

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

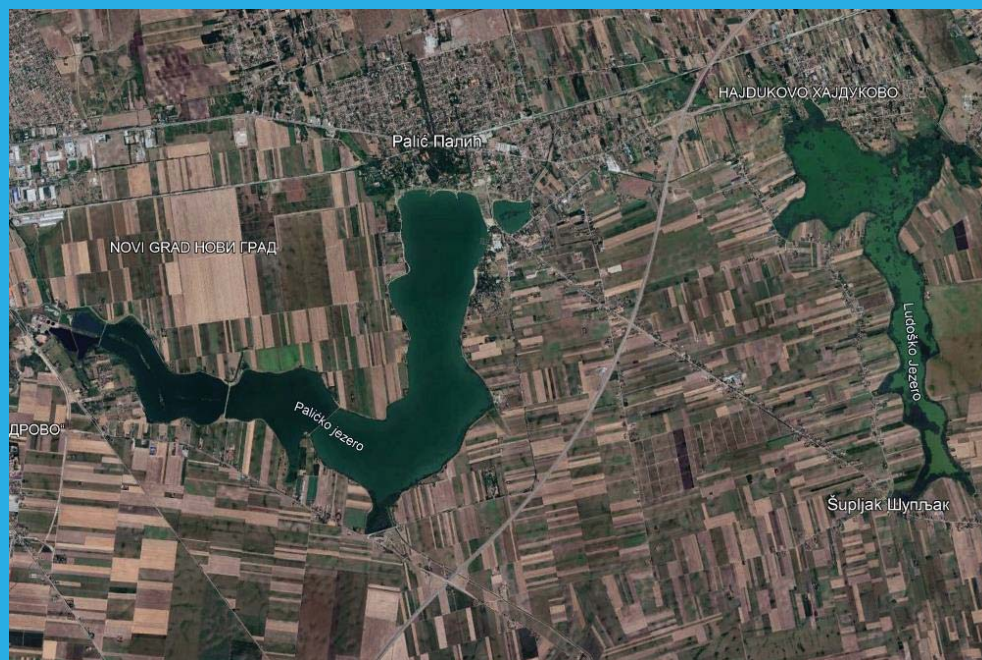
52. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2022

The 52nd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2023

Conference Proceedings



Palić, 31. maj – 2. jun 2023.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

II

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ, Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem, Novi Sad
Dr Momir PAUNOVIĆ, naučni savetnik, dipl.biol, Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol, Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ, Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol, Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem, Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol, Kotor-Crna Gora
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol, Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl. građ.inž.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

150 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2023

CIP - Каталогизacija y publikaciji Narodna biblioteka Srbije, Beograd

502.51(082)
556.11(082)
628.3(082)
628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (52 ; 2023 ; Палић)

Voda 2023 : zbornik radova 52. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Palić, 31. maj - 2. jun 2023. = Water 2023 : conference proceedings 52nd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2023 (Zemun : Akademska izdanja). - X, 310 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 150. - Str. IX: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82674-00-9

a) Воде -- Зборници b) Отпадне воде -- Зборници v) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 116513289

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

ZBORNİK RADOVA

**52. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA**

VODA 2023

*52ND ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2023"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Palić, 31. maj - 2. jun 2023.

ORGANIZATOR KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd),

uz podršku

Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i
Inženjerske komore Srbije

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

PRESEDNIK: Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol, Beograd

SEKRETAR: Suzana VASIĆ, Beograd

ČLANOVI:

Dr Branko MILJANOVIĆ, dipl.biol, Novi Sad
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.građ.inž, Beograd
Slavica ŽIVKOVIĆ, Beograd
Dr Maja RAKOVIĆ, dipl. biol, Beograd
Dr Tamara JURCA, dipl. biol, Novi Sad
Dr Jelena STANKOVIĆ, dipl.biol, Niš

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije

Slika na koricama: satelitski snimak jezera Palić i Ludaš 2022. godine (*Google Earth*)

2.4. Sedimenti

35. Dejan Krčmar, Vesna Pešić, Radivoje Tomić, Snežana Maletić, Jelena Spasojević, Dragana Tomašević Pilipović (Novi Sad)
KVALITET VODE I SEDIMENTA DETALJNE KANALSKE MREŽE U GORNJEM DELU
SLIVA TISE261
36. Neda Bošković, Željko Jaćimović (Podgorica – Crna Gora)
PRVA PROCJENA PRISUSTVA PLASTIKE U OBALNOM SEDIMENTU RIJEKE ZETE267
37. Đorđe Pejin, Dejan Krčmar, Slaven Tenodi, Dunja Rađenović, Dragana Tomašević Pilipović (Novi Sad)
PROCENA UTICAJA ZAGAĐENJA SEDIMENTA TEŠKIM METALIMA U VELIKOM
BAČKOM KANALU275

