

VODRA

ČASOPIS AGENCIJE ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE SARAJEVO

2016
Godina XX
92



UVODNIK

D. Hrkaš
UVODNIK

AKTUELNOSTI

D. Hrkaš
AVP SAVA SVJETSKI DAN VODA OBILJEŽILA OT-
VARANJEM INFOMACIONOG CENTRA VODA

A. Čičić Močić
KONSULTOVANJE JAVNOSTI U PROCESU IZRADE
PRVOG PLANA UPRAVLJANJA VODAMA ZA VODNO
PODRUČJE RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BOSNE I
HERCEGOVINE (2016.-2022.)

ZAŠTITA VODA

A. Čičić Močić
IHTIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SLIVA RIJEKE SAVE U
FEDERACIJI BiH U 2015. GODINI

E. Mujić ; O. Mahmutović
PORIJEKLO I ISPITIVANJE POLICIKLIČNIH AROMAT-
SKIH UGLJIKOVODIKA (ENGL. PAH) U POVRŠINSKIM
VODAMA

S. Kartal
MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA POVRŠINSKIH VODA U
ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA KANTONA SARAJEVO

T. Grizelj; J.H.Bajramović
TERMIČKI TRETMAN MULJA SA POSTROJENJA ZA
PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

A.Čičić Močić; N. Sejdić
PODVODNO SNIMANJE PLIVSKOG JEZERA

VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI

L.Klepo; D.Krešić; A. Jaganjac
PRINCIPI ZELENE HEMIJE

I. Aščić
KULTURNO-EKONOMSKA NASLIJEĐA VODNOGA
GOSPODARSTVA



Autori kolor fotografija punih strana:

Ronioci ronilačkog kluba „Bosna“ iz Sarejava – naslovna, predzadnja i zadnja strana snimljene na Plivskom jezeru u Jajcu; Mirza Bezdob, dipl.inžgrađ.- srednje kolor strane snimljene u jesen prošle godine na poslovima regulacije rijeke Bosne u Sarajevskom polju, o čemu je autor pisao u prošlom broju.

“VODA I MI”
Časopis Agencije za vodno
područje rijeke Save Sarajevo

<http://www.voda.ba>

Izdavač:

Agencija za vodno područje rijeke Save
Sarajevo, ul. Hamdije Čemerlića 39a
Telefon: ++387 33 72 64 58
Fax: ++387 33 72 64 23
E-mail: dilista@voda.ba

Glavna urednica: Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

Savjet časopisa: Sejad Delić, predsjednik; Slavko Stjepić, zamjenik predsjednika; Matija Čurković, član; Vesna Cvjetinović, član; Edvin Šarić, član i Dževad Škamo, član.

Redakcioni odbor časopisa: Dilista Hrkaš, dipl. žurnalist, predsjednica; članovi: Mirsad Lončarević, dipl.inž.građ., Haris Ališehović, dipl.inž.građ., Amer Kavazović, dipl.inž.građ., dr.sci. Anisa Čičić Močić, biolog, mr.sc. Sanela Džino, dipl.inž.hemije i mr.sc. Danijela Sedić, dipl.inž.hemije.

