

SISTEMI ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U VELIKIM I MALIM NASELJIMA

Danijela NIKOLIĆ dipl.maš. inž*, Jasmina SKERLIĆ dipl.maš. inž, Vanja ŠUŠTERŠIĆ vanr. prof.

Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu
Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija

*Autor za korespondenciju, E-mail: danijelan@kg.ac.rs, mob. tel. +381 69 844 96 31

REZIME

Kada se razmatra problematika prečišćavanja otpadnih voda, u odnosu na veličinu naselja koncipira se i tip procesa prečišćavanja otpadnih voda. U grupu velikih naselja spadaju naselja sa preko 20.000 stanovnika. Mnoga od njih nisu pokrivena centralizovanim sistemima za prečišćavanje otpadnih voda, pa se za obradu otpadnih voda tih naselja koristi decentralizovani sistem. Mala naselja obuhvataju grupu naselja sa manje od 5.000 stanovnika. Za prečišćavanje otpadnih voda malih naselja preporučuju se tzv. prirodni sistemi prečišćavanja koji su u najvećem broju slučajeva sistemi prečišćavanja zemljištem. Ovaj rad najpre daje pregled decentralizovanog procesa prečišćavanja kroz postupak prethodne obrade, primarnog, sekundarnog i tercijarnog prečišćavanja, sa posebnim osvrtom na svaku od ovih procedura, a zatim daje pregled prirodnog sistema prečišćavanja. Radi se o kompleksnom (biološkom, hemijskom i fizičko-hemijskom) procesu uklanjanja zagađenja otpadne vode koji se odigrava na površini i u gornjem, površinskom sloju zemljišta. Najzastupljeniji sistemi prirodnog prečišćavanja su: navodnjavanje zemljišta otpadnom vodom, infiltracija otpadnih voda kroz zemljište i prelivanje zemljišta otpadnom vodom. Navedeni postupci su danas vladajući u svetskoj praksi.

Ključne reči: prečišćavanje otpadnih voda, naselja, decentralizovani sistemi, prirodni sistemi

1. UVOD

Osnovni cilj tretmana otpadnih voda je da se omogući uklanjanje organskih materija i industrijskih zagađivača, bez opasnosti po ljudsko zdravlje i zagađenje prirodne sredine. U zakonodavnoj praksi Evropske Unije za prečišćavanje otpadnih voda koristi se termin *najbolje dostupne tehnike prečišćavanja*

otpadnih voda (BAT - *Best Available Technique*). Prema definiciji, najbolja dostupna tehnika za prečišćavanje otpadnih voda naselja obuhvata neke procese tretmana otpadnih voda koji se odnose na kvalitet sirove otpadne vode, kvalitet prečišćene otpadne vode i podobnost primene postupaka tretmana otpadnih voda u praksi [1]. Konvencionalno prečišćavanje otpadnih voda sastoji se od kombinacije fizičkih, hemijskih i bioloških procesa i operacija za uklanjanje čvrstih zagađivača, organskih materija i, ponekad, hranljivih materija iz otpadnih voda. Pod velikim naseljima podrazumevamo naselja sa preko 20.000 stanovnika. Tretman otpadnih voda ovakvih naselja je često decentralizovan sistem prečišćavanja, a on se danas u svetskoj praksi susreće kao jedan od dominantnijih [2].

Tokom proteklih decenija, sve veća pažnja je usmerena ka potrebama za jeftinijim, održivim i efikasnijim tehnologijama za prečišćavanje otpadnih voda koje su zasnovane na ekološkim principima i tehnologijama koje predstavljaju prirodne sisteme prečišćavanja otpadnih voda. Ekološke karakteristike ovih tehnologija su njihova sposobnost oporavka resursa i njihovo ponovno korišćenje (voda i hranljivih materija) pri čemu je upotreba energije i hemikalija minimalna ili uopšte ne postoji. Različite vrste prirodnih sistema za prečišćavanje otpadnih voda odgovaraju različitim ekosistemima, počev od zemljišta sa višim stepenom infiltracije, sistema za prelivanje zemljišta, konstrukcije veštačkih močvara i na kraju stabilizacije mulja u ribnjacima ili lagunama.

Za prečišćavanje otpadnih voda malih naselja, koja obuhvataju naselja sa manje od 5.000 stanovnika, preporučuju se tzv. prirodni sistemi prečišćavanja (engleski: *Natural Treatment Systems*), koji su u najvećem broju slučajeva sistemi prečišćavanja zemljištem.

