

VODNA

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2009
Godina XIII
69



UVODNIK

D. Hrkaš
UVODNIK

AKTUELNOSTI

M. Bajčetić, M. Stojanović
JAVNO-PRIVATNO
PARTNERSTVO
U TRANZICIJI I INTEGRACIJI
VODOPRIVREDE

KORIŠTENJE VODA

B. Stojanović
HIDROENERGIJA U
DINARSKOM VIJENCU
(ZAPADNI BALKAN)

ZAŠTITA VODA

M. Popović
RAZVOJ GRANULARNOG MULJA
SA RAZLIČITIM KVALITATIVNIM
KARAKTERISTIKAMA OTPADNIH
VODA

H. Resulović
IZBOR OPTIMALNIH REKULTIVA-
CIONIH MJERA OŠTEĆENIH
ZEMLJIŠTA U CILJU NJIHOVOG
OSPOSOBLJAVANJA ZA BILJNU
PROIZVODNJU

D. Đokić
ODREĐIVANJE ANJONA
U VODI METODOM
JONSKE HROMATOGRAFIJE

M. Cikotić
TAKSONI
MAKROINVERTEBRATA
I NJIHOVA DISTRIBUCIJA
U UZORCIMA

H. Popović
MJERILA EKOLOŠKE
PRIHVATLJIVOSTI SREDSTAVA
ZA ZAŠTITU BILJA

E. Tanović, A. Adrović
BIODIVERZITET FAUNE
VODOZEMACA
TUZLE I OKOLINE



Autor kolor fotografija u ovom broju je Ermin Šahović.

Fotografije su snimljene na području planine Igman i u dolini rijeke Drežnice.

"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.

Savjet časopisa: Predsjednik: Sejad Delić, direktor AVP Sava; Zamjenik predsjednika: Ivo Vincetić, predsjednik Upravnog odbora AVP Sava; Članovi: Haša Bajraktarević-Dobran, Građevinski fakultet Sarajevo; Enes Sarač, direktor Meteorološkog zavoda; Božo Knežević; Faruk Šabeta.

Redakcioni odbor časopisa: Dilista Hrkaš, Mirsad Lončarević, Aida Bezdob, Elmedin Hadrović, Mirsad Nazifović, Salih Krnjić.

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

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

Štampa: PETRY d.o.o. Sarajevo

Časopis "Voda i mi" registrovan je kod Ministarstva obrazovanja, nauke i informisanja Kantona Sarajevo pod rednim brojem: 11-06-40-41/01 od 12. 03. 2001. godine.

POŠTOVANI ČITAOCI,

Dan po dan, mjesec po mjesec i eto nas na kraju i ove 2009. godine. Vrijeme prolazi kao mutna voda, rekli bi naši stari. Kao da bistra ne teče! To pređenje je nastalo valjda zato što svi gledaju sa strahopoštovanjem u nabujalu i mutnu vodu, a onoj drugoj se uglavnom divimo i uživamo pored nje. I ne samo to; kao što ne volimo mutnu vodu koja obično nosi sve pred sobom, tako ne volimo ni neumitnu prolaznost vremena koje nas nosi sa sobom.

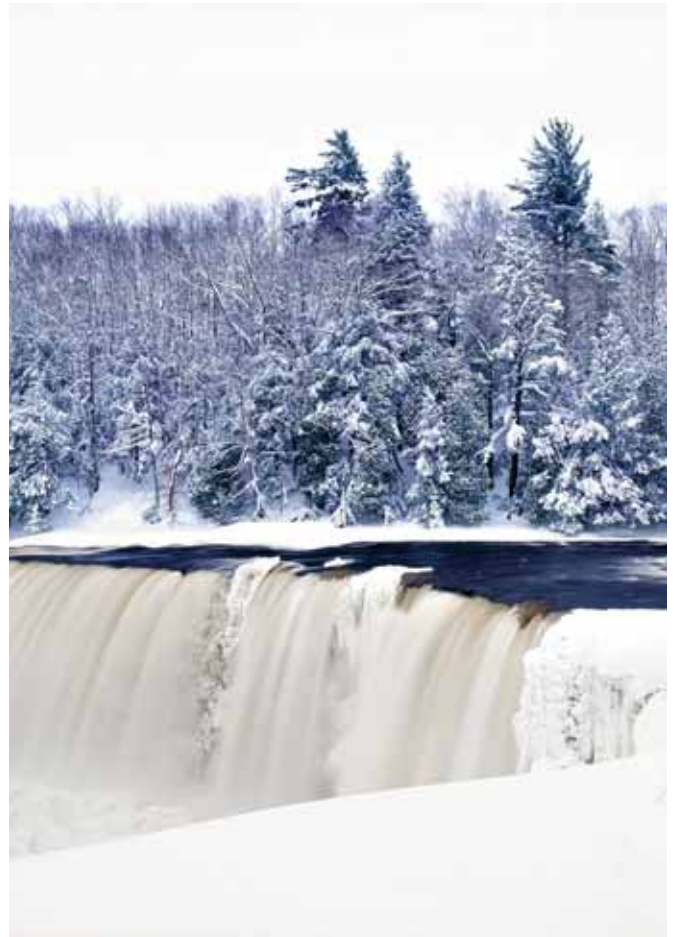
Zato valjda uvijek na kraju jedne godine zbrajamo postignuto, ljutimo se na propušteno i zaklinjemo da ćemo odmah početkom naredne godine puno toga započeti drugačije, popraviti, promijeniti, dodati i oduzeti u narednih 365 dana. Već viđeno!

Stoga u ovom uvodniku nećemo o tome, u sektoru voda smo uradili ono što smo uradili sa više ili manje uspjeha, vjerovatno je moglo i bolje i više, ali generalno, stvari se mijenjaju na bolje, sektor voda u Bosni i Hercegovini dobija sve više na značaju, a voda je zadnjih godina i top tema u svijetu i raspolagati i upravljati njome u okvirima jedne društvene zajednice, ali i šire, je od sudbinske važnosti za svaku državu i njeno stanovništvo.

Naredna godina, kao jedna od godina UN-ove dekade "Voda za život" koja traje od 2005.-2015. godine, obilježiće se pod motom "KVALITET VODE – IZAZOVI I MOGUĆNOSTI".

U najkraćem, to bi značilo da se treba fokusirati na obezbjeđenje i očuvanje kvaliteta voda za ljudsku upotrebu, obzirom da se zalihe čiste i kvalitetne vode u svijetu stalno smanjuju i zbog njenog prevelikog zagađivanja. Procjenjuje se, naime, da se godišnje u svijetu producira preko 1.500 kubnih kilometara zagađene (onečišćene) vode, a da se u zemljama u razvoju, koje i čine većinu u svijetu, oko 80% zagađene vode ne prečišćava. To zasigurno znači da je u nerazvijenim zemljama situacija još gora, što sve zvuči na

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.



uzbunu da relevantni faktori u državnim strukturama, od političara, preko stručnih institucija, do lokalnih zajednica i njihovih stanovnika, moraju krenuti u kampanju zaštite i očuvanja kvaliteta voda. Agencija za zaštitu okoliša pri UN (UNEP) je zbog toga i lider aktivnosti koje će se voditi u narednoj godini u oblasti voda i obilježavanja Svjetskog dana voda.

Kod nas je situacija takođe veoma loša po pitanju tretmana otpadnih voda (samo devet gradova ima izgrađene uređaje za tretman otpadnih voda), ali kako je najčešće riječ o složenom i veoma skupom procesu, mogućnosti da se nešto bitnije promijeni u bližoj budućnosti su male. Ono što se može dugoročnije planirati i uraditi je da razvoj Bosne i Hercegovine koncipiramo na čistim tehnologijama i djelatnostima i da naše vodne resurse maksimalno ekonomski i socijalno iskoristimo, pri tome što manje ugrožavajući njihove ekosisteme. Preduslova za to imamo, samo treba vizionarski i odgovorno odrediti prioritete.

Uz najbolje želje da naše bosanskohercegovačke vode budu i ostanu naši biseri i kristali, i vama, poštovani čitaoci, želimo

SRETNU I BISTRU 2010. GODINU!

HRKAŠ

JAVNO-PRIVATNO PARTNERSTVO U TRANZICIJI I INTEGRACIJI VODOPRIVREDE

Sažetak

Na osnovu analize vodoprivrede (odnosno upravljanja vodama) kao delatnosti kojom se planski sprečava štetno dejstvo voda, vrši njihova zaštita i omogućava korišćenje vode u funkciji razvoja kod stanovništva i u privredi, nameće se potreba revitalizacije, modernizacije i izgradnje vodoprivrednih objekata i sistema. Ostvarenjem ovih zahteva poboljšaće se kvalitet i vrste postojećih novim ponudama vodoprivrednih usluga.

Vodoprivreda pripada javnom sektoru koji iznalaži rešenja za stvaranje osnova i pravaca za tranzicione i integracione procese. Jedan od tih pravaca predstavlja i stvaranje partnerstva sa privatnim sektorima odnosno preduzetnicima koji će svojim poznatim instrumentima, merama i motivacijom uspostavljati sistem vodoprivredne efikasnosti, ekonomičnosti i efektivnosti. Partnerstvo javnog i privatnog sektora je potreba u vodoprivredi obzirom na postojeće i korisničko stanje, fizičku i funkcionalnu sposobnost objekata, zahteva korišćenja voda i korisnika. Fizička i pravna lica, domaća i strana sa javnim sektorom strateški se opredeljujući za partnerstvo imaju u vidu prednosti brže izgradnje i korišćenja infrastrukture, sniženje troškova, optimalizaciju rizika, poboljšanje usluga i menadžersko upravljanje. Svakako bitan fa-

ktor je prihvatanje partnerstva od strane javnosti, čije informisanje i učešće se očekuje od prve do poslednje faze. Partneri u razvoju saradnje moraju biti spremni da uključe sve raspoložive resurse, razvijajući kapacitete i odgovornost, strpljenje i fleksibilnost imajući u vidu društvenu odgovornost.

Vodoprivreda kao i celo društvo i privreda nalazi se u procesu tranzicionih i integracionih promena. Pored normativno institucionalnih promena na makro nivou vodoprivreda kao ciljano strateško opredeljenje ima u Direktivama o vodama EU. Svakako ovo je težak put koji zahteva pre svega sveobuhvatnu reformu imovine i svojine i uspostavljanje javnog i privatnog menadžmenta sa naročito naglašenim unapređenjem preduzetništva.

Ključne reči: **partnerstvo, vodoprivreda, strategija, tranzicija, integracija.**

UVODNA RAZMATRANJA

Voda, vodoprivredni objekti, obveznici, korisnici, porezi, takse, naknade i cene čine kompleks elementarnih pojmova koji čine osnovu uspostavljanja konzistentnog sistema upravljanja vodom.

Postizanje planskog i organizovanog upravljanja vodom postiže se putem izgradnje i funkcionisanja

vodoprivrednih objekata i sistema odnosno preuzimanja određenih mera investicionog i neinvesticionog karaktera.

Osnovna pitanja za donošenje odluka o korišćenju vode i izgradnji vodoprivrednih objekata odnose se na:

1. **Šta** će se graditi i koristiti? Ovo pitanje u društvu nameće razdvajanje državnih (javnih) i privatnih dobara odnosno ukoliko se društvo odluči za izgradnju državnog (javnog) dobra to će uticati na povećanje mogućnosti privatne potrošnje;
2. **Kako** će se graditi i koristiti? Ovo podrazumeva donošenje odluke da li će se izgradnja obavljati u privatnom ili javnom sektoru i da li će se koristiti više kapitala ili radne snage;
3. **Za koga** će graditi je pitanje raspodele odnosno korisnosti koja jedna grupa može da ima, a druga ne, iako postoji zainteresovanost i za gradnju nekog, drugog, državnog dobra;
4. **Kako** se donose **odluke** o izgradnji i uslovi korišćenja? U javnom sektoru ovo odlučivanje je kolektivno te time i složeno.

Polazeći od tranzicionih procesa kao prvi zadatak u vodoprivredi se postavlja potreba predmetnog i procesnog restrukturiranja i strukturnog prilagođavanja.



Arhiva AVP Sava

vanja. Ono obuhvata definisanje i određivanje pojedinih tehničko-tehnoloških osobina, svojinskog karaktera i ekonomskih karakteristika svakog pojedinačnog dobra u precizno definisanim vodnim granama.

U okviru javnog sektora kao sistema različitih institucija angažovanje države u oblasti ekonomije sa različitim karakteristikama, preovlađujući izvori sredstava predstavljaju sredstva budžeta odnosno javni prihodi. Neophodno je pored klasičnih fiskalnih izvora sredstava uključiti i izvore sredstava iz privatnog sektora u sistem partnerstva u vodoprivredi i to tako da bude u funkciji integrisanja vodoprivrede u evropske ekonomske tokove.

Zajedno sa pomenutim restrukturiranjem za integracione procese potrebno je definisati i niz kategorijalnih veličina koje se odnose pre svega na ekonomske pojmove kao što su: troškovi (administrativni, kapitalni, direktni, indirektni, okoline, resursa, spoljni, finansijski, neproporcijalni, oportunistični, operativni); analize (troškovne dobiti, troškovne efikasnosti, sistemske, ekonomske - cost benefit, SWOT); funkcije (implicitne i eksplicitne), štete i koristi, kao i kategorija upravljanja vodom; dobar ekološki, hemijski status površinskih i podzemnih voda, korišćenje vode, vodoprivredne usluge, standardi kvaliteta, vodna tela, rečni sliv, podsliv i dr.

Uzimajući u obzir visinu sredstava za investiciono ulaganje i održavanje, značaj vode i vodoprivrednih objekata i nedovoljnost sredstava za ulaganja moguće je model javno-privatnog partnerstva (JPP).

POTREBA I USLOVI PARTNERSTVA JAVNOG I PRIVATNOG SEKTORA U VODOPRIVREDI

Javno-privatno partnerstvo (JPP) podrazumeva saradnju između organa javne vlasti sa privatnim sektorom, bilo na nivou centralne ili lokalne zajednice sa ciljem zadovoljavanja neke javne potrebe kao što je zaštita vode, zaštita od vode, korišćenje vode i zaštita okruženja. Partnerstvo pruža novi kvalitet odnosa između države i preduzetnika jer je uravnotežen na podeli rizika i nagrada u odnosu na postojeće uske ugovorne odnose iz područja javnih nabavki.

Ugovori iz područja dugoročne saradnje vodoprivrednog (javnog) i privatnog sektora obuhvataju aktivnosti finansiranja, implementacije i operacionalizacije projekta iz područja izgradnje vodoprivredne infrastrukture i pružanja vodnih (vodoprivrednih) usluga. Vodoprivreda i firme iz privatnog sektora imaju tradicionalne zajedničke odnose na poznati način, zbog čega izbegavaju ići u složenije odnose. Vlast se boji da će ih privatni sektor iskoristiti, a privatni sektor razmišlja da će od vlasti dobiti dodatni teret i izgubiti vreme. Međutim, JPP se temelji na pre-

poznavanju koristi koje vodoprivreda i privatni sektor mogu imati od udruživanja i povezivanja materijalnih i finansijskih sredstava, znanja i veština u cilju poboljšanja osnovnih uslova za život i privređivanje stanovništva i privrede.

Tri su glavna **uzroka i uslova** koji idu stvaranju JPP u vodoprivredi:

1. Kriza u raspolaganju i korišćenju voda i pružanju vodoprivrednih usluga
2. Vođstvo funkcionera, poslovnih ljudi i udruženja
3. Pokretači kao i aktivnosti u ili van sistema vodoprivrede.

JPP doprinosi boljoj alokaciji državnih prihoda i osigurava dinamično upravljanje javnim finansijama i javnom infrastrukturu i predstavlja novu filozofiju kojom se država vraća u okvir koji joj omogućava da se više bavi i usmeri na svoje izvorne funkcije: predstavljanje građana i pružanja usluga koje nije moguće preneti na privatni sektor.

Uspešno partnerstvo u vodoprivredi karakteriše:

1. **KOMPATIBILNI CILJEVI** koji se sastoje u razumevanju i postavljanju ciljeva drugih, uvažavajući razlike i motive vlada, vodoprivrede i privatnika.
2. **PODSTICAJNO DRUŠTVO** koji će stvaranjem pravnog i regulatornog okvira i političkim okruženjem stvoriti temelj za održivo uključivanje privatnog sektora. Podsticajno društvo u vodoprivredi sastoji se iz šest komponenti čiji su interesi konfliktni, a to su (1) javnost u najširem značenju; (2) korisnici; (3) politički faktor; (4) pravna regulativa; (5) administracija i (6) privatni subjekti zainteresovani za partnerstvo.
3. **PRIHVATANJE** koje podrazumeva rešavanje problema koji proističu iz pojava povećanja naknada ili cena korišćenja vodoprivrednih dobara i sužavanje postupka učešća korisnika vodoprivrednih dobara u odlučivanju zbog potpune ili delimične privatizacije.
4. **KREDIBILITET I TRANSPARENTNOST**. Uspešan poslovni rezultat je teško ostvariti kroz saradnju različitih učesnika iz vodoprivrednog i privatnog sektora pa je neophodna kredibilnost vođa i drugih lidera i posebno transparentnost procesa.

Bitni elementi trajnog JPP u vodoprivredi su:

1. **'UKLJUČIVANJE RESURSA**. Ovo podrazumeva da svi partneri uključe svoje resurse (prirodne, materijalne, finansijske i ljudske) kako bi povećali svoj interes uključujući i deljenje rizika i nagrada.
2. **RAZVOJ KAPACITETA**. Vodoprivredni projekti zahtevaju znatne investicione promene i velika kapitalna ulaganja zbog čega je neophodan razvoj kapaciteta svih učesnika.

3. **ULOGA I ODGOVORNOST**. Određivanje uloga i odgovornosti je bitan element potreban za razvoj uspešnih partnerstava kroz usaglašavanje, u cilju najbolje upotrebe resursa obe strane.

4. **FLEKSIBILNOST**. Partnerstvo treba da koristi postojeća vodoprivredna iskustva, ali u isto vreme treba voditi računa o korišćenju komparativnih prednosti pojedinih resursa u investiranju, izboru tehnologija i planu aktivnosti, kao odgovor na nepredviđene okolnosti.

5. **VREME**. Proces razumevanja vodoprivrednih problema koje treba rešavati i posebno stvaranje učinaka potencijalnih partnera, zahteva vreme.

6. **STRPLJENJE**. Pažnja u JPP mora biti posvećena balansu između brzog odgovaranja na najhitnije krize i razvijanju integriranih rešenja koja će potrajati. Zbog toga, nije realno očekivati da će uključivanje privatnog sektora brzo prebroditi nedostatke u vodoprivrednim institucijama i aktivnostima, niti da će odmah kompenzovati dosadašnje nedostatke u resursima i finansiranju od strane javnog sektora.

7. **DRUŠTVENA ODGOVORNOST**. Korišćenje vode i vodoprivredne usluge osiguravaju javnu korist, drugim rečima korist koja bi trebala biti dostupna svima. Poboljšanje pružanja takvih usluga zapravo se odnosi na poboljšanje življenja ljudi.

Da bi neka odluka o konstituisanju konkretnog **modela** saradnje javnog i privatnog sektora u vodoprivredi bila validna, neophodno je, pre svega, razmotriti neizvesnost, koju donosi budućnost u kojoj će se ostvarivati odluka. Razmatranje uticaja neizvesnosti na odluku i posledica, se klasično poistovećuje sa analizom rizika. Ne postoji jedinstvena definicija rizika, već se njegova sadržina određuje na osnovu problema koji se analizira. Sam pojam asocira na nepovoljni ishod. U našem slučaju, rizik ćemo definisati kao mogućnost pojave raznih gubitaka – od kojih su svakako najteži: iscrpljivanje retkih vodnih resursa, zagađivanje površinskih i podzemnih voda, zaslaničavanje zemljišta, uništavanje prirodnih pejzaža i slično koji se na trajnoj osnovi prenose na buduće generacije.

Zbog toga je potrebno u izboru konkretnog modela partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi, agregirati odgovarajući pokazatelj rizika, koji bi trebao da ima dve osnovne dimenzije:

- Verovatnoću da će se desiti neželjeni ishod i
- Procenu obima društvenih i ekonomskih šteta koje će nastati zbog nepovoljnog ishoda, kao i identifikaciju najteže pogođenih subjekata.

U skladu sa tim, analiza rizika posebno se obrađuje kao sastavni deo procesa odlučivanja u izboru

konkretnog modela partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi i obuhvata:

1. Razmatranje mogućih uzroka nepovoljnih rezultata primene konkretnog modela partnerstva vodoprivrede i privatnog sektora.
2. Utvrđivanje kvantitativne mere (kriterijuma) za njegovu određivanje.
3. Razmatranje mogućih štetnih posledica.
4. Odnos donosilaca odluka prema korisnicima u (1), (2) i (3).

Za uspešno modeliranje partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi, vrši se pronalaženjem odgovora na dva ključna pitanja.

Prvo, kako razviti odgovarajuću metodologiju višekriterijumske analize, kako bi se obezbedilo kvantitativno i kvalitativno merenje posledica implementacije odabranog modela partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi, grupisanih po sličnosti:

- Uticaja na život i zdravlje ljudi
- Uticaja na dugoročni privredni razvoj i prenos posledica iscrpljivanja i zagađivanja voda na generacije koje dolaze
- Uticaja na povećanje (smanjenje) troškova poslovanja i života i
- Posledica na javne finansije.

Drugo, kako razviti metodologiju multiatributne analize korisnosti konkretnog modela partnerstva ja-

vnog i privatnog sektora u vodoprivredi na osnovu uvažavanja sledećih fenomena:

1. Tri osnovna aspekta čovekovog ponašanja:
 - Racionalnog ponašanja
 - Emotivnog (iracionalnog) ponašanja i
 - Protežiranja ličnih u odnosu na opšte interese
2. Problema mogućnosti (egzaktne) statističke provere društvenih i ekonomskih posledica primene konkretnog modela partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi.
3. Protežiranja tekućih ekonomskih i političkih koristi, u odnosu na dugoročne.
4. Razlika u veličini rizika, između donosilaca odluka i korisnika.
5. Problema nametanja rešenja od uskih političkih ili ekonomskih grupa, i
6. Problem nejednakosti vremenskog perioda u ispoljavanju pojedinih problema u primeni konkretnog modela partnerstva javnog i privatnog sektora u vodoprivredi.

STRATEGIJA JPP U VODOPRIVREDI U KONTEKSTU TRANZICIJE I EVROPSKE INTEGRACIJE

Strategija u partnerstvu odnosi se na donošenje odluka gde se regulišu međusobni odnosi, određuju



Arhiva AVP Sava

pojedinačna područja i izvori aktivnosti i definišu koristi i prednosti u zadovoljavanju korisnika vodoprivrede i društva. Strategija se shvata i kao odluka kojom se daje pravac razvoja, što partnerska strategija nastoji, uz racionalno reagovanje na događaje u sredini u kojoj se obavlja delatnost, na osnovu ocena dosadašnjeg razvoja i predviđanja budućeg toka događaja. Partnerstvo mora biti takvo da koristi prednosti koje ima ili može da ima radi boljeg pozicioniranja privrede, koja je saglasna ciljevima i vrednostima i organizacionom strukturom vodoprivrede. Koncept razmaka ili razlika između očekivanog i željenog budućeg stanja vodoprivrede čini osnov strateškog opredeljenja. U definisanju razmaka postoje dve mogućnosti. Prva je da se odluči o budućoj poziciji partnera za određeno vreme koje se pojavljuje sa novim vidovima korišćenja vode i vodoprivrednih objekata, rentabilnosti i dr. Druga je, analiza pozicije partnera gde bi želeli da budu ukoliko ostane strategija.

Strategija kao odluka o osnovnim načinima ostvarivanja ciljeva u partnerstvu orijentisana je na izbor poslovnog područja vodoprivrede za oblasti primarne poljoprivredne proizvodnje, industrije, saobraćaja, turizma i dr. i finansijskih izvora iz navedenih oblasti sa ciljem da se izgradi i održava celina. Sadašnja strategija vodoprivrednog sistema nalazi se



Ustava na kanalu Drina-Dašnica

Snimio: M. Lončarević

pred izazovima koje donosi tranzicija. Pod ekonomskom tranzicijom vodoprivrede podrazumeva se proces transformacije iz socijalističko-planske ka tržišno orijentisanoj delatnosti. Transformacija vodoprivrede obuhvata promene koje se odnose na:

- integralno i integrisano upravljanje vodama (korišćenje vode, pružanje vodoprivrednih usluga i aktivnosti koje ih spajaju) na rečnom slivu sa razvojem i uvođenjem tržišnih elemenata u projektovanju, izgradnji objekata i korišćenju vode,
- prilagođavanje vodoprivrede novoj državnoj regulativi privrede i privrednog razvoja i novim potrebama i zahtevima,
- identifikovanje, razdvajanje i aktiviranje svojine sa različitim svojinskim odnosima i ekonomskim karakteristikama vodnih i vodoprivrednih dobara,
- uspostavljanje institucionalnih i organizacionih jedinica sa ciljem povećanja efikasnosti, efektivnosti, ekonomičnosti i pravičnosti.

Uvođenje ovih promena moguće je uz:

- razvoj normativne i institucionalne infrastrukture i sistema upravljanja u vodoprivredi,
- razvoj organizacione strukture vodoprivrede prilagođene novoj organizacionoj strukturi privrede i neprivrede,
- promene u unutrašnjoj organizaciji vodoprivrednih institucija posebno preduzeća sa ciljem njihove afirmacije kao osnovnog oblika društveno-ekonomskog razvoja vodoprivrede,
- stabilizaciju politike i upravljanja vodom.

Tranzicija osnovni akcenat daje na reformi svojine, što podrazumeva opredeljivanje imovinskog karaktera na javna i privatna dobra u državnom ili privatnom vlasništvu sa posebnim pitanjem koje se u vodoprivredi odnosi na restituciju svojine. Imovina u vodoprivredi nastajala je iz mnogih izvora finansiranja kao što su: fiskalni, parafiskalni i privatni sa različitim osnovama za zahvatanje i korišćenje sredstava. Izvori sredstava obezbeđivani su iz poreza (budžet), doprinosa, naknada, (fondovi) sredstava preduzeća i fizičkih lica. Imovina koja je izgrađena iz tih sredstava su objekti za zaštitu od štetnog dejstva spoljnih voda (nasipi), unutrašnjih voda (akumulacije i sistemi za odvodnjavanje) zaštitu voda (uređaji za prečišćavanje i oprema i uređaj za preuzimanje biološko-hemijskih mera) i korišćenje voda (hidrosistemi, višenamenski sistemi, akumulacije i drugo).

Za integraciju vodoprivrede bitno obeležje je neprekidno unapređivanje preduzetništva koje je orijentisano na rezultat i pod uticajem je mnogobrojnih faktora od kojih zavise izvori korišćenja i sredstava, prihodi i troškovi, cene i naknade, produktivnost i ekonomičnost i dobit.

Vizija vodoprivrede u kontekstu evropske integracije polazi od niske ekonomske i razvojne performanse u odnosu na ciljno okruženje. Ona treba da se sastoji u sledećem:

- inteziviranje ulaganja u revitalizaciju, modernizaciju i izgradnju fizičke infrastrukture vodoprivrede,
- aktivnost na razvoju strukture vodoprivrednih usluga (po količini i kvalitetu),
- unapređivanje standardizacije upravljanja vodama u korišćenju voda, izgradnji i održavanju vodoprivrednih objekata,
- razvoj sistema održivog razvoja i sistema zaštite voda,
- unapređivanje kontinualnog obrazovanja menadžera i preduzetnika za korišćenje voda i pružanje vodoprivrednih usluga,
- aktivnost na uspostavljanje novih razvojnih i istraživačkih aktivnosti u svim granama i oblastima vodoprivrede i
- razvijanje funkcija regionalne politike u oblasti vode.

Pored navedenog, svrha strategije sastoji se i u prilagodljivosti i sposobnosti učenja ne samo na sopstvenom primeru, već i na iskustvima drugih. Kontinualno prilagođavanje znači stvaranje većih vrednosti za korisnike vodoprivrede koje su stimulacija za jačanje konkurentskih prednosti.

Ubuduće vodoprivreda treba da se odvija na sledećim integracionim akcionim elementima:

- donošenju strategije upravljanja vodom,
- ubrzana i masovna tehnološka standardizacija svih oblasti vodoprivrede imajući u vidu zahteve Evropskih direktiva o vodama,
- homogenizacija zakonskih i insitucionalnih osnova celokupnog vodoprivrednog sistema sa domaćom i evropskom regulativom,
- revitalizacija postojećih i izgradnja novih sistema za vodosnabdevanje,
- izgradnja, rekonstrukcija i efikasniji rad postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda sa sprovođenjem mera kontrole emisije iz rasutih i drugih izvora za gađenja sa ciljem poboljšanja kvaliteta vode u vodocima,
- izgradnja, revitalizacija i rekonstrukcija sistema za obezbeđenje kvaliteta vode za navodnjavanje,
- izgradnja i revitalizacija sistema za odvodnjavanje radi eliminisanja rizika suvišnih voda na zemljištu,
- dogradnja, rekonstrukcija i revitalizacija hidrosistema,
- izgradnja i rekonstrukcija objekata za odbranu odnosno zaštitu od poplava,

- izgradnja i preuzimanje mera za antierozivna i bujična dejstva vode.

Strategija vodoprivrede je direktno povezana sa partnerstvom, jer leži u međuzavisnosti dva ili više učesnika čija je svaka akcija bazirana i na očekivanoj akciji ostalih nad kojima ne postoji kontrola, a ishod zavisi od akcije partnera. Strategija je i pravilo šta koji učesnik u partnerstvu vodoprivrede ima nameru da učini kada je pozicija ugrožena.

