



ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ОДВОЂЕЊА АТМОСФЕРСКИХ ВОДА СА САОБРАЋАЈНИЦА  
НА ПРИМЕРУ ДЕОНИЦЕ ПУТА РАШКА-НОВИ ПАЗАР

CONCEPTUAL DESIGN OF STORMWATER DRAINS FROM ROAD ON THE EXAMPLE  
OF A ROAD SECTION RAŠKA-NOVI PAZAR

Биљана Митровић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област: ГРАЂЕВИНАРСТВО

**Кратак садржај** – У оквиру овог рада обрађене су теоретске основе хидролошке анализе и хидрауличког прорачуна које су неопходне за одводњавање атмосферских вода са саобраћајница. Хидраулички прорачун вршен је помоћу софтверског пакета „Urbano Canalis“. Неопходни подаци преузети су са сајта Хидрометеоролошког завода Републике Србије. Израђено је идејно решење атмосферске канализације за деоницу пута Рашка – Нови Пазар у дужини од 17.974 km.

**Кључне речи:** Хидраулички прорачун, одвођење атмосферских вода, одводњавање саобраћајница

**Abstract** – In this paper the theoretical bases of hydrological analysis and hydraulic calculation, which are necessary for the drainage of stormwater from roads are processed. The hydraulic calculation was performed using the „Urbano Canalis“ software. The necessary data were taken from the website of the Hydrometeorological Institute of the Republic of Serbia. A conceptual project of storm sewerage for the section of the road Raška – Novi Pazar a length of 17.974 km, was prepared.

**Keywords:** Hydraulic calculation, drainage of atmospheric water, drainage of the road section

## 1. УВОД

Како се развој и раст државе директно повезују са развојем саобраћајне инфраструктуре, увиђа се колики значај имају инвестиције повезане са развојем саобраћајне мреже. Наиме, поред осталих видова саобраћаја, који су у данашње време све више заступљени, велике количине средстава улажу се у копнени саобраћај, односно развијање железница и путева.

Ради повећања безбедности на путевима, али и због превенције у настанку оштећења, обавезно је пројектовати систем за одводњавање атмосферских вода. Основни циљ тог система јесте контролисано прикупљање и одвођење отицаја са коловоза како би се спречило отежано одвијање саобраћаја услед формирања слоја воде на самом коловозу.

## НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Горан Јефтенић.

Поред утицаја на саобраћај, овим системом се доприноси и додатној заштити животне средине, јер се загађени кишни отицај пречишћава до захтеваног степена, пре испуштања у коначни реципијент [1]. Концепт који ће се одабрати за прикупљање и одвођење отицаја зависи од услова на деоници која се разматра. Тако се на местима где се предвиђа велико загађење, и где би пречишћавање било обавезно бира затворени систем, односно систем затворених колектора.

У условима који не захтевају пречишћавање, као и где то нивелација постојећег и пројектованог терена дозвољава, отицај се води отвореним каналима, што значајно смањује инвестицију у овај систем [2]. У специфичним случајевима, где услови дозвољавају примењује се систем од комбинације претходно поменутих.

У овом раду обрађено је оптимално решење одвођења атмосферске воде са деонице магистралног пута (државног пута другог реда) у смеру Рашка – Нови Пазар у укупној дужини од 17.974km.

## 2. АТМОСФЕРСКЕ ВОДЕ

Када је реч о водама које је потребно одвести из урбанизованих подручја, говори се о отпадним водама. Оне су загађене различитим минералним и органским материјама, као и микроорганизмима који могу имати штетно дејство на здравље људи и квалитет животне средине. Према свом пореклу деле се на [3,4]:

- Комуналне отпадне воде – употребљене воде из домаћинства, установа, школа, болница...
- Индустијске отпадне воде – употребљене воде из индустријских погона и
- Атмосферске отпадне воде (које су од значаја за овај рад) – падавине које са површине терена спирају и односе различите материје.