2. DECENTRALIZOVANI SISTEM PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

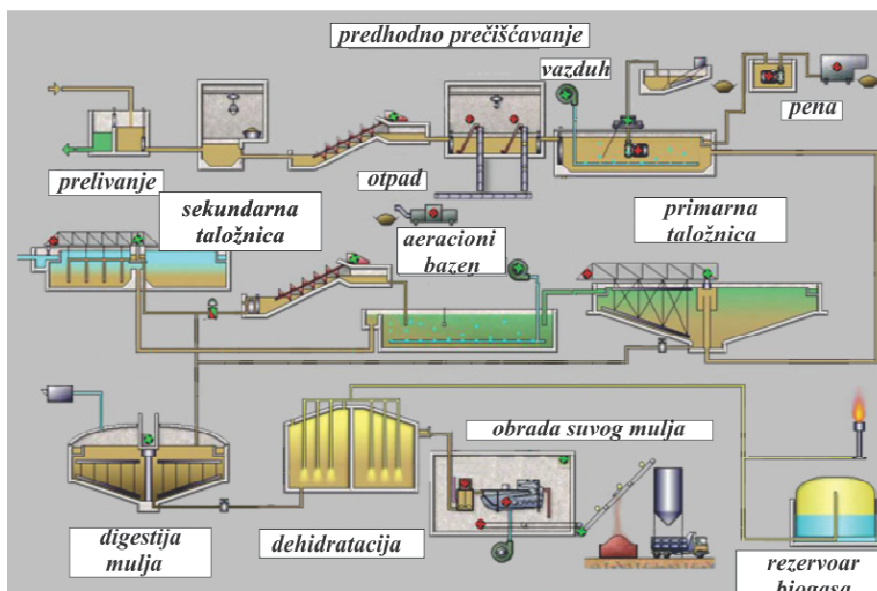
Decentralizovani sistem prečišćavanja otpadnih voda najčešće se sastoji od:

- Primarnog tretmana (postupci mehaničkog prečišćavanja) – koji služi najpre za otklanjanje materija koje se lako mogu sakupiti iz sirove otpadne vode pre nego što oštete ili blokiraju pumpe i ostale uređaje koji se koriste u sledećim korcima prečišćavanjima (ovo se često zove i prethodno prečišćavanje); dalje, ovaj tretman se sastoji u privremenom zadržavanju mulja u taložnici, dok ulje, masnoća i lako rastvorljive materije plutaju po površini.
- Sekundarnog tretmana (postupci biološkog prečišćavanja) – kojim se otklanjaju rastvorene i suspendovane biološke materije. Ovaj postupak se obično vrši autohtonim vodenim mikroorganizmima u kontrolisanim staništima.
- Tercijarnog tretmana – prečišćena voda se ponekad dezinfikuje hemijskim ili fizičkim putem pre ispuštanja u vodene tokove, lagune ili močvare, ili se koristi za navodnjavanje golf terena, zelenih površina i parkova. Ako je voda potpuno čista, može se koristiti i u poljoprivredne svrhe, kao i za dopunjavanje podzemnih rezervoara.

Primena ovakvih postupaka prečišćavanja otpadnih voda (Slika 1) zasnovana je na principu minimalnog održavanja, a kritični delovi sistema rade kontinuirano i nesmetano. Ova tehnologija omogućava primenu tretmana kod domaćih i industrijskih (ne toksičnih) izvora, a kapacitet tretiranja otpadne vode je od 1 do 1.000 m³ dnevno [3].

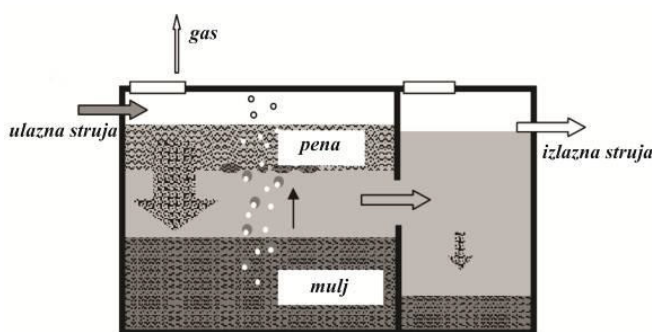
PRIMARNI TRETMAN

Cilj primarnog tretmana je najpre otklanjanje grubih čvrstih predmeta i ostalih većih predmeta koji se često mogu naći u sirovoj otpadnoj vodi - prethodno prečišćavanje. Otklanjanje ovih materijala je potrebno da bi se poboljšao rad i održavanje sledećih komponenti u sistemu. Operacije ovog tretmana otpadnih voda obično uključuju grubi skrining, otklanjanje šljunka i, u nekim slučajevima, usitnjavanje velikih objekata. U komorama sa šljunkom, brzina vode se održava dovoljno velikom ili se koristi vazduh, da bi se sprečilo taloženje većine organskih čvrstih materija. Otklanjanje šljunka se ne tretira kao korak prethodnog tretmana u većini malih postrojenja za tretman otpadnih voda. Ponekad se dodatno koriste usitnjivači kao dodatak procesu grubog skrininga, koji smanjuju veličinu partikulanata u otpadnoj vodi, tako da oni mogu biti otklonjeni u vidu mulja u naknadnim procesima tretmana otpadnih voda. Jedan od procesa koji se može koristiti u prethodnom prečišćavanju otpadnih voda je hlorisanje.



Slika 1. Šematski prikaz postrojenja za prečišćavanje

Dalji postupak primarnog tretmana je taloženje. Za ovu fazu tretmana otpadnih voda koristi se uređaj koji se zove taložnica ili primarna taložnica (Slika 2), a njena osnovna funkcija je odvajanje čiste vode iz biomase. Ako je potrebno, može se instalirati i skringing uređaj za sprečavanje ulaska neželjenih većih komada različitih materijala [4]. Taložnica je podzemni rezervoar sa jednim pregradnim zidom. Unutar nje se odvijaju dva glavna procesa tretmana otpadnih voda – prvo sedimentacija ili taloženje i drugo stabilizacija i digestija nataloženog mulja kroz biološki tretman. Zapreminski prostor je obično dovoljan za 18 do 36 meseci rada, što je neophodno za stabilan process.



