

POTENCIJALI SIVE VODE ZA NAVODNJAVANJE URBANOG ZELENILA: OSVRT NA STANJE U REPUBLICI SRBIJI

THE POTENTIAL OF GREYWATER FOR IRRIGATION OF URBAN GREENERY: THE SITUATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Bojana Dabić^{1*}, Emina Mladenović¹, Jasna Grabić²

¹ Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za voćarstvo, vinogradarstvo, hortikulturu i pejzažnu arhitekturu, Trg Dositeja Obradovića 8, 21101 Novi Sad, Srbija

² Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Departman za uređenje voda, Trg Dositeja Obradovića 8, 21101 Novi Sad, Srbija

*e-mail: bojana.pa.dabic@outlook.com

Izvod

Voda je neophodna za opstanak živog sveta na Zemlji. Imajući u vidu da je ona ograničen resurs, da potrebe za njom rastu, kao i da se na različite načine zagađuje, obezbeđivanje vode dobrog kvaliteta i u dovoljnim količinama predstavlja globalni problem. Međutim, upotrebom pijaće vode za zalivanje i održavanje urbanih zelenih infrastruktura može doći do brže nestašice njenih rezervi, te je neophodno omogućiti dodatne izvore vode za zalivanje urbanog zelenila. Iz tih razloga, u ovom radu je dat predlog primene sive vode za zalivanje u urbanim sredinama, sa ciljem očuvanja vodnog resursa i održavanja zelene infrastrukture, a istovremeno ne narušavajući i ne ometajući razvoj biljaka i njihov estetski kvalitet. U svetu, praksa zalivanja sivom vodom je u velikoj meri primenjena. Siva voda je domaća otpadna voda poreklom iz veš mašine, umivaonika, kade, tuša, sudopera i mašine za pranje posuđa i isključuje crnu vodu iz toaleta i pisoara. Nemogućnost odvajanja različitih komunalnih otpadnih voda, s obzirom da je u upotrebi komunalni infrastrukturni sistem koji sakuplja svu otpadnu vodu na jedno mesto pritom je mešajući u različitim koncentracijama, predstavlja poteškoće prilikom sakupljanja sive vode. Preliminarna istraživanja na području Republike Srbije ukazuju na mogućnost primene otpadne vode za zalivanje, što je posebno važno za održavanje zelenih infrastruktura tokom sušnog perioda. Ovaj vid zalivanja urbane vegetacije može značajno doprineti području na kom se koristi, kako sa ekonomskog, tako i sa ekološkog aspekta.

Cljučne riječi: siva voda, urbano zelenilo, zalivanje, zelena infrastruktura

1. UVOD / INTRODUCTION

Voda je resurs koji je neophodan za opstanak živog sveta na Zemlji. S obzirom da su njene količine ograničene, da potrebe za vodom rastu, kao i da se na različite načine zagađuje, njene rezerve predstavljaju globalni problem (UN Water, 2017a). Samim tim, može se reći da upotreba pijaće vode za zalivanje i održavanje urbanog

zelenila može dovesti do nestašice vode, te je potrebno veće angažovanje zajednice u afirmaciji zaštite životne sredine, korišćenja prirodnih resursa i prečišćavanja i ponovne upotrebe otpadnih voda. Takođe i održiva ekonomija zahteva od nas da vrednujemo otpadnu vodu zbog svojih potencijala (UN Water, 2017b).

Imajući u vidu da industrijski razvoj i intezivna urbanizacija nisu praćeni ni racionalnim korišćenjem prirodnih resursa ni zaštitom životne sredine, te usled nedostatka pijaće vode, odnosno njenih izvora, potrebno je pronaći odgovarajuća rešenja za njeno očuvanje sa ciljem produženja njenih zaliha. Očekuje se da će svetsko stanovništvo do 2050. godine premašiti devet milijardi, a ukupna potrošnja vode će se povećati za 62% u odnosu na 1995. godinu (International Water Management Institute, 2002). Upravo, cilj ovog rada je da se ukaže na mogućnost ponovne upotrebe otpadne, odnosno sive vode za navodnjavanje, kako bi se osigurale dovoljne količine i rezerve pijaće vode u budućnosti, ujedno ne ugrožavajući životnu sredinu. Alternativnim izvorom vode, kao i bezbednim upravljanjem otpadnim vodama, mogli bi se zaštititi ekosistemi, dobiti energija, hranljive

materije i drugi obnovljivi materijali (UN Water, 2017b). Svetska zdravstvena organizacija (WHO, 2006a) naglašava važnost sive vode, kao alternativnog vodnog resursa. Praksa korišćenja komunalne vode za navodnjavanje postaje sve češća kako kod razvijenih, tako i kod zemalja koje su u razvoju kako bi se izborile sa nestašicom vode. Prema UN Water (2017b), prilikom navodnjavanja zelenih površina (bašti, prostora oko naših domova itd.) ili čišćenja ulica nije neophodno vodu prečistiti do granične vrednosti koja je potrebna za pijaću vodu. Međutim, u slučaju netretirane, ali obično razređene otpadne vode, moraju se usvojiti mere bezbednosti koje su opisane u smernicama WHO-FAO-UNEP (FAO, 2017), koje podrazumevaju korišćenje zaštitne opreme prilikom dolaska u kontakt sa sivom vodom, primenu otpadne vode putem podzemnih sistema za navodnjavanje itd.