3. TEMATSKA GRUPA: SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA

38. Ivan Milojković, Dragutin Pavlović, Dušan Prodanović (Beograd)
UTICAJ SAVREMENIH SISTEMA KONTROLE OTICAJA NA KANALISANJE NASELJA281
39. Snežana Branković, Radmila Glišić, Filip Grbović, Gorica Đelić, Zoran Simić, Vera Rajičić, Ranko Sarić (Kragujevac, Niš, Pančevo)
BIOAKUMULACIONI POTENCIJAL ZA METALE ODABRANIH BILJNIH VRSTA U
BAZENU DRENAŽNIH VODA RUDNIKA I FLOTACIJE RUDNIKA (RUDNIK, SRBIJA)291
40. Dragana Milošević, Branislava Borota, Boris Fejzulahi, Bojana Vujović (Novi Sad, Niš)
DIVERZITET CILIJATA NA PPOV RUMENKA, KOVILJ I STEPANOVIĆEVO U 2022.
GODINI299
41. Dragana Milošević, Branislava Borota, Boris Fejzulahi, Bojana Vujović (Novi Sad, Niš)
DOMINANTNO PRISUTNE FILAMENTOZNE BAKTERIJE NA PPOV RUMENKA U
PERIODU OD AVGUSTA 2022. GODINE DO FEBRUARA 2023. GODINE305

PREDGOVOR

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, Srpsko društvo za zaštitu voda – SDZV organizuje pedeset i drugu po redu godišnju konferenciju o aktuelnim temama zaštite vodnih resursa od zagađenja u cilju njihovog efikasnog i održivog korišćenja. Održavanje konferencije su pomogli Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i Inženjerska komore Srbije. Zbornik radova konferencije "VODA 2023" sadrži ukupno 41 rad koje je Programski odbor nakon pregleda prihvatio za izlaganje na Konferenciji i štampanje u Zborniku radova. Najveći broj autora radova je iz Srbije a zastupljeni su i radovi autora iz regiona. Radovi su grupisani po sledećim tematskim grupama:

1. VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA
2. KVALITET VODA I PROCESI U PRIRODNIM VODAMA
 - 2.1. Površinske vode
 - 2.2. Podzemne vode i vode u karstu
 - 2.3. Priobalne vode Jadranskog mora
 - 2.4. Sedimenti
3. SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA

Po ustaljenom običaju SDZV, autori su se sami opredeljivali za teme o kojoj će pisati tako da radovi u ovom Zborniku na neki način odslikavaju trenutno stanje i fokus istraživanja u oblastima korišćenja i zaštite voda od zagađenja u Srbiji i regionu. Od aktuelnih tema koje su našle svoje mesto u radovima ovog Zbornika posebno ističemo problematiku zakonske regulative iz oblasti sakupljanje i prečišćavanje otpadnih voda, hidroloških analiza, aktuelnu problematiku kvaliteta voda i sedimenata, savremene saznanja o procesima prečišćavanja otpadnih voda i eksploataciju izvorišta. Struktura stručnih profila autora je, kao i uvek, raznolika, što odgovara posebnoj težnji SDZV da se problemi zaštite voda posmatraju multidisciplinarno, čime se doprinosi poboljšanju sagledavanja i rešavanja problema.

SDZV zahvaljuje ovim putem preduzećima i institucijama koje su pomogle održavanje ove Konferencije, članovima Programskog i Organizacionog odbora kao i autorima radova na uloženom trudu i njihovom stvaralačkom radu u pripremi radova.

Nadamo se i želimo da ovogodišnja Konferencija bude plodonosna i da se svi učesnici vrate u svoju sredinu obogaćeni novim saznanjima i kolegijalnim poznanstvima.

Beograd, maj 2023.

UREDNIK
Dr Aleksandar Đukić

UTICAJ SAVREMENIH SISTEMA KONTROLE OTICAJA NA KANALISANJE NASELJA

Ivan Milojković*, Dragutin Pavlović**,
Dušan Prodanović**

* *Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, ul. Jaroslava Černog 80, Beograd,*
Ivan.Milojkovic@jcerni.co.rs

** *Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet · Bulevar kralja Aleksandra 73,*
Beograd, dpavlovic@grf.bg.ac.rs, dprodanovic@grf.bg.ac.rs

REZIME

Rad analizira mogućnost smanjenja infiltracije kišnice u fekalni kanalizacioni sistem koristeći integralno upravljanje vodama. Prikazani su elementi za upravljanje atmosferskim vodama korišćeni u rešenju kanalisanja naselja Golubinje. Infiltracija je modelirana EPA SWMM modelom, a sistem za odvođenje fekalnih voda iz naselja je modeliran URBANO Canalis modelom. Oba modela i korišćene metode su prikazane u radu.