Међу утицајима које је урбанизације донела на кишни отицај, један од најизраженијих је квалитет ових вода. Загађења која су присутна потичу од спирања материја са површине терена. Како су све врсте ових загађења дифузне, веома их је тешко контролисати. Поред променљивог квалитета, атмосферске воде прати и чињеница да су њихове количине у току године врло променљиве.

Наиме, у току сушног периода може се десити да је отицај једнак нули, тј да не постоји, док исто тако

може веома нагло да порасте толико да премаши запремину осталих отпадних вода и за 100%.

У процесу пројектовања различитих хидротехничких објеката потребно је вршити хидролошке анализе, које би као резултат дале меродавне величине за димензионисање тих објеката. Величине које су од значаја за овакве пројекте су најчешће протицаји, нивои воде и запремине, што би зависило од врсте објекта. Које вредности ће се узимати као меродавне зависи од жељеног степена заштите (коју тај објекат треба да пружи) или допуственог ризика.

Како се располаже различитим методама прорачуна, најчешће се бира она за коју постоје расположиви подаци, такође на избор утиче и значај објекта за који се прорачун врши, тј. коју врсту штете би могао да узрокује систем уколико закаже. Када се говори о одводњавању саобраћајница, то је посебна класа неизучених сливова јер се мерења на системима било опште, било кишне канализације, на територији Републике Србије не спроводе систематски, осим у ретким сличајевима експерименталних сливова [7].

Практично, једини могући начин за одређивање меродавних протицаја на неизученим сливовима јесте концепт рачунских киша.

Када се рачунске висине киша поделе са својим трајањем добија се просечни интензитет кише. Иако за неке друге анализе просечан интензитет није довољан, у пракси се за прорачун кишних колектора показала као оправдано примењивана рационална метода која користи управо овако добијене ИТП криве (интензитет-трајање- повратни период).



Слика 1. Пример ИТП криве

У пракси, за потребе пројектовања система који је предмет овог рада најчешће се користи рационална метода, која се показала као довољно поуздана за мале, хомогене површине, где је веза падавина и отицаја релативно једноставна, па је примена једноставнијих метода као што је ова, сасвим оправдана. Из тог разлога, примена ове методе је ограничена на сливоде мање од 80 ха. Рационална метода даје меродавни поток преко једначине:

$$Q = \eta * i * A \quad (1)$$

Где је:

Q – меродавни проток,

$\eta$  – коефицијент отицаја са површине, као

бездимензионални коефицијент,

i – интензитет пале кише

Основно питање јесте питање избора рачунске кише,

односно за рационалну методу то је бирање меродавног трајања кише те се као меродаван за пројектовање узима најкритичнији случај, који се добије када се изједначе време концентрације слива и време трајања кише.

Када је реч о примени методе за прорачун система за одводњавање, он се спроводи тако што се рационална метода примењује на више сливних површина у низу. Разматрана деоница се подели на делове између тачака прикупљања и онда се поступно димензионише у зависности од количине воде која долази до одређеног чвора. Први корак јесте да се димензионише отицај који стиже до узводног краја колектора, односно отицај са прве сливне површине. Рачуна се време које је потребно да отицај дотекне до (најчешће) сливника, са ограничењем да се не усвоји време мање од 5 минута због нереалних интензитета кише. Затим се одређује из зависности ИТП криве интензитет и рачуна се максимални проток кроз колектор на основу ког се исти димензионише.

Када се пређе на наредни колектор, потребно је узети у обзир и отицај са претходне сливне површине, и сада се на заједнички са сливне површине разматраног колектора, и поменуте претходне димензионише колектор.

Такође, сабирају се и време концентрације посматраног колектора, и време кроз течење претходног, те је то сада време концентрације деонице. Поступак се наставља до места излива спојених колектора. Уколико отицај који долази на сливник премашује капацитет самог сливника за рачунање наредног колектора потребно је узети у обзир и ту воду која ће дотећи са претходне деонице. Ту се стиже до значаја рачунања размака између сливника, који треба да буде такав да сваки сливник може да прими читав отицај са своје сливне површине. На основу срачунатог протока усвајају се геометрија попречног пресека и подужни нагиб деонице [5].