2. DEFINICIJA I KARAKTERISTIKE SIVE VODE / DEFINITION AND CHARACTERISTICS OF GREY WATER

Prema vrsti i mestu nastanka, otpadne vode u domaćinstvu možemo podeliti na: 1) sivu vodu (otpadna voda iz kuhinje – sudopera, mašine za pranje sudova i otpadna voda iz kupatila – tuša, kade, veš mašine); 2) crnu vodu (feces i urin sa vodom od ispiranja); 3) žutu vodu (urin – poseban tip WC šolje) i 4) braon vodu (crna voda bez urina). U zavisnosti od države u kojoj nastaje, postoje različita definisanja sive vode. Dok neke države smatraju da siva voda ne sadrži otpadnu vodu iz kuhinje, druge države u sivu vodu ne ubrajaju otpadnu vodu iz veš mašine, međutim, postoji saglasnost u odvajanju sive i crne vode (WHO, 2006a). Pa tako može se reći da se siva voda odnosi na bilo koju komponentu otpadnih voda iz kuhinje i kupatila, ali ne uključuje toaletnu vodu koja je poznata kao "crna voda". S obzirom da siva voda isključuje otpad od otpadnih voda iz toaleta, obično ne sadrži isti povišeni nivo patogena kao i komunalne otpadne vode (WHO, 2006a).

Siva voda nastaje u okviru privatnih (individualno ili kolektivno stanovanje) i javnih (škole, sportski objekti, restorani itd.) objekata, od čega zavisi količina proizvedene sive vode, kao i zastu-

pljenost prisutnih jedinjenja u sivoj vodi, na šta utiče životni stil, običaji, vodovodne instalacije i upotreba hemijskih proizvoda. Prema Eriksson et al. (2002), u sivoj vodi se nalaze ksenobiotička organska jedinjenja koja vode poreklo od hemijskih proizvoda koji se koriste u domaćinstvima, kao što su deterdženti, sapuni, šamponi, parfemi, zaštitna sredstva, boje i sredstva za čišćenje. Otpadna voda poreklom iz kuhinje sadrži lipide (masti i ulja), čaj, kafu, rastvorljiv skrob, mlečne proizvode i glukozu, dok otpadne vode poreklom iz veš mašine sadrže različite vrste deterdženata, izbeljivača i parfema. Prema Pinto et al. (2010) sapuni i deterdženti su glavna komponenta sive vode. Kako bi se održala ponovna upotreba sive vode, veoma su značajne njene fizičke i hemijske karakteristike (pH, elektroprovodljivost (EC), suspendovane materije, sadržaj nitrata i nitrita, biološka potrošnja kiseonika (BPK5), ukupan N, ukupan P (Dabić et al., 2017), teški metali, biološki i hemijski zahtevi kiseonika, mineralne materije itd.). Sadržaj hranljivih materija u vodi, posebno fosfora i azota, ukoliko se nalaze u dovoljnim količinama može uticati kao đubrivo na pospešivanje rasta i razvoja biljaka (Siggins

et al., 2016). Pored fizičkih i hemijskih karakteristika važna je i njena mikrobiologija (pristustvo bakterija, gljiva). Mikroorganizmi, poput patogenih virusa, bakterija, protozoa i crevnih glista mogu dospeti u sivu vodu nakon pranja ruku nakon upotrebe toaleta, nakon pranja beba i male dece prilikom promene pelena, nakon pranja pelena, kao i nečistog povrća i sirovog mesa. Sadržaj *Eschericia coli* se obično koristi kao pokazatelj fekalne kontaminacije sive vode. Među relevantnim organizmima su bakterije kao što su *Salmonella typhi* i *Salmonella paratyphi*, paraziti kao što su valjkasti crvi i neki virusi kao što su hepatitis i enterovirusi. U koliko se siva voda koristi za navodnjavanje ili infiltraciju, parazitne protozoe i crevne gliste ne predstavljaju pretnju po kontaminaciju podzemnih voda zbog njihovih velikih dimenzija, što rezultira njihovim uklanjanjem putem filtracije dok se voda proceđuje pod uticajem gravitacije (Eriksson et al., 2002). S druge strane, zagađenje podzemnih voda od strane bakterija i virusa može biti ozbiljan problem. Prema Eriksson et al. (2002), organizmi koji su relativno otporni na dezinfekciju preživeće duže u sistemu za prečišćavanje, kao što su *Cryptosporidium* i *Giardia* (protozoa). *Clostridium perfringens* (protozoa) se širi sporama i može preživeti duže od većine drugih mikroorganizama. Spore se mogu koristiti kao indikatori kumulativne fekalne kontaminacije. Mnoge vrste crevnih glista mogu zaraziti ljude, ali se ne mogu umnožavati unutar domaćina, izuzev *Strongyloides* (Feachem et al., 1980). *Legionella* predstavlja posebnu pretnju jer se može širiti aerosolima i može se udahnuti tokom navodnjavanja ili ispiranja toaleta. Zbog činjenice da je otporna na procese prečišćavanja vode, to može postati ozbiljan problem (Dixon et al., 1999a). Još jedan važan faktor koji treba uzeti u obzir je šta se dešava prilikom čuvanja sive ot-

