

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2012
Godina XVI
77



UVODNIK

D. Hrkaš
UVODNIK

KORIŠTENJE VODA

D. Hrkaš
O OVOGODIŠNJEM SVJETSKOM DANU VODA
A. Čerić, B. Vučijak, D. Redžepović
VODNI OTISAK U POLJOPRIVREDI

ZAŠTITA VODA

A. Merdan
MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI U SANITARNOJ
EVALUACIJI KVALITETA VODE GORNJEG TOKA
RIJEKE BOSNE I NJENIH PRITOKA

S. Trožić-Borovac
UPOZNAJMO RIJEČNE RAKOVE FAMILIJE ASTACIDAE
(CRUSTACEA, DECAPODA)

I. Štefatić
TEHNOLOŠKI POSTUPCI UKLANJANJA NUTRIENATA U
EUROPSKOJ UNIJI

M. Cikotić
MAKROINVERTEBRATI SLIVA KRIVAJE U JESENJEM
ISTRAŽIVANJU

ZAŠTITA OD VODA

S. Merdan
SANACIJA FILTRACIJE VODE NA UZVODNOJ KOSINI
BRANE VIDARA U GRADAČČU

B. Buhavac
DIMENZIONIRANJE FILTERSKE DRENAŽE KOD NASIPA
I NASUTIH BRANA

VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI

E. Alagić
REGIONALNA INICIJATIVA ZA ZAPADNI BALKAN
ZA UPRAVLJANJA POPLAVAMA I SUŠAMA
U SLIVU RIJEKE DRINE

E. Alagić
STRUČNA POSJETA KOMPANIJI "OTT HYDROMET
GROUP"



Auto kolor fotografija u ovom broju je inž. Mirsad Lončarević i snimljene su na rijeci Plivi u Jajcu.

"VODA I MI"
Časopis Agencije za vodno
područje rijeke Save Sarajevo

<http://www.voda.ba>

Izdavač:

Agencija za vodno područje rijeke Save
Sarajevo, ul. Grbavička 4/III
Telefon: ++387 33 56 54 00
Fax: ++387 33 56 54 23
E-mail: dilista@voda.ba

Glavna urednica: Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

Ispred Savjeta časopisa: Sejad Delić, direktor AVP Sava.

Redakcioni odbor časopisa: Dilista Hrkaš, dipl. žurnalist, predsjednik; članovi: Mirsad Lončarević, dipl. ing. građ., Aida Salahović, dipl. ekonomist, Elmedin Hadrović, dipl. pravnik, dr. sci. Anisa Čičić Močić, Haris Fišeković, dipl. ing. građ. i mr. Sanela Džino, dipl. inž. hemije.

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

Priprema za štampu i filmovanje: KKDD d.o.o. Sarajevo

Štampa: RIMIGRAF, Sarajevo

POŠTOVANI ČITATELJI,



Ako je bilo ko od vas i pomislio da ovaj časopis neće više izlaziti zbog prilično duge pauze između broja 76 i 77, na sreću – prevario se, jer sve dotle dok ima interesa da se autori javljaju i pišu na temu vode, a naši čitaoci to žele i pročitati, mi ćemo se truditi da ne iznevjerimo ni jedne ni druge. Stoga u uvodniku ovog broja podsjećamo da smo otvoreni za saradnju i da nas zanimaju vaša stručna, laička i ljudska iskustva i znanja o vodama i da putem stranica ovog časopisa želimo ne samo širiti ta iskustva i znanja, nego i poticati na veće zanimanje za vodu i vodne resurse u našoj zemlji.

Ponavlja se, naime, priča da nam je voda u fokusu interesa uglavnom onda kada su to neke prigode poput obilježavanja Svjetskog dana voda 22. marta ili Dana planete 22. aprila ili Svjetskog dana zaštite okoliša 5. juna itd., itd., a i kada su to neke nelagode poput incidentnih zagađenja, poplava ili suša. Tada kao da se na brzinu svi želimo iskupiti za onih preostalih tristo i nešto dana u godini, pa pričamo i pišemo, moglo bi se reći gotovo horski, o vodi, o njenoj važnosti, zagađenju, korištenju itd., itd., ponavljajući po ko zna koji put davno istrošene i općepoznate fraze da “bez vode nema života”, “da moramo čuvati vodu od zagađenja”, “da moramo štediti vodu”, dok se istovremeno nerijetko ponašamo potpuno drugačije u svakodnevnom životu, misleći pritom, valjda, da će “neki drugi” brinuti o našim vodama.

Ali, stvari se ipak pomjeraju nabolje. Dokazuje to i promotivni film o učešću javnosti u planiranju upravljanja rijekom Savom koji se odnedavno često prikazuje na domaćoj TV stanici, pa serijal emisija na federalnom radiju pod nazivom “Za svaku kap čiste vode” koje se emituju svaki prvi četvrtak u mjesecu, re-

dovne rubrike o vodi i okolišu u nekim printanim medijima i, uglavnom, tema vode sve je učestalija i prisutnija i s pravom se možemo nadati da će i glas javnosti u skorijoj budućnosti biti mnogo više na strani vode.

A da su u našem susjedstvu otišli i korak dalje, govori činjenica da se u Rovinju od 17. do 19. maja ove godine održava prvi festival vode kojemu je cilj unapređenje stručne i javne rasprave o značaju vode kao izvora privrednog razvoja u Hrvatskoj i regiji. Naime, nova hrvatska Vlada je gospodarenje vodama svrstala među prioritete svoje nove ekonomske politike, prije svega zbog toga što velike zalihe čiste vode Hrvatskoj otvaraju i velike mogućnosti za ekonomski razvoj, ali i zbog činjenice da Hrvatska pristupanjem Evropskoj Uniji mora zadovoljiti neke standarde u zbrinjavanju otpadnih voda.

I sad zamislite, izdavačka kuća Europa Press Holding i Jutarnji list organizuju prvi festival vode u ovom dijelu Evrope sa ciljem i namjerom da to postane kontinuirani događaj kao platforma za razmjenu ideja, informacija i predstavljanja najboljih praksi u djelatnostima vezanim za iskorištavanje vodnog bogatstva. Dakle, medijske kuće su pokrenule jedan razvojni projekat na nivou ne samo države, nego i regije i sa velikom sigurnošću se može pretpostaviti da će ova manifestacija Hrvatskoj donijeti nove razvojne impulse.

Ako je voda postala nafta 21. stoljeća i ako će ono biti stoljeće bitke za vodu, onda je i nama u Bosni i Hercegovini, koji takođe raspolažemo sa velikim rezervama čiste vode, minut do dvanaest da gospodarenje vodama postavimo kao prioritet ekonomske politike.

HRKAŠ

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

O OVOGODIŠNJEM SVJETSKOM DANU VODA – VODA I HRANA –

1

1993. godine UN je su donijele odluku o obilježavanju 22. marta kao Svjetskog dana voda.

Tako je u svijetu već naredne, 1994. godine 22. mart obilježen kao Dan voda, a mi u Bosni i Hercegovini smo već 1995. godine, i pored poznatih ratnih dešavanja u to vrijeme, ipak održali svečani i radni skup posvećen Svjetskom danu voda. Tako eto već 18-ti put se na ovim BH prostorima slavi i obilježava 22. mart.

Svake godine UN odredi moto, odnosno parolu pod kojom će se raspravljati pitanja i problemi oko vode i ove godine ta parola glasi: VODA I HRANA.

Inače, dekada koja je počela 2005. godine i traje do 2015. je proglašena dekadom "Vode za život", što već samo po sebi govori o zabrinutosti svijeta sa sadašnjim stanjem u oblasti voda, ali i sa njenom budućnošću.

Bosna i Hercegovina, tj. njene vodoprivredne institucije ovaj datum unazad desetak godina obilježavaju zajedničkom centralnom manifestacijom naizmjeničnim domaćinstvom svake od četiri postojeće agencije za vode. Ove godine to je bila Agencija za "Vodno područje Jadranskog mora" iz Mostara, pa

je ovom skupu, održanom u Hotelu "Ero", prisustvovalo preko 130 učesnika – predstavnika institucija i organizacija iz sektora voda sa državnog i entitetskih nivoa, do predstavnika međunarodnih organizacija, komunalne privrede, raznih stručnih, specijalističkih i nevladinih organizacija do medija.



Radno predsjedništvo

Na skupu su prezentirana referatska izlaganja posvećena osnovnoj temi Dana voda:

- Smjernice po Strategiji upravljanja vodama u Federaciji BiH i povećanje proizvodnje hrane, autora Adnana Bijedića, dipl. inž. građ.;
- Korištenje voda za navodnjavanje u Federaciji BiH – projekat razvoja sistema navodnjavanja u slivovima rijeka Drine i Neretve, autora mr Enesa Alagića, dipl. inž. građ. i Nedima Džipe, dipl. inž. građ.;
- Uticaj poljoprivredne proizvodnje na vodene ekosisteme, autorice Sanje Čučković, dipl. ekologa;
- Sektor poljoprivrede u planu upravljanja vodama, autorice Amre Ibrahimpašić, dipl. inž. građ.;
- Saglasnost utvrđenog kvaliteta voda vodotoka sliva rijeke Save u 2011. godini sa propisanim uslovima korišćenja za različite namjene, autorice Jelene Vićanović, dipl. inž. tehn.;
- Potrošnja vode u poljoprivredi izražena kao vodni otisak, autora dr Admira Čerića, dipl. inž. građ. i
- Izgradnja kapaciteta poljoprivrednih biznisa u adaptaciji na sušu, autora Velibora Sudara.



Na fotografijama su učesnici skupa u Mostaru

Fotografije: arhiva AVP Mostar



Po završetku izlaganja otvorena je diskusija, a potom je organizovano i druženje učesnika, od kojih su mnogi jednodnevni boravak u sunčanom i toplom Mostaru završili šetnjom u gradu i obilaskom jedinstvenog Starog mosta.

Pokazalo se još jednom da su ovakvi susreti nažalost rijetka, ali izvanredna prilika da uposlenici iz sektora voda u Bosni i Hercegovini, kao i svi oni koji su u drugim oblastima ali kroz svoje djelatnosti su u kontaktu sa ovim sektorom, razmijene svoja iskustva i znanja, dogovore neke dalje aktivnosti ili iniciraju nove, do toga da se sretnu barem jednom godišnje dugogodišnji prijatelji i saradnici.

Tako obilježavanje Svjetskog dana voda dobija i jednu novu dimenziju i u tim okolnostima sasvim je jasno i nedvojbeno da upravljanje vodama na prostoru Bosne i Hercegovine nije moguće bez saradnje, dogovora i razgovora, jednostavno, bez profesionalnog i ljudskog pristupa ovom prirodnom resursu koji nam omogućava i da opstanemo tu gdje smo nastali.

VODNI OTISAK U POLJOPRIVREDI*

REZIME

Vodni resursi u svijetu su pod sve većim pritiskom kao posljedica velike potrošnje i zagađenja koji nastaju kao rezultat različitih ljudskih djelatnosti. Podaci o potrošnji vode u svijetu pokazuju da se najveći dio, oko 70%, troši u poljoprivredi. Navedena potrošnja odnosi se na količinu vode koja se zahvata u prirodi na različite načine i navodnjavanjem isporučuje biljkama u sušnim periodima godine kako bi se osigurao njihov rast i razvoj. Novu dimenziju analizi globalne potrošnje vode je dao vodni otisak, koji predstavlja indikator kojim se ne promatra samo „klasična“ potrošnja zahvatanjem vode iz prirode (plava voda), nego i potrošnja vode raspoložive u prirodi (zelena voda) kao i potrošnja vode za prijem zagađenja koje se ispušta (siva voda).

Ukupni vodni otisak poljoprivredne proizvodnje u svijetu iznosi 8.363 km³/god., od čega 7.404 km³/god. predstavlja vodni otisak biljne proizvodnje. Udio animalne proizvodnje u ukupnom vodnom otisku poljoprivrede je 29%, tj. 2.422 km³/god. Kako se ukupan globalni vodni otisak čovječanstva procjenjuje na 9.087 km³/god., udio poljoprivrede dostiže čak 92,0%. Poljoprivreda troši svu zelenu vodu iz globalnog vod-

nog otiska, dok je njen udio u globalnom plavom vodnom otisku 92,2%. Poljoprivreda je prema ovom pokazatelju i najveći zagađivač vode, jer učestvuje sa 65,6% u ukupnom globalnom sivom otisku.



* Tekst je skraćena i prilagođena verzija autorovog referatskog izlaganja na održanom skupu u povodu obilježavanja Svjetskog dana voda

(Mostar, 22. 3. 2012. godine)

UVOD

Rezerve pitke vode nisu neiscrpn prirodni resurs. Dinamičan razvitak društva i sve veći pritisci na prirodni okoliš, a samim time i na vodu, postaju jedno od ključnih pitanja održivog razvoja, budući da zagađivanje vode u podzemlju i na površini dodatno utiče na smanjenje zaliha vode. Prema procjenama UN-a, na Zemlji je početkom 20. vijeka živjelo oko 1,65 milijardi ljudi, a do njegovog kraja populacija je porasla na preko 6 milijardi (Vučijak i ostali, 2011). UN predviđaju da će na Zemlji do 2050. godine živjeti oko 9 milijardi ljudi. Međutim, godišnje snabdijevanje obnovljivom svježom vodom ostat će približno konstantno. Kako je konstatala UN-ova Komisija za održivi razvoj, količina vode dostupna svakoj osobi smanjuje se kako populacija raste, što povećava mogućnost nedostatka vode.

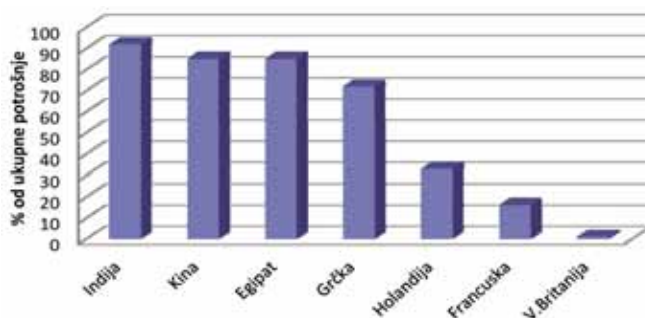
Od ukupnih količina vode na Zemlji, oko 1.370 miliona m³ odnosno 97,6% otpada na slanu morsku vodu (Wetzel, 1983). Samo oko 2,4% vode je slatka voda koja se može koristiti za piće, za navodnjavanje u poljoprivredi ili za industriju. Najveći dio slatke vode se pojavljuje kao led na polovima, u glečerima ili u zamrznutom tlu, a sljedeći važan udio čini podzemna voda. Voda iz rijeka i jezera, iz atmosfere, sa površine zemlje i iz živih bića je u poređenju sa količinama vode na polovima beznačajna. Samo mali dio slatke vode, oko 0,3%, stoji na raspolaganju kao voda za piće.

Količine raspoložive slatke vode su veoma neravnomjerno raspoređene na Zemlji. Prosječni obnovljivi vodni resursi u svijetu, koje uglavnom čini proticaj površinskih vodotoka, iznose oko 42.780 km³/god (Shiklomanov, 2000). Najveće količine vode nalaze se u Aziji i Južnoj Americi, 13.510 i 12.030 km³/god. respektivno, a najmanje u Australiji sa Okeanijom i Evropi (2.400 i 2.900 km³/god. respektivno).

Ukoliko se promatraju obnovljivi vodni resursi po glavi stanovnika, prosječna raspoloživa količina vode, izražena kao m³/stan/god., u svijetu iznosi 7.600 (Vučijak i ostali, 2011); najveća raspoloživa količina je u Australiji i Okeaniji (83.700), a najmanja u Aziji (3.920). Ove vrijednosti se neprestano mijenjaju, jer konstantno raste broj stanovnika na Zemlji. Trendovi rasta između 1970. i 1994. godine doveli su do smanjenja raspoloživih količina vode u ovom periodu sa 12.900 na 7.600 m³/stan/god. (Shiklomanov, 2000). Najveći pad registriran je u Africi (za oko 2,8 puta), Aziji (za 2,0 puta) i Južnoj Americi (za 1,7 puta), dok je u Evropi raspoloživa količina obnovljivih vodnih resursa po glavi stanovnika pala za samo 16%.

Podaci o potrošnji vode u svijetu pokazuju da se najveći dio, oko 70%, troši u poljoprivredi (Appelgren, 2004). U svijetu se navodnjača oko 250 miliona hektara obradivih površina, što predstavlja samo 17% od ukupne obradive površine, ali sa koje se dobiva više

od jedne trećine ukupne svjetske žetve. Da bi se mogao prehraniti rastući broj stanovništva, potrebno je sve više zemlje obrađivati i navodnjavati. Zadnjih godina je također porasla i potrošnja vode za stočarstvo. U mnogim zemljama se preko 90% zahvaćene vode koristi za navodnjavanje (slika 1), dok se u dosta evropskih zemalja (npr. Španija, Portugal, Grčka) za navodnjavanje troši i preko 70% zahvaćenih količina (Saejis i van Berkel, 1996). Navodnjavanje je od esencijalnog značaja za život posebno u zemljama u razvoju, koje nastoje osigurati dovoljno hrane za sve svoje stanovnike.



Slika 1. Udio poljoprivrede u ukupnoj potrošnji vode (Izvor: Saejis i van Berkel, 1996)

Navedena potrošnja odnosi se na količinu vode koja se zahvata u prirodi na različite načine i navodnjavanjem isporučuje biljkama u sušnim periodima godine kako bi se osigurao njihov rast i razvoj. Ovim se nadoknađuje gubitak vode u zemljištu koji ne može biti prirodno obezbijeđen putem padavina, dotokom površinskih i podzemnih voda i slično. Ova količina vode najčešće se određuje proračunom evapotranspiracije usjeva ETC, koja predstavlja kombinirani efekat evaporacije (isparavanja) sa vlažnih površina – zemljišta i vode, i transpiracije putem biljaka (Čerić i ostali, 2003).

Količina vode koja se koristi za navodnjavanje se uobičajeno primjenjuje kao pokazatelj potrošnje vode u poljoprivredi. Slično tome se zahvaćena količina vode od strane industrija upotrebljava za procjenu potreba za vodom kod proizvodnje različitih industrijskih proizvoda. Premda daju neke veoma korisne informacije, ovi pokazatelji ne pružaju cjelovitu sliku o ukupnim potrebama za vodom za proizvodnju poljoprivrednih ili industrijskih proizvoda. U ovom radu je potrošnja vode u poljoprivredi objašnjena preko vodnog otiska (*eng.* water footprint), indikatora koji je uveden 2002. godine sa ciljem određivanja ukupne količine vode koja se troši u različitim ljudskim aktivnostima.

OPĆE O VODNOM OTISKU

Brojne ljudske aktivnosti troše ili zagađuju vodu – npr. navodnjavanje, kupanje, pranje, čišćenje, hlađenje, procesiranje, itd. Ukupna potrošnja vode ili

ukupno zagađenje takve aktivnosti se uglavnom promatraju kao zbir potrošnje ili zagađenja pojedinačnih aktivnosti i donedavno se malo pažnje posvećivalo „skriveno“ potrošenoj vodi u takvom procesu, obično i prostorno udaljenoj komponenti potrošnje koja nastaje u nekom drugom procesu, ali čiji se rezultat koristi u promatranoj aktivnosti.

Ideja razmatranja ukupne količine korištene vode u cijelom jednom proizvodnom lancu uvedena je konceptom vodnog otiska (Hoekstra, 2003). Vodni otisak predstavlja pokazatelj korištenja vodnih resursa koji uključuje ne samo direktno korištenje vode pri proizvodnji, već i sve oblike indirektno iskorištene vode. Koncept vodnog otiska je osmišljen analogno ekološkom otisku ugljika (*eng.* carbon footprint) i može se smatrati sveobuhvatnim pokazateljem korištenja vodnih resursa.

Tradicionalni pristup potrošnji vode u obzir uzima samo vodu isporučenu putem vodovodnog sistema ili navodnjavanja, prethodno zahvaćenu iz podzemnih rezervi, vodotoka, jezera i sl. Vodni otisak proizvoda se računa kao ukupna količina vode koja se koristi u svim etapama proizvodnje odabranog proizvoda, počevši od ukupne količine vode iskorištene za rast kulture koja se koristi kao sirovina u procesu, vode koja je upotrijebljena u svim koracima u proizvodnom lancu, pa do količine vode koja je potrebna da se zagađenje nastalo procesom razrijedi do prihvatljivog nivoa. Vodni otisak obuhvata tri zasebne komponente: (i) korištenje vode u obliku vlažnosti u tlu i biljkama (zelena voda), što je jako važan ali dugo zanemaren oblik potrošnje vode jer upravo količina dostupne zelene vode odnosno vlage u tlu određuje potrebe za narednom komponentom, zatim (ii) korištenje vode iz podzemnih ili površinskih vodnih tijela što predstavlja i ranije uobičajeno razmatrani oblik potrošnje vode (plava voda), te (iii) zagađenu vodu nastalu u cjelokupnom procesu (siva voda) koja se za razliku od prethodnih oblika proračunava ne kao direktni volumen zagađene vode, već kao količina vode koja je potrebna za razrjeđivanje zagađenja do dozvoljenih odnosno prihvatljivih granica. Shematski prikaz komponenti vodnog otiska dat je na slici 2.

Dakle, vodni otisak proširuje već postojeći pristup razmatranja potrošnje isključivo plave vode konceptom procjene potrošnje zelene i sive vode. Kao precizniji pokazatelj ukupno korištene vode, vodni otisak dakle nije ograničen samo na količinu korištene plave vode (dakle vode crpljene iz rijeka ili jezera, dostavljene vodovodnim sistemom i sl.), već uključuje i količine korištene zelene i sive vode, kao što nije ograničen samo na direktno korištenje vode u proizvodnom procesu, već uključuje i indirektno ili virtualno korištenje vode (npr. unutar zasebnih procesa nastanka sirovina u tekućem procesu), što će se na primjerima detaljnije prikazati u narednom poglavlju.



Slika 2. Shematski prikaz komponenti vodnog otiska (Hoekstra i ostali, 2009)

Vodni otisak se računa za bilo koji proizvod, ali i za dobro definirane skupine potrošača (npr. vodni otisak pojedinca ili obitelji, ukupni vodni otisak stanovnika sela, grada, pokrajine, države i sl.) ili za određenog proizvođača ili grupu proizvođača koji pripadaju istom sektoru, kao zbir otisaka svih korištenih ili stvorenih proizvoda.

Termin „procjena vodnog otiska“ se dakle odnosi na kvantificiranje vodnog otiska jednog proizvoda ili procesa/aktivnosti, ili određene grupe potrošača prema zajedničkim karakteristikama (npr. i prema geografski određenom području), ali također i na procjenu takvog vodnog otiska sa stanovišta okolišne, društvene ili ekonomske održivosti, odnosno formuliranja potrebnog odgovora u slučaju da promatrana aktivnost ili proizvod(i) imaju značajan utjecaj na dostupnost vode.

Važno je napomenuti da se vodni otisak pojedinca ili grupe stanovnika (npr. nacije) zbog promatranja cjelokupnog procesa nastanka proizvoda koji se konzumira geografski značajno distribuira u svijetu. Naime, uvozom proizvoda koji intenzivno koriste vodu u svom procesu nastanka države zapravo eksternaliziraju svoj vodni otisak, što stvara pritisak na vodne resurse u izvoznim područjima, a ne na samom mjestu potrošnje. Kako su takve izvozne regije često slabih kapaciteta za dobro upravljanje vodnim i okolišnim resursima, postoji jasna potreba za jačanjem svijesti o problemima koji se ovakvim pristupom stvaraju, za što je vrlo pogodan alat upravo vodni otisak.

Kao često spominjani primjer se navode pamučni odjevni predmeti – proizvodnja pamučne majice stvara vodni otisak od oko 2.000 litara i njega pravi krajnji kupac, iako je on većinom nastao u uglavnom udaljenim zemljama u kojima se pamuk proizvodio, te nekim drugim u kojima je on i prerađen do pamučnog platna i konačno majice. Tako npr. Malezija ne uzgaja pamuk već ga uvozi iz Indije i Pakistana, da bi prerađeni tekstil zatim izvozila u Evropu, pa se može reći da je krajnji kupac iz Evrope zapravo trošio vodne resurse prethodno navedenih zemalja.

VODNI OTISAK U POLJOPRIVREDI

Kada se promatraju poljoprivredni proizvodi, vodni otisak predstavlja ukupnu količinu vode koja se koristi u različitim koracima proizvodnog ciklusa. Iz tabele 1, u kojoj je prikazan vodni otisak pojedinih poljoprivrednih proizvoda, može se uočiti da ukupno utrošena količina vode značajno varira po pojedinim proizvodima. Tako je npr. vodni otisak zelene salate 130 litara za kilogram proizvedenog proizvoda, dok je vodni otisak jednog kg čokolade čak 24.000 litara. Vrijednosti navedene u tabeli 1 predstavljaju globalni prosjek i značajno variraju po pojedinim regionima u ovisnosti od karakteristika proizvodnog procesa i nekih drugih faktora (Hoekstra, 2008).

Tabela 1. Vodni otisak poljoprivrednih proizvoda

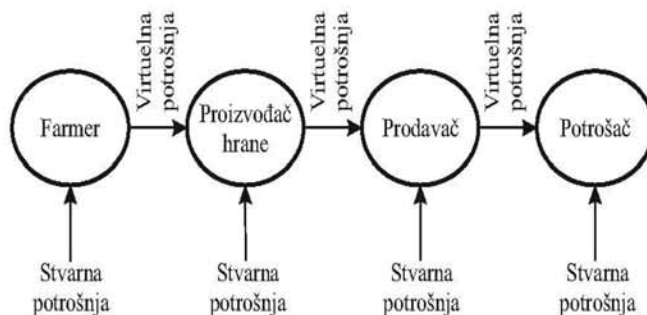
Poljoprivredni proizvod	Jedinica	Vodni otisak (litar)
Jabuka, kruška	1 kg	700
Banana	1 kg	860
Goveđe meso	1 kg	15.500
Pivo	250 ml	75
Pšenični hljeb	1 kg	1.300
Kupus	1 kg	200
Sir	1 kg	5.000
Piletina	1 kg	3.900
Čokolada	1 kg	24.000
Kafa	125 ml	140
Krastavac, tikva	1 kg	240
Datula	1 kg	3.000
Kikiriki (u ljuski)	1 kg	3.100
Zelena salata	1 kg	130
Kukuruz	1 kg	900
Mango	1 kg	1.600
Mlijeko	250 ml	250
Masline	1 kg	4.400
Narandža	1 kg	460
Breskva, nektarina	1 kg	1.200
Svinjetina	1 kg	4.800
Krompir	1 kg	250
Riža	1 kg	3.400
Šećer (iz šećerne trske)	1 kg	1.500
Čaj	250 ml	30
Paradajz	1 kg	180
Vino	125 ml	120

Izvor: Hoekstra, 2008

Ako se promatra npr. proizvodnja goveđeg mesa, vodni otisak je proračunat na osnovu parametara industrijskog proizvodnog sistema po kojemu je životinju potrebno uzgajati tri godine da bi se nakon klanja dobilo oko 200 kg mesa bez kostiju. Životinja će u tom periodu pojesti oko 1.300 kg žitarica (pšenica, zob, ječam, kukuruz, sojini pripravci i ostale žitarice), 7.200 kg svježe trave, sijena i silaže, te će potrošiti 24 m³ vode za piće i 7 m³ vode za održavanje (Hoekstra, 2008). Za proizvodnju jednog kilograma goveđeg

mesa tako se potroši oko 6,5 kg žitarica, 36 kg trave, sijena i silaže, te 155 litara vode za piće i održavanje. Pošto se za proizvodnju navedenih količina hrane troši oko 15.300 litara vode, dobije se da vodni otisak jednog kilograma proizvedenog goveđeg mesa iznosi oko 15.500 litara.

