

BILJNI UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U VRLICI

# Jeftinija gradnja i veća učinkovitost

PRIPREMIO:  
Branko Nadilo

Biljni su uređaji umjetno izgrađene močvare koje simuliraju samopročišćavanje odnosno procese koji se u prirodi događaju spontano još od nastanka života na Zemlji

## Uvodne napomene

Biljni su se uređaji za pročišćavanje otpadnih voda razvili u posljednjih pedesetak godina, a imaju znatne prednosti pred ostalim uređajima. Posebno su prikladni za manja naselja i manje industrijske pogone, skupine izoliranih kuća, farma i turističkih naselja, procjedne vode s odlagališta otpada i druge vode s otrovnim tvarima, zagađenih oborinskih voda s autocesta i poljoprivrednih površina, biološko pročišćavanje u konvencionalnim uređajima, zaštitu ekološki vrijednih područja (izvora pitke vode, podzemnih voda, jezera i mora), pa čak i za kondicioniranje vode za piće. Zapravo to su umjetno izgrađene močvare koje simuliraju samopročišćavanje odnosno procese koji se u prirodi događaju spontano još od nastanka života na Zemlji. Valja reći da su močvarne sustave za obradu otpadnih voda upotrebljavale još drevne kineske i egipatske kulture. Najveća je prednost biljnih sustava u tome što su trostruko jeftiniji od uobičajenih uređaja za pročišćavanje i što postižu visok stupanj pročišćavanja (ljeti 90 – 99 %, zimi 70 – 80 %) te što se lako održavaju. Osim toga za rad građene močvare uglavnom nije potrebna ni energija ni strojarska oprema jer se upotrebljavaju prirodni materijal i autohtone biljke, a pročišćena voda može se ispustiti u potoke, rijeke i jezera ili zadržati u lokvama ili umjetnim akumulacijama, ali i upotrijebiti za gašenje požara, natapanje i uzgoj vodenih kultura, riba... Nije nevažno što se takvi sustavi dobro uklapaju u okoliš i što nema

neugodnih mirisa ni insekata, ali i što se iz istaloženog mulja može proizvoditi kompost.

Odlučili smo stoga predstaviti načine projektiranja i građenja te uporabu biljnih uređaja prikazati na primjeru jednog od najvećih takvih pročišćavača koji se trenutačno u nas gradi – u gradiću Vrlici u Dalmatinskoj zagori.

## Biljni uređaji za pročišćavanje otpadnih voda

Nastanak biljnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda povezan je s manje poznatom njemačkom hidrobotaničarkom dr. Käthe Seidel (1907.-1990), nastavnicom i znanstvenicom koja je cijeli život posvetila proučavanju močvarnih biljaka. Štoviše, tvrdila je da se biljke

najbolje osjećaju u prirodnom okruženju s organskim tvarima, mikrobima i životinjama oko svoga korijenskog sustava. To je stajalište, koje je danas uglavnom općeprihvaćeno, izazivalo brojna osporavanja jer su mnogi tvrdili da biljke najbolje napreduju u nezagađenim vodama. Štoviše dr. Seidel svoje je znanstvene spoznaje pretopila u prvi poznati biljni uređaj za pročišćavanje koji je izgrađen u gradiću Plön u njemačkoj saveznoj državi Schleswig-Holstein sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća. Nedugo je potom prof. Reinhold Kickuth sa Sveučilišta u Göttingenu razvio poseban biljni sustav pročišćavanja otpadnih voda metodom korijenskog područja. U toj se metodi, za razliku od dr. Seidel, umjesto sustava filtracije visoke hidrauličke vodljivosti uporabilo slabo propusno tlo s visokim udjelom gline. Taj je sustav prvi put pušten u rad 1974. na zajedničkom uređaju za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda gradića Liebenburg i Othfresen u njemačkoj saveznoj državi Donja Saska.



Autokamp *Bijar* pokraj Osora na Cresu u kojem je izgrađen prvi naš biljni uređaj

## Biljni su uređaji potaknuti spoznajom da se biljke najbolje osjećaju u prirodnom okruženju s organskim tvarima, mikrobima i životinjama oko svoga korijenskog sustava

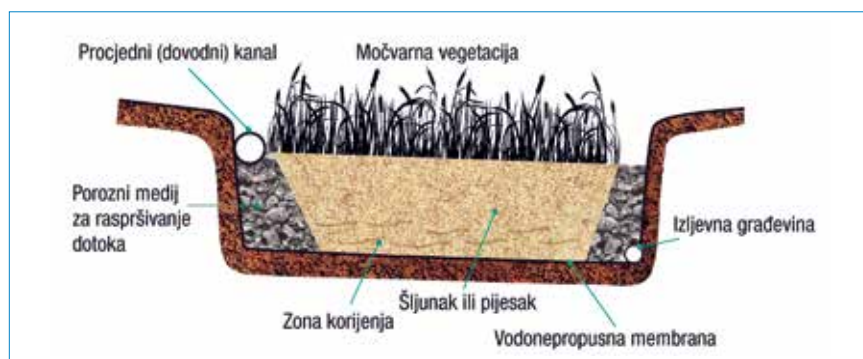
Njemački su pokušaji 1983. prvi put primijenjeni u Danskoj, potom 1985. u Velikoj Britaniji, a zatim su biljni uređaji građeni u SAD-u, Kanadi i Australiji. U posljednje se vrijeme biljni uređaji upotrebljavaju i u hladnijim kontinentalnim područjima i na visinama iznad 1000 m n.v., što je slučaj i u našem susjedstvu, u Austriji, Sloveniji i Mađarskoj. Tehnologija se pročišćavanja biljnim uređajima sve više razvija i posvećuje joj se sve veća pozornost, a i prirodne su metode pročišćavanja sve popularnije. Vjeruje se da je danas u svijetu u uporabi više tisuća biljnih uređaja za pročišćavanje. U Hrvatskoj se biljni uređaji dugo nisu gradili, vjerojatno zbog toga što njihovi projekti i održavanje nisu bili precizno određeni, a i uređaji su ekološki i hidrološki prilično složeni. No danas je situacija znatno bolja, a to nam je potvrdila i tehnološka projektantica uređaja u Vrlici Mira Shalabi, dipl. ing. kem. tehn., iz tvrtke *Bieco* d.o.o. iz Rijeke, koja se specijalizirala čak i patentirala neka rješenja za biljne uređaje.

