терена јављају велике дубине укопавања цеви и потреба за уградњом црпних станица. Хидрауличка анализа одвођења отпадних вода са предметног подручја извршена је преко програмског пакета EPA SWMM 5.1.

Кључне речи: Канализација употребљених вода, Пречистач отпадних вода, Димензионисање цевовода и црпних станица, Хидрауличка анализа

Abstract – This paper presents the solution of wastewater disposal of Prijepolje to the sewage treatment. This is an example of a sewage system where due to topography of the terrain, large depths of pipe burial occur and therefore pumping stations are needed to be installed. Hydraulic analysis of wastewater in Prijepolje was carried out according to the program package EPA SWMM 5.1.

Keywords: Sewage of wastewater, Sewage treatment, Sewage pipes and pumping stations capacity calculation, Hydraulic analysis

1. УВОД

Тренутно стање канализационе мреже Општине Пријепоље је незадовољавајуће, где не постоји изграђен пречистач за воду. Сва канализација отпадних вода се на више локација излива директно у реку Лим, чиме се водоток загађује на великом потезу.

Циљ рада јесте да се одабере локација и предложи решење за изградњу централног постројења за пречишћавање отпадних вода, до којег је потребно пројектовати главни колектор за отпадне воде који се предвиђа левом обалом Лима од најузводније тачке у насељу (границе Генералног плана) све до најнизводније – централног постројења за пречишћавање комуналних и индустријских отпадних вода (ППОВ).

НАПОМЕНА:

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

Предвиђени систем за каналисање Општине Пријепоље и околних насеља територије Генералног плана је сепарациони.

У главни колектор уливаће се планирани бочни колектори насеља Ковачевац, Ивање, Ратајска, Сељашница и Залуг.

На главном колектору предвиђено је пет црпних станица за издизање употребљене воде, док је осталих шест предвиђено на десној обали Лима за подизање воде, као и за препумпавање отпадне воде преко мостова на леву обалу Лима.

Планираним решењем изградње канализационог система са централним постројењем за пречишћавање комуналних и индустријских отпадних вода, побољшаће се квалитет воде у Лиму, заштитиће се од загађивања и то на дужем потезу, узводно и низводно од централног дела Пријепоља.

2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОПШТИНЕ ПРИЈЕПОЉЕ

Општина Пријепоље налази се у југозападном делу Републике Србије на тремећи Србије, Босне и Херцеговине и Црне Горе. Припада Златиборском округу са површином од 872km².

Тачка са најнижом надморском висином је место ушћа реке Милешевке у Лим – 440m надморске висине. Највиша тачка је врх планине Јадовник, Катуних – 1734m надморске висине.

По попису становништва из 2011. године Општина Пријепоље имала је 37.059 становника, што је чинило 12,93% становништва Златиборског округа.

Конфигурација терена коју карактерише узани заравњен појас дуж реке Лим и реке Милешевке, путни и железнички правци који се пружају у овим долинама, условили су велику развученост грађевинског реона и груписање изградње према топографији терена [1].

3. МОДЕЛИРАЊЕ ТЕЧЕЊА У КАНАЛИЗАЦИОНОЈ МРЕЖИ

Струјање воде у канализационим цевима (колекторима) се најчешће описује преко једначине одржања масе и динамичке једначине за линијско (написане за један правац) течење воде у отвореном каналу. То су Сен-Венанове једначине на којима се

базира и програм EPA SWMM, коришћен за потребе моделовања. Облик Сен-Венанових једначина изгледа:

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gASt = 0 \quad (2)$$

Постоје три начина (модела) у склопу пакета SWMM који се користе за решавање Сен-Венанових једначина, а то су:

- Модел устаљеног течења;
- Модел кинематског таласа;
- Модел динамичког таласа.

Свако изостављање чланова упроштава и поједностављује нумеричко решавање, али то за последицу има недовољну тачност тако добијеног решења. Имајући то у виду, приликом хидрауличке анализе је коришћен модел динамичког таласа, који решава претходно наведе једначине у њиховом пуном облику [2].

4. ПРОГРАМСКИ ПАКЕТ EPASWMM 5.1.

За потребе димензионисања и анализирања канализационе мреже Општине Пријеполје унети су одговарајући улазни параметри.