Iz navedenog primjera uzgoja goveđeg mesa može se uočiti razlika u klasičnom obračunu utroška vode u odnosu na obračun utroška vode prema vodnom otisku. Prema klasičnom obračunu, utrošak vode za proizvodnju 1 kg goveđeg mesa pokazao bi da je potrebno 155 litara vode koja se koristi za piće i održavanje životinja i prostorija u kojima borave. Međutim, vodni otisak podrazumijeva uključivanje i direktno i indirektno potrošene vode za proizvodnju tog proizvoda. Direktna potrošnja podrazumijeva količinu stvarno utrošene vode za taj proizvod, dok indirektna (virtualna) potrošnja uključuje količinu vode koja je utrošena za proizvode i usluge koji su inputi (ulazi) za proizvodnju tog proizvoda (slika 3). Za proizvodnju goveđeg mesa stvarna potrošnja tako predstavlja samo oko 1% ukupne potrošnje (tj. vodnog otiska), dok virtualna potrošnja čini preostalih 99%.



Slika 3. Uključivanje virtualne vode u ukupnu potrošnju

BILJNA PROIZVODNJA

Globalni vodni otisak biljne proizvodnje za period 1996-2005. godina procijenjen je na 7.404 km³ godišnje (Mekonnen i Hoekstra, 2010), što predstavlja oko 17% globalnih obnovljivih vodnih resursa. Proizvodnja pšenice ima najveći vodni otisak u svijetu (1.087 km³/god.), a potom riže (992 km³/god.) i kukuruza (770 km³/god.), tako da ove tri kulture troše preko 38% globalnog vodnog otiska biljne proizvodnje. Od ostalih kultura, značajniji potrošači vode su krmne biljke, soja, šećerna trska, pamuk, ječam, sirak (*eng. sorghum*), palma uljarica, kokos, proso i kafa, koji zajedno troše oko 34% globalnog vodnog otiska. Sve ostale poljoprivredne kulture imaju udio od 28% od ukupnog vodnog otiska biljne proizvodnje.

Od ukupnog vodnog otiska za biljnu proizvodnju, 78% otpada na zelenu vodu, 12% na plavu i 10% na sivu. Za većinu poljoprivrednih kultura udio zelene vode u vodnom otisku od potrošnje vode (zelena i

plava voda) je preko 80%. Međutim, pšenica i riža imaju veliki plavi vodni otisak, jer zajedno troše preko 45% globalnog plavog vodnog otiska. Sivi vodni otisak kod biljne proizvodnje uglavnom je povezan sa korištenjem đubriva. Pšenica, riža i kukuruz zajedno troše oko 56% globalnog sivog vodnog otiska.

Za većinu poljoprivrednih kultura se može reći da je njihov vodni otisak od potrošnje vode (zelena i plava voda) manji kod uzgoja sa navodnjavanjem nego kod prirodnog uzgoja bez navodnjavanja. Razlog leži u činjenici da su prinosi navodnjavanih kultura u pravilu veći od prinosa nenavodnjavanih kultura. Na primjer, kod jabuke je jedinični vodni otisak kod sistema uzgoja bez navodnjavanja 883 m³ vode po toni prinosa (tabela 2), dok kod navodnjavanja ukupni vodni otisak pada na 734 m³/t.

Također se može uočiti da uvođenjem navodnjavanja opada i vodni otisak od potrošnje vode (zelena i plava voda) sa 717 m³/t na 694 m³/t, kao i sivi vodni otisak (sa 167 na 71 m³/t). Za neke kulture, međutim, uvođenjem navodnjavanja se jedinični vodni otisak po toni proizvoda povećava, što je slučaj sa sojom, šećernom trskom i uljanom repicom. Kod ovih kultura, premda se navodnjavanjem povećava prinos, dolazi do povećanja stvarne evapotranspiracije, koja može dostići nivo potencijalne. Kod uzgoja bez navodnjavanja, kod ovih kultura je stvarna evapotranspiracija u pravilu znatno niža od potencijalne. Navedeni podaci ukazuju da se navodnjavanjem samo prividno povećava potrošnja vode za uzgoj poljoprivrednih kultura, dok se zapravo jedinična potrošnja vode po toni kulture u pravilu stvarno smanjuje. To ukazuje na značaj navodnjavanja ne samo za povećanje poljoprivredne

proizvodnje, nego i za održivije korištenje vodnih resursa.

ANIMALNA PROIZVODNJA

U posljednjih nekoliko decenija primjetan je globalni trend promjena u ishrani stanovništva u korist animalnih proizvoda poput mesa, mlijeka i jaja, uglavnom kao posljedica ekonomskog rasta i rasta prihoda stanovništva. Tako je u zemljama u razvoju registriran porast potrošnje mesa, mlijeka i mliječnih proizvoda od gotovo 5% godišnje, dok je globalna proizvodnja mesa gotovo udvostručena u periodu od 1980. do 2004. godine (FAO, 2005). To je značajno uticalo na povećanje globalnog vodnog otiska animalne proizvodnje.

U periodu od 1996. do 2005. godine, ukupni globalni vodni otisak animalne proizvodnje iznosio je 2.422 km³/god. (Mekonnen i Hoekstra, 2010a). Najznačajniji udio vodnog otiska animalne proizvodnje dolazi od stočne hrane, što čini oko 98% ukupnog vodnog otiska. Količina vode koja se troši na piće, održavanje stoke i pripremu hrane je relativno mala, i iznosi 1,1%, 0,8% i 0,03% respektivno.

Kada se promatra po kategorijama stoke, najveći udio u vodnom otisku animalne proizvodnje u svijetu ima uzgoj goveda sa 33% (tabela 3), a značajan udio ima uzgoj muznih krava (19%), svinja (19%) i brojler-skih pilića (11%). Ako se promatra prosječni vodni otisak po grlu stoke, muzne krave imaju najveći vodni otisak (2.056 m³ po grlu godišnje), što je više od prosječnog čovjeka (Mekonnen i Hoekstra, 2010a). Najmanji vodni otisak imaju brojlerski pilići od samo 26 m³ po životinji godišnje.

Tabela 2. Vodni otisak navodnjavanih i nenavodnjavanih poljoprivrednih kultura

Kultura	Sistem uzgoja	Prinos (t/ha)	Globalni vodni otisak (km ³ /god.)				Jedinični vodni otisak (m ³ /t)			
			Zeleni	Plavi	Sivi	Total	Zeleni	Plavi	Sivi	Total
Pšenica	Bez navodnjavanja	2,48	610	0	65	676	1.629	0	175	1.805
	Navodnjavanje	3,31	150	204	58	411	679	926	263	1.868
	Globalno	2,74	760	204	123	1.087	1.278	342	208	1.828
Kukuruz	Bez navodnjavanja	4,07	493	0	85	579	1.082	0	187	1.269
	Navodnjavanje	6,01	104	51	37	192	595	294	212	1.101
	Globalno	4,47	597	51	122	770	947	81	194	1.222
Riža	Bez navodnjavanja	2,69	301	0	30	331	1.912	0	190	2.102
	Navodnjavanje	4,67	378	202	81	661	869	464	185	1.519
	Globalno	3,90	679	202	111	992	1.146	341	187	1.673
Jabuka	Bez navodnjavanja	8,93	24	0	6	30	717	0	167	883
	Navodnjavanje	15,91	8	8	2	18	343	321	71	734
	Globalno	10,92	33	8	7	48	561	133	127	822
Soja	Bez navodnjavanja	2,22	328	0	5	333	2.079	0	33	2.112
	Navodnjavanje	2,48	24	12	1	37	1.590	926	85	2.600
	Globalno	2,24	351	12	6	370	2.037	70	37	2.145

Izvor: Mekonnen i Hoekstra, 2010

Tabela 3. Ukupni vodni otisak po vrstama stoke

Vrsta stoke	Broj životinja u svijetu (miliona)	Prosječan vodni otisak (m ³ /grlo/god.)	Godišnji vodni otisak	
			(km ³ /god.)	(%)
Goveda	1.267	630	798	33
Muzne krave	228	2.056	469	19
Svinje	880	520	458	19
Brojlerski pilići	9.923	26	255	11
Konji	112	1.599	180	7
Koke nosilje	5.046	33	167	7
Ovce	1.052	68	71	3
Koze	750	32	24	1
Ukupno	19.258		2.422	100

Izvor: Mekonnen i Hoekstra, 2010a

Udio zelene, plave i sive vode u animalnoj proizvodnji u velikoj mjeri ovisi o vrsti proizvodnog sistema, a značajne varijacije se mogu registrirati po pojedinim zemljama. Ako se promatraju globalne prosječne vrijednosti (tabela 4), može se uočiti da je vodni otisak po toni proizvedenog mesa raste od pilećeg mesa (4.300 m³/t), preko kozjeg mesa (5.500 m³/t), svinjetine (6.000 m³/t), ovčjeg mesa (10.400 m³/t) do govedine koja ima najveći vodni otisak (15.400 m³/t).

Jedan od razloga za ovakvu razliku je drugačija efikasnost konverzije hrane različitih životinja. Za uzgoj goveda potrebno je npr. osam puta više hrane po kilogramu mesa u odnosu na uzgoj svinja, a čak 11 puta više u poređenju sa pilećim mesom. Drugi značajan faktor je sastav hrane, osobito udjela koncentrata koji ima znatno veći vodni otisak nego svježa trava, sijeno i silaža. Udio koncentrirane hrane kod uzgoja piletine je znatno veći (globalni prosjek 73%) u odnosu na uzgoj govedine (samo 5%).

Tabela 4. Zeleni, plavi i sivi vodni otisak za pojedine animalne proizvode

Životinjski proizvod	Sistem uzgoja	Vodni otisak (m ³ /t)			Životinjski proizvod	Sistem uzgoja	Vodni otisak (m ³ /t)		
		Zeleni	Plavi	Sivi			Zeleni	Plavi	Sivi
Goveđe meso	Ispaša	21.121	465	243	Jaja	Ispaša	6.781	418	446
	Mješoviti	14.803	508	401		Mješoviti	3.006	312	545
	Industrijski	8.849	683	712		Industrijski	2.298	205	369
	Prosjek	14.414	550	451		Prosjek	2.592	244	429
Ovčje meso	Ispaša	15.870	421	20	Mlijeko	Ispaša	1.087	56	49
	Mješoviti	7.784	484	67		Mješoviti	790	90	76
	Industrijski	4.607	800	216		Industrijski	1.027	98	82
	Prosjek	9.813	522	76		Prosjek	863	86	72
Kozje meso	Ispaša	9.277	285	0	Puter	Ispaša	5.913	305	265
	Mješoviti	4.691	313	4		Mješoviti	4.297	492	415
	Industrijski	2.431	413	18		Industrijski	5.591	532	448
	Prosjek	5.185	330	6		Prosjek	5.695	465	393
Svinjsko meso	Ispaša	7.660	431	632	Sir	Ispaša	5.371	293	241
	Mješoviti	5.210	435	582		Mješoviti	3.903	463	377
	Industrijski	4.050	487	687		Industrijski	5.078	500	406
	Prosjek	4.907	459	622		Prosjek	4.264	439	357
Pileće meso	Ispaša	7.919	734	718	Goveđa koža	Ispaša	20.905	535	240
	Mješoviti	4.065	348	574		Mješoviti	16.701	644	453
	Industrijski	2.337	210	325		Industrijski	9.487	805	763
	Prosjek	3.545	313	467		Prosjek	15.916	679	498

Izvor: Mekonnen i Hoekstra, 2010a

Uticaj biljne i animalne proizvodnje na globalni vodni otisak

Ukupni vodni otisak poljoprivredne proizvodnje u svijetu iznosi 8.363 km³/god. (Mekonnen i Hoekstra, 2010a), od čega 7.404 km³/god. predstavlja vodni otisak biljne proizvodnje (tabela 5). Kako je prethodno rečeno, vodni otisak animalne proizvodnje sastoji se od vodnog otiska stočne hrane (98%) i količine vode koja se troši na piće, održavanje stoke i pripremu hrane. Od vodnog otiska stočne hrane koji iznosi 2.376 km³/god., 1.463 km³/god. se odnosi na uzgojene poljoprivredne kulture koje se koriste za stočnu hranu, a preostali dio na travu odnosno ispašu. To znači da se od ukupnog vodnog otiska biljne proizvodnje (7.404 km³/god.) čak 20% odnosi na stočnu hranu, tj. krmno bilje. Udio animalne proizvodnje u ukupnom vodnom otisku poljoprivrede je 29%.



Tabela 5. Globalni vodni otisak poljoprivredne proizvodnje

Vrsta vodnog otiska	Vodni otisak			
	Zeleni	Plavi	Sivi	Total
Ukupni vodni otisak poljoprivredne proizvodnje				
Vodni otisak biljne proizvodnje	5.772	899	733	7.404
Vodni otisak ispaše	913	–	–	913
Direktni vodni otisak animalne proizvodnje*	–	46	–	46
Ukupno	6.685	945	733	8.363
Vodni otisak animalne proizvodnje				
Vodni otisak stočne hrane	1.199	105	159	1.463
Vodni otisak ispaše	913	–	–	913
Direktni vodni otisak animalne proizvodnje*	–	46	–	46
Ukupno	2.112	151	159	2.422

*Količina vode za piće i održavanje stoke

Kako se ukupan globalni vodni otisak čovječanstva procjenjuje na 9.087 km³/god. (Hoekstra i Mekonnen, 2012), udio poljoprivrede dostiže čak 92,0%. Industrijska proizvodnja doprinosi globalnom vodnom otisku sa 4,4%, dok preostalih 3,6% otpada na vodosnabdijevanje stanovništva. Navedeni podaci ukazuju na veliki uticaj poljoprivrede na globalnu potrošnju vode.

Poljoprivreda troši svu zelenu vodu iz globalnog vodnog otiska (slika 4), dok je njen udio u globalnom plavom vodnom otisku 92,2%. Poljoprivreda je prema ovom pokazatelju i najveći zagađivač vode, jer učestvuje sa 65,6% u ukupnom globalnom sivom otisku.

ZAKLJUČAK

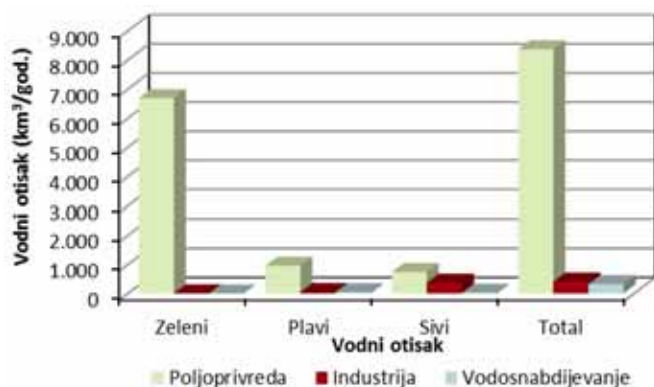
Vodni resursi u svijetu su pod sve većim pritiskom kao posljedica velike potrošnje i zagađenja koji nastaju kao rezultat različitih ljudskih djelatnosti. Ukupna potrošnja i zagađenje vode se često promatraju kao suma velikog broja nezavisnih aktivnosti, a

sve donedavno je malo pažnje bilo posvećeno potrošnji i zagađenju vode u cjelokupnom proizvodnom lancu i lancu potrošnje proizvoda i usluga. Ovakav pristup promatranja korištenja vode u cjelokupnom lancu proizvodnje i potrošnje posebno je postao interesantan nakon što je uveden koncept vodnog otiska početkom ovog stoljeća. Vodni otisak je sveobuhvatni, višedimenzionalni indikator raspodjele vode, kojim se ne promatra samo direktna potrošnja vode nekog proizvođača ili potrošača nego i indirektna potrošnja. Pri tome se vodnim otiskom ne promatra samo „klasična“ potrošnja zahvatanjem vode iz prirode (plava voda), nego i potrošnja vode raspoložive u prirodi (zelena voda) kao i potrošnja vode za prijem zagađenja koje se ispušta (siva voda).

Poljoprivreda predstavlja posebno značajnog korisnika voda na globalnom nivou. Izraženo preko vodnog otiska, poljoprivreda troši oko 92% vodnih resursa koje čovječanstvo koristi za svoje potrebe. Smatra se da se smanjenje vodnog otiska od poljopri-

vrede može postići uvođenjem dobrih poljoprivrednih praksi, koje će najviše uticati na sivi vodni otisak. To uključuje smanjenje količine hemikalija koje se troše, te bolje tehnike i pravilno vrijeme njihove primjene. Teoretski promatrano, sivi vodni otisak može se dovesti na nulu prelaskom na organsku poljoprivredu, ali je to u praksi teško ako ne i nemoguće postići. Zeleni i plavi vodni otisak u poljoprivredi (m^3/t) mogu se smanjiti povećavajući produktivnost korištenja zelene i plave vode, na primjer uvođenjem efikasnijih tehnika navodnjavanja (kap po kap, prskanje) u odnosu na klasične (navodnjavanje plavljenjem). Jedan od mogućih načina smanjenja vodnog otiska poljoprivrede je i zamjena u korištenju proizvoda sa većim vodnim otiskom proizvodima čiji vodni otisak je manji a pružaju sličnu nutricionu vrijednost. U tom smislu, generalno se može zaključiti da je sa aspekta korištenja vodnih resursa mnogo efikasnije unositi kalorije, proteine i masnoće korištenjem biljnih nego animalnih proizvoda, s obzirom da je vodni otisak po kaloriji i gramu proteina i masnoća veći kod animalnih nego kod biljnih proizvoda.

Bez obzira na raspoložive opcije, smanjenje globalnog vodnog otiska poljoprivrede će predstavljati veliki izazov u budućnosti zbog ubrzanog porasta broja stanovnika na Zemlji i rastućih potreba za hranom. Za postizanje ovog cilja će biti potrebno uključiti ne samo poljoprivredne proizvođače, već i potrošače poljoprivrednih proizvoda, kao i sve druge zainteresirane strane.



Slika 4. Raspodjela globalnog vodnog otiska po najznačajnijim kategorijama

LITERATURA

- Appelgren B. (2004). *Series on Water and Ethics, Essay 5, Water in Agriculture*, ISBN 92-9220-020-8. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Ćerić A., Selmanagić D., Jabučar D., Vučijak B., Kalem-Perić A., Čustović H., Zerem N., Bjelavac J., Alić R. (2003). *Upravljanje difuznim zagađenjem*. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta Sarajevo.
- FAO (2005). *Livestock policy brief 02*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Hoekstra A. Y. (2008). The water footprint of food. In: Förare J. (ed.). *Water for food*. The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas), Stockholm, Sweden, pp. 49-60.
- Hoekstra A. Y. (ed.) (2003). *Virtual water trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., Aldaya M. M., Mekonnen M. M. (2009). *Water Footprint Manual, State of the Art 2009*. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands.
- Hoekstra A. Y., Mekonnen M. M. (2012). The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, doi/10.1073/pnas.1109936109.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Volume 1: Main Report*; Research Report Series No. 47. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2010a). *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Volume 1: Main Report*; Research Report Series No. 48. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- Saejis H. F. I., van Berkel, M. J. (1995). Global water crisis, the major issue of the 21st century. *European Water Pollution Control*, Vol. 4, pp. 26-40.
- Shiklomanov I. A. (2000). Appraisal and Assessment of World Water Resources. *Water International*, Vol. 25(1), pp. 11-32.
- Vučijak B., Ćerić A., Silajdžić I., Midžić Kurtagić S. (2011). *Voda za život: Osnove integralnog upravljanja vodnim resursima*. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu.
- Wetzel R. G. (1983). *Limnology, Second edition*. Saunders College Publishing, Fort Worth, USA.

MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI U SANITARNOJ EVALUACIJI KVALITETA VODE GORNJEG TOKA RIJEKE BOSNE I NJENIH PRITOKA

1. UVOD

1.1. Mikroorganizmi kao sanitarni pokazatelji kvaliteta vode

Voznato je da je prisustvo vode jedan od osnovnih uslova za život na našoj planeti, budući da je neophodna za odvijanje svih vitalnih procesa u biosferi. Danas svaki čovjek svakog dana konzumira znatne količine vode. Međutim, voda skriva u sebi i velike opasnosti za zdravlje čovjeka. Voda je potencijalni vehikul čitavog niza raznih zaraznih bolesti. Među njima su najčešće crijevne zarazne bolesti, kao što su crijevni tifus, paratifusi, bacilarna i amebna dizenterija, kolera, dijareje uzrokovane enteričnim virusima, i dr (Karaklašević 1987, Jerković-Mujkić & Grbelja 1999). Najvažniji mikroorganizmi kontaminanti vode su humanog i animalnog porijekla (Jemcev & Đukić 2000). Sanitarni pokazatelji kvaliteta površinske vode (Petrović et al. 1998) obuhvataju sljedeće grupe bakterija: ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije, streptokoke fekalnog porijekla, te brojnost bakterija *Escherichia coli* kao izuzetnog indikatora fekalnog zagađenja. Broj prisutnih mikroorganizama – indikatora zagađenja omogućava da se da tačnija ocjena stepena bakterijskog zagađenja vode. Cilj istraživanja bio je izvršiti identifikaciju fermentativnih i nefermentativnih bakterija izolovanih iz uzoraka površinske vode pomoću API 20 E i API 20 NE biohemijskih sistema.

2. MATERIJAL I METODE

Istraživanja zajednica mikroorganizama gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka obuhvatala su rad na terenu i laboratorijske analize.

Laboratorijska istraživanja su obuhvatala identifikaciju bakterija izolovanih iz uzoraka vode primjenom API 20 E i API 20 NE biohemijskih sistema.

2.1. MATERIJAL

Ispitivanje kvaliteta voda gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka izvođeno je godinu dana, od maja 2009. godine do maja 2010. godine. U navedenom periodu uzorci vode sa istraživanih lokaliteta (tabela 1) su uzimani dva puta za biohemijsku identifikaciju bakterija sa API 20 E i API 20 NE sistemima.

Tabela 1. Kontrolna mjerna mjesta u gornjem toku rijeke Bosne i njenih pritoka

Oznaka lokaliteta	Naziv lokaliteta
B-0	Bosna - izvor
B-1	Bosna - Rimski most
Zu	Zujevina ušće u rijeku Bosnu
B-2	Bosna nizvodno od Željeznice i Zujevine
Ž-1	Željeznica ušće u rijeku Bosnu
M-1	Miljacka ušće u rijeku Bosnu
B-3	Bosna - Reljevo

U istraživanju su korišteni referentni mikroorganizmi *Escherichia coli* BCR[®] - 594, No 573 i *Enterococcus faecium* BCR[®] - 506 No 0409. Referentni materijal je nabavljen iz renomirane međunarodne kolekcije „Institute for Reference Materials and Measurements“ (IRMM, Geel, Belgija).

Hranjive podloge upotrebljavane za izolaciju i identifikaciju bakterija su:

- ❑ Caso agar VM 355758 447 (Merck): pepton kazeina 15.0 g, pepton sojinog zrna 5.0 g, natrijum hlorid 5.0 g, agar 15.0 g i demineralizovana voda do 1 litar.
- ❑ Endo podloga (Sartorius): pepton, kvaščevo ekstrakt, laktoza, KH₂PO₄, K₂HPO₄, NaCl, natrijum sulfid, natrijum lauril sulfat, natrijum desoksiholat, bazični fuksin.
- ❑ mFC podloga (Sartorius): pepton, kvaščevo ekstrakt, laktoza, NaCl, žučna sol, anilinsko plavo, rosalična kiselina.
- ❑ Azide podloga (Sartorius): pepton, kvaščevo ekstrakt, dekstroza, K₂HPO₄, natrijum azid, TTC (2,3,5 – Tri-fenil-tetrasoliumhlorid).
- ❑ Hefeextract – Agar (Yeast extract agar) Nr.CP63.1 (Merck): tripton 6.0 g/l, Hefeextract 3.0 g/l, agar 15.0 g/l i destilovana voda do 1 litar.
- ❑ Pepton podloga 1391304 32108024 (Fluka): pepton 1,0 g i destilovane vode do 1 litar.
- ❑ Za izvođenje oksidaza testa korištene su Oksidaza Bactident test trakice HC822225 od proizvođača Merck (Njemačka).

2.2. METODE

2.2.1. Mikrobiološka identifikacija bakterija pomoću API 20 E i API 20 NE sistema

Identifikacioni biohemijski testovi za ispitivanje fermentativnih svojstava bakterija poznati su pod nazivom API testovi. API 20 E je standardizovani identifikacioni sistem za enterobakterije i druge Gram-negativne bakterije, dok se API 20 NE standardizovani sistem primjenjuje za identifikaciju Gram-negativnih bakterija koje ne pripadaju porodici *Enterobacteriaceae*. API testiranje i kompjuterska analiza dobijenih rezultata izvođeni su u dvije faze: prva faza se odvijala u oktobru 2009. godine, a druga faza u aprilu i maju 2010. godine. Mikroorganizmi koji se detektuju prvo moraju biti izolovani na odgovarajućoj hranjivoj podlozi standardnim mikrobiološkim tehnikama, tj. neophodno je da bakterijske kulture budu stare 24 sata. Na tako pripremljenim bakterijskim kulturama je urađen oksidaza test pomoću Oksidaza Bactident[®] test trakica (Merck, Njemačka). Sve kolonije bakterija koje su bile oksidaza-pozitivne su dalje ispitivane pomoću sistema API 20 NE, a one koje su bile oksidaza-negativne su analizirane pomoću sistema API 20 E. Komercijalnim biohemijskim testovima API 20 E i API 20 NE izvršena je identifi-

cija koliformnih bakterija (37 °C/100 ml) koje su rasle na Endo podlozi (Sartorius, Njemačka) i aerobnih mezofilnih bakterija (36 °C/1 ml), koje su rasle na Yeast extract agar-u (Merck, Njemačka).

Izvođenje API 20 E testa

API 20 E test traka se sastoji od 20 odjeljaka u kojima se nalaze dehidrirani supstrati (sl.1).



Slika 1. Izgled neinokulisanog identifikacijskog sistema API 20 E

Prvi korak u izvođenju API 20 E testa je priprema suspenzije mikroorganizama u sterilnom fiziološkom rastvoru. Bakterijska suspenzija je podešena na 0,5 McFarlanda, tj. koncentraciju mikroorganizama od 2,40x10⁵cfu/ml koja je potrebna za izvođenje testa. API 20 E sistem je postavljen u posudicu u koju je dodano oko 5 ml destilovane vode da bi se obezbijedila potrebna vlažnost tokom perioda inkubacije. Poslije toga je u svaki odjeljak mikropipetom dodano po 100 µl ispitivane bakterijske suspenzije. U odjeljcima označenim kao ADH, LDC, ODC, H₂S i URE anaerobni uslovi su obezbijedjeni postepenim sipanjem mineralnog ulja do vrha mikrotube. Sistem je potom zatvoren i ostavljen na inkubaciju 18-24 sata na temperaturi od 36°C ± 2°C, nakon čega je vršeno očitavanje reakcija. Očitani rezultati testa su ubačeni u računar i analizirani primijenom odgovarajućeg softvera (bioMérieux Francuska).