KLJUČNE REČI: otpadne vode, EPA SWMM, URBANO Canalis

THE INFLUENCE OF MODERN EFFLUENT CONTROL SYSTEMS ON THE SEWAGE OF SETTLEMENTS

ABSTRACT

The paper analyzes the possibility of reducing rainwater infiltration into the fecal sewage system using integral water management. The storm water management elements used in the channelization solution of the Golubinje settlement are presented. Infiltration was modeled with the EPA SWMM model, and the system for removing sewage from the settlement was modeled with the URBANO Canalis model. Both models and used methods are presented in the paper.

KEY WORDS: wastewater, EPA SWMM, URBANO Canalis

UVOD

Infiltracija može veoma negativno da utiče na rovove u kojima je izgrađena infrastruktura, naročito ako se radi o kanalizaciji za upotrebljene vode. Kada su veliki nagibi terena i saobraćajnica u naseljima, obično oko 10%, kanalizacione cevi se postavljaju pod većim nagibom radi smanjenja troškova izvođenja i iskopa, usled infiltracije i procednih voda dolazi do intenzivnog ispiranja materijala iz rovova u kojima su položene kanalizacione cevi i time kompletnog urušavanja kanalizacionog sistema. Pri tome pojavljuje se velika

infiltracija procednih i infiltriranih voda kroz spojeve cevi, kroz spojeve revizionih silaza i cevi i prodiranja nepoželjnih voda poreklom atmosferskih u fekalnu kanalizaciju. Time se značajno smanjuje kapacitet kanalizacionog sistema za odvođenje upotrebljenih voda i njihovo prečišćavanje. U značajnoj meri se ometa rad postrojenja za prečišćavanje upotrebljenih voda (Jevtic i sar., 2011), (Kessili i Benmamar, 2016), (Milojković, 2019a), (Milojković, 2019b), (Milojković i sar., 2015), (Milojković i Romanović, 2018), (Savić, 2009), (Milojković i sar., 2015), (Milojković i Romanović, 2018), (Savić, 2009). Sa druge strane neophodno je smanjenje količine urbanog oticaja, gde pored evaporacije i transpiracije učešće ima i infiltracija. Razvijeni su sistemi koji se bave kako kontrolom i smanjenjem količine urbanog oticaja, tako i poboljšanjem njegovog kvaliteta uz minimalno narušavanje životne sredine i ekosistema. U literaturi se mogu naći različiti nazivi za ovakve sisteme. Dva najčešće korišćena su: Održivi sistemi za odvođenje urbanog oticaja (eng. Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS) i sistemi koji uz minimalno narušavanje prirodnog režima i stanja na slivu utiču na smanjenje količine i poboljšanje kvaliteta urbanog oticaja (eng. Low Impact Development Systems – LIDs).

U ovom radu prikazuje se upravljanje i kontrola količine urbanog oticaja na primeru projekta fekalnog kanalizacionog sistema za odvođenje i prečišćavanje upotrebljenih voda naselja Golubinja (Институт за водопривреду „Јарослав Черни”, 2020). Funkcija cilja je smanjenje infiltracije u fekalni sistem kanalizacije integralnim upravljanjem vodama u naselju Golubinja. Granica projekta su objekti primarne kanalizacione mreže u naselju Golubinja do mesta finalnog ispuštanja u recipijent. Predmet koji se razmatra u ovom radu su fekalni i atmosferski kanalizacioni sistemi u Golubinju. Zadatak je smanjenje moguće infiltracije u fekalni kanalizacioni sistem primenom integralnog upravljanja vodama u naselju Golubinja uz smanjenje količine urbanog oticaja u predmetnom naselju. Cilj je smanjiti infiltraciju u fekalni sistem kanalizacije uz davanje smernica za dalje optimalno ulaganje u sisteme koji pripadaju integralnom upravljanju vodama u naselju Golubinja. Infiltracija se razmatra EPA SWMM modelom (EPA, 2022), a sistem za odvođenje fekalnih voda iz naselja razmatra se URBANO modelom (StudioARS, 2021), koji su kasnije opisani u poglavlju Metode.

METODE

Elementi za upravljanje atmosferskim vodama koriste se u prikazanom rešenju kanalisanja naselja Golubinja. U nastavku daju se elementi koji su razmatrani i korišteni za kanalisanje predmetnog naselja.