Strategijska situacija partnerstva u vodoprivredi obuhvata i elemente konfliktnih situacija, a strategijske odluke se donose da razreše konfliktno ciljeve i interese i obezbede saradnju među učesnicima u partnerstvu. **Nema nikada situacije u kojoj jedan učesnik dobija, a drugi gubi, već se usaglašavanjem nalaze vodoprivredna rešenja koja odgovaraju učesnicima u partnerstvu.**

Za partnerstvo je izuzetno značajna strategija preduzetništva vodoprivrede. Preduzetništvo pretpostavlja preuzimanje poslovne aktivnosti koja ujedinijuje sve faktore rad, kapital, zemljište i drugo. Pored toga preduzetništvo podrazumeva uključivanje i preduzimanje inicijative, organizovanja i reorganizovanja društvenih i ekonomskih mehanizama sa ciljem da se izvori usmere u vodoprivredne svrhe uz prihvatanje rizika.

Parametri koji moraju imati definisan strategijski profil vodoprivrednog partnerstva određeni su sa pet dimenzija: 1) tip korisnika vode i vodoprivrednih usluga; 2) pretpostavka da dati predmet ima određene izvore prihoda za partnere; 3) osnove za buduće promene korisnika vode i vodoprivrednih usluga; 4) pretpostavljena orijentacija na rast vodoprivrede; 5) tip tehnologije korišćenja vode i vodoprivrednih objekata relevantan za strategijski menadžment partnera.

PROBLEMI TRAJNOG ODRŽAVANJA PARTNERSTVA JAVNOG I PRIVATNOG SEKTORA U VODOPRIVREDI

Javno privatno partnerstvo (JPP) kao izraz saradnje između organa javne vlasti u oblasti vodoprivrede sa privatnim sektorom, bilo na nivou centralne ili lokalne zajednice sa ciljem zadovoljavanja neke javne potrebe pod uticajem je različitih rizika vezanih za nedostatak kapaciteta javnog i privatnog sektora.

Zbog toga se trajno partnerstvo susreće sa mnogim problemima, kako od početne faze identifikacije, tako i u fazi dodele projekta i implementacije. Poseban problem odnosi se na donošenje odluka kada se posle izvršene procene utvrdi da je projekat finansijski neisplativ, ali može da produkuje ekonomske koristi. U tom slučaju, javni sektor može da se opredeli za obezbeđenje nadoknade za rizike kojim će se cilj realizacije JPP ostvariti.

Problemi trajnog JPP ispoljavaju se u:

- Slaboj i privremenoj, odnosno kratkoročnoj političkoj podršci koja se pojavljuje u nestabilnim političkim situacijama u zemlji, odnosno u promenljivim normativnim i institucionalnim okvirima za korišćenje svih izvora i faktora JPP. Privremena politička podrška se pojavljuje zbog mogućnosti neizbora političkih predstavnika koja je posebno izražena pre, pred i za vreme izbora, iako realizacija JPP u korišćenju voda i izgradnji, funkcionisanju i održavanju vodoprivrednih objekata zahteva dugoročni period. Politička podrška treba da je usmerena na realnost i objektivnost utvrđivanja sopstvenih sposobnosti i da se sagledaju uzročno-posledični problemi i načini njihovog razrešenja, imajući u vidu njihove česte i brze promene u vremenu
- Fiksirana zakonska regulativa uslova poslovanja partnera u JPP, standarda i normativa i ograničenja budžetskih i tržišnih kategorija. Obzirom da JPP predstavlja skup različitih elemenata u proceni rizika i koristi, promene u njihovim uslovima zahtevaju fleksibilnost u zakonskoj regulativi i ekonomsko-finansijskim izvorima.
- Rezervisanost korisnika u stvaranju uslova za finansijsku održivost projekta koja se ispoljava kada nisu stvoreni uslovi za transparentan, jasan i precizan način informisanja o učešću korisnika u definisanju izvora i načina finansiranja, vrednosti projekta, podeli rizika i nagrada, a posebno o visini sredstava, roku i nosiocima za povraćaj tih sredstava. Pored ekonomskih razloga, rezervisanost korisnika može nastati kao posledica ukupnog društveno-političkog stanja (stabilnost ili nestabilnost) i iz moralnih razloga stvorenih na nivou veza opštih (društvenih) i pojedinačnih interesa.
- Administriranje uslova za izgradnju vodoprivrednih objekata koji se ogledaju pre svega u dobijanju određenih uslova, saglasnosti i dozvola za projektovanje i implementaciju JPP. Problem je u vrlo dugim periodima pribavljanja javnih isprava, periodima njihovog važenja, obuhvatnosti i potpunosti i u definisanju pravnih činjenica za racionalan tehnokonomski nivo.
- Slobodno formiranje cena privatnog partnera prema projekciji potrebnih prihoda i finansijskih sredstava, koji ne moraju da odražavaju objektivne i realne troškove i finansijska sredstva, te se nameće potreba za organizovanjem regulatornog tela. Regulatorno telo treba da uzme u obzir da formiranje cena, koje su u principu monopolske cene, bude na osnovu troškova reprodukcije dobara (cena koštanja) i dobiti u zavisnosti od opšte i pojedinačne koristi. Promene cena su moguće u zavisnosti od obima i kvaliteta ponuđenih dobara i cene koštanja i sa druge strane od tražnje za tim dobrima.
- Slobodno ponašanje privatnog partnera u JPP može se odvijati samo u operativnom delu, a ne i u re-

gulativnom, jer on prima informacije, planira i izvršava prihvaćenu ponudu za vodoprivredne usluge, ali ne kontroliše izvršenje usluge niti informiše javnost i korisnike. Privatni sektor svoju slobodu ispoljava u sferi poboljšanja tehničko-tehnoloških procesa i sistema u izgradnji, održavanju i pružanju usluga putem inovacije i kreativnosti, boljoj organizacionoj i funkcionalnoj podeli, smanjenju utrošaka i troškova (varijabilnih i fiksnih) po vrstama usluga, reagovanje na zahteve korisnika i realizovanje istih prema kapacitetima koji dozvoljavaju povoljno rešenje.

- Neizvesnost ostvarivanja određenog nivoa sredstava u budžetu na duži period u odnosu na periode izgradnje odnosno korišćenja vodoprivrednog infrastrukturnog objekta ili sistema;
- Nejasno definisanje i značenje pojedinih pojmova, izraza i procesa u vodoprivredi, koji će nedvosmisleno odražavati predmetne delove JPP;



Arhiva AVP Sava

- Neodređivanje svih vrsta rizika u fazama izvođenja projekta polazeći od pripreme, planiranja, organizovanog izvršavanja, kontrole, nadzora i informisanja javnosti o realizaciji projekta;
- Zatvorenost u toku izbora i ugovaranja partnera kojim se neće ukazati na nova rešenja u izgradnji i održavanju vodoprivredne infrastrukture i pružanju usluga;
- Nepostojanje egzaktnih planskih projekcija koje će ukazati na srednjoročnu i dugoročnu korist za privredne aktivnosti od vodoprivrednog objekta ili sistema.

Prevazilaženje problema i nedostataka kojemože izazvati JPP moguće je ostvariti putem sledećih mera i instrumenata:

- Tačno i jasno definisanje JPP koje je odredila komisija EU u "Zelenoj knjizi" gde su definisani različiti oblici saradnje između javnog i privatnog sektora, a čiji cilj je osigurati finansiranje, izgradnju, obnovu, upravljanje i održavanje infrastrukturnih objekata;
- Da privatni partner izrađuje projektnu dokumentaciju ili je preuzima od javnog partnera, gradi, finansira, održava i upravlja vodoprivrednim objektom u zamenu za naknadu od korisnika ili javnog sektora;
- Određivanje vremena i visine sredstava koja će predstavljati osnov za povraćaj uloženi sredstava uzimajući u obzir sve materijalne i finansijske izvore i sredstva koja su predmet ulaganja u vodoprivredu;
- Određivanje tačne strukture i metode funkcionisanja projekta od privatnih lica i javnog partnera koji mogu biti na različitim nivoima javnog sektora (država, okrug, lokalna samouprava);
- Da javni partner aktivno učestvuje u svim fazama projekta (projektovanje, građenje, rekonstrukcija, izvođenje, finansiranje itd.), a ne samo na definisanju ciljeva koji će biti postignuti u pogledu javnog interesa, kvaliteta usluge i politike cena;
- Tačna raspodela svih rizika između javnog i privatnog partnera. Precizna raspodela rizika određuje se za sve faze i funkcije u toku izgradnje objekta;
- Trajno alociranje obaveze u JPP od strane javnog sektora u dugoročnom budžetiranju.

Imajući u vidu tranzicione i integracione procese problemi partnerstva posebno zahtevaju:

- Stvaranje nacionalnog okvira, koje podrazumeva stvaranje jasnog pravnog okvira kojim se definišu dugoročni i strateški ciljevi koji će podsticati i ostvarivati povećanu efikasnost, ekonomičnost i efektivnost zahvaljujući primeni metoda i načina rada

subjekata iz privatnog sektora;

- Subvencionisanje kojim će se podstaći inicijativa za povećanje konkurentnosti i kvaliteta vodoprivredne usluge. Ona može biti u formi zajma, kredita, vlasničkog uloga ili javnog finansiranja s tim da ne može biti veća od procenjene vrednosti nenovčane koristi;
- Smanjenje licitacionog rizika putem smanjenja broja ponuđača sa jasno definisanim kriterijumima za dodelu projekta;
- Smanjenje rizika potražnje koje se postiže davanjem dovoljno dugog perioda JPP koji će privatnom partneru dati dovoljno vremena za stabilan i siguran prihod.

ZAKLJUČAK

U sadašnjem trenutku kao prelazni model u tranzicionom i integracionom procesu do privatizacije dat je model JPP. On je osnov za nastavak kontinuiteta revitalizacije, modernizacije i izgradnje vodoprivrednih objekata u funkciji jačanja vodoprivredne usluge i stvaranje stabilnih i sigurnih uslova u raspolaganju (korišćenju) vode. JPP zahteva određen modelski pristup sa rešavanjem administrativnih, tržišnih (tehnoekonomskih svojstava) i pravnih osnova, mere i instrumente sa ciljem da se poveća uspešnost i korist.

LITERATURA

- Adamović Dr Ljubiša, (1987) „Integracija i dezintegracija svetske privrede“, Savremena administracija, Beograd
- Akintoye Akintola, Beck Matthias (2003) „Public-Private Partnership“, Blackwell Publishing
- Adžić Sofija, (2001) „Privredni sistem i ekonomska politika“, Subotica, Ekonomski fakultet Subotica
- Adžić Sofija, (2006) Privredni sistem i ekonomska politika, Ekonomski fakultet, Subotica
- Đorđević Dr Branislav, (1990) „Vodoprivredni sistemi“, Naučna knjiga, Beograd
- Potkonjak Dr Svetlana, (1991) „Ekonomika vodoprivrede“, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- Stiglic E. Džozef, (2004) „Ekonomija javnog sektora“ prvo izdanje, Ekonomski fakultet, Beograd
- Udovičić Božo, (2004) „Neodrživost održavanog razvoja“, Kigen, Zagreb
- Voda za XXI vek, (2006), Institut „Jaroslav Černi“, Beograd

Napomena: Autor je uposlenik JVP "Vode Vojvodine" u Novom Sadu i tema teksta je skraćena obrada autorove istoimene doktorske disertacija.

HIDROENERGIJA U DINARSKOM VIJENCU (ZAPADNI BALKAN)

Napomena urednice: Ovaj tekst je stigao pred samo završavanje prošlog broja, tako da nismo mogli da ga uvrstimo u sadržaj. Međutim, kako se radi o temi koja ne gubi na važnosti i aktuelnosti, a povod da se o njoj piše je konferencija održana u Dubrovniku početkom oktobra 2009. godine, vjerujemo da će i ovaj tekst istinski biti na tragu širenja naših saznanja o važnosti održivog korištenja vodnih resursa.

WWF poziva sektore energetike i voda da smanje uticaj brana na prirodu i ljude u predjelu Dinarskog vijenca

WWF (World Water Forum) je u Dubrovniku početkom oktobra ove godine okupilo međunarodne zainteresirane strane sa ciljem da istraže način povećanja održivosti hidroenergije u zemljama Dinarskog vijenca.¹ Ključni akteri iz sektora vode, energije i okoline u regiji, kao i svjetski stručnjaci i predstavnici velikih međunarodnih finansijskih institucija su diskutovali o novim pristupima hidroenergiji, baziranim na najnaprednijim naučnim zaključcima i najboljoj praksi koja se koristi širom svijeta.

Konferencija – koja je organizovana uz podršku Svjetske Banke, Globalnog Vodnog Partnerstva i Međunarodnog Udruženja Hidroenergije – je istraživala ideje o razvoju i operativnim šemama hidroenergije koja ima minimum uticaja na prirodu i ljude, a odgovara potrebama razvoja i ekonomije.

WWF predlaže niz mjera da se poveća održivost razvoja hidroenergije. Ove mjere kreću se od pažljivog strateškog planiranja koje čuva dragocjene prirodne predjele u odnosu na usvajajuće standarde okoline, osiguranje minimalnog protoka čime se ograničava utjecaj na prirodu i biodiverzitet, do adekvatnog projekta i izvođenja vodne infrastrukture. Konferencija je imala za cilj da pomogne onima koji donose odluke u zemljama Dinarskog vijenca da naprave promišljene izbore i da podstakne na slične pristupe u regiji da bi se poboljšao okolinski aspekt vodne infrastrukture.

„Hidroenergija ne ispušta CO₂ i ovo je čini veoma atraktivnim izvorom alternativne energije u kontekstu stalno rastućih klimatskih promjena i nedos-

¹ Dinarski vijenac uključuje dijelove Albanije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Italije, BJR Makedonije, Crne Gore, Srbije i Slovenije. WWF fokusira svoj rad na hidro energiju Albanije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske i Crne Gore.



Hidroelektrana Neretva

tatku konvencionalnih izvora energije u regiji – ali često rezultuje negativnim uticajima na druge ključne upotrebe vode kao što je poljoprivreda ili ribarstvo, kao i krhke vodne ekosisteme i ljude koji ovise o njima,” rekao je Paolo Lombardi, direktor WWF Mediteranskog programa. “Od velikog je značaja da svi imaju priliku iznijeti mišljenje sa ciljem da se nađe najbolje moguće rješenje za održivu upotrebu dragocjenih resursa svježje vode – iz tog razloga WWF organizuje ovu konferenciju», zaključuje Lombardi.

Hidroenergija osigurava više od 40% potrošnje energije u regiji Dinarskog vijenca. U mnogim zemljama još uvijek predstavlja većinu snabdijevanja energijom i skoro je ekskluzivan izvor energije u zemljama kao što su Albanija i Crna Gora čija proizvodnja električne energije je 90% iz hidroenergije.

U Crnoj Gori, Skadarsko jezero – ključna regija za biodiverzitet na Balkanu – je pod prijetnjom četiri brane koje se planiraju na rijeci Morači. Prema studiji WWFa, partnera Green Home i nezavisnih stručnjaka, brane bi mogle veoma uticati na nivo vode u jezeru time dovodeći u pitanje bogatu riblju faunu i negativno utičući na stotine lokalnih porodica koje žive od ribarstva.

U isto vrijeme, prirodni tok delte rijeke Neretve u Hrvatskoj je ugrožen hidroenergetskim infrastruktura

izgrađenim uzvodno. Ovo doprinosi prodoru slane vode koja škodi poljoprivredi. U Bosni i Hercegovini biodiverzitetna ključna tačka Hutovo Blato je takođe pod prijetnjama neprirodne distribucije vode – koja bi mogla negativno uticati na poljoprivredne i aktivnosti u turizmu, ključnim izvorima prihoda u ovoj regiji.

„Zemlje Dinarskog vijenca su na putu ka pristupanju EU, stoga implementacija održivijeg upravljanja vodnim resursima, baziranim na EU Okvirnoj Direktivi o vodama, predstavlja veliku priliku za ove zemlje da ispune zahtjeve EU,” rekla je Angela Klauschen, iz ureda za politike u sektoru za tekuće vode u WWF Mediteranskom programu.

WWF poziva na otvoreni dijalog između zainteresiranih strana u regiji da podijele najbolje prakse i iskoriste pristupe koji mogu hidroenergiju učiniti održivijom – uključujući nove inicijative kao što je Forum za procjenu održivosti hidroenergije (the Hydro-



WWF *for a living planet*®

power Sustainability Assessment Forum (HSAF)), globalnu saradnju predstavnika različitih sektora koja ima za cilj da razvije široko prihvaćene načine za kvalitetnu procjenu postizanja održivosti u sektorima energetike i voda.

WWF radi na očuvanju tekućih voda

Od 2001. godine WWF se trudi da adresira pitanja očuvanja ekosistema tekućih voda, sa ciljem da minimalizira uticaj brana, promovišući integralno upravljanje riječnim slivom, implementaciju principa koje je predočila Svjetska komisija za brane, i usvajanje standarda održivosti za prostornu projekciju, izgradnju i funkcionalnost brana. WWF se fokusira posebno na rijeku Neretvu, sliv Cetine u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj i Skadarsko jezero i pritoke (kao što je rijeka Morača) u Crnoj Gori i Albaniji. U svakom slučaju, principi održivosti se jednako primjenjuju na sve rijeke u regiji i šire.

Ovdje je, dakle riječ o integralnom upravljanju vodnim resursima, što definisano znači da je to: „Koordiniрана saradnja, upravljanje i razvoj u sektoru voda, zemljišta i drugih za njih vezanih resursa u okviru datog riječnog sliva, sa ciljem da se maksimizira ekonomski i socijalni benefit iz vodnih resursa, a pri tome da se očuvaju gdje je to potrebno i ponovo uspostave ekosistemi tekućih voda.” (Iz *Integrated Water Resources Management, Global Water Partnership, Technical Advisory Committee Background Papers, No. 4, 2000.*)

Važno je i spomenuti postojanje EU Okvirne direktive o vodama .

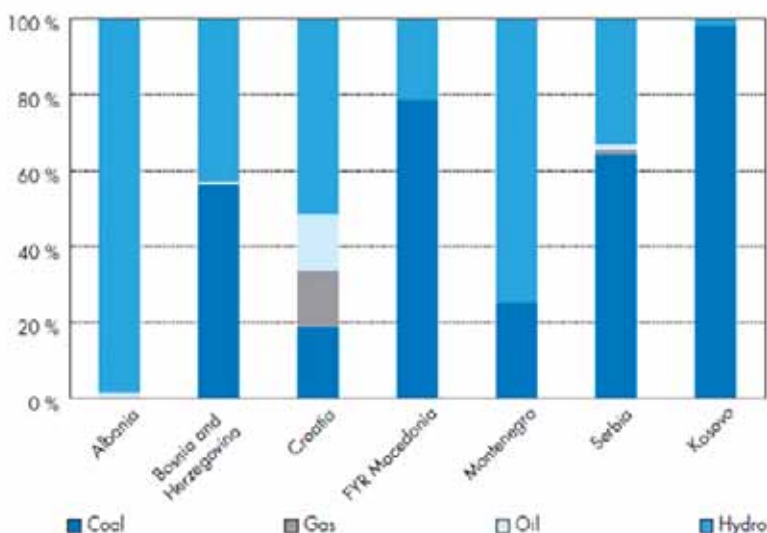
Okvirna direktiva o vodama iz decembra/prosinca 2000 godine (Water Framework Directive (WFD))

je najvažniji legislativni alat za održivo upravljanje vodama i zaštitu tekućih voda širom EU. Direktiva obavezuje zemlje članice da ispune holističke ekološke ciljeve, npr. da postignu dobar status (ekološki, hemijski i hidromorfološki) za sve vode koristeći sliv rijeke kao glavnu upravnu jedinicu.

Regionalna pitanja i trendovi

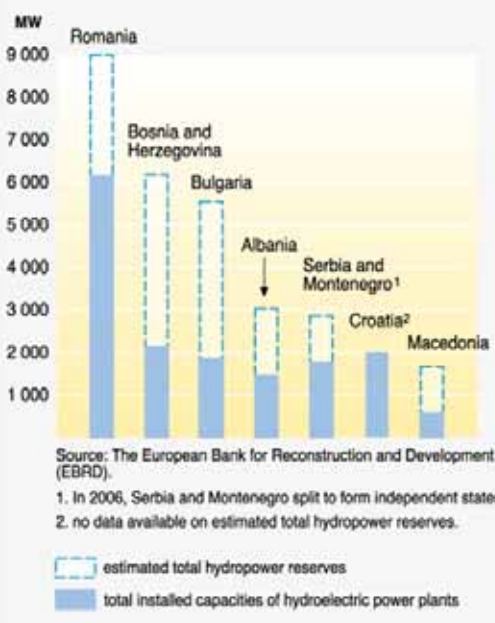
- Nedostatak konvencionalnih izvora energije (nafta, uglj i gas).
- Slabo upravljanje i veliki gubitak energije zbog nefikasnih sistema generacije, transmisije i distribucije.
- Manja ukupna potrošnja energije nego u zemljama OECDa, ali 60% veći intenzitet korištenja energije zbog zastarjele infrastrukture.
- Mnoge zemlje se oslanjaju na uvoz da bi pokrili njihove ukupne potrebe potrošnje energije.
- Značajan potencijal hidroenergije (strmi kanjoni, brze rijeke, visok nivo padavina u normalnim uslovima) je samo djelimično eksploatisan (pogledati grafikon EBRD ispod).
- Hidroenergija predstavlja značajan udio u potrošnji električne energije u regiji (najmanje 43% u 2004. godini -pogledati IEA grafikon ispod).
- Sve zemlje takođe imaju značajan potencijal solarne i energije vjetra, koji još nije istražen niti eksploatisan.
- Energetska efikasnost je veoma niska zbog zastarjelih sistema proizvodnje, transmisije i distribucije. Unapređenje istih bi moglo omogućiti značajne uštede.

Share of electricity output by fuel across the Western Balkan region, 2005 (%)



Sources: IEA statistics; MONSTAT; Ministry of Mining and Energy of Serbia; UNMIK.

Existing and estimated hydropower capacities in 2006



Source: The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD).

1. In 2006, Serbia and Montenegro split to form independent states.
2. no data available on estimated total hydropower reserves.

Legend:
 estimated total hydropower reserves
 total installed capacities of hydroelectric power plants

(IEA = International Energy Agency)

Albanija

- Cjelokupna proizvodnja električne energije u Albaniji dolazi iz hidroenergije (pogledajte IEA grafikon iznad).
- Samo 70%-80% potražnje za energijom je pokriveno domaćom proizvodnjom i uvozom zajedno.
- Potencijal albanske hidroenergije se smatra važnim, samo približno 50% istog je trenutno eksploatisano.
- Izgradnja dva dodatna hidroenergetska postrojenja na rijeci Drin (Ašta, protočna hidroelektrana od 50 MW, i Skavica na rijeci Diber na sjeveroistoku Albanije na vrhu kaskade rijeke Drin).
- Hidroenergetska brana se takođe planira na Bušatu, na rijeci Buna-Bojana, nizvodno od Skadarskog jezera (napomena: projekat ne podržavaju lokalne zajednice, civilno društvo i naučnici zbog značajnih očekivanih utjecaja na ekosistem Skadarskog jezera).

Bosna i Hercegovina

- BiH ima veoma dobar potencijal razvoja hidroenergije, ali i za proizvodnju biomase, solarnu energiju i potencijalne izvore termalne energije.
- Samo oko 39% hidro potencijala se eksploatiše (pogledati EBRD grafikon iznad).
- Hidroenergija predstavlja više od 40% trenutnog energetskeg kapaciteta (pogledati IEA grafikon iznad).
- Ukupan potencijal hidro energije je u najvećem dijelu u slivovima rijeka Drine, Neretve i Trebišnjice..
- BiH ima ozbiljne planove, kojima se žestoko protive skupine za očuvanje okoliša, da dozvoli stranim investitorima da izgrade nekoliko brana u gornjem toku Neretve kao i na drugim rijekama.
- BiH ima u planu da postane regionalni energetski čvor, sa viškom energije za izvoz.

Literatura

<http://www.grida.no/publications/vg/balkan/page/1370.aspx>

<http://www.ambtirana.um.dk/en/menu/CommercialServices/OpportunitiesInAlbania/SectorOverview/Energy.htm>

[http://www.energycommunity.org/portal/page/portal/ENC_HOME/AREAS_OF_WORK/RENEWABLES/Reports/Dec_2008/Albania National Strategy for Energy of Albania, Part 1, Chap. 1.6., p. 18](http://www.energycommunity.org/portal/page/portal/ENC_HOME/AREAS_OF_WORK/RENEWABLES/Reports/Dec_2008/Albania_National_Strategy_for_Energy_of_Albania,_Part_1,_Chap._1.6.,_p._18) [http://siteresources.worldbank.org/INTALBANIA/Resources/Part_I-National_Strategy_of_Energy_\(Eng\).pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTALBANIA/Resources/Part_I-National_Strategy_of_Energy_(Eng).pdf)

http://www.mete.gov.al/doc/20081119154047_skavica_pershkrim_en.pdf

M. Schneider-Jacoby, U. Schwarz, P. Sackl, D. Dhora, D. Saveljic and B. Stumberger (2006): Rapid assessment of the Ecological Value of the Bojana-Buna Delta (Albania/Montenegro), Euronatur, Radolfzell

http://www.ifc.org/ifcext/pepse.nsf/Content/PEPSEI_Projects

<http://www.westbalkan.um.dk/en>

<http://www.ebrdrenewables.com/sites/renew/countries/Montenegro/default.aspx>

Strategija energetskeg razvoja Republike Crne Gore do 2025 – Green Paper pripremljen od strane IREET, Ljubljana, 2007

Strateška razvojna procjena (The Strategic Environmental Assessment (SEA)) Nacrta Strategije energije u Republici Crnoj Gori, UNDP, 2007

Ministarstvo Ekonomskog razvoja Crne Gore, Poziv za izražaj interesa za Hidroenergetska postrojenja na rijeci Morači <http://www.minekon.vlada.cg.yu>

WWF Program tekućih voda Mediterana (Mediterranean Freshwater Programme)

Za više informacija o radu WWF u očuvanju ekosistema tekućih voda širom Mediterana, čitaoci se mogu informisati putem internet strane: http://panda.org/what_we_do/where_we_work/mediterranean/about/med_freshwater/our_work/

Hrvatska

- Hidroenergija je tradicionalno najviše eksploatisan obnovljivi izvor energije u zemlji.
- 50% hrvatskog energetskeg kapaciteta dolazi iz hidroenergije (pogledati IEA grafikon iznad).
- Nivo kapaciteta proizvodnje hidroenergije je 50% od ukupnog instaliranog kapaciteta.
- Izgradnja nove hidroenergane Lešće je počela 2006.godine (napomena: projekat se suočava sa velikim otporom brojnih nevladinih organizacija koje se bave očuvanjem okoliša).
- Druge dvije hidroenergane koje se planiraju u Podusedu i Drenju od 215 i 185 GWh su u planu trebaju biti završene do 2010. godine.
- Čak i projekti malih hidroeneršana su u Hrvatskoj suočeni sa jakim javnim otporom zbog porasta svijesti o okolini.

Crna Gora

- Proizvodnja energije u Crnoj Gori skoro u potpunosti ovisi o hidroenergiji (80%) ali i termoelektrana (20%) (pogledati IEA grafikon iznad).
- Potencijal hidroenergije je značajan; drugi potencijalni izvori obnovljive energije koji nisu još dovoljno istraženi su solarni i geotermalni, dok je situacija u vezi sa biomasom ili potencijalom vjetra još uvijek nejasna.
- Planovi Crne Gore za poboljšanje u energetskeg efikasnosti u javnoj upravi i industrijskom sektoru, su da razviju nekoliko novih hidroenergetskih postrojenja, među kojima su i četiri nove brane na Morači uzvodno od Skadarskog jezera koje treba da se sgrade do 2015.godine (napomena: visoko kontroverzan projekat kritikovan je u Strateškoj procjeni okoliša pripremljenoj od strane UNDP-a). Poziv za javni tender je objavljen od strane crnogorske Vlade 2008. godine.

RAZVOJ GRANULARNOG MULJA SA RAZLIČITIM KVALITATIVNIM KARAKTERISTIKAMA OTPADNIH VODA

REZIME

Uradu su prikazani rezultati ispitivanja čiji je osnovni cilj bio razvoj granularnog mulja sa različitim sastavom influenata: 1. otpadna voda koja se sastojala od konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina (u toku 160 dana svakodnevno su određivani osnovni parametri procesa); 2. otpadna voda koja je sadržavala granule skroba i volatilne masne kiseline (149 dana) i 3. otpadna voda iz fabrike za proizvodnju čipsa (60 dana). Ispitivanja su obavljena u reaktorima zapremine 24 litre u prostoriji u kojoj je stalno održavana, za ovaj proces, potrebna temperatura od 30°C. Posude sa influentima bile su smeštene u frižiderima. Influenti su peristaltičkim pumpama uvođeni sa dna reaktora da bi se obezbedio uzlazni tok tečnosti. U celom periodu ispitivanja, sa vrlo malim izuzetcima, svakodnevno su određivani sledeći parametri procesa: protok, HPK influenta i efluenta, % uklanjanja HPK, prostorno opterećenje u reaktoru, uzlazna brzina toka otpadne vode u reaktoru, pH u influentu i efluentu, produkcija metana. Koncentracije volatilnih masnih kiselina određivane su povremeno. Međusobni odnos volatilnih masnih kiselina bio je u svim eksperimentima sledeći: sirćetna kiselina: propionska kiselina: buter-

na kiselina = 2:1:1. Zbog malog prirasta, koncentracija granula mogla je biti utvrđena samo na kraju eksperimenta.