Izvođenje API 20 NE testa

API 20 NE je sistem koji se sastoji od 8 konvencionalnih testova i 12 asimilacijskih testova (sl.2).



Slika 2. Izgled neinokuliranog identifikacijskog sistema API 20 NE

U prvih osam odjeljaka je inokulirano po 100 µl ispitivane bakterijske suspenzije. Mikropipetom je 200 µl bakterijske suspenzije prebačeno u 7 ml API AUX medijuma i sadržaj je homogeniziran. Ovako pripremljenom suspenzijom inokulirano je ostalih 12 odjeljaka. Dodavanjem mineralnog ulja u odjeljcima GLU, ADH i URE dobijeni su anaerobni uslovi. Nakon inokulacije, cijeli sistem je zatvoren i postavljen na inkubaciju 24 sata na 29 °C ± 2 °C, a potom su očitavani rezultati. Dobijeni rezultati testa su ubačeni u računar i softverski analizirani (bioMérieux Francuska).

Ocjena kvaliteta površinskih voda izvođena je prema Uredbi o kategorizaciji vodotoka, Službeni list SR

BiH, broj 42/67., Zakonu o vodama FBiH, Službene novine FBiH, 70/06., i Uredbi o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka, Službeni glasnik RS, broj 02/1-020- /01.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. OPIS MJESTA UZORKOVANJA

Lokalitet: Bosna – izvor (B-0) je smješten na nadmorskoj visini od 499,4 m, na 43°49'11.88" sjeverne geografske širine i 18°16'5.90" istočne geografske dužine (sl.3). Područje Vrela Bosne je prostor na kome se nalazi glavno izвориšte pitke vode "Bačevo" za grad Sarajevo. Prostor Vrela Bosne proglašen je Spomenikom prirode 2006. godine (Zakon o proglašenju Spomenika prirode Vrelo Bosne 2006) i tako smješten u rang zaštićenih područja po odredbama IUCN kriterija.



Slika 3. Lokalitet: Bosna - izvor



Slika 4. Lokalitet: Bosna - Rimski most

Lokalitet: Bosna - Rimski most (B-1) nalazi se na nadmorskoj visini od 491,8 m, na 43°49'53.40" sjeverne geografske širine i 18°17'9.46" istočne geografske dužine. Lokalitet je udaljen od Vrela Bosne 500 m i okružen je planinama: Bjelašnica, Igman i Treskavica. Na ispitivanom području nalazi se stari kameni most iz rimskog doba (sl.4). U ljetnom periodu ovo područje je izletnište građana Sarajeva, pa se pojavljuju velike količine čvrstog otpada.

Lokalitet: Zujevina ušće u rijeku Bosnu (Zu) Ovaj lokalitet je smješten na nadmorskoj visini od 489,4 m, na 43°50'37.86" sjeverne geografske širine i 18°17'2.64" istočne geografske dužine. Rijeka Zujevina direktno prima otpadne vode naselja smještenih duž njenog vodotoka kao i otpadne vode kanalizacionih sistema individualnih stambenih objekata (sl.5).



Slika 5. Lokalitet: Zujevina ušće u rijeku Bosnu



Slika 6. Lokalitet: Bosna nizvodno od Željeznice i Zujevine

Lokalitet: Bosna nizvodno od Željeznice i Zujevine (B-2) se nalazi na nadmorskoj visini od 488,7 m, na 43°50'43.66" sjeverne geografske širine i 18°16'59.70" istočne geografske dužine (sl.6). Desna obala istraživanog lokaliteta direktno je pod antropogenim uticajem gdje je odlagalište građevinskog otpada.



Slika 7. Lokalitet: Željeznica - ušće u rijeku



Slika 8. Lokalitet: Miljacka - ušće u rijeku Bosnu

Lokalitet: Željeznica ušće u rijeku Bosnu (Ž-1) lociran je na nadmorskoj visini od 491,3 m, a prostor leži na 43°50'5.69" sjeverne geografske širine i 18°17'50.49" istočne geografske dužine. Lokalitet ušća smješten je u naselju Otes na izlazu iz Sarajeva (sl.7). Stotinjak metara nizvodno rijeka Željeznica se uliva u rijeku Bosnu. Željeznica u svom gornjem, srednjem i donjem toku bez prethodnog tretmana prihvata otpadne vode okolnih naselja i bjelašničkih sela.

Lokalitet: Miljacka - ušće u rijeku Bosnu (M-1) je smješten na nadmorskoj visini od 486,4 m, a leži na prostoru 43°51'57.42" sjeverne geografske širine i 18°17'39.61" istočne geografske dužine. Rijeka Miljacka nastaje od dviju rječica: Mokranjske i Paljanske Miljacke, srednjim dijelom vodotoka protiče kroz grad Sarajevo, odakle nastavlja svoj put prema rijeci Bosni u koju utiče na području Butila (sl.8). Na desnoj obali istraživanog lokaliteta smješten je ratom devastirani kolektor za tretman otpadnih voda grada Sarajeva koji nije u funkciji, što znači da rijeka Miljacka direktno prima otpadne vode grada Sarajeva.



Slika 9. Lokalitet: Bosna – Reljevo

Lokalitet: Bosna - Reljevo (B-3) se nalazi na nadmorskoj visini od 476,2 m, na 43°53'9.42" sjeverne geografske širine i 18°19'8.48" istočne geografske dužine. Lijeva obala je oivičena individualnim stambenim objektima (sl.9), tako da se na ovom lokalitetu direktno izliva otpadna kanalizaciona voda. Najveći dio godine voda, osobito pod uticajem komunalnih otpadnih voda, ima tamnosmeđu boju.

3.2. MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE

3.2.1. Rezultati API testiranja

Primjenom API 20 E i API 20 NE testova izvedena je karakterizacija bakterijskih izolata iz uzoraka vode gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka. U prvoj seriji API testiranja provedenoj tokom oktobra 2009. godine identificirane su bakterije iz sljedećih rodova: *Aeromonas*, *Escherichia*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Raoultella*, *Vibrio* (sl.10) i *Pseudomonas* (tabela 2).



Slika 10. Prikaz identifikacije *Vibrio parahaemolyticus* sa primjenom API 20 NE testa na lokalitetu Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine

Najveći broj bakterijskih izolata okarakteriziran je kao *Escherichia coli 1* i *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria* (tabela 2). Najveći procenat ID od 99,9 dobiven je za izolate *Pseudomonas luteola* sa lokaliteta Bosna-izvor, *Escherichia coli 1* sa lokaliteta Miljacka ušće u rijeku Bosnu, *Raoultella ornithinolytica* i *Citrobacter freundii* sa lokaliteta Bosna-Reljevo.

Tabela 2. Rezultati API testiranja u oktobru 2009. godine

Lokalitet	Identifikacioni broj izolovane bakterije	Vrsta primijenjenog API testa	Identificirana vrsta	%ID
Bosna - izvor	1.1.	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1</i>	85.6
	1.2.	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2</i>	70.5
	1.3.	API 20 NE	<i>Pseudomonas luteola</i>	99.9
	1.4.	API 20 E	<i>Enterobacter cloacae</i>	95.1
Bosna - Rimski Most	2.3.	API 20 E	<i>Serratia marcescens</i>	94.3
	2.5.	API 20 E	<i>Klebsiella oxytoca</i>	97.4
	2.6.	API 20 E	<i>Serratia ficaria</i>	97.3
	2.8.	API 20 E	<i>Klebsiella pneumoniae ssp. pneumoniae</i>	95.0
Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine	4.2.	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2</i>	98.1
	4.3.	API 20 E	<i>Enterobacter sakazakii</i>	90.4
	4.1.1.	API 20 NE	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	98.9
	4.1.2.	API 20 NE	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	98.9
Željeznica ušće u rijeku Bosnu	5.1.	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1</i>	99.5
	5.3.	API 20 E	<i>Escherichia coli 1</i>	99.5
	5.5.	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2</i>	98.7
Miljacka ušće u rijeku Bosnu	6.2.	API 20 E	<i>Escherichia coli 1</i>	99.9
	6.3.	API 20 E	<i>Escherichia coli 1</i>	99.8
	6.4.	API 20 E	<i>Escherichia coli 1</i>	99.6
	6.1.2.	API 20 NE	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	98.9
Bosna - Reljevo	7.1.	API 20 E	<i>Raoultella ornithinolytica</i>	99.9
	7.2.	API 20 E	<i>Escherichia coli 1</i>	85.5
	7.3.	API 20 E	<i>Citrobacter freundii</i>	99.9
	7.1.3.	API 20 NE	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	98.9

Tokom drugog perioda API testiranja u aprilu i maju 2010. godine identificirane su bakterije iz sljedećih rodova: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Aeromonas*, *Klebsiella* (sl.11), *Citrobacter* i *Kluyvera*. Najveći broj bakterijskih izolata primijenjenim API sistemima identificiran je kao *Escherichia coli 1* i *Klebsiella oxytoca* (tabela 3). Značajno je istaći da je najveći procenat identifikacije (%ID 99.9) dobiven za bakterije *Escherichia coli 1* sa lokaliteta Zujevina ušće u rijeku Bosnu i *Citrobacter koseri/amalonicus* sa lokaliteta Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine. Očitani rezultati testova API

biohemijske identifikacije su uneseni u računar i sa primjenom softvera (bioMérieux Francuska) dobiven je %ID za svaku identificiranu bakteriju.

Procenat identifikacije (%ID) za većinu utvrđenih vrsta bakterija je iznosio preko 95% što ukazuje na veliku pouzdanost identifikacije. Veći diverzitet bakterija registrovan je u prvoj seriji API testiranja u odnosu na drugu seriju. Rezultati mikrobiološke analize API testiranja pokazuju da najdominantnije zagađenje voda na ispitivanim lokalitetima potiče od sanitarno-fekalnih otpadnih voda.



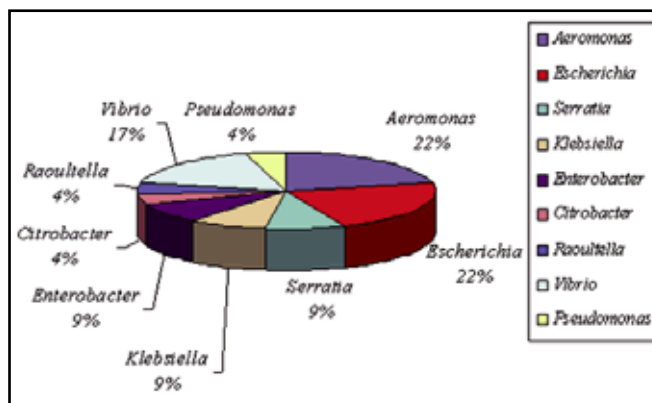
Slika 11. Prikaz identifikacije *Klebsiella pneumoniae* ssp *pneumoniae* sa primjenom API 20 E testa na lokalitetu Bosna – nizvodno od Željeznice i Zujevine u periodu april - maj 2010. godine

Tabela 3. Rezultati API testiranja u aprilu i maju 2010. godine

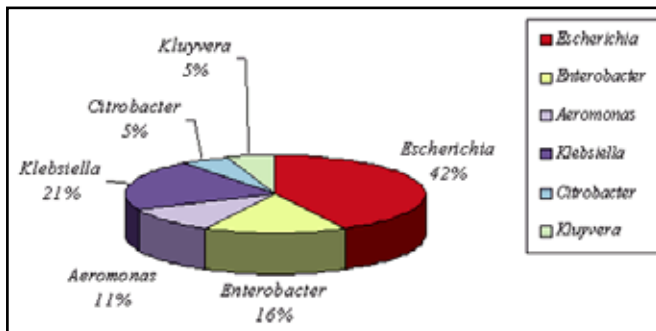
Lokalitet	Identifikacioni broj izolovane bakterije	Vrsta primijenjenog API testa	Identificirana vrsta	%ID
Bosna - izvor	1.1	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.8
	1.3	API 20 E	<i>Enterobacter aerogenes</i>	97.5
Bosna - Rimski most	2.1	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.5
	2.2	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i> 1	90.4
	2.3	API 20 E	<i>Klebsiella oxytoca</i>	96.0
Zujevina ušće u rijeku Bosnu	3.1	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.9
	3.2	API 20 E	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria</i> 1	95.7
	3.4	API 20 E	<i>Enterobacter cloacae</i>	95.1
	3.5	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.5
Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine	4.1	API 20 E	<i>Citrobacter koseri/amalonicus</i>	99.9
	4.3	API 20 E	<i>Kluyvera spp</i>	93.9
	4.4	API 20 E	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ssp <i>pneumoniae</i>	97.6
Željeznica ušće u rijeku Bosnu	5.1	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	62.1
	5.2	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.5
	5.3	API 20 E	<i>Enterobacter cloacae</i>	95.7
Miljacka ušće u rijeku Bosnu	6.3	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.5
Bosna - Reljevo	7.1	API 20 E	<i>Klebsiella oxytoca</i>	97.7
	7.2	API 20 E	<i>Escherichia coli</i> 1	99.8
	7.3	API 20 E	<i>Klebsiella oxytoca</i>	97.4

U prvoj seriji API testiranja primjetna je dominatnost rodova *Escherichia* (22%) i *Aeromonas* (22%), dok su rodovi *Citrobacter*, *Raoultella* i *Pseudomonas* zastupljeni sa najnižim procentom (grafikon 1).

Grafikon 1. Procentualno učešće bakterijskih rodova izolovanih iz vode gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka tokom prve serije API testiranja



Tokom drugog perioda API istraživanja rezultati ukazuju da su pripadnici roda *Escherichia* procentualno bili najzastupljeniji (42%), dok su sa najmanjim procentom bili zastupljeni pripadnici rodova *Citrobacter* i *Kluyvera* (grafikon 2).



Grafikon 2. Procentualno učešće rodova bakterija izolovanih iz vode gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka tokom druge serije API testiranja

Najčešće identificirana vrsta API testiranjima bila je *Escherichia coli*. *E. coli* u vodi je indikator svježeg fekalne kontaminacije (Ključev & Raicevic 2005). Ova bakterija spada u uslovno patogene bakterije i najčešći je uzročnik urinarnih infekcija (Karaklašević 1987). *E. coli* je osobito bila dominantna u uzorku vode sa mjernog mjesta Miljacka - ušće u rijeku Bosnu. Treba istaći da je u maju 2010. godine API testiranjima utvrđeno prisustvo bakterije *Escherichia coli* na samom izvorištu rijeke Bosne.

Od bakterija iz roda *Klebsiella* nađene su *Klebsiella oxytoca* i *Klebsiella pneumoniae ssp. pneumoniae*. Značajni su uzročnici oportunističkih infekcija, koje su naročito karakteristične za bolničke ustanove. Osim u rijeci Bosni, *Klebsiella oxytoca* je pronađena i u drugim evropskim rijekama na području Poljske, Portugala, Velike Britanije i Njemačke (Alonso et al. 1999., Podschun et al. 2001., Cabral & Marques 2006., Wisniewska et al. 2007).

Na lokalitetu Bosna - Reljevo API testiranjima dokazano je prisustvo bakterije *Raoultella ornithinolytica*. Ova bakterija produkuje histamin i uzročnik je trovanja riba (Kanki et al. 2002).

Od pripadnika roda *Serratia* u uzorcima vode gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka konstatovane su dvije vrste: *Serratia marcescens* i *Serratia ficaria*. Obje vrste su izolovane na lokalitetu Bosna - Rimski most tokom oktobra 2009. godine. Posljednjih godina ova bakterija zauzima istaknuto mjesto među oportunističkim bakterijama, uzročnicima infekcija u hospitalnim uslovima (Švabić – Vlahović 2005).

U rijeci Bosni na lokalitetu Bosna - izvor, primjenom API 20 E identifikacionog sistema izolovana je vrsta *Enterobacter cloacae*, te vrsta *Enterobacter sakazakii* na lokalitetu Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine u prvom periodu istraživanja (oktobar 2009. godine). U

drugom periodu istraživanja od aprila do maja 2010. godine na lokalitetu Bosna - izvor konstatovana je vrsta *Enterobacter aerogenes*, a u fekalno zagađenim vodama ušća Zujevine u rijeku Bosnu i ušća Željeznice u rijeku Bosnu registrovano je prisustvo bakterija *Enterobacter cloacae*. Ove bakterije relativno često izazivaju infekcije urinarnog trakta (Karaklašević 1987).

Pripadnici roda *Citrobacter* su enterični gram-negativni bacili i normalni su dio crijevne flore. Tokom prvog API testiranja, vrsta *Citrobacter freundii* izolovana je iz vode sa lokaliteta Bosna - Reljevo sa visokim nivoom identifikacije (99.9%). U drugom periodu istraživanja na lokalitetu Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine izolovana je *Citrobacter koseri/amalonicus*.

U gornjem toku rijeke Bosne, na lokalitetu Bosna - izvor primjenom API 20 NE identifikacionog sistema izolovana je vrsta *Pseudomonas luteola* iz familije *Pseudomonadaceae* tokom oktobra 2009. godine. Rod *Pseudomonas* čini više vrsta od kojih su neki uzročnici bolesti kod ljudi, a drugi patogeni za životinje ili za biljke. Rašireni su u prirodi, ali mogu da kontaminiraju bolničku sredinu ili su uzročnik oportunističkih infekcija (Švabić – Vlahović 2005).

U drugoj fazi API testiranja na lokalitetu Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine izolovana je *Kluyvera spp.* Inače, bakterije iz ovog roda su izolovane kod osoba sa akutnim gastroenteritisom i često iz krvi (Karaklašević 1987).

Među vrstama roda *Aeromonas* samo jedna je patogena za čovjeka i naziva se *Aeromonas hydrophila*. U oktobru 2009. godine identificirana je bakterija *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1* na lokalitetima: Bosna – izvor i Željeznica- ušće u rijeku Bosnu. U istom periodu istraživanja identificirana je *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 2* na tri lokaliteta: Bosna - izvor, Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine i Željeznica - ušće u rijeku Bosnu. Tokom drugog dijela istraživanja na dva lokaliteta: Bosna – Rimski most i Zujevina- ušće u rijeku Bosnu konstatovana je bakterija *Aeromonas hydrophila/caviae/sobria 1*. Vrste ovog roda smatraju se kao uslovni humani patogeni, koji su relativno često uzročnici infekcija rana, septikemija, endokarditisa, infekcija urinarnog trakta (Švabić – Vlahović 2005).

U gornjem toku rijeke Bosne i njenih pritoka na lokalitetima: Bosna - nizvodno od Željeznice i Zujevine, Miljacka - ušće u rijeku Bosnu i Bosna - Reljevo izolovana je vrsta *Vibrio parahaemolyticus*. *Vibrio parahaemolyticus* je patogena bakterija koja izaziva akutni gastroenteritis, a može da izazove i ekstraintestinalne infekcije, kao što su infekcije rana, uha i oka (Švabić – Vlahović 2005).

4. ZAKLJUČAK

- Rezultati ovog rada ukazuju da postoji negativan antropogeni uticaj na kvalitet istraživanih površinskih vodotoka. Onečišćenje rijeke Bosne počinje već par

stotina metara od njenog izvorišta (Rimski most), a najviše je izraženo na lokalitetima Bosna - Reljevo i ušće Miljacke u rijeku Bosnu.

- ❑ Provedenim API testiranjima vode gornjeg toka rijeke Bosne i njenih pritoka identificirana su ukupno 42 bakterijska izolata iz tri porodice: *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonadaceae* i *Vibrionaceae*.
- ❑ Najveći broj bakterijskih izolata pripadao je porodici *Enterobacteriaceae*.
- ❑ U prvoj seriji API testiranja (oktobar 2009.) u ispitivanim uzorcima vode nađene su bakterije iz rodova: *Aeromonas*, *Escherichia*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Raoultella*, *Vibrio* i *Pseudomonas*, a u drugoj seriji API istraživanja (april - maj 2010.) bakterije iz rodova: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Aeromonas*, *Klebsiella*, *Citrobacter* i *Kluyvera*.
- ❑ Najčešće bakterijska vrsta identificirana API biohemijskim sistemima bila je *Escherichia coli*.
- ❑ Bakterija *E. coli* je osobito bila dominantna u uzorku vode sa mjernog mjesta Miljacka - ušće u rijeku Bosnu.
- ❑ Treba istaći da je u maju 2010. godine API testiranjima utvrđeno prisustvo bakterije *Escherichia coli* čak i na samom izvorištu rijeke Bosne.
- ❑ Budući da su najdominantnije bakterije u analiziranim uzorcima vode fekalni koliformi, može se konstatovati da je glavno zagađenje istraživanih vodotoka fekalnog porijekla.
- ❑ Rijeci Bosni i njenim pritokama se u budućnosti mora posvetiti dodatna pažnja i zaštita, ne samo sa aspekta eventualnog vodosnadbijevanja, već i zbog sve aktuelnijeg korištenja vode za navodnjavanje i u rekreativne svrhe.

5. LITERATURA

- Alonso J.L., Soriano A., Carbajo O., Amoros I., Garelick H. (1999): *Comparison and Recovery of Escherichia coli and Thermotolerant Coliforms in Water with a Chromogenic Medium Incubated at 41 and 44.5°C*. Volume 65, Number 8.
- Apiweb™ identifikacioni softver bioMérieux Francuska, (BIOMÉRIEUX SA Marcy l'Etoile – France 2004-2005).
- Cabral P., Marques C. (2006): *Faecal Coliform Bacteria in Febras River (Northwest Portugal): Temporal Variation, Correlation with Water Parameters, and Species Identification*. Volume 118. Numbers 13.
- Kanki M., Yoda T., Tsukamoto T., Shibata T. (2002): *Klebsiella pneumoniae Produces No Histamine: Raoultella planticola and Raoultella ornithinolytica Strains Are Histamine Producers*. Volume 68. Number 7.
- Karakašević B. (1987): *Mikrobiologija i parazitologija*. Medicinska knjiga, Beograd-Zagreb.
- Kljujev I., Raicevic V. (2005): *Dynamics in coliform bacteria count in waters from the experimental fields*

of Serbia and Montenegro. Faculty of Agriculture, Zemun - Belgrade, Serbia and Montenegro.

- Jemcevic V., Đukić D.A. (2000): *Mikrobiologija*. Vojno izdavački Zavod, Beograd.
- Jerković-Mujkić A., Grbelja J. (1999): *Značaj enteričnih virusa u higijenskoj ispravnosti vode. Savjetovanje Zaštita voda i održivi razvoj / Zbornik radova, Vodoprivreda BiH, Sarajevo: 381-382*.
- Petrović O., Gajin S., Matavulj M., Radnović D., Svirčev Z. (1998): *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. Institut za biologiju – Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.
- Podschun R., Pietsch S., Höller C., Ullmann U. (2001): *Incidence of Klebsiella Species in Surface Waters and Their Expression of Virulence Factors*. Volume 67. Number 7.
- Švabić - Vlahović M. (2005): *Medicinska bakteriologija*. Savremena administracija a.d. izdavačko-štamparsko preduzeće Beograd.
- Uredba o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001): Službeni glasnik Republike Srpske, broj 02/1-020- /01.
- Uredba o kategorizaciji vodotoka (1999): Službeni list SR BiH, broj 42/67. Zbirka federalnih propisa o vodama s komentarom i tipskim primjerima provedbenih akata. Mostar.
- Zakon o proglašenju Spomenika prirode „Vrelo Bosne“ (2006): Službene novine Kantona Sarajevo, 16/06.
- Zakon o vodama FBiH (2006): Službene novine FBiH, 70/06.
- Wisniewska H., Niewolak S., Korzeniewska E., Filipkowska Z. (2007): *Enterobacteriaceae Family Bacteria In A Mesotrophic Lake (Lake Długie Wigierskie) in the Presence of Black Cormorants (Phalacrocorax Carbo)*. Volume 22, Number 3.

Napomena: Tekst je skraćena i prilagođena verzija magistarskog rada autorice.



UPOZNAJMO RIJEČNE RAKOVE FAMILIJE ASTACIDAE (CRUSTACEA, DECAPODA)

Sažetak

Uradu su prikazani opći podaci o porodici Astacidae (Crustacea; Decapoda), morfologiji, biologiji, raznovrsnosti i ekologiji. Riječni dekapodni rakovi su stanovnici slatkih voda Evrope i predstavljeni su sa pet autohtonih vrsta koje su različito distribuirane po prostorima i slivnim područjima: *Astacus astacus* (Linnaeus) - riječni ili plemeniti rak; *Astacus leptodactylus* Eschscholtz - dunavski, turski, uskoškari ili barski rak; *Astacus pachypus* Rathke 1837; *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) - bjelonogi ili primorski rak; *Austropotamobius torrentium* (Schrank) - rak kamenjar ili potočni rak. Najstarija vrsta je *Austropotamobius pallipes*, a kasnije je došlo do nastanka vrsta plemenitog raka, potočnog raka i turskog raka. Većina vrsta (osim turskog raka) u svom rasprostranjenju vezana je za vodotoke i stajanje ekosisteme visokog stupnja kvaliteta. Izražena je velika indikatorska vrijednost u ukazivanju na očuvanost i prirodnost akvatičnih hidrosistema (staništa). Zbog sve veće degradacije kvaliteta voda, izmjene hidromorfoloških karakteristika dolazi do nestanka ili smanjivanja populacija naznačenih vrsta. Pored toga unos alohtonih vrsta za potrebe uzgoja sa prostora Amerike u vode

Evrope izazvao je pojavu "račje kuge" koja je direktno uvjetovala nestanak autohtonih vrsta na pojedinim prostorima. Zbog opće značajnosti za prostor i proces kruženja organske materije u kopnenim vodama, vrste *Astacus astacus*, *Austropotamobius torrentium* i *Austropotamobius pallipes* su uvrštene u IUCN Crvenu knjigu i Apendiks br. III Bernske konvencije. Na području Bosne i Hercegovine egzistiraju četiri vrste: *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus*, *Austropotamobius pallipes*, i *Austropotamobius torrentium*.

Uvod

Interes za slatkovodne rakove kao predmet naučnog proučavanja započeo je 1879. godine kada je Huxley objavio prvo izdanje knjige "The crayfish - An introduction to the study of zoology". Od tada pa do danas rakovi su proučavani iz različitih aspekata i o njima je objavljeno mnoštvo radova i knjiga, a naučnici (astakolozi) koji ih proučavaju su udruženi u međunarodnu udruhu IAA (International Association of Astacology).

Jedno od najranijih pominjanja slatkovodnih rakova nalazimo kod Aristotela 300 g. p. n. e., a iako su se za ishranu koristili još 1200. godine, tek u sre-

dnjem vijeku njihova popularnost raste, te se koriste u velikim količinama za ishranu (Skurdal and Taugb I, 2001).

Novi uzlet interesa za uzgojem rakova se desio krajem 19.-stog i početkom 20.-og vijeka. Industrijalizacija je uzrokovala onečišćenje životnih staništa rakova, a pojačana potražnja za njima kao konzumnom vrstom uzrokovala je preveliko izlovljavanje. Ali je ipak najveći problem bila pojava račje kuge koja je devastirala (poharala) europske vrste rakova i značajno smanjila brojnost populacija širom Europe. Sve je to potaklo prve ozbiljnije pokušaje uzgoja.