Zeleni krovovi (CIRIA, 2015) predstavljaju površine sa vegetacijom, postavljene na vrhovima (krovovima) objekata. Postavljaju se iz više razloga, kao što su poboljšanje vizuelnog efekta, povećanje ekološke vrednosti, poboljšanje performansi objekta, smanjenje oticanja vode sa površine, poboljšanje kvaliteta otekle vode.

Zahvatanje kišnice (CIRIA, 2015) predstavlja skupljanje površinskog oticaja od padavina za kasnije korišćenje. Oticaj se može prikupljati sa krovova ili drugih nepropusnih površina, skladišti se, prečišćava (ako je potrebno) i onda se koristi za snabdevanje

privatnih, komercijalnih, industrijskih ili institucionalnih objekata. Zahvatanje kišnice ima nekoliko bitnih prednosti:

- može zadovoljiti neke od potreba objekata za vodom, poboljšava održivost i klimatsku otpornost objekta
- smanjuje količinu površinskog oticaja sa lokacije
- smanjuje količinu skladištene vode na površini date lokacije

Infiltracioni sistemi: postoji nekoliko različitih tipova komponenti (CSIRO, 2005) za odvođenje vode (dreniranje), koji mogu poboljšati infiltraciju, među kojima su natapanje, infiltracioni rovovi (jarkovi), infiltraciona „ćebad“ i infiltracioni baseni. Bioretenzije i propusni pločnici takođe mogu biti projektovani tako da dozvole infiltraciju iz svoje podloge.

Negativan uticaj infiltracije na novoprojektovani fekalni kanalizacioni sistem u razmatranom slučaju, koji je projektovan u saobraćajnicama, ogleda se u dospevanju atmosferskih voda u fekalnu kanalizaciju kroz nesavršene spojeve cevi i otvore na revizionim silazima, na spojevima cevi i revizionih silaza. Postoji težnja u naselju Golubnje da se infiltracija smanji na najmanju moguću meru i da se kroz evapotranspiraciju i direktno odvođenje atmosferskih otpadnih voda van posmatranog naselja smanji negativan uticaj infiltracije na novoprojektovani fekalni kanalizacioni sistem.

Sistem „vlasničkog“ tretmana: ovi sistemi (CIRIA, 2015) predstavljaju montažne proizvode koji se koriste za uklanjanje određenih zagađivača iz oticaja. Obično se nalaze ispod površine terena i uklanjanjem ili smanjenjem koncentracije zagađenja poboljšavaju kvalitet vode i čuvaju okolno zemljište i prijatnost i biodiverzitet nizvodnih komponenti SuDS-a. Filter trake

Filter trake (CIRIA, 2015) su ravnomerno raspoređene i blago nagnute trake (kanali) trave ili druge guste vegetacije, projektovane tako da tretiraju oticaj sa susjednog nepropusnog terena povećavajući sedimentaciju, filtraciju i infiltraciju (gde je to prihvatljivo). Obično se koriste kao predtretman za bioretenzije, rovove, kanale itd.

Filter drenovi (pavingexpert, 2022) su plitki rovovi napunjeni kamenom ili šljunkom koji stvaraju privremenu podzemnu akumulaciju, za slabljenje, transport i filtraciju površinskog oticaja. Mogu biti obloženi geotekstilom ili geomembranom, ili u urbanijim sredinama, između objekata, mogu biti izvedeni u betonskom koritu.

Zemljani kanali „Swales“ (CSIRO, 2005) su plitki kanali, sa ravnim dnom i vegetacijom, napravljeni za transport, tretman i često za smanjenje površinskog oticaja. Često se koriste za odvodnjavanje puteva, staza, parkinga i gde god je pogodno prikupiti priliv od površinskog oticaja.

Bioretenzije (CIRIA, 2015), (CSIRO, 2005) (uključujući i „kišne bašte“) su plitke, površinske depresije, koje mogu smanjiti stopu i zapreminu oticaja, ali i tretirati zagađenja

vode upotrebom projektovanih (planiranih) zemljišta i vegetacije, biljaka. Prilično su efektne za prihvatanje vode, a mogu doneti i sledeće pogodnosti:

- atraktivan pejzaž, površinu koja se sama navodnjava i „dubri“
- stanište za životinje (ptice), biodiverzitet
- rashlađivanje lokalne mikroklimе kroz evapotranspiraciju

Drveće može pomoći u zaštiti i unapređenju urbane životne sredine na mnogo bitnih načina, kao npr.:

- doprinosi efikasnosti strategija za površinsku vodu (površinske oticaje)
- doprinosi lepoti i vrednosti urbanih sredina, komercijalnih, rezidencijalnih naselja itd.
- smanjuje godišnji utrošak energije u objektima, ima pozitivni uticaj na lokalnu klimu održava je hladnijom ljeti, a toplijom zimi
- filtrira štetne materije iz vazduha
- blokiranje i smanjenje neželjene buke, itd.