Čini se da je prvi izgrađeni biljni uređaj u nas bio onaj za autokamp *Bijar* na Cresu za 330 ES (ekivalent stanovnika) koji je pušten u rad 2001. i ima visoku učinkovitost pročišćavanja. Potom je za odlagalište Jakuševac u Zagrebu izgrađen pilot-uređaj za pročišćavanje dijela procjednih voda, a pročišćena se voda ispušta u retencijski bazen koji je sadnjom biljaka pretvoren u lagunu i sada je stanište nekoliko vrsta ptica.

Slijedila je prva faza autokampa *Glavotok*, potom i druga (svaka od 300 ES) na Krku, a zatim na istom otoku i autokamp *Politin*. Od izgrađenih komunalnih sustava treba spomenuti Žminj u Istri, naselje Vinogradci između Valpova i Belišća te uređaj u Lukaču, sjedištu istoimene općine pokraj Virovitice.

Nažalost, uređaj u Žminju sada nije u uporabi zbog lošeg održavanja. Tvrtka *Bieco* izradila je tehnološki projekt biljnog uređaja i za jednu farmu pilića u Bosni i Hercegovini, ali i još cijeli niz idejnih rješenja i projekata, za nasele Božava na Dugom otoku (1000 ES), Gvozd (1700 ES), Osor, Pagubice pokraj Cerovja i Vižinadu u Istri te autokamp *Preko mosta* na Lošinju i odlagalište otpada Jelenčići pokraj Pazina. Izradili su i izvedbeni projekt za uređaj u Jasenovcu koji se gradi (1300 ES), zatim idejno rješenje i glavni projekt za Uči-

Glavni bi se nedostaci u primjeni biljnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda mogli odnositi na veću potrebu za zemljištem koja se procjenjuje na jedan do tri četvorna metra po ekvivalent stanovniku (u nekim izvorima i 5 m<sup>2</sup>). Potreban je i povoljan pad terena jer u protivnom treba crpka za dizanje otpadne vode. Ujedno su ti uređaji osjetljiviji od drugih prema aneobnim stanjima, dakle nedostatku kisika. Određeni je problem i suzbijanje korova, ali samo u početku kad je sezona rasta i dok se korisne biljke ne razviju.

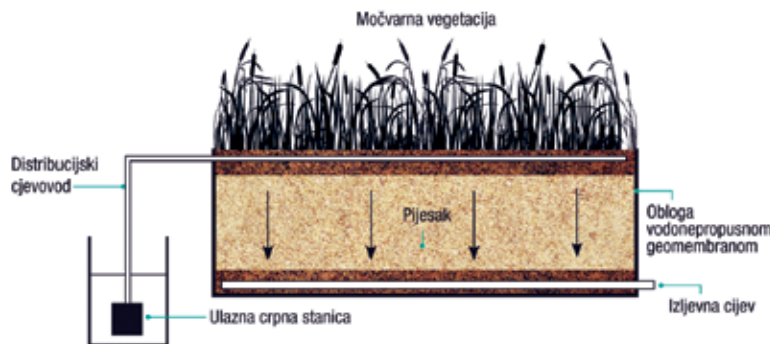


Shema pročišćavanja s horizontalnim tečenjem (Malus, D., Vouk, D.: *Priručnik...*)

teljski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Odsjek Petrinja, glavni i izvedbeni projekt za KP dom *Valtura* pokraj Pule te tehnološki projekt za Podgorač pokraj Našica (1300 ES).

Sada su u gradnji pilot-uređaji na odlagalištima Goričica (Sisak) i Ivanja Reka, a u gradnji su i uređaji drugih projekatnata Sveti Ilija (kraj Varaždina) i Staro Petrovo Selo. Najveći se biljni uređaj namjerava graditi u istarskom mjestu Kaštelir (3000 ES) i u njega *Bieco* nije uključen. Boljoj primjeni biljnih uređaja pridonose i neke nedavno tiskane knjige, poput *Obrade otpadnih voda biljnim uređajima* (2010.) Nikole Ružinskog i Aleksandre Anić Vučinić te knjiga prof. dr. sc. Davora Malusa i dr. sc. Dražena Vouka, nastavnika na Građevinskom fakultetu u Zagrebu: *Priručnik za učinkovitu primjenu biljnih uređaja za pročišćavanje sanitarnih otpadnih voda* (2012.). Ipak treba reći da u susjednoj Sloveniji postoji čak 87 biljnih uređaja, od čega 55 individualnih, 17 komunalnih, 9 industrijskih i 7 uz odlagališta otpada.

S vremenom se tehnologija biljnih uređaja znatno unaprijedila. Najprije otpadnu vodu (uglavnom komunalnu ili fekalnu) treba dovesti u taložnicu gdje se istaloži mulj i krupniji otpad, ali i masti i ulja. Potom se izbistrena voda odvodi do bazena gdje postoje dva načina tečenja i pročišćavanja – horizontalni i vertikalni. U horizontalnom voda malim nagibom gravitacijski dotječe do bazena i teče ispod površine kroz poroznu ispunu (supstrat). Oko uljeva i izljeva supstrat je krupnije granulacije (krupni šljunak ili drobljeni kamen), a središnji se filtarski sloj sastoji od šljunka ili pijeska. Distribucijski se dio cjevovoda ugrađuje plitko ispod površine, a voda otječe ravnomjerno kroz izbušene rupe. U vertikalnom se voda gravitacijski dovodi do crpne stanice, a potom tlači do cjevovoda s rupama ugrađenog ispod površine poroznog supstrata. Tu je gornji i donji dio supstrata od krupnog šljunka, a središnji filtarski sloj od pijeska (srednje do krupne granulacije). Voda se kod horizontalnog strujanja



Shema pročišćavanja s vertikalnim tečenjem (Malus, D., Vouk, D.: *Priručnik...*)

prikuplja gravitacijski oko izljeva, a kod vertikalnog drenažnim cijevima. Oba tipa strujanja zahtijevaju da bazen bude potpuno nepropustan, pa se obično koriste sintetične folije koje se dodatno osiguravaju geotekstilom.

Oba načina imaju nekih svojih prednosti, pa se primjerice za horizontalno strujanje postiže vrlo dobra učinkovitost (90 – 95 %), a u vertikalnom dobra (80 – 95 %). Stoga se obično zajednički koriste kombinirani ili hibridni sustavi s horizontalnim i vertikalnim strujanjem i tu je učinkovitost najbolja (veća od 90 %), posebno pri uklanjanju dušika te patogenih mikroorganizama (bakterija i virusa). Bazeni s vertikalnim strujanjem pokazali su se zbog održavanja aerobnih uvjeta pouzdanima u postizanju potpune nitrifikacije pa se najčešće primjenjuju na početku sustava. Zbog stalne potopljenosti kod horizontalnih strujanja većim dijelom vladaju anaerobni uvjeti (bez kisika) koji omogućuju procese denitrifikacije, a aerobni su

samo djelomično uz korijenje močvarne vegetacije.