Њихова правилна употреба омогућава покретање модела (канализационе мреже), односно симулацију и анализу кроз коју се као резултат могу добити брзине по деоницама, проток у мрежи за различите периоде (дана, месеца, године), квалитет отпадне воде и тако даље. У улазне параметре убрајамо:

- број становника;
- предвиђени пројектни период;
- меродавну количину употребљене воде од стране становништва (насеља), индустрије, јавних објеката и инфилтрације стране воде;
- коефицијент неравномерности дотока употребљених вода;
- тип, пречник и меродавну храпавост усвојених цеви за канализацију;
- врсту индустрије, са аспекта технологије производње;
- дубине полагања цеви, уз напомену о максималним и минималним ограничењима [4].

5. АНАЛИЗА ХИДРАУЛИЧКОГ ПРОРАЧУНА

Претходно је напоменуто да се у оквиру овог мастер рада обрађују употребљене отпадне воде, сачињене од отпадних вода из домаћинства, индустрије и различитих установа. За њихово одређивање неопходно је познавање:

- специфичног дотицаја отпадне воде ($q_{sp}[l/st/dan]$);
- броја еквивалент становника на крају пројектног периода (N).

Специфични дотицај отпадне воде добијамо када укупни дневни дотицај неког подручја сведемо на дотицај по једном становнику.

Рачунамо га помоћу података о специфичној потрошњи воде. Поред тога, приликом анализе меродавних количина неопходно је обрадити и податке о процеђивању подземне воде. Процедне воде, заједно са отпадним водама изражавамо у јединици времена и усвајамо као меродавне количине за евакуацију одговарајућим канализационим системом [3].

За хидраулично димензионисање канализационог система неопходно је дефинисати режим дотицаја отпадних вода у зависности од режима потрошње воде. Количина воде за сваку категорију потрошача варира како у току дана, тако и у току године. Дневна неравномерност се обично приписује динамици дневних активности које се у току дана обављају, док сезонска неравномерност проистиче из сезонских фактора у које убрајамо промену температуре, промену количине падавина и друге утицаје.

Из овога закључујемо да је одређивање потребног капацитета као и неравномерности потрошње индивидуално и да се најбољи резултати могу добити само приликом детаљне анализе посматраног места. Како је за то потребно пуно времена, уколико за посматрано место већ нема урађена анализа, обично се примењују нормативи потрошње, уз напомену да они треба да нам дају основу, али да за правилну примену морамо спровести опсежне припреме.

За централни, најгушће насељени део Општине Пријеполје усвојен је специфичан дотицај отпадних вода од $q_{sp}=200l/st/dan$, док су за коефицијенте неравномерности усвојени: $k_{max,dan}=1.4$ и $k_{max,h}=1.6$. За преостале катастарске општине (Залуг, Селашница, Ратајска, Ивање, Ковачевац и Миоска), мање насељености, усвојен је специфичан дотицај отпадних вода од $q_{sp}=130l/st/dan$, док су за коефицијенте неравномерности усвојени: $k_{max,dan}=1.5$ и $k_{max,h}=2.0$.

$$Q_{sr,dn} = q_{spec} * N \quad (3)$$

N - укупан број потрошача

$$Q_{max,dn} = Q_{sr,dn} * k_d \quad (4)$$

k_d – коефицијент дневне неравномерности

Укупна меродавна потрошња се уноси у изабрани програм на следећи начин:

$$Q_{spec,deon} = \frac{Q_{max,dn,ukup}}{\Sigma L} \quad (5)$$

ΣL – укупна дужина канализационе мреже

Чворно оптерећење:

$$Q_{cvor,i} = Q_{spec,deon} * \Sigma L_i \quad (6)$$

ΣL_i – низводна деоница од чвора.

Меродавна количина отпадне воде се у програмски пакет EPA SWMM уноси као специфично чворно оптерећење, што за резултат даје брзине, протицаје и испуњеност цеви у сваком часу времена трајања симулације.

Претходно је речено да се неравномерност потрошње отпадне воде битно разликује у различитим деловима дана те ју је такође неопходно унети у програм. Имајући у виду топографију терена, одабране пречнике цеви као и њихове минималне допуштене нагибе, извођење канализационе мреже са целокупним гравитационим одвођењем отпадне воде ка њиховом пречистачу није могуће ни са техничке ни са економске стране. С тим у вези, направљено је решење којим се обухватају пумпне станице.

6. ППОВ – ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА

Предвиђено је заједничко, централно постројење за пречишћавање отпадних вода лоцирано на левој обали Лима, низводно од града, у непосредној близини ушћа реке Љупче у Лим, на граници ГП-а.