UVOD

Do nedavno se smatralo da je proces sa aktivnim muljem najpogodniji način prečišćavanja otpadnih voda koje sadrže biorazgradljive materije. Ovoj kategoriji pripadaju gradske otpadne vode, kao i brojni industrijski efluenti. Ovaj postupak zahteva veliki prostor, kao i značajnu potrošnju energije. Praktično, prečišćavanje gradskih otpadnih voda ovim postupkom za sada nema alternativu, pogotovo ako iz otpadne vode treba da se uklanjaju i niže valentne forme azotnih jedinjenja. Pored potrebe za velikim prostorom, ovaj proces zahteva znatnu potrošnju energije za aeraciju jer se proces obavlja u aerobim uslovima. Izuzev u regionima sa toplom klimom, smatra se da je proces sa aktivnim muljem optimalno rešenje za tretman gradskih otpadnih voda, naročito ako se zahteva uklanjanje nižih valentnih formi azotnih jedinjenja. Međutim, za tretman industrijskih efluenata koji sadrže organske materije, naročito ako su u pitanju visoke koncentracije, primena procesa sa granularnim muljem je najpovoljnije rešenje. Ipak,

tretman sa granularnim muljem vrlo je povoljan izbor za prečišćavanje gradskih otpadnih voda u regionima sa toplom klimom. Potrebno je istaći da optimalna temperatura za ovaj proces iznosi 30°C. O tome se opširnije raspravlja u ranije publikovanom radu (Popović, 2007). Na kraju ovog uvodnog dela potrebno je naglasiti da se u svetu vode obimna istraživanja o mogućnosti razvoja aerobnog granularnog mulja, što bi omogućilo veliki napredak u procesima prečišćavanja svih vrsta otpadnih voda koje sadrže biorazgradljive materije.

Osnovi cilj ovih istraživanja bio je razvoj granularnog mulja sa različitim sastavom influenata:

- ❑ Sintetička otpadna voda koja se sastojala od konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina (sirćetna, propionska i buterna),
- ❑ Sintetička otpadna voda koja se sastojala od granula skroba i volatilnih masnih kiselina (sirćetna, propionska i buterna),
- ❑ Otpadna voda iz fabrike za proizvodnju čipsa.

Ova istraživanja pod nazivom „Agroinwatech-Cost-effective technologies for wastewater treatment and biodegradation in agro-industries with reclamation of resources“ finansirala je Evropska Komisija a eksperimentalni radovi obavljeni su u laboratorijama Instituta za vode iz Bijeljine u saradnji sa Wageningen University.

MATERIJAL I METODE

Cilj ovih ispitivanja bio je razvoj granularnog mulja sa otpadnim vodama različitog sastava i to:

1. konzumni šećer i mešavina volatilnih masnih kiselina, VMK, (sirćetna, propionska i buterna). Međusobni odnos volatilnih masnih kiselina bio je u svim eksperimentima sledeći:

sirćetna: propionska: buterna = 2 : 1 : 1

Ispitivanja su obavljena paralelno u tri reaktora sa sledećim odnosima osnovnih komponenti sastava otpadnih voda:

- ❑ Reaktor br. 1: odnos konzumnog šećera i VMK = 10 : 1
- ❑ Reaktor br. 2: odnos konzumnog šećera i VMK = 1 : 1
- ❑ Reaktor br. 3: odnos konzumnog šećera i VMK = 1 : 10

2. granule skroba i mešavina volatilnih kiselina u međusobnim odnosima:

- ❑ Reaktor broj 1: odnos granula skroba i VMK = 10 : 1
- ❑ Reaktor broj 2: odnos granula skroba i VMK = 1 : 1

3. otpadna voda iz fabrike za proizvodnju čipsa “MARBO” iz Bačkog Maglića.

Zapremina svakog reaktora iznosila je 24 litre (visina 1.325 m, prečnik 15 cm). Influent je peristalti-

čkim pumpama doziran iz posuda koje su bile smeštene u frižiderima. Oblik i veličnu reaktora, kao i sastav influenta odredili su nosioci ovog zadatka iz Holandije. Temperatura prostorije u kojoj su se nalazili reaktori održavana je stalno na oko 30°C. Kao početni inokulum upotrebljen je mulj iz anaerobne lagune fabrike za proizvodnju čipsa, kao i mulj iz akumulacije u kojoj za vreme produkcione sezone u vodi pri dnu vladaju anaerobni uslovi.

Izuzev u nekoliko slučajeva, svi parametri kvantitativnih i kvalitativnih parametara određivani su svakodnevno i to:

- ❑ Protok otpadne vode ($L \cdot d^{-1}$),
- ❑ HPK otpadne vode u influentu i efluentu ($mg \cdot L^{-1}$), % uklanjanja HPK,
- ❑ Prostorno opterećenje reaktora ($g \text{ HPK} \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$),
- ❑ Produkcija metana ($L \cdot d^{-1}$), razmatra se u posebnom radu,
- ❑ Uzlazna brzina toka vode u reaktoru ($m \cdot d^{-1}$),
- ❑ pH influenta i efluenta, razmatra se u posebnom radu.

Delovi ovih istraživanja objavljeni su u toku izvođenja istražnih radova (Elez et al., 2004; Vićanović, et al. (2004 a), Vićanović et al. (2004 b), Vićanović et al. (2006).

REZULTATI ISPITIVANJA

1. Razvoj granula sa influentom koji se sastoji od konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina

Pošto je glavni cilj ovih istraživanja bio razvoj granularnog mulja, osnovni parametar, pored kvalitativnih karakteristika otpadnih voda, predstavlja zapreminsko opterećenje ($kg \text{ HPK} \cdot m^{-3} \cdot d^{-1}$), odnosno opterećenje anaerobnih granula. Jer, postepeni porast opterećenja osnovni je uslov za uspešno stvaranje aktivne biomase u biološkim postupcima prečišćavanja otpadnih voda (aktivni mulj, biološka opna u biofiltrima). Ovo se naročito odnosi na anaerobni granularni mulj.

Na osnovu određivanja osnovnih parametara procesa koji su, sa malim izuzetcima određivani svakodnevno, u tabeli 1 prikazane su prosečne desetodnevne vrednosti osnovnih parametara procesa: protok otpadne vode, HPK influenta i efluenta, efekti uklanjanja HPK, prostorno opterećenje i uzlazna brzina toka otpadne vode u reaktoru. Već na prvi pogled primećuje se da posle početnog progresivnog povećavanja efekata uklanjanja organskih materija izraženih preko vrednosti HPK nastaje stagancija a zatim i znatno smanjenja ove vrednosti.

Tabela 1. Srednje desetodnevne vrednosti parametara procesa obrade otpadnih voda koje su se sastojale od konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina

periodi ispitivanja*	reaktor br 1. šećer : vmk = 10 : 1					
	1	2	3	4	5	6
5.5	12.0	1786	833	53.1	0.90	1.36
15.5	12.9	1784	795	53.5	0.96	1.46
25.5	13.3	1868	685	62.9	1.04	1.58
35.5	15.6	2429	745	69.3	1.58	3.27
46	13.8	2135	665	68.0	1.16	2.84
56.5	23.3	1441	448	68.7	1.40	5.26
66.5	26.6	1526	996	41.9	1.69	6.02
76.5	24.6	1371	616	58.4	1.41	5.56
86.5	20.9	1322	574	59.8	1.27	4.62
97	24.7	1479	339	77.0	1.51	5.52
107.5	27.1	1689	169	90.0	1.91	6.13
117.5	26.3	1884	119	93.6	2.06	5.94
128	24.0	2387	110	95.4	2.39	5.52
138.5	26.9	2938	273	90.7	3.31	6.08
148.5	27.7	3471	511	85.3	4.00	6.26
157.5	27.0	3518	706	79.9	3.96	6.10
reaktor br. 2 . šećer : vmk = 1:1						
5.5	13.3	1811	909	49.7	1.00	1.5
15.5	13.6	1678	936	49.1	0.95	1.54
25.5	14.9	1898	894	51.8	1.18	1.76
35.5	15.7	2282	684	69.9	1.47	3.33
46	18.8	2169	866	60.0	1.71	3.21
56.5	26.3	2044	984	51.5	2.21	2.96
66.5	23.7	2115	1037	50.7	2.09	2.67
76.5	23.1	1695	890	47.4	1.63	2.60
86.5	21.3	1729	664	61.3	1.56	2.41
97	25.4	1457	458	68.6	1.54	2.86
107.5	22.6	1680	336	79.9	1.57	2.55
117.5	19.9	1817	123	93.0	1.51	2.25
128	23.8	2365	139	94.1	2.35	2.69
138.5	26.4	2996	206	93.2	3.30	2.98
148.5	28.2	3422	410	88.0	4.02	3.19
157.5	26.9	3479	787	77.4	3.89	3.03
reaktor br. 3 . šećer : vmk = 1:10						
5.5	12.8	2268	788	66.1	1.22	1.44
15.5	14.2	2136	951	54.0	1.29	1.61
25.5	14.3	2436	865	64.2	1.46	1.69
35.5	14.2	2207	725	67.0	1.30	3.03
46	16.7	1840	702	61.3	1.22	2.89
56.5	23.7	1327	561	58.3	1.31	2.67
66.5	22.4	2039	1050	46.4	1.89	2.53
76.5	20.3	1554	819	46.7	1.30	2.29
86.5	23.3	1675	955	42.6	1.62	2.63
97	21.7	1530	443	71.2	1.39	2.46
107.5	17.6	1652	225	86.4	1.22	1.99
117.5	18.0	1973	199	89.4	1.45	2.03
128	23.0	2357	189	92.3	2.27	2.59
138.5	25.3	3001	198	93.4	3.12	2.86
148.5	28.0	3389	134	96.0	3.94	3.16
157.5	28.0	3542	86	97.6	4.12	3.16

parametri procesa: 1 – protok influenta ($L \cdot d^{-1}$); 2 – HPK influenta ($mg \cdot L^{-1}$); 3 – HPK efluenta ($mg \cdot L^{-1}$); 4 - % uklanjanja HPK; 5. prostorno opterećenje reaktora ($g \text{ HPK} \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$), 6 – uzlazna brzina toka vode u reaktoru ($m \cdot d^{-1}$)
* srednja vrednost perioda

Tabela 2. Statistički parametri zavisnosti srednjih desetodnevni vrednosti parametara procesa (y) od trajanja ispitivanja (x)

parametri procesa	statistički parametri					
	reaktor br 1. šećer : vmk = 10 : 1					
	n	y	s	c	gran. pover.	r
protok	16	21.7	6.0	27.5	18.4-24.9-	0.87
HPK _{influent}	16	2064	708	34.3	1674 - 2454	0.58
HPK _{effluent}	16	537	270	50.3	388 - 685	- 0.60
% uklanj. HPK	16	71.5	16.6	23.2	62.4- 80.6	0.74
prost. optereć.	16	1.91	1.01	52.8	1.39- 2.43	0.87
uzlazna brzina	16	4.60	1.84	40.0	3.58 - 5.61	0.86
reaktor br 2. šećer : vmk = 1 : 1						
	n	y	s	c	gran. pover.	r
protok	16	21.5	5.0	23.0	18.8 - 24.2	0.84
HPK _{influent}	16	2165	620	28.7	1823 - 2506	0.61
HPK _{effluent}	16	645	319	49.4	470 - 820	- 0.71
% uklanj. HPK	16	67.9	17.6	25.9	44.2 - 91.5	0.81
prost. optereć.	16	2.00	0.95	47.7	1.47 - 2.52	0.79
uzlazna brzina	16	2.60	0.58	22.2	2.28 - 2.91	0.53
reaktor br 3: šećer : vmk = 1 : 10						
	n	y	s	c	gran. pover.	r
protok	16	20.2	5.0	24.6	17.5 - 23.0	0.83
HPK _{influent}	16	2183	651	29.8	1824 - 2540	0.46
HPK _{effluent}	16	556	340	61.3	368 - 743	- 0.83
% uklanj. HPK	16	70.8	19.1	27.0	49.3 - 92.3	0.72
prost. optereć.	16	1.88	0.98	51.8	1.35 - 2.41	0.75
uzlana brzina	16	2.44	0.55	22.5	2.14 - 2.74	0.58

Poznato je da ispitivanje procesa sa granulnim muljem kada se primenjuju sintetičke otpadne vode zahteva dodavanje specifičnih elemenata i jedinjenja. tzv. mikronutrijenata. Pošto je sintetička otpadna voda pravljena sa vodovodnom vodom koja potiče iz podzemlja, u početku eksperimenta namerno u influent nisu dodavani propisani mikronutrijenti. Međutim, posle početnog povećavanja efikasnosti uklanjanja organskih materija izraženih preko vrednosti HPK koje je trajalo oko 30 dana počinje značajna stagnacija i čak smanjenje efikasnosti uklanjanja organskih materija izraženih preko hemijske potrošnje kiseonika (tabele 1 i 2). Zato je devedesetog dana trajanja eksperimenta počelo dodavanje za ovaj proces hranljivih materija i odmah se značajno povećao efekat uklanjanja organskih materija merenih kao HPK, što nedvosmisleno ukazuje na neophodnost dodavanja hranljivih materija kada influent ne sadrži sve potrebne materije za razvoj granulnog mulja. Dodavanje hranljivih materija isključivo se odnosi na sintetičke otpadne vode, tj. influente koji ne sadrži neophodne mikronutrijente ili specifične industrijske otpadne vode.

U tabeli 3 prikazani su vrednosti uklanjanja HPK u periodima pre i posle dodavanja za ovaj proces neophodnih hemikalija.



Detalj iz vodoprivredne laboratorije u Sarajevu

Snimio: G. Mirković

Tabela 3. Efekti uklanjanja organskih materija pre i posle dodavanja neophodnih mikronutrijenata

model br 1 - šećer:VMK = 10:1	model br 2 - šećer:VMK = 1:1	model br 3 - šećer:VMK = 1:10
srednje vrednosti uklanjanja HPK između 31. i 40. dana od početka ispitivanja (bez hranljivih materija)		
69.3 %	69.9 %	67.0 %
srednje vrednosti uklanjanja HPK između 81. i 90. dana od početka ispitivanja (bez hranljivih materija)		
58.1 %	59.8 %	41.8 %
srednje vrednosti uklanjanja HPK između 93. i 102. dana od početka ispitivanja (sa hranljivim materijama)		
78.8 %	68.5 %	73.9 %

Određivanje koncentracije granularnog mulja iz laboratorijskih modela male zapremine u toku eksperimenta radi praćenja razvoja granula i održavanja optimalnog opterećenja nije moguće iz dva osnovna razloga. Prvo, prirast granularnog mulja vrlo je mali, pa bi njegovo češće određivanje nepovoljno delovalo na tok samog procese. Drugo, manipulacija pri uzimanju uzoraka granula mogla bi omogućiti kontakt granula sa prekomernom koncentracijom kiseonika koji je štetan za najvažniji deo prisutnih mikroorganizama.

Zato je određivanje mase granula obavljeno na kraju eksperimenta koji je, računajući samo deo čiji je razvoj praćen određivanjem odgovarajućih parametara, trajao 160 dana. Postupak je bio sledeći. Zauzastavljen je dovod influenta i recirkulacija efluenta. Posle izvesnog vremena, kada je prestao razvoj gase i podizanje granula sa dna reaktora, uzet je uzorak granula i u njemu je određena koncentracije ukupne biomase, njen volatilni (organski) i neorganski deo. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4. Koncentracije granularnog mulja u reaktorima, prostorno organsko opterećenje i organsko opterećenje granularnog mulja na kraju eksperimenta

parametri procesa	reaktor br. 1	reaktor br. 2	reaktor br. 3
ukupna masa granula u reaktoru (g)	650.64	807.60	850.56
volatilna masa granula u reaktoru (g)	590.40	675.60	664.32
% volatilne mase granula u reaktoru	90.7	83.7	78.1
% mineralne mase granula u reaktoru	9.3	16.3	21.9
ogransko opterećenje granula poslednja tri dana trajanja eksperimenta (gHPK·g ⁻¹ VMM·d ⁻¹)	0.153	0.133	0.152
ukupna masa granula u reaktoru (g·L ⁻¹)	27.10	33.65	35.44
ukupna volatilna masa granula (g·L ⁻¹)	24.60	28.15	27.76
prostorno opterećenje reaktora (kgHPK·m ⁻³ ·d ⁻¹)	3.91	3.73	4.18

Rezultati su pokazali da u reaktoru broj 1 ukupna masa granula u zapremini od 24 L iznosi 650.64 grama, od čega se 90.7 %, odnosno 590.4 g odnosi na volatilni i 9.3%, odnosno 60.64 g na mineralni deo. To odgovara 24.59 g·L⁻¹ za organski i 2.52 g·L⁻¹ mineralni deo.

U reaktoru br. 2 ukupna masa granula iznosila je 807.60 g, odnosno 33.65 g·L⁻¹, a u reaktoru br. 3 gde je najveći udeo volatilnih masnih kiselina – 35.44 g·L⁻¹.

Organsko opterećenje granula na kraju eksperimenta niže je od preporučenih koje, prema Verspril-

le 2002, iznosi 0.3 – 0.6 kg HPK·kg⁻¹·VMM·d⁻¹ i iznosilo je kako sledi:

- model br. 1 (šećer:VMK = 10:1) = 0.15 g HPK·g⁻¹VMM
- model br. 1 (šećer:VMK = 1:1) = 0.13 g HPK·g⁻¹VMM
- model br. 1 (šećer:VMK = 1:10) = 0.15 g HPK·g⁻¹VMM

Prosečan prirast granula bio je sledeći:

- reaktor 1: 24.6 g·L⁻¹ : 161 dana = 0.153 g·d⁻¹
- reaktor 2 : 28.15 g·L⁻¹ : 161 dana = 0.175 g·d⁻¹
- reaktor 3 : 27.68 g·L⁻¹ : 161 dana = 0.172 g·d⁻¹

U tabeli 5 prikazani su efekti uklanjanja ukupnih organskih materija (HPKuk) volatilnih masnih kiselina (HPKvmk), kao i procenti uklanjanja HPK od šećera i produkata razgradnje šećera i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina .

Prema podacima iz tabele 5, u laboratorijskom modelu broj 1 trend HPK od uklanjanja volatilnih masnih kiselina i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina sledi uklanjanje ukupnog HPK, to jest posle početnog povećanja efekata smanjenja HPK nastaje stagnacija, a zatim, odmah posle početka dodavanja potrebnih hranljivih mikronutrijenata efekti se povećavaju do kraja eksperimenta. Karakteristično je da za sve tri posmatrane vrste smanjenja HPK (ukupno, od VMK i od produkata razgradnje šećera i VMK) ukupna srednja vrednost praktično iden-

tična i da se kreće u uskom dijapazonu od minimalno 65.0 % do maksimalno 68.5%. Inače, značajno se povećao efekat smanjenja vrednosti HPK posle početka dodavanja mikonutrijenata što nedvosmisleno ukazuje na neophodnost dodavanja hranljivih materija kada influent ne sadrži sve potrebne materije za

razvoj granularnog mulja. Otpadne vode prehrambenih industrija, naravno, sadrže sve neophodne materije koje su potrebne za uspešan razvoj granula i zadovoljavajući proces prečišćavanja pomoću granularnog mulja.

Tabela 5. Efekti uklanjanja HPKukupno, HPKVMK i HPK koji potiče od šećera i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina

dani od početka	model br.1 - šećer : VMK = 10:1			model br. 2 - šećer : VMK = 1:1			model br. 3 - šećer : VMK = 1:10		
	procenti uklanjanja			procenti uklanjanja			procenti uklanjanja		
	HPK _{uk}	HPK _{vmk}	*	HPK _{uk}	HPK _{vmk}	*	HPK _{uk}	HPK _{vmk}	*
7	57.9	52.1	58.5	53.4	93.8	13.1	66.9	95.3	< 0
10	55.4	62.6	54.6	49.4	93.3	5.6	53.5	97.3	< 0
13	58.7	60.0	58.6	43.7	89.1	-	52.4	96.7	< 0
21	59.8	66.1	59.1	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	59.6	95.3	23.9	72.7	97.7	< 0
29	72.1	81.1	71.2	71.9	96.8	47.1	-	-	-
35	66.3	81.4	64.6	68.0	95.3	40.7	61.1	98.6	< 0
41	69.7	75.4	69.0	59.8	93.4	26.2	58.6	96.8	< 0
48	78.0	73.6	78.5	63.4	96.5	30.3	62.3	96.7	< 0
49	57.0	80.1	54.4	55.6	98.7	12.4	51.2	96.9	< 0
50	67.5	80.4	66.1	58.6	97.3	19.9	58.2	97.6	< 0
51	60.9	83.7	58.4	59.1	97.5	20.7	61.9	97.7	< 0
71	41.1	72.4	37.6	47.7	95.2	-	42.3	98.2	< 0
72	48.2	71.9	45.6	53.7	93.4	14.0	48.1	96.3	< 0
73	51.5	52.8	51.4	56.0	91.7	20.4	52.0	94.9	< 0
76	57.8	54.1	58.2	46.2	90.4	1.9	50.1	94.3	< 0
77	54.1	48.9	54.7	36.7	92.6	-	47.0	93.4	< 0
79	51.0	40.0	52.2	35.0	87.8	-	30.3	91.3	< 0
84	61.4	38.0	64.0	65.7	89.6	41.9	53.1	95.2	< 0
104	90.7	50.0	95.2	75.4	86.6	64.2	87.5	94.2	27.8
112	92.1	46.1	97.3	88.8	90.1	87.5	88.8	95.6	27.9
118	92.4	38.6	98.4	93.1	89.5	96.8	91.3	95.3	55.3
134	93.1	65.4	96.2	94.5	94.9	94.1	92.9	97.8	49.0
139	92.3	78.0	93.9	92.0	96.0	88.0	94.4	98.0	61.8
146	85.8	74.0	87.1	87.4	95.7	79.2	95.3	97.8	72.7
153	76.2	80.5	75.7	86.7	96.7	76.7	96.8	98.3	83.4
160	80.6	84.0	80.2	78.9	96.2	61.7	-	-	-
rezultati bez podatka od 51.do 84. dana ispitivanja									
n	18	18	18	18	18	17	16	16	-
a	59.021	67.561	58.077	51.030	94.169	10.72	51.689	96.777	-
b	0.2069	0.00972	0.2288	0.264	0.00011	0.504	0.302	0.00	-
r	0.83	0.04	0.80	0.89	0.019	0.87	0.91	0.08	-
svi rezultati									
n	26	26	26	26	26	22	24	24	7
a	52.348	65.142	50.901	44.786	93.794	3.375	43.798	96.342	-76.116
b	0.2103	2.148	0.234	0.264	0.027	0.520	0.294	-0.0002	0.997
r	0.617	0.08	0.62	0.68	- 0.04	0.80	0.65	0.004	0.93
y _{sr}	68.1	65.05	68.5	64.6	93.6	43.9	65.4	96.3	-

* procenti uklanjanja HPK od šećera i produkata razgradnje šećera i produkata razgradnje šećera i VMK

U laboratorijskom modelu br. 2 (odnos konzumnog šećera i VMK = 1 : 1) stepen uklanjanja VMK u celom toku eksperimenta je visok i iznosio je prosečno 93.6% sa vrlo uskim granicama poverenja od 92.2 do 95.0 %. Ukupni efekti smanjenja HPK bili su visoki i u periodu kada je odsustvo mikronutrijenata delovalo nepovoljno na ceo proces, ali su, ipak, bili manji. Efekti uklanjanja ukupnog HPK vrlo su slični vrednostima koje su konstatovane u modelu 1 (64.6 %, odnosno 68.1%). Za razliku od prethodnog modela gde su procenti uklanjanja HPK od šećera i produkata razgradnje relativno visoki i ne razlikuju se značajno od efekata za ostale komponente sastava influenta, udeo procenta uklanjanja HPK od šećera i produkata njegove razgradnje, kao i razgradnje volatilnih kiselina su mali i iznose prosečno svega 35.6 %.

Kao i u dva prethodna slučaja, u modelu br 3 utvrđeno je da procenat uklanjanja ukupnog HPK iznosi oko 65 % i statistički se bitno ne razlikuje od rezultata u ostala dva reaktora gde su odnosi šećera i volatilnih masnih kiselina bili drugačiji. Međutim, u ovom slučaju vrlo je indikativno da je do polovine trajanja eksperimenta procenat uklanjanja HPK od šećera i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina imao negativnu vrednost, da bi posle oko 100 dana trajanja eksperimenta razgradnja ovih komponenti postala pozitivna uz stalni porast efekta uklanjanja ovih komponenti influenta koji na kraju eksperimenta dostiže vrednost od 83.4 %. Efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina visoki su od početka eksperimenta i takvi ostaju do kraja. Tako je već sedmog dana trajanja eksperimenta efekat ukla-

njanja HPK koji potiče od tri prisutne volatine masne kiseline iznosio preko 95%. U periodu kada je u ostala dva reaktora značajno bio smanjen efekat ukupnog HPK, u ovom reaktoru je to zabeleženo samo u odnosu na ukupni HPK u istim intervalima trajanja eksperimenta kao kod dva ostala reaktora. Međutim, to se nije odrazilo na vrednosti uklanjanja HPK koje se odnose na volatilne masne kiseline.

Radi bolje preglednosti u tabeli 6 prikazane su vrednosti uklanjanja pojedinih komponenti sastava otpadnih voda izraženih preko vrednosti HPK.



Detalj iz vodoprivredne laboratorije u Sarajevu

Snimio: G. Mirković

Tabela 6. Statistički parametri vrednosti uklanjanja HPK ukupni, HPK_{VMK} i HPK od šećera i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina

statistički parametri	% uklanjanja HPK _{ukup}	% uklanjanja HPK _{VMK}	% uklanjanja HPK od šećera i produkata razgradnje šećera i VMK
REAKTOR br 1, šećer : VMK = 10 : 1			
n	26	26	26
x _{sr}	68.1	65.0	68.5
s	15.7	15.3	17.4
c	23.1	23.5	25.5
granice poverenja	61.6 - 72.6	58.8 – 71.3	61.3 – 75.7
REAKTOR br 2, šećer : VMK = 1 : 1			
n	26	26	26
x _{sr}	64.6	93.6	35.7
s	17.8	3.3	35.2
c	27.5	3.5	98.7
granice poverenja	57.3 – 71.9	92.2 – 95.0	21.2 – 50.2
REAKTOR br 3, šećer : VMK = 1 : 10			
n	25	25	procenat uklanjanja šećera i produkata razgradnje šećera i VMK ima negativnu vrednost do 84.dana; posle ovaj parametar raste do kraja eksperimenta
x _{sr}	65.4	96.3	
s	19.6	1.8	
c	30.0	1.9	
granice poverenja	56.9 - 73.8	95.6 – 97.1	

Procenti uklanjanja HPK koji se odnose na ukupne organske materije (šećer + volatilne masne kiseline) u sva tri reaktora statistički se ne razlikuju i kreću se u granicama poverenja od 56.9 do 74.6 %, a njihove srednje aritmetičke vrednosti su skoro identične.

Efekti uklanjanje ukupnih volatilnih masnih kiselina u reaktorima 2 i 3 vrlo su visoki (93.6 i 96.3%). Ove vrednosti , premda bliske, statistički se razlikuju.

Procenat uklanjanja HPK koji se odnosi na šećer i produkte razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina u reaktoru broj 3 u kome je odnos šećera i volatilnih masnih kiselina iznosio 1 : 10 bio je negativan sve do 84. dana trajanja eksperimenta. Posle tog perioda efekat uklanjanja HPK koje potiče od razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina pravilno raste i 154 dana dostiže vrednost od 83.4 % (koeficijent korelacije, $r = 0.96$).

U tabeli 7 navode se podaci o koncentracijama pojedinih i ukupnih volatilnih masnih kiselina u influentu i efluentu laboratorijskih modela, kao i o efekti-

ma uklanjanja pojedinih komponenata otpadnih voda u modelu br.1 (šećer : VMK = 10:1).

Trend vrednosti HPK koje se odnose na uklanjanje volatilnih masnih kiselina i produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina sledi trend uklanjanja ukupnog HPK. Tako, posle početnog povećanja efekata smanjenja HPK dolazi do stagnacije razgradnje, a zatim, posle početka dodavanja potrebnih hranljivih materija, do kraja eksperimenta efekti se naglo povećavaju. Karakteristično je za sve tri posmatrane vrste smanjenja HPK (ukupni, od volatilnih masnih kiselina i od produkata razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina) da je ukupna srednja vrednost praktično identična i da se kreće od minimalno 65.0% do maksimalno 68.5 %. Inače, granice poverenja srednjih vrednosti su široke za sve tri ispitivane kombinacije konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina iz istih razloga zbog kojih se pogoršavaju vrednosti HPK u efluentima usled nedostatka potrebnih hranljivih mikonutrijenata i rasta granularnog mulja, čije su koncentracija bile vrlo male.