Slika 2. Presek tipične taložnice

Sedimentacija se obično koristi kao primarni korak u modernim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda, pri čemu se smanjuje sadržaj suspendovanih čvrstih materijala, kao i zagađivača koje oni sadrže. U primarnoj fazi sedimentacije – taloženja, mulj prolazi kroz velike rezervoare, koji se obično zovu primarni taložnici. Zbog velike količine reagenasa potrebnih za tretiranje otpadnih voda naselja, hemijska koagulacija i flokulacija se ne koriste.

U kasnim godinama XIX veka, počinje korišćenje septičkih rezervoara za primarni tretman otpadnih voda, da bi sredinom XX veka, uz pražnjenje ovih rezervoara kroz slojeve šljunka i podzemne odvođe, ovo postala uobičajena praksa. Danas se ovi rezervoari koriste za stvaranje mulja, dok masti i ulja ostaju da plivaju po površini odakle se otklanjaju posebnim procesima. Primarni taložnici su obično opremljeni mehaničkim zgrtačima koji rade neprekidno, prikupljaju mulj i guraju ga na dno rezervoara, odakle se on dalje pumpa do postrojenja za tretman mulja. Masti i ulja iz plutajućeg sloja u nekim postrojenjima se mogu koristiti za dalji proces saponifikacije. Taložnik treba da bude dimenzionisan tako da ima visoku efikasnost uklanjanja mulja i plutajućih masnih materija. Tipični sedimen-

tacioni rezervoar može da ukloni 60 do 65% suspendovanih materija i 30 do 35% biohemijskog kiseonika iz mulja.

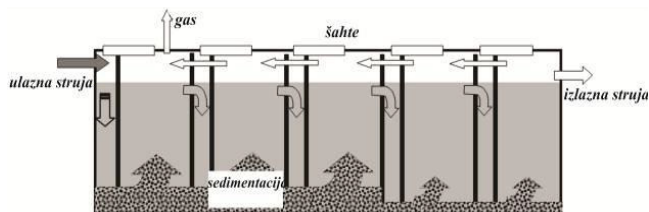
U mnogim industrijalizovanim zemljama, primarni tretman predstavlja minimalni nivo tretmana otpadne vode koja može da se dalje koristi za navodnjavanje. Može se smatrati da je ovaj nivo tretmana dovoljan za navodnjavanje useva koji se ne koriste za ljudsku ishranu ili za navodnjavanje voćnjaka, vinograda i sl.

SEKUNDARNI TRETMAN

Sekundarni tretman (biološko prečišćavanje) otpadnih voda je sledeći tretman nakon primarnog, čiji je cilj otklanjanje zaostalih organskih materija i suspendovanih čvrstih materijala. U većini slučajeva sekundarni tretman prati primarni i podrazumeva uklanjanje rastvorenih biorazgradivih i koloidnih organskih materija koristeći aerobne biološke procese. Aerobni biološki tretman se vrši u prisustvu kiseonika od strane aerobnih mikroorganizama (uglavnom bakterija) koje metabolišu organske materije u otpadnoj vodi, čime se proizvodi više mikroorganizama i neorganskih finalnih produkata (uglavnom CO_2 , NH_3 i H_2O).

Prost sistem septičkih rezervoara je najpoznatiji metod primarnog i sekundarnog tretmana otpadnih voda „na licu mesta” (on-site) zbog svojih velikih prednosti. Septički rezervoari uklanjaju skoro sav čvrst suspendovan materijal i pored toga, funkcionišu kao anaerobni bioreaktori u kojima se vrši parcijalna digestija organskih materija [5].

U ovoj fazi se često koristi anaerobni reaktor sa pregradama (Slika 3), tako što se konstruiše više rezervoara u seriji koji služe za digestiju razgradivih supstanci.



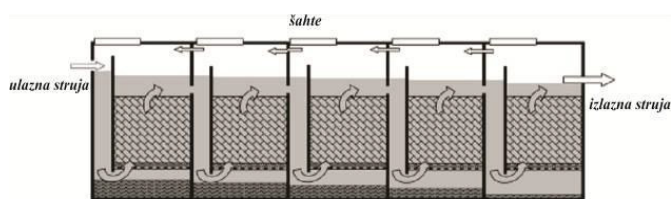
Slika 3. Presek anaerobnog reaktora sa pregradama

Pregradni zidovi ili PVC cevi usmeravaju struju otpadne vode između komora odozgo na dole i zatim ponovo naviše. Tokom ovog procesa, stalno dotiče nova

otpadna voda mešajući se sa starom i pri čemu se vrši digestija sa izdvojenim aktivnim slojem suspendovanih čestica i mikroorganizmima koji se javljaju na dnu svake komore. Zbog višekomorne fizičke separacije, različiti mikroorganizmi su prisutni u različitim fazama, što omogućava visoku efikasnost tretmana.

Postoji više vrsta sekundarnih tretmana kod decentralizovanih sistema za prečišćavanje otpadnih voda. Obzirom da je pesak najdostupniji i najčešće primenjivan medijum za filtere, u ovoj etapi tretmana otpadnih voda, on se često koristi kao peščani filter. Generalno, u oblastima sa dubokim slojevima propusnog zemljišta može se koristiti sistem septičkih rezervoara – propusno zemljište. Sa druge strane, u oblastima sa plitkim, veoma malo poroznim ili visoko propustljivim zemljištem zahteva se komplikovaniji sistem koji se postavlja na licu mesta.