Отпадна вода из Општине Пријепоље стиже гравитационим водом Ø630 до испред ППОВ. Да би се омогућило гравитационо течење отпадне воде између објеката ППОВ, а такође избегле велике дубине укопавања објеката и цевовода, на почету ППОВ се отпадна вода улива у главну црпну станицу која препумпава отпадну воду на потребну висину. Отпадна вода затим, потисним цевоводом Ø200, преко електромагнетног мерача протицаја дотиче у песколлов-хватач масноћа или варијантно у денитрификациони базен.

Отпадна воде се преко оштроивичног прелива и шахта песколова улива у денитрификациони базен где се интерном рецикулацијом убацује нитрификована смеша са краја биолошког базена, потопљеном муљном пумпом. Вода се у денитрификационом базену не аерише, а да не би дошло до исталожавања у базену врши се мешање са две мешалице.

Отпадна вода се из денитрификационог базена преко седам отвора Ø200 прелива у биолошки базен. Овде се аерише удубавањем ваздуха преко аерационих плоча монтираних на дну базена. Овиме се поспешују услови за развој аеробних микроорганизама и разградњу органског загађења као и оксидацију азотних једињења уз истовремену стабилизацију муља. Аерисањем се такође постиже мешање смеше и одржавање муља у суспензији.

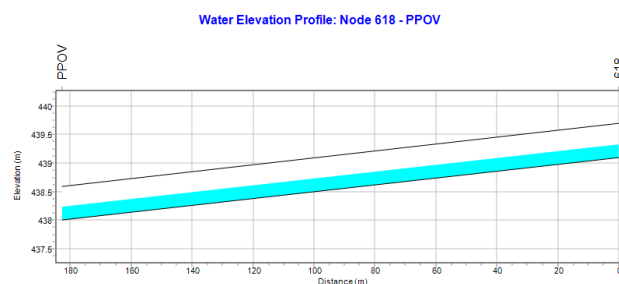
Отпадна вода се преко оштроивичног прелива улива у сабирни шахт и даље у централну комору накнадног таложника. Из централне коморе се преко шест умиривача тока, вода уводи у накнадни таложник. Вода струји радијално од центра ка периферији таложника. Умирењем тока муљ се талози на дно таложника. Радијалним згртачима се изталожени муљ континуирано усмерава према централној таложној комори одакле се гравитационо излива у црпну станицу муља. Пречишћена отпадна вода се гравитационо излива у сабирни шахт а затим преко мерача протока излива у мелирациони канал.

Муљ се из накнадног таложника гравитационо излива у црпну станицу муља, где су монтиране четири муљне потопљене пумпе. Две пумпе (једна радна и

једна резервна), су везане за потисни вод Ø150, од црпне станице муља, до базена за денитрификацију или варијантно до биолошког базена (рецикулациони вод муља). Муљ се континуирано рецикулише због одржавања потребне концентрације муља у биолошком базену. Друге две пумпе (једна радна и једна резервна), су везане за потисни вод Ø150, од црпне станице муља, до базена за денитрификацију или варијантно до биолошког базена (рецикулациони вод муља). Друге две пумпе (једна радна и једна резервна) су везане за потисни вод Ø100 од црпне станице до гравитационог згушњивача (вод вишка муља). Муљ се повремено препумпава из црпне станице муља у згушњивач, где се угушћује до концентрације довољне за даљу обраду муља.

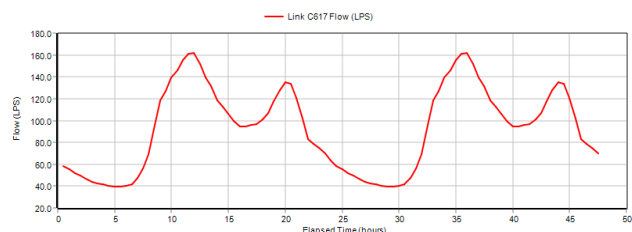
7. РЕЗУЛТАТИ ПРОРАЧУНА

На Слици 1 приказана је деоница, непосредно пред пречистач отпадне воде, односно подужни профил канализације са максималном испуњеношћу, забележену током дана, у износу од 39%. Тиме је испуњен услов да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила, што је условљено потребом за оваздушјење цевовода.