padne vode, imajući u vidu da se karakteristike sveže sive otpadne vode i sive vode koja se čuva određeni period mogu značajno razlikovati. Prema Dixon et al. (1999b) skladištenje sive vode do 24h poboljšava kvalitet vode, ali skladištenje duže od 48h može biti ozbiljan problem jer dolazi do utroška rastvorenog kiseonika.

Pored navedenih karakteristika, tehnologija i način primene imaju važnu ulogu prilikom upotrebe sive vode. Prema May-Le Ng (2004) sistemi za ponovnu upotrebu sive vode mogu biti: sistemi za preusmeravanje i sistemi za prečišćavanje. Sistemi za preusmeravanje vrše preusmeravanje sive vode od mesta nastanka do površine koja se navodnjava. U okviru ovog sistema siva voda se ne prečišćava, već se direktno ispušta na željenu površinu. Sistemi za prečišćavanje podrazumevaju prečišćavanje sive vode, bilo da je u pitanju primarno, sekundarno ili UV prečišćavanje. Ovaj način prečišćavanja dovodi do poboljšanja kvaliteta sive vode, što omogućava njeno duže skladištenje, kao i upotrebu na različitim površinama poput vrtova, poljoprivrednih površina, kao i za potrebe ispiranja toaleta, pranja veša i dr. Sistemi za prečišćavanje sive vode mogu biti jednostavni i niskobudžetni uređaji koji preusmeravaju sivu vodu do mesta na koje se primenjuje, poput rezervoara za ispiranje toaleta ili vrta, kao i vrlo složena i skupa postrojenja koja sadrže rezervoare, biokolektore, filtere, pumpe i dezinfekcione jedinice. Izbor sistema za prečišćavanje uglavnom zasivi od lokacije, raspoloživog prostora, potrebe korisnika i troškova investiranja i održavanja. Imajući u vidu patogene koji mogu biti zastupljeni u velikoj meri u sivoj vodi, preporučuje se upotreba podzemnih sistema za navodnjavanje, ili upotreba zaštitne opreme prilikom direktnog kontakta sa sivom vodom.

3. POTENCIJALI SIVE VODE – PRIMENA ŠIROM SVETA / GREY WATER POTENTIAL – APPLICATION WORLDWIDE

S obzirom da prema WHO (2006b), ukupna siva voda predstavlja više od 2/3 otpadne vode u domaćinstvu, i da na globalnom nivou preko 70% potrošnje slatkih voda se utroši za poljoprivredne potrebe (FAO, 2008), siva voda može

predstavljati alternativno rešenje za zalivanje tokom sušnog perioda. Prema procenama World Resources Institute (2015), čije se istraživanje zasniva na studijama ekonomskog i populacionog razvoja, kao i različitih scenarija promene

klime, istraživanja pokazuju da će 33 zemlje biti ugrožene nedostatkom vode do 2040. godine - uključujući zemlje na svakom kontinentu. Ponovna upotreba vode, može pružiti značajne ekonomske i ekološke prednosti, koje su ključni motivatori za sprovođenje programa njenog ponovnog korišćenja. Ove prednosti uključuju:

- povećanu dostupnost pijaće vode, time što će se pijaća voda koristiti za piće, a reciklirana za druge potrebe,
- smanjene proizvodne troškove za korišćenje visokokvalitetne reciklirane vode,
- smanjenu potrošnju energije, koja bi se utrošila korišćenjem dubokih podzemnih voda,
- smanjenje uvoza vode ili potrebe za desalinacijom,
- smanjivanje opterećenja prijemnika vode hranljivim materijama,
- povećanu poljoprivrednu proizvodnju uz redukciju primene đubriva,
- poboljšanje zaštite životne sredine putem restauracije potoka, i finalno
- integrisano i održivo korišćenje vodnih resursa (Laura A. S. & Bernd M. G., 2014).