Slatkovodni rakovi pripadaju redu *Decapoda*. Do danas je otkriveno i opisano više od 540 vrsta slatkovodnih deseteronožnih rakova iz podreda *Astacida* (Holdich, 2002). Najveća brojnost vrsta i podvrsta *Astacida* je zabilježena u Sjevernoj Americi (77%) i Australiji (20%), dok oko 1,5% otpada na vrste u Južnoj Americi, odnosno Europi (Holdich, 2002; Taylor, 2002). Predstavnici *Astacida* naseljavaju lentičke i lotičke sustave, podzemne i bočate vode, a ima vrsta koje su terestričke (rod *Engaeus* u Australiji) (Riek, 1972).

Holdich (2002) smatra da, dok rakovi budu u interesu ljudi, kao prehrambeni proizvod, a s druge strane kao važan dio raznolikosti vodenih ekosistema koje treba štiti, dotle će i istraživanja u polju astakologije postojati i brzo napredovati.

Sistematika Astacida

Današnja fauna *Astacida* podijeljena je u 3 porodice s 29 rodova koji se međusobno razlikuju morfološki, biološki i ekološki (Holdich, 2002).

Podred *Astacida* iz reda *Decapoda* podijeljen je u dvije nadporodice; *Astacoidea* i *Parastacoidea* (Hobbs, 1988). Nadporodica *Astacoidea* je podijeljena u dvije porodice - *Astacidae* i *Cambaridae*. Porodica *Astacidae* sadrži 3 roda i 2 podroda, a porodica *Cambaridae* uključuje 3 podporodice, 12 rodova i 46 podrodova. Nadporodica *Parastacoidea* sadrži samo jednu porodicu - *Parastacidae* s 14 rodova (Taylor, 2002).

Domain: *Eukaryota* - Whittaker & Margulis, 1978 - eukaryotes

Kingdom: *Animalia* - Linnaeus, 1758 - animals

Subkingdom: *Bilateria* - (Hatschek, 1888) Cavalier-Smith, 1983

Phylum: *Arthropoda* - Latreille, 1829 - Arthropods - člankonošci

Superklasa: *Crustacea* - Pennant, 1777 - Crustaceans - rakovi

Klasa: *Malacostraca* - Latreille, 1802 - viši rakovi

Red: *Decapoda* - Latreille, 1802 - Decapods - deseteronošci

Podred: *Astacida* (prije *Astacura* ili *Astacidea* ili *Homaridea*)

Nadporodica: *Astacoidea* Latreille, 1802-1803 (slatkovodni rakovi Sjeverne Hemisfere)

Porodica: *Astacidae* Latreille, 1802-1803

Genus: *Astacus* Fabricius, 1775 (3)

Genus: *Austropotambius* Skorikov, 1907 (2)

Genus: *Pacifastacus* Bott, 1950 (1)

Porodica: *Cambaridae* Hobbs, 1942a

Genus: *Orconectes* Cope, 1872 (4)

Genus: *Procambarius* Ortmann, 1905d (2)

Nadporodica: *Parastacoidea* Huxley, 1879 (slatkovodni rakovi Južne Hemisfere)

Porodica: *Parastacidae* Huxley, 1879

Genus: *Cherax* Erichson, 1846 (1)

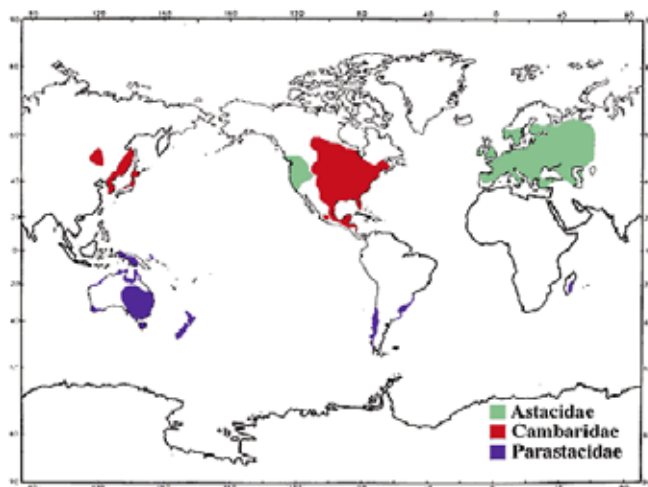
(x)- broj vrsta prezentovanih u divljini Evrope

1.2. RASPROSTRANJENOST ASTACIDA

1.2.1 Rasprostranjenost u svijetu

Nadporodica *Astacoidea* je rasprostranjena na sjevernoj polutci (Azija, Europa i Sjeverna Amerika), a *Parastacidae* (Sl.1) na južnoj (Madagaskar, Južna Amerika, Australija).

Prirodna rasprostranjenost *Astacoidea* i *Parastacoidea* je danas u mnogim zemljama promijenjena. Ljudi sele vrste iz područja njihovog prvobitnog rasprostranjenja u druge dijelove zemlje ili čak na druge kontinente u svrhe akvakulture ili introdukcije zbog "obogaćivanja" autohtone faune (Gherard and Holdich, 1999). Alohtone vrste su, često, vrlo prilagodljive, a neke i ekstremno invanzivne, te se brzo šire i kad ih se jednom introdukira u novo područje (Gherard and Holdich, 1999) istiskuju autohtone vrste, koje postaju sve rjeđe i ugroženije (Taylor, 2002).



Slika 1. Rasprostranjenost porodica *Astacidae*, *Cambaridae* i *Parastacidae* (Hobbs, 1988)

Rasprostranjenost porodice *Astacidae* u Europi

Euroazijski kontinent zapadno od Urala, autohtono nastanjuje samo porodica *Astacidae*. Predstavnici različitih vrsta rasprostranjeni su od Urala na istoku do Pirinejskog poluotoka i Britanskog otočja na zapadu te južno od Skandinavije.

Danas se još uvijek vode rasprave o tačnom broju autohtonih vrsta porodice *Astacidae* u Europi. Općenito je prihvaćeno mišljenje da na području Europe živi pet autohtonih vrsta *Astacidae* podijeljenih u dva roda:

1. rod *Astacus* Fabricius, 1775

Astacus astacus (Linnaeus) – riječni ili plemeniti rak
Astacus leptodactylus Eschscholtz – dunavski, turski, uskoškari ili barski rak
Astacus pachypus Rathke 1837

2. *Austropotamobius* Skorikov, 1907

Austropotamobius pallipes (Lereboullet) – bjeloni ili primorski rak
Austropotamobius torrentium (Schrank) – rak kamenjar ili potočni rak

Danas je vrsta *A. astacus* rasprostranjena u istočnoj, središnjoj i sjevernim dijelovima Europe (Sl.5), *A. leptodactylus* uglavnom u Aziji i istočnoj Europi iako je

unesena i u druge europske zemlje i širi se prirodnim vodenim putovima na zapad (Sl.3), *A. pachypus* Rathke, 1837 se zadržava oko Kaspijskog jezera, Crnog i Azovskog mora (Sl.4), *A. torrentium* u središnjoj i jugo-istočnoj Zapadnoj Europi i *A. pallipes* koji se pojavljuje u Južnoj i Zapadnoj Europi (Sl.1. i 4.), uključujući i Britansko otočje (Holdich i Lowery, 1988).

U Europi, osim autohtonih, danas žive i alohtone vrste. Najčešće su to američke vrste *Pacifastacus leniusculus*, *Orconectes limosus*, *Procambarus clarkii*, te neke vrste australskog roda *Cherax*, koje su unesene krajem 19-og vijeka s namjerom njihova uzgoja. Nažalost, sa sobom su donijele i račju kugu koja je opustošila populacije europskih autohtonih vrsta rakova. Osim toga, unesene američke vrste agresivnije su od autohtonih europskih vrsta pa ih u kompeticiji za prostor i hranu istiskuju iz njihovih prirodnih staništa, koja su ionako prorijeđena unosom otpadnih tvari i regulacijom vodenih tokova. Također, brojnost autohtonih vrsta je smanjena i zbog nekontroliranog lova u konzumne svrhe. Sve je to uzrokovalo da vrste *Astacus astacus* i *Austropotamobius pallipes* postanu toliko prorijeđene da su proglašene rijetkim i ugroženim vrstama i uvrštene u Crvenu knjigu IUCN-a, a u novije vrijeme se na listu uvrstio i *A. torrentium*. Sve tri vrste su uvrštene u Apendiks br. III Bernske konvencije po kojem je njihovo iskorištavanje pod strogom kontrolom i nadzorom svake države (Maguire, 2002).



Slika 2 *A. torrentium* (Holdich, 2002)



Slika 3. *A. leptodactylus* (Holdich, 2002)



Slika 4 *A. pallipes* (Holdich, 2002)



Slika 5. *A. astacus* (Holdich, 2002)

Rasprostranjenost u Bosni i Hercegovini

Slatkovodni desetonožni rakovi iz porodice *Astacidae*, premda zakonom zaštićeni, još uvijek nisu dovoljno istraženi u Bosni i Hercegovini i ne zna se mnogo o njihovoj biologiji, ekologiji, brojnosti i rasprostranjenosti u našim vodenim ekosistemima.

Početakom 80-tih godina ovoga vijeka na području Bosne i Hercegovine bile su poznate četiri vrste desetonožnih rakova iz porodice *Astacidae*; *Astacus astacus* Linnaeus (riječni rak, plemeniti rak), *Astacus leptodactylus* Eschscholtz (turski ili barski rak), *Austropotamobius torrentium* Schrank (rak kamenjar) i *Austropotamobius pallipes* Lereboullet (bjelonogi rak).

Prve podatke o desetonožnim rakovima iz familije *Astacidae* potiču od 1914 Eötvös godine (Trožić-Borovac 2011) gdje se navodi da u slivu Bosne živi *Astacus leptodactylus*, a na području Livna *Astacus astacus* (*Astacus fluviatilis*). Kasnije Karaman (1929) navodi da rijeku Savu, Bosnu, Drinu, sliv Cetine, sliv Krke, naseljava *Potamobius fluviatilis fluviatilis* i *Potamobius fluviatilis balcanicus* (sada *Astacus astacus* sl.6) i *Austropotamobius torrentium* (*Potamobius torrentium*), a da Bosnu i Savu naseljava i *Astacus leptodactylus*.



Slika 6. Mužjak (lijevo) i ženka (desno) *Astacus astacus* Linnaeus, 1758 (rijeka Prača, 2011)

Austropotamobius pallipes je konstatovan u slivu Cetine i Krke. Karaman 1961 navodi vrstu *Austropotamobius italicus* u području Hercegovine, Krke i Cetine, Albrecht, 1982 navodi vrstu *A.pallipes* za Bregavu, Cetinu (sl.7), *A.astacus* za Cetinu i *Austropotamobius torrentium* za sliv Cetine.

U Bosni i Hercegovini do danas je naznačeno da vodene ekosisteme naseljavaju četiri autohtone vrste: *A. astacus*, *A. leptodactylus*, *A. torrentium* i *A. pallipes* (Karaman, 1976; Trožić-Borovac at all., 2008, Trožić-Borovac, 2010, Trožić-Borovac 2011).

Prema podacima vrsta *Austropotamobius torrentium* rasprostranjena je u slivu Bosne (sl.8), slivu Une, slivu Krke, slivu Neretve (Trožić-Borovac at all., 2008, Trožić-Borovac, Maguire 2010, Trožić-Borovac 2011).

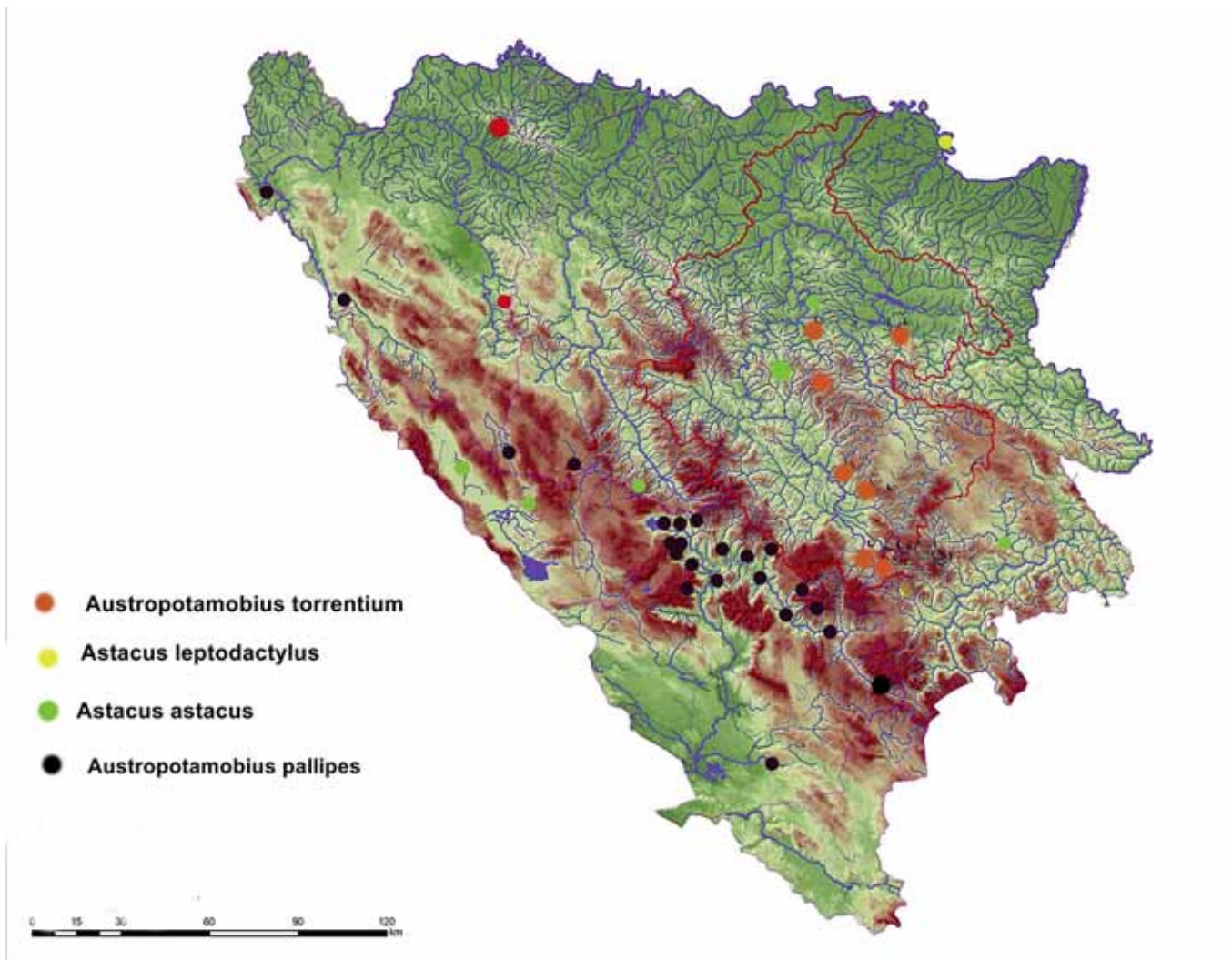


Slika 8. Potočni rak *Austropotamobius torrentium* iz Koševskog potoka (Nahorevo) – originalni snimak 2010.

Rezultati istraživanja u posljednje dvije decenije o rasprostranjenju rakova familije *Astacidae* u Bosni i Hercegovini (sl.9) pokazuju veliki broj habitata, bjelonogi rak je vezan za sliv Jadranskog mora dok je plemeniti rak (*Astacus astacus*) registrovan i u Jadranskom i Crnomorskom slivu kao i potočni rak *Austropotamobius torrentium* (Trožić-Borovac, 2011).



Slika 7. Bjelonogi rak *Austropotamobius pallipes* iz rijeke Neretvice (originalni snimak 2011)



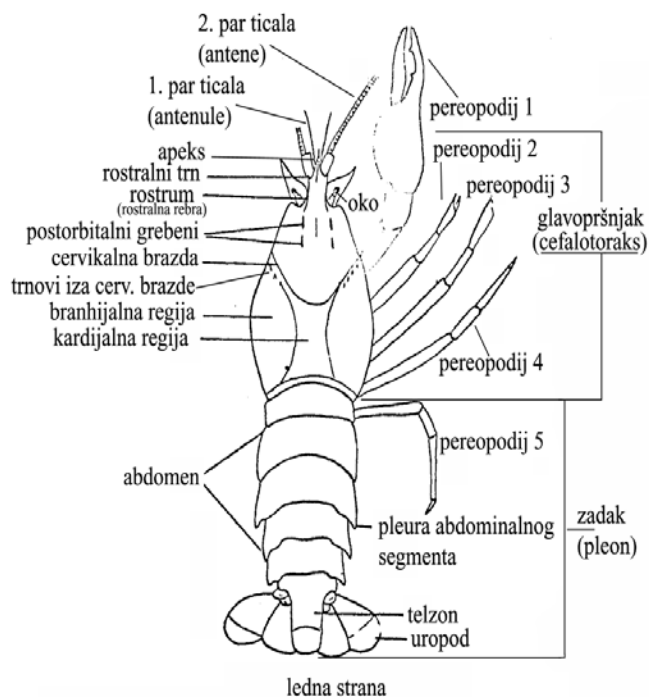
Slika 9. Distribucija autohtonih vrsta rakova familije Astacidae na prostoru Bosne i Hercegovine (Trožić-Borovac, 2011)

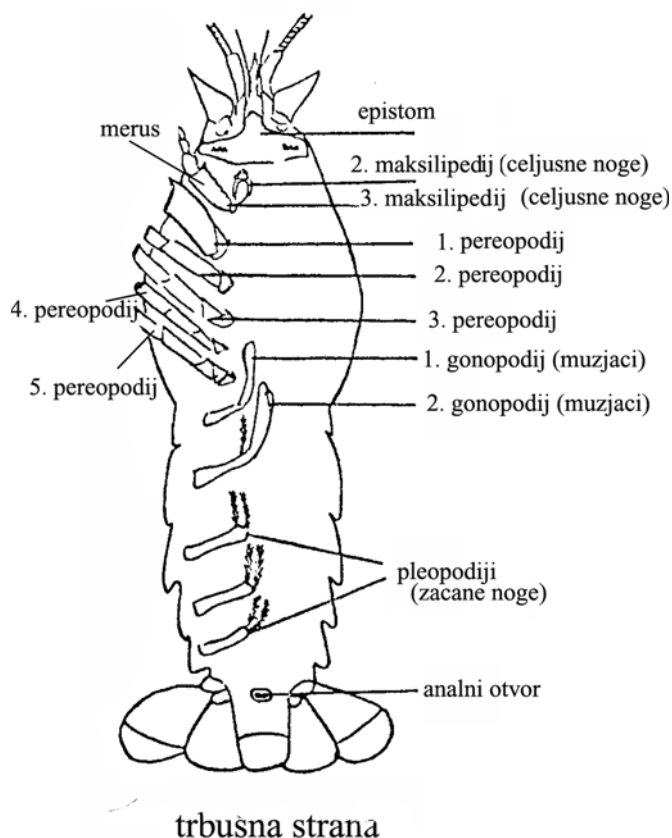
FUNKCIONALNA MORFOLOGIJA I ANATOMIJA

Iako svi predstavnici familije *Astacidae* imaju zajedničke osnovne morfološke osobine, ipak su se, zahvaljujući različitim staništima koje naseljavaju, razvile i karakteristike koje ih međusobno razlikuju (Holdich, 2002), tako da su današnje vrste vrlo raznolike - po veličini tijela, načinu života, dužini života itd.

Plan građe tijela *Astacida* je tipičan za više rakove (*Malacostraca*). *Malacostraca* imaju 20 segmenata u embrionalnoj fazi i oni su izvorni oblik za razvoj mnoštva osnovnih varijacija.

Opće karakteristike *Malacostraca* su: karapaks (kožni nabor ili kora) koji se s leđne strane produžava posteriorno kako bi zaštitio i pokrio toraks, pokretne stapkaste oči, dvodijelne antenule, egzopodit antena u obliku ljuske, pereopodiji s dobro razvijenim bičastim egzopoditima, dobro razvijen abdomen s jakim mišićima koji omogućuju snažno i brzo pokretanje. Repna peraja se sastoji od uropoda i spljoštenog tel-





Slika 10. Morfologija riječnog raka iz familije Astacidae – dorzalna i ventralna strana (Maguire, 2002)

zona, a unutrašnji organi većinom nisu smješteni u abdomen (Sl. 10) (Hessler et al., 1982).

Donji ćelijski epiderm (hipoderm) izlučuje oko tijela hitinsku kutikulu koja je inkrustirana krečnjakom i čini jak vanjski skelet (egzoskelet) na kojem često izrastu dlake, četine ili bodlje. Zbog tog tvrdog skeleta rakovi ne mogu kontinuirano rasti već se rast odvija periodično, nakon odbacivanja starog oklopa i dok je novi oklop još mekan.

Rakovi imaju odvojene polove sa izraženim polnim dimorfizmom, a hermafroditi su rijetki. Kod najvećeg broja vrste razviće se odvija metamorfozom pri čemu dolazi do presvlačenja, odbacivanja stare kutikule, koja postaje mala, tijesna i obrazovanja nove. Na spojevima segmenata i članaka nogu kutikula je tanka što omogućava dobru pokretljivost tih dijelova.

EKOLOGIJA VRSTA

Rakovi iz roda *Astacus* naseljavaju raznovrsna staništa (Skurdal and Taugbøl 2002). *A. leptodactylus* i *A. pachypus* žive u jezerima, estuarijima i bočastim vodama, za razliku od *A. astacus* koji naseljava samo slatkovodne sisteme. *A. astacus* i *A. pachypus* zahtijevaju dobar kvalitet vode i visoku saturaciju kisika, dok *A. leptodactylus* može živjeti i u eutrofičnim vodama, na blatnjavom supstratu – otuda potiče naziv močvarni rak. Vrste roda *Austropotamobius* nastanjuju staja-

ćice i tekućice. *A. torrentium* dobro podnosi hladne vode i brza strujanja na višim nadmorskim visinama, a *A. pallipes* se ne zadržava u izvorišnim dijelovima rijeka (temperatura ljeti mora biti iznad 10°C) i ne može se naći u brzicama (Laurent, 1988). Sve vrste preferiraju staništa gdje mogu pronaći dosta skloništa ili imaju mogućnost da ih sami iskopaju.

Većina rakova su noćne životinje. Po danu se zadržavaju u skloništim pod kamenjem, korijenjem ili rupama koje izbuše u obalama potoka, rijeka, jezera. U skloništu se postavljaju glavom prema izlazu, a kljesta drže ispružena prema naprijed. Po noći izlaze iz skloništa i traže hranu. Noćna aktivnost je, prema nekim autorima (Cukerzis, 1988b; Maitland i Campbell, 1992) prilagodba životinja da izbjegnu predatore koji većinom ovise o vidu, premda nije isključena mogućnost da su rakovi love noću jer je tada aktivan i njihov plijen (Gherardi, 2002).

Vrste rodova *Astacus* i *Austropotamobius* su svaštojedi i primarno se hrane vodenom i poluvodenom vegetacijom, beskičmenjacima bentosa i detritusom. Važni su konzumenti u mnogim prehrambenim lancima i mogu dominirati biomasom bentosa u jezerima i potocima. Oni su i predatori i herbivori i detritivori, ali mogu biti i plijen mnogih životinja i upravo zato su često ključni organizmi mnogih hranidbenih lanaca. Iako posjeduju čvrsti egzoskelet, ipak su plijen mnogih vodenih (štuka, jegulja, ličinke vretenaca) i terestričkih predatora (vidre, kune, patke, čaplje, galebovi), naročito neposredno nakon izvaljivanja i presvlačenja.

Razmnožavanje se odvija u jesen, a reprodukcijski ciklus ovisi o klimatskim uslovima i uslovima staništa. Parenje započinje s padom temperature u jesen. Sezona parenja obično traje 2 do 3 sedmice, a izlijevanje i oplodnja jaja dešava se od nekoliko sati do 6 sedmica nakon toga. Juvenilni rakovi se izlegu kad jajna opna pukne u dva dijela. Svježje izvaljani račići (juvenilni rakovi prvog stupnja) se prehranjuju žumanjkom iz jaja i ostaju nepokretni nekoliko dana, a zatim se nakon prvog presvlačenja počinju slobodno kretati u blizini majke. Izlijevanje je pod utjecajem temperature i hladna proljeća ga odgađaju do ljeta, što pak znači da će sezona rasta biti skraćena i da će juvenilni rakovi imati male šanse preživjeti iduću zimu (Pursiainen i Erkamo, 1991).

Životni ciklus rakova se nastavlja kroz serije presvlačenja kroz koje životinje rastu, a broj presvlačenja i prirast u veličini po presvlačenju ovise opet o temperaturi, odnosno količini dostupne hrane. Starije životinje i ženke koje nose jaja se presvlače manji broj puta godišnje. Mužjaci postaju spolno zreli prije nego ženke (mlađi i manji).

Bolesti rakova

Bolesti od kojih rakovi oboljevaju možemo podijeliti prema uzročniku na gljivične, virusne, bakterijske,

protozoarne i parazitarne. Virusne bolesti su do sada najslabije proučavane, a otkriveno je 50 virusa na rakovima. Gljivice su odgovorne za mnoge ozbiljne bolesti rakova.

Jedna od najpoznatijih i najopasnijih je račja kuga uzrokovana gljivicom roda *Aphanomyces* (*Aphanomyces astaci*, Schikora, 1903). Račja kuga je unesena u Europu iz Amerike te je vrlo brzo opustošila vode sjeverne, srednje i istočne Europe. Izbila je 1860. godine u Italiji upravo unosom američkih vrsta odakle se brzo i lako proširila po cijeloj Europi. Alohtone vrste slatkovodnih rakova (američke vrste) su otporne na uzročnika bolesti, dok europske, autohtone nisu. Gljivice obično napadaju već oštećenu kutikulu, škrge i jaja.

Bakterijske bolesti nisu tako česte niti ozbiljne kao one izazvane gljivicama iako postoje iznimke poput infekcije egzoskeleta. Infekciju egzoskeleta izazivaju hitinoklastične bakterije koje ulaze u epikutikulu rakova na mjestima oštećenim ozljedama, parazitaranom invazijom ili fiziološkim poremećajima. Nakon infekcije organizam se brani nizom reakcija koje proizvode antimikrobne tvari i čiji je konačni produkt melanin. Melanin uzrokuje smeđe-crveno obojenje oboljelog mjesta pa se ta bolest naziva i "burn spot disease". Znači bolest uzrokuju bakterije, ali se često umiješaju i gljivice (npr. *Ramularia astaci* ili *Aphanomyces astaci*). Lakši slučajevi ne izazivaju druge reakcije osim melanizacije pa lezije obično nestaju nakon prvog presvlačenja, no kod težih slučajeva lezije ne nestaju i čine dobru podlogu za septikemiju i konačno smrt.

Od protozoarnih bolesti poznata je i vrlo ozbiljna telohanioza (*Thelohania*) ili porculanska bolest. Osnovni, lako uočljivi simptom jest tromost rakova, otežan hod i mlohavost svih mišića. Račja kuga i porculanska bolest najopasnije su bolesti rakova.