I na ovaj način se trudimo zagaditi naše rijeke (snimljeno u Kiseljaku na r. Fojnici)

Snimio: M. Lončarević

Tabela 7. Efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina u toku eksperimenta (model br. 1, šećer : VMK = 10:1)

dani ispitivanja	koncentracija VMK u influentu (mgHPK·L ⁻¹)				koncentracija VMK u efluentu (mgHPK·L ⁻¹)				efekti uklanjanja VMK (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	model br 1: šećer VMK = 10:1				model br 1: šećer VMK = 1:1				model br 1: šećer VMK = 1:10			
7	84.5	42.25	42.25	169	34	27	20	81	59.8	36.1	52.7	52.1
10	89.5	44.75	44.75	179	35	19	13	67	60.9	57.5	70.9	62.6
13	92.5	46.25	46.25	185	37	22	15	74	60.0	52.4	67.6	60.0
21	93.0	46.5	46.5	186	22	1	40	63	76.3	97.8	14.0	66.1
29	116.5	58.25	58.25	233	18	10	16	44	84.5	82.8	72.5	81.1
35	121	60.5	60.5	242	23	12	10	45	81.0	80.2	83.5	81.4
43	118	59	59	236	28	16	15	58	76.3	72.9	74.6	75.4
48	123	61.5	61.5	246	29	21	15	65	76.4	65.9	75.6	73.6
49	73	36.5	36.5	146	14	9	6	29	80.8	75.3	83.6	80.1
50	69	34.5	34.5	138	12	9	6	27	82.6	73.9	82.6	80.4
51	64.5	32.25	32.25	129	9	7	5	21	86.0	78.3	84.4	83.7
71	76	38	38	152	22	11	9	42	71.1	71.1	76.3	72.4
72	73	36.5	36.5	146	22	8	11	41	70.0	78.1	69.9	71.9
73	63.5	31.75	31.75	127	31	7	22*	60*	51.1	78.0	30.7	52.8
76	73	36.5	36.5	146	31	6	30*	67*	57.5	83.6	17.8	54.1
77	67.5	33.75	33.75	135	31	8	30*	69*	54.1	76.3	11.1	48.9
78	60	30	30	120	38	9	25*	72*	36.7	70.0	16.7	40.0
84	71	35.5	35.5	142	55	13	20*	88*	22.5	63.4	43.7	38.0
104	73	36.5	36.5	146	33	10	30*	73*	54.8	72.6	17.8	50.0
112	89	44.5	44.5	178	42	14	40*	96*	52.8	68.5	10.1	46.1
118	85.5	42.75	42.75	283	52	12	41	105	39.2	71.9	4.1	38.6
134	141.5	70.75	79.75	283	46	19	33	98	67.5	73.1	53.4	65.4
139	143	71.5	71.5	286	32	13	18	63	77.6	81.8	74.9	78.0
146	176.5	88.25	88.25	353	47	21	23	91	73.4	76.2	73.9	74.2
153	177.5	88.75	88.75	355	38	16	15	69	78.6	82.0	83.1	80.6
160	171	85.5	85.5	342	30	16	10	56	82.5	81.3	88.3	83.6
n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
x _{sr}	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1	75.1
r	0.54	0.54	0.54	0.46	0.47	0.04	0.26	39.4	- 0.08	0.34	0.08	- 0.9
y _{sr}	99.4	49.72	49.72	195	31	12.9	20	64	65.9	73.1	55.1	63.9
s _v	36.5	18.26	18.51	77	12	6.0	11	22	16.4	11.7	29.2	17.7
c _v	36.7	36.7	36.7	39.5	37.4	46.2	54.4	34.4	24.3	16.0	52.9	27.7
granice pover.	60.1- -90.2	42.2- -57.2	42.2- -57.2	164- -226	26- -36	11- -15	24- -16	55 73	59- -73	68- -78	43- -67	57- -71

* procena; 1 - sirćetna kiselina; 2 - propionska kiselina; 3 - buterna kiselina ; 4 - ukupno volatilne masne kiseline; koncentracije su izražene kao mg HPK.L⁻¹

U tabeli 8 prikazani su podaci o koncentracijama pojedinih i ukupnih volatilnih masnih kiselina u influentima i efluentima laboratorijskog modela br 2, kao i o efektima uklanjanja pojedinih komponenata otpadnih voda u modelu br. 2 (šećer : VMK = 1:1).

Za razliku od rezultata navedenih u tabeli 5, efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina u reaktoru 2 (šećer : VMK = 1:1) vrlo su visoki od početka eksperimenta i u srednjoj vrednosti su iznosili 93.6 % sa vrlo uskim granicama poverenja od 92.2 do 95.0 %. Potrebno je istaći da su ukupni efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina bili visoki i u periodima kada su na ostale parametre kvaliteta (komzumni šećer i produkti razgradnje šećera i volatilnih masnih kiselina)

na) bili znatno niži (prosečni efekat samo 35.6%).

Uklanjanje ukupnog HPK vrlo je slično prethodno saopštenim rezultatima (model br. 1) , jer je prosečni efekat uklanjanja ukupnog HPK iznosio 64.6 % u odnosu na 68.1% u modelu br. 1.

U tabeli 9 prikazane su koncentracije volatilnih masnih kiselina u influentu i efluentu modela kao i efekti uklanjanja pojedinih i ukupnih volatilnih masnih kiselina.

U modelu 3 sa influentom u čijem sastavu dominiraju volatilne masne kiseline efekti uklanjanja pojedinih kiselina vrlo su visoki i srednje vrednosti su praktično identične. U sva tri reaktora buterna kiselina ima najmanji efekat uklanjanja.

Tabela 8. Efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina u toku eksperimenta (model br. 2, šećer : VMK = 1:1)

dani ispitivanja	koncentracija VMK u influentu (mg HPK·L ⁻¹)				koncentracija VMK u efluentu (mgHPK·L ⁻¹)				efekti uklanjanja VMK (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	model br 1: šećer VMK = 10:1				model br 2: šećer VMK= 1:1				model br 3: šećer VMK = 1:10			
7	442.5	221.25	221.25	885	25	18	12	55	94.4	91.9	94.6	93.8
10	482.5	241.25	241.25	965	32	18	15	65	93.4	92.5	93.8	93.3
13	460	230	230	920	44	38	18	100	90.4	83.5	92.2	89.1
23	465	232.5	232.5	930	17	5	22	44	96.3	97.8	90.5	95.3
29	595	297.5	297.5	1190	18	10	10	38	97.0	96.6	96.6	96.8
35	527.5	263.75	263.75	1055	23	16	11	50	95.6	93.9	95.8	95.3
43	547.5	273.75	273.75	1095	28	24	20	72	94.9	91.2	92.7	93.4
48	527.5	263.75	263.75	1055	17	11	9	37	96.8	95.8	96.6	96.5
49	547.5	273.75	273.75	1095	7	4	3	14	98.7	98.5	98.9	98.7
50	560	280	280	1120	13	10	7	30	99.7	96.4	97.5	97.3
51	567.5	283.75	283.75	1135	11	10	7	28	98.1	96.5	97.5	97.5
71	522.5	261.25	261.25	1045	23	16	11	50	95.6	93.9	95.8	95.2
72	477.5	238.75	238.75	955	30	13	20	63	93.7	94.6	91.6	93.4
73	480	240	240	960	31	9	40	80	93.5	96.3	83.3	91.7
76	412.5	206.25	206.25	825	32	6	41	79	92.2	97.1	80.1	90.4
77	420	210	210	840	26	6	30	62	93.8	97.1	85.7	92.6
78	380	190	190	760	32	8	53	93	91.6	95.8	72.1	87.8
84	455	227.5	227.5	910	37	37	51	95	91.9	96.9	77.6	89.5
104	370	185	185	740	37	12	50	99	90.0	93.5	73.0	86.6
112	422.5	211.25	211.25	845	32	11	41	84	92.4	94.8	80.6	90.1
118	400	200	200	800	35	14	35	84	91.3	93.0	82.5	89.5
134	737.5	368.75	368.75	1475	35	16	24	75	95.3	95.7	93.5	94.9
139	745	372.5	372.5	1490	30	12	17	59	96.0	96.8	95.4	96.0
146	845	422.5	422.5	1690	34	19	19	72	96.0	95.5	95.5	95.7
153	870	435	435	1740	31	14	12	57	96.4	96.8	97.2	96.7
160	855	427.5	427.5	1710	38	27	0	65	95.6	93.7	100	96.2
n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
x _{sr}	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2
r	0.58	0.58	0.58	0.58	0.44	0.02	0.19	0.30	-0.06	0.17	0.15	-0.03
y _{sr}	543	271	271	1086	27.6	14.8	22	63	94.7	94.9	90.4	93.6
s _y	147.6	73.8	73.8	295	9.2	8.7	16	23	2.4	3	8.2	3.3
c _y	27.2	27.2	27.2	27.2	33.3	58.6	68.9	36.1	2.6	3.1	9.1	3.5
gran. pov.	482- -604	241- -301	241- -301	964- 1207	23.8- 31.3	11.2- -18.3	16 29	42 85	93.7- -95.7	93.6- -96.1	87.0- -93.8	92.2- -95.0

1 – sirćetna kiselina; 2 – propionska kiselina; 3 – buterna kiselina; 4 – ukupno volatilne masne kiseline; koncentracije su izražene kao mg HPK·L⁻¹



Tabela 9. Efekti uklanjanja volatilnih masnih kiselina u toku eksperimenta (model br. 3, šećer : VMK = 1:10)

dani ispitivanja	koncentracija VMK u influentu (mgHPK·L ⁻¹)				koncentracija VMK u efluentu (mgHPK·L ⁻¹)				efekti uklanjanja VMK (%)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	model br 1: šećer VMK = 10:1				model br 1: šećer VMK =1:1				model br 1: šećer VMK = 1:10			
7	1125	562.5	562.5	2250	43	36	26	105	96.2	93.6	95.4	95.3
10	1129.5	564.75	564.75	2259	29	18	14	61	97.4	96.8	97.5	97.3
13	1165.5	582.75	582.75	2331	39	25	14	78	96.7	95.7	97.6	96.7
23	1188	594	594	2376	21	6	28	55	98.2	99.0	95.3	97.7
30	940.5	470.25	470.25	1881	13	8	6	27	98.6	98.3	98.7	98.6
43	927	463.5	463.5	1854	24	19	16	59	97.4	95.9	96.5	96.8
48	877.5	438.75	438.75	1755	25	21	13	59	97.2	95.3	97.0	96.6
49	616.5	308.25	308.25	1233	18	12	8	38	97.1	96.1	97.4	96.9
50	585	292.5	292.5	1170	12	10	6	28	97.9	96.6	97.9	97.6
51	576	288	288	1152	11	9	7	27	98.1	96.9	97.6	97.7
71	904.5	452.25	452.25	1809	17	9	7	33	98.1	98.0	98.5	98.2
72	814.5	407.25	407.25	1629	30	12	18	60	96.3	97.1	95.3	96.3
73	787.5	393.75	393.75	1575	32	9	39	80	95.9	97.7	90.1	94.9
76	693	346.5	346.5	1386	28	5	46	79	96.0	98.6	86.7	94.3
77	679.5	339.75	339.75	1359	35	10	44	89	94.8	97.1	87.0	93.5
78	517.5	258.75	258.75	1035	31	9	50	90	94.0	96.5	80.7	91.3
84	733.5	366.75	366.75	1467	28	6	37	71	96.2	98.4	89.9	95.2
104	679.5	339.75	339.75	1359	32	10	38	80	95.3	97.1	89.1	94.2
112	774	387	387	1548	27	8	33	68	96.5	97.9	91.5	95.6
118	805.5	402.75	402.75	1611	31	12	33	76	96.2	97.0	91.8	95.3
134	1314	657	657	2628	26	13	18	57	98.0	98.0	97.3	97.8
137	1318.5	659.25	659.25	2637	25	11	16	52	98.1	98.3	97.6	98.0
146	1534.5	767.25	767.25	3069	34	18	15	67	97.8	97.7	98.0	97.8
153	1575	787.5	787.5	3150	28	15	11	54	98.2	98.1	98.6	98.3
n	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
x _{sr}	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3
r	0.31	0.30	0.30	0.30	0.11	-0.32	0.17	0.05	-0.05	0.49	-0.13	-0.02
y _{sr}	935.5	463.8	463.8	1855	26.6	13.0	22.6	62.2	96.9	97.2	94.3	96.2
s _y	291.3	150.7	150.7	603	8.1	7.1	14.0	21.0	1.2	1.2	4.8	1.8
c _y	31.1	32.5	32.5	32.5	30.5	54.3	62.1	33.8	0.05	1.3	5.1	0.03
granice pover.	810- -1061	398.8- -528.8	398.8- -528.8	1595- -2115	23.1- -30.1	4.0- -16.0	16.6- -28.7	42- -82	96.4- -97.4	96.6- -97.7	92.2- 96.4	95.5- -97.1

1 - sirćetna kiselina; 2 - propionska kiselina; 3 - buterna kiselina ; 4 - ukupno volatilne masne kiselina; koncentracije su izražene kao mg HPK.L⁻¹

ZAKLJUČCI

1. Osnovni cilj ovih istraživanja bio je razvoj granularnog mulja u laboratorijskim reaktorima sa sintetičkom otpadnom vodom koja se sastojala od konzumnog šećera i volatilnih masnih kiselina (sirćetna, propionska i buterna u odnosu 2:1:1).

2. Za vreme trajanja eksperimenta koji je iznosilo 160 dana razvijene su sledeće količine granularnog mulja u reaktorima:

Reaktor 1 (šećer : VMK = 10 : 1) = 24.6 g·L⁻¹, odnosno 0.153 g·d⁻¹

Reaktor 2 (šećer : VMK = 1 : 1) = 28.15 g·L⁻¹, odnosno 0.175 g·d⁻¹

Reaktor 3 (šećer : VMK = 1 : 10) = 27.68 g·L⁻¹, odnosno 0.172 g·d⁻¹

3. Pokazalo se da ovaj sastav influenta bez dodavanja za ovaj proces potrebnih mikronutrijenata nema zadovoljavajuće efekte smanjenja organskih konstituenata otpadnih voda. Kada su u influent počelo dodavanje za ovaj proces neophodnih mikronutrijenata efekti uklanjanja organskih materija su se naglo poboljšavali i , zavisno od prostornog opterećenja, iznosili preko 90% uklanjanja ukupnog HPK.

4. Prosečne vrednosti ukupnih volatilnih masnih kiselina u efluentima sva tri reaktora praktično se ne razlikuju i iznose kako sledi:

- model 1: šećer : VMK = 10:1 – prosečna koncentracija ukupnih kiselina u efluentu je 64 mg·L⁻¹,
- model 1: šećer : VMK = 1:1 – prosečna koncentracija ukupnih kiselina u efluentu je 63 mg·L⁻¹,
- model 1: šećer : VMK = 1:10 – prosečna koncentracija ukupnih kiselina u efluentu je 62 mg·L⁻¹.

5. U modelu br. 3 u čijem influentu dominiraju volatilne masne kiseline efekti uklanjanja pojedinih kiselina i naravno ukupnih volatilnih kiselina vrlo su visoki i praktino se ne razlikuju.

2.1. Razvoj granula sa influentom koji se sastoji od granula skroba iz krompira i volatilnih masnih kiselina

Kao i u prethodnom ispitivanju sa konzumnim šećerom i volatilnim masnim kiselinama, cilj ovog eksperimenta bio je razvoj granularnog mulja, ali su umesto konzumnog šećera korišćene granule skroba iz krompira i ista kombinacija volatilnih masnih kiselina. Ispitivanja su obavljena paralelno u dva reaktora sa sledećim sastavom influenata:

- Reaktor broj 1: odnos granula skroba i VMK = 1:1
- Reaktor broj 2: odnos granula skroba i VMK = 1:10

Vrsta i međusobni odnosi volatilnih masnih kiselina bili su isti kao i kod prethodnog ispitivanja, to jest:

sirćetna kiselina : propionska kiselina : buterna kiselina = 2 : 1 : 1.

Radi potvrde pretpostavke da je zastoj u procesu razvoja granularnog mulja u eksperimentima sa šećerom i volatilnim masnim kiselinama prouzrokovao odsustvom potrebnih mikronutrijenata, za ovaj eksperiment neophodni mikronutrijenti su od početka do kraja eksperimenta dodavani u influent reaktora.

Kao i u prethodnim ispitivanjima svi parametri mereni su svakodnevno a rezultati koji slede prikazani su kao srednje desetodnevne vrednosti zajedno sa pripadajućim statističkim parametrima (tabele 10 i 11).

Kao što se vidi iz ovih tabela, postoji vrlo značajna korelacija između parametara procesa i vremena trajanja ispitivanja, pri čemu svi parametri imaju pravi trend rasta, što je normalno jer je za stvaranje granula dobrog kvaliteta osnovni uslov da se opterećenje organskom materijom postepeno povećava. Jedini izuzetak predstavlja vrednost HPK influenta u modelu 1 gde je odnos granula skroba i volatilnih masnih kiselina izosio 1:1 i gde se sve vrednosti kreću u relativno uskim granicama i ne ispoljavaju tendenciju trenda (minimalna vrednost HPK iznosila je 133, a maksimalna 316)

Tabela 10. Srednje vrednosti parametara procesa i njihova zavisnost od vremena trajanja ispitivanja (granule skroba : VMK = 1:1)

sred.vrednost perioda (dan)*	protok (L·dan ⁻¹)	influent	efluent	efekat prečiš. (%)	uzlazna brzina (m·d ⁻¹)	prostorno optereć.**
		HPK g·m ⁻³				
5.5	18.2	1420	183	85.7	1.99	0.98
15.5	20.7	1500	224	85.1	3.32	1.29
25.5	20.5	1500	183	87.8	2.32	1.28
35.5	18.4	1900	133	92.6	2.08	1.41
45.5	19.5	2000	163	91.9	2.20	1.63
55.5	29.9	2000	316	84.2	3.38	2.49
65.5	30.2	2000	268	86.5	3.41	2.52
75.5	25.4	2000	199	90.1	2.87	2.12
85.5	28.6	2400	239	90.0	3.23	2.79
95.5	31.7	2500	174	93.0	3.58	3.30
105.5	31.3	2850	190	93.3	3.64	3.64
115.5	27.9	3200	208	93.5	3.15	3.65
125.5	34.0	3850	213	94.4	3.84	5.39
135.5	36.4	4450	217	95.2	4.11	6.69
145	40	4500	118	97.4	3.52	7.50
a	17.000	915.08	209.29	85.197	2.249	- 2.037
b	0.139	21.506	- 0.098	0.0731	1.140	0.0412
r	0.91	0.94	0.09	0.81	0.76	0.92
x _{sr}	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5
y _{sr}	27.5	2538	202	90.7	3.11	3.11

* sredina perioda ispitivanja, ** g HPK·L⁻¹·d⁻¹



Slika sve govori – deponija na r. Bila u Vitezu

Snimio: M. Lončarević

Za razliku od ispitivanja sa konzumnim šećerom, u ovom eksperimentu svi parametri pokazuju vrlo visoku zavisnost od trajanja eksperimenta, što potvrđuje ispravno povećanje opterećenja u toku čitavog trajanja oglada. Ovo je značajno za ocenu vođenja procesa, jer ne treba zaboraviti da se radi o razvoju granularnog mulja, najosetljivijoj fazi ovog procesa. Ovo ujedno potvrđuje pretpostavku da je poremećaj pri ispitivanju otpadne vode koja je sadržavala konzumni šećer i volatilne masne kiseline prouzro-

kovan odsustvom neophodnih hranljivih materija za ovaj proces.

U tabeli 12 prikazane su zavisnosti osnovnih parametara procesa od trajanja eksperimenta. Kao što se vidi iz prikazanih rezultata postoji vrlo izražena korelacija između vrednosti parametara procesa i vremena trajanja eksperimenta. Jedino odstupanje konstatovano je u slučaju eksperimenta u modelu broj 1 (HPK_{ef}).

Tabela 11. Srednje vrednosti parametara procesa i njihova zavisnost od vremena trajanja ispitivanja (granule skroba : VMK = 1:10)

sred.vrednost perioda (dan)	protok (L·dan ⁻¹)	influent	efluent	efekat prečišćavanja (%)	uzlazna brzina (m·d ⁻¹) (m·d ⁻¹)	prostorno opterećenje**
		HPK g·m ⁻³				
5.5	15.8	1420	537	63.1	1.79	0.90
15.5	18.6	1500	690	54.0	2.10	1.17
25.5	20.0	1500	477	68.2	2.26	1.25
35.5	20.0	1500	444	70.4	2.26	1.25
45.5	23.5	1500	279	81.4	2.66	1.47
55.5	25.7	1500	278	81.5	2.91	1.61
65.5	24.6	1900	161	91.9	2.78	1.90
75.5	26.5	2000	102	94.9	2.99	2.21
85.5	33.3	2400	231	90.5	3.76	3.27
95.5	33.0	2500	193	92.3	3.72	3.43
105.5	30.6	2850	110	96.1	3.46	3.57
115.5	30.3	3200	66	97.9	3.42	3.98
125.5	33.8	4150	45	98.9	3.82	5.71
135.5	38.6	5150	55	98.9	4.36	8.07
145	40.0	6000	30	99.5	4.52	10.0
a	15.634	432.546	561	62.298	1.769	- 0.715
b	0.159	28.783	- 4.163	0.305	0.0179	0.0535
r	0.96	0.89	0.91	0.92	0.96	0.88
x _{sr}	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5	75.5
y _{sr}	27.6	2605	247	85.3	3.12	3.32

* sredina perioda ispitivanja, ** g HPK·L⁻¹·d⁻¹

Tabela 12. Zavisnost parametara procesa od vremena trajanja eksperimenta

statistički parametri	protok (L·d ⁻¹)	HPK _{inf} g·m ⁻³	HPK _{eff} g·m ⁻³	efekat (%)	V _{uzlazno} m·d ⁻¹	prostorno* opterećenje
model br. 1 - granule skroba : VMK = 1 : 1						
n	145	145	144	144	144	144
r	0.85	0.92	- 0.17	0.72	0.85	0.91
model br. 2 - granule skroba : VMK = 1 : 10						
n	145	145	145	145	145	145
r	0.94	0.89	- 0.86	0.86	0.94	0.88

* kgHPK·m⁻³·d⁻¹

U tabeli 13 prikazane su koncentracije granularnog mulja u reaktorima na kraju eksperimenta.

Tabela 13. Koncentracija granularnog mulja u reaktorima na kraju ispitivanja

	reaktor 1, granule skroba:VMK = 1:1		reaktor 2, granule skroba:VMK = 1:10	
	g u 24 L	g·L ⁻¹	g u 24 L	g·L ⁻¹
ukupna masa	164.14	6.84	86.37	3.60
	100 %		100 %	
volatilna masa	99.45	4.14	59.92	2.50
	60.6		69.4	
mineralna masa	64.69	2.70	26.42	1.10
	39.4		30.6	

Prema tome, prosečni prirast granula iznosio je:

- model br. 1: 6.84 g za 149 dana = 0.0459 g na dan
- model br. 2: 3.60 g za 149 dana = 0.0241 g na dan

Na osnovu podataka o koncentraciji granula na kraju eksperimenta i odgovarajućih vrednosti protoka i HPK, organsko opterećenje granularnog mulja iznosilo je kako sledi:

- reaktor 1: 180 g HPK d⁻¹: 99.45 g VMG = 1.81 g HPK·g VMM·d⁻¹
- reaktor 2: 105 g HPK d⁻¹ : 59.92 g VMG = 1.75 g HPK·g VMM·d⁻¹

Kao što se vidi iz navedenih rezultata, organsko opterećenje granularnog mulla u oba reaktora praktično se vrlo malo razlikuju. Postignuti visoki efekti smanjenja HPK uz veoma veliko opterećenje granularnog mulja jedino se mogu objasniti prisustvom visokih koncentracija volatilnih masnih kiselina i verovatno brzom hidrolizom granula skroba. U reaktoru 2 gde je odnos skroba prema volatilnim masnim kiselinama iznosio 1:10 prinos granularnog mulja znatno je manji nego u reaktoru 1 u kome je odnos granula skroba i volatilnih masnih kiselina iznosio 1 : 1.

Praktično od samog početka eksperimenta volatilne masne kiseline razgrađuju se sa velikim efektom koji je gotovo u svim merenjima veći od 90 %. Koeficijenti varijacije posmatrani za ceo period ispitivanja

i za oba modela su vrlo mali. Ovo je posledica sastava sintetičke vode u kojoj dominiraju volatilne masne kiseline, kao i brza razgradnja skroba. Najveći efekat uklanjanja volatilnih masnih kiselina utvrđen je za sirćetnu (98.1 %) a najmanji za propionsku kiselinu. (93.2 %). Efekti uklanjanja svih osnovnih komponenti influenta vrlo su visoki a volatilne masne kiseline uklanjaju sa najvećim efektom. Zatim slede produkti međurazgradnje i na kraju je, ali takođe sa velikim efektom, uklanjanje ukupnog HPK. U oba reaktora sirćetna kiselina se uklanja sa najvećim procentom.

Na kraju eksperimenta utvrđeno je da volatilna masa granula iznosi u reaktoru br 1 (skrob:VMK = 1:1) 4.14 g·L⁻¹ i u reaktoru br.2 (skrob: VMK = 1:10) 2.50 g·L⁻¹. Prema tome prosečan rast granula na dan jednak je kako sledi:

- reaktor 1, skrob : VMK = 1:1 4.14 g·L⁻¹ : 149 dana trajanja eksperimenta = 0.028 g·d⁻¹
- reaktor 2, skrob : VMK = 1:10 2.50 g·L⁻¹ : 149 dana trajanja eksperimenta = 0.017 g·d⁻¹

Prosečni prirast granula znatno je manji u odnosu na influent koji se sastojao od konzumnog šećera i volatilnih kiselina.

U tabelama 14 i 15 navode se efekti uklanjanja HPKukupno, HPKVMK, kao i uklanjanje HPK koje potiče od skroba, volatilnih masnih kiselina, kao i međuprodukata razgradnje. Svi prikazani parametri uklanjaju se sa vrlo velikim efektom.

Tabela 14. Efekti uklanjanja HPKukupno, HPKVMK i uklanjanje HPK od produkata razgradnje granula skroba i VMK (reaktor 1, granule skroba : VMK = 1:1)

dani od početka	% uklanjanja HPK _{ukupno}	% uklanjanja HPK _{VMK}	% uklanjanja HPK od skroba i VFA, kao i međuprodukata razgradnje
20	$(1500 - 236) / 1500 = 88.4$	$(750-62.2) / 750 = 91.7$	$\{1500-(236-62.2)\} / 1500 = 88.4$
30	$(1500 - 180) / 1500 = 88.5$	$(750-7.4) / 750 = 99.0$	$\{1500 - (180-7.4)\} / 1500 = 88.5$
35	$(2000 - 120) / 2000 = 94.0$	$(1000-69.0) / 1000 = 93.1$	$\{2000 - (120-69)\} / 2000 = 97.5$
44	$(2000 - 102) / 2000 = 94.9$	$(1000-87.5) / 1000 = 91.3$	$\{2000 - (102-87.5)\} / 2000 = 99.2$
54	$(2000 - 334) / 2000 = 88.3$	$(1000-48.0) / 1000 = 90.5$	$\{2000 - (334-48)\} / 2000 = 85.7$
56	$(2000 - 322) / 2000 = 83.9$	$(1000-12.9) / 1000 = 98.7$	$\{2000 - (322-12.9)\} / 2000 = 85.7$
62	$(2000 - 246) / 2000 = 87.7$	$(1000-57.8) / 1000 = 94.2$	$\{2000 - (246-57.7)\} / 2000 = 92.1$
97	$(2500 - 158) / 2500 = 93.7$	$(1250-136.2) / 1250 = 89.1$	$\{2500 - (158-93.7)\} / 2500 = 98.3$
104	$(3000 - 138) / 3000 = 95.4$	$(1500-85.8) / 1500 = 94.3$	$\{3000 - (138-95.4)\} / 3000 = 98.6$
107	$(3000 - 240) / 3000 = 92.0$	$(1500-28.7) / 1500 = 98.1$	$\{3000 - (240-92.0)\} / 3000 = 95.1$
113	$(3000 - 152) / 3000 = 94.9$	$(1500-1.4) / 1500 = 99.9$	$\{3000 - (152-94.9)\} / 3000 = 98.0$
114	$(3000 - 226) / 3000 = 92.5$	$(1500-11.1) / 1500 = 99.3$	$\{3000 - (226-92.5)\} / 3000 = 95.6$
116	$(3000 - 182) / 3000 = 93.9$	$(1500-11.5) / 1500 = 99.2$	$\{3000 - (182-93.9)\} / 3000 = 97.1$
prosečne vrednosti efekta uklanjanja			
n	13	13	13
x_{sr}	91.4	95.3	93.8
s	3.6	3.9	5.1
c	4.0	4.1	5.4
gran. pover.	89.1- 93.7	92.8 - 97.7	90.6 - 97.0

Tabela 15. Efekti uklanjanja HPKukupno, HPKVMK i uklanjanje HPK i od produkata razgradnje granula skroba i VMK (reaktor 2, granule skroba : VMK = 1:10)

dani od početka	% uklanjanja HPK _{ukupno}	% uklanjanja HPK _{VMK}	% uklanjanja HPK od skroba i VFA, kao i međuprodu razgradnje
6	$(1500 - 452) / 1500 = 69.9$	$(1350-113) / 1300 = 91.6$	$\{(1500-(452-113))\} / 1500 = 77.4$
20	$(1500 - 656) / 1500 = 56.3$	$(1350-80) / 1350 = 94.1$	$\{(1500-(656-80))\} / 1500 = 61.6$
30	$(1500 - 394) / 1500 = 73.7$	$(1350-21) / 1350 = 98.4$	$\{(1500-(394-21))\} / 1500 = 75.1$
35	$(1500 - 402) / 1500 = 73.2$	$(1350-29) / 1350 = 97.9$	$\{(1500-(402-29))\} / 1500 = 75.1$
36	$(1500 - 362) / 1500 = 75.9$	$(1350-42) / 1350 = 96.9$	$\{(1500-(362-42))\} / 1500 = 78.7$
62	$(1500 - 136) / 1500 = 90.9$	$(1350-118) / 1350 = 91.3$	$\{(1500-(136-118))\} / 1500 = 98.8$
97	$(2500 - 124) / 2500 = 95.0$	$(2250-178) / 2250 = 92.1$	$\{(2500-(124-178))\} / 2500 = 100$
104	$(3000 - 66) / 3000 = 97.8$	$(2700-134) / 2700 = 95.0$	$\{(3000-(66-134))\} / 3000 = 100$
prosečne vrednosti efekta uklanjanja			
n	8	8	8
x_{sr}	79.1	94.7	83.3
s	14.2	2.9	14.4
c	18.0	3.0	15.3
gran. pover.	66.4 - 91.8	92.1 - 97.2	70.4-96.2

ZAKLJUČCI

1. Osnovni cilj ovih istraživanja bio je razvoj granularnog mulja u laboratorijskim reaktorima sa sintetičkom otpadnom vodom koja se sastojala od granula skroba i volatilnih masnih kiselina (sirćetna, propionska i buterna u odnosu 2:1:1).