Prilikom navodnjavanja sivom vodom, osim što vegetacija zadržava vitalnost, moguće je smanjiti troškove. Varijacije u procentu uštede količine vode i troškova zavise od istraživanja do istraživanja (Eriksson et al., 2002). Međutim, bez obzira na tačnu količinu vode za piće koja se uštedi, upotrebom sive vode, potencijal uštede je vrlo značajan. Osim ovog pozitivnog faktora, u sivoj vodi se nalaze i hranjive materije koje deluju kao đubrivo na rast i razvoj biljaka. Većina deterđženata koji se nalaze i sivoj vodi su relativno brzo biorazgradiva (za manje od 1 h), te ne predstavljaju potencijalan rizik za rast ukrasnih biljaka, međutim, iz preventivnih razloga neophodno je održavati mere predostrožnosti (Al-Mashaqbeh et al., 2012), a najbolje prateći smernice bezbednosti koje su date u WHO-FAO-UNEP (FAO, 2017). Primećeno je da ponovna upotreba sive vode sa pH većim od 8 može dovesti do povećanja pH zemljišta i smanjenja dostupnosti nekih mikro-nutrienata za biljku i samim tim uticati na rast biljaka (Christova-Boal et al., 1996), što potvrđuje i

jedno novije istraživanje u Republici Srbiji gde je utvrđeno da je siva voda uticala na smanjenje, odnosno usporen rast ukrasnih biljaka. Međutim, kada je u pitanju razvoj biljaka, u smislu razvića mladih izdanaka, kao i estetski kvalitet, siva voda nije imala negativan uticaj (Dabić et al., 2017).

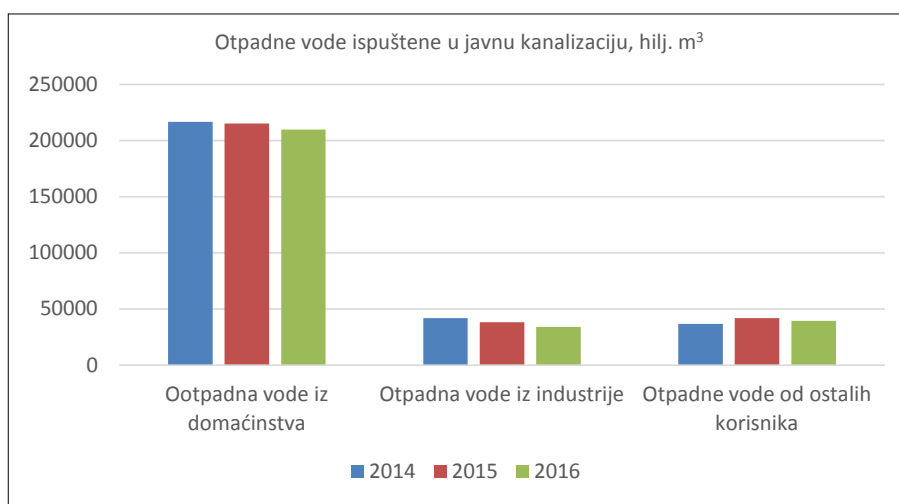
Ovakav vid zalivanja se može primeniti za zalivanje zelene infrastrukture, bila ona ruralna, urbana, privatna ili javna. Neke zemlje su prepoznale potencijal sive vode gde se koristi za različite namene. Grčka predstavlja pozitivan primer primene sive vode na javnim površinama, gde se siva voda koristi za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta, parkova, šuma, grožđa i maslinjaka (Ilias et al., 2014). Od 2001. godine stanovnici Sidneja se snabdevaju tretiranom otpadnom vodom za ispiranje toaleta, navodnjavanje vrtova i protivpožarnu zaštitu (Eureka Strategic Research, 2001). Kalifornija i Florida spadaju u vodeće države po pitanju reciklaže sive vode. Od 1967. godine reciklirana voda se koristi za navodnjavanje useva, golf terena, parkova, školskog zemljišta, zelenih pojaseva, urbanog zelenila, zelenila duž autoputeva, druge industrijske potrebe, kao i za ispiranje toaleta (Po et al., 2003). U Meksiko Sitiju skoro sva sakupljena neobrađena otpadna voda se koristi za navodnjavanje raznih useva, kao i za urbane potrebe (punjenje rekreativnih jezera, navodnjavanje zelenih površina, pranje automobila), za punjenje dela suvog jezera Texcoco, kao i za druge lokalne potrebe (Jimenez, 2001). Siva vode se može koristiti za navodnjavanje svih kategorija zelenih površina, bilo da je u pitanju zelenilo duž puteva, drvoredi, parkovske površine, urbano zelenilo (Po et al., 2003). Siva voda ima primenu i za ispiranje toaleta, navodnjavanje vrtova, protivpožarnu zaštitu (SydneyWater, 2001), korišćenje u industriji, zalivanje poljoprivrednih useva (Po et al., 2003). Ovakav način navodnjavanja je vrlo značajan za aridne i poluaridne regione. Naime, usled malog broja padavina koje su zastupljene u sušnom i polusušnom regionu, dolazi do povećane potrošnje pijaće vode za navodnjavanje poljoprivrednih useva, urbanog zelenila itd., te se na osnovu navedenih primera upotrebe sive vode može reći da siva voda može da doprinese smanjenoj potrošnji pijaće vode za oko 30% (Eriksson et al., 2002), razvoju gajenih kultura, kao i očuvanju urbanog zelenila.