Osim bolesti uzrokovanih biotičkim uzročnicima, rakovi mogu oboliti i zbog abiotičkih faktora. Povišena temperatura vode, niski pH, neadekvatna i nedovoljna prehrana uzrokuje promjenu boje egzoskeleta. A povećana kiselost voda u kojima žive može uzrokovati nestanak cijelih populacija. Eksperimenti u laboratorijima pokazali su da izloženost teškim metalima uzrokuje promjene u ekskretornim organima, hepato-

pankreasu, škragama, produkciji jaja pa na kraju i smrt. Rakovi su isto tako osjetljivi na pesticide, herbicide i fungicide (Maguire, 2002).

Alohtone vrste rakova reda Decapoda u vodama Evrope

U većini zemalja Evrope kao i na području zemalja u regionu (Hrvatska, Srbija i Crna Gora) konstatovano je prisustvo alohtonih vrsta: *Pacifastacus lenisculus* (Dana 1852) (signalni rak) i *Orconectes limosus* Rafinesque, 1817 (bodljobradi rak).

Za vrstu signalnog raka poznato je da je u vode Evrope prvi put introducirana na području Švedske 1959. godine sa povećanjem populacija riječnih rakova uslijed nestanka ili povlačenja autohtone vrste plemenitog raka (*Astacus astacus*). U tom periodu se nije znalo da je ova vrsta prenosnik račije kuge, te se kasnije introducirala u Finsku, Austriju i Francusku. Danas je konstatovana u 27 evropskih država i poznata je kao najčešća invazivna vrsta riječnih rakova u Evropi (Souty-Grosset 2006). U području regiona vrsta je konstatovana u Muri i očekuje se širenje u Dravu (područje Hrvatske i Srbije), kod nas još nije utvrđeno prisustvo ove alohtone vrste. Njena glavna morfološka karakteristika je da su klište prvog para pereopoda bez trnava i na mjestu spajanja članaka (sl. 11) su intenzivno tirkizno-plavo obojena (po čemu je i dobio ime signalni rak). Mužjaci narastu do 16 cm, a ženke do 12 cm, žive do 20 g. Imaju veliki fekunditet, lahko se adaptiraju na uvjete u svim tipovima slatkovodnih voda što im omogućava jako brzo širenje. Njegovo prisustvo u vodotocima istiskuje autohtone vrste, a kao prenosnik račije kuge sa druge strane dovodi do iščezavanja populacija autohtonih vrsta.



Slika 11. Alohtona vrsta signalni rak *Pacifastacus lenisculus* (morfološki izgled i tirkizna obojenost na mjestu spajanja pokretnog i nepokretnog dijela klijesta) (www.unizg.hr/rektorova/upload_2009/rektorova_nina_marn.pdf)



Slika 12. *Orconectes limosus* – bodljobradi rak (www.unizg.hr/rektorova/upload_2009/rektorova_nina_marn.pdf)

Vrsta *Orconectes limosus* (bodljobradi rak) naraste do 10 cm, posebna karakteristika im je da imaju mnoštvo trnova sa strane karapaksa (sl. 12). Izraženo svjetlosmeđe boje sa jasnim tamnosmeđim prugama na pleonu (trbuhu). Izražena je velika fertilitet (ženka nosi više od 300 jaja), a za mužjake je karakteristično da imaju dvije forme: jednu za razmnožavanje, a drugu za period kada se ne razmnožavaju. Prenosnici su račje kuge na koju su sami otporni.

Bodljobradi rak je iz Sjeverne Amerike, a na prostor Evrope unesen je 1890 godine u Poljsku i Njemačku. Zbog svoje otpornosti i fertiliteta brzo se raširio na skoro čitav prostor Evrope. Na području Hrvatske registrovan je 2003 godine u Kopačkom ritu, a očekuje se njegovo širenje u Savu. Na prostoru Bosne i Hercegovine nije konstatovan do sada.

Zaključak

Navedene osobine predstavnika familije Astacidae samo su uvod u razmatranja osnovnih karakteristika ovih akvatičnih životinja koja će u dogledno vrijeme u više članaka biti posvećena svakoj vrsti, a jedan od glavnih ciljeva je spriječiti uništavanje habitata ovih organizama i zloupotrebe introdukcije u akvatične ekosisteme za potrebe ribolova ili drugih oblika uništavanja jedinki rječnih rakova.

LITERATURA

Albrecht H., 1982. Das System der europäischen Flussskrebse (Decapoda, Astacidae): Vorschlag und Begründung. Mitt. hamb. zool. Mus. Inst., 79, 187-210.

Cukerzis J.M., 1988. *Astacus astacus* in Europe. In: Freshwater crayfish: biology, management and exploitation, HOLDICH D.M., LOWERY R.S. (Eds.), 309-340, Croom Helm, London.

Gherardi F., Holdich D.M. (Eds.), 1999. Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation? A.A. Balkema, Rotterdam, 299 p.

Gherardi, F. (2002). Behaviour. U: Holdich, D. M. (ed.) Biology of freshwater crayfish. Blackwell Science, Oxford, 258-291

Holdich, D. M. (2002): Biology of freshwater crayfish, Blackwell Science. Oxford

Karaman, S. 1929. Die Potamobiiden Jugoslaviens. Glasnik zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini, 41:147-150

Karaman, M.S. 1961. Slatkovodni rakovi Jugoslavije. Publikacije stručnog udruženja za unapređenje slatkovodnog ribarstva Jugoslavije. 3:1-33



Laurent, P. J. (1988): *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) and *A. torrentium*, with observations on their interactions with other species in Europe. U Holdich, D. M. i Lowery, R. S. (eds.) Freshwater crayfish. University Press, Cambridge, 341-364

Maitland P. S., Campbell R. N., 1992. Freshwater fishes of the British Isles. New Naturalist Library. Harper Collins, London, 368 p.

Maguire, I. 2002. Porodica Astacidae u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Doktorska disertacija. PMF, Zagreb

Pursiainen M. & Erkamo E. 1991. Low temperatures as limiting factor for the noble crayfish (*Astacus astacus*) populations. *Finnish Fisheries Research* 12: 179-185.

Skurdal, J., Taugbøl, T. (2002) *Astacus*. In: Biology of freshwater crayfish: 467-510 (ed D.M.Holdich), Oxford, Blackwell Science

Riek, E. F. (1972): The phylogeny of the ParAstacidae Latreille, 1802 Huxley, 1879 (Crustacea: Astacoidea Latreille, 1802), and descriptions of a new genus of Australian freshwater crayfishes. *Australian Journal of Zoology*, 20: 369-389.

Taylor, C. A. (2002): Taxonomy and conservation of native crayfish stocks. U: Holdich, D. M. (ed.) Biology of freshwater crayfish. Blackwell science. Oxford, 236-257.

Trožić-Borovac, S., Deljanin, L. and Dautbašić, M., (2007): Ecological and biosystematic characteristic of stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1804) from the Nohorevo brook. Work of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo. No. 1, 2007 (30-55).

Trožić-Borovac, S. and Maguire, I., 2010. Distribution of *Austropotamobius torrentium* Schrank (1803), in the drainage of river Bosna (Bosnia and Herzegovina). In: Atlantique (ed.) Abstract Book, European Crayfish: European Crayfish: Food, Flagships and Ecosystem Services, 26th-29th October 2010, Poitiers, 82.

Trožić-Borovac, S., (2011): Freshwater crayfish in Bosnia and Herzegovina: the first report on their distribution. Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 401, 26p1 -26p13
(www.unizg.hr/rektorova/upload_2009/rektorova_nina_marn.pdf)

TEHNOLOŠKI POSTUPCI UKLANJANJA NUTRIENATA U EUROPSKOJ UNIJI

Europska *Okvirna Direktiva o Vodi* se primjenjuje od 2000 godine, a jedan od osnovnih ciljeva je postizanja i održavanja “dobrog statusa” vodnih tijela u sklopu slivnih područja Europe. S time u vezi, potrebno je da se postigne dobar kemijski kvalitet svih površinskih vodnih tijela do 2015 godine, za koji su okolišni uvjeti definirani na razini Europske Unije (2000/60/EG, članak 4). Na ovoj osnovi, europske države treba da izvedu sopstvene granične vrijednosti za sve relevantne supstance koje su od značaja za države-članice ili njihova vodna tijela, a u skladu sa pristupom definiranom u dokumentu *Okvirna direktiva o vodi*. Ovisno od traženih bioloških uvjeta površinskih voda, može se očekivati da će se razvijati specifični standardi u pojedinim zemljama Europske Unije (EU) u smislu dopuštene koncentra-

cije dušika i fosfora u efluentima pročišćenih otpadnih voda. Takođe se može očekivati da će se, do 2021 godine, za neke posebno štetne supstance uvesti tzv. “nulti standardi ispuštanja”, odnosno da će smanjenje ukupnog unosa tih supstanci imati značajan prioritet.

Direktiva Europske Unije 98/15/EC je propis baziran na emisiji polutanata kojim se definira zahtjevani kvalitet pročišćenih komunalnih otpadnih voda u smislu koncentracije KPK, BPK i nutrienata u slučaju njihove dispozicije u tzv osjetljiva područja podložna eutrofikaciji, pri čemu je primarni činilac veličina/kapacitet postrojenja (izraženo u ekvivaletnim stanovnicima-ES). Izvod iz pomenutog propisa je prezentiran u slijedećoj tabeli:

Parametar	Koncentracija	Minimalno uklanjanje
Ukupni dušik (TN)	15 mg TN /L (10.000 do 100.000 ES) 10 mg TN/L (> 100.000 ES)	80%
Ukupni fosfor (TP)	2 mg TP/L ((10.000 do 100.000 ES) 1 mg TP/L (> 100.000 ES)	70-80%

Nakon implementacije okolišnih standarda, većina postrojenja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda u EU postižu kvalitet pročišćenog efluenta od **10 mg TN/L i 1-2 mg TP/L**. U postrojenjima u kojima su provedene mjere unapređenja postupka pročišćavanja ostvaruju se koncentracije od 4-6 mg TN/L i 0,3-0,7 mg TP/L, prvenstveno zbog kombinacije povoljnog sadržaja sirove otpadne vode u dotoku, niskih opterećenja aktivnog mulja, optimiziranog biološkog procesa za uklanjanje N i P, te odgovarajuće kontrole procesa pročišćavanja. Međutim, iako navedeni kvalitet pročišćenog efluenta ispunjava sadašnje zahtjeve EU direktive za komunalne otpadne vode (Urban Wastewater Directive), većina postojećih postrojenja sa postupkom aktivnog mulja još nisu u mogućnosti da konzistentno ostvare kvalitet pročišćenog efluenta koji u pogledu ciljane koncentracije fosfata (P_2O_5), u potpunosti odgovara traženom kvalitetu vode vodotoka namjenjenog za potrebe javne vodoopskrbe (prema direktivi 75/440/EEC, vodotoci klasificirani kao A1, A2 i A3).

S obzirom da su pojedini dijelovi vodnih tijela u Europi postali eutrofični (npr. Sjeverno More, Baltičko More i Jadransko More), pojedine države su usvojile integralno upravljanje slivnim područjima. Tako je direktiva koja se odnosi na smanjenje emisije nitrata sa poljoprivrednih površina (Direktiva 91/676/EEC) dovela do zabrane ili napuštanja prakse dispozicije biološkog otpada na tlo u pojedinim državama Europe (npr. Švedska, Nizozemska, Švicarska). *Direktiva o vodi* (2000/60/EC) traži od država članica EU da uspostave distrikte riječnih basena, te da se za svaki od tih distrikta izradi integralni plan upravljanja basenom, a u cilju postizanja "dobrog statusa" u istima do 2015 godine. Svaki plan treba da ima četiri komponente: (1) karakteristike i procjena utjecaja na basen, (2) monitoring okoliša, (3) uspostava ciljeva zaštite okoliša i (4) koncept i implementacija programa potrebnih mjera potrebnih da se postignu ciljevi zaštite okoliša. Razvijene države EU, u svojim pristupima zaštite vodnih tijela, u ukupno dnevno opterećenje uključuju i onečišćenje koje potiče od otpadnih voda u periodu kišnog vremena na urbanom slivnom području (slivno područje kanalizacijskog sustava). Ovo je dovelo do potrebe smanjenja/minimiziranja broja objekata za preliv otpadnih voda u vodna tijela u kišnom periodu, odnosno do potrebe da se razmotre alternative za odgovarajući tretman dijela protoka kišnih voda prije dotoka na postrojenja za pročišćavanje.

Praksa i trendovi u Europskoj Uniji

U EU je prisutna praksa primjene brojnih procesa za uklanjanje nutrienata iz komunalnih otpadnih voda, pri čemu je dominantan proces biološkog uklanjanja u jedinstvenom sistemu koji čini niz bioreaktora sa anaerobnim (AN), anoksičnim (AO) i oksičnim uvjetima (A). S obzirom na brojne koristi bioloških postu-

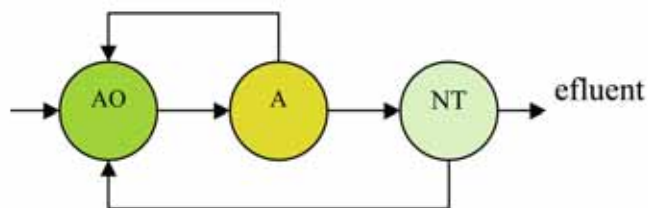
paka za uklanjanje nutrienata primjenjuju se slijedeći suvremeni i provjereni tehnološki postupci sa aktivnim muljem u suspendiranom rastu.

1-Tehnološki postupci za uklanjanje dušika

Primjenjeni tehnološki postupci poznati su pod slijedećim komercijalnim nazivima.

- Modificirani Ludzack-Ettinger postupak (MLE)
- Bardenpho
- Carrousel
- BioDenitro
- SBR
- Biolac

Modificirani LE postupak (MLE) ima dodatnu internu recirkulaciju (iz aerobne u anoksičnu zonu) sa protokom od 5x prosječnog dotoka na postrojenje, čime se postiže visok stupanj denitrifikacije u anoksičnoj zoni. Pri tome, izvor organskog ugljika za proces denitrifikacije je otpadna voda u dotoku, a za metaboliziranje organske tvari se koristi kisik iz nitrata. Recirkulacija aktivnog mulja provodi se iz naknadnog taložnika u anoksičnu zonu. Konfiguracija postupka je slijedeća:



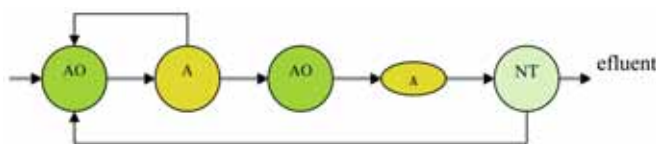
Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

NH_4-N : 0,1 do 1 mg/L

NO_3-N : 5 do 7 mg/L

Ukupni dušik (TN): 6-10 mg/L (sa naknadnim denitrifikacionim filtrom TN: 3-5 mg/L)

Bardenpho postupak koncipiran samo za uklanjanje dušika iz komunalnih otpadnih voda. Konfiguracija postupka je slijedeća:



Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

BPK_5 : 10 mg/L

Ukupne susp. tvari: < 30 mg/L

Ukupni dušik (TN): < 4.6 mg/L

Ukupni fosfor (TP): < 1 mg/L

Carrousel postupak je veoma često primjenjeni postupak zbog svoje pogonske jednostavnosti i efikasnosti, te simultane aerobne stabilizacije viška biomase. Mogući kvalitet efluenta iz ovog procesa je sljedeći:

- BPK₅: 10 mg/L
- Ukupne susp. tvari: 30 mg/L
- Ukupni dušik (TN): < 4.6 mg/L
- Ukupni fosfor (TP): < 1 mg/L



Slika 1 – Postrojenje sa Carrousel postupkom

BioDenitro postupak je uspješno primjenen u brojnim postrojenjima, a kombinira funkcionalnost, fleksibilnosti i veoma adaptabilan pogon. U osnovi, postupak se sastoji od dva identična i međusobno povezana bioreaktora u kojima se po određenoj shemi vrši alternativna promjena protoka i uvjeta pogona. Na taj način, potrebni volumeni bioreaktora se mogu podeliti prema stvarnoj potrebi za proces nitrifikacije i denitrifikacije, tako da se pogon može optimirati i tako postići visoki efekti pročišćavanja. Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

- BPK₅: 10 mg/L
- Ukupne susp. tvari: 30 mg/L
- Ukupni dušik (TN): < 4.6 mg/L
- Ukupni fosfor (TP): < 1 mg/L



Slika 2 – Postrojenje sa BioDenitro postupkom

SBR postupak – Jedan od ključnih činilaca u uklanjanju dušika je odgovarajuća promjena aerobnih i anoksičnih uvjeta u sustavu sa aktivnim muljem. Ovo se postiže u jednom biorektoru (Slika 3) pomoću vremenske kontrole trajanja pojedinih faza procesa, odnosno kontrole postupka aeracije i mješanja biomase. Povoljnost je što se biomasa ne može hidraulički isprati iz sistema. Kvalitetet biološki pročišćenog efluenta takođe ovisi o pouzdanoj opremi za dekantiranje. Proces je operativno jednostavan i veoma fleksibilan u smislu kombiniranog uklanjanja dušika is fosfora. Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

- BPK₅: 10 mg/L
- Ukupne susp. tvari: 10 mg/L
- Ukupni dušik (TN): 5 do 8 mg/L
- Ukupni fosfor (TP): 1 do 2 mg/L



Slika 3 – Postrojenje sa SBR postupkom

Biolac postupak je primjenjen u slučajevima dovoljno raspoloživog prostora u odnosu na potreban kapacitet postrojenja. Postupak je veoma efikasan u svim klimatskim zonama i pouzdan zbog pufernog hidrauličkog kapaciteta. Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

- BPK₅: 10 mg/L
- Ukupne susp. tvari: < 30 mg/L
- Ukupni dušik (TN): < 4.6 mg/L
- Ukupni fosfor (TP): < 1 mg/L



Slika 4 - Postrojenje sa Biolac postupkom

2-Tehnološki postupci za uklanjanje fosfora

Za razliku od dušika, fosfor nema plinovitu formu koja bi se mogla ukloniti iz otpadne vode, tako da se u osnovi koriste slijedeći tehnološki postupci:

- ❑ **Prevođenjem u partikularnu formu** i taloženjem i filtriranjem iste (kemijski tretman otpadne vode doziranjem metalnih soli ili kreča). Pri tome, efikasnost uklanjanja ovisi od kemijske ravnoteže između tečne i čvrste faze fosfora i efikasnosti postupka taloženje/filtriranja koji je praktički najvažniji u smislu ukupne efikasnosti uklanjanja.
- ❑ **Inkorporacijom fosfora u biomasu** aktivnog mulja čiji volatilni dio normalno sadrži 1,5% do 2,5%

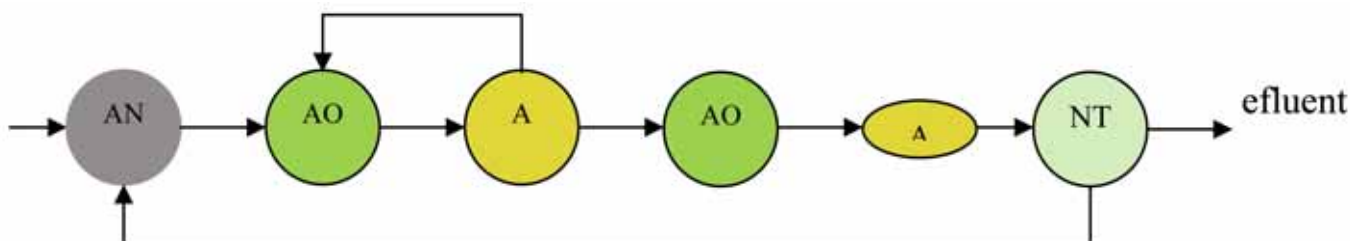
fosfora (suha težina). Pri određenim uvjetima, biomasa ima sposobnost da akumulira fosfor 6% do 8%, što je značajno više od normalne potrebe za ovim nutrientom, tako da se taj proces naziva povećano biološko uklanjanje fosfora. Efikasnost uklanjanja fosfora u biološkim sustavima ovisi o njegovom sadržaju u biomasu koja je izdvojena iz postupka pročišćavanja i efikasnosti procesa naknadne separacije iste. U principu, svi biološki postupci uklanjanja fosfora uključuju anaerobnu zonu u sklopu procesa, odnosno zonu bez prisustva rastvorenog kisika i nitrata.

- ❑ **Uklanjanje primjenom membranskih procesa**, koji praktički uklanjaju iz otpadne vode sve polutante (npr. nanofiltracija i reverzna osmoza). Postupak se membranama je relativno skup, tako da se ne koristi isključivo za uklanjanje fosfora. Praktički, neki drugi cilj pročišćavanja pomoću membrana (npr. uklanjanje ukupnih otopljenih tvari) ukloniće i fosfor.

Suvremeni trendovi favoriziraju postupke biološkog uklanjanja fosfora u kombinaciji sa procesima za kontrolu dušika. Sve ove procesne konfiguracije se koriste u praksi, pri čemu su međusobne razlike odnose na način na koji se održava anaerobna zona, prvenstveno u smislu spečavanja pojave/uvođenja nitrata. U tome smislu, primjenjuju se slijedeći suvremeni i provjereni tehnološki procesi sa aktivnim muljem u suspendiranom rastu:

- ❑ Modificirani Bardhenpho proces
- ❑ UCT proces
- ❑ Modificirani UCT proces

Modificirani Bardhenpho proces je koncipiran za postizanje visokog stupnja denitrifikacije (dva anoksična bioreaktora) i uklanjanje fosfora. Nakon sekundarne anoksične zone, protok se uvodi u kratkotrajnu re-aeracionu zonu prije taložnika, a u cilju izdvajanja plinovitog dušika tako da se u taložniku održe aerobni uvjeti. Postupak je primjenjen na mnogim postrojenjima, mada se sada više koristi UCT i modificirani UCT postupak. Konfiguracija postupka je slijedeća:



Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

BPK₅: < 5 mg/L

Ukupne susp. tvari: < 5 mg/L

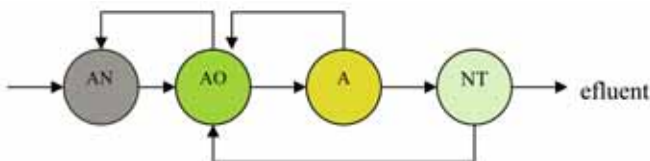
Ukupni dušik (TN): < 10 mg/L

Ukupni fosfor (TP): < 0,2 mg/L



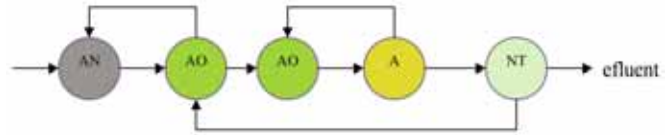
Slika 5 - Postrojenje sa modificiranim Bardenpho postupkom

UCT postupak je razvijen na Univerzitetu u Cape-town-u, Južna Afrika, a konfiguracija je jedna od modifikacija Bardenpho procesa koncipirana u cilju povećanja efikasnosti uklanjanja fosfora u anaerobnoj zoni na način da se smanji nepovoljni utjecaja nitrata iz aerobne zone. Proces se provodi u četiri stupnja koji uključuju anaerobnu zonu, nakon koje slijede anoksična i aerobna zona, sa internim sistemom recirkulacije između zona u cilju optimiranja procesa. Manipulacijom recirkulacionog toka iz aerobnog u anoksični bioreaktor kontrolira se teret nitrata koji je raspoloživ za denitrifikaciju, tako da je stalno manji od raspoloživog denitrifikacionog kapaciteta. Uklanjanje fosfora je više od 90%, a dušika više od 95%. Konfiguracija postupka je slijedeća:



Modificirani UCT postupak je koncipiran u cilju potpunog sprečavanja unosa nitrata u anaerobni bioreaktor. Modifikacija se odnosi na postavljanje dva anoksična bioreaktora, pri čemu prvi treba da smanji koncentraciju nitrata u recirkulaciji biomase iz naknadnog taložnika, dok drugi značajno smanjuje koncentraciju nitrata recikliranih iz zone nitrifikacije (aero-

bni bioreaktor). U takvim uvjetima, denitrifikacija će biti kompletna u prvom anoksičnom bioreaktoru u nizu, odnosno neće biti povrata nitrata u anaerobno bioreaktor. Nedostatak konfiguracije je veći volumen ukupne anoksične zone koja je na taj način podopterećena sa nitratima. Konfiguracija postupka je slijedeća:



Mogući kvalitet efluenta iz ovog postupka je:

BPK₅: < 5 mg/L

Ukupne susp. tvari: < 5 mg/L

Ukupni dušik (TN): < 10 mg/L

Ukupni fosfor (TP): < 0,2 mg/L

Pogodnosti bioloških sistema

Razlozi primjene bioloških postupaka za uklanjanje dušika i fosfora i komunalnih otpadnih voda odnose se na koristi u smislu zaštite okoliša (vodnih tijela), na ekonomske koristi, te operative pogodnosti na postrojenjima na kojima se takav postupak provodi. Svakako, najvažniji razlog je omogućena kontrola procesa eutrofikacije u prijemnicima pročišćenih otpadnih voda. U tome smislu, navedeni biološki postupci su superiorni u odnosu na druge alternativne postupke, kako u smislu zaštite okoliša, tako i u smislu ekonomičnosti pogona postrojenja. Ekonomičnost se prvenstveno odnosi na smanjenje ili eliminaciju potrošnje kemikalija (postupak precipitacije fosfora i/ili korištenje metanola u postupku uklanjanja dušika), smanjenje produkcije viška mulja i smanjenje potrošnje električne energije tretmanskog sustava. Sve ovo smanjuje sveukupne troškove pogona postrojenja i troškove konačne dispozicije mulja i otpadnih tvari iz otpadnih voda. Inkorporiranje anaerobne i/ili anoksične zone prije aerobne zone u postupku pročišćavanja sa aktivnim muljem (postojeća ili nova postrojenja) rezultiraće u smanjenju troškova potrebne električne energije za takav postupak.

Utjecaj karakteristika otpadnih voda

Performanse postupaka za biološko uklanjanje dušika i fosfora iz komunalnih otpadnih voda veoma su ovisne o karakteristikama otpadne vode u dotoku na svaki bioreaktor toga postupka. Efikasno uklanjanje oba nutrijenta nije moguće ostvariti u slučaju nedovoljne prisutnosti bio-razgradivog supstrata u otpadnoj vodi (mjereno kao BPK ili KPK). U tome smislu, primarno taloženje može značajno smanjiti odnos organske tvari prema fosforu prisutnom u komunalnim otpadnim vodama, te smanjiti količinu dušika i fosfora

koji se može ukloniti u predviđenom postupku pročišćavanja. Sličan ili isti efekat se može očekivati u slučaju kada se na početak procese uvode povratni tokovi otpadnih voda i postupka obrade mulja izdvojeno iz postupka pročišćavanja otpadnih voda (npr. iz objekata za zgušnjavanje i odvodnjavanje mulja izdvojeno iz postupka).