2. Za vreme trajanja eksperimenta koji je iznosilo 149 dana razvijene su sledeće količine granularnog mulja u reaktorima:

Reaktor 1 (granule skroba : VMK = 1 : 1) = $4.14 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, odnosno $0.028 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$

Reaktor 2 (granule skroba : VMK = 1 : 10) = $2.50 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, odnosno $0.017 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$

3. Prosečne vrednosti ukupnih volatilnih masnih kiselina u efluentima oba reaktora praktično se ne razlikuju i iznose kako sledi:

- model 1: granule skroba : VMK = 10:1 – prosečna koncentracija ukupnih kiselina u efluentu je $64 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,
- model 2: granule skroba : VMK = 1:1 – prosečna koncentracija ukupnih kiselina u efluentu je $63 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,

3. Razvoj granularnog mulja sa otpadnom vodom iz industrije za proizvodnju čipsa

Za razliku od prethodnih ispitivanja koja su se odnosila na gajenje granularnog mulja sa sintetičkim otpadnim vodama koje su se sastojale od tri volatilne masne kiseline i konzumnog šećera, odnosno granula skroba i iste kombinacije volatilnih masnih kiselina, cilj ovog eksperimenta bio je gajenje granu-

larnog mulja sa realnom otpadnom vodom. Izabrana je otpadna voda iz fabrike za proizvodnju čipsa "MARBO" iz Bačkog Maglića. Ispitivanje je obavljeno samo u jednom reaktoru, zbog teškoća dopremanja otpadne vode iz Bačkog Maglića. Kao što se vidi iz tabele 16 u kojoj su prikazani rezultati ispitivanja, dnevno je bilo potrebno obezbediti najmanje pedesetak litara otpadne vode. Kao i u prethodnim ispitivanjima kanistri sa sirovom otpadnom vodom bili su smešteni u frižider odakle je peristaltičnom pumpom influent uvođen u reaktor. Otpadna voda donošena je dva do tri puta nedeljno iz fabrike u Bačkom Magliću.

Iako ne bi trebalo naglašavati, smatramo da je potrebno da se navede da u ovom slučaju nisu dodavane propisane hranljive materije u influent jer se radilo o otpadnoj vodi iz tipične prehrambene industrije.

Tabela 16. Prosečne desetodnevne vrednosti parametara procesa pri laboratorijskom ispitivanju otpadnih voda iz fabrike za proizvodnju čipsa MARBO, Proizvodni pogon iz Bačkog Maglića

periodi ispitivanja	statistički parametri	protok ($\text{L}\cdot\text{d}^{-1}$)	HPK ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)			uzlaz.brzina ($\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$)	zapreminsko opterećenje*
			influent	efluent	efekat (%)		
1.-10.dan	x_{sr}	35.9	1358	905	33.4	4.1	3.53
	s	8.0	451	349	-	0.9	1.63
	gran.pov.	29.4-42.5	1135-1581	659-1150	-	3.3-4.8	2.30-4.76
11 –20.dan	x_{sr}	43.7	1219	1153	5.4	5.0	4.84
	s	7.1	583	583	-	0.8	1.24
	gran.pov.	38.4-49.0	948-1490	804-1502	-	4.4-5.6	3.90-5.77
20– 30.dan	x_{sr}	39.2	1838	1016	44.8	4.4	5.75
	s	4.4	359	249	-	0.5	1.62
	gran.pov.	35.9-42.5	1667-2011	879-1153	-	4.1-4.8	4.53-6.97
31-40. dan	x_{sr}	36.8	1576	723	54.1	4.2	4.64
	s	7.8	391	305	-	0.8	1.24
	gran.pov.	31.0-42.7	1382-1770	419-1023	-	3.6-4.8	3.70-5.57
41-50.dan	x_{sr}	37.7	1770	750	57.6	4.3	5.66
	s	2.2	455	244	-	0.3	1.14
	gran.pov.	36.0-39.4	1551-1989	475-1024	-	4.1-4.5	4.80-6.52
51-60.dan	x_{sr}	34.0	1745	439	74.8	3.9	5.02
	s	9.3	373	235	-	1.1	1.74
	gran.pov.	27.0-40.9	1560-1930	261-617	-	3.1-4.6	3.71-6.33
61-70.dan	x_{sr}	35.4	2779	473	83.0	4.0	4.01
	s	5.0	466	98	-	0.6	0.57
	gran.pov.	31.6-39.2	2555-3003	420-524	-	3.6-4.4	3.58-4.44
71-79.dan	x_{sr}	29.5	3255	429	86.8	3.2	3.21
	s	4,6	648	120	-	0.6	0.62
	gran.pov.	25.4-33.6	2898-3612	365-493	-	2.7-3.7	2.70-3.72
ukupne srednje vrednosti	x_{sr}	36.7	1911	-	-	4.1	4.60
	s	7.2	790	-	-	0.8	1.51
	gran.pov.	35.1-38.4	1786-2037	-	-	4.0-4.3	4.26-4.84
zavisnost parametar procesa od trajanja eksperimenta							
	a^{**}	41.395	930	1142.04	13.750	4.750	4.947
	b^{**}	- 0.120	24.992	- 10.04	1.018	- 0.0151	-0.009
	r^{**}	- 0.72	0.87	- 0.89	0.91	0.73	- 0.24

* $\text{kg HPK}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ **parametri jednačine prave koja definišu zavisnost pojedinih parametara procesa od trajanja ispitivanja

Kao što se vidi iz tabele 16, visoka pozitivna korelacija između parametara procesa i vremena trajanja eksperimenta konstatovana je kod efekta uklanjanja HPK.

Efekti smanjenja organskih materija u efluentu značajni su prvih deset dana trajanja eksperimenta. Ovo ukazuje na dobar izbor početnog inokuluma koji se sastojao kao i kod prethodno izloženih ispitivanja. Međutim, u drugoj dekadi smanjuju se efekti prečišćavanja, verovatno, zbog značajnijeg odstranjivanja pahuljičastog mulja. Posle ovog perioda, efekti uklanjanja organskih materija merenih preko HPK stalno se pravilno povećavaju o čemu svedoči visoka vrednost koeficijenta korelacije (tabala 16).

Na kraju eksperimenta prekinut je dovod influenta čime je omogućeno da se sve granule stalože na dno reaktora. Kad je prestala produkcija metana, sve granule su se staložile na dno reaktora. Ukupna zapremina staloženih granula iznosila je 2780 mL i sadržavala je 136.7 grama granularnog mulja, tj. $5.70 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Odnos volatine i ukupne mase iznosio je 82.3 %. Preme tome, ukupna volatilna masa granula iznosila je $4.69 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Prostorno opterećenje reaktora poslednih dana pogona iznosilo je $3.21 \text{ g HPK}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dan}^{-1}$. Prema tome, opterećenje granularnog mulja iznosilo je kako sledi : $3.21 \text{ g HPK}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{dan}^{-1} / 4.69 \text{ g volatilne mase granula} = 0.68 \text{ g HPK}\cdot\text{po gramu volatilne mase granularnog mulja}$. Ovo opterećenje granula je vrlo veliko i nešto je veće od maksimalno preporučene vrednosti koju navodi Versprille (2002) za proces prečišćavanja u UASB reaktoru. I pored tako visokog opterećenja granularnog mulja efekat uklanjanja HPK iznosio je 86.8 %, ali je vrednost HPK u efluentu visoka i na kraju ispitivanja prosečna vrednost u poslednjoj dekadi ispitivanja iznosila je $429 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Na kraju eksperimenta utvrđeno je da volatilna masa granula iznosi $4.68 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ Prema tome, prosečan rast volatilnog dela granula na dan jednak je kako sledi:

$$4.68 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} : 79 \text{ dana trajanja eksperimenta} = 0.059 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$$

Zaključci

1. Kao i u prethodno navedenim istraživanjima osnovni cilj ovih ispitivanja bio je razvoj granularnog mulja u laboratorijskim reaktorima sa otpadnom vodom iz fabrike za proizvodnju čipsa prema istoj metodologiji kao i u prethodno prikazanim eksperimentima.
2. Na kraju eksperimenta pri prostornom opterećenju od $3.21 \text{ gHPK}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ efekat uklanjanja HPK iznosio je 86.8 %
3. Prosečan prirast granula iznosio je na kraju eksperimenta $0.059 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$.

LITERATURA

- Elez, A. Vićanović, J., Stevanović, Z., Popović, M., i Knežić, L. Gajenje granularnog mulja. Međunarodna konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad". Zlatibor, 20-23 aprila 2004.g. Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 20 – 24.
- Vićanović, J., Elez, A., Djokić, D., Odić, M., Stevanović, Z., Lekić, G., Popović, M. i Knežić, L. Primjena granularnog mulja za prečišćavanje otpadnih voda koje sadrže šećer i volatilne masne kiseline. Međunarodna konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad". Zlatibor, 19-23 aprila 2004.g. Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, 57-63.
- Vićanović, J., Popović, M., Stevanović, Z. i Knežić, L. Anaerobni proces prečišćavanja otpadnih voda pomoću granularnog mulja. Međunarodna konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad". Zlatibor, 20. - 23. aprila 2004.g. Zbornik radova, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 13 – 19.
- Vićanović, J., Elez, A., Djokić, D., Odić, M., Stevanović, C., Lekić, G., .Popović, M., Knežić, L Primjena UASB reaktora za prečišćavanje otpadnih voda koje sadrže skrob i vilatilne masne kiseline. 35. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda . Zlatibor, 6 - 9.jun 2006, 347 - 352.
- Popović. M. Prečišćavanje otpadnih voda granularnim muljem. Voda i sanitarna tehnika, 37, 4-5, 5 – 43, 2007.

Eksperimente je finansirala European Commission a istraživanja su obavljena u Institutu za vode iz Bijeljine u saradnji sa Wageningen University, Wageningen, The Netherland



IZBOR OPTIMALNIH REKULTIVACIONIH MJERA OŠTEĆENIH ZEMLJIŠTA U CILJU NJIHOVOG OSPOSOBLJAVANJA ZA BILJNU PROIZVODNJU

UVOD

Tlo (zemljište) dolazi u najvažnije prirodne resurse, gdje zajedno sa vodom, zrakom i organizmima sačinjava jedinstveni ekosistem. Tlo posjeduje čitavi niz svojstava koji ga čine kao specifično tijelo gdje naročito dolaze: ono je živi organizam koji ima specifične puteve nastanka (geneze) i razvoja (evolucije).

Tlo se koristi **multifunkcionalno**, gdje se izdvajaju dvije osnovne grupe tj. ekološke i tehničke. Obavljaju ove funkcije pretenduju na isti zemljišni prostor. Sa aspekta **ekoloških funkcija** tlo se koristi kao životni prostor biljnog korijena, gdje one iz tla uzimaju hraniva, vodu, zrak. Osim toga, tlo je i **životni prostor** velikog broja mikro i makroorganizama koji provode cijeli svoj život u tlu (krtice, gliste, i dr.). Što tlo bolje obavlja ove svoje funkcije, ono je boljeg kvaliteta odnosno, ono je plodnije.

Tehničke funkcije tla označavaju korištenje tla iznad sfere ekoloških funkcija. Tu dolaze mnogi korisnici zemljišnog prostora kao što su: naselja, fabrike, saobraćajnice, vještačke akumulacije, eksploatacija raznih sirovina, odlaganje raznog otpada i dr.

Kao posljedica takvog načina korištenja zemljišta na području BiH došlo je i dolazi do velikih gubitaka zemljišta. Ovi gubici godišnje iznose cca 3.000

ha. U zemljama ex- Jugoslavije ovi gubici iznose cca 15.000 ha, a u cijelom Svijetu godišnji gubici iznose 7 miliona ha. Ovi gubici i dalje će se odvijati, a u nekim područjima i povećavati jer će se broj stanovnika uvećavati, kao i izgradnja naselja, te industrije, puteva i dr. U tim procesima suprotnosti interesa ključno pitanje se postavlja mogu li se i na koji način dovesti u harmoniju ove dvije suprotnosti. Odmah da naglasimo apsolutnih mjera nema ali je moguće primijeniti čitavi niz relativnih mjera – gdje je osnovni cilj kako u tim suprotnostima sačuvati najvrijednija tla?

1. Neki termini u domenu tehnogenih tvorevina

Korištenjem tla u domenu njegovih tehnogenih funkcija formirao se veći broj tehnogenih termina. Navodimo neke od njih:

- **tehnogeni reljef** – je posljedica eksploatacije raznih sirovina (ugalj, željezna ruda, boksit, kamenolomi, i dr.). To su specifične forme različitog izgleda, inklinacije i konfiguracije.
- **tehnogeni supstrati** – to su različite tvorevine koje čine: krovine (jalovine) nastale eksploatacijom raznih sirovina, te deponije (koje čine otpadni materijali, kao što su: komunalni otpad (smeće), indus-

trijski otpad (pepeo i šljaka iz termoelektrana), medicinski otpad, radioaktivni otpad i dr.). Od njihovih svojstava zavisit će u velikoj mjeri i izbor rekultivacionih mjera,

- **tehnogena zemljišta** – su tvorevine koje nastaju na tehnogenim supstratima. U Sistematici tla zauzimaju ova tla posebnu klasu, tzv. **klasu tehnogenih zemljišta**, gdje se danas izdvaja 8 sistematskih jedinica na nivou tipa. Tu dolaze: Deposol, rekultisol, cinerosol, garbisol, nekrosol, urbisol, tla zatvorenih prostora (staklenici), pirosoli (gorena tla).

Ove novotvorevine imaju i specifične slojeve (horizonte) koji se u sistematici zemljišta obilježavaju specifičnim oznakama.

- **tehno-pedogeni faktori** – su specifični faktori koji utiču na svojstva tehnogenih tvorevina i određuju u velikoj mjeri pravce njihovog razvoja,
- **tehno-pedogeni procesi** su specifični procesi koji se odigravaju u tehnogenim tvorevinama. Oni po svom načinu djelovanja i nastalim posljedicama se razlikuju od procesa koji se odigravaju u prirodnim i antropogenim tlima. Kao rezultat tih procesa stvaraju se i specifična jedinjenja i tvorevine, i na taj način stvaraju se i posebni ekološki uslovi za biljke, kao i za ostali živi svijet (edafon) u tlu, tj. razvoj i prisustvo mikro i makro organizama u ovim tvorevinama.

- **tehnogeni horizonti** (slojevi): su specifični horizonti, koji su formirani u posebnim uslovima i često sadrže i različite artefakte tj. dijelove raznih materijala nastalih na eksploatacijama raznih sirovina (gdje dolaze: ostaci uglja, boksita, i dr. materijala). Oni mogu biti rezultat učešća većeg broja različitih materijala odnosno njegovih prirodno-tehnogenih materijala, i posebnih hemijskih i fizičkih svojstava. Često mogu sadržavati i prisustvo teških metala, i tada dobivaju još i oznaku kontaminiranosti. Takođe se mogu sadržavati i prisustvo radioaktivnih materijala. Ove karakteristike su od značaja kod privodjenja kulturi ovih tvorevina.



Sl. 2. Trebinje – Zubačko polje: Eksploatacija pijeska i šljunka dovela je do velikih oštećenja zemljišta koje posebno veliki problem u kraškom području.



Sl. 1. Tuzla – Djurdjevik: Površinskom eksploatacijom uglja došlo je do stvaranja veoma dubokih i širokih kratera.



Sl. 3. Tuzla – Durdjevik: odlaganje jalovine (krovine) na obradive površine dovelo je do daljeg uništavanja zemljišta.

2. Kriterijumi za izbor rekultivacionih mjera

Osnovne mjere za sanaciju tehnogenih zemljišta nazivaju se rekultivacija. Pod tim terminom se podrazumijeva dovodjenja oštećenih zemljišta u stanje da im se vrata njihova ekološka svojstva, odnosno da se mogu koristiti za biljnu proizvodnju.

Posebno želimo istaći – da se kao temeljno danas smatra tzv. **prava rekultivacija** ili **eurekultivacija**. To je polifazni postupak koji uključuje 3 faze i to: tehničku – agrotehničku – biološku, što je i putem zakona to regulisano. Često se u praksi koriste takvi načini rekultivacije, da se npr. samo jedna od navedene tri faze primijeni, npr. sadnja šumskih kultura. Na ovakvim zemljišnim površinama ova mjera se označava kao **semi-rekultivacija**, i ona se ne može koristiti kao zamjena pravoj rekultivaciji. Primjena samo ove mjere, međutim – teren i dalje ostaje narušen, oštećen, sa kraterima. Još da navedemo jedan vid tzv. rekultivacije to je **spontana rekultivacija**, kada u prirodnim uslovima dolazi do porasta vegetacije, ali teren i dalje ostaje narušen. Prema tome – zakonski je opravdana samo prava rekultivacija tj. eurekultivacija.



Sl. 4. Krovinsko jalovinski materijal se često sastoji iz pjeskovitih geoloških slojeva. Važno je kod izbora rekultivacije da se na površinu odloženog materijala mora nanositi poseban sloj prirodnog tla ili povoljnog krovinskog materijala.



Sl. 5. Krovinski slojevi često sadrže i krupnije odlomke geoloških materijala. Učešće ovih odlomaka smanjuje njihovu pogodnost za rekultivaciju.



Sl. 6. Gacko – odlagalište pepela i šljake dovodi pored isključenja zemljišta iz proizvodnje i do uništavanja okolne vegetacije. Usljed raznošenja suhog pepela ovdje je nužno izvesti indirektnu rekultivaciju.

Kod izvođenja prave rekultivacije potrebno je uzeti u obzir poznavanje sljedećih uslova:

- svojstva tehnogenih supstrata gdje dolazi poznavanje hemijskih i fizičkih njegovih svojstava
- sadržaj teških metala – hemijska kontaminacija
- prisustvo patogenih organizama tzv. biološka kontaminacija
- prisustvo radioaktivnih materija



Sl. 7. Mostar – deponija crvenog mulja iz tvornice aluminijuma. Usljed prisustva sode i velikih količina aluminija zahtijeva indirektnu rekultivaciju.

3. Izbor pravca rekultivacionih mjera u odnosu na tehnogene tvorevine

Za izbor pravca rekultivacionih mjera *conditio sine qua non* je poznavanje tehnogenih tvorevina (tipova).

U okviru ovih problema postavljaju se sljedeća dva pitanja.

- kako izabrati pravac rekultivacije,
- koji materijal i koju dubinu nanešenih materijala primijeniti.



Sl. 8. Sarajevo – Lapišnica – oštećenja zemljišta nastala eksploatacijom krečnjačko-dolomitnih stijena (kamenolom) nastali usitnjeni krečnjačko dolomitni supstrat usljed prisustva skeleta takodje zahtijeva indirektnu rekultivaciju



Sl. 10. Sarajevo – Hadžići: u eksploataciji krečnjačkog supstrata (kamenolom) dolazi do stvaranja krupnih odlomaka stijena. Ovi materijali zahtijevaju indirektnu rekultivaciju.

U vezi **izbora pravca** rekultivacije temeljno pitanje je: da li koristiti direktni ili indirektni postupak.

Direktni pravac rekultivacije je kada se postojeći tehnogeni supstrat može koristiti bez nanaošenja specifičnog sloja na njegovu površinu.

Indirektni pravac rekultivacije se koristi u slučajevima kada je tehnogeni materijal nepovoljnih svojstava.

U odnosu **na dubinu** nanešenog sloja zavisi takodje od kvalitete tehnogenog sloja.



Sl. 9. Gacko – odlaganje krovinskih materijala dovodi do oštećenja obradivih zemljišnih površina



Sl. 11. Sarajevo – Buća Potok – komunalno odlaganje smeća usljed nepovoljnih svojstava zahtijeva indirektnu rekultivaciju. Potrebno je nanositi cca 40-50 cm povoljnog površinskog sloja.



Sl. 12. Sarajevo – Buća Potok – na jednom dijelu oštećenih zemljišnih površina izvedena je sanacija, uz nanošenje povoljnog prirodnog sloja.



Sl. 13. Tuzla – Djurdjevik – rekultisol uz prisustvo ostataka uglja u njegovom profilu. Moguća direktna rekultivacija.



Sl. 14. Tuzla – Djurdjevik – rekultisol u profilu prisutna znatna količina laporovitog materijala koji se lako raspada pod uticajem atmosferilija.



Rijeka Jezernica kod Fojnice u zimskom ambijentu.

Snimio: M. Lončarević

Tabela 1. Sadržaj mjera po fazama rekultivacije

Tehnogene mjere	Agrotehničke mjere	Biološke mjere
- zatrpavanje kratera	- kalcizacija (po potrebi)	- sjetva trava
- ravnanje površine davanjem povoljnog nagiba (1-2%) - zaštita od erozije	- humizacija (stajnjak, kompost, siderati,	- žitarice
- odlaganje u površinskom sloju ili povoljne otkrivke ili prirodnog tla	- NPK, mineralna gnojiva	- djetelinsko travne smjese
	- rastressanje površinskog sloja - fitomelioracije (za kontaminirane površine)	- pošumljavanje

Tabela 2. Pravci rekultivacije i dubina nanešenog sloja

Naziv supstrata	Pravac rekultivacije	Dubina nanešenog sloja	Ocjena pogodnosti
1. laporoviti supstrati, ilovasti, pjeskoviti	1. direktna	Bez nanošenja posebnog površinskog sloja	Vrlo povoljan
2. laporovito-glino-viti, skeletni	2. indirektna	Do 20 cm nanošenje prirodnog sloja	Povoljan
3. usitnjeni krečnjačko dolomitni materijal, silikatni	3. indirektna	Do 20 cm prirodnog tla	Srednje povoljan
4. više od 50% skeleta veličine 2-10cm	4. indirektna	20-30 cm prirodnog tla	Malo povoljan
5. industrijski otpad, pepeo, šljaka, crveni mulj, teški metali, organski polutanti	5. indirektna	30-40 cm prirodnog tla	Vrlo nepovoljan
6. komunalni otpad, infektivan	6. indirektna	30-40 cm prirodnog tla	izrazito nepovoljan
7. krupni odlomci prirodnog supstrata prečnika >10 cm, radioaktivni materijali	7. indirektna	30-40 cm prirodnog tla ili pogodne krovine	toksičan

Iz navedene tabele se vidi da je navedeno 7 specifičnih grupa prema načinu i pogodnosti izvodjenja rekultivacije.

Ovim načinom grupisanja odgovarajućih materijala za rekultivaciju pružit će se sigurniji pristup i racionalnije izvodjenje sanacionih mjera.

ZAKLJUČAK

U radu su izdiferencirani pristupi za optimalno izvodjenje rekultivacionih mjera oštećenih zemljišta. Oštećenja tla i dalje će biti prisutna, jer će postojati i zahtjevi za eksploatacijom prirodnih resursa, stvaranjem novih odlagališta raznog otpada, izgradnja saobraćajnica i sl.

Kao uslov izvodjenja potrebnih rekultivacionih mjera osnova je poznavanje svojstava kako tehnogenih zemljišta tako i tehnogenih supstrata. U okviru toga problema potrebno je istražiti njihova fizička, hemijska svojstva, te sadržaj teških metala i organskih polutanata, stanje biološke kontaminacije i radioaktivnost. U radu su izdvojeni pojedini tehnogeni supstrati i data ocjena njihove pogodnosti. Izdvojeno je sljedećih 7 osnovnih grupa, vrlo povoljan – srednje povoljan – malo povoljan – vrlo nepovoljan – izrazito nepovoljan – toksičan.

U odnosu na izvodjenje rekultivacionih mjera na tehnogenim tlima važno je poznavati da li treba primijeniti direktnu ili indirektnu rekultivaciju. Na tom principu izdvojeno je 7 grupa i to: za direktnu rekultivaciju je izdvojena samo jedna grupa (tabela 2) dok je za ostalih 6 grupa potreban indirektni pristup. Ovaj indirektni pristup uključuje nanošenje posebnog slo-

ja na tehnogene supstrate. Dubina nanešenog sloja se kreće u zavisnosti od svojstava tehnogenih zemljišta od 20-40 cm.

Uzimanjem u obzir navedene kriterije bit će omogućeno uspješnije privođenje korištenju ovih zemljišta u biljnoj proizvodnji.

Korištena literatura

Čengiđ, I. (2004). Karakteristike geneze evolucije i plodnosti pirogenih zemljišta na području tuzlanske regije. Doktorska teza, Šumarski fakultet, Sarajevo

Goncharova, N. (2003). Remediation of soil contaminated with radionuclides in South Belarus. SUI-TMA, Nancy

Jahn, R. Zikeli M., Kastler, M. (2003). Soil development and classification of anthrosol, with witrific/andic properties from lignite ash. SUI-TMA, Nancy

Omeragić J., (1990): Kontaminacija tla sa raznim formama parazita: Veterinaria 48, 1-2, Sarajevo.

Resulović, H. (1991): Oštećenja zemljišta, problemi njihovog istraživanja. Simpozij, Posebna publikacija Akademije nauka i umjetnosti BiH, Sarajevo.

Resulović, H. (2009): Bolesna tla – nastanak, i zdravstveno stanje i liječenje (sanacija). Voda i mi br. 67. god. XIII, Sarajevo.

Scheffer-Scachtschabel (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spectrum, 15. Auflage.

Sobočka, Jaroslava (2001): New Trends in Anthropogenic soil groups formation. Soil antropisation VI. Proceedings, Bratislava.



Kad snijeg pokrije brijeg, sve je bijelo i čisto. Snimljeno u dolini Jezernice.

Snimio: M. Lončarević

ODREĐIVANJE ANJONA U VODI METODOM JONSKE HROMATOGRFIJE

Jonska hromatografija je posebna vrsta tečne hromatografije koja se koristi za određivanje katjona i anjona u vodi i vodenim rastvorima. Tečno hromatografska separacija jona se vrši na hromatografskoj koloni. Za određivanje anjona jonskom hromatografijom kao stacionarna faza se koristi anjonski izmjenjivač niskog kapaciteta, a kao mobilna faza obično se koristi vodeni rastvor soli slabe monobazne ili dvobazne kiseline. Joni u uzorku se razdvajaju pomoću različitih interakcija sa funkcionalnim grupama jonskog izmjenjivača. Najznačajnija metoda detekcije standardnih neorganskih anjona je detekcija provodljivosti, pri čemu se mjeri razlika u provodljivosti između eluiranih jona uzorka i eluenta. Razdvojeni anjoni u svojim kiselim formama mjere se na osnovu provodljivosti. Identifikuju se na osnovu retencionog vremena. Kvantitativna analiza vrši se pomoću visine pika ili površine ispod pika

Ključne riječi: anjoni, jonska hromatografija

UVOD

Pojam hromatografija je opšti naziv za širok opseg fizičko-hemijskog procesa razdvajanja u kojem se komponente razdvajaju pomoću distribucije izme-

đu stacionarne i mobilne faze. Klasifikacija različitih tipova hromatografije se vrši u zavisnosti od agregacionog stanja dvije faze.

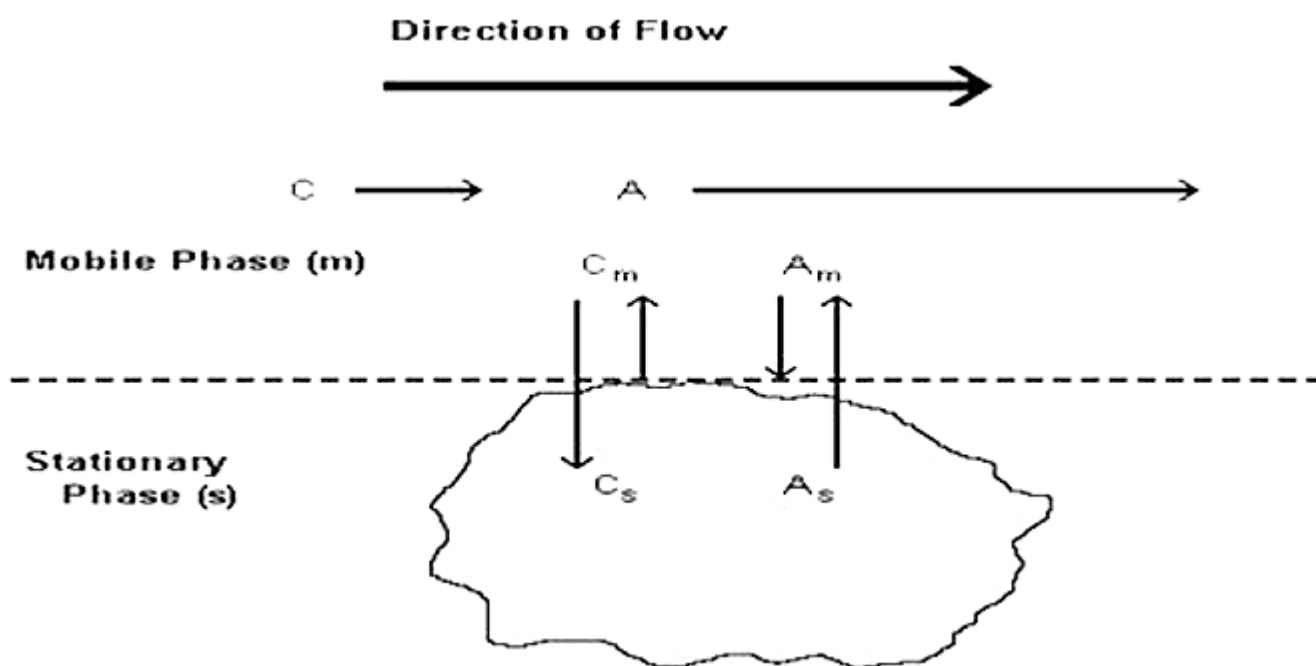
Hromatografija se zasniva na različitoj migraciji rastvorenih supstanci kroz sistem koji se sastoji od dvije faze-mobilne i stacionarne. Stacionarna faza je aktivan sorbent koji ostaje nepokretan, a mobilna faza je pokretna.

Uzorak se nanosi na stacionarnu fazu i ispira se mobilnom fazom koja prolazi kroz stacionaran sloj. U zavisnosti od interakcija komponenata uzorka sa sorbentom dolazi do njihovog različitog zadržavanja na stacionarnoj fazi i do raspodjele uzorka između dvije faze. Prve izlaze komponente koje su najslabije vezane za stacionarnu fazu.

Hromatografski postupak u kojem je mobilna faza tečnost naziva se tečna hromatografija, to je proces u kojem se kvantitativno razdvajaju komponente tečne smješe.

Na dijagramu 1 je prikazan osnovni koncept separacije koja se događa sa smjesom u tečnoj hromatografiji. Ukoliko postoji različita ravnoteža molekula analita, gdje jedan molekul ima veći afinitet prema jednoj od faza od drugog molekula, doći će do separacije hromatografijom.

Dijagram 1. Koncept separacije u tečnoj hromatografiji



Rezultat hromatografije je hromatogram, koji je zapravo zapis očitavanja signala sa detektora. Međutim, taj signal mora biti proporcionalan da bi odražavao relativnu količinu uzorka svake komponente smjese.