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

Priprema za štampu: BLICDRUK, Sarajevo

Štampa: BLICDRUK, Sarajevo

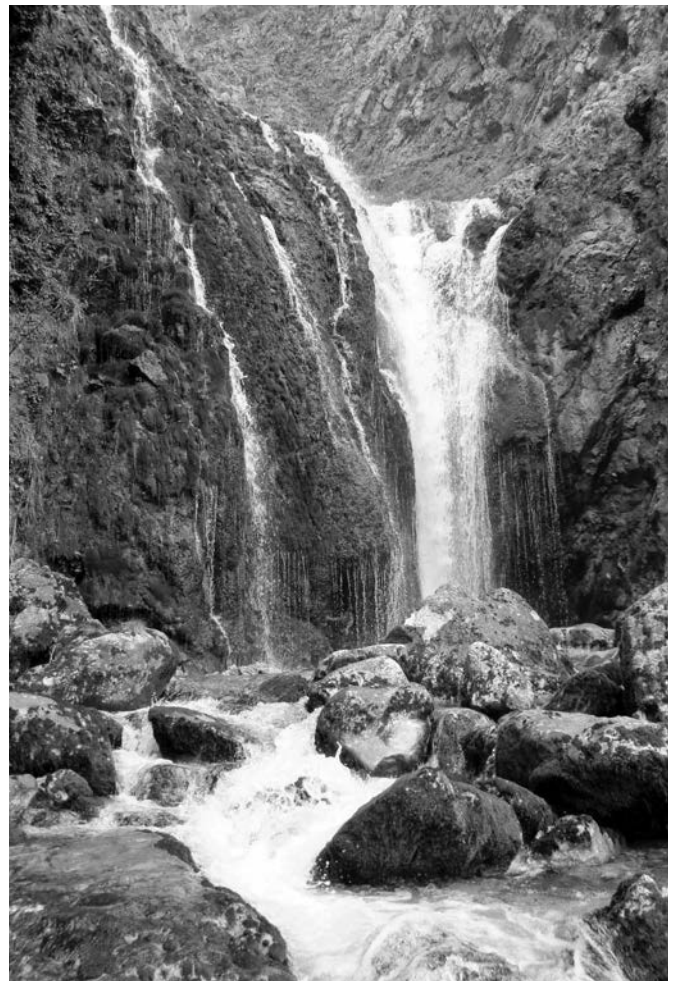
DILISTA HRKAŠ

POŠTOVANI ČITAOCI,

Stiglo nam proljeće i proljetne vode, bio i praznik voda- 22. mart, ove godine obilježen pod geslom: VODA I POSLOVI (WATER AND JOBS), uglavnom, proljeće kao i obično svo u znaku vode – što proljetnih kiša, što topljenja snjegova, ali i neobično visokih proljetnih temperatura. Često se mogu čuti mišljenja da ni zime ni ljeta nisu kao što su nekada bili, a sve češće pojave klimatskih ekstrema to i potvrđuju. Očigledno, klima se mijenja, zime su nekako blage i bez velikih snjegova (skijaši to vide „na licu mjesta“), a ljeta duga, sušna, zlokobno nadvijena nad poljoprivredne površine, koje u našoj zemlji (a ni u regiji nije puno bolje stanje), nemaju sisteme za navodnjavanje kao spasonosni način obezbjeđenja ljetine od uništavanja sušom. Kuda sve to vodi, hoće li naša planeta doživjeti neku kataklizmu ili novo ledeno doba, zaista niko ne zna, ali ono što znamo je da raspoloživi vodni resursi na planeti još uvijek mogu zadovoljiti sve naše potrebe za čistom, pa time i pitkom vodom, naravno pod uslovom da maksimalno racionaliziramo potrošnju vode i bitno smanjimo njeno zagađivanje. Takvi ciljevi nude čitavu lepezu poslova u sektoru voda od najjednostavnijih do najsloženijih sa visokim stepenom odgovornosti za njihovo izvršavanje, e da bi sutra oni koji dolaze poslije nas imali ne samo vodu za piće, nego i za sve druge potrebe, posebno za navodnjavanje i proizvodnju hrane.

A jedan od tih poslova u oblasti voda je i ovaj, informativni, bilo da je riječ o elektronskim ili štampanim medijima, publikacijama, stručnoj i beletrističkoj literaturi, pamfletima i lecima, plakatima i parolama, sve u cilju širenja svijesti svih stanovnika, bez obzira žive li u urbanim ili ruralnim zonama, o važnosti brige i upravljanja vodnim bogatstvom na svim nivoima jedne društvene zajednice (lokalne, državne, itd.).

U Agenciji za vodno područje rijeke Save, osim ovog časopisa koji ove godine obilježava svoju dvadesetu godinu izlaženja, ostvaruje se redovna saradnja sa većinom državnih, federalnih i kantonalnih medija, a posebno smo ponosni na našu internet stranicu za koju mnogi kažu da je jedna od najboljih iz oblasti voda ne samo u BiH, nego i široj regiji. Kada toj priči pridodamo i vrijedne saradnike ovog časopisa, onda s pravom možemo reći da su informativni poslovi i



aktivnosti u sektoru voda u Federaciji BiH na slivu rijeke Save u dobroj sinergiji sa svim ostalim poslovima ovog sektora.

Stoga i ovom prilikom napominjemo da ostajemo otvoreni za saradnju sa svima onima koji profesionalno i stručno ili na drugi koristan način promišljaju temu vode, kako bismo nastavili putem javne riječi doprinositi poboljšanju stanja u oblasti voda u našoj zemlji.

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

AVP SAVA SVJETSKI DAN VODA OBILJEŽILA OTVARANJEM INFORMACIONOG CENTRA VODA

UVOD

Svjetski dan voda (World Water Day) obilježava se svake godine 22. marta i tog dana se cijeli svijet fokusira i upozorava na probleme vezane za vodu i vodne resurse.

To je potpuno razumljivo ako se zna, a potvrđuju podaci iz Ujedinjenih nacija da više od milijardu ljudi na Zemlji nema stalan pristup zdravoj vodi i da istovremeno zbog tog problema milioni djece obolijevaju od bolesti uzrokovanih nedostatkom ili nečistoćom vode. Da bi se rješavanje ovih pitanja iz oblasti voda još više istaknulo, razdoblje od 2005. do 2015. godine proglašeno je desetljećem voda pod geslom "Voda za život".

Stoga je uvijek važno, pa i na Svjetski dan voda, podsjetiti na značaj kvaliteta vode koju pijemo i koristimo u svakodnevnom životu. Kako bi znali koristimo li zdravstveno ispravnu vodu, potrebno je izvršiti njenu analizu u za to opremljenim i osposobljenim laboratorijama koje rade shodno normi ISO/IEC 17025.

Ujedinjeni narodi su ovogodišnji Svjetski dan voda posvetili temi: VODA I POSLOVI.

Cilj tog gesla je da se skrene pažnja na to da gotovo svi poslovi iz inadžrije, poljoprivrede i bilo koje druge oblasti ekonomije i privrede jednog društva, zavise od vode, a da konkretno u oblasti voda i onima koji su neposredno ovisni od vode, radi preko 1,5 milijardi ljudi i da su pritom mnogi od tih radnika obespravljani po osnovu prava iz radnog odnosa. Istovremeno, ovo je još jedno podsjećanje

na potrebu jačanja svijesti za međunarodnom saradnjom u izazovima sa kojima se suočava vodno gospodarstvo, u stalno narastajućoj potražnji za ravnopravnim pristupom vodi, preraspodjeli vode i poboljšanju usluga u oblasti voda.

Stručnjaci Ujedinjenih nacija tvrde da se očuvanjem dovoljnih količina i kvaliteta vode na planeti, može znatno uticati na veliko poboljšanje svjetske ekonomije i ukupnu pozitivnu promjenu ljudskog društva u budućnosti. Jer, vode ima dovoljno za rastuće svjetske potrebe, ali svi zajedno moramo suštinski promijeniti način na koji trošimo i zagađujemo vodu, kako njome upravljamo i kako je dijelimo. Racionalna i održiva upotreba vode može značajno da utiče i na usporavanje klimatskih promjena, kao i na dalji razvoj poljoprivrede, proizvodnju zdrave hrane, unapređenje zdravstva, poboljšanje energetskog sektora i niza drugih oblasti koji čovječanstvu donose dobrobit i napredak.

Podaci Svjetske banke govore da Bosni i Hercegovini pripada prvo mjesto u svijetu kao državi sa najvećom količinom raspoložive vode za piće po glavi stanovnika. Poređenja radi, recimo i to da smo prvi u regionu po ukupnom vodnom bogatstvu, a sedmi u Evropi i da smo bogatiji čak i od Njemačke po obnovljivim izvorima pitke vode.