Novi biološki postupci

U cilju postizanja traženog kvaliteta pročišćenog efluenta (uvjeti definirani u dozvoli za pogon postrojenja), razvili su se alternativni tehnološki postupci koji se često nazivaju hibridni postupci, a definiraju se kao sustavi sa biomasom aktivnog mulja koji inkorporiraju ili medij ili membrane u bioreaktoru u cilju povećanja razine tretmana. Ovi tehnološki postupci mogu se takođe koristiti za povećanje kapaciteta ili za smanjenje organskog tereta postrojenja. Tri osnovna tipa hibridnog biološkog postupka su:

- Integrirani fiksni-film aktivnog mulja (tzv. IFAS postupak),
- Bioreaktor sa pokretnim bio-filmom (tzv. MBBR postupak) i
- Membranski bioreaktor (tzv. MBR postupak).

Osnovni princip svih tipova IFAS postupka odnosi se na povećanje biomase koja će biti na raspolaganju za postupak biološkog pročišćavanja bez povećavanja volumena bioreaktora. Postupak predviđa naknadni taložnik za bistrenje vode iz bioreaktora, te sa recirkulacijom u bioreaktor.

U MBBR postupku se koristi plastični medij (noslač bio-filma) stalno suspendiran u otpadnoj vodi bioreaktora. Postupak ne predviđa naknadni taložnik, ali se voda iz bioreaktora odvodi na postupak flotiranja pomoću finih mjehurića zraka (dissolved air flotation).

Postupak se razlikuje od IFAS postupka u tome da nema recirkulacije vode iz postupka flotiranja, tako da se cjelokupan biološki tretman ostvaruje u bio-filmu bioreaktora.

MBR postupak predstavlja kombinaciju procesa sa aktivnim muljem i procese membranske separacije umjesto konvencionalnog naknadnog taložnika. Postupak primjenjuje značajno povećanu koncentraciju biomase (najčešće 8-12 kg/m³) i membransko filtriranje u cilju odvajanjem vode od biomase (bistrenje biološki pročišćenog efluenta). Nisko-tlačna membranska filtracija je mikrofiltracija ili ultrafiltracija, a dvije osnovne konfiguracije su membrane potopljene u bioreaktor (proces bez recirkulacije) ili membrane van bioreaktora (proces sa recirkulacijom u bioreaktor). Kvalitet biološki pročišćenog efluenta koji se može postići je od 3-10 mg TN/L i 0,3-2 mg TP/L. Primjenom naknadnog kemijskog postupka na ove konfiguracije, moguće je postići dodatno smanjenje koncentracija, i to 2-3 mg TN/L i 0,1-0,3 mg TP/L, što je u domenu standarda za površinska vodna tijela.

Literatura

1. US EPA, Nutrient Control Design Manual, EPA-600R-10/012.
2. US EPA, Municipal Nutrient Removal Technologies, Vol.1, Sept.2008
3. Nutrient Removal Technology in North America and European Union - Water Quality Research Journal No.6, Canada 2006.
4. The Council of the European Communities-Urban wastewater treatment Directive 91/271/EEC, 21 May 1991.
5. The Council of the European Communities-The quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States, 75/440/EEC, 16 June 1975.



MAKROINVERTEBRATI SLIVA KRIVAJE U JESENJEM ISTRAŽIVANJU

UVOD

Rijeka Krivaja je desna pritoka rijeke Bosne u njenom središnjem toku. Rijeka Krivaja nastaje spajanjem rijeka Bioštica i Stupčanice u gradu Olovu a uliva se u rijeku Bosnu u Zavidovićima (Mučibabić, 1979). S obzirom na područja kroz koja protiče, dužinu toka rijeke, vode koje prikuplja, Krivaja je značajna rijeka slivnog područja rijeke Bosne. Pripada planinskim tekućicama na kojima se mogu jasno zapaziti karakteri brze tekućice sa karakterističnim dijelovima kanjonskog protoka vode. Rijeka prolazi kroz planinska područja bogata šumom. U jesenjem periodu 2011. godine izvršena su istraživanja makroinvertebrata sliva rijeke Krivaje. Uzorkovanje je izvršeno na nizu lokaliteta - izvor rijeke Bioštica u mjestu Knežina (LA), lokalitet rijeke Bioštica u gradu Olovu, neposredno prije spajanja sa rijekom Stupčanicom (LB), na tom lokalitetu su uzeti uzorci i sa dna rijeke Stupčanice (LC) te lokalitet Boganovića u gronjem toku Krivaje (L1). U srednjem toku rijeke Krivaje uzorci su uzeti u mjestu Maoča (L2), Stipin Han (L3), Ribnica (L4), Vozuća (L5), dok su u donjem toku Krivaje uzeti u naselju Kovači (L6) i na samom ušću

Krivaje u rijeku Bosnu u gradu Zavidovići (L7). Prikupljanje uzoraka izvršeno je u nekoliko terenskih izlazaka: 05.10.2011. godine, 16.10. 2011. godine, 26.10.2011. godine, 20.11.2011. godine i 03, 12. 2011. godine. U toku prikupljanja bentosa istraživanih tekućica izvršena su mjerenja temperature vode, zraka, širina korita rijeke, dubina vode, zabilježeni podaci osobina dna rijeke, obraslost podvodnim biljkama i obalnom vegetacijom. Uzorkovanje makroinvertebrata sliva rijeke Krivaje izvršeno je metodom „kick sampling“ (Dall i sar., 1995). Uzorkovanja su vršena u toku terenskih izlazaka radi prikupljanja materijala larvi Odonata za doktorat na temu „Fauna vilinih konjica (Insecta, Odonata) rijeke Krivaje sa Biošticom“ s ciljom što boljeg sagledavanja stanja akvatičnih organizama u jesenjem periodu. Determinacija makroinvertebrata je izvršena pomoću odgovarajućih ključeva za determinaciju makroinvertebrata Waringer i Graf 1997, Dall i sar., 1990, Sansoni, 1992 i Askew, 2004.

Ključne riječi: *makroinvertebrati zoobentosa, jesen 2011. godine*

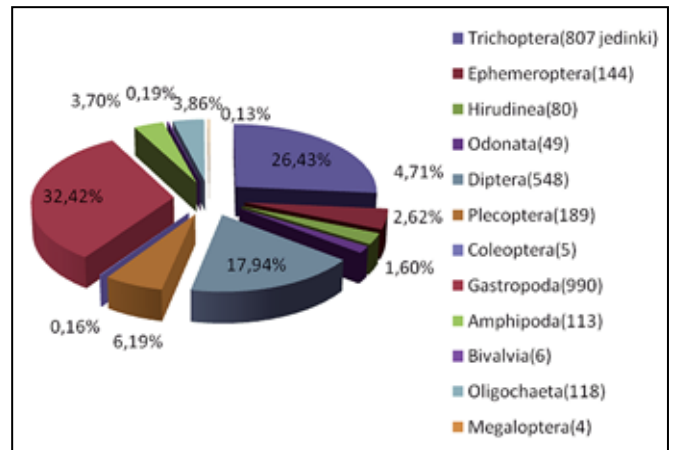
REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Temperaturne vrijednosti vode i zraka i osobine lokaliteta – U toku istraživanja makroinvertebrata slivnog područja Krivaje mjerena je temperatura vode i zraka. Izmjerene niže vrijednosti temperature vode (od 7-12 °C) ukazuju da je Krivaja planinska tekućica malih varijacija temperature vode. Osobine sedimenta potvrđuju tu činjenicu. Dno izvorišta rijeke Bioštica je muljevito, te je izvor predstavljen većom količinom vode, dubine od 20 do preko 50 cm, mirnog i razlivenog toka formirajući širinu korita od 3-4 m. Izvor okružuje dobro razvijena četinarska šuma. Sediment rijeke Bioštica u Olovu, kao i rijeke Stupčanice, je krupnije kamenje i šljunak sa dubinom vode od 30-40 cm. Širina korita rijeke Bioštica je 30 m sa adom oko 3 m širine, dok je Stupčanica 15 m širine korita. Na ostalim lokalitetima sediment je predstavljen krupnim kamenjem i šljunkom u gornjem toku rijeke Krivaje, sa formiranjem šljunkovitog i pjeskovitog sedimenta u srednjem i donjem toku rijeke Krivaje. Dubina vode je od 30 – 50 cm u gornjem toku dok se nešto povećava ka donjem toku, od 40 – 60 cm na istraživanim lokalitetima. Na lokalitetima Boganovića, Maoče i dijelom Vozuće okolne ekosisteme čine listopadne šume, dok su lokaliteti Ribnice, Kovača i ušća rijeke Krivaje smješteni u naseljima. Istraživanja nisu rađena na svim lokalitetima u svim terenskim izlascima. Prikupljanje uzoraka makroinvertebrata nisu vršena u svim terenskim izlascima na svim lokalitetima. U toku terenskog izlaska 05. 10.2011. godine materijal je prikupljen sa lokaliteta: LA, LB, LC, L1 i L7; 16.10.2011. godine materijal je prikupljen sa lokaliteta: L2, L4 i L5; 26.10.2011. godine kao i 20.11.2011. godine makroinvertebrata bentosa prikupljeni su sa lokaliteta: L5, L6 i L7 i 03.12.2011. godine bentos je prikupljen sa lokaliteta: LB, LC, L1, L3 i L6.

Biodiverzitet makroinvertebrata istraživanog područja sliva Krivaje u jesenjoj sezoni 2011. godine

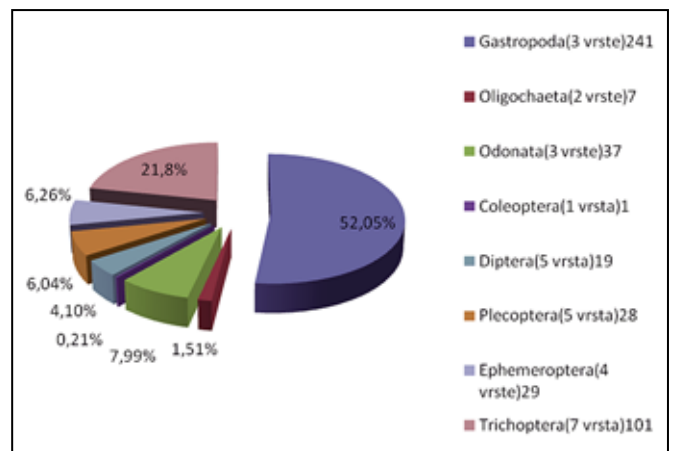
U toku istraživanja makroinvertebrata sliva Krivaje od 05. 10. 2011. godine do 03. 12. 2011. godine nađene su 3053 jedinke u okviru 12 skupina makroinvertebrata. Biodiverzitet i kvantitativni pokazatelji makroinvertebrata zoobentosa u jesenjem istraživanju sliva Krivaje prikazani su dijagramima po terenskim terminima istraživanja.

Na prvom terenskom izlasku ukupno je nađeno 37 taksona sa 788 jedinki makroinvertebrata bentosa sliva Krivaje. Najviše jedinki nađeno je iz reda Diptera – ukupno 257 dok je najmanje bilo iz reda Megaloptera – svega jedna jedinka vrste *Sialis sp.* Značajniju brojnost jedinki u ovim uzorcima imale su Trichoptera (253), Hirudinea (80). Najviše jedinki je nađeno na lokalitetu Olova u bentosu Bioštica – 284 jedinke, dok je



Grafik 1. Sastav makroinvertebrata bentosa sliva Krivaje, 05.10. 2011. godine

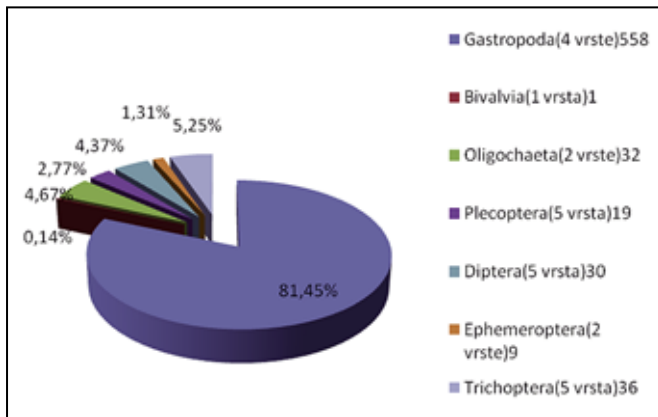
najmanje nađeno na istom lokalitetu u bentosu rijeke Stupčanice – ukupno 56 jedinki. Manja raznovrsnost bentosa rijeke Stupčanice ukazuje na njeno zagađenje iz gradskog naselja kao i izlivanje otpadnih voda iz hotelskog kompleksa. Veliku brojnost jedinki imali su redovi Hirudinea (76), Diptera (48) te Oligochaeta (20) u bentosu Bioštica ukazuje na činjenicu da je ona opterećena zagađenjem iz gradskog naselja jer su brojne populacije organizama koje dobro podnose zagađenje (Trožić-Borovac, 2001).



Grafik 2. Makroinvertebrata bentosa sliva Krivaje, 16.10. 2011.godine

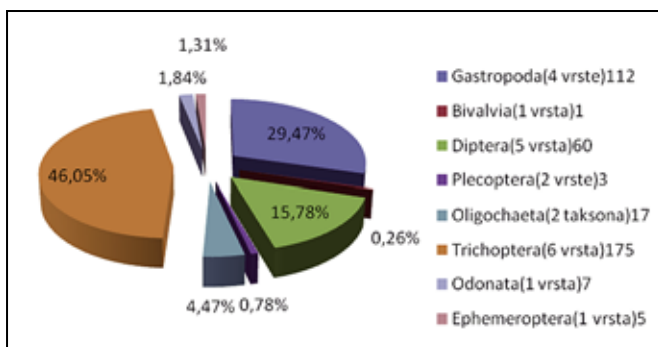
Na drugom terenskom izlasku 16.10.2011. godine uzeti su uzorci bentosa makroinvertebrata sa tri lokaliteta srednjeg toka rijeke Krivaje. Od 8 skupina makroinvertebrata bentosa Krivaje nađene su 463 jedinke. Kvantitativni pokazatelji ukazuju da su Gastropoda bile najbrojnije četiri vrste sa 241 jedinkom, dok su Trichoptera bile zastupljene sa 101 nađenom jedinkom od 7 determinisanih vrsta. To nam ukazuje na osobine srednjeg toka planinske tekućice, sedimenta srednjeg kamenja, šljunka, upravo kakva je Krivaja. Najmanje nađenih jedinki u ovim uzorcima bilo je iz reda Coleoptera, svega jedna jedinka vrste *Elmis sp.*

Najviše jedinki makroinvertebrata bentosa srednjeg toka Krivaje nađeno je na lokalitetu Vozuće – 173 jedinke.



Slika 3. Makroinvertebrati bentosa sliva Krivaje, 26. 10. 2011. godine

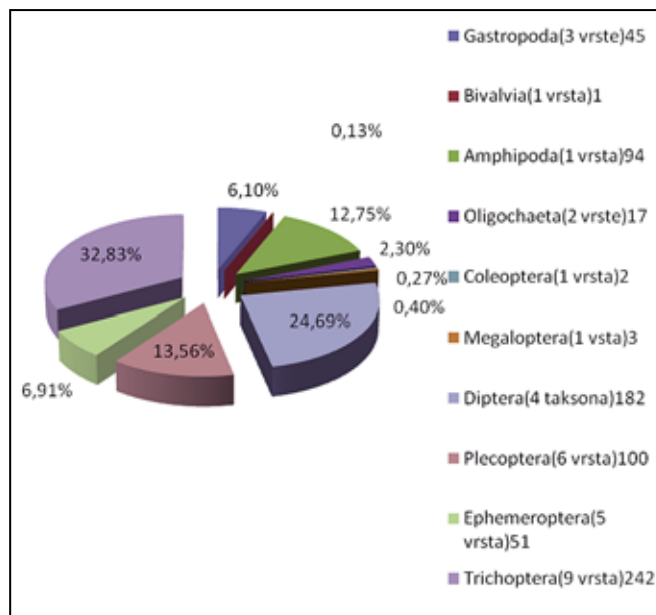
Kvantitativno – kvalitativna analiza makroinvertebrata bentosa donjeg toka rijeke Krivaje, terenskog izlaska 26.10.2011. godine pokazuje da se ona u tom dijelu formira kao rijeka šireg toka, karakterističnog sedimenta – krupno kamenje, šljunak i prošireno korito od 35 m. U uzorcima bentosa, uzetih sa lokaliteta Vozuće, Kovača i Ušća Krivaje, ukupno je nađeno 686 jedinki. Najveća brojnost Gastropoda – četiri vrste sa 558 jedinki potvrđuje prethodnu konstataciju osobina Krivaje u tom dijelu toka. Trichoptera u tim uzorcima su bile zastupljene sa pet vrsta i ukupno 36 jedinki, Diptera su bile sa nešto manjom brojnošću – 30 jedinki, dok je nađena samo jedna jedinka Bivalvia, vrste *Anadonta cygnea*. Manja brojnost senzibilnijih makroinvertebrata, poput Plecoptera (19), Ephemeroptera (9), ukazuje na postepenu longitudinalnu opterećenost Krivaje nizvodno prema ušću.



Slika 4. Makroinvertebrati bentosa sliva Krivaja, 20. 11. 2011. godine

Na terenskom izlasku, 20. 11. 2011. godine prikupljeni su uzorci sa istih lokaliteta kao na prethodnom terenskom istraživanju. U prikupljenim uzorcima bentosa nađeno je 380 jedinki iz osam skupina makroinvertebrata. Može se zapaziti drastični pad broja jedinki

Gastropoda (ukupno 112 jedinki). Isto tako zapaža se značajno povećanje brojnosti Trichoptera – 175 jedinki nađenih u uzorcima bentosa donjeg toka Krivaje. što se može objasniti sezonskom ritmikom njihovih životnih aktivnosti. Diptera sa 60 i Oligochaeta sa 17 nađenih jedinki, kao i svega tri jedinke senzibilnijih Plecoptera, ukazuju na postepenu opterećenost donjeg toka Krivaje organskim otpadom iz okolnih naselja. Na lokalitetu Vozuće u bentosu Krivaje nađena je svega jedna jedinka Bivalvia, vrste *Anadonta cygnea*.



Slika 5. Makroinvertebrati bentosa sliva Krivaje, 03. 12. 2011. godine

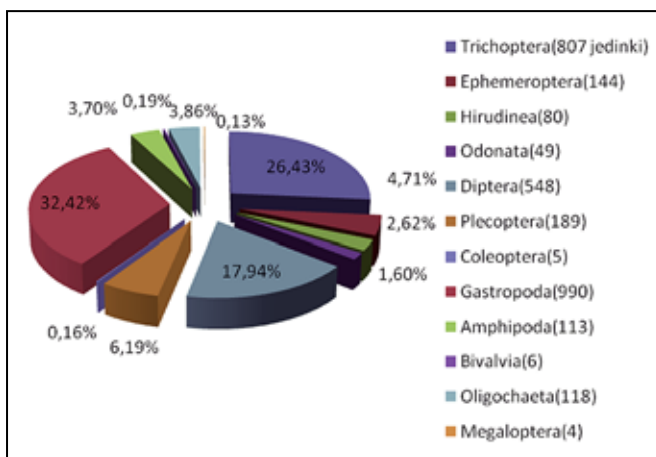
U uzorcima bentosa sliva Krivaje, u decembarском terenskom izlasku – 03. 12. 2011. godine, nađena su 10 taksona sa 736 jedinki makroinvertebrata. Najviše jedinki je nađeno u bentosu rijeke Bioštica na lokalitetu Olovo – 227 jedinki, dok je najmanje jedinki makroinvertebrata nađeno u bentosu Krivaje, njenom donjem toku, na lokalitetu Kovači – 79 jedinki. Značajnu brojnost jedinki imali su uzorci bentosa Krivaje gornjeg toka, lokalitet Boganovića, ukupno 213 jedinki makroinvertebrata. Sezonsku dinamiku makroinvertebrata potvrđuje činjenica značajne brojnosti Trichoptera (9 vrsta sa 242 jedinke), Plecoptera – 6 vrsta sa ukupno 100 nađenih jedinki, 182 nađene jedinke Diptera, dok su Amphipoda bile zastupljene sa 94 jedinke vrste *Gammarus sp.* Svega jedna jedinka Bivalvia vrste *Unio pictorum* nađena je u ovim uzorcima.

Istraživanje makroinvertebrata zoobentosa sliva Krivaje u jesenjem periodu 2011. godine rezultiralo je pronalaskom 12 skupina u okviru kojih je nađeno 57 vrsta sa 3053 jedinke makroinvertebrata.

Tabela 6. Ukupan broj jedinki nađenih skupina makroinvertebrata zoobentosa sliva Krivaje u jesenjem periodu istraživanja 2011. godine

Taksoni	Ukupan broj jedinki
Trichoptera	807
Ephemeroptera	144
Hirudinea	80
Odonata	49
Diptera	548
Plecoptera	189
Coleoptera	5
Gastropoda	990
Amphipoda	113
Bivalvia	6
Oligochaeta	118
Megaloptera	4
Σ	3053

S obzirom da su zadnja terenska prikupljanja materijala izvršena u decembru mjesecu može se konstatovati da većina makroinvertebrata prezime u stadijumu larvi te da im dobri uslovi života u istraživanim tekućicama to omogućuje.



Slika 6. Procentualna zastupljenost skupina makroinvertebrata u jesenjem istraživanju sliva Krivaje 2011. godine

Skupina makroinvertebrata sa najvećim brojem nađenih jedinki u ovim uzorcima je Gastropoda – pet vrsta sa 990 nađenih jedinki, kao i Trichoptera - sa 12 nađenih vrsta sa ukupno 807 jedinki. Pored vrsta tih skupina značajniju brojnost vrsta i uzorkovanih je-

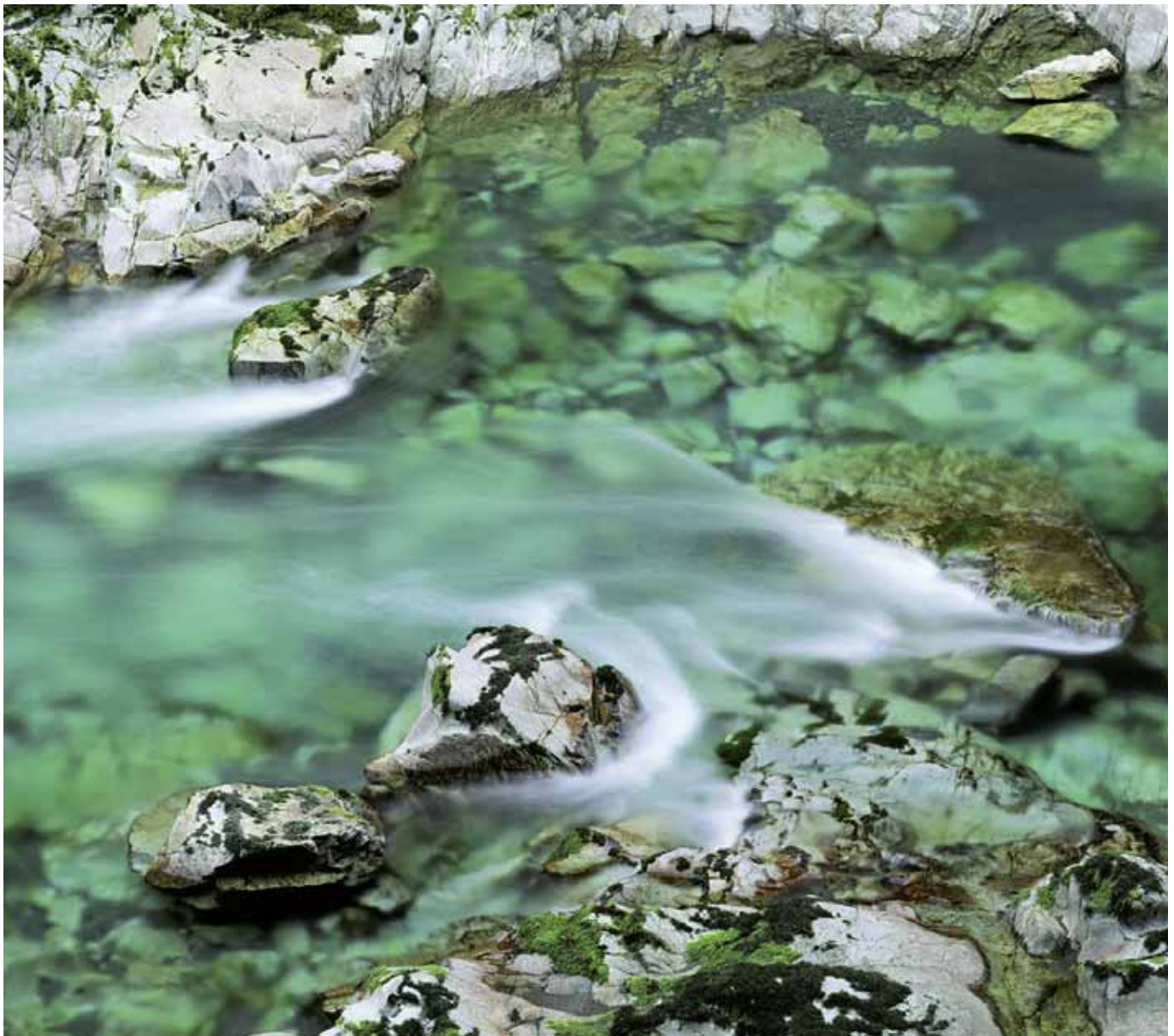
dinki su imale Plecoptera - 9 zastupljenih vrsta i 189 nađenih jedinki te Ephemeroptera sa 8 nađenih vrsta i ukupnim brojem od 144 nađene jedinice u uzorcima bentosa istraživanog sliva. To nam pokazuje kakav je to sliv tekućica – planinske tekućice, brzog toka, karakterističnog sedimenta, čije su vode bogatije kisikom (Cikotić, 2004), prikladnih uvjeta života i bez obimnih izvora zagađenja duž njihovog toka. Rijeka Krivaja se longitudinalno opterećuje otpadnim tvarima iz okolnih naselja što potvrđuje brojnost nađenih vrsta iz reda Diptera – ukupno 9 vrsta sa 548 nađenih jedinki prisustvo jedinki Oligochaeta sa 118 nađenih jedinki u uzorcima bentosa istraživanog sliva. Ova istraživanja ukazuju na potrebu kontinuiranog istraživanja naših tekućica s ciljem njihovog očuvanja i odgovarajućeg iskorištavanja.