JONSKA HROMATOGRAFIJA

Jonska hromatografija je posebna vrsta tečne hromatografije koja se koristi za određivanje katjona i anjona u vodi i vodenim rastvorima. Zasniva se na hemijskoj reakciji između jona u rastvoru i čvrste supstance koja nosi funkcionalne grupe koje mogu da vežu jone elektrostatičkim silama. Ta čvrsta supstanca se naziva stacionarna faza. U slučaju katjonske hromatografije funkcionalne grupe koje su vezane za stacionarnu fazu su grupe sulfonske kiseline, a u slučaju anjonske hromatografije to su kvaternerne amonijumove soli. Teoretski, joni sa istim naelektrisanjem mogu biti izmijenjeni kompletno reverzibilno između dvije faze. Za svaki jon, proces izmjene karakterisan je odgovarajućom jonsko-izmjenjivačkom ravnotežom, koja određuje raspodjelu između mobilne i stacionarne faze. Hromatografski parametri kao što je vrijeme zadržavanja, oblik hromatografske krive, su specifični za svaki sistem i zavise od kolone, eluenta i brzine protoka.

ODREĐIVANJE ANJONA JOSKOM HROMATOGRAFIJOM

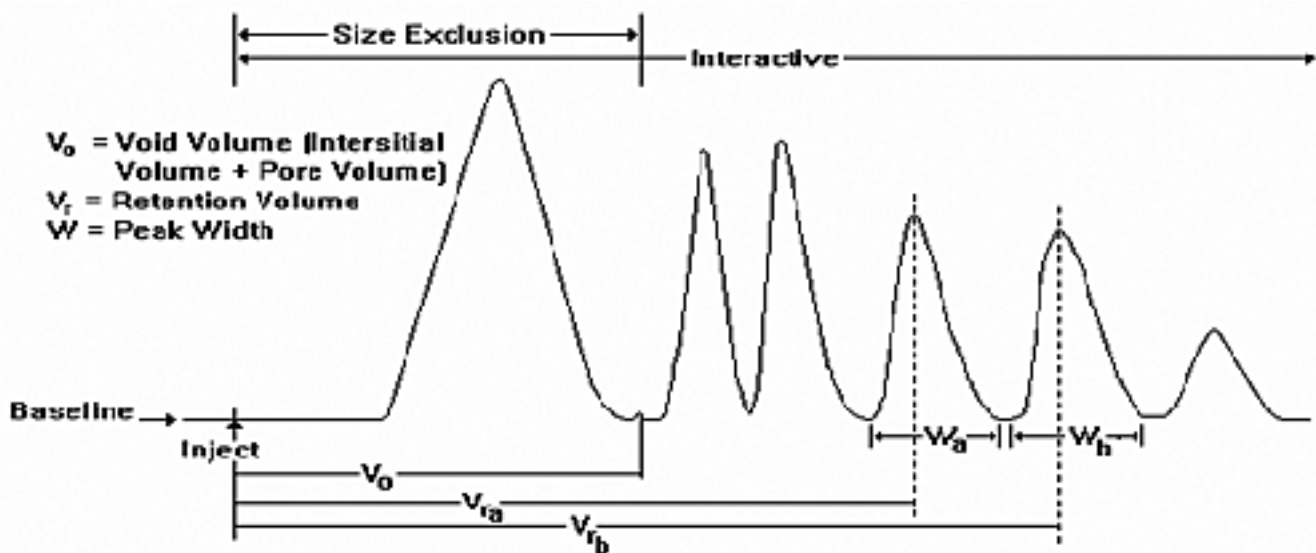
Jonska hromatografija omogućava kvantitativno razdvajanje anjona u vodama.

Određivanje anjona poput bromida, hlorida, fluorida, nitrata, nitrita, fosfata i sulfata je često poželjno radi karakterizacije vode i/ili odabira potrebnog tretmana. Iako konvencionalne kolorimetrijske, elektrometrijske ili titrimetrijske metode mogu poslužiti za određivanje zasebnih anjona, samo jonska hromatografija predstavlja jedinstvenu instrumentalnu tehniku koja se može koristiti za njihovo brzo, sekvencijalno mjerenje. Ovom metodom se eliminiše potreba za korištenjem opasnih reagenasa i ona efikasno razlikuje halogenide (Br^- , Cl^- i F^-) i oksojone (SO_3^{2-} , SO_4^{2-} ili NO_2^- , NO_3^-). Granica detekcije se kreće ispod 1ppm što zavisi od kolone, eluenta i pripreme uzorka.

Kolone za razdvajanje anjona

Razdvajanje anjona se dešava na jonoizmjenjivačkoj koloni. Svojstva jonoizmjenjivačke kolone su određena jonoizmjenjivačkim grupama. Kolona za razdvajanje anjona se sastoji od anjonske smole malog kapaciteta sa kosturom od stiren-divinilbenzena ili polivinil alkohola sa sposobnošću razdvajanja Br^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} i SO_4^{2-} . Zaštitna kolona, pretkolona, identična je koloni za razdvajanje i služi za zaštitu kolone od začeppljavanja česticama ili organskim spojevima. Određivani anjoni se razdvajaju na osnovu njihovih relativnih afiniteta prema jako baznom anjonskom izmjenjivaču niskog kapaciteta (kolone za zaštitu i razdvajanje).

Na sljedećoj slici je dat primjer idealnog razdvajanja:



Ovo je primjer idealne separacije. Treba obratiti pažnju na mrtvu zapreminu: ništa ne može biti eluirano prije mrtve zapremine. Mrtva zapremina hromatografskog sistema je mjera količine "prazne" zapremine u sistemu. Za dobro konstruisani IC sistem doprinos parametara (cijevi, spojnice) izvan kolone nema veliki značaj u poređenju sa doprinosom kolone. Stoga se smatra da je mrtva zapremina mjera mrtve zapremine kolone.

Mrtva zapremina se mjeri tako da se injektira supstanca koja neće imati nikakvih interakcija sa stacionarnom fazom. Prvi pik koji izlazi sa kolone je mrtva zapremina. Za mrtvu zapreminu kapacitetni faktor je 0.

Efikasnost kolone može biti definisana kao stepen na koji kolona i/ili drugi sistem komponenti mogu fizički ili hemijski uticati na razdvajanje analita. Kao porast efikasnosti kolone, komponente analita će eluirati u manjoj zapremini mobilne faze, što je zapaženo kao uzak ili jasan oblik pika. Efikasnost kolone se obično predstavlja kao broj teoretskih podova (tavana). Teoretski pod je zamišljeni sloj u koloni u kome dolazi do uspostavljanja ravnoteže između supstance rastvorene u jednoj i drugoj fazi. Parametri koji utiču na efikasnost su: veličina čestica i distribucija veličine, vrsta punjenja, viskoznost mobilne faze i temperatura.

Uticaj mobilne faze (eluenta) na razdvajanje

Tokom razdvajanja na jonoizmjenjivačkim kolumnama mali joni eluiraju ranije, a veći kasnije. Takođe, monovalentni joni eluiraju prije, a divalentni i tri valentni kasnije.

Za analiziranje anjona u vodi kao mobilna faza se upotrebljava rastvor natrijum bikarbonata i natrijum karbonata, pH treba da bude između 9 i 10. U tom slučaju anjoni se eluiraju sljedećim redoslijede-

dom: F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} . Ako je pH eluenta pomjeren prema većim vrijednostima, dolazi do disocijacije fosfata, odnosno HPO_4^{2-} prelazi u PO_4^{3-} . Zbog toga povećanje koncentracije Na_2CO_3 u eluentu dovodi do pomaka hromatografske krive fosfata koji će se tada eluirati tek nakon sulfata.

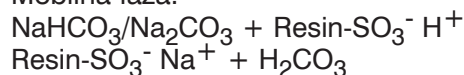
U vezi sa mobilnom fazom se javljaju mnogi problemi i to zbog:

- nerastvorenih čestica
- rastvorenih gasova
- drugih zagađivača

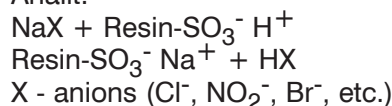
Da bi se spriječila pojava tih problema preporučuje se redovno degaziranje mobilne faze.

S obzirom da karbonatno-bikarbonatna mobilna faza ima visoku elektroprovodljivost, dolazi do ometanja identifikacije određivanih anjona u uzorku. Da bi se spriječila ta pojava koriste se supresori koji smanjuju provodljivost mobilne faze i povećavaju provodljivost analita pomoću kiselo-bazne reakcije neutralizacije

Mobilna faza:



Analit:



U jonskom hromatografu supresor se nalazi između kolone sa jonskim izmjenjivačem i detektora provodljivosti. Razdvojeni anjoni se usmjeravaju kroz supresor gdje se prevode u svoje kisele forme visoke provodljivosti, a karbonatno-bikarbonatna mobilna faza se prevodi u karbonatnu kiselinu slabe provodljivosti. Analiza anjona sa supresorom je oko 10 puta osjetljivija nego obična jonska hromatografija.

U toku supresorske reakcije dolazi do tri simultana procesa:

1. Kontinuirana supresija
2. Elektrohemijska regeneracija
3. Uklanjanje gasova

Detektori

Kao univerzalna metoda za određivanje jonskih komponenti, konduktometrijsko mjerenje zauzima centralnu poziciju u jonskoj hromatografiji. Konduktometrija je definisana kao sposobnost rastvora elektrolita da u električnom polju između dvije elektrode transportuje struju putem jonske migracije.

Proširenjem upotrebe jonske hromatografije, proširena je i upotreba detektora. Koriste se svi elektrohemijski detektori, UV/VIS detektor, indirektni UV detektor, te vezani sistemi IC-ICP i IC-MS.

Kalibracija

Procjena površine pika

Za hromatogram snimljen konduktometrijskim detektorom, površina ispod pika supstance je direktno proporcionalna količini supstance. Za određivanje površine pika upotrebljavaju se elektronički integratori ili programi za procjenu površine hromatografske krive. Dobri rezultati se dobijaju za srednje i visoke koncentracije analita. Kod određivanja površine pika, mora se obratiti pažnja kada se faktor kapaciteta uzorka mijenja zbog uticaja matriksa. Proračun može biti problematičan u slučajevima kada je pik razvučen, te je prisutan veliki šum detektora.

Procjena visine pika

Kada je oblik pika konstantan, visina pika (razdaljina između bazne linije i maksimuma pika) je veličina proporcionalna površini pika i pri procjeni hromatograma. Visina pika se lako određuje ručno i stoga može biti metoda izbora pri radu na hromatografima koji imaju samo štampač ili ploter. Uslov koji određuje primjenljivost procjene visine pika je konstanta k' . Zbog uslova linearnosti ova metoda je pogodna za određivanje samo niskih i srednjih koncentracija uzorka. Linearno područje je šire za sastojke koji eluiraju kasnije nego za one koji eluiraju na početku hromatograma. Ako je u hromatogramu prisutno preklapanje pikova ili neravna bazna linija, metoda procjene visine pika je bolja od metode procjene površine pika.

Kalibracija sa vanjskim standardom

Direktno poređenje intenziteta signala (površina ili visina pika) u nepoznatom uzorku sa standardnim rastvorom iste supstance je najčešće korištena metoda kalibracije u jonskoj hromatografiji. Važno je inje-

ktirati istu zapreminu uzorka i standarda, pod istim hromatografskim uslovima. Uzorak, koji se analizira, mora biti približno iste koncentracije kao i standard kojim se radila kalibracija. Kalibracija se, obično, radi sa najmanje tri standarda različitih koncentracija. Potrebno je injektirati standardne rastvore koji sadrže jedan ili smjesu anjona i odrediti približna retenciona vremena. Dobijena vremena variraju u zavisnosti od uslova snimanja, ali ako se koriste standardni eluenti i kolona za razdvajanje anjona, zadržavanje anjona je uvijek prema redoslijedu F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} . Injektiraju se najmanje tri različite koncentracije svakog anjona i konstruiše se kalibraciona kriva crtanjem visine pika ili površine ispod pika u funkciji koncentracije. Svaki put kada se promijene vrijednosti za detektor, eluent ili sredstvo za regeneraciju kolone potrebno je vršiti rekalkulaciju.

Kalibracija sa unutrašnjim standardom

Da bi se uzela u obzir greška u toku pripreme uzorka, npr. greška pri razblaženju ili da bi se odredio rikaveri, kalibracija se može sprovesti sa drugom standardnom supstancom, koja se dodaje uzorku i vanjskom standardu. Ova komponenta se zove unutrašnji standard i mora se eluirati što je bliže moguće ispitivanom uzorku, mora biti potpuno rastvorna u rastvoru uzorka i standarda, mora biti slične koncentracije i slične hemijske strukture kao i uzorak, te mora davati sličan odziv na detektoru.

Metoda standardnog dodatka

Metoda standardnog dodatka se, u jonskoj hromatografiji, primarno koristi kada se javljaju problemi sa matriksom. Poznata količina standarda se dodaje uzorku koji se određuje. Mjere se signali netretiranog uzorka (uzorka bez dodatka standarda) i spajkovanog uzorka. Hromatografski uslovi pri tome moraju biti identični. Dodatak standarda se može izvesti jednokratno ili višekratno.

Prednost metode standardnog dodatka je u njejoj velikoj pouzdanosti, jer je kalibracija sprovedena pod istim uticajima matriksa pod kojim se nalazi ispitivani sastojak. Smetnje koje nastaju sa promjenom u temperaturi, pritisku itd, mogu se otkloniti ponavljanjem kalibracije. Tada neće imati uticaj na rezultate mjerenja. Ova metoda poskupljuje postupak analize i produžava vrijeme analize, jer je kalibraciju potrebno ponavljati za svaki uzorak, a ne samo periodično kao kod metode sa vanjskim standardom.

Smetnje koje se javljaju u jonskoj hromatografiji

Pri jonskohromatografskoj analizi anjona dolazi do raznih smetnji. Svaka supstanca čije se retenciono vrijeme podudara sa retencionim vremenom nekog od određivanih anjona i na koju je detektor osje-

tljiv stvara smetnje. Npr., relativno visoke koncentracije organskih kiselina male molekulske mase smetaju pri određivanju hlorida i fluorida u izokratnim analizama. Visoke koncentracije bilo kojeg jona utiču na rezoluciju i ponekad na retenciju drugih jona. Razblaživanje uzorka ili postepena elucija prevazilazi mnoge smetnje. Radi eliminisanja nesigurnosti u identifikaciji ili kvantifikaciji preporučljivo je koristiti metodu poznatih standardnih dodaka. Lažni pikovi mogu se javiti zbog kontaminanata iz reagens vode, staklenog posuđa ili aparata za procesiranje uzorka. Zbog toga što se koriste male zapremine uzorka potrebno je voditi računa o mogućem zagađenju. Modifikacije poput predkoncentrisanja uzorka, postepene elucije ili ponovnog injektiranja porcije eluiranog uzorka mogu ublažiti neke smetnje.

ZAKLJUČAK

Jonska hromatografija je posebna vrsta tečne hromatografije koja se koristi za određivanje katjona i anjona u vodi i vodenim rastvorima. Zasniva se na hemijskoj reakciji između jona u rastvoru i čvrste supstance koja nosi funkcionalne grupe koje mogu da vežu jone elektrostatičkim silama. Ta čvrsta supstanca se naziva stacionarna faza.

Jonska hromatografija omogućava kvantitativno razdvajanje anjona u vodama. Određivanje anjona poput bromida, hlorida, fluorida, nitrata, nitrita, fosfata i sulfata je često poželjno radi karakterizacije vode i/ili odabira potrebnog tretmana. Iako konvencionalne kolorimetrijske, elektrometrijske ili titrimetrijske metode mogu poslužiti za određivanje zasebnih anjona, jonska hromatografija predstavlja jedinstvenu instrumentalnu tehniku koja se može koristiti za njihovo brzo, sekvencijalno mjerenje. Ovom metodom se eliminiše potreba za korištenjem opasnih reagenasa

Razdvajanje anjona se dešava na jonoizmjenjivačkoj koloni. Svojstva jonoizmjenjivačke kolone su određena jonoizmjenjivačkim grupama. Kolona za razdvajanje anjona se sastoji od anjonske smole malog kapaciteta sa kosturom od stiren-divinilbenzena ili polivinil alkohola sa sposobnošću razdvajanja Br^- , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} i SO_4^{2-} . Za analiziranje anjona u vodi kao mobilna faza se upotrebljava rastvor natrijum bikarbonata i natrijum karbonata.

Najčešće korišteni detektor u jonskoj hromatografiji je konduktometrijski detektor, ali proširenjem upotrebe IC, proširena je i upotreba detektora.

LITERATURA

1. Veronika R. Meyer; Practical High-Performance Liquid Chromatography, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (EMPA), St.Galen, Switzerland, 2004.
2. H. Schafer, M.Laubli, R.Dorig; Ion Chromatography, Switzerland, 2003.

3. C. Eith, M.Kolb, A. Seubert; Practical Ion Chromatography, Switzerland, 2001.



Detalj iz vodoprivredne laboratorije u Sarajevu

Snimio: G. Mirković

TAKSONI MAKROINVERTEBRATA I NJIHOVA DISTRIBUCIJA U UZORCIMA KRIVAJE

Istraživanje makroinvertebrata zoobentosa rijeke Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine vršeno je u cilju ocjene kvaliteta vode rijeke Krivaje. U ovom radu cilj je dati pregled makroinvertebrata nađenih u uzorcima i njihovu distribuciju u istraživanom slivu Krivaje. Makroinvertebrati su organizmi kičmenjaka veličine iznad 0,5 mm. Uzimanje uzoraka makroinvertebrata u jednogodišnjem istraživanju Krivaje vršeno je metodom „kick sampling“. Upotrijebljena je mreža čija su okca promjera 0,5 mm postavljena na metalnom okviru dimenzija 25 X 25 cm. Okvir je pripojen za drvenu dršku dužine dva metra. Odabrana su šest lokaliteta: lokalitet A (LA) u Olovu na rijeci Biošćici i lokalitet B (LB) u Olovu na rijeci Stupčanici - sastavnicama rijeke Krivaje; ostali lokaliteti su odabrani duž toka rijeke Krivaje i to lokalitet 1 (L1) u području Boganovića, lokalitet 2 (L2) na području Stipin Hana, lokalitet 3 (L3) u naselju Vozuće i lokalitet 4 (L4) u Kovačima, u donjem toku Krivaje. Istraživanja su vršena u jednogodišnjem periodu, prateći sezonsku ritmiku, u pet terenskih izlazaka: 10. 11. 2001. godine, 10. 03. 2002. godine, 08. 06. 2002. godine, 11. 07. 2002. godine i 26. 10. 2002. godine. Na svakom lokalitetu smo izabrali tri presjeka vodotoka (na početku, u sredini i na kraju lokalite-

ta) dužine 30 m. Na svakom presjeku sakupljena su četiri poduzorka koje smo sakupili u zbirni uzorak i fiksirali ga na terenu u 4% formaldehidu. Uzorkovanje je vršeno tako što smo mrežu postavili na sediment u pravcu toka vode. Sediment, kamenje i pijesak, smo podignuli i sačekali da voda spere makroinvertebrate u mrežu. Postupak smo primijenili sa obje strane toka. U laboratoriji su uzorci ispirani vodom u sitima promjera okca 0,5 mm. Uz primjenu binokularne lupe izvršena je separacija makroinvertebrata i materijal je fiksiran u 70% alkoholu. Determinacija životinja izvršena je do različitih sistematskih kategorija a najviše do nivoa vrste. Za determinaciju su korišteni relevantni ključevi: Waringer i Graf (1997), Bole (1969), Sanson (1992), Dall i sar. (1990), Nagel (1989) i Studeman i sar. (1992).

DISKUSIJA

U jednogodišnjem istraživanju rijeke Krivaje od 10.11.2001. godine do 26.10.2002. godine prikupljeno je 90 uzoraka. U uzorcima su konstatovana 133 taksona sa 12. 766 jedinki. Među nađenim makroinvertebratima po broju taksona isticale su se skupine: vodeni moljci – 37, vodeni cvjetovi – 24, obalčari – 22 i dvokrilci – 17. Nešto manju brojnost taksona imali su: puževa – 10, tvrdokrilaca – 8 i maločekinjaša – 7.

Skupine sa malo nađenih taksona bile su: vilinski konjici – 3, pijavice – 2, školjke 2 te po jedan takson imale su planarije i rakušci.

Turbelaria (planarije). U uzorcima zoobentosa rijeke Krivaje konstatovana je samo jedna jedinka planarije vrste *Dugessia ginocephala* (Duges) na lokalitetu Boganovića. Ova vrsta je vezana za vode umjerene brzine što je i karakteristično za ovaj lokalitet gdje se rijeka Krivaja proširuje.

Gastropoda (puževi). Vrste puževa su nađene u uzorcima svih šest lokaliteta istraživanih tekućica. Njihova distribucija je prikazana u tabeli 1.

Tabela 1. Distribucija vrsta puževa u uzorcima sliva Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Gastropoda						
<i>Ancylus fluviatilis</i>	1	1	18			
<i>Lymnaea truncatula</i>			1			4
<i>Lymnaea peregra</i>						9
<i>Planorbis planorbis</i>		2				
<i>Viviparus viviparus</i>			2			2
<i>Lithoglyphus naticoides</i>			1			
<i>Potamopirgus jencensi</i>						3
<i>Bithynia tentaculata</i>						5
<i>Theodoxus fluviatilis</i>				4		13
<i>Holandriana holandri</i>				94	25	134
Σ jedinki	1	3	22	98	25	170

U 90 uzoraka zoobentosa istraživanih tekućica konstatovano je 10 vrsta puževa sa 319 jedinki. Najveći broj jedinki **Gastropoda** nađen je u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Kovača (L4) – 170 jedinki. Najmanji broj jedinki puževa nađen je na lokalitetu Olova u uzorcima Bioštica – svega jedna jedinka vrste *Ancylus fluviatilis*. Najzastupljenija vrsta po broju jedinki je *Holandriana holandri* – 253 i to u srednjem i donjem toku Krivaje. Ova vrsta inače naseljava riječne tokove sa dosta kamenja i pijeska. Nasuprot tome, vrsta *Ancylus fluviatilis* sa ukupno 20 jedinki nađena je u uzorcima gornjeg toka istraživanih sliva. Ova vrsta naseljava brze potoke i rijeke sa kamenitim sedimentom (Quiquley, 1979). Vrsta *Theodoxus fluviatilis* Linnaeus, 1758 konstatovana je u uzorcima zoobentosa Krivaje na lokalitetima Stipin Hana i Kovača sa ukupno 17 jedinki. To je vrsta koja se javlja u tvrdoj vodi, sa kamenitim i šljunkovitim dnom što je i osobina tih područja. Vrsta *Lymnaea truncatula* je zastupljena sa pet jedinki u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetima Boganovića i Kovača. Vrsta *Lymnaea peregra* nađena je u uzorcima bentosa Krivaje, u njenom donjem toku, na lokalitetu Kovača sa 9 jedinki. To i odgovara, jer je to vrsta sporijeg toka tekućica. Sa četiri nađene jedinke u uzorcima bentosa Krivaje bila je vrsta živorodnog puža – *Viviparus viviparus*. Ona

naseljava tokove rijeka i potoka sa dobro razvijenom podvodnom vegetacijom.

Bivalvia (školjke). U jednogodišnjem istraživanju Krivaje i njenih sastavnica u uzorcima bentosa nađene su dvije vrste školjki sa svega tri jeinke. Dvije jedinke vrste *Unio sp* nađene su u uzorcima bentosa Bioštica (LA) i Krivaje (L4). Jedna jedinka vrste *Anadonta cygnea* nađena je u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Vozuće. Ova vrsta preferira tvrde vode, muljevitog supstrata, spojega toka vode, što je karakteristično za ovaj lokalitet.

Oligochaeta (maločekinjaši). Distribucija maločekinjaša rijeke Krivaje prikazan je u tabeli 2.

Tabela 2. Distribucija **Oligochaeta** po lokalitetima sliva Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Oligochaeta						
<i>Tubificidae</i>	245	139	92	40	13	77
<i>Haplotaxidae</i>		2	3			
<i>Naididae</i>	67	85	21	21	16	87
<i>Lumbricidae</i>	2					3
<i>Lumbriculidae</i>		11	4			12
<i>Aeolosomatidae</i>		2				
<i>Enchytraeidae</i>		1				
Σ jedinki	314	240	120	61	29	179

U 90 uzoraka bentosa sliva Krivaje nađeno je sedam taksona sa 943 jedinke maločekinjaša. Najveći broj maločekinjaša nađen je u uzorcima Bioštica – 314 jedinki dok je najmanje – 29 jedinki nađeno u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Vozuće. Najbrojnija porodica *Tubificidae* imala je 606 nađenih jedinki dok je svega jedna jedinka porodice *Enchytraeidae* nađena u uzorcima bentosa Stupčanice (LB). Vrste porodice *Tubificidae* indicirau jako zagađenu vodu. *Naididae* su eurivalentni organizmi i nađene su na svim lokalitetima sa ukupno 297 jedinki. Dvije jedinke *Aeolosomatidae* nađene su u uzorcima Stupčanice. Iako dolaze u čistim vodama te vrste nisu dobri indikatori kvaliteta vode (Wegl, 1983).

Hirudinea (pijavice). U uzorcima bentosa Krivaje nađene su dvije vrste pijavica – *Erpobdella octoculata* sa 35 jeinki i *Haemopsis sanguinea* sa svega tri jedinke. Jedinke pijavica nađene su na svim lokalitetima osim na lokalitetu Vozuće. Distribucija jedinki pijavica u uzorcima bentosa Krivaje prikazana je u tabeli 3.

Erpobdella octoculata podnose jače zagađenje, hrane se tubificidama, larvama hironomida te predstavlja karnivorne organizme. *Haemopsis sanguisuga*

je stanovnik kamenitog supstrata tekućica, hrani se maločekinjašima, puževima i lavama insekta.

Tabela 3. Distribucija vrsta pijavica u uzorcima bentosa Krivaje od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Hirudinea						
<i>Erpobdella octoculata</i>	21	1	6	6		1
<i>Hamaeopsis sanguisuga</i>	1	1	1			
Σ jedinki	22	2	7	6		1

Amphipoda (rakušci). U 90 uzoraka zoobentosa Krivaje u toku jednogodišnjeg perioda nađene su 2.053 jedinke jedne vrste *Gammarus balcanicus*. Njihova distribucija prikazana je u tabeli 4.

Tabela 4. Distribucija **Amphipoda** u uzorcima bentosa Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Amphipoda						
<i>Gammarus balcanicus</i>	1929	3	103	13	3	2

Najveći broj jedinki *Gammarus balcanicus* nađen je u uzorcima Bioštica – 1.929, dok je najmanji broj u uzorcima Krivaje na lokalitetu 4 – svega dvije jedinke. Velika brojnost jedinki rakušaca na lokalitetu Olovo u uzorcima Bioštica rezultat je dobre ishrane opalim lišćem i drugim biljnim dijelovima u fazi raspadanja – detritusom. To je i zapaženo na tom lokalitetu uz dobro razvijenu podvodnu vegetaciju.. Bitna je dobra aeracija vode za ovu vrstu tako da čak voda malo može biti i opterećena organskim otpadom.



Detalj sa rijeke Bistričak

Snimio: M. Lončarević

Ephemeroptera (vodeni cvjetovi). Vodeni cvjetovi su konstatovani na svim lokalitetima u uzorcima istraživanog sliva. Njihova distribucija je prikazana u tabeli.

Tabela 5. Distribucija vrsta **Ephemeroptera** u uzorcima bentosa Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Ephemeroptera						
<i>Baëtis rhodani</i>	157	48	73	31	39	34
<i>Baëtis muticus</i>	86	29	56	33	21	11
<i>Baëtis scambus</i>	66	22	55	15	25	12
<i>Baëtis sp.</i>	104	42	85	47	41	26
<i>Centropilum sp.</i>	37	6	13	7	11	7
<i>Siphonurus croaticus</i>	30	40	29	23		28
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	25	38	54	30	21	14
<i>Habroleptoides confusa</i>	11	23	19			
<i>Habrophlebia fusca</i>	17	22	32	21	26	9
<i>Habrophlebia lauta</i>			11	18		5
<i>Rhihtrogena semicolorata</i>	15	18	30	22	12	14
<i>Rhihtrogena sp.</i>	15	11	18	20	4	7
<i>Heptagenia sulphurea</i>	25	18	45	28	19	36
<i>Heptagenia sp.</i>	15	30	27	12	9	13
<i>Ecdyonurus venosus</i>	28	32	27	31	15	18
<i>Ecdyonurus helveticus</i>			7	4		
<i>Ecdyonurus sp.1</i>	62	45	32	15	11	9
<i>Ecdyonurus sp.2</i>				10	2	1
<i>Epeorus sp.</i>	5		6	5		
<i>Ephemerella ignita</i>	381	83	131	73	13	25
<i>Ephemerella major</i>	92	18	28	7		
<i>Ephemerella mucronata</i>	22		66	23	5	12
<i>Ephemera danica</i>	31	9	31	13	3	
<i>Oligoneuriella rhenana</i>	12		3	9		16
Σ jedinki	1.236	534	878	497	277	297

Taksona vodenih cvjetova u uzorcima bentosa Krivaje nađeno je 24 sa 3.719 jedinki. Najveći broj jedinki nađen je u uzorcima bentosa Bioštica – 1.236, dok je najmanje u uzorcima Krivaje na lokalitetu Vozuće – 277 jedinki. Može se uočiti opadanje brojnosti jedinki vodenih cvjetova u longitudinalnom profilu, prema donjem toku Krivaje. U okviru taksona porodica *Baëtidae* je bila najbrojnija sa 1.239 jedinki. Brojne su bile i *Ephemerillidae* – 979, *Heptagenidae* – 828, te *Leptophlebiidae* - 396 jedinki. Sa manjim brojem jedinki u uzorcima su bile zastupljene *Siphonuridae* – 150, *Ephemeridae* – 87 i *Oligoneuridae* – 40 jedinki. Jedinke *Baëtidae* su detritivori što ukazuje na postojanje organskog otpada u istraživanoj tekućici. Među njima najbrojnija je vrsta *Baëtis rhodani* sa 382 jedinke. U relevantnoj literaturi se ukazuje da ova vrsta ima dvije generacije – jednu ljetnju i drugu jesenju (Studemann i sar. 1992), vrlo je prilagodljiva različitim ekološkim uvjetima, zbog čega je i najbrojnija. Hrani se sakupljajući čestice sa podloge i prisutna je u vodama bržeg a i sporijeg toka. Vrste porodice *Heptagenidae* su osjetljivije na jače zagađenje, hrane se algama sa kamenja koje otkidaju maksilama

(Cummins, 1973). Interesantan je nalaz vrste *Epeorus sp.* To je vrsta planinskih tekućica s dosta kisika, ima spljošteno tijelo, nepokretne škrge i kandže na kraju tarzusa što joj omogućava život u brzim tekućicama. Ova vrsta je nađena u uzorcima bentosa Krivaje gornjeg toka što potvrđuje tu činjenicu. Vrste porodice *Ephemerillidae* su detritivori iako su neke i predatori. Javljaju se i u zagađenim vodama. U jednogodišnjem istraživanju Krivaje vrste ove porodice nađene su u znatnom broju na lokalitetima istraživanja a *Ephemerella ignita* najviše, sa 706 jedinki. U uzorcima zoobentosa sliva Krivaje nađena je endemična vrsta *Siphonurus croaticus* Ulmer, 1920, Tanasijević, 1974, dinarsko-alpski endem. Ta je vrsta dobar indikator čistih, nezagađenih voda (Wegl, 1983). U uzorcima bentosa Krivaje nađena je vrsta *Oligoneuriella rhenana*, spada u južnosrednjo-evropske vrste i konstatovana je i u ranijim istraživanjima Krivaje (Mućibabić i sar., 1979). Ova vrsta je karakteristična za brze vode sa dobro razvijenim kandžicama na tarzusu te jako prijanjaju uz podlogu (Cummins, 1973). Važno je napomenuti da su vrste vodnih cvjetova značajne kao hrana za mnoge vrste riba – za pastrmku, sapa ču, šljivara i druge (Sofradžija i sar., 2003).