Na kraju poslednje komore pregradnog rezervoara, koji je gore opisan, može se jedna ili više komora opremiti anaerobnim filterom u cilju poboljšanja efikasnosti daljeg tretmana otpadne vode. Filtar (obično pesak) koji je postavljen u širokom sloju, neprekidno je u kontaktu sa tokom otpadne vode, i ovakav sistem je veoma efikasan za zadržavanje i digestiju preostalih zagađivača (Slika 4). Problem začepljenja se smanjuje zbog digestije i procesa koji su se prethodno već odigrali u pregradnom rezervoaru. Ovaj proces se odvija sa fiksnim bakterijskim medijumom. Primarni i sekundarni tretman (aerobni reaktor sa pregradama i anaerobni filter) se najčešće postavljaju ispod nivoa zemlje. Različite faze mogu biti dizajnirane skupa ili pojedinačno. Otpadna voda koja prođe kroz anaerobni filter, ima i do 90 % efikasnost prečišćavanja.



Slika 4. Presek anaerobnog filtra

Kako sistem radi u zatvorenom okruženju bez kiseonika (anaerobni uslovi), otpadna voda i dalje ima neprijatan miris, uprkos činjenici da je veći deo tretmana već obavljen. Iz ovog razloga je u decentralizovani sistem prečišćavanja otpadnih voda neophodno uključiti i dodatni tretman - tercijarni tretman, i to u formi filtra sa šljunkom.

TERCIJARNI TRETMAN

Svrha tercijarnog tretmana otpadne vode je da obezbedi finalnu fazu tretmana otpadnih voda i time obezbedu njen viši kvalitet pre nego što se ona ispusti u životnu sredinu (more, reka, jezero, zemljište itd.). U postrojenjima za tretman otpadnih voda može se koristiti više tercijarnih tretmana. Ako se sprovedi dezinfekcija, ona je uvek završni proces, i naziva se još i "poliranje otpadne vode". Tercijarni tretman se koristi u slučajevima kada otpadna voda sadrži specifične zagađivače koji moraju biti uklonjeni, a to se ne postiže sekundarnim tretmanom. Stoga se koriste posebni procesi koji su neophodni za uklanjanje azota, fosfora, dodatnih suspendovanih materija, teških metala i dr.

Uklanjanje azota se vrši putem njegove biološke oksidacije od amonijaka do nitrata (nitrifikacija), a zatim sledi denitrifikacija kojom se nitrati prevode u azot u gasovitom stanju, koji se zatim ispušta u atmosferu. Ovim putem se otklanja azot iz otpadne vode prilikom njenog tretmana [6].

Otklanjanje fosfora je važno jer je odlučujući faktor za rast algi i hranljivih materija u mnogim vodenim sistemima. Fosfor se može ukloniti biološkim putem tzv. alternativnim biološkim postupcima uklanjanja fosfora. Takođe se može ukloniti i hemijskim taloženjem, obično solima gvožđa (npr. hloridi gvožđa), aluminijumom (stipsa) ili krečom. Hemijsko uklanjanje fosfora zahteva znatno manje opreme, lakše se izvodi i često je pouzdanije od istog biološkog tretmana. Drugi metod za uklanjanje fosfora je korišćenje granularnog laterita. Jednom uklonjen fosfor, u obliku mulja visoke koncentracije fosfata, može se skladištiti na deponiji ili preraditi za upotrebu kod mineralnih đubriva. Poboljšanje i unapređenje jedinica za tretman otpadnih voda kao i potreba da se minimiziraju štetni uticaji na životnu sredinu doveli su do povećane upotrebe tercijarnog tretmana.

3. PRIRODNI SISTEMI PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

Kod prirodnih sistema prečišćavanja otpadnih voda radi se o kompleksnom (biološkom, hemijskom i fizičko-hemijskom) procesu uklanjanja zagađenja otpadne vode koji se odigrava na površini i u gornjem, površinskom sloju zemljišta. U prečišćavanju učestvuju mikroorganizmi koji obitavaju u zemljištu i biljke koje tu rastu ili su tu zasađene, zatim dolazi do interakcije između zemljišta i zagađene otpadne vode, kao što je

hemijsko taloženje, adsorpcija, jonska razmena. Taj kompleksan proces se drži pod kontrolom regulisanjem količine otpadne vode kojom se natapa zemljište, da ne bi došlo do prodiranja neprečišćene otpadne vode u podzemne vode ili do ocedivanja u površinske vodotokove, i na taj način do njihovog zagađivanja. Sem toga, dodaje se otpadna voda u količini koju može da „prihvati“ zemljište, a da ne dođe do prevladavanja anaerobnih uslova u zemljištu što rezultira padom kapaciteta prečišćavanja otpadne vode [7].