ZAKLJUČCI

- ❑ Istraživanja sliva Krivaje izvršena su u jesenjoj sezoni 2011. godine;
- ❑ Materijal makroinvertebrata zoobentosa istraživanih tekućica prikupljen je metodom „kick sampling“, separacija je izvršena binokularnom lupom a determinacija organizama urađena je upotrebom odgovarajućih ključeva za determinaciju makroinvertebrata do nivoa vrste, tamo gdje je bilo moguće;
- ❑ U toku prikupljanja materijala vršeno je mjerenje temperature vode i zraka na istraživanim lokalitetima te na osnovu dobijenih vrijednosti se može zaključiti da su to planinske tekućice povoljnih uvjeta života;
- ❑ Pomenutu činjenicu potvrđuje veća brojnost nađenih skupina makroinvertebrata zoobentosa sliva Krivaje, kao i ukupni broj nađenih jedinki makroinvertebrata u pomenutim uzorcima bentosa;
- ❑ Veća brojnost jedinki Gastropoda, Trichoptera, te prisustvo jedinki Ephemeroptera i Plecoptera u uzorcima bentosa ukazuju na osobine istraživanih tekućica, karakteristika njihovog sedimenta, brzine vode, kao i povoljnih uvjeta života;
- ❑ Značajna brojnost jedinki Diptera i Oligochaeta ukazuju na postepenu opterećenost tekućica u longitudinalnom pravcu, većinom zagađenjem iz okolnih naselja;
- ❑ Istraživanja makroinvertebrata bentosa sliva Krivaje ukazuju na potrebu kontinuiranog slijeda takvih aktivnosti na tekućicama Bosne i Hercegovine radi dobijanja realne slike njihovog stanja, iznalaženja odgovarajućih metoda biomonitoringa voda, te mogućnosti njihovog pravilnog iskorištavanja;

LITERATURA

1. Askew, R. R. (2004). The dragonflies of Europe (revised edition). Harley Book, Essex, England.
2. Dall, C. P., Iversen, T. M., Kirkegaard, J., Lindegaard, C. et Thorup, J. (1990): En oversigt over danske ferskvandsinvertebrater til brug bedommelse of forureningen i Soerog vandlob. Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Universitet og Miljokontoret, Storstroms amt. Kobenhavn.
3. Dall, C. P., Friberg, N., Lindegaard, C., Toman, M. J. (1995): A practical guide of biological assessment of stream water quality. In: Biological Assessment of Stream Water Quality, University of Ljubljana, 97 – 117.
4. Cikotić, M. (2004): Makroinvertebrati zoobentosa rijeke Krivaje kao indikatori kvaliteta vode. Magistarski rad. Prirodno-matematički fakultet Sarajevo, Sarajevo.
5. Mučibabić, S., Kaćanski, D., Blagojević, S., Krek, S., Čepić, V., Hafner, D., Kapetanović, N., Kosorić, Đ., Marinković, M., Pavlović, D., Tanasijević, M., Vagner, D. (1979): Kompleksna limnološka istraživanja sliva rijeke Bosne: Krivaja. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
6. Sansoni, G. (1992): Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani. Centro Italiano studi di biologia ambientale, Provincia autonoma di Trento.
7. Trožić-Borovac, S. (2001): Istraživanje makroinvertebrata bentosa rijeke Bosne i pritoka u ocjeni kvaliteta vode. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet Sarajevo, Sarajevo.
8. Waringer, J., Graf, W. (1997): Atlas der Österreichischen Köcherfliegenlarven: unter Einschluß der angrenzenden Gebiete. Facultas Universitätsverlag, Wien.



SANACIJA FILTRACIJE VODE NA UZVODNOJ KOSINI BRANE VIDARA U GRADAČČU

Nakon ispuštanja vode iz jezera Vidara, neposredno ispod uzvodne kosine brane uočene su promjene u površinskom materijalu, odnosno, za razliku od ostalog terena koji je prekriven debelim slojem mulja i pijeska, na površini terena od cca 25-30 m² konstatovan je šljunak



Slika broj 1. Mjesto infiltracije vode

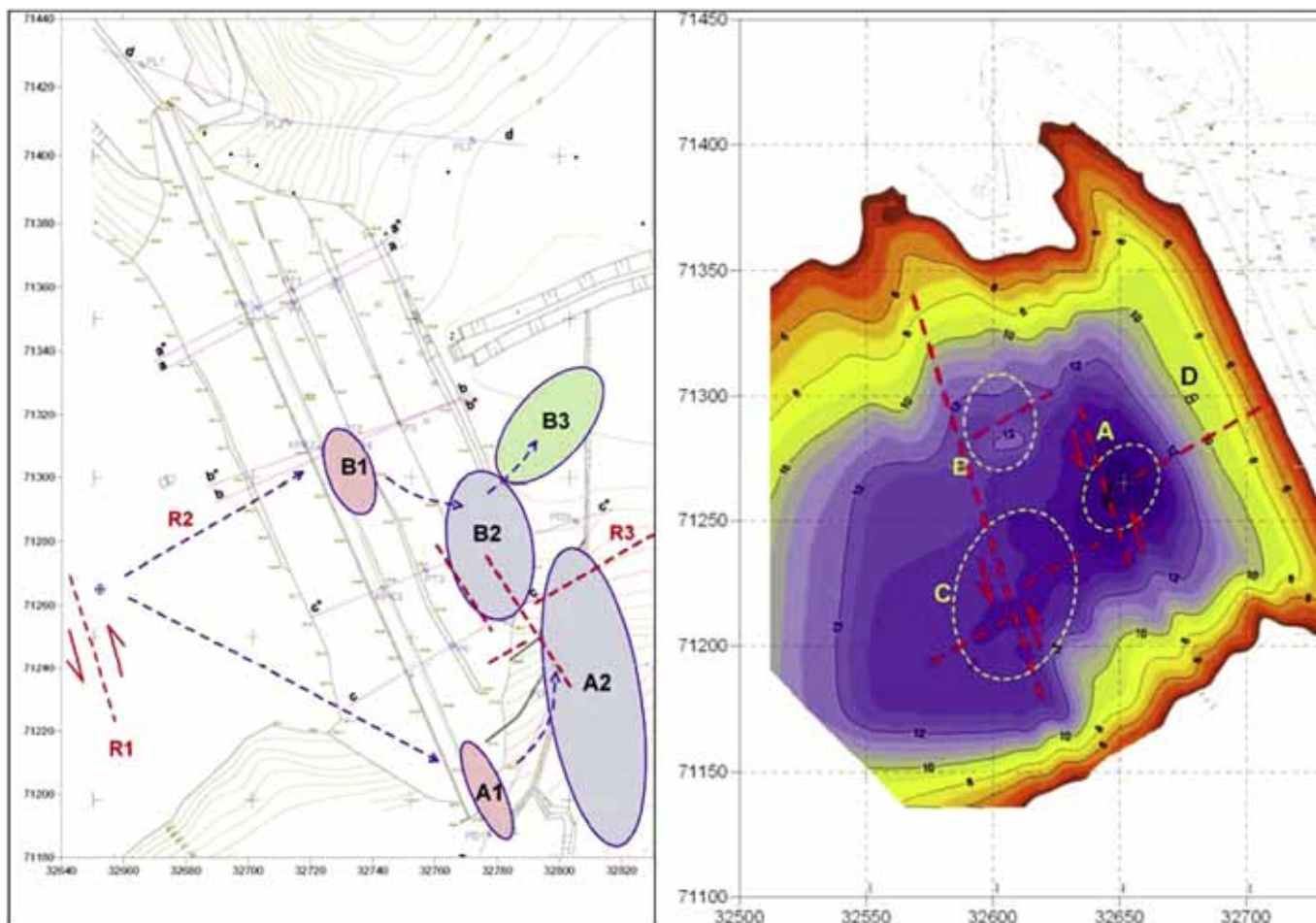
različite granulacije (bez mulja, pijeska, i prašinih komponenti).

Ova pojava uputila je na zaključak da je to jedno od mjesta putem kojeg se voda infiltrira kroz tijelo brane i pojavljuje u vidu „pištavina“ i izvora u desnom boku na nizvodnoj kosini brane.

Za potvrdu predhodne konstatacije koristili su i rezultati provedenih geofizičkih ispitivanja morfometrijskom seizmometrijskom i elektrometrijskom metodom koja je na terenu realizovana od strane Centar za nedestruktivna testiranja i geofiziku Beograd, RSrbija, april 2010. godine.

Provedenim terenskim istraživanjima te kabinet-skom obradom sirovih podataka moglo se konstatovati da pravac kretanja jezerske vode kroz tijelo brane nije sasvim jasno definisan, ali je pouzdano utvrđeno da voda iz akumulacije vrši uticaj na zonu A1 i to putem strukture vidljive na osnovu seizmometrijskih i elektrometrijskih profila. Ovo je subvertikalna struktura u paleoreljevu koja drenira uzvodni teren na kotama od 100 mNv do 115mNv.

Zone A1 i B1 su zone tijela brane u kojima je dio materijala odnešen intenziviranom cirkulacijom, a u



Slika broj 2. Kompleksni model procurivanja iz akumulacije
(batimetrija – lijevo, cirkulacija kroz tijelo brane i struktura podloge – desno)

dijelu jezgra brane treba očekivati značajno slabljenje zbijenosti ugradbenog materijala, na što upućuju brzine seizmoakustičkih talasa koje su smanjene, a uočava se i pojava prigušenja amplituda mikrovibracija.

Iz zone A1, filtracija vode se obavlja kroz nizvodni dio brane kroz autohtonu zonu A2, na nivou rupturnih, i vjerovatno u izvesnoj mjeri karstifikovanih pravaca u čvrstoj stijenskoj masi paleoreljeva.

Rješenje novonastale situacije tj. zatvaranje „ponora“ tj. onemogućavanje cirkulacije vode iz jezera kroz tijelo brane bilo je moguće prevazići preduzimanjem hitnih interventnih sanacionih mjera i aktivnosti kako na terenu tako i u kabinetu, a one su se realizovale uz puno uvažavanju mogućih najasnoća tj. rizika:

- pri odabiru adekvatne firme koja raspolaže sa ljudskim resursima i mehanizacijom,
- adekvatnom odabiru inekcione metode uz uvažavanje činjenice da je na nizvodnom dijelu (ispod brane) urađen čitav sistem drenažnih bunara i kanala, tako da se moralo strogo voditi računa da ne dođe do isticanja inekcione mase u iste, a samim tim i do njihovog začepjenja,

– te faktora „vrijeme“ sa kojim se bilo limitirano iz razloga što su se terenski radovi morali završiti prije ranije definisanog početka punjenja akumulacije.

U skladu sa predhodnim činjenicama, te uz poštovanje odredbi Zakona o javnim nabavkama izvršen je odabir firme „Geosonda“ d.d. Zenica, koja je na terenu, ali i u kabinetu u skladu sa uzusima i standardima struke realizovala projektovane radove i aktivnosti.

Radovi na terenu su realizovani kroz dvije faze i to:

Prva faza

□ Zemljani radovi

Shodno tehničkom rješenju na lokalitetu „ponora“ odstranjen je površinski sloj do dubine 0,50m. Iskop je izvršen mašinskim putem uz obezbijeđenje vertikalnosti bočnih strana iskopa. Dimenzije iskopa su prilagođene situaciji na terenu (dimenzijama ponora 7,00m × 4,00m × 0,5 m ukupno 14 m³).

□ A.B. radovi

Po završetku iskopa, a prije betoniranja u isti su ugrađene inekcione PVC cijevi Ø75 mm dužine cca

1m'. Dno cijevi je zabodeno u šljunak ispod novog betonskog tijela, u daljnjem tekstu "blombe". Cijevi služe za kasnije kontaktno injektiranje. Nakon ugradnje PVC cijevi, izvedeno je betoniranje betonom MB-30 (debljina betona 0,5 m).

□ Bušenje

U cilju povećanja vodonepropustnosti na mjestu „ponora“ izvršeno je kontaktno injektiranje. Injektiranje je provedeno kroz ranije ugrađene PVC cijevi Ø75mm. Da bi se postigao zahtjevani efekat injektiranja kroz sve vertikalne cijevi izvršeno je bušenje. Bušenje je izvedeno pneumatskom bušilicom Ø42mm. Kao medij za ispiranje služio je zrak. Dubina bušotina je bila dva metra ispod betona. Ukupno je izbušeno 15 bušotina.

□ Kontaktno injektiranje

U tehničkom rješenju za izvođenje radova, napomenuto je da će veliki problem pri injektiranju činiti drenažni sistemi izgrađeni na nizvodnom dijelu brane. Zbog toga je posebna pažnja posvećena odabiru recepture injekcione mase kao i određivanju pritiska injektiranja koji će omogućiti da se izvrši kontaktno, a ne konsolidaciono injektiranje. Predviđeno je da pritisak injektiranja ne prelazi 2 bara. Da bi se poštovali ovi kriteriji postavljena su dva manometra (jedan na injektoru, a drugi na samoj bušotini). Sastav injekcione mase iznosio je suha tvar - voda 1:1 (suha tvar cement 90%, bentonit 10%). Kriterij završetka je bio da se postigne zadani pritisak od dva bara pri vrlo malim protocima ili da se u sličaju izbijanje injekcione mase na površinu oko betonske blombe zaustavi injektiranje. Ovako visok procenat bentonita određen je iz razloga što bentonit ima osobinu da u kontaktu sa vodom povećava volumen, tako da se u konačnici postiže bolje „zatvaranje“ podzemnih kanala kojim voda cirkuliše. Čvrstoća injekcione mase (koju visoki procenat bentonita smanjuje) u ovom slučaju nije bila prioritarna.



Slika broj 3. Završetak injekcione faze br.1.

Druga faza

□ Zemljani radovi

Nakon završetka kontaktnog injektiranja (shodno tehničkom rješenju na lokalitetu) izvršen je pažljiv ručni iskop, uz ponor, sa svih strana, u širini od 1,50m' sa dubinom iskopa cca 0,15 m'. Slijedeća aktivnost se odnosila na postavljanje kosih PVC cijevi prečnika 75, dužine 0,50m.

□ A.B. radovi

Nakon ugradnje PVC cijevi preko čitave površine blombe, kao i duž očišćenog dijela neposredno uz ponor ugrađene su armaturne mreže Q 118 (sa ostavljanjem preklopa od 10%) poslije kojih je izvršeno betoniranje betonom MB 30. Dimenzije novog betonskog tijela su: 7,0m × 7,0m × 0,15m.

□ Bušenje

U cilju povećanja vodnepropustnosti na mjestu „ponora“ izvršeno je kontaktno injektiranje. Injektiranje je provedeno kroz ranije ugrađene PVC cijevi. Da bi se postigao zahtjevani efekat injektiranja kroz sve kose cijevi izvršeno je bušenje. Bušenje je izvedeno pneumatskom bušilicom Ø38 mm. Kao medij za ispiranje služio je zrak. Dubina bušotina je bila 1,7 metar ispod betona. Ukupno je izbušeno 16 bušotina.

Prilikom radova bušenja primjećeno je da se na kosim bušotinama na dubini od 1,70m ulazi u glinoviti sloj i zbog toga je odlučeno da se bušotine buše za nekih 20 cm dublje. Ova činjenica je dodatno trebala poboljšati kvalitet izvedenih radova.

□ Kontaktno injektiranje

Kao i kod prve faze i u drugoj fazi posebna pažnja posvećena je odabiru recepture injekcione mase kao i određivanju pritiska injektiranja koji će omogućiti da se izvrši kontaktno, a ne konsolidaciono injektiranje. Bilo je predviđeno da pritisak injektiranja ne prelazi 2 bara. Da bi se poštovali ovi kriteriji postavljena su dva



Slika broj 4. Završetak 2. faze injektiranja

manometra (jedan na injektoru, drugi na samoj bušotini). Sastav injekcijske mase, odnos suha tvar - voda 1:1; tj. suha tvar: cement 90 % i bentonit 10 %.

Projektovani pritisak injektiranja od 2 bara nije postignut ni na jednoj bušotini, iz razloga što je injekcijska masa izbijala u neposrednoj blizini „blombe“. Manji utrošak injekcijske mase u drugoj fazi je logičan zbog prethodne zasićenosti injektiranjem iz prve faze, kao i činjenicom da je na dubini od 1,7m' nabušen sloj glinovitih sedimenata.

Nakon završetka I i II faze injektiranja potrebno je sačekati da se jezero napuni vodom, tj. da jezerska voda prekrije prostor na kojem su rađeni interventni radovi. Kao što je prikazano na narednoj fotografiji prostor plombe nije pod punim pritiskom jezerske vode. U narednom periodu, u ovisnosti od hidroloških uslova, moći će se očekivati rezultati tj. konstatovati na terenu da li je sanacija uspjela, odnosno da li je prestala infiltracija vode kroz tijelo brane i prestala pojava u vidu pištevina i izvora u desnom boku na nizvodnoj kosini brane Vidara.

Literatura:

- ❑ Izvještaj o izvedenim kompleksnim geofizičkim ispitivanjima za potrebe sanacije brane Vidara-Gradačac, Centar za nedestruktivna testiranja i geofiziku Beograd, R.Srbija, april, 2010. godine,
- ❑ Elaborat o izvedenim radovima na objektu-Sanacija filtracije vode ispod brane Vidara u Gradačcu, Geosonda d.d. Zenica, novembar 2011. godine.

Fotografije uz tekst snimila S. Merdan



Slika broj 5. Injekcijska zavjesa je djelimično pod jezerskom vodom

DIMENZIONIRANJE FILTERSKE DRENAŽE KOD NASIPA I NASUTIH BRANA

1. UVODNE NAPOMENE

Stabilnost nasipa i nasutih brana zavisi od tri faktora:

1. Nosivost (sposobnost za preuzimanje otpornosti)
2. Stišljivosti (mogućnost nastanka deformacija)
3. Propusnost (procjeđivanje vode kroz nasip i kontakt između nasipa i podtla).

Prva dva se odnose na statičku stabilnost, a treći na hidrauličku stabilnost nasipa, koja će biti opisana u ovom radu. Na dosadašnjim izvedenim nasipima i nasutim branama pojava oštećenja su većinom bila uzrokovana hidrauličkim slomom, odnosno lošom projektovanom filterskom drenažom.

Opće je poznato da se hidraulička stabilnost postiže odgovarajućom filterskom drenažom. Ovaj rad ima za cilj da prezentuje jedinstveni postupak projektovanja filterske drenaže, koji će pomoći projektantima prilikom projektovanja nasipa i nasutih brana u rješavanju ove vrste problema. Dosadašnja iskustva su pokazala da se spriječavanje hidrauličkog sloma na-

sipa ili nasute brane, može riješiti odgovarajućom filterskom drenažom koja će imati obezbijeđenu debljinu i odgovarajuću granulometrijsku krivu kojom će se isključiti negativni efekti, kao i ispiranja sitnijih frakcija.

Teoretske i praktične osnove za vještački filterski zasip, koje se koriste za opremanje bunara (prifilterske zone bunara) se mogu uspješno koristiti za proračun granulometrijskih karakteristika filterske drenaže kod nasipa i nasutih brana.

Ovaj postupak projektovanja granulometrijske krive i određivanje debljine filterske drenaže je konkretno primjenen u Glavnom projektu "Rekonstrukcija zaštitnog vodoprivrednog objekta odbrambenog nasipa uz rijeku Savu i rijeku Bosnu na području Odžačke Posavine" (Energoinvest d.d.-Sarajevo, 2006.godine) i uspješno obezbjeđuje hidrauličku stabilnost nasipa nakon sanacionih radova.

2. HIDRAULIČKA STABILNOST NASIPA I NASUTIH BRANA

Hidraulička stabilnost nasipa i nasutih brana se postiže pravilnim izborom granulometrijskog sastava filterske drenaže, pri čemu je prvi uvjet određivanje koe-

ficijenta neravnomjernosti filterske drenaže koji treba da bude što manji za spriječavanje segregacije ugrađenog materijala:

- I. $U = 1.5$ Njemačko pravilo (Nold 1980.)
- II. $U = 2 - 2.5$ Johnson-ovo pravilo (Johnson 1972.)
- III. $U = 2 - 2.5$ Tercagijevo pravilo (Catany 1968.)

Napomena: $U = D_{60}/D_{10}$, gdje je:

- D_{60} – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 60%;
- D_{10} – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 10%;

2.1. PRORAČUN GRANULOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA FILTERSKE DRENAŽE

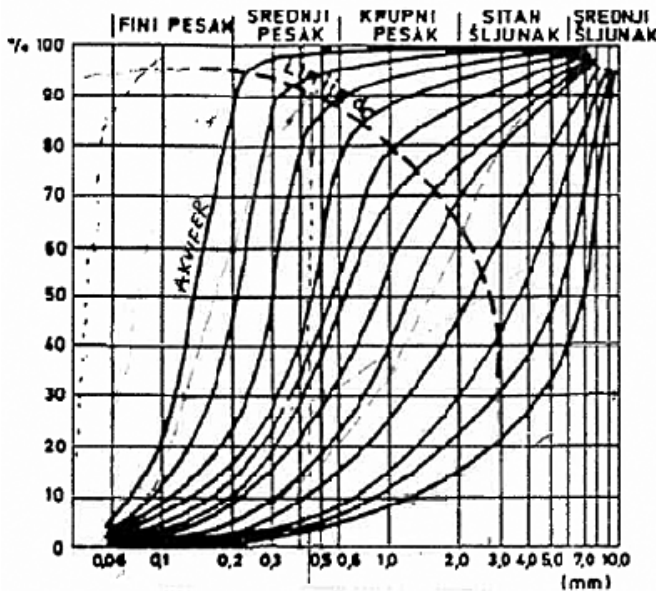
Proračun se vrši po formulama:

1. Njemačko pravilo

$$D = f \times d_c$$

gdje je:

- D (mm) – dimenzija čestica filterske drenaže;
- d_c (mm) – proračunska dimenzija čestica nasipa;
- $f = 5$ – konstantna vrijednost faktora filtra;



Slika 1. Dijagram za određivanje proračunskih dimenzija čestica filterske drenaže (prema Bleske, Nold, 1980. god.)

Granulometrijska kriva osnovnog materijala nasipa ili nasute brane se nanosi na ovaj dijagram i sa linije d_c očitamo potrebnu vrijednost proračunske dimenzije čestice filterske drenaže.

2. Johnson-ovo pravilo

$$D_{30} = f \times d_{30}$$

D_{30} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 30%;

d_{30} (mm) – dimenzija čestica nasipa ili nasute brane koja prolazi kroz sito 30%;

$f = 4$ za fine i homogene materijale nasipa ili nasutih brana ($d_{60} / d_{10} < 5$)

$f = 6$ za krupnije i nehomogene materijale nasipa ili nasutih brana ($5 \leq d_{60} / d_{10} \leq 10$)

$f = 9$ za izrazito heterogene (nehomogene) materijale nasipa ili nasutih brana ($d_{60} / d_{10} > 10$)

Minimalna debljina filterske čestice mora zadovoljiti $U = 1.5$ (Njemačko pravilo) i $U = 2-2.5$ (Johnsonovo pravilo), tj. prečnik zrna D mora biti unutar minimalnog i maksimalnog standarda koji zadovoljava $U = 1.5$, odnosno $U = 2-2.5$.

Pjeskovita filterska drenaža

- $\left. \begin{matrix} 0.25 - 0.50 \text{ mm} \\ 0.50 - 0.75 \text{ mm} \\ 0.75 - 1.00 \text{ mm} \\ 1.00 - 1.50 \text{ mm} \\ 1.50 - 2.00 \text{ mm} \end{matrix} \right\}$ Minimalna debljina 50 mm

Šljunčana filterska drenaža

- $\left. \begin{matrix} 2 - 3 \text{ mm} \\ 3 - 4 \text{ mm} \\ 4 - 6 \text{ mm} \\ 6 - 8 \text{ mm} \end{matrix} \right\}$ Minimalna debljina 80 mm
- $\left. \begin{matrix} 8 - 12 \text{ mm} \\ 12 - 16 \text{ mm} \\ 16 - 25 \text{ mm} \\ 25 - 30 \text{ mm} \end{matrix} \right\}$ Minimalna debljina 100 mm

3. Tercagijevo pravilo

$$4 \cdot d_{15} \leq D_{15} \leq 4 \cdot d_{85}$$

Odnosno:

$$D_{15} \geq 4 \cdot d_{15}$$

$$D_{15} \leq 4 \cdot d_{85}$$

Usvojeni granulometrijski sastav i veličina zrna za filtersku drenažu moraju zadovoljiti tri osnovna uslova koja su standardna kod dimenzioniranja filterske drenaže (Vuković, Pušić 1986).

Opća formula:

$$D_2^x \geq n D_1^x$$

$$1. \text{ uslov } D_2^{15} \geq D_1^{15}$$

Ispunjenjem ovog uslova štiti se materijal nasipa ili nasute brane od ispiranja vodom sitnijih čestica.

$$2. \text{ uslov } D_2^{15} \leq 5D_1^{85}$$

Ispunjenem ovog uslova onemogućeno je zamuljivanje filterske ispune iz materijala nasipa ili nasute brane.

$$3. \text{ uslov } D_2^{50} \leq 2D_1^{50}$$

Ispunjenem ovog uslova sprečava se segregacija.

gdje je :

D^X – označen prečnik zrna kod kojih je “x” procenat u ukupnoj količini materijala;

D_1 – materijal nasipa ili nasute brane;

D_2 – materijal filterske drenaže;

Izbor krupnije granulacije se određuje po formuli:

$$5 < \frac{F_{50}}{B_{50}} < 58$$

gdje je:

F_{50} – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 50%;

B_{50} – dimenzija čestica materijala nasipa ili nasute brane, koja prolazi kroz sito 50%;

2.2. ODREĐIVANJE DIMENZIJE FILTERSKE DRENAŽE

Dimenzije filterske drenaže zavise od sredstava za izvođenje i koštanje materijala koji se ugrađuje kao filter, ali vodeći računa da minimalna debljina mora biti 30 cm ili $50D_{15}$, odnosno usvaja se veća vrijednost (Savić 2003).