U Bosni i Hercegovini 22. mart se obilježava od 1993. godine i kontinuirano traje do danas. Prvih deset godina taj dan se obilježavao na entitetskom nivou, da bi od 2004. godine obilježavanje započelo zajedničkim aktivnostima i radno – svečanim skupovi-



Na pitanja novinara odgovarali su (s lijeva na desno): Alojz Dunder,PIU šumarstva, Semsudin Dedić, federalni ministar PVŠ i Sejad Delić, direktor AVP Sava

ma na nivou Bosne i Hercegovine. Naime, postignut je dogovor između nadležnih institucija za vode u oba entiteta da se Svjetski dan voda obilježava tako da svake godine naizmjenično organizatori i domaćini budu institucije sektora voda Federacije Bosne i Hercegovine odnosno Republike Srpske.

Tako je domaćin ovogodišnjeg obilježavanja Javna ustanova „Vode Srpske“, dok će domaćin Svjetskog dana voda 2017. godine biti Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo, a geslo Dana voda 2017. je već određeno i glasi: **OTPADNE VODE**.

Izazovno, nema šta, posebno nama u Bosni i Hercegovini u kojoj je rješavanje problema i tretmana otpadnih komunalnih i industrijskih voda gotovo na samom početku i još uvijek bez nekih značajnih pozitivnih efekata i uticaja na kvalitet površinskih i podzemnih voda.

Ovakvi skupovi su ujedno i još jedna prilika da se uposlenici iz sektora voda naše zemlje sretnu, razmijene znanja i iskustva, dogovore o nekim zajedničkim projektima i poslovima i, jednostavno, druže se kao ljudi čija je profesija, zanimanje ili interesovanje u vezi sa vodom kao našim prirodnim blagom i resursom koji nam jeste i treba ostati ubuduće- velika dragocjenost.

Savremeni informaciони centar voda pušten u rad

U AVP Sava Svjetski dan voda je obilježen održavanjem konferencije za medije na kojoj su o aktuelnoj situaciji u sektoru voda, njegovim poslovima i zadacima u Federaciji BiH govorili federalni ministar poljo-



Federalni ministars PVŠ Šemsudin Dedić pušta u rad Informacioni centar voda



Detalj sa otvaranja ICV

privrede, vodoprivrede i šumarstva Šemsudin Dedić, rukovodilac PIU ureda šumarstva za implementaciju sredstava Svjetsake banke Alojz Dunder i direktor AVP Sava Sejad Delić. Dat je i poseban osvrt na provođenju mjera sanacije šteta od majskih poplava iz 2014. godine i preduzimanju mjera jačanja prevencije i smanjenja negativnog uticaja velikih voda.

Po završetku tematskog dijela konferencije, ministar Dedić i direktor Delić su pustili u rad savremeni Informacioni centar voda, čiji početak seže u 2006. godinu, kada je u skladu sa zakonskim okvirima i ovlaštenjima, a u okviru projekta „Podrška ekosistemu rijeke Bosne i njenih pritoka“, finansiranom od strane Vlade Kraljevine Španije, uspostavljen centar za automatski hidrološki monitoring.

Nešto više o ovom centru, nakon otvaranja govorio je rukovodilac odjeljenja za informacioni sistem u AVP Sava inž. Hajrudin Mičivoda:

„Ovaj sistem zauzima značajan segment informacionog sistema voda i predstavlja sistem putem kojeg se prikupljaju, analiziraju i obrađuju podaci koji služe izvještavanju i praćenju stanja voda kako u redovnim, tako i u vanrednim (incidentnim) situacijama- poplave i suše. Centar je opremljen najnovijom video opremom (video zid) koji se sastoji od šest profesionalnih displeja uvezanih u jednu cjelinu i podržanu softverskim alatima za funkcionalno prikazivanje različitih sadržaja u zavisnosti od trenutnih potreba, odnosno poslova Agencije. Centar omogućava prikaz podataka, prikaz različitih stručnih analiza širem krugu korisnika.

Prikaz i analize podataka su omogućene kako sa automatskog hidrološkog monitoring sistema u realnom vremenu, tako i sa cjelokupnog informacionog sistema voda (vodni katastrofi).



Hajrudin Mičivoda, rukovodilac ICV objašnjava sadržaj i funkciju centra

Katastrofalne poplave iz 2014. godine i klimatske promjene su značajno uticale na to da se, kao nestrukturna mjera odbrane od poplava, intenzivira sistem ranog upozoravanja na poplave. U tim aktivnostima učestvuje i AVP Sava, kako na regionalnom, tako i na lokalnom nivou. Trenutno je u izradi sistem ranog upozorenja na poplave za sliv rijeke Une, a u toku je i saradnja na razvoju sličnog sistema za cijeli sliv rijeke Save. Zajednički rad i saradnja u regiji na razvoju ovih sistema očekuje se i u budućnosti, jer su prikupljanje i razmjena podataka u realnom vremenu sa hidroloških stanica na terenu važan i nezaobilazan segment u izradi i razvoju prognoznih sistema i modela u svrhu efikasnije odbrane od poplava.“

Očigledno smo iskoračili u bolju vodoprivrednu budućnost Bosne i Hercegovine.

KONSULTOVANJE JAVNOSTI U PROCESU IZRADE PRVOG PLANA UPRAVLJANJA VODAMA ZA VODNO PODRUČJE RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE (2016-2022)

UVOD

Donošenjem važećeg Zakona o vodama Federacije Bosne i Hercegovine ("Službene novine FBiH", broj 70/06) (ZoV FBiH) započeo je razvoj pravnog i institucionalnog okvira upravljanja vodama u Federaciji BiH na principima i u skladu sa zahtjevima politike i prava Evropske unije (EU), u prvom redu u skladu sa EU Okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC), ali i sa drugim propisima EU.

Okvirna direktiva o vodama (ODV) predviđa zaštitu svih voda (površinskih i podzemnih), upravljanje vodama na nivou riječnih slivova, obuhvata sve uticaje na vode, postizanje dobrog stanja voda u određenom vremenskom roku, uvođenje ekonomske analize korištenja voda, te aktivnije uključivanje javnosti u izradu Plana upravljanja vodama.

Politika upravljanja vodama određuje se osnovnim planskim dokumentom – Strategijom upravljanja vodama koja je u Federaciji BiH donesena za period 2010. – 2022. (usvojena 20.12.2011. godine).