4. POTENCIJALI PRIMENE SIVE VODE U REPUBLICI SRBIJI / THE POTENTIALS OF GRAY WATER APPLICATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Potencijali za primenu sive vode se mogu sagledati sa dva aspekta, tj. količine i kvaliteta sive vode, kao i prostorne zastupljenosti urbanog zelenila koje se može navodnjavati.

Imajući u vidu da u Republici Srbiji ne postoje sistemi za primenu sive vode, na osnovu podataka o ukupnim komunalnim otpadnim vodama mogu se izvesti orijentacioni podaci o količinama sive vode. U Republici Srbiji izgrađena su postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda u samo 20% opština, a samo 5-10% otpadnih voda se prečišćava. Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda su uglavnom van funkcije iz različitih razloga - tehnički zastarela oprema, nedovoljan kapacitet, nedovršena izgradnja, nezadovoljavajući ili nedovoljan efekat prečišćavanja, tehnička neispravnost i drugo (Bovan et al., 2015). Prema izgrađenosti kanalizacione infrastrukture, Srbija spada u grupu srednje razvijenih zemalja, dok je u pogledu tretmana otpadnih voda na samom začelju. Većina otpadnih voda se bez prečišćavanja upušta u recipijente (Vlada Republike Srbije, 2015). Kanalizaciona infrastruktura je takva da svu otpadnu vodu odvodi u istom smeru, bez mogućnosti razdvajanja sive i crne vode koja sadrži fekalije. Samo na pros-

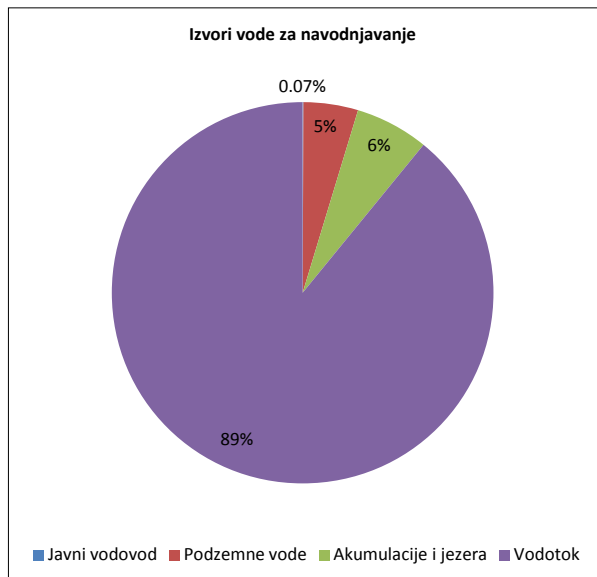
toru Vojvodine količina otpadnih voda je 150 L/stanovniku dnevno u ruralnim naseljima, kojih ima 414 od ukupno 467 naselja na prostoru Vojvodine (Dalmacija, 2010). Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (2017), od ukupne količine otpadnih voda na prostoru Republike Srbije u toku 2016. godine, 53.35% čini otpadna voda iz domaćinstva, dok se od ukupne količine otpadnih voda samo 12.01% se prečišćava, što je za 4.7% više u odnosu na 2015. godinu. Od načina prečišćavanja zastupljeno je primarno, sekundarno i tercijarno prečišćavanje (Republički zavod za statistiku, 2011). Prema poreklu otpadnih voda ispuštenih u javnu kanalizaciju, pored otpadne vode poreklom iz domaćinstva, zastupljene su i otpadna voda iz industrije i otpadna voda drugih korisnika (Slika 1). U industrijski sektor su uključene količine otpadne vode iz sektora: rudarstva, prerađivačke industrije i snabdevanja električnom energijom, gasom i parom. U ostale korisnike su uključene količine otpadne vode iz sektora: poljoprivrede, šumarstva i ribarstva; građevinarstva i uslužnih delatnosti. Na Slici 1 je grafički prikazana količina otpadne vode ispuštene u javnu kanalizaciju na prostoru Republike Srbije (Republički zavod za statistiku, 2017b).



Slika 1. Količina otpadne vode u Republici Srbiji koja je ispuštena u javnu kanalizaciju / **Figure 1.** The amount of wastewater in the Republic of Serbia that has been discharged into the public sewage system

Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (2017a), tokom 2016. godine navodnjavano je 43 486 ha površine, a najzastupljeniji tip navodnjavanja je navodnjavanje veštačkom kišom (orašavanje), dok je zastupljeno navodnjavanje i putem sistema kap po kap, kao i površinsko navodnjavanje. Od ukupne količine

vode za navodnjavanje, najveća količina se crpi iz vodotoka (89,11%), zatim iz akumulacija i jezera, podzemnih voda, kao i iz javnog vodovoda. Na Slici 2 je prikazana procentualna zastupljenost izvora vode za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta na prostoru Republike Srbije u 2016. godini.