3. PROCJEDIVANJE VODE KROZ I ISPOD NASIPA

Za proračun procjeđivanja vode kroz i ispod nasipa koriste se empirijske formule (5).

$$\text{Specifični proticaj kroz nasip } q_1 = \frac{kH_0^2}{2B_0}$$

gdje je:

k ($\text{cm}^2/\text{sec}/\text{m}$) – koeficijent filtracije kroz nasip;

H_0 (m) – nivo vode ispred nasipa;

B_0 (m) – veličina koja se određuje po formuli $B_0 = s + B'$;

s (m) – rastojanje od presjeka 1-1 (početak procjedne linije kroz nasip) do horizontalne drenaže (m);

$$B' \text{ (m) – se određuje po formuli } B' = \frac{m_1 H_0}{1 + 2m_1};$$

m_1 – nagib uzvodne kosine;

Specifični proticaj ispod nasipa

$$q_2 = kH_0 \frac{K'}{2K}$$

gdje je:

k ($\text{cm}^2/\text{sec}/\text{m}$) – koeficijent filtracije ispod nasipa;

K' i K integrali prvog reda (Čertousov 1957);

Tabela 1: K' i K Integrali prvog reda

ТАБЛИЦА 38 Значения полных эллиптических интегралов первого рода							
φ	K	K'	$\frac{K'}{K}$	φ	K	K'	$\frac{K'}{K}$
0,000	1,571	∞	∞	0,21	1,668	2,036	1,24
0,001	1,571	4,841	3,08	0,22	1,678	2,214	1,33
0,002	1,572	4,486	2,86	0,23	1,675	2,194	1,31
0,003	1,572	4,298	2,73	0,24	1,689	2,175	1,29
0,004	1,572	4,159	2,64	0,25	1,686	2,157	1,28
0,005	1,573	4,039	2,57	0,26	1,691	2,139	1,26
0,006	1,573	3,949	2,51	0,27	1,697	2,122	1,25
0,007	1,574	3,872	2,46	0,28	1,702	2,109	1,24
0,008	1,574	3,806	2,42	0,29	1,708	2,099	1,22
0,009	1,574	3,748	2,38	0,30	1,714	2,075	1,21
0,01	1,575	3,696	2,35	0,31	1,720	2,061	1,20
0,02	1,579	3,354	2,12	0,32	1,726	2,047	1,19
0,03	1,583	3,156	1,99	0,33	1,732	2,033	1,17
0,04	1,587	3,016	1,90	0,34	1,738	2,020	1,16
0,05	1,591	2,908	1,83	0,35	1,744	2,008	1,15
0,06	1,595	2,821	1,77	0,36	1,751	1,995	1,14
0,07	1,599	2,747	1,72	0,37	1,757	1,983	1,13
0,08	1,604	2,684	1,67	0,38	1,764	1,972	1,12
0,09	1,608	2,628	1,63	0,39	1,771	1,961	1,11
0,10	1,612	2,578	1,60	0,40	1,778	1,950	1,10
0,11	1,617	2,533	1,57	0,41	1,785	1,939	1,09
0,12	1,621	2,493	1,54	0,42	1,792	1,929	1,08
0,13	1,626	2,455	1,51	0,43	1,799	1,918	1,07
0,14	1,631	2,421	1,48	0,44	1,806	1,909	1,06
0,15	1,635	2,389	1,46	0,45	1,814	1,899	1,05
0,16	1,640	2,359	1,44	0,46	1,822	1,890	1,04
0,17	1,645	2,331	1,42	0,47	1,829	1,880	1,03
0,18	1,650	2,305	1,40	0,48	1,837	1,871	1,02
0,19	1,655	2,281	1,38	0,49	1,846	1,863	1,01
0,20	1,660	2,257	1,36	0,50	1,854	1,854	1,00

Određivanje koordinata procjedne linije kroz nasip se određuje po sljedećim formulama:

Vrijednost x^2 se izračunava po formuli:

$$x^2 = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi \cdot B_0}{4T} \right) \right]^2$$

A kriva depresije se određuje po formuli:

$$y = \sqrt{H_0^2 - \frac{2q}{k} x}$$

gdje je:

x (m) – koordinate koje se uzimaju u rasponu
 $0 \leq x \leq s$;

B_0 (m) – veličina koja se određuje po formuli
 $B_0 = s + B'$;

T (m) – debljina vodopropusnog sloja
ispod nasipa;

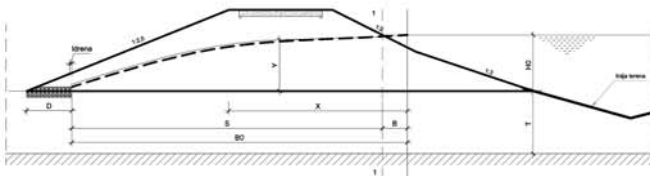
H_0 (m) – nivo vode ispred nasipa;

q (cm³/sec/m) – specifični proticaj kroz nasip;

k (cm²/sec/m) – koeficijent filtracije kroz nasip;

4. PRAKTIČAN PRIMJER

Podaci su preuzeti iz Glavnog projekta "Rekonstrukcija zaštitnog vodoprivrednog objekta odbrambenog nasipa uz rijeku Savu i rijeku Bosnu na području Odžačke Posavine".



Slika 2. Normalni profil nasipa

Granulometrijski sastav nasipa je:

$d_{10} = 0,0028$ mm; $d_{15} = 0,006$ mm;
 $d_{30} = 0,023$ mm; $d_{60} = 0,070$ mm;
 $d_{85} = 0,16$ mm;

Proračun se vrši po sljedećim pravilima:

1. Njemačko pravilo

$$D = f \times d_c$$

gdje je:

D (mm) – dimenzija čestica filterskog drena;

d_c (mm) – proračunska dimenzija čestica;

$f = 5$ – faktor filtra;

$d_c = 0,22$ mm slijedi da je $D = 1,1$ mm;

2. Johnson-ovo pravilo

$$D_{30} = f \times d_{30}$$

D_{30} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 30%;

d_{30} (mm) – dimenzija čestica nasipa koja prolazi kroz sito 30%;

$\frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 5$ slijedi da je faktor filtra $f = 9$;

Koeficijent neravnomjernosti je $U = 2 - 2,5$ da bi se izbjegla segregacija.

$$D_{30} = f \times d_{30} = 0,21 \text{ mm}$$

3. Tercagijevo pravilo

$$D_{15} \geq 4 \cdot d_{15} \geq 0,024 \text{ mm}$$

$$D_{15} \leq 4 \cdot d_{85} \leq 0,064 \text{ mm}$$

Analizirajući rezultate po Njemačkom, Johnsonovom i Tercagijevom pravilu zapaža se da za izbor karakteristika filterske drenaže daju različite rezultate.

Određivanje njihovih karakteristika podliježe velikoj elastičnosti, te se konačno granulometrijski sastav određuje primjenom opće poznata tri uslova:

1. $D_2^{15} = 0,45 \geq 0,03 = 5 D_1^{15}$
2. $D_2^{15} = 0,45 \leq 0,8 = 5 D_1^{85}$
3. $D_2^{50} = 0,70 \leq 1,375 = 25 D_1^{50}$

gdje je:

D_1^{15} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 15% za prvi sloj manje granulacije (fini pijesak);

D_2^{15} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 15% za drugi sloj veće granulacije granulacije (šljunak);

D_1^{50} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 50% za prvi sloj manje granulacije (fini pijesak);

D_2^{50} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 50% za drugi sloj veće granulacije granulacije (šljunak);

D_1^{85} (mm) – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 85% za prvi sloj manje granulacije (fini pijesak);

Predviđen granulometrijski sastav i sadržaj zrna određene veličine za filterski sloj zadovoljava sva tri uslova.

Izbor krupnije granulacije se određuje po formuli:

$$5 < \frac{F_{50}}{B_{50}} < 58$$

gdje je:

F_{50} – dimenzija čestica filterskog drena koja prolazi kroz sito 50%;

B_{50} – dimenzija čestica materijala nasipa koja prolazi kroz sito 50%;

te se usvajaju sljedeće dimenzije čestica za ugradnju drenažnog filtera.

$D_{10} = 0,4 \text{ mm}$ i $D_{60} = 0,8 \text{ mm}$ – I sloj manje granulacije (fina pijesak); i $D_{10} = 2,0 \text{ mm}$ i $D_{60} = 4,0 \text{ mm}$ – II sloj veće granulacije (šljunak);

I sloj manje granulacije (fina pijesak)

$B_{50} = 0,055 \text{ mm}$

(očitano sa granulometrijske krive nasipa)

$F_{50} = 0,70 \text{ mm}$

(očitano sa granulometrijske krive filtera za I sloj)

II sloj veće granulacije (šljunak)

II sloj veće granulacije je neophodan da zaštiti I sloj manje granulacije od ispiranja, pa je granulometrijski sastav zavisen od materijala koji štiti

$B_{50} = 0,70 \text{ mm}$

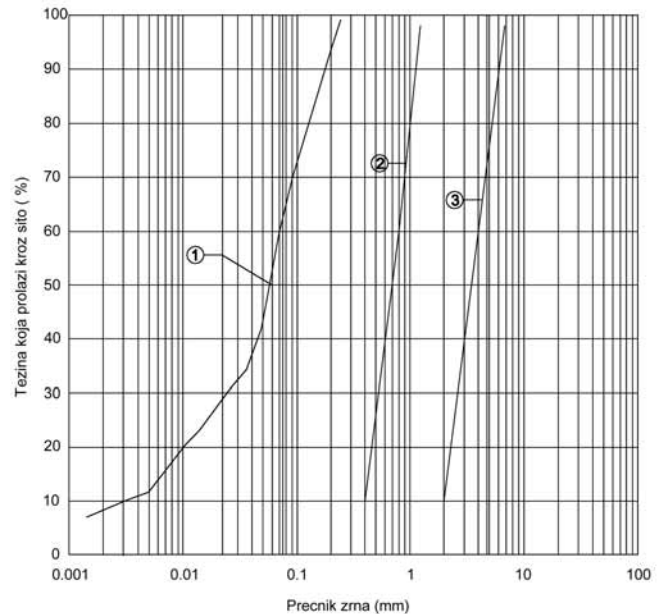
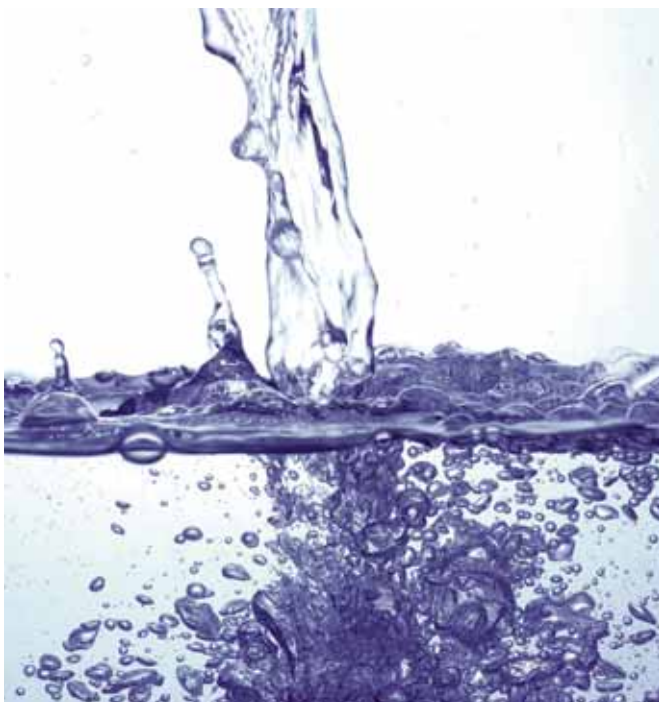
(očitano sa granulometrijske krive filtera za I sloj)

$F_{50} = 3,60 \text{ mm}$

(očitano sa granulometrijske krive filtera za II sloj)

Slijedi: $5 < \frac{3.60}{0.7} < 58$ odnosno $5 < 5.14 < 58$

Napomena: Pošto je nasip od glinenog materijala treba voditi računa da sadržaj prašinih frakcija iznosi 5-10%, da bi se spriječila pojava pukotina u zoni filterske drenaže.



LEGENDA :

- ① GRANULOMETRIJSKA KRIVA NASIPA
- ② GRANULOMETRIJSKA KRIVA FILTERA ZA I SLOJ
- ③ GRANULOMETRIJSKA KRIVA FILTERA ZA II SLOJ

Slika 3. Projektovana granulometrijska kriva za filtersku drenažu

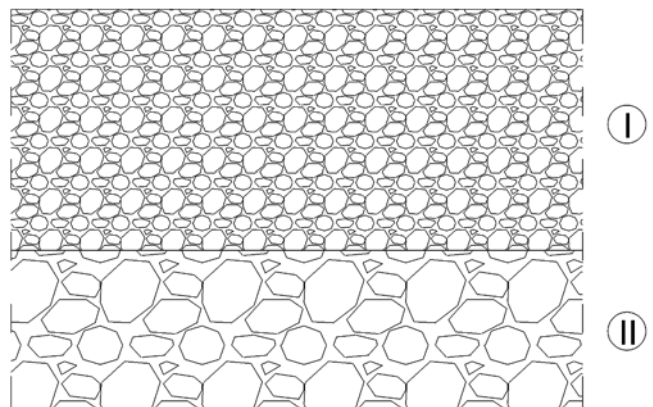
Primjenjujući standard JUS U.C5.020 1980, usvajaju se sljedeće dimenzije filterske drenaže:

$d = 0,50 \text{ m}$ – debljina;

$t = 2,50 \text{ m}$ – dužina;

Za Savski nasip usvojen je pjeskoviti filterski dren u nožici nasipa sa branjene strane dužine 2,50 m i debljine 0,50 m, horizontalnog oblika na čitavoj dužini dionice nasipa. S tim da se predviđa fina pijesak debljine 30 cm i kao podloga šljunčani sloj 20 cm (Slika 4.)

detalj drenažnog filtera



Slika 4. Detalj drenažnog filtera

Količina vode koja se procjeđuje kroz i ispod nasipa se određuju po sljedećim formulama:

Specifični proticaj kroz nasip q_1 i ispod nasipa q_2

$$q_1 = \frac{kH_0^2}{2B_0} \quad q_2 = kH_0 \frac{K'}{2K}$$

$H_0 = 2,86$ m; $D = 2,50$ m; $s = 14,54$ m;

$B' = 1,19$ m; $B_0 = 15,73$ m;

$q_1 = 4,16 \times 10^{-07}$ cm²/sec/m ;

$q_2 = 6,04 \times 10^{-06}$ cm²/sec/m ;

$q = 6,46 \times 10^{-05}$ cm²/sec/m ;

Konstrukcija krive depresije (linija prosjeđivanja kroz nasip) se određuje po formuli:

$$y = \sqrt{H_0^2 - \frac{2q}{k}x}$$

A rezultati su prikazani u **Tabeli 2**.

Tabela 2: Kriva depresije za odabrani profil

x (m)	H ₀ (m)	$\frac{2q}{k}$	y (m)
0	2,86	0,52	2,86
1,19	2,86	0,52	2,75
3,59	2,86	0,52	2,51
8,59	2,86	0,52	1,93
15,73	2,86	0,52	0

ZAKLJUČAK

Na osnovu iznesenih formula je moguće izvršiti pravilno određivanje granulometrijskog sastava i dimenzioniranje filterske drenaže. A njihovom ugradnjom u nasipe ili nasute brane postiže se sljedeće:

- Kontrola toka filtracije u temeljnom klinu nasipa ili nasute brane;
- Sprječavanje nehomogenosti i anizotropije u temeljnom klinu uslijed filtracije;
- Isključuje se pojava otvorenih pukotina i ispiranja finih frakcija iz materijala (osnovnog materijala ili jezgra kod nasipa ili nasutih brana).

LITERATURA

- Bieske E. „Gravel –packed Wells, without Gravel Packs“, Technical Reports , J.F. Nold and Co., Stockstadt/Rhine, 1970.
- Castany G. „Prospection et exploitation des eaux souterraines“, Dunod, Paris 1968.
- Čertousov M D. „Gidravlika – Specijalni kurs“, Gosudarstveno energetičeskoe izdasteljstvo, Moskva, 1957.
- Glavni projekt „ Rekonstrukcija zaštitnog vodoprivrednog objekta odbrambenog nasipa uz rijeku Savu i rijeku Bosnu na području Odžačke Posavine“- Energoinvest d.d.-Sarajevo, 2006.
- Johnson, Division “Ground Water and Wells“, Reference Book for the Water-Well Industry, 1972.
- Pietratu V. „Calculul infiltratiilor (Calcul des infiltrations-en roumaine)“, a-éme édition, 1977.
- Savić M. „Uvod u hidrotehničke građevine“, Građevinski fakultet, Beograd, 2003.



Nasip na Savi

Snimila: B. Buhavac

REGIONALNA INICIJATIVNA ZA ZAPADNI BALKAN ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA I SUŠAMA U SLIVU RIJEKE DRINE

U bliskoj saradnji sa Vladama Srbije, Crne Gore i Bosne i Hercegovine, Svjetska banka je u okviru Inicijative za upravljanje poplavama i sušama na Zapadnom Balkanu pokrenula aktivnosti u izradi studije i vođenju dijaloga o međunarodnom slivu rijeke Drine.

Regionalna inicijativa za upravljanje poplavama i sušama u slivu rijeke Drine je predložena kao trogodišnji program tehničke pomoći Svjetske banke, bez zaduživanja. Cilj ove tehničke pomoći je pružanje podrške izradi Plana upravljanja slivom rijeke Drine te izradi drugih studija na principu integralnog upravljanja vodnim resursima i u skladu sa EU Okvirnom direktivom o vodama.

Regionalni projekat za upravljanje poplavama i sušama bi se realizovao u periodu 2012.-2014. godina (tri godine) i obuhvatio bi tri države koje dijele sliv rijeke Drine –Crnu Goru, Bosnu i Hercegovinu i Srbiju. Na slivu se nalazi i četvrta država, ali pošto je njen udio u slivu manji od jednog postotka Albanija nije uključena u predmetni projekat. Pored pružanja podrške izradi Plana upravljanja slivom rijeke Drine, studija će pomoći i u razvoju prekograničnih i multisektorskih pristupa



upravljanju slivom, sa posebnim osvrtom na usklađivanje rada postojećih i planiranih hidroenergetskih postrojenja. Studija će razmatrati i aspekt korištenja voda za potrebe u domaćinstvima, poljoprivredi i industriji, zatim potencijalne efekte klimatskih promjena odnosno uticaj povećanih varijabilnosti klimatskih parametara (temperature, padavine) na vodni režim rijeke Drine.

Rezultati studije će sigurno biti od ključnog značaja za investicione projekte koji su već u toku ili se planiraju u slivu rijeke Drine.

U okviru ovog trogodišnjeg programa tehničke pomoći u prvoj polovini 2012. godine bit će definisana tehnička rješenja za "Hitan projekat za zaštitu od poplava rijeke Drine za Bosnu i Hercegovinu" čija realizacija bi trebala da bude pokrenuta u toku 2013. godine. Hitni zaštitni radovi i mjere u cilju smanjenja

rizika od poplava su planirani za dijelove sliva rijeke Drine na širim područjima Bijeljine i Kantona Goražde.

Tokom pripreme Inicijative za upravljanje poplavama i sušama za Zapadni Balkan u slivu rijeke Drine, u organizaciji Svjetske banke su održani sastanci na nivou pojedinih država; za Bosnu i Hercegovinu je to bilo 18. januara 2012. godine. Za taj radni skup uposlenici Agencije za vodno područje rijeke Save su pripremili i prezentovali materijal "Problematika u slivu rijeke Drine u Federaciji BiH-Smjernice za brzi dijagnostički pregled".

Prvi Regionalni konsultativni radni sastanak na kome su pored predstavnika Svjetske banke i njihovih konsultanata na realizaciji opisanih aktivnosti, učestvovali i predstavnici svih struktura iz sektora voda Crne Gore, Bosne i Hercegovine i Srbije je održan u Bijeljini 26. i 27. marta 2012. godine.

Na sastanku su prezentovana dostignuća na realizaciji Globalnog projekta za rijeku Drinu.

Dana 28. marta 2012. god., takođe u Bijeljini, je održan sastanak na kome je Konsultant Svjetske banke ("Hydro Ingenieure" iz Beča i "Institut za hidrotehniku" Građevinskog fakulteta iz Sarajeva) na "Hitnom projektu za zaštitu od poplava rijeke Drine za Bosnu i Hercegovinu" predstavio svoj Uvodni izvještaj. Učesnici ovog radnog skupa, predstavnici Svjetske banke, nadležnih entitetskih ministarstava i Agencija za vode iz Bijeljine i Sarajeva, te predstavnici općina na čijem području će biti realizovani radovi, Goražde, Ustikolina, Pale-Prača i Bijeljina su nakon prezentacije dostignuća na projektu u cilju dokompletiranja materijala Konsultantu uputili niz sugestija i preporuka vezanih za tehnička rješenja.



STRUČNA POSJETA KOMPANIJI “OTT HYDROMET GROUP”

Obnova hidrometeorološke mreže u Federaciji Bosne i Hercegovine je počela prestankom ratnih aktivnosti u Bosni i Hercegovini. U tim vremenima za ovu aktivnost nije bilo moguće obezbijediti bilo kakvu finansijsku podršku pa je uspostava mreže pokrenula obnovom odnosno opremanjem vodomjernih stanica vodomjernim letvama koje su sačuvane tokom rata.

Prve poslijeratne donacije Sektoru voda bile su namjenjene obnovi i proširenju sistema za vodosnabdijevanje. Inženjeri hidrotehnike, uposlenici „Programskog ureda IBG ltd“ Bihać su putem Švicarske vlade obezbijedili sredstva za postavljanje prvih automatskih hidroloških stanica koje su locirane na slivu rijeke Une. Te automatske hidrološke stanice su proizvedene u tvornici «OTT Hydromet Group» u Kemptenu, Njemačka.

Do danas, hidrometeorološka oprema ove firme je montirana na vodomjernih stanicama na slivovima Une, Bosne i Neretve. Generalni zastupnik tvornice “OTT Hydromet Group” za Federaciju Bosne i Hercegovine je sarajevska firma “Alem sistem” d.o.o. koja je bila inicijator i organizator stručne posjete Kemptenu.

U delegaciji koja je posjetila tvornicu u Kemptenu bili su predstavnici „Agencije za vodno područje slivova Jadranskog mora“, JP “Elektroprivrede HZ HB” i „Agencije za vodno područje slivova rijeke Save“.

Tokom boravka u Kemptenu, 17. i 18. Aprila 2012.god., učesnici posjete su se mogli upoznati sa razvojem, dostignućima u proizvodnji hidrometeorološke opreme i softvera kao i proizvodnim procesom u tvornici OTT Hydromet Group.

Program stručne posjete je bio podijeljen u dva dijela, prezentiranjem dvije grupacije proizvoda: meteorološka oprema i hidrološka oprema kombinovana sa opremom za praćenje kvaliteta vode u vodotoku.

Pored već standardne meteorološke opreme – kišomjeri tipa OTT “PLUVIO 2” sa otvorom 200 cm² i mjernim kapacitetom od 1500 mm i otvorom od 400 cm² i mjernim kapacitetom od 750 mm, predstavljen je i “OTT PARSIVEL 2” – multifunkcionalni optički laser za mjerenje veličine kapi i brzine padavina bilo u obliku kiše ili snijega. Ova, veoma sofisticirana oprema je više namijenjena saobraćajnoj infrastrukturi – aerodromi, putevi, iako može imati značajno mjesto i u Sektoru

voda radi izuzetno preciznog mjerenja intenziteta padavina. Ograničavajuća sredstva sa kojima trenutno raspolaže Sektor voda onemogućava osavremenjavanje meteorološke mreže nabavkom ovakve opreme u bliskoj budućnosti.

Mjerna hidrološka oprema je zaokupila mnogo više pažnje učesnika ove stručne posjete.

Stručnjaci "OTT Hydrome Group" su prezentovali kako osnovnu mobilnu mjernu opremu – hidrometrijska krila (OTT C2 i OTT C31) tako i najnoviju mobilnu mjernu opremu visoke tehnologije – OTT ADC (akustični i digitalni mjerac protoka) i OTT Qliner2 (mobilni sistem mjerenja protoka sa Doppler tehnologijom). Sva oprema je popraćena softverima za obradu izmjerenih podataka.

Ovom prilikom prezentirana je i stabilna oprema za mjerenje protoka na vodotocima koja radi na bazi povezivanja nivoa vode u vodotoku i brzine prenosa ultrazvučnih signala između postavljenih transmitera (OTT Sonieflow), na bazi mjerenja protoka koristeći akustični Doppler princip (OTT SLD) te stabilna oprema koja se montira na mostovskim konstrukcijama, takozvani OTT Kalestov radarski senzor koji mjeri brzinu protoka na vodnog lica na Dopplerovom principu bez kontakta sa vodotokom.

Uz prikaz automatskih vodomjernih stanica koje kontinualno prate vodostaj vodotoka predstavljen je i set multiparametarskih sonde "Hydrolab series 5" koje mogu da se koriste i kao mobilne sonde za trenutno definisanje kvaliteta površinske vode u vodotoku ili podzemne voda u bunaru ili bušotini.

Izvršen je i obilazak proizvodnih pogona, kontrolne laboratorije te hidrometeorološke stanice locirane na vodotoku Iller uz same proizvodne pogone. Hidrometeorološka stanica je opremljena kompletnim proizvodnim programom "OTT Hydromet Group".



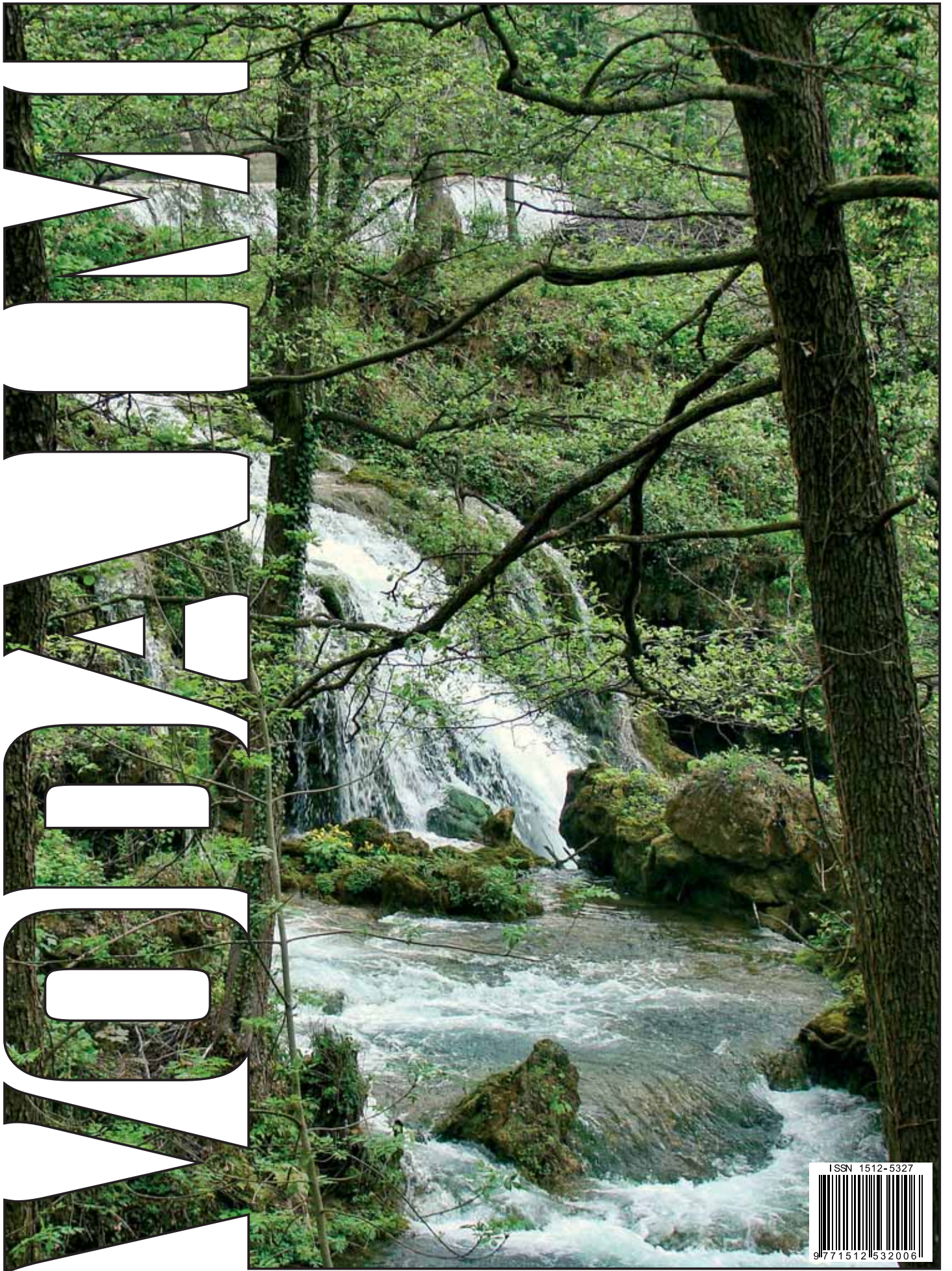
OTT Qliner 2



Hidrometeorološka stanica Iller

Snimio: E. Alagić





WORLD

ISSN 1512-5327



9 771512 532006