Propusni (perforirani) pločnik (CIRIA, 2015) omogućava izgradnju pločnika za pešake ili automobilski saobraćaj, uz mogućnost propuštanja padavina kroz površinu pločnika u konstruktivne slojeve koji se nalaze ispod pločnika. Voda se zadržava u tim slojevima, pre nego što se infiltrira u zemlju ili kontrolisano odvede. Ovo je jedan od efikasnijih načina smanjenja frekvencije i količine površinskog oticaja, na samom mestu atmosferskih padavina.

Rezervoari za skladištenje (CIRIA, 2015) se koriste da stvore podzemni prazan prostor za privremeno zadržavanje površinske vode pre infiltracije, kontrolisanog ispuštanja ili korišćenja.

Baseni za zadržavanje vode su uređene depresije koje su suve osim za vreme i neposredno posle oluja (velikih padavina). Mogu biti „on-line“ komponente, gde se prikuplja površinski oticaj sa okolnog terena, voda teče kroz basen kako se proticaj povećava, a kako je izlaz iz basena ograničen, basen se puni i obezbeđuje skladište za površinski oticaj i slabljenje površinskog toka, ili „off-line“ komponente u koje se površinski oticaj skreće po potrebi, kada količina vode, odnosno proticaj, pređe određenu granicu. Mogu biti prekriveni vegetacijom ili napravljeni od čvrstog materijala (drugi se obično koriste kao „off-line“ komponente).

Jezera i močvare su objekti koje karakteriše to da su stalno puni vode i istovremeno pružaju smanjenje i tretman površinskog oticaja. Mogu sadržati različitu vegetaciju, kako pored vodenih površina tako i vodene biljke i rastinje. Obično su većih površina a mogu imati i ostrva unutar vodenih površina. Dubine mogu varirati.

U programskom paketu EPA SWMM, verzija 5.2 i novije, postoji mogućnost za korišćenje gotovih „alata“ za modeliranje nekih karakterističnih SUDS, odnosno LID, elemenata. Takvi elementi se prvo definišu, sa svim svojim karakteristikama, a zatim se implementiraju u željenu slivnu površ (Subcatchment). Za svaki element je potrebno znati osnovne karakteristike, dimenzije, stepen pokrivenosti vegetacijom, kvalitet i karakteristike

zemljišta, odnosno materijala itd. U uputstvu za korišćenje programa (User Manual), detaljno su opisani svi parametri koje treba uneti, u kojim se dimenzijama unose kao i šta konkretno predstavljaju.

U okviru programa Urbano i modela Canalis koji se koristi u ovoj analizi obuhvaćene su potrebe za projektovanje cevne infrastrukture kanalizacije u naselju Golubinje s dodatnim funkcijama za hidrauličke proračune, upravljanje podacima geodetskih merenja, digitalne modele terena, upravljanje rasterima i GIS (razne funkcije za učitavanje podataka iz spoljnih izvora i izvoz podataka u spoljne izvore, kao što su baze podataka, SHP, txt datoteke, XML...)

Celim programom upravlja se korišćenjem Urbano Radne Površine (Workspace), što čini program transparentnim i jednostavnim za učenje i upotrebu. Naredbe su razdeljene na grupe i podgrupe.

REZULTATI I DISKUSIJA

Pri primeni EPA SWMM jedan od osnovnih podataka koje treba uneti za svaki LID element je procenat površine koji zauzima unutar date slivne površi (Subcatchment). Najveći problem korisnicima, sudeći prema stručnim, predmetnim internet forumima, predstavlja uticaj određenog LID elementa na samu slivnu površ, odnosno, način na koji se menjaju površina i procenat nepropusnih (samim tim i propusnih) površina unutar definisane slivne površi. Razjašnjenje ovog problema i toga kako program "posmatra" LID elemente, dato je u nastavku.