Otpadna se voda pročišćava uz pomoć bioloških, fizikalnih i kemijskih procesa, a odstranjuju se svi organski i mineralni sastojci te otrovne tvari i bakterije

Otpadna se voda potpuno pročisti uz pomoć bioloških procesa (aerobna i anaerobna razgradnja i ugradnja u tijelo biljke), ali i fizikalnih i kemijskih (isparavanje, taloženje i usisavanje). Gotovo se potpuno odstranjuju svi organski i mineralni sastojci te otrovne tvari i bakterije fekalnog i drugog podrijetla, a obojene se vode potpuno izbistre. Na supstrat se obično siju, iako se mogu i presađivati, močvarne biljke čije stabljike i korijenje raste kroz supstrat, a dio je stabljika iznad površine. Najče-

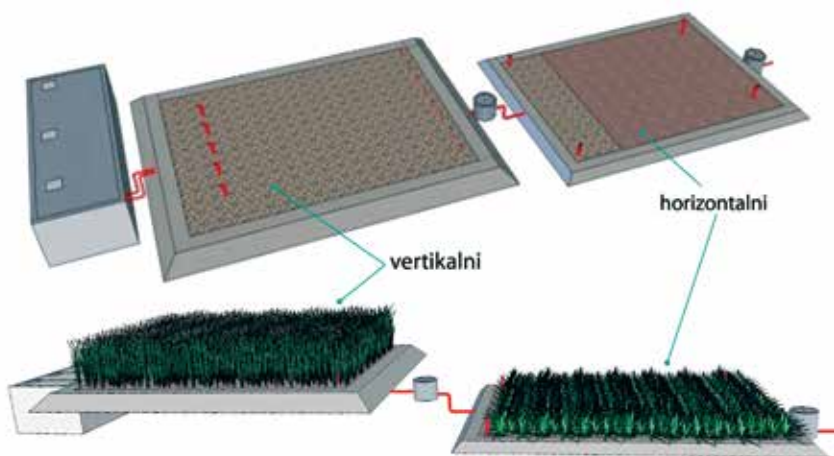
šće se siju trska (*Phragmites australis*), rogoz (*Typha latifolia*), uspravni ježinac (*Sparganium erectum*), obični oblilč (*Scirpus lacustris*), žuta perunika (*Iris pseudacorus*), šaš (*Carex sp.*), blještac (*Phalaris arundinacea*) i dr. To su široko rasprostranjene biljke i prilagođene različitim uvjetima, čak i niskim temperaturama. Uvijek se preporučuje izbor autohtone močvarne vegetacije jer najbolje uspijeva, ali trska je najzastupljenija vjerojatno stoga što je najraširenija.

Višestruka je uloga močvarne vegetacije: sustav korijenja sa stabiljnikom povećava površinu za razvoj mikroorganizama (istih kao i u drugim uređajima za pročišćavanje, samo što ovdje ne plutaju već su vezani u korijenje), njihova struktura omogućuje prijenos kisika do korijenja, biljke uz sebe vežu i dio otpadnih tvari (posebno dušik i fosfor), stabljike se njišu na vjetru i time rahle supstrat te održavaju hidrauličku provodljivost, uginula vegetacija osigurava hranjivo za rast i razvoj mikroorganizama, a tijekom zime djeluju kao toplinski izolator te sprječavaju smrzavanje vode u supstratu.

## Biljni uređaj u Vrlici

### Opći podaci

Vrlika je grad na sjevernom rubu Splitsko-dalmatinske županije uz glavnu cestovnu prometnicu (D1) između Zagreba i Splita, koji na površini od 237,73 km<sup>2</sup> ima 2177 stanovnika u 9 naselja. Uz Vrliku to su Garjak, Ježević, Koljane, Kosore, Maovice, Otišić, Podosoje i Vinalić. Sama Vrlika, koja je danas praktički spojena s Podosojem, naseljem dva kilometra južno uz cestu prema Splitu, ima 828 stanovnika, a smještena je između planina Dinare (kako se zove i vrh koji je s 1831 m n.v. najviši u Hrvatskoj) i Svilaje (1508 m n.v.). Cijeli je kraj obilježen rijekom Cetinom (dugom 105 km) koja izvire na Dinari i vijuga sjeverozapadnim dijelom Cetinske krajine te teče do Omiša i ušća u Jadransko more. Po izvoru Cetine udaljenom 7 km Vrlika je dobila i ime Vrh Rika, kako su je nazvali tek pridošli Hrvati. Na latinskom ime ima više oblika (Verchrecha, Vercherica,



Shema pročišćavanja u kombiniranom uređaju (Malus, D., Vouk, D.: *Priručnik...*)



Zemljopisni položaj grada Vrlike i naselja u njegovu sastavu



Detalj iz središta Vrlike

Verhlichky, Verlechensis, Werkrika, Verchioc...), a prvi se put spominje 1185. u spisima splitske sinode, dok se na hrvatskom prvi put navodi 1451., pa je 2006. svečano proslavljena 555 obljetnica. Vrlika je mjesto bogate povijesti, velikoga etnografskog bogatstva i kulturnih spomenika. Znameniti su Vrličani fra Filip Grabovac (1697.-1749.), franjevac, profesor i propovjednik te pjesnik i pisac, Milan Begović (1876.-1948.), književnik i autor libreta opere *Ero s onoga svijeta*, Ante Kuduz (1935.-2001.), slikar i grafičar te kipar Petar Barišić (1954.).

U Vrlici je djelomično izgrađen kanalizacijski sustav, ali većina stanovništva koristi propusne septičke jame pa je uređaj preduvjet zaštite gornjeg toka Cetine

Vrlika se nalazi uz brdsku padinu jugozapadno od Cetine, a istočno je od nje Vrličko polje okruženo kraškim brdima koja grad odvajaju od Cetine i Peručkog jezera. U gradu izvire Česma, pritok Cetine, a Zduški potok izvire južnije (ime je dobio po jednom zaselku Podosoja) i protječe Vrličkim poljem te se također ulijeva u

Cetinu prije Peručkog jezera. Razina je podzemnih voda u Vrličkom polju povišena, a u kišnom je razdoblju sjeverni dio polja pod vodom.