Upravljanje vodama po Zakonu o vodama Federaciji BiH obuhvata zaštitu voda, korištenje voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda i uređenje vodotoka i drugih voda. Zakon o vodama Federacije BiH ima za cilj smanjenje zagađenja voda, postizanje dobrog stanja i sprečavanje degradacije voda, postizanje održivog korištenja, osiguranje pravičnog pristupa vodama, poticanje društvenog i privrednog razvoja, zaštitu ekosistema, smanjenje rizika od poplava i dru-

gih štetnih uticaja voda, kao i uključivanje javnosti u donošenje odluka koje se odnose na vode.

U skladu sa članom 25. Zakona o vodama Federacije BiH, Agencija za vodno područje Save Sarajevo priprema Plan upravljanja vodama za vodno područje Save u Federaciji BiH u cilju provođenja Strategije upravljanja vodama Federacije BiH (SUV FBiH).

Članom 38. Ovog Zakona definisana je procedura konsultovanja javnosti prilikom izrade planova upravljanja vodama.

U okviru Programa IPA 2011, Delegacija Evropske Unije u BiH je angažovala EPTISA Servicios de Ingenieria S.L. u cilju pružanja tehničke pomoći institucijama u Bosni i Hercegovini nadležnim za upravljanje vodnim resursima, a u cilju razvoja kapaciteta u skladu sa EU pravnom stečevinom i međunarodnim obavezama. Zadatak 2. projekta "Jačanje kapaciteta u sektoru voda" bio je asistencija u pripremi plana upravljanja slivom rijeke Save za dva entiteta i Brčko distrikt, uključujući i izradu krovnog izvještaja i programa mjera za cijeli sliv Save u Bosni i Hercegovini.

Sa početkom izrade Plana upravljanja vodama, Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo je posvetila poseban dio web stranice i izradi nacrtu Plana kako bi šira javnost, pored generalnih informacija i uvida u raspoloživu dokumentaciju, mogla dostaviti i svoje komentare na taj Plan.



Agencija za vodno područje rijeke Save
SARAJEVO

11.04.16 u 09:00 53 cm

PRETRAGA

AGENCIJA

UPRAVLJANJE

LABORATORIJA

PLANIRANJE

INVESTICIJE

VODNA AKTA

JAVNE NABAVKE

FINANSIJE

PRAVNA REGULATIVA

EU ZAKONODAVSTVO

VODOSTAJI

PRESS INFO

LINKOVI

KONTAKTI

Početna > **Obrazac za konsultacije**

Obrazac za konsultacije

Puno ime i prezime *

Organizacija *

Ulica

Grad*

Država *

Telefon

E-mail

Web adresa

Fizičko lice/Pravni subjekt *

- Opća javnost
- Ministarstvo ili drugi državni, entitetski/kantonalni organ vlasti
- Regionalne / lokalne vlasti
- Agencija / organizacija u području riječnog sliva
- Vlasti iz zaštićenog područja
- NVO, Građanska inicijativa
- Istraživanje / obrazovanje
- Industrija / interesna skupina
- Ostalo (molimo navedite)

Odnosi se na

Stranica <input type="text"/>	Radnog plana za pripremu i usvajanje Plana upravljanja vodama za vodno područje Save
Poglavlje <input type="text"/> stranica <input type="text"/>	Pregleda značajnih pitanja za upravljanje vodama
Poglavlje <input type="text"/> stranica <input type="text"/>	Plana upravljanja vodama za vodno područje Save
Poglavlje <input type="text"/> stranica <input type="text"/>	Pregled značajnih pitanja za upravljanje vodama
Poglavlje <input type="text"/> stranica <input type="text"/>	Plana upravljanja vodama za vodno područje Save

Aneks br.

Mapa br.

Prijedlog / komentar / napomena

Postavi No file chosen

Šifra *

* Obavezno polje

Nacrt Plana upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine (2016-2021) kao i prateći dokumenti su dostupni na web stranici Agencije: www.voda.ba (<http://www.voda.ba/nacrt-plana-upravljanja-vodama-za-vodno-podrucje-save-i-prateci-dokumenti>) od 02.marta 2016.godine.

U okviru postupka učešća javnosti Nacrt Plana je prezentovan u Odžaku (15.03.2016.), Travniku (23.03.2016.) i u Sarajevu (29.03.2016.).

Prezentacijama su prisustvovali predstavnici institucija koje se bave vodama na općinskom, kantonalnom, federalnom te državnom nivou, predstavnici korisnika voda, predstavnici naučnih i stručnih institucija u FBiH, nevladinog sektora, medija i dr.



Prezentacija nacrta Plana upravljanja vodama u Odžaku



Prezentacija nacrta Plana upravljanja vodama u Travniku



Prezentacija nacrta Plana upravljanja vodama u Sarajevu

Ovim putem pozivamo sve zainteresovane da svoje komentare, sugestije i prijedloge na Nacrta Plana upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji BiH (2016-2022) dostave Agenciji za vodno područje rijeke Save Sarajevo do 01.09.2016. putem web stranice (<http://www.voda.ba/konsultovanje-javnosti>) ili direktno pisanim putem na adresu Agencije (Hamdije Čemerlića 39a, 71000 Sarajevo).

Nakon završetka postupka učešća javnosti, navedeni dokument nacrta Plana upravljanja vodama za vodno područje rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine (2016-2021) će biti doručen i upućen na dalju zakonom propisanu proceduru.

IHTIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SLIVA RIJEKE SAVE U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE U 2015.GODINI

UVOD

Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo je u 2015.godini finansirala projekat "Ihtiološka istraživanja sliva rijeke Save u FBiH". Nakon provedene tenderske procedure, izvođač radova na ovom projektu bio je Prirodno-matematički fakultet u Sarajevu, Centar za ihtiologiju i ribarstvo.

Svrha pokretanja ovog projekta je ihtiološko istraživanje 45 vodnih tijela (45 lokacija) na slivu rijeke Save u FBiH a u cilju provođenja monitoringa površinskih voda u skladu sa preporukama Okvirne direktive o vodama 2000/60/EC (ODV).

Ribe su jedan od bioloških elemenata kvaliteta voda koji, između ostalog, dobro indikuje hidromorfološke pritiske na površinskim vodama.