Slika 2. Procentualna zastupljenost izvora vode za navodnjavanje na prostoru Republike Srbije u 2016. godini
/ **Figure 2.** Percentage of water sources for irrigation in the Republic of Serbia in 2016

Po pitanju prostorne zastupljenosti zelenila u Republici Srbiji ne postoji katastar zelenih površina, tako da kao primer prikazujemo podatke za mrežu javnih zelenih površina za područje Novog Sada, koji se može uzeti kao primer tipične urbane sredine u Republici Srbiji. Prema postojećem katastru zelenila u Novom Sadu postoje sledeće kategorije zelenila: parkovi, javni vrtovi, otvoreni zeleni prostori, zeleni prostori u okviru prostora specifične namene, zelenilo duž puteva i saobraćajnica, zelene površine u zoni stanovanja, zelene površine kulturno-istorijskog značaja, zelene površine uz vodene tokove, zelene površine oko javnih objekata i rubno zelenilo. Sa aspekta vlasništva, najveći udeo zauzimaju površine u privatnom vlasništvu (48%), zatim javne zelene površine (37%) i zelene površine ograničenog korišćenja (15%), čije bi zalivanje sivom vodom doprinelo

uštedi pijaće vode za oko 30% (Eriksson et al., 2002).

Perspektive upotrebe sive vode

Veliki broj kategorija zelenih površina zahteva redovno održavanje, kako bi ono moglo da ispunjava svoju estetsku i funkcionalnu ulogu. Posmatrano sa sive vode potreba za zalivanjem u letnjem periodu, može se primetiti da se pojedine kategorije zelene infrastrukture ili ne zalivaju uopšte, ili se zalivaju sporadično. Uzrok tome je što nadležna komunalna služba ne može svojim kapacitetima da zadovolji potrebe zelene infrastrukture za vodom. U tom smislu siva voda predstavlja alternativan izvor za zalivanje. Imajući u vidu da najveći prostor zauzimaju zelene površine u zoni stanovanja (Tabela 1), građani bi mogli da se uključe u zalivanje sivom vodom uz primenu smernica za njenu bezbed-

nu upotrebu. Na osnovu dosadašnjih saznanja možemo predpostaviti da bi ovakav pristup od strane građana, ili nadležne komunalne službe, mogao doprineti smanjenu upotrebe pijaće vode predpostavlja se za oko 30–50% (u zavisnosti od zastupljenih vrsta na određenoj površini i njihove otpornosti), ili povećanju kapaciteta vode za navodnjavanje (u istom procentu), a samim tim i boljoj održivosti urbanog zelenila. Ipak, primena iskorišćene/otpadne vode još uvek nije razmatrana od strane nadležne službe.

U Republici Srbiji inicijalna istraživanja, koja se bave upotrebom sive vode su sprovedena i odnose se na navodnjavanje sivom vodom ukrasnih biljaka. Naime, preliminarni rezultati primene sive vode dobijeni iz jednog domaćinstva na dekorativne biljke su ohrabrujući (Dabić et al,

2017). Istraživanja sprovedena od strane Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu ukazuju na mogućnost primene sive vode za zalivanje bilo da je u pitanju 100% siva voda, ili smeša pijaće i sive vode. Najveći porast biljke su dostigle prilikom zalivanja pijaćom vodom, dok je najsporiji porast primećen kod biljka zalivanih sa 100% sivom vodom. Ukoliko posmatramo razvoj mladih izdanaka, upravo biljke koje su zalivane pijaćom i 100% sivom vodom su imale jednak broj razvijenih izdanaka, koji je manji u odnosu na biljke zalivane sa smešom pijaće i sive vode, kao i biljke koje su naizmenično zalivane pijaćom i sivom vodom. Međutim, najbolji efekat je postignut prilikom naizmeničnog zalivanja pijaćom i sivom vodom pri čemu ne dolazi do ometanja rasta i razvoja biljaka.

5. ZAKLJUČAK / CONCLUSION

Snabdevanje pijaćom vodom je od ključnog značaja za opstanak ljudskog društva, ali i mnogih drugih organizama. Međutim, rast stanovništva, brza urbanizacija, viši standardi života i klimatske promene značajno doprinose potrošnji pijaće vode. Zemlje, u kojima vlada nestašica vode, mogu ovaj problem da smanje upotrebom sive vode. Upotreba sive vode ima svoje prednosti, ali i ograničenja, kada je u pitanju uticaj na životnu sredinu. Potencijal sive vode se ogleda u sadržaju hranljivih materija koje poboljšavaju rast i razvoj biljaka, a ujedno nastaje u domaćinstvu. Međutim, treba voditi računa u kojoj meri su materije u sivoj vodi zastupljene, jer prevelika količina može da izazove štete po biljke, životinje i čoveka. Iz tih razloga vrlo je važno pridržavati se smernica za upotrebu sive vode. S obzirom da siva voda predstavlja 50-80% uobičajene potrošnje vode u domaćinstvu, njeno ispuštanje u kanalizaciju predstavlja propuštanje mogućnosti za očuvanje resursa. Istraživanja ukazuju na to da siva voda može da se koristi za navodnjavanje zelenih infrastruktura, poljoprivrednih useva, dopunu podzemne vode, industrijske potrebe, ili ispiranje toaleta u turističkim i sportskim objektima, pranje odeće ili protivpožarnu zaštitu. Iako su preliminarna istraživanja u Republici