Odvodnja otpadnih voda Vrlike nije zadovoljavajuće riješena, iako postoji manji i djelomično izgrađeni kanalizacijski sustav koji uglavnom pokriva gradsko središte Vrlike, i ispušta nepročišćene vode u obližnji potok. Veći dio stanovništva problem otpadnih voda rješava ispuštanjem u propusne septičke jame. Stoga

je rješavanje kanalizacijskog sustava za prikupljanje i pročišćavanje otpadnih voda Vrlike i susjednih naselja jedan od preduvjeta zaštite od onečišćenja gornjeg toka rijeke Cetine. Inače je Cetina zajedno s akumulacijom Peruća svrstana u vode druge kategorije, a Zduški potok u prvu kategoriju. Budući da će se Cetina koristiti i za vodoopskrbu, a ulijeva se i u Peručko jezero, potrebno je graditi uređaj s trećim stupnjem pročišćavanja, dakle s uklanjanjem dušika i fosfora.



Peručko jezero nedaleko Vrlike

### Projekt biljnog uređaja

S obzirom na to da nije moguće istodobno priključiti sve potrošače u području obuhvata kanalizacijskog sustava, predviđena je gradnja uređaja u dvije faze. Za prvu je fazu kao početak označena 2011., a druga faza i cjelovit završetak uređaja za pročišćavanje 2021. godine. Otpadne će se vode prikupljati gravitacijskim kanalima i dovoditi do uređaja za pročišćavanje koji je smješten u Vrličkom polju, južno od grada. Otpadne vode Podosoja i zaselka Kukar gravitacijskim će se kolektorima dopremati do crpne stanice Podosoje, a potom kombinacijom tlačnih cjevovoda i gravitacijskih kolektora do uređaja za pročišćavanje. Planiran je razdjelni kanalizacijski sustav s kojim bi se do uređaja dovodile samo komunalne otpadne vode, dok bi se oborinske vode odvojeno prikupljale i odvodile gravitacijski do bujičnih kanala. Podloga za izradu glavnog projekta *Biljnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, podsustava Vrlika*, koji je početkom 2010. izradio *Hydroprojekt-ing.* d.o.o. iz Zagreba (glavni projektant Ninoslav Rex, dipl. ing. građ., projektant Nataša Todorić Rex, dipl. ing. građ.) bili su uz projektni zadatak idejni i glavni projekti kanalizacije koje je 1998. izradio *Projektant d.d.* iz Splita, idejno rješenje uređaja *Hydroprojekt-inga* iz 2002., geotehnički istražni radovi koje je 2004. obavio *IGH PC Split*, studija utjecaja na okoliš javne odvodnje Vrlike koju je 2006. izradio Građevinski fakultet iz Zagreba te idejni projekt za lokacijsku dozvolu uređaja s pristupnom prometnicom od *Foremana d.o.o.* iz Splita. Dakako i lokacijska dozvola iz 2008. i njezina izmjena iz 2010.

Uređaj se gradi na rubu Vrličkog polja zbog blizine prometnice i najveće koncentracije potrošača te vodoprijamnika, ali i nepostojanja stambenih zgrada u okolici

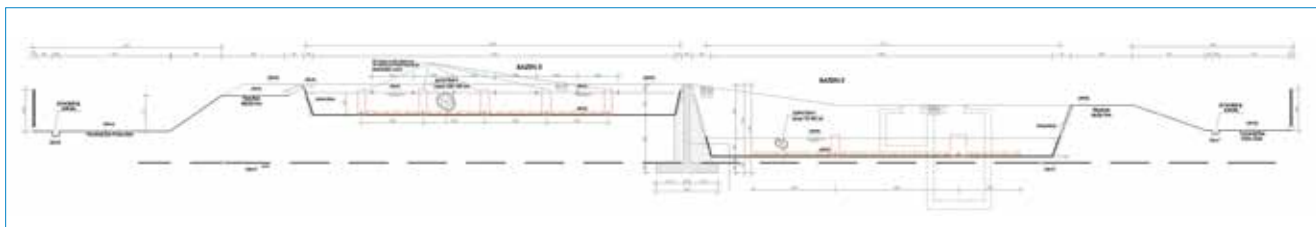
Lokacija uređaja za pročišćavanje otpadnih voda predviđena je u Vrličkom

polju, na lijevoj obali Zduškog potoka, a u prvoj se fazi planira izgradnja biljnog uređaja za 700 ES (najviše 750 ES). Prema podacima o broju stanovnika, u drugoj će fazi trebati izgraditi još jedan biljni uređaj iste veličine. Lokacija je odabrana zbog blizine područja s najvećom koncentracijom potrošača, većom raspoloživom površinom zemljišta, nepostojanja stambenih zgrada u okolici te blizine prometnice i vodoprijamnika Zduškog potoka. Ukupna je površina građevne čestice 3294,4 m<sup>2</sup>. Predviđeno je da se sve prikupljene otpadne vode dopreme kanalizacijskim kolektorom do taložnice, a potom će otpadna biti ispuštena u crpnu stanicu 1 odakle će ulaziti u prvi niz biljnog uređaja koji se sastoji od dva bazena. Otpadne će vode zatim ići u crpnu stanicu 2 koja služi za doziranje drugog niza od dva bazena biljnog uređaja. Voda će se na kraju ispuštati u Zduški potok i nakon pet kilometarskog toka kroz Vrličko polje završavati u Cetni ispred Balečkog mosta. Na potezu od

ispusta do Peručkog jezera ne postoje nikakvi korisnici vode rijeke Cetine, a ni na vodotoku nema nikakvih naselja. Taložnica je ulazna građevina vrličkoga uređaja za pročišćavanje, a predviđena je da zadrži dnevne viškove otpadne vode i plivajuće masti i ulja. Projektant tehnološkog projekta očekuje da će se tu pročistiti približno 25 % otpadnih voda. Volumen je taložnice 75 m<sup>3</sup>, a radi se o ukopanoj armiranobetonskoj građevini u dvije etaže s jednom komorom za trulište. U koritu je jedna stijenka produžena da bi se spriječilo prodiranje plinova i plivajućeg mulja, a u taložnicu će biti uronjene pregrade za zadržavanje plivajućih masti i ulja. Pri gradnji treba posebnu pozornost obratiti na razinu podzemne vode tijekom zemljanih radova i izvedbe armiranobetonske konstrukcije, pa je za snižavanje razine vode predviđen i sustav bunara. Pokrov će biti od armiranobetonske ploče i pokrovnih "platica", a planiran je i asfalt na gornjoj površini. Taložnica će se redovi-



Tlocrt biljnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Vrlici



Presjek vrličkoga biljnog uređaja

to prazniti ovisno o sadržaju otpadnih voda i količini dotoka posebnim komunalnim vozilom te odvoziti na odgovarajuće odlagalište.