Ribarska istraživanja važna su zbog implementacije i ugradnje u nacionalnu legislativu Direktive o kvalitetu slatkih voda kojima je potrebna zaštita ili poboljšanje radi obezbjeđenja života riba (78/659/EEC), kojim bi se trebale odrediti one vode, koje omogućuju ili koje bi, kada bi se onečišćenost smanjila ili uklonila, mogle omogućiti život riba koje pripadaju:

- autohtonim vrstama koje doprinose prirodnoj raznolikosti, ili
 - vrstama čija prisutnost bi se ocijenila poželjnom za svrhu upravljanja vodama,
- te
- definisanje salmonidnih voda, kao voda koje omogućuju ili će omogućiti život riba iz porodica *Salmonidae* (npr. potočna pastrmka -

Salmo trutta m. *fario* Linnaeus, 1758), *Thymallidae* (lipljen - *Thymallus thymallus* Linnaeus, 1758) i druge vrste i

- ciprinidnih voda koje će označavati vode koje omogućuju ili će omogućiti život riba iz porodica *Esocidae* (npr. štika - *Esox lucius* Linnaeus, 1758), *Percidae* (npr. grgeč - *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), *Anguillidae* (npr. jegulja - *Anguilla anguilla*) i druge vrste.

Dodatak V Okvirne direktive o vodama zahtijeva uvid u kvalitativne i kvantitativne osobenosti ihtiopopulacija, ali i dobnu i polnu podjelu unutar riblje zajednice.

Postoji niz razloga koji govore u prilog korištenja riba kao indikatora stanja okoliša:

- Riblje populacije i jedinke ostaju na istom području tokom ljetnih mjeseci.
- Riblje zajednice se brzo oporavljaju od prirodnih poremećaja.
- Ribe žive na većem području i pod slabim su utjecajem razlika na prirodnim mikrostaništima nego manji organizmi, što ih čini izrazito pogodnim za procjenu regionalnih i makrostanišnih razlika.
- Ribe zaposjedaju raznolika staništa u rijekama; ima ih pelagičkih, bentičkih, reofilnih, limnofilnih itd. Ribe imaju specifične zahtjeve za staništem te zbog toga pokazuju predvidljiv odgovor na preinake staništa koje izaziva čovjek.
- Većina riba dugo živi (od 3 do više od 10 godina) pa se na njima odražava dugotrajan i trenutni kvalitet vode.

- Ribe zaposjedaju više trofičke nivoe te tako integiraju uvjete i nižih trofičkih nivoe. Različite vrste riba predstavljaju udaljene trofičke nivoe: omivorne, herbivorne, insektivorne, planktivorne i piscivorne.
- Ribe su javnosti uočljiva komponenta zajednice slatkovodnog ekosistema.
- Potreba za uzorkovanjem riba radi analize trenda rjeđa je nego za kratkoživuće organizme.
- Taksonomija riba je dobro poznata, pa se ihtiološkom obradom na terenu značajno smanjuju troškovi laboratorijske obrade uzoraka.
- Rasprostranjenje, životne navike i osjetljivost na stres za većinu vrsta riba dobro su opisani u svjetskoj literaturi.

MATERIJAL I METODE

Okvirna Direktiva o Vodama (ODV) zahtjeva da se prilikom monitoringa kvalitete vode koriste standardizirane metode koje će omogućiti naučnu kvalitetu i usporedivost. S obzirom na postojanje vrlo različitih metoda uzorkovanja riba među evropskim zemljama,

pa čak i unutar pojedinih zemalja, ODV zahtjeva harmonizaciju i standardizaciju postojećih metoda na temelju CEN (Comité Européen de Normalisation) normizacije.

Metode uzorkovanja u vodotocima se razlikuju ovisno o dubini i širini korita, tako da se koriste različite metode i kombinacije metoda.

Za ovo istraživanje metod uzorkovanja, identifikacije i kvantifikacije je, načelno, zasnovan na evropskim standardima:

1. EN 14011:2003 (Water quality – Sampling of fish with electricity)
2. EN 14962:2006 (Water quality - Guidance on the scope and selection of fish sampling methods)
3. EN 14757:2005 (Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets)

Tokom istraživanja, manji broj jedinki je obrađen na terenu, dok je najveći dio materijala prenesen i obrađen u laboratoriju (prethodno fiksiran u 4 % formaldehidu) Centra za ihtiologiju i ribarstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Sarajevo na dalju obradu.



Slika 1. Uzorkovanje i rad na terenu

Laboratorijska obrada ihtiouzoraka

U laboratorijama Prirodno-matematičkog fakulteta Sarajevo vršena je biosistematska determinacija ulovljenih riba je izvršena prema Vukoviću (1977), odnosno Vukoviću i Ivanoviću (1971). Dalja obrada ihtiomaterijala sastojala se u determinisanju polova, koja se vršila disekcijom i pregledom gonada, gdje je razrađen odnos polova ispitivanih vrsta riba.



Slika 2. Određivanje pola disekcijom gonada

Pored polne strukture obrađena je dobna struktura istraživane ihtiofaune. Za određivanje dobi – starosti korištene su krljušti (odnosno negranati zrak u leđnom peraju kod onih riba koje nemaju krljušti), od kojih su se pravili trajni preparati za svaku ispitivanu jedinku ponaosob. Krljušti su skidane sa tijela ispitivanih riba (odnosno prvi negranati zrak leđnog peraja), čišćene blagim rastvorom KOH-a i stavljane na predmetno staklo, nakon čega je, pomoću biokularne lupe, vršeno određivanje dobi.



Slika 3. Izrada preparata krljušti

Statistička obrada ihtiomaterijala je uključila i analize slijedećih parametara: ukupna dužina tijela, dužina tijela bez C (standardna dužina) i tjelesna masa. Za navedene parametre izračunate su srednje vrijednosti i rasponi variranja pojedinih karaktera.