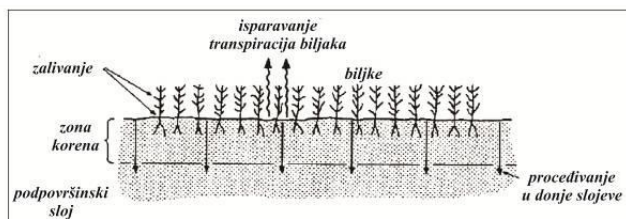
Zemljište se može koristiti kao proces tercijarnog prečišćavanja otpadnih voda (prečišćenih u procesu sekundarnog prečišćavanja), prevashodno u cilju uklanjanja nutrijenata; ili kao proces sekundarnog prečišćavanja, za uklanjanja organskog zagađenja otpadne vode. Najzastupljeniji sistemi prirodnog prečišćavanja su:

- navodnjavanje zemljišta otpadnom vodom,
- infiltracija otpadne vode kroz zemljište i
- prelivanje zemljišta otpadnom vodom.

Lagune, gde se gaje biljke i riba koja se zatim prerađuje u hranu za životinje ili se koristi u industriji, takođe se mogu koristiti za tretman otpadnih voda, čiji je cilj obično povećanje biomase [8,9].

NAVODNJAVANJE

Navodnjavanje (Slika 5) je najčešće korišćen sistem, a smatra se najpouzdanijim i najboljim sistemom prečišćavanja otpadne vode zemljištem, odnosno daje najbolji kvalitet obrađene otpadne vode. Navodnjavanje se može definisati kao hidrotehnički postupak kojim se veštačkim putem dovodi voda kako bi se u zemljištu postogla količina koja je od suštinske važnosti za rast biljaka [9]. Navodnjavanje igra vitalnu ulogu u povećanju prinosa useva, kao i u stabilizaciji proizvodnje. U sušnim i polusušnim oblastima, navodnjavanje je neophodno za ekonomski napredak poljoprivrede, dok u poluvlažnim i vlažnim oblastima često predstavlja dodatak na već postojeću osnovu. Obično se navodnjava obradivo zemljište na kome se gaje usevi i druge biljne kulture čijom se prodajom nadoknađuje deo troškova takvog sistema prečišćavanja. Izbor biljaka koje će se gajiti zavisi takođe od niza faktora: kapaciteta apsorpcije azota, količine vode koju apsorbuju i tolerancije prema povećanoj vlazi zemljišta, otpornosti na zagađenje iz otpadnih voda; pa su u tom pogledu pogodne razne vrste trava.



Slika 5. Prečišćavanje otpadne vode navodnjavanjem zemljišta [1]

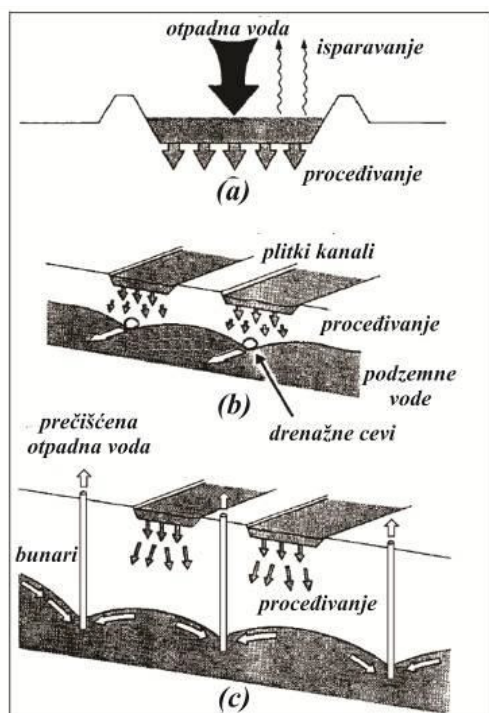
INFILTRACIJA

Infiltracija opisuje kretanje vode sa površine u unutrašnjost zemljišta i definiše uslove kretanja vode na površini terena [10]. Infiltracija se može koristiti kao jedan od načina prečišćavanja otpadnih voda zemljištem, a sastoji se u periodičnom nalivanju otpadnom vodom plitkih kanala ili bazena iskopanih na zemljištu velike propustljivosti (peskovito i šljunkovito zemljište) (Slika 6a), pri čemu se voda prečišćava tokom procedivanja kroz sloj zemlje do nivoa podzemnih voda. Ukoliko se ne dozvoljava da prečišćena otpadna voda dospe u podzemne vode, sakuplja se drenažnim (perforiranim) cevima (Slika 6b), u odgovarajuće kanale ili izvlači na površinu preko sistema bunara (Slika 6c).

Najveći deo otpadne vode se proceduje, a samo mali deo isparava (obično nema vegetacije). Za prečišćavanja efluenta septičkih rezervoara, kod postupaka za prečišćavanje otpadnih voda najmanjih naselja, ovaj postupak bi mogao da dođe u obzir, pod uslovom da nema značajne emisije mirisa [1].

Infiltracija je manje restiktivna od drugih vrsta tretmana zemljišta. Ona ima svojih prednosti u tome što manje zavisi od klimatskih uslova u odnosu na druge prirodne tretmane sistema. Vegetacija nije neophodan element za projektovanje. Količina vegetacije nema uticaja na efikasnost, osim ako postoji visok nivo azota, pa je stoga neophodno njegovo uklanjanje. Potrebno je naglasiti da je životni vek sistema tretiranog infiltracijom potencijalno smanjen zbog zasićenja zemljišta fosforom i teškim metalima [10,11].

Za tretman otpadnih voda na licu mesta, nasipi peska se češće koriste od bazena za implementaciju infiltracije. Nasipi peska se koriste samo kada je gornji deo zemljišta pogodan za infiltraciju, i može biti korišćen kada je propustljivost zemljišta ili mnogo spora ili mnogo brza.