Crpna stanica 1 dozirat će otpadne vode za prvi slijed bazena. To je također podzemna armiranobetonska građevina sastavljena od crpnog zdenca i zasunske komore, a do nje je omogućen prolaz vozilima za održavanje i montažu opreme. Crpna stanica 2 je praktički ista kao prethodna i služi za doziranje otpadne vode za drugi slijed bazena, a smještena je na kraju prvog niza bazena.

Biljni uređaj čine po dva niza bazena (ukupno 4) u kojima se iskorištava svojstvo vodenog bilja da iz onečišćenih voda biološkim, fizikalnim i kemijskim procesima uklanjaju različite spojeve. Bazeni se nalaze na površini od 1700 m<sup>2</sup>, a potreba za nesmetanim gravitacijskim tečenjem uvjetovala je posebno oblikovanje uređaja u nasipu, nešto

povišenom zbog mogućeg plavljenja. Bazeni 1 i 3 su istovjetnih tlocrtnih površina (30 x 17 m) i njihov je nagib jedan posto prema izlazu (bazenima 2 i 4), a u njima je visina supstrata najmanje jedan metar. Cijevi (7 komada dugih 27 m) za puštanje vode u bazene položene su u gornjem zaštitnom sloju, a voda istječe po dnu (preko sustava od 5 drenažnih cijevi dugih 25 m). Na krajevima su okna s ventilom za reguliranje dotoka u bazene 2 i 4, koji su inače nešto kraći (20 x 17 m), i u njima je najmanja visina supstrata 70 cm, a uzdužni je nagib također jedan posto. Uz pretpostavku da se pravilno raspoređuju otpadne vode bazena 1 i 3 u gornje slojeve supstrata u bazenima 2 i 4, voda će biti prikupljena sustavom pet perforiranih pravilno razmaknutih cijevi. Iz bazena 2 voda će biti dopremljena do crpne stanice 2, a pročišćena otpadna vode iz bazena 4 proslijeđena do izlaznog okna radi

uzimanja uzorka i potom ispuštena u Zduški potok.

Barijera će između svih bazena zbog ograničenog prostora i karakteristika tla biti od kamenom obloženih armiranobetonskim zidova. Ostali pokosi oko bazena bit će obloženi kamenom i šljunkom, a predviđeno je i posebno sidrenje PEHD folije bazena. Radi sprječavanja ispiranja terena, donošenja zemljanih čestica na uređaj i zbog oborinskih voda u nožicama usjeka bazena, predviđeni su otvoreni i zacijevljeni kanali za otjecanje u kanal za odvodnju, a oko biljnog uređaja i posebni otvoreni kanali za prikupljenu oborinsku vodu.

**Biljni će uređaj za pročišćavanje u Vrlici biti ograđen žičanom ogradom i do njega će voditi asfaltirana prometnica, a planira se i hortikulturno uređenje**



Iskopi na lokaciji novoga biljnog uređaja



Prijašnji radovi na gradnji uređaja za pročišćavanje

Biljni uređaj Vrlika bit će ograđen visokom žičanom ogradom i pod ključem, a do njega će voditi asfaltirana prometnica s manipulativnom površinom pokraj ulaza. Planira se i zasipanje zemljom oko uređaja kao i hortikulturno uređenje.

Sve smo podatke o uređaju dobili od projektantice ing. Nataše Todorčić Rex, a dio smo crpili iz projektne dokumentacije.

#### *Tehnološki projekt uređaja*

Optimalno tehnološko rješenje treba zadovoljiti mnoge kriterije, posebno da kakvoća pročišćene otpadne vode bude usklađena s propisanim vrijednostima. Treba nadalje izbjeći neugodne mirise uzrokovane radom uređaja i što jednostavnije odlagati ostatke otpadnih tvari (mulj), ali se i prilagoditi mogućem budućem povećanju (modularnost, rad u fazama). Valja se nadalje prilagoditi krajoliku i ispuniti estetske zahtjeve, ali i zadovoljiti troškove gradnje i uporabe, posebno za energiju, kemikalije i naknadu osoblju za nadzor i rukovanje te troškove održavanja (materijal, rad osoblja, dostupnost dijelova i kvalitetu servisne podrške). Sve to u cijelosti zadovoljava odabrano tehnološko rješenje. Princip pročišćavanja otpadnih voda,

kao što je rečeno, zapravo je simulacija procesa koji se u prirodi događa od pamtivijeka. Stoga nećemo ponavljati ono što je već rečeno, osim da će i ovdje biti u supstrat zasijana trska, po mogućnosti iz najbližeg okoliša. Ipak u tehnološkom smo opisu zapazili jednu posebnost koju nismo nigdje spomenuli. Naime, otpadne vode nisu samo opterećenje za prirodu i okoliš već su i svojevrsno rasipanje energije. S organskim i mineralnim tvarima u otpadnim vodama odbacujemo energiju tvari koje smo mukotrpno stekli u različitim tehnološkim procesima. Biljni uređaji to na neki način sprječavaju jer se energetska vrijednost tvari ugrađuju u biljni materijal koji se može korisno upotrijebiti.

Vrijeme zadržavanja otpadne vode u biljnom uređaju u Vrlici trajat će više od četiri dana. Otpadna voda ide najprije u vodonepropusnu taložnicu, a potom gravitacijski ili tlačenjem u prvi vertikalni bazen 1, horizontalni bazen 2, vertikalni bazen 3 i drugi horizontalni bazen 4. Nakon toga preko okna za uzorkovanje teku u kanal koji vodi u Zduški potok. Crpni zdenci imaju volumen 9,4 m<sup>3</sup> i mogućnost priključka za biljni uređaj druge faze. U bazenima će biti supstrat od šljunka (granulacije 2 – 16 mm), zemlje i dijela umjetnog supstrata. Točne

mjere i recepturu dat će tehnološka projektantica pri izvođenju, a bazeni će se završno pokriti šljunkom granulacije 16 – 32 mm.