Slika 4. Metričko-meristička obrada uzorkovanog materijala

Statistička obrada podataka i ekološka valorizacija voda

Za određivanje bioloških kriterija oštećenja nekog ekosistema mogu se koristiti različiti kvantitativni indeksi, primjerice indikatorske vrste, bogatstvo vrsta, indeksi raznolikosti i sličnosti, indeks blagostanja (Index of Well-Being) te indeks biotičkog integriteta (Index of Biotic Integrity ili IBI). Od svih nabrojanih, najefikasniji i danas najčešće korišten je indeks biotičkog integriteta. Biotički integritet predstavlja sposobnost podržavanja i održavanja uravnotežene, cjelovite i prilagodljive zajednice organizama čiji su sastav vrsta, raznolikost i funkcionalna organizacija uporedivi s prirodnim staništima istraživane regije. Relativno zdravlje i stanje akvatičke zajednice osjetljivi su pokazatelji uv-

jeta na određenom staništu. Zajednice riba odražavaju direktne i indirektne uticaje stresa izazvanog na čitavom slatkovodnom ekosistemu. Nadalje, procjena specifičnih značajki riblje zajednice može se koristiti za dijagnosticanje stepena narušenosti okoliša.

Shannon-Weaver indeks diverziteta

Indeksi biodiverziteta omogućavaju procjenu biodiverziteta ribljih zajednica na istraživanim lokalitetima. Vrijednost ovih indeksa predstavlja značajan indikator statusa ekosistema u odnosu na ljudski utjecaj. Iako se danas u upotrebi nalazi veliki broj indeksa diverziteta, još ne postoji jedinstven stav među stručnjacima koji od njih je najpodesniji za analizu ribljih populacija. Pravilnik o izradi gospodarske osnove i godišnjeg plana u slatkovodnom ribarstvu Republike Hrvatske iz 2004. godine, u poglavlju koje tretira uzorkovanje i obradu podataka u članku 4 navodi da za sve istraživane vode treba navesti Shannon-Weaver indeks diverziteta, koji je izveden na osnovu brojnosti i distribucije pojedinih vrsta riba. Vrijednosti ovog indeksa rastu s povećanjem broja jedinstvenih vrsta ili usljed veće jednakosti vrsta, odnosno ravnomjernije zastupljenosti vrsta u uzorku.

Za svaku ispitivanu lokaciju je izračunat Shannon-Weaver indeks diverziteta (Shannon & Weaver, 1949), koji je vrlo često korišten u limnološkim studijama, prema slijedećoj jednačini:

$$H_s = -\sum_{i=1}^s N_i \cdot \ln N_i$$

H_s = indeks diverziteta

N_i = kvantitet i-tog taksona/ totalni kvantitet svih taksona

s = broj taksona u biocenozu

Unos podataka u GIS bazu Ugovornog organa

Svi alfanumerički podaci sa istraživanja unijeti su u prostornu bazu podataka AVP Sava Sarajevo - Informativni sistem voda, a sve u skladu sa Projektnim zadatkom.

Lokaliteti istraživanja

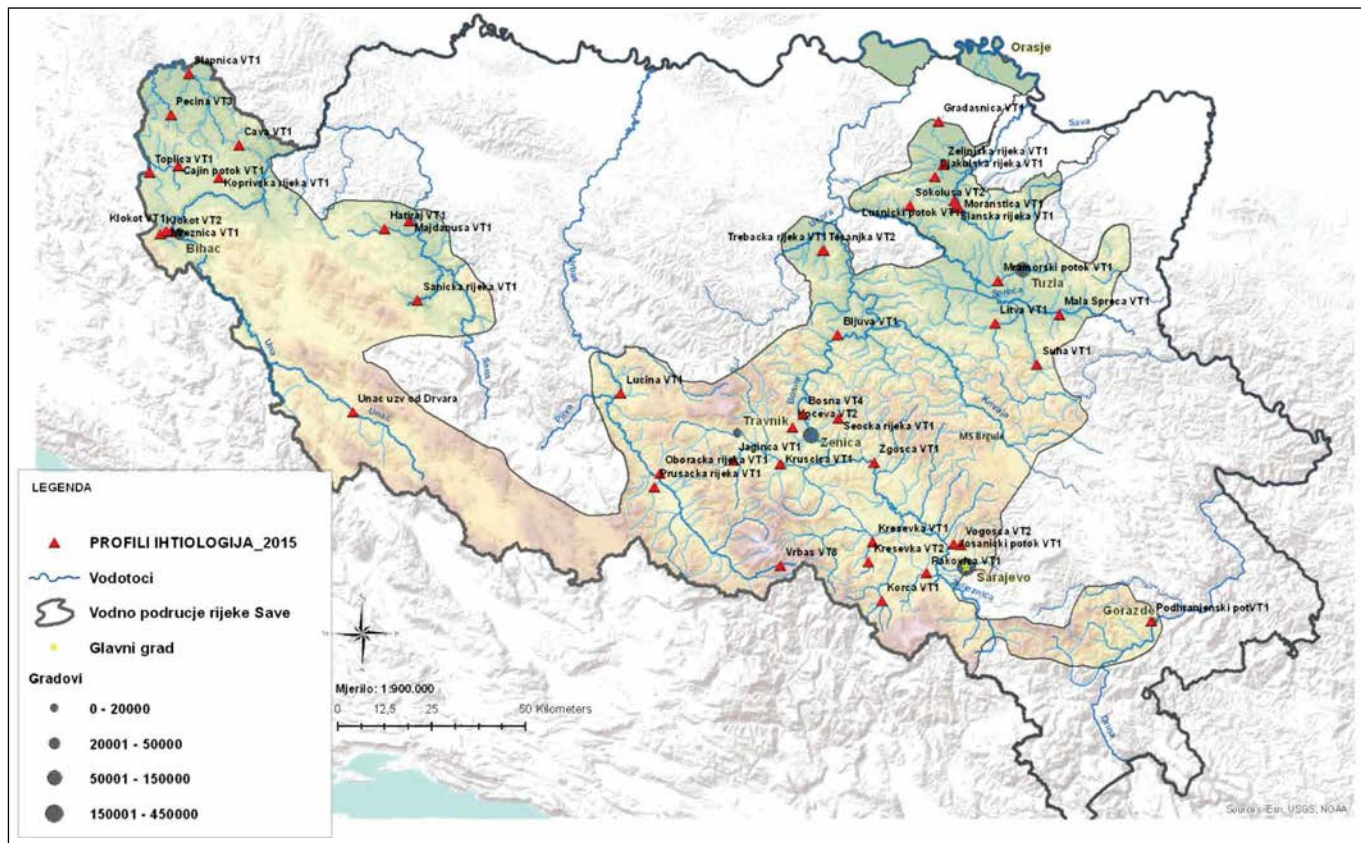
Lokaliteti na kojima su vršena ihtiološka istraživanja se poklapaju sa lokalitetima na kojima je AVP Sava radila monitoring površinskih voda (monitoring ekološkog i hemijskog stanja) u 2015. godini.