Slika 6. Prečišćavanje otpadne vode infiltracijom kroz zemljište: (a) šema procesa; sakupljanje i povraćaj prečišćene otpadne vode (b) drenažnim cevima, i (c) sistemom bunara [1]

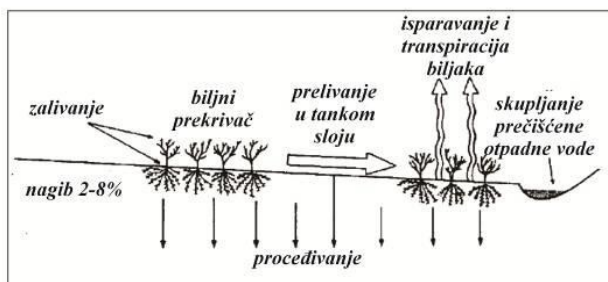
PRELIVANJE ZEMLJIŠTA

Prelivanje zemljišta otpadnom vodom je sistem prečišćavanja pri kome se blago nagnuto glatko zemljište male vodopropustljivosti, obraslo biljnim pokrivačem, na vrhu nagiba poliva sa otpadnom vodom koja u tankom sloju teče, preliva se niz nagib i sakuplja u podnožju (Slika 7). Izbor biljaka je od bitne važnosti u ovom sistemu jer značajno utiče na kapacitet i efikasnost prečišćavanja.

Sisteme za prečišćavanje zemljištem karakterišu, u opštem slučaju, relativno veliki investicioni, ali i mali eksploatacioni troškovi. Preporučljivo je da se dobijena biomasa ne koristi za ishranu ljudi, odnosno mora se prethodno utvrditi da li u biomasi ima patogenih mikroorganizama i toksičnih materija (teški metali, pesticidi, itd.) poreklom iz otpadne vode. Prelivanje zemljišta je proces prečišćavanja zemljištem koji se razlikuje od ostalih procesa prečišćavanja otpadne vode i odigrava se iznad površine zemljišta, a ne ispod površine zemljišta. U ovom procesu, voda se ravnomerno širi duž vrha padine obrasle vegetacijom. Nagib

je dovoljno blag, tako da se stanje toka koji se odigrava na zemljištu pod vegetacijom, gde hemijski, fizički i biološki procesi poboljšavaju kvalitet otpadnih voda, lako održava. Sedimentacija, filtracija i biohemijske aktivnosti su primarni tretman procesa na delu kopnenih tokova. Osim toga, ovim putem se kontroliše erozija, vegetacija, otklanja se azot i ostale hranljive materije iz tečnosti, a vrši se i filtracija suspendovane materije [12].

Mikroorganizmi, kao što su bakterije i alge, zakače se za vegetaciju i razlažu rastvorene organske supstance. Dodatne biohemijske aktivnosti se dešavaju u gornjem sloju zasićenog zemljišta. Sve u svemu, otpadna voda prečišćavana prelivanjem zemljišta je veoma visokog kvaliteta. Pogodnost za ispuštanje u potoke, zavisiće od lokalnih uslova pražnjenja, kao i karakteristika tela od kojih se prima voda. Evapotranspiracija i filtriranje u površinskom sloju daju neke smanjene količine vode koje se na kraju ispuste. Filtriranje je obavezno ograničeno niskom propustljivošću zemljišta koje je neophodno za prečišćavanje u datom položaju.



Slika 7. Prečišćavanje prelivanjem zemljišta otpadnom vodom

Prelivanje zemljišta zavisi od stanja toka kroz zemljište i vegetacijske površine, tako da ova opcija može biti implementirana samo u osnovi kod zemljišta sa ograničenom infiltracijom. Iz tog razloga, prelivanje zemljišta može da predstavlja alternativu drugim opcijama prečišćavanja, gde stanje na licu mesta onemogućava korišćenje infiltracije, odvodnjavanje, navodnjavanje i ostale metode koje zahtevaju filtriranje u površinskom delu zemljišta.

MOKRA POLJA

Mokra polja, odnosno veštačke močvare mogu da budu:

- sistemi sa slobodnom vodenom površinom (free water surface systems) i
- sistemi sa tokom vode ispod površine (subsurface flow systems), kakvi se i zagovaraju u praksi.

Ova metoda je kombinacija bioloških, hemijskih i fizičkih procesa i odlikuje je praktičnost, ekonomičnost i jednostavnost pri eksploataciji. Pri analizi korišćenja ove metode treba obuhvati, pored investicionih i troškove eksploatacije tokom 15 godina (troškovi košenja, odvoza - deponovanja biljaka, sadenje novih biljaka, kontrolu vodonepropustljivosti, zamenu korenastog filterskog sloja i sl.). Analiza svakako treba da obuhvata i troškove i koristi koje ima društvena zajednica imajući u vidu namenu plodnog zemljišta koja bi se u ovakve svrhe koristila. U Americi se npr. mokra polja sa slobodnim površinskim tokom retko koriste za primaran tretman zbog potencijalne izloženosti patogenima, pa se uglavnom koriste za "poliranje" efluenta laguna, kapajućih filtara i dr.