Zemljane radove za bazene treba izvesti kao široki iskop s ručnim planiranjem dna iskopa i bočnih stranica na projektano zadanu kotu ( $\pm 3$  mm), a planirana se površina obrađuje ručnim nabijačem. Iznad te površine razastire se sloj pijeska (granulacije 0 – 4 mm) u debljini od 10 cm. Zbog konfiguracije terena, na mjestu formiranja bazena bit će potrebno nasipati materijal iz iskopa, i to u slojevima od 30 cm uz nabijanje. Hidroizolacija se izvodi geomembranom od polietilena (debljine 2 mm) koja je zavarena na spojevima. Hidroizolacijski se materijal učvršćuje u nasip sidrenjem, a od sunca zaštićuje zatravljenjem u sloju humusa i na podlozi od plastične mreže. Ispod hidroizolacije predviđena je pješčana posteljica (granulata 0 – 4 mm) debljine 10 cm. Iznad i ispod geomembrane postavlja se goetekstil (4 mm) kao zaštita tijekom izgradnje. Svi bazeni, ali i ostale građevine na uređaju, trebaju naime biti potpuno vodonepropusni. Mulj će se iz primarne taložnice odvoditi na posebno odlagalište, a biljni uređaj nije predviđen za pražnjenje septičkih jama jer tada parametri pročišćene vode ne bi mogli zadovoljiti propisane uvjete. Predviđen je i pokusni rad uređaja od godinu dana.

---

Neugodni mirisi ovise o održavanju čistoće, a na biljnom uređaju nema otvorenih vodnih površina pa se ni insekti ne mogu razmnožavati

---



Problemi s podzemnom vodom

Za kraj smo ostavili dio o mirisima. Naime, osnovno je načelo sprječavanja neugodnih mirisa čistoća cijelog sustava, ali i protok što "svježije" otpadne vode. Naime i miris i razvoj insekata na klasičnim uređajima uvijek je povezan s održavanjem čistoće. Kako na biljnom uređaju nema otvorenih vodnih površina, ne mogu se na njemu ni razmnožavati insekti. Osim toga, na biljnom

uređaju nema buke, a talog i "pjena" s površine taložnice se po potrebi odvoze na odlagalište.

### Posjet gradilištu

Gradilište smo posjetili zahvaljujući susretljivosti Dragutina Mihelčića, dipl. ing. građ., donedavnog direktora *Hidroprojekt-inga*, a sada predsjednika Nadzornog odbora. On nas je poveo u Vrliku na redoviti mjesečni koordinacijski sastanak svih sudionika u građenju biljnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Tamo su bili i svi projektanti, ali i predstavnici nadzora i izvođača te investitora, uključujući i gradonačelnika Ivana Čorića. Svi su sudionici sastanka najprije razgledali dosadašnje izvedene radove. Opća je ocjena da radovi kasne, a to su svi objašnjavali nemoćnim uvjetima, što je poslije potvrdio i gradonačelnik, osobito u proljeće 2013. kada se zbog visoke podzemne vode nije radilo pet mjeseci. No iako nam to nije rečeno, čini se da određenih teškoća ima i s financiranjem. Naime, investitor je *Usluga d.o.o.*, društvo za obavljanje komunalnih djelatnosti iz Vrlike, ali u financiranju većim dijelom sudjeluju *Hrvatske vode – VGO* za slivove južnog Jadrana iz Splita (osoba za kontakt je Petar Bilač, dipl. ing. građ.). Iako se radi o relativno malim iznosima, primjerice ukupni su radovi izvođača ugovoreni za 5,5 milijuna s PDV-om, ipak je to mnogo za siromašnu Vrliku. Kako su *Hrvatske*

*vode* uključene u financiranje mnogih projekata, često se dogodi da nedostaje financijskih sredstava namijenjenih i vrličkome biljnom uređaju. Tu, kako se čini, ima određenih problema, a bilo je i zastoja zbog dokumentacije na županijskoj razini.

Zasad je do gradilišta većim dijelom izgrađena pristupna cesta, ugrađeni su rubnjaci i čini se da bi vrlo skoro trebao doći sloj asfalta. Na uređaju je obavljena većina armiranobetonskih radova, a sada predstoje precizni radovi, s ugradnjom opreme, geomembrane i supstrata.

Poslije smo u gradskim prostorima najprije razgovarali s gradonačelnikom Vrlike koji upravo obavlja svoj treći mandat. Od njega smo doznali da je od povratka iz izgnanstva do danas u Vrlici dosta napravljeno, posebno na polju vodoopskrbe i odvodnje, a gradi se i glavni kolektor. Osim toga, izgrađena je i poslovna zona *Kosore* u kojoj bi, kako vjeruju, trebali naći posao neki Vrličani. Inače u Vrlici praktički i nema gospodarstva, a najviše je zaposlenih u Centru za rehabilitaciju *Fra Ante Sekelez*, ustanovi koja skrbi o osobama s teškoćama u razvoju i višestruko oštećenim osobama svih dobnih skupina oba spola. Centar je utemeljen 1976., a u Domovinskom ratu je teško stradao i mnogi se još sjećaju potresnih scena spašavanja, pa je od 1991. do 1997. djelovao u Splitu. Doznali smo da je u gradu od hrvatske samostalnosti i od *Oluje* stalno na

vlasti HDZ i da su građani zadovoljni s onim što se dosad napravilo. Nakon što je zaključeno da je biljni uređaj najpovoljniji, a odluku su donijeli stručnjaci i obavljeno je sve što je propisano (uključujući i Studiju utjecaja na okoliš), bilo je određenih problema oko usklađivanja sa Županijskim planom i tu su djelomično izgubili korak. No bilo je i nekih neobičnih uvjeta, poput zahtjeva da se oko uređaja izgradi protupožarni put, iako nije teško zaključiti da biljni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda i nije baš glavna požarna "meta", zapravo je ugrožen kao svaka druga površina s vegetacijom.

Na sastanku smo otežano uspijevali razgovarati sa sudionicima građenja jer su svi htjeli razriješiti neka pitanja vezane uz građenje i tehnologiju pročišćavanja. No ipak smo najviše razgovarali s ljubaznim inženjerkama iz Rijeke, a upravo je iz razgovora s projektanticama glavnog projekta i tehnologije inženjerkama Natašom Todorčić Rex i Mirom Shalabi, ali i iz materijala koje su nam ustupile, i nastao veći dio ovog teksta. Ipak ističemo da nam je inženjerka Shalabi iz *Bieca*, koja nas je upoznala i s projektima svoje tvrtke, napomenula kako je zakonska obveza projektanta tehnologije biljnog uređaja pokusni rok jedna godina. Pokušali smo razgovarati i s glavnim projektantom ing. Ninoslavom Rexom, iz ureda *Hidroprojekt-inga* u Rijeci, koji je projektirao brojne uređaje za pročišćavanje širom Hrvatske.