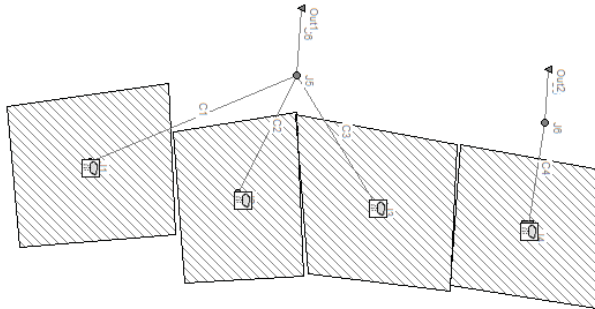
Pri definisanju LID elementa, odnosno pri njegovom implementiranju u subcatchment, potrebno je definisati površinu koju zauzima jedan LID element kao i koliko takvih elemenata ima na izabranom subcatchment-u. Program će tada sam sračunati koliki je procenat površine subcatchment-a koju će zauzimati LID element. Međutim, taj podatak neće imati uticaj na karakteristike samog subcatchment-a. Unutar prozora za unošenje podataka o subcatchment- u, potrebno je izmeniti podatke o procentu vodonepropusnih površina. Novi procenat vodonepropusnih površina predstavljaće odnos vodonepropusne površine na kojoj se ne nalazi LID i ukupne površine bez LID elementa.

Način na koji se to radi, može se prikazati na primeru jednog subcatchment-a ukupne površine oko 6ha kao na posmatranom primeru naselja Golubinje. U koliko smo definisali da je sa korišćenjem LID elemenata procenat vodonepropusnih površina 30%, to znači da je ukupna vodonepropusna površina 2ha, dok je ukupna vodopropusna površina 4ha. Ako izabrani LID svojom površinom zauzima 20% ukupne površine, odnosno 1,2 ha i celom svojom površinom se nalazi na vodopropusnom terenu, to znači da će ukupna površina subcatchment-a bez LID-a biti $6-1,2=4,8$ ha, dok će površine vodopropusnog i vodonepropusnog terena bez LID-a redom biti $4-1,2=2,8$ ha, odnosno $2-0=2$ ha. Novi procenat vodonepropusnih površina izabranog subcatchment-a će biti $2/4,8=41.7\%$. Istom analogijom, za slivnu površ površine 6ha, gde je po 50% vodopropusnih i vodonepropusnih površina, implementiranjem LID elementa koji zauzima 1ha vodopropusnih i 2ha

vodonepropusnih površina dobijamo: površina bez LID-a je $6-3=3\text{ha}$, površina vodopropusnog terena $3-1=2\text{ha}$, a površina vodonepropusnog terena $3-2=1\text{ha}$. Odavde sledi da je sada novi procenat vodonepropusnih površina $1/3=33.3\%$.

Odabir mogućih, odnosno odgovarajućih, optimalnih LID sistema i njihova implementacija u model na teritoriji celog jednog naselja je veoma zahtevan i dugotrajan posao. U ovom radu su odabrane četiri slivne površi, odnosno četiri subcatchment-a, koja na adekvatan način mogu reprezentovati rezultate primene određenih LID sistema.

Dati su slivovi površina oko 6ha, sa prosečnim padom oko 10% i tri scenarija vodonepropusnosti: prvi scenario 10% bez primene LID, drugi scenario 30% uz primenu LID i treći scenario 50% uz primenu LID.



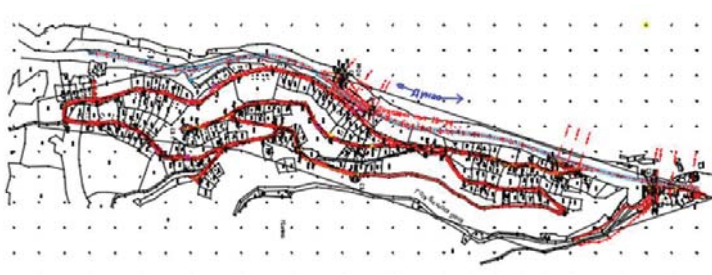
Slika 1. – Situacija modela EPA SWMM naselja Golubinje sa izlivima
Figure 1. Layout of the EPA SWMM model of Golubinje settlement with outfalls

Ukupna površina sva četiri sliva je oko 21 ha, kote cevovoda i izliva u recipijent reku Dunav su od 70mm do 130mm. Usvojena je merodavna kiša od 112mm, u trajanju od 4 sata.

Hidraulički proračun u Urbano programu se izvodi za određivanje svih vrednosti koje definišu tečenje. Urbano omogućava hidraulički proračun na dva načina. Prvi i najuobičajeniji način je unošenjem protoka i padova te se vrši proračun prečnika cevi i drugih vrednosti (ispunjenost cevi, brzine, ...). drugi način je unos protoka i prečnika te se vrši proračun najmanjih padova i drugih hidrauličkih vrednosti. Program sprovodi proračun za sve oblike cevi.

Hidraulički proračun se temelji na Prandtl-Colebrook-ovoj formuli za tečenje u okruglim cevima. Za neokrugle cevi se proračun takođe temelji na istoj formuli, ali umesto prečnika cevi, u formulu se unosi četverostruki hidraulički radijus. Za obe opcije proračuna, za proračun padova i prečnika, moguće je izvršiti proračun pojedinačno za svaku deonicu ili automatski za neki niz ili celi sistem odjednom. Hidraulički se proračun može sprovesti samo za deonice koje imaju zadane padove (ili prečnike) i ukupne protoke.