Plecoptera (obalčari). Vrste obalčara su nađene u znatnom broju što ukazuje na dobar kvalitet vode Krivaje. Distribucija jedinki obalčara prikazana je u tabeli 6. Od obalčara u uzorcima bentosa Krivaje nađena su 22 taksona sa 1. 238 jedinke. Najviše jedinki ovih taksona nađeno je u uzorcima Bioštica – 376 jedinki, najmanji broj je nađen u uzorcima Krivaje na lokalitetu Vozuće – 59 jedinki. Zavidan broj jedinki obalčara nađen je u uzorcima gornjeg toka Krivaje, na lokalitetu Boganovića – 385 jedinki. Najveću brojnost jedinki imala je porodica *Leuctridae* sa 403 jedinke od kojih je bilo najviše jedinki vrste *Leuctra hippopus*. Ova vrsta je vezana za kamenito dno i pouzdana je kao indikator čistih voda (Wegl, 1983). Jedinke ove porodice naseljavaju malo zagađenu vodu i hrane se detritusom. Porodica *Nemouridae* imala je znatan broj – 248 jedinki, među kojima su se isticala vrste: *Nemoura cinerea* – 90 te *Amphinemura sp.* – 72 jedinke. *Nemoura cinerea* živi u tekućicama sa dosta vegetacije *Amphinemura sp.* Je vrsta velikih potoka i rijeka kamenitog dna. Inače vrste obalčara su vezane za kameniti sediment tekućica i spadaju u najsenzibilnije organizme zagađenja vode. Porodica *Taeniopteridae* imala je 167 jedinki od kojih je nbrojnija vrsta *Brachyptera sp.* sa 78 jedinki. Porodica *Perlodidae* u uzorcima bentosa Krivaje bila je zastupljena sa 144 jedinke. Tijelo vrste *Isoperla grammatica* je prekriveno finim dlačicama i naseljavaju kamenito dno. U uzorcima bentosa Krivaje nađena je jedna vrsta *Capnia sp.* porodice *Capnidae* sa 119 jedinki. Ova vrsta naseljava oligosaprobne vode kamenitog dna i vode sa više rastvorenog kisika.

Tabela 6. Distribucija vrsta **Plecoptera** po lokalitetima Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Plecoptera						
<i>Leuctra hippopus</i>	59	28	69	19	13	16
<i>Leuctra nigra</i>	25	6				
<i>Leuctra fusca</i>			24	10		
<i>Leuctra sp. 1</i>	34	17	42	10	9	8
<i>Leuctra sp. 2</i>		9				5
<i>Amphinemura sp.</i>	21	9	20	10		12
<i>Nemoura cinerea</i>	27	11	30	12		10
<i>Nemoura sp.</i>	15	10				
<i>Nemurella picteti</i>			12	6		
<i>Protonemura auberti</i>			14			4
<i>Protonemura sp.</i>	11			5	6	4
<i>Perlodes sp.</i>		5	8			2
<i>Isoperla grammatica</i>	14		16	13	7	
<i>Isoperla sp.</i>	23	25	10	8	4	9
<i>Perla sp.</i>	16	6	33	19	5	8
<i>Perla marginata</i>	8	7		9		
<i>Perla burmeisteriana</i>	11		9	10	2	
<i>Dinocras magacephala</i>	5					
<i>Taeniopterix sp.</i>	15		11			5
<i>Brachyptera risi</i>	31		20	7		
<i>Brachyptera sp.</i>	20	4	19	10	10	15
<i>Capnia sp.</i>	41	11	48	7	3	9
Σ jedinki	376	148	385	164	59	106

Odonata (vilinski konjici). U uzorcima bentosa Krivaje nađene su tri vrste ove skupine sa svega 15 jedinki. Distribucija vrsta vilinskih konjica u istraživanom području prikazane su u tabeli 7.

Tabela 7. Distribucija vrsta vilinskih konjica u uzorcima bentosa Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Odonata						
<i>Brachytron sp.</i>	2		4		3	1
<i>Anax imperator</i>		1		1	2	
<i>Gomphus vulgatissimus</i>					1	
Σ jedinki	2	1	4	1	6	1

Vrsta *Brachytron sp.* je bila zastupljena sa 10 jedinki, dok je *Gomphus vulgatissimus* sa svega jednom jedinkom. Za razvoj jedinki vilinskih konjica potrebna je dobro razvijena podvodna vegetacija gdje bi ženke položila jaja poslije oplodnje. Vjerovatno da je to razlog slabije brojnosti **Odonata** u uzorcima Krivaje koja ima manje razvijenu podvodnu vegetaciju. Vilinski konjici su grabljivice koje svojom krinkom, nastalom od donje vilice, hvataju larve kojima se hrane u vodi. Larveni stadijum različito traje, ovisno od vrste, od jedne do tri godine.

Trichoptera (vodeni moljci). Vodeni moljci nađeni su u velikom broju i na svim lokalitetima u uzorcima rijeke Krivaje. Njihova distribucija prikazana je u tabeli 8. U jednogodišnjem istraživanju rijeke Krivaje

u uzorcima bentosa vodeni moljci su bili zastupljeni sa najviše taksona 37 vrsta sa 1. 683 jedinke. Na lokalitetu Olova u uzorcima Bioštica nađeno je 545 jedinki dok je svega 39 jedinki nađeno u uzorcima Krivaje na lokalitetu Vozuće. Sa značajnom brojnošću bili su uzorci Krivaje na području Boganovića – 389 i Stipin Hana 397 jedinki. Sa najvećim brojem jedinki bila je porodica *Hydropsychidae* – 519 jedinki Iz ove porodice najbrojnija vrsta je bila *Hxdrpsyche angustipennis* sa 177 jedinki a ujedno i najbrojnija u odnosu na sve vrste u uzorcima bentosa Krivaje. Svega jednu jedinku je imala vrsta *Beraea maurus* u uzorcima rijeke Bioštica. Vrste porodice *Rhyacophilidae* u uzorcima Krivaje imale su 198 jedinki. Te vrste su predatori, ne prave zasebne kućice ili mreže, već zaštitu traže ispod kamenja. Žive u malo zagađenim vodama. Jedinke porodice *Sericostomidae* u uzorcima bentosa Krivaje bile su zastupljene sa svega dvije vrste i ukupno 320 jedinki. Ove vrste grade kućice od zrnaca pijeska koje izgledaju poput finog mozaika. Žive u brzim tekućicama te su najviše zastupljene u uzorcima gornjeg toka itraživanog sliva. Porodica *Limnephilide* imale su 112 nađenih jedinki u uzorcima Krivaje. Kućice su im od pijeska ili malih zrnaca kamenčića. Kućice vrste *Anabolia nervosa* su od zrnaca pijeska a kasnije balasti biljnih dijelova. Jedinke ove vrste naseljavaju malo do umjereno zagađenu vodu. Porodica *Goeridae* imala je 274 jedinke u uzorcima bentosa istraživane tekućica. U uzorcima bentosa Krivaje konstatovane su vrste porodica: *Glossosomatidae* sa 68 jedinki, *Philopotamidae* sa 47 jedinki, *Psychomyidae* sa 22, te *Odontoceridae* sa 52 jedinke. Vrste vodenih moljaca su značajno zastupljene u ishrani riba – kod potočne pstrmke *Rhyacophyla sp.* Kao i vrste porodice *Leptoceridae*. Vodenim moljcima se hrane sapača, šljivar, lipljen i druge.

Tabela 8. Distribucija vrsta **Trichoptera** u uzorcima bentosa sliva Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Trichoptera						
<i>Glossosoma conformis</i>			4			
<i>Glossosoma bifidum</i>	8		5			
<i>Agapetus fuscipes</i>	10	4	14	13		10
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	1		7			
<i>Drusus sp.</i>	2					
<i>Halesus tessellatus</i>	8			6		
<i>Potamophylax latipennis</i>	4			3		
<i>Limnephilus sp.</i>	6		7	11	10	7
<i>Limnephilus extricatus</i>	5		3			
<i>Anabolia nervosa</i>	9	5	3	4	4	4
<i>Grammotaulius nigropunctatus</i>	3		8			
<i>Goera pilosa</i>	30	6	13	31		4
<i>Sillo pallipes</i>	50		12	22		13
<i>Sillo piceus</i>	52		37	4		
<i>Beraea sp.</i>	5		5	4		
<i>Beraea maurus</i>	1					
<i>Sericostoma personatum</i>	37	14	41	49		7
<i>Sericostoma sp.</i>	33	13	37	59	17	13
<i>Athripsodes sp.</i>	11	3	9	10	5	6
<i>Mystacides azurea</i>			1	3		
<i>Hydropsyche siltalai</i>		3	4			12
<i>Hydropsyche incognita</i>	62	6	11	14		9
<i>Hydropsyche dinarice</i>	13		8	5		8
<i>Hydropsyche sp.</i>	52	14	26	28		30
<i>Hydropsyche pellicidula</i>			12			
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	47	16	37	35		42
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	8	2	7	4		4
<i>Rhyacophila sp.</i>	26	8	26	18		7
<i>Rhyacophila fasciata</i>			3	4		6
<i>Rhyacophila vulgaris</i>	7		7	14		4
<i>Rhyacophila stigmatica</i>	11		7	6		11
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	11	3	8	7		4
<i>Wormaldia subnigra</i>	2	7	7			
<i>Philopotamus sp.</i>	10			10	1	10
<i>Lype sp.</i>	4		5	3		
<i>Psychomyia pusilla</i>			6			4
<i>Odontocerum albicorne</i>	17	12	9	12	2	
Ukupab broj jedinki	545	116	389	397	39	207



Rijeka Bosna gotovo svake godine poplavi naselje Reljevo kod Sarajeva

Snimio: M. Lončarević

Diptera (dvokrilci). U 90 uzorka bentosa Krivaje nađena su 14 taksona dvokrilaca sa 2. 561 jedinkom. Distribucija vrsta dvokrilaca prikazana je u tabeli 9.

Tabela 9. Distribucija vrsta dvokriaca u uzorcima bentosa sliva Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Diptera						
<i>Tipulidae</i>	11	11			6	
<i>Dixidae</i>		3	3			
<i>Chironomidae</i>	319	408	355	165	115	203
<i>Tabanidae</i>	6	2		3		
<i>Simuliidae</i>	654	25	80	1		20
<i>Athericidae</i>				2	3	
<i>Psychodidae</i>	4	15	2			5
<i>Limoniidae</i>	12	13	9		2	1
<i>Ceratopogonidae</i>	4		5			
<i>Culicidae</i>		22	10	7		14
<i>Empididae</i>		3			1	1
<i>Stratiomyidae</i>			2			
<i>Liponeura sp.</i>			4	1		
<i>Muscudae</i>				5		1
Σ jedinki	1. 010	502	470	202	127	250



“Naš prilog” rijeci Stavnji kod Vareša

Snimio: M. Lončarević

Najveći broj jedinki u uzorcima bentosa Krivaje nađen je u uzorcima lokaliteta A, rijeke Bioštica – 1.010 jedinki od 9 taksona. Najmanje jedinki – 127 je nađeno u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Vozuće. Porodica *Chironomidae* je bila najzastupljenija sa 1. 570 jedinki dok svega dvije jedinke su nađene iz porodice *Stratiomyidae* na lokalitetu Boganovića u uzorcima Krivaje. Veliku brojnost jedinki u uzorcima bentosa imale su vrste porodice Simuliidae – 798 jedinki, samo u uzorcima Bioštica nađeno je 654 jedinke što se može pojasniti povoljnim sedimentom za razvoj tih jedinki. Diptera su eurivalentni organizmi, mogu se naći na različitim oblicima sedimentata tekućica, kameniti sediment bogat podvodnom vegetacijom (Lindegaard, 1994), različitim stepenom opterećenja vode i hrana su mnogim grabežljivim makroinvertebratima i drugim vodenim organizmima. Vrste porodice *Psychodidae* u uzorcima bentosa imale su 26 jedinki. Ove vrste dolaze u tekućicama među biljem, u mulju i pijesku. U biomonitoringu tekućica to su dobri indikatori zagađenih voda. Interesantan je nalaz pet jedinki vrste *Liponeura sp.* iz porodice *Blephariceridae*. Ova vrsta živi u hladnim brdskim potocima, sa brzim tokom vode, većim padom i pričvršćuju se za kamenje trbušnim pijavkama. Ova vrsta je dobar indikator čisti voda.

Coleoptera (tvrdokrilci). Vrste tvrdokrilaca su konstatovane u uzorcima svih lokaliteta istraživanih tekućica. Njihova distribucija je prikazana u tabeli 10.

Tabela 10. Distribucija vrsta tvrdokrilaca u uzorcima bentosa Krivaje u periodu od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine

Lokalitet	LA	LB	L1	L2	L3	L4
Coleoptera						
<i>Elmis sp.</i>	14		13	20	1	3
<i>Limnius sp.</i>	18	11	20		2	5
<i>Oulimnius sp.</i>	2	11	4	11		4
<i>Riolus sp.</i>	5	15		4		7
<i>Halipilidae</i>	7					
<i>Hydrophilidae</i>	7			2		2
<i>Dytiscidae</i>			1			
<i>Gyrinidae</i>			3			1
Σ jedinki	53	37	41	37	3	22

U 90 uzoraka zoobentosa Krivaje konstatovano je osam taksona tvrdokrilaca, larvi ili imaga, sa 193 jedinke. Najveći broj jedinki nađeno je u uzorcima rijeke Bioštica – 53, dok je svega tri jedinke tvrdokrilaca nađeno u uzorcima bentosa Krivaje na lokalitetu Vozuće. Najbrojnija vrsta je bila *Elmis sp.* sa 51 nađenom jedinkom u uzorcima bentosa. Samo jedna jedinka porodice *Dytiscidae* je nađena u uzorcima bentosa Krivaje na području Boganovića. Najbrojnija porodica je bila *Elminthidae* sa ukupno 170 jedinki od konstatovana četiri taksona. Vrste ove porodice su obično zastupljene u sedimentu kamenja, među vegetacijom i u mahovini potoka i rijeka.

ZAKLJUČAK

- Istraživanje rijeke Krivaje vršeno je u jednogodišnjem periodu, od novembra 2001. godine do oktobra 2002. godine;
- Istraživanje rijeke Krivaje izvršeno je na šest lokaliteta, dva na Bioštici i Stupčanici a četiri na rijeci Krivaji, u toku pet terenskih izlazaka prateći sezonsku ritmiku;
- Cilj ovog rada je pregled nađenih vrsta makroinvertebrata zoobentosa i njihova distribucija u toku istraživanja Krivaje;
- U toku prikupljanja uzoraka bentosa urađena je fizičko-hemijska analiza vode;
- U toku jednogodišnjeg istraživanja Krivaje u uzorcima bentosa nađena su 133 taksona sa 12. 766 jedinki, zbog čega se može zaključiti da je rijeka Krivaja povoljna akvatična sredina za razvoj vodenih organizama;
- U uzorcima bentosa istraživanih tekućica nađene su sledeće skupine makroinvertebrata: **Turbellaria, Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Amphipoda, Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Trichoptera, Diptera i Coleoptera**;
- U uzorcima bentosa Krivaje po brojnosti nađenih jedinki isticale su se skupine **Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Amphipoda, Diptera** što ukazuje na činjenicu vode dobrog kvaliteta istraživanih tekućica;
- Najveći broj jedinki je nađen u uzorcima bentosa Bioštice dok je najmanje makroinvertebrata nađeno u uzorcima Krivaje na području Vozuće;
- Sa većom brojnošću nađenih jedinki isticali su se uzorci gornjeg toka Krivaje, područje Boganovića i Stipin Hana, što ukazuje na povoljnije uvjete života makroinvertebrata u tom dijelu toka kao i na postepeno longitudinalno opterećenje Krivaje;
- Mala brojnost jedinki makroinvertebrata na lokalitetu Vozuće u uzorcima Krivaje rezultat je nepovoljnog sedimenta – kuma za njihov razvoj, kao i njegove povremene eksploatacije;
- Manja brojnost jedinki zoobentosa u uzorcima uzetih u novembru 2001. godine kao i marta 2002. godine rezultat je sezonske smjene generacija, izljetanje jedinki insekata u prethodnim mjesecima te malim dimenzijama larvi novih generacija koje nisu prikupljene upotrijebljenom mrežom;
- Posebnu potvrdu za dobar kvalitet vode daje nam veća brojnost jedinki izuzetno senzibilnih skupina makroinvertebrata kao što su **Plecoptera**, neke vrste **Ephemeroptera i Trichoptera**;
- Nađene jedinice pomenutih skupina (vodenih moljaca, obalčara, vodenih cvjetova, vodenih puževa) ukazuju na osobine Krivaje kao plahovite gorske tekućice, na njen pretežno kameniti, šljunkoviti sediment sa manjom količinom podvodne vegetacije i pijeska, sa hladnijom vodom bogatom kisikom;

- Velika brojnost jedinki rakušaca u uzorcima Bioštice rezultat je dobre ishrane opalim lišćem – detritusom, kao i razvijenijom podvodnom vegetacijom;
- Brojnost i raznovrsnost makroinvertebrata Krivaje ukazuje na njen kvalitet što nas obavezuje na njeno očuvanje kroz raznovrsne aktivnosti, posebno utvrđivanjem odgovarajućih metoda biomonitoringa i utvrđivanje zakonskih oblika zaštite tekućica;

LITERATURA

- Bole, J. (1969): Ključi za določevanje živali: mehkužci (Mollusca). Institut za biologijo, Univerze v Ljubljani in Društvo biologov Slovenija, Ljubljana.
- Cumins, K. W. (1973): Trophic relation of aquatic insects. Annual Revue of Entomology North America. Freshwater Biology, 21: 191-205.
- Dall, C. P., Iversen, T. M., Kirkegaard, J., Lindegaard, C. Et Thorup, J. (1990): en oversigt over danske ferskvandsinvertebrater til brug bedømmelse of forureningen i asoerog vandlob. Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Universitet of Miljøkontoret, Storstroms amt. Kobenhavn.
- Lindegaard, C. (1994): The fauna's response on human impacts in running waters with special reference to lowland conditions. In: Biological Assessment of Stream Water Quality, University of Ljubljana, Ljubljana, 11-48.
- Mučibabić, S., Kačanski, 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.
- Nagel, V. P. (1989): Bildbestimmungs-schlüssel der Saprobien. Macrozoobenthon. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Quigley, M. (1979): Invertebrates of Streams and Rivers. A Key to Identification. Edward Arnold, London.
- Sansoni, G. (1992): Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua Italiani. Centro Italiano studi di biologia ambientale, Provincia autonoma di Trento.
- Sofradžija, A., Spahić, M., Škrijelj, R., Guzina, N., Trožić-Borovac, S., Korjenić, E., Hamzić, A. (2003): Ribarstveno-gospodarstvena osnova Kantona Sarajevo. Prirodno matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Studeman, D., Landolt, P., Sartori, M., Hefti, D., Tomka, I. (1992): Ephemeroptera, Insecta Helvetica, Fauna 9. Société entomologique suisse.
- Waringer, J., Graf, W. (1997): Prilog poznavanju maločetinaša (Annelida, Clitellata) rijeke Trebišnjice. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
- Wegl, R. (1983): Index für die Limnesaprobien, Wasser und Abwasser, 26: 1-175.

MJERILA EKOLOŠKE PRIHVATLJIVOSTI SREDSTAVA ZA ZAŠTITU BILJA

Kratak sadržaj

U novije vrijeme javile su se razne međunarodne inicijative da se nekom razumljivom brojčanom ocjenom istakne ekološka prihvatljivost (environmental impact) nekog sredstva za zaštitu bilja. Traži se mogućnost određivanja ekoloških indikatora prihvatljivosti neke mjere koja se primjenjuje u zaštiti bilja. Takvu ocjenu neki su nazvali ekološkim faktorom (ecological impact factor), drugi agroekološkim indikatorom, a treći ekološkim kvocijentom (environmental impact quotient). Za sada najtačniji, ali i najsloženiji, jeste njemački indikator rizika SYNOPSIS kojim se ocjenjuje rizik nekog sredstva za cijelu državu, a na osnovu šest ekoloških i osam bioloških kriterija rizika. Tačna ekološka šteta, odnosno ekološki faktor treba da ukaže na vrijednost pratećih posljedica provođenja neke mjere zaštite bilja, odnosno primjene nekog sredstva za zaštitu bilja. Osnovni pokazatelji koje treba koristiti pri određivanju visine faktora jesu procjena njegove opasnosti za organizme (risk assesment, risk classification), procjena korisnosti (cost/benefit analysis), ostaci u podzemnim i nadzemnim vodama, u tlu i na biljkama, uticaj na biodiverzitet, na učinak staklenika i na krajolik. Na visinu faktora utiče i količina potrošnje, kako ukupna, tako i po jedinici

površine. Opasnost za organizme jednog te istog sredstva nije ista u različitim uslovima (npr. u zatvorenom prostoru veća je nego u prirodi, za duge ekpozicije veća je nego kod kratke, za više doze ili koncentracije, viša je nego za niže itd).

Ključne riječi: Ekološki faktor, ekološka prihvatljivost, prateće posljedice

UVOD

Validna procjena uticaja poljoprivrede na okoliš moguća je samo na osnovu sveobuhvatnih i sistematičnih analiza poljoprivredne proizvodnje i ruralnog razvoja. Na globalnom nivou, strategija za ove sadržaje u oblasti zaštite okoliša u većini razvijenih zemalja zasniva se na aktivnostima kao što su:

1. Očuvanje i unapređenje strategija i planova poljoprivredne proizvodnje korištenjem optimalnih mogućnosti;
2. Kontrola upotrebe agrohemikalija (pesticida i đubriva);
3. Očuvanje genetičkih resursa;
4. Pribavljanje podesnih ekonomskih inicijativa i „podrški“. (Bojanić-2004)

Strategija smanjenja rizika usljed upotrebe pesticida i drugih hemikalija je pravac koji se postepeno realizuje u visokorazvijenim zemljama tokom poslednje dvije decenije. Zbog toga se sve intenzivnije radi na procjeni ekološkog rizika koji može da obuhvati mjerenje ili procjenjivanje mogućih štetnih efekata primjene pesticida na jedan ili više dijelova okoliša. Ovaj postupak trebalo bi da predstavlja jednostavan metod za *identifikaciju, procjenu veličine i značaja promjene u okolišu*. (Karan, Mojašević, Vitorović, Elezović - 2004)

Procjena uticaja na okoliš – EIA (Environment Impact Assessment) prepoznaje se kroz mogućnost realizacije „održivog razvoja“. U osnovi, EIA se može definisati kao proces kojim je moguće predvidjeti posljedice određenih aktivnosti ljudi na ekosisteme – u ovom slučaju posljedice primjene sredstava za zaštitu bilja (pesticida) ili određenih načina primjene pesticida – na jedan ili više dijelova okoliša. (Bergkvist-2004). EIA može biti:

- kvalitativna: kada se sastoji samo od metoda kojima se identifikuju/konstatuju promjene u okolišu;
- kvantitativna: kada pokušava da ocjeni obim i značaj promjena (Levitan, 1997, Duffy, 1998).

Pri izboru odgovarajućeg sredstva za zaštitu bilja (ili neke mjere), prvi kriterijum trebale bi biti upravo *toksikološke i ekotoksikološke osobine*. Ostali važni kriterijumi jesu: *djelotvornost i ekonomičnost*.

Tabelarni pregled jasno pokazuje da je u Francuskoj registrovan najveći broj preparata i aktivnih supstanci (Lucas, Vall).

U novije vrijeme javile su se razne međunarodne inicijative da se nekom razumljivom brojčanom ocjenom istakne ekološka prihvatljivost nekog sredstva za zaštitu bilja. Traži se mogućnost određivanja ekoloških indikatora prihvatljivosti neke mjere. Takvu ocjenu neki su nazvali *ekološkim faktorom*, drugi *agroekološkim indikatorom*, a treći *ekološkim kvocijentom*. Za sada, kao što je već napomenuto, najtačniji, ali i najsloženiji, jeste njemački indikator rizika *SYNOPS*.

EKOLOŠKI FAKTOR

Sve se češće govori o rentabilnosti pojedinih mjera zaštite bilja. Tako se krajem pedesetih godina prošlog vijeka na našem prostoru predlagala primjena *faktora rentabilnosti*. Ovaj faktor je u to vrijeme predstavljao odnos troškova mjere i vrijednosti spri-



Zimski ugođaj u dolini Jezernice

Snimio: M. Lončarević

ječena gubitka. Međutim vrlo brzo se uočilo da mnoge mjere zaštite bilja, a posebno hemijske imaju i niz drugih negativnih propratnih pojava. Tako one smanjuju brojnost ili čak uništavaju prirodne neprijatelje štetočina neke kulture, i to ne samo štetočina koje se suzbijaju, nego i neprijatelja ostalih štetočina. Ove mjere mogu da negativno utiču na pčele, da truju ribe, ptice, divljač, pa i domaće životinje. One također imaju negativnog uticaja na faunu zemljišta čime se ono zagađuje i smanjuje njegova plodnost. Usljed ovoga, mnoga zemljišta tokom više godina nisu prikladna za uzgoj nekih kultura. Primjenom ovih mjera smanjuje se ukupni biodiverzitet flore i faune. Neka sredstva štete ozonskom omotaču, a druga naruša-

Broj registrovanih preparata i aktivnih supstanci pesticida u 7 zemalja EU:

	Belgija	Njemačka	Grčka	Francuska	Holandija	Austrija	V.Britanija
Broj preparata	1397	924	1632	7900	1367	930	3928
Broj aktivnih supstanci	380	270	373	433	264	330	367

vaju izgled okoliša. Na kraju, veoma bitna činjenica jeste da su sve češća trovanja ljudi, a uz to rastu i troškovi njihova liječenja. (Lazić -2005) Sve ove negativne prateće pojave zapravo su ekološka šteta koja smanjuje korist koju postižemo nekom mjerom zaštite bilja. Zbog toga, naprijed navedeni način izračunavanja faktora rentabilnosti nije realan jer ne uzima u obzir i nastalu ekološku štetu. Tako izračunati faktor može se nazvati „računovodstveni“ faktor rentabilnosti. Pri izračunavanju faktora rentabilnosti mora se u obzir uzeti i vrijednost ekološke štete. Visinu ekološke štete treba pribrojati troškovima eksploatirane mjere i tako izračunati rentabilnost iste. Ako je faktor rentabilnosti veći od 1, mjera se isplati. Na osnovu toga prijedloga, i sadašnjih spoznaja smatra se da pri izračunavanju rentabilnosti primjene hemijskih sredstava za zaštitu bilja treba uzimati u obzir prosječnu ekološku štetu od 30 - 80 % troškova mjere u jednogodišnjim usjevima, odnosno 80-150% u višegodišnjim nasadima. Drugim riječima Barčić-Igrc i Maceljki (2001) predlažu uvođenje ekološkog faktora od 1,3 – 1,8 u jednogodišnjim usjevima, a 1,8-2,5 u višegodišnjim nasadima. Za biotehnička, a posebno biološka sredstva ovaj faktor može biti i niži. Ekološki faktor 1,0 znači da određena mjera ne izaziva ekološke štete. Rentabilnost mjere ili primjene sredstva valja procijeniti prije provođenja. Tada su poznati troškovi mjere, a očekivanu vrijednost spriječenog gubitka možemo samo procijeniti. S toga je bolje vezati ekološku štetu za troškove mjere. Međutim naglašavamo da taj pokazatelj upućuje samo na prosječnu vrijednost te štete, jer je tačnu ekološku štetu moguće procijeniti samo za svaki konkretni slučaj, to znači za svaku kulturu, vrstu štetnog biološkog agensa, primijenjeno sredstvo, pa i parcelu na kojoj će se mjera provesti, što još za sada nije moguće učiniti.