Прорачун међусливничког растојања као и капацитет канала, врши се помоћу Шези – Манингове (Shezy - Manning) формуле:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I} \quad (2)$$

Где је:

Q – проток,

n – Шези Манингов коефицијент, A – површина,

R – оквашени обим, I – подужни пад.

### 3. СИСТЕМ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ

Ако је реч о саобраћајницама, поред кишног дотицаја у колекторе доспевају и нечистоће са коловоза тако што их киша спира и повлачи са собом. Са еколошког становишта, потребно је пречистити загађен отицај пре испуштања у крајњи реципијент. У коалесцентним сепараторима, појачано ефектом коалесценције, до одвајања нафтних деривата долази услед појаве гравитационог одвајања нафте и воде. Чврсте минералне материје суспендоване у отпадној води се таложе у процесу седиментације и филтрације у коалесцентном материјалу.

Конструкција сепаратора је таква да успорава проток отпадне воде, и излив је формиран тако да буде

потопљен што директно спречава да одвојене нечистоће уђу у реципијент.

Стандардна опрема уређаја је коалесцентни филтер заједно са пловком за затварање одводне воде који се активира када се достигне максимални капацитет ускладиштеног уља у сепаратору, и дефектор – успоривач дотока. Вентил са пловком спречава испирање акумулираних нафтних деривата у колектор.

Поред лаких нафтних деривата, у колекторе долазе и чврсте материје те је потребно и њих третирати процесом таложења. Зато постоји таложник, који може бити засебан уређај или пак интегрисан са коалесцентним сепаратором, где се он поставља испред филтера [6,7,8].

#### 4. СОФТВЕР „URBANO CANALIS“

Из пакета „URBANO“ који представља колекцију софтвера за пројектовање водовода, канализације и других цевних конструкција, за потребе овог рада коришћен је софтвер „URBANO CANALIS“. Читав пакет стандардни инжењерски приступ - рад кроз ситуацију и уздужне профиле, са захтевима коришћења дигиталног модела терена и приказа елемената у 3Д-у, као и извозима у разне БИМ формате и увозима постојеће инфраструктура из ГИС база података.

Модул „CANALIS“ служи за прорачун канализационих система, како атмосферских, тако и санитарних. Како се предметни рад заснива на атмосферској канализацији, напоменуће се да овај модул кроз задавање сливних површина и са могућношћу различитих метода за прорачуне протока, може да димензионише и гравитационе, и цевоводе под притиском.

Овај софтвер је надограђа на AutoCad или Civil3D.

Почиње се од креирања састава и затим се наставља са исцртавањем мреже која се састоји од деоница и чворова. У међувремену, неопходно је направити дигитални модел терена на који ће се наша мрежа пројектовати.

Најчешће се праве два модела: модел постојећег и модел новопроектваног терена, како би оставили могућност програму да очита количине као што су ископ, насип, постелице, оплате и слично.

Након тога, прелази се на задавање података као што су материјал и пречник цеви, додељују се висине терена сваком чвору, исписују се ознаке деоница и чворова, задају се окна на местима где су предвиђена и слично.

Исцртавањем уздужних профила добија се увид у нивелету цеви, kotaма задатих терена, окнима и сл. Из уздужних профила најлакша је манипулација нивелетом која се уређује задавањем дубине чвора и подужним падом. Подаци као што су нивелете и дубине, зависе од правила струке и специфичности самог пројекта.

Након задавања мреже јавља се могућност да софтвер одради хидраулички прорачун. Помоћу задатих улазних параметара попут ИТП криве, сливних површина и других, софтвер табеларно приказује хидраулички прорачун за сваку деоницу.

#### 5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА – ДЕОНИЦА РАШКА – НОВИ ПАЗАР

Почетак саме деонице јесте у граду Рашка на месту изласка из кружног тока у смеру кретања ка Новом Пазару на приближној стационажи 236+020, док је крај у месту Нови Пазар, на приближној стационажи 253+891. Укупна дужина разматране деонице износи 17.974 km и паралелно уз њу пружа се десна обала реке Рашке од Новог Пазара до њеног ушћа у реку Ибар.