Слика 1. Резултати симулације

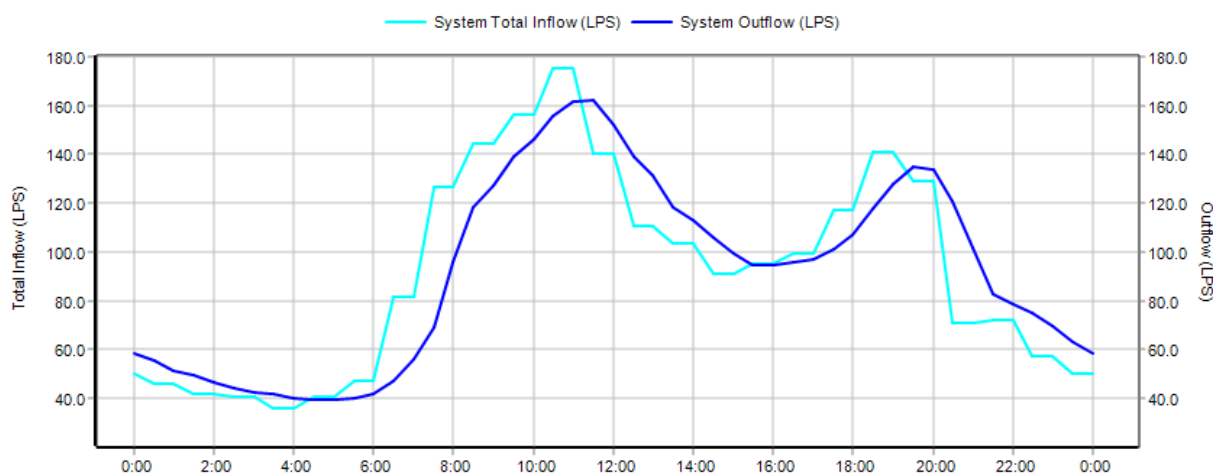
На слици 2 приказана је деоница, непосредно пред пречистач отпадне воде у којој је регистрован највећи проток унутар канализационог система, регистрован у часу највеће потрошње отпадне воде у износу од око 164,11 l/s.



Слика 2. Резултати симулације

На слици 3 приказан је збирни улазни хидрограм целог система (плава светла линија) и излазни хидрограм у чвору непосредно пред пречистач отпадне воде (плава тамна линија) у току једног дана.

На слици 3 се може видети јасна разлика између улазног и излазног хидрограма, што је последица велике укупне дужине целокупне канализационе мреже Општине Пријепоље која износи 55,6km.



Слика 3. Резултати симулације

8. ЗАКЉУЧАК

Тренутно стање одвођења отпадних вода Општине Пријеполје је незадовољавајуће. Циљ рада јесте одабир решења, кроз симулацију и хидраулички прорачун, које ће омогућити ефикасно прикупљање и одвођење свих отпадних вода до једног заједничког постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ).

На основу расположивих подлога и података о становништву, пројектована је гравитациона канализација. За случајеве када је пад терена већи од максималног дозвољеног пада цеви, предвиђене су каскаде са вертикалном цеви где максимална денивелација коју треба савладати износи 3m. На главном колектору предвиђено је пет црпних станица, док је осталих шест предвиђено на десној обали Лима за подизање воде, као и за препумпавање отпадне воде преко мостова на леву обалу Лима.

Хидрауличким прорачуном, користећи програмски пакет EPA SWMM 5.1., добијени су максимални протоци и брзине, као и степен испуњености у цевима дефинисаних пречника.

На територији Општине Пријеполје, за изградњу канализационог система усвојене су цеви од тврдог поливинил хлорида (PVC). Минимални усвојени пречник цеви, уједно и најзаступљенији јесте $\varnothing 250\text{mm}$. Максимални пречник износи $\varnothing 630\text{mm}$. Будући да је за потискивање воде преко мостова утврђена потреба за изградњом дела потисне мреже, коришћене су цеви од полиетилена високе густине PEHD.

Максимални степен испуњености постојећег стања је забележен у часу највеће продукције отпадних вода износи 61%. Тиме је остварен услов да степен испуњености не сме бити већи од 65% пуног профила.

У оквиру рада су димензионисани основни објекти система канализације, дат је приказ шеме мреже, а приложени су и неопходни графички прилози који документују добијене резултате.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Просторни план Општине Пријеполје
- [2] Хајдин Георгије: Механика флуида књига прва Увођење у хидраулику, Грађевински факултет, Београд, 2002
- [3] Писана предавања: доц. др Матија Стипић, Комунална хидротехника, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2016
- [4] SWWM5- uputstvo za upotrebu

Кратка биографија:



Вељко Вукашиновић рођен је у Пријеполју 1993. године. Дипломски рад из области грађевинарства – комунална хидротехника одбранио је 2017. године на Факултету техничких наука у Новом Саду. Мастер рад из области комуналне хидротехнике – хидрауличка анализа употребљених вода Општине Пријеполје одбранио је на истом факултету 2020. године.



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