Srbiji ukazala na mogućnost primene sive vode za zalivanje, neophodno je istraživanje proširiti na veći broj biljnih vrsta, u saradnji sa gradskim zelenilom. Na osnovu dosadašnjih saznanja možemo predpostaviti da je upotrebom sive vode moguće sačuvati zalihe sveže vode za oko 30–50%. Pored toga, upotreba sive vode, može pružiti značajne ekonomske i ekološke prednosti u vidu očuvanja vodnih resursa i održavanja vegetacije. Ovo posebno može biti od koristi u urbanim sredinama, gde se tokom sušnih perioda siva voda može koristiti za zalivanje urbane zelene infrastrukture. Na ovaj način se postiže ušteda pijaće vode, uz istovremeno održavanje zelenila u gradovima.

Iako su preliminarna istraživanja upotrebe sive vode sprovedena u Republici Srbiji dala ohrabrujuće rezultate, slična bi trebalo sprovesti na druge vrste, takođe i druge urbane sredine u Republici Srbiji i zemlje u okruženju, kako bi se dobila jasna slika o prednostima/ograničenjima njihove upotrebe u našim klimatskim uslovima. Pored toga, potrebno je pažljivo definisati smernice za bezbednu upotrebu sive vode, informisati građanstvo o tome i motivisati ga za korišćenje.

Literatura / References

- Bovan B. A., Barić S. M., Dalmacija B., Radovanović J. H. (2015). *Korišćenje i tretman komunalnih i industrijskih otpadnih voda u Republici Srbiji*. CEDEF, Pokrajinski sekretarijat za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine APV, Beograd, Republika Srbija: 60 str.
- Christova-Boal D., Eden R. E., Mcfarlane S. (1996). An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination* 106(1–3): 391–397.
- Dabić B., Grabić J., Mladenović E., Orlović S., Benka P., Čukanović J., Pavlović L. (2017). Preliminary research on morphological features of plant *Berberis thunbergii* DC. Upon greywater irrigation. U: *Proceedings of XXI International Eco-conference 2017, 27-29 September 2017., Environment alprotection of urban and suburban settlements*. Novi Sad, Serbia: 99–106.
- Dalmacija B. (2010). *Osnovi upravljanja otpadnim vodama*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet.
- Dixon A. M., Butler D., Fewkes A. (1999a). Guidelines for greywater reuse: Health issues. *Water and Environment Journal* 13(5): 322–326.
- Dixon A., Butler D., Fewkes A., Robinson M. (1999b). Measurement and modelling of quality changes in stored untreated grey water. *Urban Water* 1(4): 293–306.
- Eriksson E., Auffarth K., Henze M., Ledin A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water* 4(1): 85–104.
- Eureka Strategic Research. (2001). *Rouse Hill Area: Community views on recycled water, Post Commissioning* [Internal report]. Sydney Water, Sydney, Australia.
- FAO. (2008). *Resource Document. FAO Land and Water Division*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). Preuzeto 8. avgusta 2017. sa <http://www.fao.org/land-water/water/water-management/wastewater/en/>
- Feachem R. G., Bradley D. J., Garelick H., Mara D. D. (1980). *Appropriate technology for water supply and sanitation. Health aspects of excreta and sludge management: A state of the art review 3*. The world Bank: Transportation, Water and Telecommunications Department.
- Ilias A., Panorás A., Angelakis A. (2014). Wastewater recycling in Greece: The case of Thessaloniki. *Sustainability* 6(5): 2876–2892.
- International Water Management Institute (IWMI). (2002).
- Jiménez B., Chávez A., Mayan C., Gardens L. (2001). The removal of the diversity of microorganisms in different stages of wastewater treatment. *Water Science and Technology* 43(10): 155–162.
- Alcalde S. L., Gawlik B. (2014). *Water Reuse in Europe - Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation*. Publications Office of the European Union: 51 str.
- Ng M. (2004). *Household greywater reuse for garden irrigation in Perth*. Centre for Water Research. University of Western Australia: 87 str.
- Al-Mashaqbeh O. A., Ghrair A. M., Megdall S. B. (2012). Grey Water reuse for agricultural purposes in the Jordan Valley: household survey results in Deir Alla. *Water* 4(3): 580–596.
- Pinto U., Maheshwari B. L., Grewal H. S. (2010). Effects of grey water irrigation on plant growth, water use and soil properties. *Resources, Conservation and Recycling* 54(7): 429–435.
- Po M., Kaercher J. D., Nancarrow B. E. (2003). *Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse*. CSIRO Land and Water: 39 str.
- Republički zavod za statistiku. (2011). *Saopštenje. Statistika životne sredine - Republika Srbija, broj 153*. Beograd.
- Republički zavod za statistiku. (2017a). *Eko-bilten (Ispostavljeno izdanje)*. Beograd: 106 str.
- Republički zavod za statistiku. (2017b). *Saopštenje. Statistika životne sredine - Republika Srbija, broj 118*. Beograd
- Siggins A., Burton V., Ross C., Lowe H., Horswell J. (2016). Effects of long-term grey water disposal on soil: A case study. *Science of the Total Environment* 557–558: 627–635.
- UN Water. (2017a). Preuzeto 8. avgusta 2017. sa <http://www.unwater.org/water-facts/climate-change/>
- UN Water. (2017b). Preuzeto 8. avgusta 2017. sa <http://www.unwater.org/water-facts/quality-and-wastewater/>
- Vlada Republike Srbije. (2015). *Strategija upravljanja vodama na teritoriji Republike Srbije – analize i istraživanja*. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd: 235 str.