Концепт одводњавања је такав да је предвиђена евакуација воде риголима ка пропустима, који прикупљене отицаје преводне кроз труп пута на десну страну предметне деонице у смеру раста стационажа. Како је већ речено да је избор меродавне кише најзначајнији, у конкретном случају, како се говори о путу на ком је рачунска брзина већа од 75 km/h , према правилнику путева Републике Србије, усвајају се кише повратног периода од 10 година.

Отицај са коловоза, који је загађен, евакуише се уз ивичњак и посредством испуста у оквиру ивичњака и корубе доводи се до путног јарка. Пре испуштања отицаја у путни јарак предвиђени су сепаратори лаких нафтних деривата. На месту испуштања отицаја, потребно је обезбедити облогу од камена како не би дошло до оштећења (ерозије) самог јарка.

Предвиђени елементи система за одводњавање су:

- Линијски сливници,
- Бетонски канали,
- Систем затворене канализације у зони пешачких стаза (мисли се на затворену канализацију у смислу затворених колектора којима се отицај прикупља и води).

Читав систем састоји се од комбинације следећих елемената:

- Сливника (тачкастих или линијских),
- Сливничких шахтова,
- Ревизионих шахтова и
- Колектора (цеви)

Одабране су полипропиленске (ПП) глатке цеви типа SN-8 и SN16 до пречника Ø400 mm са одговарајућим гуменим заптивним прстеновима. Веза цев – шахт је остварена еластичним спојем преко КГФ улошка за шахт.

Армирано-бетонски канали се уводе на месту ригола када капацитет ригола није довољан да прихвати дотицаје са коловоза. Канали на месту ригола су пројектовани са ивичњаком како би у потпуности преузели улогу ригола.

Хидраулички прорачун ове деонице почео је од одређивања растојања између сливника. Критеријум су била два ограничења:

1. Висина воде уз ивичњак је ограничена на максимално 10 cm (d),
2. Допустиво је плављење половине возне траке, што је у разматраном случају 1.8m (Bpl).

Након одређивања међусливничког растојања помоћу софтвера је настављен прорачун који је као резултат дао потребне димензије отворених канала као и пречнике колектора способних да приме отицај који долази.

## 6. ЗАКЉУЧАК

При решавању, основни усвојени параметар који је утицао на даљи ток прорачуна била је одабрана меродавна киша, десетогодишњег повратног периода у трајању од 20 минута. Усвојене су колектори различитих пречника и материјала, са максималним пречником од 400 мм. Усвојени концепт одводњавања обухватио је сливнике, колекторе, шахтове, линијске сливнике и бетонске канале. Зацењени делови пре излива у постојеће водотокове пречишћавају се помоћу коалесцентних сепаратора. Сви су димензионисани пратећи теоретска начела, и усвајајући методе које се у пракси најчешће користе (због релативне једноставности и довољне тачности).

На основу пројекта саобраћајнице, прикупљених података, и самосталним истраживањем дошло се до оптималног решења за одводњавање атмосферског отицаја са деонице магистралног пута Рашка – Нови Пазар.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабић Младеновић М., Уређење водотока, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, 2018.
- [2] Јавно предузеће Путеви Србије., Приручник за пројектовање путева у Републици Србији – 8.3. систем за одводњавање, Београд, 2011.
- [3] Колаковић С., Хидротехничке мелиорације, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2006.
- [4] Петровић Ј., скрипта, Увод у хидрологију, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 2001.
- [5] Стипић М., скрипта, Комунална хидротехника део 2 – Каналисање насеља, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2019.
- [6] Хајдин Г., Механика флуида, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 1980.
- [7] Хидрометеоролошки завод Републике Србије.
- [8] [https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_21438/objava\\_65654/fajlovi/I\\_predavanje.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_21438/objava_65654/fajlovi/I_predavanje.pdf)

### Кратка биографија:



**Биљана Митровић** рођена је у Београду 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Хидротехника одбранила је 2022. године.

Контакт:  
mitrovicbiljana286@gmail.com