Pristupna cesta i biljni uređaj u gradnji



Pogled s nasipa na gradilište i Vrliku





Pregradni zidovi bazena obloženi kamenom

Ali on je smatrao da nam sve potrebne informacije može dati više puta spomenuta projektantica Nataša Todorčić Rex koja je, između ostalog, pohvalila izvrsnu suradnju s investitorom, posebno s direktorom Milanom Šabićem. Zaključila je da se uređaj mogao graditi i brže, a probleme s ispunjavanjem rokova po najprije vidi u financiranju.

Dakako da smo razgovarali i s direktorom *Usluge* d.o.o. Milanom Šabićem dipl. iur., koji vodi cijelu investiciju. Riječ je o čovjeku koji nije iz struke, ali uživa veliko povjerenje svih sudionika u gradnji jer je u cijelosti ovladao problematikom i u rješavanju svih problema sudjeluje marljivo i s puno razumijevanja. Uostalom tako je i vodio koordinacijski sastanak.

**Davno je prepoznata potreba za pročišćavanjem pa je posebno stručno povjerenstvo bdovalo sve predložene varijante, a biljni je uređaj bio uvjerljivo najpovoljniji**

Od direktora Šabića smo doznali da je potreba za pročišćavanjem otpadnih voda u Vrlici odavno prepoznata, možda još i prije nastanka Peručkog jezera. Odavno je osnovano posebno stručno povjerenstvo koje je razmatralo pet idejnih varijanti, a u to je bio uključen i

prof. emer. dr. sc. Stanislav Tedeschi s Građevinskog fakulteta u Zagrebu. Sve su varijante bodovane i najpovoljnijom se uvjerljivo pokazao biljni uređaj, posebno cijenom izgradnje i održavanja, jer cijelim uređajem može upravljati jedan osposobljeni radnik, koji može i ne mora biti fakultetski obrazovan, kao što je to slučaj kod drugih uređaja. Nakon toga su s *Hrvatskim vodama* sklopili ugovor o sufinanciranju i tako je sve započelo.

Inače imaju 6,5 km glavnih kanalizacijskih vodova, a priželjkuju uključiva-

nje okolnih sela u sustav. Zasad nema mnogo priključaka na kanalizaciju, tek pedesetak, ali vjeruje da će se to znatno promijeniti kada se u cijelosti izgradi razdjelna kanalizacija i lokalna mreža. Glavni je izvođač tvrtka *Jedinstvo* d.d. iz Krapine koja je posao dobila u postupku javne nabave. Razgovarali smo s glavnim inženjerom Vladom Ivićem, dipl. ing. rud., koji nam je rekao da njegova tvrtka ima približno 700 zaposlenih i još 300 stalnih kooperanata, a bavi se uglavnom metalnim konstrukcijama te proizvodnjom i separacijom pijeska. Ovo im je dakako prvi biljni uređaj koji grade, a posao su dobili jer su bili najpovoljniji. Inače sudjelovali su u gradnji *West Gate* u Zagrebu i na brojnim crpnim stanicama širom Hrvatske, a imaju iskustva i u gradnji infrastrukture. Radove su započeli krajem 2011., a ugovor su zaključili na rok od dvije godine. Sada očekuju da će svi radovi biti završeni u lipnju 2014. Gradi se pristupna cesta, taložnica i bazeni, a na gradilištu je svakodnevno dvadesetak radnika.

Razgovarali smo i s glavnim nadzornim inženjerom mr. sc. Stankom Duvnjakom, dipl. ing. građ., iz tvrtke *Bismark* d.o.o. iz Solina koja se bavi projektiranjem i nadzorom gradnje, posebno u niskogradnji i infrastrukturnim građe-



Gradnja taložnice na vrličkom biljnom uređaju

vinama te konzaltingom. Zadovoljan je kvalitetom dosadašnjih radova na biljnom uređaju, a na gradilište dolazi po potrebi, obično jednom tjedno. Najviše je problema bilo s podzemnim vodama koje su morali crpiti dok su izvodili vodonepropusnu taložnicu. U ovom je kraju njegova tvrtka i prije radila u nadzoru sanacije odlagališta otpada Poljane-Otišić. Uostalom još uvijek to rade jer se sanacija odužila.

### Primjeri biljnih uređaja

Vraćajući se u Zagreb i u razgovoru s ing. Mihelčićem poželjeli smo više saznati o biljnim uređajima, posebno jer je na gradilištu bilo teško zamisliti budući rad, a nisu rađeni ni uobičajeni trodimenzionalni prikazi, tek poneki tlocrt i presjek. Ing. Mihelčić je pokazao mnogo razumijevanja jer je zaista teško bez zasađenih biljaka shvatiti princip rada biljnog uređaja, posebno često isticanu učinkovitost. Stoga nas je upoznao s uređajima koje je njegova tvrtka projektirala jer je za njih imao i sve raspoložive podatke. Najprije nam je ustupio jedan ukoričeni materijal sa slikama o biljnom uređaju Vinogradci pokraj Valpova koji je *Hydroprojekt-ing* projektirao prije nekoliko godina za komunalnu tvrtku *Kombel d.o.o.* iz Belišća. Potom nas je naknadno pozvao da zajednički posjetimo novi-

ji uređaj u Lukaču pokraj Virovitice, gdje je trebao biti zbog nekog drugog posla. Zahvaljujući tome, ali i onome što smo u međuvremenu uspjeli pronaći i pročitati, vjerujemo, ponajprije zbog naših čitatelja, da smo razumjeli rad biljnih uređaja u pročišćavanju otpadnih voda. Tehnička dokumentacija o Biljnom uređaju Vinogradci za 300 ES ima u početku sva objašnjenja principa rada bioloških što nećemo ponavljati. Planirani rast naselja Vinogradci do 2015. iznosi 300 stanovnika, a za specifično hidrauličko opterećenje računalo se, kao i drugdje, s potrošnjom od 150 litara na dan, što donosi srednje dnevno opterećenje od 45 m<sup>3</sup> i maksimalno opterećenje od 68 m<sup>3</sup>. Zbog premalog je nagiba terena trebalo instalirati crpku za dovod vode u taložnicu ispred biljnog uređaja koja ima približno kapacitet 22 m<sup>3</sup> za poludnevno zadržavanje vode.