U okviru projekta "Ihtiološka istraživanja sliva rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine" na podslivu rijeke Bosne ispitivano je 20 lokaliteta, neposrednom slivu Save šest, podslivu Vrbasa pet, podslivu Une, Korane i Gline 13 te u podslivu Drine jedan lokalitet.

Terenski radovi u okviru projekta provedena su u periodu od 07-23.09.2015. godine. Tokom istraživanja obrađeni su sljedeći lokaliteti (vodna tijela) (tabela 1, karta 1):

Tabela 1. Popis istraživanih lokaliteta (vodnih tijela)

1. Bosna (BA_BOS_4)
2. Bljuva (BOS_BLJUVA_1) (ŽEPČE)
3. Tešanjka (BA_BOS_USO_TES_2)
4. Trebačka rijeka (BA_BOS_USO_TES_TREB.RIJ_1)
5. Mramorski potok (BA_BOS_SPR_JALA_MRAM.POT_1)
6. Mala Spreča (BA_BOS_MSPR_1)
7. Litva (BA_BOS_SPR_OSK_LITVA_1)
8. Suha (BA_BOS_GOS_SUHA_1)
9. Moranštica (BA_SA_TIN_MOR_1)
10. Slanska rijeka (BA_SA_TIN_MOR_SL.RIJ_1)
11. Lušnički potok (TINJA_LUSNICKIPOTOK_1)
12. Sokoluša (BA_BOS_SPR_SOK_2)
13. Đakulskarijeka (BA_SA_TIN_MTINJ_MED.R_ĐAK.RJ_1)
14. Gradašnica (BA_SA_TOL_GRA_1)
15. Zelinjska rijeka (BA_SA_TIN_M.TINJ_ZEL.RIJ_1)
16. Vrbas (BA_VRB_6)
17. Prusačka rijeka (BA_VRB_PR_RIJ_1)
18. Oboračka rijeka (BA_VRB-OBO_RIJ_1)
19. Lučina (BA_VRB_LUC_1)
20. Pliva (BA_VRB_PLIVA_1)
21. Unac (BA_UNA_UNAC_3)
22. Mrežnica (BA_UNA_KLO-MRE_1)
23. Klokot (BA_UNA_KLO_1)
24. Klokot (BA_UNA_KLO_2)
25. Slapnica (BA_GLINA_GLI_SLA_1)
26. Pečina (BA_GLINA_KLA-PEC_3)
27. Čava (BA_UNA_BAS_CAVA_1)
28. Toplica (BA_KORANA_TOPL_1)
29. Čajin potok (BA_KORANA_MUTN_CA-POTOK_1)
30. Koprivska rijeka (UNA_KOPRIVSKARIJEKA_1)
31. Hatiraj (BA_UNA_SANA_BLIJA_HAT_1)
32. Majdanuša (BA_UNA_SANA_MAJD_1)
33. Sanička rijeka (BA_UNA_SANA_SAN_SAN.RIJ_1)
34. Podhranjenski potok (BA_DR_PODHR.POTOK_1)
35. Vogošća (BA_BOS_VOG_2)
36. Jošanički potok (BOS_VOG_JOSANICKIPOTOK_1)
37. Rakovica (BA_BOS_ZUJ_TRN_RAK_1)
38. Jaginca (BA_BOS_LAS_GRL_JAG_1)
39. Kruščica (BA_BOS_LAS_KRU_1)
40. Zgošća (BA_BOS_ZGO_1)
41. Kočeva (BA_BOS_KOC_2)
42. Seočka rijeka (BA_BOS_BAB.RIJ_SEOC.RIJ_1)
43. Korča (BA_BOS_FOJ_LEP_B.RIJ_KOR_1)
44. Kreševka (BA_BOS_FOJ.R_LEP_KRE_2)
45. Kreševka (BA_BOS_FOJ.R_LEP_KRE_1)

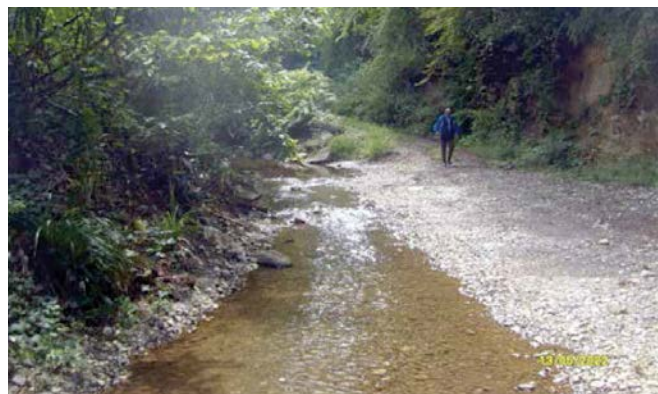


Karta 1. Mjerna mjesta za ihtiološka istraživanja na slivu rijeke Save u FBiH u 2015.godini

Fotografije pojedinih lokaliteta date su u nastavku:



Sanička rijeka



Trebačka rijeka



Zelinjska rijeka



Oboračka rijeka

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Terenskim istraživanjima 45 lokaliteta (vodnih tijela) evidentirano je 20 vrsta riba iz 5 porodica (tabela 2, grafikon 1 i 2). Ukupan ihtiouzorak na svim lokalitetima iznosio je 3014 jedinki.