Tačna ekološka šteta, odnosno ekološki faktor treba ukazati na vrijednost pratećih posljedica sprovođenja neke mjere zaštite bilja, odnosno primjene nekog sredstva za zaštitu bilja. Osnovni pokazatelji koje treba koristiti pri određivanju visine ovoga faktora kod primjene nekog sredstva, odnosno sprovođenja neke mjere, jesu procjena njihove opasnosti po organizme (risk assessment, risk classification), procjena korisnosti (cost / benefit analysis), ostaci u podzemnim i nadzemnim vodama, u tlu i na biljkama, uticaj na biodiverzitet, uticaj na učinak staklenika.. Na visinu faktora utiče i količina potrošnje, kako ukupna, tako i po jedinici površine. Opasnost za organizme jednog te istog sredstva nije ista u različitim uslovima (npr. u zatvorenom prostoru veća je nego u prirodi, za dugoročno izlaganje veće je nego kod kratkoročnog, za više doze – koncentracije, veća je nego za niže itd.). Uprkos navedenih nedostataka prosječnog ekološkog faktora, kojeg se predlaže, valja i dalje pri donošenju odluke o opravdanosti pri-

mjene neke mjere zaštite bilja izračunavati faktor rentabilnosti uz korištenje predloženih prosječnih ekoloških faktora.

$$\text{Faktor rentabilnosti (FR)} = \frac{\text{vrijednost spriječenog gubitka}}{\text{trošak mjere} + \text{ekološka šteta}}$$

$$\text{Ekološka šteta (EŠ)} = (\text{trošak mjere} \times \text{ekološki faktor}) - \text{trošak mjere}$$

POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE INDEKSA RIZIKA PREMA METODOLOGIJI KOVACHA I SARADNIKA

Metodologiju za određivanje uticaja primjene pesticida na okoliš po indeksu uticaja na okoliš – EIQ (Environmental Impact Quotient), koji su razvili Kovach i sar. (1992), prihvatila su ministarstva poljoprivrede nekoliko država Evropske unije, kao što su Poljska, Mađarska, Češka i Slovenija. Ovaj postupak ubraja se među prve modele koji su razvijeni s ciljem da pomognu pri izboru alternativnih programa zaštite pojedinih usjeva i zasada. Ovi istraživači su pošli od pretpostavke da je za registraciju nekog pesticida potrebno obaviti veliki broj ispitivanja, te da za većinu aktivnih supstanci pesticida postoji veliki broj podataka o toksikološkim parametrima kojima se „mjeri“ uticaj na okoliš i korisne organizme. Pošto su zaključili da ovi podaci nisu sređeni niti lako dostupni, pokušali su da ih objedine i organizuju na način koji će pomoći proizvođačima i stručnjacima koji se bave zaštitom biljaka, da biraju one pesticide koji su podesniji sa stanovišta okoline. Primjenom ovoga sistema dolazi se do brojčanih vrijednosti za nekoliko vrsta efekata (indikatora) koji su grupisani u tri cjeline:

- efekte na radnike u primjeni
- efekte na konzumente hrane i podzemnu vodu i
- ekološke efekte

Ukupni rizik (EIQ) dobija se iz srednje vrijednosti navedenih cjelina koje omogućavaju poređenje raznih pesticida ili programa zaštite bilja.

Formula za određivanje ukupnog indeksa uticaja na okoliš (EIQ) za svaku pojedinačnu aktivnu supstancu je:

$$\text{EIQ} = \{ \text{C} [(\text{DT50}) + (\text{DT}+\text{P})] + [\text{C} \times ((\text{S}+\text{P})/2) \times \text{S}_y] + (\text{L}) \} + \{ (\text{F} \times \text{R}) + (\text{D} \times ((\text{S}+\text{P})/2) \times 3) + (\text{Z} \times \text{P} \times 3) + (\text{B} \times \text{P} \times 5) \} / 3$$

Prvi dio formule, odnosi se na rizik za zdravlje ljudi koji su profesionalno izloženi dejstvu aktivne supstance pesticida i ovom prilikom neće biti razmatran. U drugom dijelu formule slovne oznake predstavljaju sljedeće:

F = toksičnost za ribe;



Kanal Drenovac kod Orašja, za odvodnju u plodnoj Posavini

Snimio: M. Lončarević

$R = (DT - 50)$ u vodi;
 D = toksičnost za ptice;
 $S = (DT - 50)$ u zemljištu;
 $P = DT - 50$ na biljkama;
 B = toksičnost za korisne artropode;
 Z = toksičnost za pčele,
 $(DT-50)$ predstavlja vrijeme poluraspada.

Ekološku komponentu u modelu sačinjavaju efekti na akvatične i terestrične organizme. Predstavljani su kao zbir efekata pesticida za: ribe ($F \times R$), ptice ($D_x(S+P):2 \times 3$), pčele ($Z \times P \times 3$) i korisne artropode ($B \times P \times 5$) – u ovoj metodi za kišne gliste. Ukupna vrijednost EIQ aktivne supstance pesticida za ekološku komponentu može da bude 300 ili detaljnije ($25+75+75+125$). Kada se ova vrijednost podijeli sa 3 dobije se iznos od 100, ako je uključen u ukupni EIQ. Procjena ekološkog rizika po ovoj metodi vrši se za svaki pesticid (aktivnu supstancu) po prikupljanju podataka za svaki faktor (promjenljivu veličinu). Ukoliko neki podatak nije dostupan, uzima se prosječna vrijednost svih faktora i substituiše u nedostajući faktor. Smatra se da nedostajući podatak neće imati većeg uticaja na relativno rangiranje pesticida u okviru određene grupe. Poslije ustanovljavanja vrijednosti EIQ za odabranu aktivnu supstancu pristupa se izračunavanju EIQ za sve formulisane preparate ove aktivne supstance koji se primjenjuju u praksi. Zatim se pomoću jednačine, u koju se unose podaci o procentu aktivne supstance u preparatu, količini i broju primjena, za svaki preparat izračunava EIQ za

uslove u polju, odnosno poljski EIQ.

$EIQ \text{ za uslove u polju} = EIQ \times \% \text{ aktivne supstance} \times \text{količina primjene} \times \text{broj primjene}$

Predstavljani metod procjene za ekološku komponentu rizika možda nije najbolje rješenje jer daje dosta grube i površne rezultate. Ovakav zaključak se može izvesti na osnovu toga što se nije uspjelo pronaći podatke za sve parametre, a neki od dostupnih podataka za ekološke efekte ne potiču iz standardizovanih protokola testiranja i nisu upotrebljivi za procjenu relativnog uticaja. To naravno ne umanjuje značaj metode već upućuje na problem specifičnosti svake socijalne i agroekološke sredine. Ova metoda ne mora da bude reprezentativna, ali može da nam pruži prihvatljive rezultate ekotoksikološkog rizika pesticida.

ZAKLJUČAK

Velika ulaganja u istraživanje sredstava za zaštitu bilja, omogućila su otkriće mnogih jedinjenja koja su efikasna u suzbijanju štetnih bioloških agenasa. Postoje velike razlike u stepenu njihove otrovnosti za ljude, njihovom uticaju na prirodne neprijatelje štetočina i u stepenu zagađenja okoliša. Usljed svega ovoga čovjek ima veliku mogućnost izbora ekološki prihvatljivijih ne samo bioloških i biotehničkih, već i hemijskih sredstava u odnosu na postojeće. Zato metode za procjenu rizika od upotrebe pesticida dobijaju sve veći značaj i praktičnu primjenu. Početak rješavanja ekoloških posljedica primjene pesticida je uspostavljanje procedure procjene rizika. Postoje

mnoge metode za karakterizaciju i procjenu uticaja pesticida kao i više različitih načina procjene i izračunavanja indeksa rizika. Potrebno je napraviti pravilan izbor metode za karakterizaciju i procjenu uticaja pesticida kao i procjenu izračunavanja indeksa rizika. Metode za procjenu rizika omogućuju izbor adekvatnih pesticida za upotrebu u datim agroekološkim uslovima, pružaju sigurniji i ekonomičniji način proizvodnje usjeva i smanjuju mogućnost pojave toksičnih efekata, a sve u cilju proizvodnje sigurne hrane i zaštite okoliša. Nivou kvaliteta procjene rizika mogu doprinijeti podaci koji su prikupljeni u okviru standardizovanih i preporučenih protokola, kao i podaci iz realnijih uslova okoliša. Sasvim jasno se može vidjeti da svi dosadašnji pokušaji predstavljaju početak jedne velike problematike, koja nažalost još nije usaglašena. Potrebno je još vremena i truda uložiti u iznalaženje odgovarajućih sistema za rangiranje pesticida i procjenu rizika i na usaglašavanje i harmonizaciju procedura za procjenu rizika.

Literatura:

1. Barčić - Igrc J., Maceljski, M.,(2001): Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika, Zrinski, Čakovec.
2. Bojanić, M.(2004): Izračunavanje indeksa rizika herbicida u kukuruzu, diplomski rad Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
3. Bergkvist, P.,(2004): Pesticide Risk Indicators at National Level and Farm Level-A Swedish Approach, Swedish Chemical Inspectorate, Sundbyberg.
4. Duffy, P. (1998): Environmental Impact Assessment Training for Sustainable Agriculture and Rural Development: A Case in Kenya, SD: Environment: Environmental policy and integrated management, FAO, Rim..
5. Karan, V., Mojašević, M, Vitorović, S; Elezović, I. (2004): Ekotoksikološka procjena rizika za pesticide – herbicide, Acta Herbologica, 13;2; 309- 319;.
6. Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tettle, J. (1992).: A method to Measure the Environmental Impact of Pesticides, New York State Integrated Pest Management Program, Online Publication;
7. Lazić, Z. (2005).: Ekotoksikološka procjena rizika i rangiranje pesticida u zaštiti breskeve, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu;
8. Levitan, L., (1997) : An Overview of Pesticide Impact Assessment Systems (a.k.a. „Pesticide Risk Indicators“) based on Indexing or Ranking Pesticides by Environmental Impact, OECD Workshop on Pesticide Indicators, Copenhagen, 21-23;.
9. Lucas, S. And Paul Vall, M: Pesticides in the European union, http://europa.eu.int/comm/agriculture/envir/report/en/pest_report_en.htm.



Zimski pejzaž Une

Snimio: M. Lončarević

BIODIVERZITET FAUNE VODOZEMACA TUZLE I OKOLINE

SAŽETAK

Inventarizacija vodozemaca Tuzle i okoline, dijela Bosne i Hercegovine koji je u ovom smisu veoma slabo istražen, provedena je u periodu od maja do septembra 2006. godine. Registrirano je prisustvo devet vrsta iz pet porodica i dva reda. Od pronađenih vodozemaca po broju vrsta najbrojnija je porodica *Ranidae* koja je predstavljena sa tri vrste, zatim slijede porodice *Salamandridae* i *Bufonidae* sa po dvije i *Hylidae* i *Discoglossidae* (*Bombinatoridae*) sa po jednom vrstom. S obzirom na naseljenost i snažan uticaj antropogenog faktora na okolinu i sredinu koju naseljavaju ovi organizmi možemo biti zadovoljni brojem pronađenih vrsta, ali i zabrinuti zbog veoma nesavjesnog ponašanja čovjeka prema ovim organizmima kao i prema prirodi uopšte. U cilju očuvanja faune vodozemaca Tuzle i okoline, kao i cijele Bosne i Hercegovine, potrebno je ozbiljnije pristupiti radu na inventarizaciji vodozemaca, kao i zaštiti njihove životne sredine.

UVOD

Osnovu svakog batrahološkog istraživanja predstavlja upoznavanje populacija vodozemaca istraživog područja, odnosno dobijanje relevantnih podataka o zastupljenosti pojedinih vrsta vodozemaca.

Samom činjenicom da su prvi kopneni kičmenjaci, vodozemci se mogu smatrati veoma zanimljivom i važnom skupinom životinja.

Prvi relevantni podaci o fauni vodozemaca Bosne i Hercegovine vezani su za drugu polovinu 19. i kraj 20. stoljeća, i za imena stranih istraživača kao što su: Werner (1893, 1897), zatm Reiser (1895), Bolkay (1919, 1922, 1924, 1929). Nešto kasnije vodozemcima Bosne i Hercegovine svoju pažnju su posvetili i istraživači iz ex. Jugoslavije: Radovanović (1951), Čučković (1966), Pocrnjić i Kosorić (1966, 1967), te Đurović (1973). U posljednjih nekoliko godina doprinos proučavanju vodozemaca Bosne i Hercegovine dali su: Škrijelj i Korjenić (2000), Lelo i saradnici (2003), te Adrović i Mujić (2006).

Iako vodozemci sa sigurnošću predstavljaju jednu od najzanimljivijih skupina životinja, i samim tim zaslužuju posebnu pažnju, pogotovo u Bosni i Hercegovini, koja je sigurno jedna od rijetkih zemalja u Evropi koja se može pohvaliti biološkim diverzitetom, pa i svojim endemom iz Prokoškog jezera (*Triturus alpestris reiseri*, Werner 1902), prethodni podaci govore da im je posvećena veoma mala pažnja. Zbog same činjenice da je u Bosni i Hercegovini objavljen veoma mali broj radova koji su vezani za istraživanja vodozemaca, i da nije evidentiran tačan



Triturus alpestris (Laurenti 1768)

broj vrsta vodozemaca, pa ni biologija pojedinih vrsta, potrebno je uraditi inventarizaciju vodozemaca Bosne i Hercegovine i posvetiti im mnogo više pažnje. U Bosni i Hercegovini žive predstavnici dva reda **Urodela** i **Anura**, koji su zastupljeni sa 18 vrsta i 5 podvrsta (Škrijelj i Korjenić, 2000). Međutim, ignorantski odnos naših istraživača prema vodozemcima bi mogao dovesti do smanjenja ovog broja i do pogubnih posljedica ne samo po populacije vodozemaca, nego i mnogih drugih predstavnika faune Bosne i Hercegovine. Batrahološka istraživanja okoline opštine Tuzla predstavljaju prva istraživanja sa ciljem inventarizacije i utvrđivanja diverziteta populacija vodozemaca ovog dijela Bosne i Hercegovine.

MATERIJAL I METODE

Terenski dio istraživanja faune vodozemaca obavljen je u vremenskom periodu od maja do septembra 2006. godine na širem području opštine Tuzla. Istraživanja su obavljana diskontinuirano i većinom su ovisila o vremenskim uvjetima. Istraživanja su najčešće obavljana u periodu kišnih dana, i to u večernjim satima kada većina vodozemaca izlazi iz skrovišta u potrazi za hranom i kada ih je najprikladnije pomoću jakih svjetiljki zapaziti i uloviti. Staništa na kojima su ulovljene determinisane vrste su korito rijeke Jale na više lokaliteta, trajne bare u listopadnim šumama, i proplancima u blizini listopadnih šuma, te privremene bare koje su nastajale kao posljedica jakih padavina. Vodozemci su najčešće lovljeni rukom, a korištena je i mreža koja je bila pričvršćena za dugi štap. Nakon hvatanja vodozemci su fiksirani u 4% rastvoru formalina i preneseni na dalju obradu u laboratoriju Odsjeka za biologiju Prirodno - matematičkog fakulteta u Tuzli. Dalja obrada se sastojala u taksonomskoj determinaciji ulovljenih vrsta vodozemaca po ključu za određivanje vodozemaca Bosne i Hercegovine, Đurović i sur. (1979).

Na osnovu detriminiranih vrsta vodozemaca ustanovljen je diverzitet populacija vodozemaca na istraživanom području.

REZULTATI I DISKUSIJA

Tokom batraholoških istraživanja opštine Tuzla i njene uže okoline, provedenih u periodu od maja do septembra 2006. godine, registrovano je devet različitih vrsta vodozemaca koje se svrstavaju u dva reda i pet porodica. (Tabela 1.)

Globalne opservacije pokazuju da su u Tuzli i okolini prisutni predstavnici oba reda vodozemaca, i to:

- Urodela (Caudata) ili repati vodozemci
- Anura (Ecaudata) ili bezrepi vodozemci

Nakon sumiranja rezultata ovoga istraživanja došli smo do saznanja da dvije pronađene vrste repatih vodozemaca pripadaju porodici **Salamandridae**, sa dva roda **Salamandra** i **Triturus**.

Rod **Salamandra** je predstavljen vrstom **Salamandra salamandra** (Linnaeus, 1758), koji je poznat kao obični ili pjegavi daždevnjak. Rasprostranjen je u cijeloj Evropi, vrlo često se može sresti u šumama Bosne i Hercegovine, pogotovo u vrijeme kišnih dana. Obični daždevnjak je tipični predstavnik repatih vodozemaca istraživanog područja. U Bosni i Hercegovini je iz roda **Salamandra** prisutan još jedan predstavnik **Salamandra atra** (Laurenti, 1768), koji je sličan je prethodnoj vrsti ali je manji i sasvim crn bez pjega (Đurović et al. 1979). Ovaj predstavnik zbog toga što on živi na nadmorskim visinama od 700 do 3000 metara (Đurović et al. 1979), a naša istraživanja nisu obuhvatala te nadmorske visine, ovaj vodozemac nije pronađen na istraživanom području. Njegova staništa u Bosni i Hercegovini su Prenj i Čvrnsnica.

Iz ove familije je ustanovljeno i prisustvo predstavnika roda **Triturus** sa vrstom **Triturus alpestris** (Laurenti, 1768). Ovakav rezultat se može smatrati očekivanim, jer na to ukazuju rezultati Bolkaya (1919), koji tvrdi da je ova vrsta česta u Bosni i Hercegovini, te da je nalažena u blizini Trnova, Zavidovića i na Bjelašnici (Bolkay, 1924). Prisustvo ove vrste registrovano je na Čvrnsnici od strane Đurović et al. (1979). Široku rasprostranjenost ove vrste u Bosni i Hercegovini naglašavaju i Radovanović (1971), te i Škrijelj i Korjenić (2000). Prisustvo ove vrste u okolini Gračanice registrovali su i Adrović i Mujić (2003).



Salamandra salamandra (Linnaeus 1758)

Tabela 1. Kvantitativni sastav faune vodozemaca Tuzle i okoline

RED	PORODICA	VRSTA
URODELA (CAUDATA)	Salamandridae	Salamandra salamandra (Linnaeus, 1758)
		Triturus alpestris (Laurenti, 1768)
ANURA (ECAUDATA)	Discoglossidae	Bombina variegata (Linnaeus, 1758)
	Hylidae	Hyla arborea (Linnaeus, 1758)
	Bufonidae	Bufo bufo (Linnaeus, 1758)
		Bufo viridis (Laurenti, 1768)
	Ranidae	Rana ridibunda (Pallas, 1771)
		Rana dalmatina (Bonaparte, 1842)
Rana esculenta (Linnaeus, 1758)		

Triturus alpestris (Laurenti, 1768) naseljava šire područje centralne Evrope i najzapadnije dijelove Azije, tj. područje od Španije na istoku preko srednje Evrope sve do istočnih područja Rusije, odnosno od Danske na sjeveru do Grčke na jugu Evrope (Radovanović, 1951; Arnold, Barton, 1992; Lelo et al. 2003). U Bosni i Hercegovini je registrovana i podvrsta **Triturus alpestris reiseri** (Werner, 1902). Ta podvrsta je bosanskohercegovački endem i egzistira na planini Vranici u Prokoškom jezeru. Ova podvrsta se od tipične vrste razlikuje po tome što ima veću glavu. Potvrdu stabilne egzistencije bosanskohercegovačke endemične populacije alpskog tritona u Prokoškom jezeru i njegovoj okolini iznose Lelo i suradnici (2003). Poređenje svih dobijenih podataka sa literaturnim podacima jasno pokazuje da je status endemične bosanskohercegovačke podvrste alpskog tritona **Triturus alpestris reiseri** (Werner, 1902) na prvi pogled jako stabilan te da se u inostranoj literaturi on označava kao bosanski alpski triton što svakako treba koristiti i u domaćoj literaturi (Lelo et al. 2003). Pomenuti autori negiraju spekulacije o ugroženosti i nestanku populacije ovog endema iz Prokoškog jezera, smatrajući ih neosnovanim. Pored navedene vrste (Radovanović, 1951; Đurović et al. 1979), faunu Bosne i Hercegovine naseljavaju još dvije vrste iz roda **Triturus**.

Prva od te dvije vrste je **Mesotriton (Triturus) alpestris (Laurenti, 1768)** obični ili mali triton, sa podvrstom **Mesotriton (Triturus) alpestris graecus** (Wolterstorff, 1905). Ova vrsta naseljava Grčku, kod nas istočnu Hercegovinu (Đurović et al. 1979). Primjerci predstavnika vrste **Mesotriton (Triturus) alpestris (Laurenti, 1768)** su pronađeni i na području

Crne Gore. Druga je **Triturus cristatus** (Laurenti, 1768) krestasti triton. U našoj zemlji žive i dvije, prema (Đurović et al, 1979) podvrste, (sada imaju status vrste), a to su: **Triturus doborogicus** (Kiritzescu, 1903), (Wolterstorff, 1923) dunavski krestasti triton i **Triturus carnifex (Laurenti, 1768)** planinski krestasti triton.

Triturus doborogicus (Kiritzescu, 1903), je rasprostranjen od Alpa u Austriji do Karpata u Rumuniji. U Bosni i Hercegovini naseljava sjeverna područja i Posavinu (Đurović et al. 1979).

Triturus carnifex (Laurenti, 1768) u Bosni i Hercegovini je poznata u brdskim i planinskim stajaćim vodama zapadne, jugozapadne i srednje Bosne (Đurović et al. 1979). Vrsta **Triturus cristatus** (Laurenti, 1768) je otkrivena u masivu Lovćena, i u Doborskom selu u Crnoj Gori. Po nalazima morfološkog i morfometrijskog istraživanja, lovćenska populacija vrste **Triturus cristatus** (Laurenti, 1768) pokazuje veću sličnost sa populacijama velikog mrmoljka iz zapadnih



Bombina variegata (Linnaeus 1758)

dijelova ex. Jugoslavije nego iz istočnih. Sudbina ove populacije potpuno je neizvjesna zbog nestabilnosti ekosistema u kojem živi tokom razmnožavanja.

Iz reda **Anura**, tj. reda bezrepnih vodozemaca registrovano je sa sedam vrsta iz četiri porodice.

Porodicu **Discoglossidae**, predstavlja **Bombina variegata** (Linnaeus, 1758), poznatija kao žuti mukač. **Bombina variegata** (Linnaeus, 1758) naseljava brdski i planinski pojas do 2000 metara nadmorske visine, i rasprostranjena je u cijeloj zapadnoj, srednjoj i južnoj Evropi. U Bosni i Hercegovini je jedna od najčešćih vrsta žaba (Đurović et al. 1979). Iz ove porodice je poznata i vrsta **Bombina bombina** (Linnaeus, 1761), poznata kao crveni mukač ili ognjena žaba. Ova žaba obitava na nadmorskim visinama do 250 metara. U literaturi ne postoje naučno valorizirani podaci koji potvrđuju pretpostavku Đurović et al. (1979) o arealu ove vrste u našoj zemlji (Adrović, Mujić 2003). Mužjak proizvodi vrlo jak i otegnut zvuk koji podsjeća na zvuk zvona (Aleksopulo, 1964).

Iz porodice **Hylidae** je pronađena **Hyla arborea** (Linnaeus, 1758). Ova vrsta naseljava srednju i južnu Evropu, na istoku do Urala, Kavkaza i Male Azije. U Bosni i Hercegovini ova vrsta je široko rasprostranjena (Đurović et al. 1979). Ove žabe se još zovu i kreketuše, pred samu kišu počinju jako da krekću pa ih narod naziva i gatalinke (Aleksopulo, 1964).

Kako se moglo i pretpostaviti, porodicu **Bufonidae** na istraživanom području su predstavile dvije vrste, a to su: **Bufo bufo** (Linnaeus, 1758) i **Bufo viridis** (Laurenti, 1768). Može se smatrati veoma zanimljivim podatak, da su sve jedinke, navedenih vrsta pronađene u blizini naselja, u travnjacima ili cvijetnjacima dvorišta.

Najbrojnija i predstavljena sa najviše vrsta, kao i jedinki je porodica **Ranidae**. Uzimajući u obzir dostupnu literaturu, ovakvi rezultati su se mogli i očekivati. Vrste u okviru porodice Ranidae se grupišu u dvije nesistematske skupine, a to su: **Ranae fuscae** (mrke žabe), i **Ranae aquaticae** (zelene žabe). Ove dvije skupine se razlikuju najprije po obojenosti tijela i načinu života.



Bufo bufo (Linnaeus 1758)



Bufo viridis (Linnaeus 1768)

Mrke žabe (**Ranae fuscae**) su solitarne terestrične vrste, tihog oglašavanja samo u doba kada su vezane za vodu. Smeđe boje tijela i kod njih postoji tamno - braon ili smeđa pruga koja polazi od vrha glave i pruža se preko očiju i bubne opne do kraja glave. U našim krajevima sreću se populacije tri vrste mrkih žaba: **Rana dalmatina** (Bonaparte, 1842), **Rana graeca** (Boulenger, 1891) i **Rana temporaria** (Linnaeus, 1758) (Simonović et al. 2004).

Od predstavnika ove skupine u okolini Tuzle je pronađena samo **Rana dalmatina** (Bonaparte, 1842). Veoma je malo dostupnih podataka o ras-



Hyla arborea (Linnaeus 1758)



Rana dalmatina (Bonaparte 1840)



Rana ridibunda (Pallas 1771)



Rana esculenta (Linnaeus 1758)

prostranjenosti ove vrste na području Bosne i Hercegovine, a i ti malobrojni su starijeg datuma. Bolkay (1924) ističe nalazišta u okolini Sarajeva, te nalazišta u okolini Konjica, a Đurović (1975) ističe nalazišta na planini Čabulji.

Zelene žabe (*Ranae aquatice*) su gregarijske (žive u grupama), sinoptijske vrste, akvatične ili vezane za obale vodenih bazena (riparijske vrste), izuzetno bučnog oglašavanja. Kod njih dominira zelena boja tijela (Simonović et al. 2004)

U ovu skupinu se ubrajaju *Rana lessonae* (Camerano, 1882), *Rana ridibunda* (Pallas, 1771) i *Rana esculenta* (Linnaeus, 1758).

Ovim istraživanjem je ustanovljeno da u području okoline Tuzle od ove tri navedene vrste obitavaju *Rana ridibunda* (Pallas, 1771) i *Rana esculenta* (Linnaeus, 1758), koja je hibridogenetska vrsta *Rana lessonae* (Camerano, 1882) i *Rana ridibunda* (Pallas, 1771), koja živi na istom staništu sa roditeljima, mada se mogu sresti i čiste populacije ove vrste.

Rana esculenta (Linnaeus, 1758), je pronađena na nadmorskoj visini oko 400 metara, a po dostupnim podacima ta vrsta se smatra vrstom ravničarskih predjela.

ZAKLJUČCI

Na osnovu ostvarenih rezultata moguće je izvesti nekoliko opštih zaključaka o sastavu populacija vodozemaca na području Tuzle i njene uže okoline.

Provedenim istraživanjima je utvrđeno da su na istraživanom području prisutni predstavnici reda Urodela (repati vodozemci), i Anura (bezrepi vodozemci) sa ukupno pet porodica i devet vrsta.

Red Urodela je zastupljen porodicom *Salamandridae* koju predstavljaju: rod *Salamandra* sa vrstom *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) i rod *Triturus* sa vrstom *Triturus alpestris* (Laurenti, 1768).

Red Anura je zastupljen sa četiri porodice i sedam vrsta. Zastupljene porodice su: *Discoglossidae* sa vrstom *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758), *Hylidae* sa vrstom *Hyla arborea* (Linnaeus, 1758), *Bufo* sa dvije vrste i to *Bufo bufo* (Linnaeus,

1758) i *Bufo viridis* (Laurenti, 1768). Zatim, *Ranidae* sa tri vrste: *Rana ridibunda* (Pallas, 1771), *Rana esculenta* (Linnaeus, 1758), *Rana dalmatina* (Bonaparte, 1842).

S obzirom da su ovo prvi naučno valorizirani podaci o diverzitetu vodozemaca ovog dijela Bosne i Hercegovine, ovaj rad se može smatrati osnovom za dalja istraživanja faune vodozemaca na području Tuzle pa i šire.

LITERATURA

1. **Aleksopulo A. (1969):** Zoologija kičmenjaka. Zavod za izdavanje udžbenika SR. Srbije, Beograd.
2. **Adrović A., Mujić M. (2003):** Vodozemci iz okoline Gračanice. Gračanički glasnik 21: 26-31.
3. **Đurović E., Vuković T., Pocrnjić Z. (1979):** Vodozemci Bosne i Hercegovine (ključ za određivanje). Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine, Sarajevo.
4. **Džukić G.:** Nalaz neotenične populacije malog mrmoljka *Mesotriton (Triturus) alpestris* (Laurenti, 1768) u Jugoslaviji. Glasnik republičkog zavoda za zaštitu prirode i prirodnačkog muzeja u Titogradu (1981).
5. **Džukić G., Kalezić M.:** Značaj i neke odlike Lovčenske populacije velikog mrmoljka *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768) (Jugoslavija, Crna Gora). Glasnik republičkog zavoda za zaštitu prirode i prirodnačkog muzeja u Titogradu (1988)
6. <http://amphibiaweb.org>
7. <http://glasnik.gracanica.net>
8. <http://herp.it>
9. <http://herpetofauna.at>
10. <http://tuzla.ba>
11. **Lelo S., Memišević E., Kašić - Lelo M. (2003):** Potvrda stabilne egzistencije bosanskohercegovačke endemične populacije alpskog trirona *Triturus alpestris reiseri* (Werner, 1902) (Amphibia: Urodela, Salamandridae) u Prokoškom jezeru i njegovoj okolini. Radovi Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Sarajevu, XLIII, 52/2003, Sarajevo.
12. **Simonović P., Tomović Lj., Radojčić J., Krizmanić I., Marić S. (2004):** Sistematika vertebrata (praktikum). NNK internacional, Beograd.
13. **Škrijelj R., Korjenić E. (2000):** Biodiverzitet vodozemaca i gmizavaca Bosne i Hercegovine. Soroš fondacija-fond otvoreno društvo Bosne i Hercegovine, Sarajevo.





ISSN 1512-5327



9 47 7 1 5 1 2 4 5 3 2 0 0 6