Na slici ispod dat je situacioni prikaz modela URBANO - CANALIS naselja Golubinje.



Slika 2. – Situacija modela URBANO – CANALIS naselja Golubinje

Figure 2. The situation of the URBANO - CANALIS model of the Golubinje settlement

Objekti u naselju Golubinje su uglavnom stambeni. Teren na kojem je naselje izgrađeno je pretežno stenovit. Naselje ima uglavnom uske saobraćajnice sa velikim podužnim nagibima što je uslovljeno topografijom terena.

Upoređuju se pretpostavljena stanja bez i sa prikupljanjem kišnice na parcelama za potrebe ispiranja toaleta čime se smanjuje oticaj od kišnice i ujedno umanjuje potrošnja vode za piće iz vodovodnog sistema.

U okviru kanalizacionog sistema, koji se sastoji od delova kanalizacije sa gravitacionim tečenjem, delova kanalizacije sa tečenjem pod pritiskom i dva postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, uz pet kanalizacionih crpnih stanica, ispituje se dinamika rada delova kanalizacionog sistema i istražuje se optimalno upravljanje radom kanalizacionog sistema, i optimalno integrisano upravljanje svim sistemima, kanalizacionim, za prikupljanje kišnice i vodovodnim sistemom naselja.

Primenom savremenih sistema za smanjenje kišnog oticaja primetno je smanjenje infiltracije onako kako je proračunom i primenom EPA SWMM prikazano u Prilogu 1. Kada se poveća vodonepropusnost slivova sa 10% na 30% ili 50% dobija se moguća infiltracija u fekalni kanalizacioni sistem od 0.075m/ha,(4.659mm); 0.056m/ha,(3.528mm); 0.039 m/ha,(2.440mm). Interesantno je da po usvojenom modelu za povećanje vodonepropusnosti od pet puta ne dobijamo pet puta manju infiltraciju, nego samo oko dva puta manju infiltraciju. To nam govori da je, naročito sa ekonomskog stanovišta, neophodno sprovesti optimizaciju aktivnosti finansijskih ulaganja u smanjenje infiltracije.

U tabeli ispod dati su ulazni podaci za model URBANO-CANALIS na osnovu rezultata rada modela SWMM.

Tabela 1. Infiltracija
Table 1. Infiltration

Ukupna površina	21ha	Ukupna infiltracija model SWMM	Infiltracija po deonici	Infiltracija u fekalnu kanalizaciju 2% model URBANO - CANALIS		
Broj deonica	97					
Scenario	Infiltracija		L/s	L/s/deonici	L/s/deonici	
	m/ha	m3/ha				
I	0,075	750	52,08	1093,75	11,28	0,23
II	0,056	560	38,89	816,67	8,42	0,17
III	0,039	390	27,08	568,75	5,86	0,12

U tabelama ispod dati su izlazni podaci za model URBANO-CANALIS za protoke na izlaznim profilima u oba modela – URBANO-CANALIS i SWMM.

Tabela 2. Protok na izlivu 1, rezultati proračuna URBANO - CANALIS
Table 2. Flow at outlet 1, results from the model Urbano - Canalis

Scenario	izliv u modelu		Protok punog profila [l/s]	Procenat protoka [%]	Visina ispunjenosti [mm]	Unutrašnji prečnik [mm]	Procenat ispunjenosti [%]	Brzina [m/s]	Brzina punog profila [m/s]	Procenat brzina [%]
	Qin1	SWMM								
I	D17	24,21	65,57	36,93	124	296,6	41,95	0,88	0,95	92,79
II	D17	19,29	65,57	29,42	110	296,6	36,99	0,83	0,95	87,51
III	D17	15,19	65,57	23,17	96,5	296,6	32,52	0,78	0,95	82,15

Tabela 3. Protok na izlivu 2, rezultati proračuna URBANO - CANALIS
 Table 3. Flow at outlet 2, , results from the model Urbano - Canalis

Qin2 izliv u modelu SWMM											
Scenario	Naziv	Ukupni protok [l/s]	Protok punog profila [l/s]	Procenat protoka [%]	Visina ispunjenosti [mm]	Unutrašnji prečnik [mm]	Procenat ispunjenosti [%]	Brzina [m/s]	Brzina punog profila [m/s]	Procenat brzina [%]	
I	D80	2,23	103,9	2,14	23,2	235,4	9,85	1,01	2,39	42,1	
II	D80	1,69	103,9	1,62	20,3	235,4	8,62	0,93	2,39	38,86	
III	D80	1,24	103,9	1,19	17,5	235,4	7,42	0,85	2,39	35,53	

U modelu URBANO – CANALIS za različite scenarije infiltracije sračunate su različite veličine protoka. S obzirom na osobine projektovane mreže, pretpostavka je da 2% od infiltracije sračunate modelom: EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.2 доспева у канализациони систем.