WHO. (2006a). *Overview of greywater management health considerations*, (Report WHO-EM/CEH/125/E). WHO, Geneva: 49 str.

WHO. (2006b). *WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater – Volume IV:*

Excreta and grey water use in agriculture. WHO, Geneva: 182 str.

World Resources Institute (2015). Preuzeto 18. februara 2018. sa <http://www.wri.org/blog/2015/08/ranking-world's-most-water-stressed-countries-2040>

Summary

Water is a resource that is essential for the survival of the living world on earth. Given that its volumes are limited, that water needs grow, and that in various ways it is polluted, its reserves are a global problem. However, the use of drinking water for watering and maintaining urban green infrastructure can result in a faster shortfall in its reserves, and it is necessary to provide additional water resources. It is precisely this study that aims to reuse wastewater or gray water for irrigation, in order to ensure sufficient quantities and reserves of drinking water in the future, while not endangering the environment.

Gray water represents any component of waste water from the kitchen and bathroom, but does not include toilet water, known as “black water”. The compounds present in gray water vary from source to source, which is influenced by lifestyle, customs, plumbing and the use of chemical products in the household. These compounds are derived from chemical products used in households such as detergents, soaps, shampoos, perfumes, preservatives, paints and cleaning agents (Eriksson et al., 2002). The waste water originating in the kitchen contains lipids (fats and oils), tea, coffee, soluble starch, milk products and glucose, while waste water originating in the washing machine contains various types of detergents, bleachers and perfumes. According to Pinto et al. (2010) Soaps and detergents are the main component of gray water. In order to maintain the re-use of gray water, its physical and chemical characteristics, as well as the microbiology of water, are very important.

Given that according to the WHO (2006b), the total gray water represents more than 2/3 of domestic wastewater, and that at global level over 70% of freshwater consumption is consumed for agricultural purposes (FAO, 2008), gray water may represent an alternative a watering solution during the dry season. In irrigation with gray water, besides contributing to maintaining vegetation vital, we can reduce costs. In addition to this positive factor, gray waters also contain nutrients that act as a fertilizer for the growth and development of plants. Gray water can be used for irrigation of all categories of green areas, whether it's home gardens, greenery along roads, avenues, park surfaces, urban greenery, etc., as well as for watering agricultural crops, supplementation of groundwater, toilet wash, use in industry, laundry (Jimenez, 2001; Eureka Strategic Research, 2001; Po et al., 2003).

However, despite the abovementioned potential of gray water, most of the wastewater is recycled in the Republic of Serbia without recycling (Vlada Republike Srbije, 2015). However, there is an initial research dealing with the use of gray water, and refers to the irrigation of ornamental plants with gray water (Dabić et al., 2017). This study had a good effect and showed good results.

Countries with water shortages can reduce this problem by using gray water. However, care should be taken of the extent to which gray matter matters are represented, because excessive quantities can cause damage to plants, animals and humans. For these reasons, it is very important to follow the guidelines for the use of gray water. Research indicates that gray water can be used to irrigate green infrastructures (golf courses, parks, courtyards, urban greenery, greenery along roads, etc.), agricultural crops (cereals, fruits, vegetables), supplemental groundwater, in-

dustrial needs or toilet wash in tourist and sports facilities, clothes washing or fire protection, and that using gray water it is possible to preserve fresh water supplies in the range of 30–50% and have significant economic (saving resources and finance) and ecological (preservation of water resources and maintenance of vegetation) advantages. Such results indicate that the use of gray water leads to the storage of substantially large amounts of drinking water, and that this way of watering is an alternative solution for planting plants during the dry season, as well as reduced consumption of drinking water and preservation of water resources.

Keywords: gray water, green infrastructure, urban greenery, watering