Polja sa tokom ispod površine koriste se uglavnom za tretiranje primarnog efluenta do sekundarnog standarda, ali je potrebno napomenuti da je primena ove tehnike tek u razvoju i da je i za nju neophodno uraditi veoma pažljivu procenu koristi i troškova kako u investicionom pogledu, tako i u dugoročnom eksploatacionom periodu. S tim u vezi posebnu pažnju treba posvetiti pojedinim vrstama zagađenja kao što su nutrijenti, ulja i masti, metali i organski mikropolutanti (deterdženti, različite hemikalije koje se koriste u domaćinstvima, lekovi, metaboliti). Uklanjanje azota koje se postiže mokrim poljima prema literaturnim navodima je dobro, mada je prirodni nivo obično veći od 1 mg/l, pa se organski azot akumulira u vegetaciji i kasnije može biti oslobođen ili recikliran. Uklanjanje nitrata je uglavnom dobro. Uklanjanje fosfora mokrim poljima nije sasvim efikasno. Što se tiče metala, podataka nema dovoljno i oni su retki i raznovrsni. Tako npr. efikasnost uklanjanja za kadmijum se kreće od 75-99%, 40-96% za bakar, 0-86% za olovo, 49-88% za nikal, i 33-96% za cink. Akumulacija toksičnih organskih i neorganskih mikropolutanata može formirati toksična polja. Zabrinjavajuća je njihova sposobnost prodiranja u podzemne vode, pa čak i činjenica da su detektovane i u vodi za piće. Irigacijom i filtracijom kroz zemljište takođe dolazi do prodiranja toksičnih materija i zagađenja vode. Važan aspekt za procenu efikasnosti ove tehnologije je problem vezan za klimatske faktore npr. pojava velikih padavina koje uslovljavaju plavljenje i velike promene u opterećenju močvarnog polja ili osetljivost biljnih i životinjskih vrsta na različite fizičko-hemijske faktore [11,12].

Procena ponašanja različitih mikropolutanata u tretmanima komunalnih otpadnih voda je u svetu jedna od značajnih naučnih tema o kojoj se ne zna dovoljno,

ali je činjenica da se kod nedovoljno prečišćenih otpadnih voda, koncentracija supstanci koje se nedovoljno ili sporo razgrađuju u ciklusu vode povećava, a za određen deo njih efekti na zdravlje ljudi još uvek nisu ni poznati.

4. PREDNOSTI DECENTRALIZOVANIH I PRIRODNIH SISTEMA ZA TRETMAN OTPADNIH VODA

Postoje mnoge prednosti decentralizovanih sistema za prečišćavanje otpadnih voda, kao što su: minimalni energetske zahtevi koji često i ne postoje, jeftini i minimalni troškovi održavanja i rada postrojenja, protok otpadne vode je od 1-1.000 m³ dnevno [13], modularni dizajn komponenti, tolerantnost prema fluktuacijama protoka otpadne vode, pouzdan i dugotrajni dizajn, laka integracija u okruženje, itd.

Decentralizovani koncept nudi brojne prednosti u odnosu na druge konvencionalne načine u razvoju novih sistema za tretman otpadnih voda. Protok u bilo kojoj tački ostaje mali, što podrazumeva i manje zagađenje životne sredine. Konstrukcija sistema takođe izaziva manje ekološke poremećaje jer se manji sistem fleksibilnijih cevi instalira pliće ispod nivoa zemljišta. Razvoj i unapređenje sistema je moguće dodavanjem novih vidova tretmana. Finansijske prednosti su rezultat eliminacije većeg dela kolektorskog infrastrukturnog sistema, upotrebe malog prečnika dovodnih cevi, kao i izbora tehnologija koje imaju minimalne troškove održavanja.

Što se tiče prirodnih sistema, njihove prednosti su prvenstveno u manjoj količini potrebne energije za rad sistema, jer se najveći deo energije uzima iz prirodnog okruženja; ali i potencijalne slabosti tih sistema su zato brojne, jer su to sistemi koji se moraju projektovati i oformiti tačno za datu lokaciju, njene geografske, mikroklimatske i ostale karakteristike, sa pažljivo izabranim i dimenzionisanim postrojenjem za prethodnu obradu otpadnih voda.

Dizajniranje takvih sistema zahteva multidisciplinarno znanje, tim stručnjaka različitih profila; vođenje procesa je dosta teško zbog osetljivosti procesa na okruženje, a i kontrola procesa je veoma složena i relativno skupa.

Sve su to razlozi za stav, da se eventualnoj široj primeni prirodnih procesa prečišćavanja za obradu otpadnih voda malih naselja ne može prići bez prethodnog sveobuhvatnog i dugotrajnog praćenja pilot postrojenja,

sa kojih bi se sakupilo dovoljno podataka za relevantnu ocenu prihvatljivosti prirodnih procesa prečišćavanja otpadnih voda. Potrebno je takođe i obezbediti svu potrebnu logistiku za rad tih sistema, tako da je neophodno formirati tim stručnjaka za upravljanje tim sistemima, njihovu kontrolu i njihovo održavanje.

5. ZAKLJUČAK

Koncept decentralizovanog tretmana otpadnih voda u velikim naseljima ima za cilj razvoj sistema za prečišćavanje koji su finansijski pristupačniji, socijalno odgovorniji i ekološki benigniji od konvencionalnih centralizovanih sistema. Ovaj pristup omogućava upravljanje otpadnim vodama u smislu odvajanja tretmana od velikih urbanih sredina, što dovodi do upotrebe malih i jeftinih objekata koji su direktno vezani za ponovnu upotrebu komponenti sistema za tretman voda.