ZAKLJUČAK

Nakon usklađivanja svih sistema voda u okviru naselja Golubinje, u cilju sa jedne strane smanjenja infiltracije i sa druge strane smanjenja količine urbanog oticaja dati su rezultati usklađivanja rada i integrisanog upravljanja razmatranih sistema kanalizacije i prikupljanja atmosferskih voda radi umanjenja oticaja od padavina i smanjenja infiltracije u fekalni kanalizacioni sistem. Za povećanje od nekoliko puta vodonepropusnosti slivova u naselju ne dobija se nekoliko puta smanjenje moguće infiltracije u fekalni sistem kanalizacije te je neophodno optimizovati ulaganja u posmatrane sisteme na osnovu dostupnih finansijskih i drugih resursa kao što je i angažovanje lokalne zajednice.

Učešće infiltracije u protoku fekalne kanalizacije može da bude znatno, ali svako smanjenje infiltracije u rov fekalne kanalizacije, samu fekalnu kanalizaciju i njenu okolinu znatno hidraulički rasterećuje ceo sistem za kanalisanje i prečišćavanje otpadnih voda i sprečava rušenje cevovoda i objekata. U primeru koji je prikazan ukazano je na veliko učešće integralnog upravljanja gradskim vodama na ukupan bilans otpadnih atmosferskih i fekalnih upotrebljenih voda i rešavanje problema otpadnih voda u celini.

LITERATURA:

- WSUD ENGINEERING PROCEDURES: STORMWATER, CSIRO Publishing, ISBN: 9780643092235 (2005)
- Jevtic, M., Milojkovic, I., Stojnic, N. Research of the performance of pulse electrohydrodynamics in blockage removal, *Water Science & Technology*, 64.1 (2011) 102-108
- КАНАЛИЗАЦИЈА У ГОЛУБИЊУ, ПРУЖАЊЕ УСЛУГЕ ИНВЕСТИЦИОНИХ ПРОЈЕКТА ЗА ПОТРЕБЕ ПРИОБАЉА: ПАРТИЈА 14 – ПРОЈЕКАТ КАНАЛИЗАЦИЈЕ У ГОЛУБИЊУ, Пројекат за грађевинску дозволу, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, (2020)
- Kessili, A., Benmamar, S. Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science & Technology*, 73(2) (2016) 283–291
- Milojković I. Usporedna analiza varijantnih rešenja rekonstrukcije KCS „Železnička stanica“ metodama VIKOR i PROMETHEE, 40. Međunarodna konferencija „Vodovod i kanalizacija '19“, Novi Sad, 01.–04.10.2019., Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, ISBN 978-86-80067-42-1 (2019) 322-327
- Milojković I. Usporedna analiza prečišćavanja industrijskih otpadnih voda u HE „Đerdap 1“ metodama VIKOR i PROMETHEE, 48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda „VODA 2019“, 04.-06. jun 2019., Zlatibor, Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd, ISBN 978-86-916753-5-6 (2019) 329-338
- Milojković, I., Despotović, J., Karanović, I. Model for Maintenance of Sewerage System based on Inspection. IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference, 17-19 September 2015, Belgrade, Serbia, Publisher: IWA - International Water Association (2015) 538-543
- Milojković I., Romanović I. Analiza varijantnih rešenja rekonstrukcije KCS „Železnička stanica“ metodom PROMETHEE, 39. Međunarodni stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija '18“, Valjevo, 09–12.10.2018., Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, ISBN 978-86-80067-39-1 (2018) 121-126
- Savić, A.D. The use of data-driven methodologies for prediction of water and wastewater asset failures, Centre for Water Systems, University of Exeter, North Park Road, Exeter, EX4 4QF, United Kingdom, Chapter published in the Springer book: Risk Management of Water Supply and Sanitation Systems (2009) 181-190
- Storm Water Management Model, User’s Manual Version 5.2, United States, Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C. 20460, EPA-600/R-22/030, February 2022, www.epa.gov, (2022)
- The SuDS manual, CIRIA, London, UK (2015)
- URBANO 10, StudioARS d.o.o., www.studioars.hr (2021)
- <http://www.pavingexpert.com/drain12.htm> (2022)