Kombinirani se biljni uređaj u Vinogradcima pokraj Valpova razlikuje od vrličkog jer ima tri bazena – jedan za filtriranje, drugi za pročišćavanje i treći za poliranje

Biljni uređaj u naselju Vinogradci ponešto je drukčiji od uređaja u Vrlici jer

ima tri bazena, od koji je jedan za filtriranje, drugi za pročišćavanje i treći za poliranje, a voda se nakon pročišćavanja preko kaskada ispušta u obližnji kanal. Riječ je očito o kombiniranom biljnom uređaju za pročišćavanje gdje postoji zadnji bazen za poliranje vjerojatno sa slobodnim vodnim licem jer voda nije ispod supstrata, a još ga zovu i stabilizacijska bara. Prema priloženim dimenzijama vjerojatno je prvi bazen s vertikalnim tečenjem, za što nedostaje jedna crpka za podizanje vode na gornju razinu, ali to može biti ona koja se spominje uz taložnicu, što je i nije vjerojatno jer je taložnica, prema slikama, potpuno ukopana. Vertikalno se strujanje za prvi bazen ne spominje, ali se izričito navodi horizontalno tečenje u drugom bazenu koji je podijeljen u dva dijela što se naizmjenično pune. To znači da se radi o uobičajenom kombiniranom bazenu s poliranjem gdje se postiže i najbolja učinkovitost.

Uređaj u Vinogradcima kao posebnu opciju ima i kompostanu za sušenje mulja iz taložnice uz pomoć bilja. Kako je uređaj rađen za 300 ekvivalent stanovnika, bila je potrebna površina od 900 m<sup>2</sup>. Stoga je bazen za filtriranje dug 10 m, širok 20 m i dubok 0,6 m, pa ima bruto volumen 120 m<sup>3</sup>, a neto 36 m<sup>3</sup>. Bazena za pročišćavanje je dug 25 m i širok 2 x po 10 m te 0,8 m dubok, a ima bruto volumen od 400 m<sup>3</sup> i neto 100 m<sup>3</sup>. Bazena je po širini i dužini istovjetan onom za filtriranje, ali ima nešto manju dubinu (0,5 m) pa je i bruto i neto volumen nešto manji, 10 m<sup>3</sup> odnosno 30 m<sup>3</sup>.

Materijal o biljnom uređaju u Vinogradcima, koji je sudeći po slikama smješten pokraj dječjeg igrališta, prepun je raznovrsnih podataka, pa su dane zajedničke karakteristike, ali i opisi svakog dijela s funkcijom i posebnostima. Dani su opisi revizijskih okana i cijevi, ali i neki savjeti da je, primjerice, dobro izračunati bilance masa radi jeftinije gradnje, podignuti nasipe kako u sustav ne bi ulazila oborinska voda te kako riječni šljunak velike granulacije (dakle kamenje) treba slagati ručno. Priložen je i popis mogućih problema tijekom rada u održavanje te tablični prikaz ispitivanja kakvoće vode po danima.



Pogled na biljni uređaj za pročišćavanje u Vinogradcima



Jedan od bazena za pročišćavanje u Vinogradcima

Lukač je općina koja se nalazi sjeverno od grada Virovitice, uz Dravu i granicu s Mađarskom. Prema popisu iz 2011. ima 3634 stanovnika od čega u Lukaču kao općinskom središtu 443. Ostala su naselja općine Brezik, Budrovac Lukački, Dugo Selo Lukačko, Gornje Bazje, Kapela Dvor, Katinka, Rit, Terezino Polje, Turanovac, Veliko Polje i Zrinj Lukački.

Kad smo se našli pred tim biljnim uređajem, koji je također dimenzioniran za 300 ES i nalazi se nedaleko središta naselja, nismo imali neke posebne podatke, ali smo zato vidjeli lijepu i visoku zasađenu trsku. Čini se da se, baš kao u Vrlici, radi o uređaju s po dva bazena u nizu s vertikalnim i horizontalnim strujanjem. Uređaj je donedavno bio u pokusnoj uporabi, a sada je u punom pogonu. Pročišćena se voda ispušta u županijski kanal Manteč koji otječe u Dravu. Vezano uz taj kanal valja spomenuti da smo pri dolasku osjetili lagani smrad, što smo odmah pripočili

našim domaćinima jer se svugdje ističe da kod biljnih uređaja nema neugodnih mirisa. No odmah su nas razuvjerili i rekli da je to otpadna voda iz obližnje šećerane. Uostalom uz miris je imala i drukčiju boju, a bila je takva i prije ispušta biljnog uređaja.

**Uređaj u Lukaču ograđen je žicom iako su i zaštitari prirode i urbanisti zahtijevali da bude otvoren, a razlog su mogući "skupljači" metala i obijesna mladež te životinje**

Iznenadilo nas je malo što je uređaj ograđen žicom i zaključan iako su i zaštitari prirode i urbanisti zahtijevali da bude otvoren. Razlog su mogući "skupljači" metala za koje bi bili vrlo privlačni postojeći poklopci, ali i obijesna mladež koja bi mogla učiniti nepopravljivu

štetu. No boje se i životinja jer su upravo prije postavljanja ograde primijetili jednu lisicu kako kopa rupu u nasipu, valjda u potrazi za mišem. Da je uspjela potpuno probiti nasip, bila bi učinila golemu štetu na uređaju.

### Umjesto zaključka

Upoznavanje s biljnim uređajima za pročišćavanje bilo je vrlo zanimljivo i poučno iskustvo. Naime, za sve se konvencionalne uređaje kaže da ne ispuštaju nikakve neugodne mirise, ali svi su posjetitelji takvih uređaja, da ne ražaloste domaćine koji su se na takve mirise privikli, odbijali to izgovoriti.

Za razliku od njih, biljni uređaji koji prirodno razgrađuju organske i brojne štetne tvari u otpadnim vodama zaista nemaju nikakav miris. To potiče na razmišljanje kako bi i oko većih gradova trebalo graditi velike biljne uređaje jer se ionako mnogo zemljišta uopće ne obrađuje, a ovako bi sve izgledalo i pitomije i kultiviranije. Uostalom mogla bi se otpadna voda velikim kolektorima odvoditi do velikih umjetnih močvara (možda čak i prirodnih) gdje bi se temeljito pročišćavala i koristila, primjerice za ribnjake. Osim toga zar se ne bi moglo pokušati pronaći mikroorganizme koji bi samostalno ili uz pomoć nekog biološkog agensa bez ikakvog ostatka razlagali organski komunalni otpad na našim odlagalištima? To bi sasvim sigurno bilo znatno bolje od zakopavanja ili paljenja.



Nasipi oko bazena za pročišćavanje u Lukaču



Bujna trska u jednom od bazena u Lukaču