Prirodni sistemi za prečišćavanje otpadnih voda su jednostavne, isplative i efikasne metode za prečišćavanje sve veće količine otpadnih voda proizvedenih od strane našeg društva. Oni se mogu primeniti kao sekundarni ili tercijalni prečišćivači, što omogućava otklanjanje većine bakterija, mikroorganizama i uništavanje organskih materija.

Među prirodnim tehnikama prečišćavanja, lagune za prečišćavanje i skladištenje u rezervoarima daju dobre rezultate u pogledu prinosa i veoma su brojne širom sveta. Izbor prirodnog sistema za prečišćavanje otpadnih voda zahteva razmatranje nekoliko faktora uključujući količine otpadnih voda, karakteristike zagađivača, strukturu zemljišta, geologiju i klimu. Jednostavnost ovih sistema i njihova primena, upravljanje i održavanje ih čine veoma konkurentnim u odnosu na konvencionalne metode za prečišćavanje otpadnih voda.

ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je rezultat projekta TR 33015 tehnološkog razvoja Republike Srbije. Naslov projekta je „Istraživanje i razvoj srpske kuće sa nultom potrošnjom energije”. Želimo da se zahvalimo Ministarstvu prosvete i nauke Republike Srbije na finansijskoj podršci tokom ovog istraživanja.

LITERATURA

- [1] Gaćeša S., Klašnja M. (1994), Tehnologija vode i otpadnih voda, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd
- [2] Nikolić D., Šušteršič V., Skerlić J. (2011), Decentralized wastewater treatment in large settlements: *DEMI 2011, Banja Luka*
- [3] Bradley, R.B., Daigger, G.T., Rubin, R., Tchobanoglous, G. (2002), Evaluation of onsite wastewater treatment technologies using sustainable development criteria: *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 4, pp. 87-99
- [4] Innocent N. (2004), A framework for the decentralised management of wastewater: *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol 29, no 15-18, pp. 1265-1273
- [5] Massoud M. A., Tarhini A., Nasr J. A. (2009), Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries, *Journal of Environmental Management*, Vol 90, pp. 652-659
- [6] Ljubisavljević D., Đukić A., Babić B. (2004), Prečišćavanje otpadnih voda, Građevinski fakultet, Beograd
- [7] Skerlić J., Šušteršič V., Nikolić D. (2011), Natural systems of wastewater treatment in small settlements: *DEMI 2011, Banja Luka*
- [8] Selma C. E. Ayaz, Lu. E. tfi Akc. E. a (2001), Treatment of wastewater by natural systems: *Environment International* 26. pp.189-195
- [9] Ayaz C. E. S, Akc. E. a L. (2000), Treatment of wastewater by constructed wetland in small settlements: *Water Sci Technol* 41pp. 69-73.
- [10] Đukić V. (2005), Proračun infiltracije vode u nezasićeno zemljište: *Vodoprivreda*, 37 pp. 229-238
- [11] Bowman M. S., Clune, T.S. & Sutton, B.G. (2002), Sustainable management of landfill leachate by irrigation: *Water, Air, and Soil Pollution*, 134, pp. 81-96.
- [12] Youngchul Kim, D. L. Giokas, Jin-Woo Lee, P. A. Peraskevas (2006): Potential of natural treatment systems for the reclamation of domestic sewage in irrigated agriculture, *Desalination* 189 pp. 229-242
- [13] Tchobanoglous, G., Darby, J., Ruppe, L., Leverenz, H. (2004), Decentralized wastewater management: challenges and opportunities for the twenty-first century: *Water Science and Technology: Water Supply*, 4 (1), pp. 95-102

WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS IN LARGE AND SMALL SETTLEMENTS

by

Danijela NIKOLIĆ M. Sc*, Jasmina SKERLIĆ M. Sc, Vanja ŠUŠTERŠIĆ associated professor

Faculty of Engineering , Kragujevac, University of Kragujevac

Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Srbija

*Correspondence author, E-mail: danijelan@kg.ac.rs, mob.tel. +381 69 844 96 31

Summary

Up to the considering of wastewater treatment, compared to the size of settlements, we can select a process type of wastewater treatment. Group of large settlements include settlements with over 20.000 inhabitants. Many of them are not covered by the centralized systems of water treatment, so the wastewater treatment of these settlements uses a decentralized wastewater processing. A small group of settlements include settlements with less than 5.000 inhabitants. In these settlements, it is recommended natural treatment systems for the wastewater treatment. In the most of cases, this system is land natural treatment systems. This paper, first, provides an overview of decentralized wastewater treatment

through the pre-treatment, primary, secondary and tertiary treatment, with special attention to each of these procedures, and after that, the paper provides natural treatment systems. It is a complex (biological, chemical and physico-chemical) process of removing the pollution of wastewater, which occurs at the surface and upper levels of the soil. The most represent treatment systems are: irrigated land with wastewater, rapid infiltration of wastewater through the soil, and spreading of soil with wastewater. Today, these ways of wastewater treatment are dominant in world practice.

Key words: wastewater treatment, settlements, decentralized systems, natural treatment systems

Redigovano 15.08.2012.