Tabela 2. Popis konstatovanih vrsta

<p>Porodica: Cyprinidae</p>
<p>Sapača – <i>Barbus meridionalis</i> Risso, 1827 Sapača, potočna mrena - <i>Barbus balcanicus</i> Kotlik, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002 Sinonimi: <i>Barbus meridionalis</i> Risso, 1826; <i>Barbus caninus</i> Bonaparte, 1839; <i>Barbus petenyi</i> Heckel, 1852 IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC) Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III) i Evropskom direktivom o zaštiti staništa (Dodatak II i V).</p>
<p>Pliska – <i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782) Sinonimi: <i>Abramis bipunctatus</i> (Bloch, 1782); <i>Alburnoides maculatus</i> (Kessler, 1859); <i>Alburnoides rossicus</i> Berg, 1924; <i>Alburnus bipunctatus</i> (Bloch, 1782); <i>Alburnus eichwaldii</i> (non De Filippi, 1863); <i>Alburnus maculatus</i> Kessler, 1859; <i>Aspius bipunctatus</i> (Bloch, 1782); <i>Cyprinus bipunctatus</i> Bloch, 1782; <i>Leuciscus baldneri</i> Valenciennes, 1844; <i>Leuciscus bipunctatus</i> (Bloch, 1782)... IUCN Red List Status - Osjetljiva vrsta - Vulnerable (VU) Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III).</p>
<p>Gaga – <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758) Sinonimi: <i>Cyprinus aphyia</i> Linnaeus, 1758; <i>Cyprinus chrysoprasius</i> Pallas, 1814; <i>Cyprinus galian</i> Gmelin, 1789; <i>Cyprinus lumaireul</i> (non Schinz, 1840); <i>Cyprinus phoxinus</i> Linnaeus, 1758; <i>Leuciscus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758); <i>Phoxinus rivularis</i> (Pallas, 1773); <i>Phoxinus varius</i> Perty, 1832 IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC) Zaštitne mjere:</p>
<p>Šljivar – <i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758) Sinonimi: <i>Abramis elongatus</i> (non Valenciennes, 1844); <i>Abramis frivaldszkyi</i> Heckel, 1843; <i>Abramis nordmannii</i> Dybowski, 1862; <i>Abramis tenellus</i> Nordmann, 1840; <i>Abramis vimba</i> (Linnaeus, 1758); <i>Cyprinus carinatus</i> Pallas, 1814; <i>Cyprinus persa</i> Pallas, 1814; <i>Cyprinus sarta</i> Shaw, 1804; <i>Cyprinus vimba</i> Linnaeus, 1758; <i>Cyprinus vimpa</i> Strøm, 1784; <i>Cyprinus zerta</i> Leske, 1774; <i>Leuciscus parvulus</i> Valenciennes, 1844 ... IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC) Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III).</p>
<p>Klen - <i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758) Sinonimi: <i>Cyprinus albula</i> Nardo, 1827; <i>Cyprinus capito</i> Scopoli, 1786; <i>Cyprinus cephalus</i> Linnaeus, 1758; <i>Cyprinus chub</i> Bonnaterre, 1788; <i>Leucalburnus kosswigi</i> Karaman, 1972; <i>Leuciscus brutius</i> Costa, 1838; <i>Leuciscus cabeda</i> Risso, 1827; <i>Leuciscus cephaloides</i> Battalgil, 1942; <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)... IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC) Zaštitne mjere:</p>
<p>Babuška – <i>Carassius auratus gibelio</i> Bloch, 1873 Babuška - <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) Sinonimi: <i>Carassius auratus gibelio</i> (Bloch, 1782); <i>Carassius bucephalus</i> Heckel, 1837; <i>Carassius ellipticus</i> Heckel, 1848; <i>Cyprinus amarus</i> Koch, 1840; <i>Cyprinus gibelio</i> Bloch, 1782 IUCN Red List Status – Nije na Crvenom popisu IUCN-a Not Evaluated (NE) Zaštitne mjere: ALOHTONA VRSTA</p>
<p>Gavčica – <i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782) Sinonimi: <i>Cyprinus amarus</i> Bloch, 1782; <i>Rhodeus sericeus amarus</i> (Bloch, 1782); <i>Rhodeus genitalis</i> Walecki, 1863 IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC) Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III) i Evropskom direktivom o zaštiti staništa (Dodatak II).</p>

Krkuša - *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)**Krkuša - *Gobio obtusirostris* Valenciennes, 1842****Sinonimi:** nema**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:****Zela, uklija - *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)****Sinonimi:** *Abramis alburnus* (Linnaeus, 1758); *Alborella maxima* Fatio, 1882; *Alburnus acutus* Bonaparte, 1845; *Alburnus alborella* (non de Filippi, 1844); *Alburnus arquatus* Fatio, 1882; *Alburnus ausonii* Bonaparte, 1844; *Alburnus gracilis* Bonaparte, 1845; *Alburnus lucidus* Heckel, 1843; *Aspius alborella* (non De Filippi, 1844); *Cyprinus alburnus* Linnaeus, 1758; *Leuciscus alburnus* (Linnaeus, 1758)...**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:****Bodorka - *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)****Sinonimi:** *Cyprinus fulvus* Vallot, 1837; *Cyprinus jaculus* Jurine, 1825; *Cyprinus lacustris* Pallas, 1814; *Cyprinus pigus* Gronow, 1854; *Cyprinus rubellio* Leske, 1774; *Cyprinus rutilus* Linnaeus, 1758; *Cyprinus simus* Hermann, 1804; *Gardonus pigulus* Bonaparte, 1841; *Leuciscus decipiens* Agassiz, 1835; *Leuciscus rutilus* (Linnaeus, 1758); *Leucos cenisophius* Bonaparte, 1845...**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:** Međunarodno je zaštićena Evropskom direktivom o zaštiti staništa (Dodatak II).**Crnooka deverika - *Abramis sapa* (Pallas, 1811)****Crnooka deverika - *Ballerus sapa* (Pallas, 1814)****Sinonimi:** *Abramis balleropsis* Agassiz, 1835; *Abramis sapa* (Pallas, 1814); *Abramis schreibersii* Heckel, 1836; *Cyprinus cleveza* Pallas, 1814; *Cyprinus kleweza* Güldenstädt, 1791; *Cyprinus sapa* Pallas, 1814**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:** Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak II).**Škobalj - *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758)****Sinonimi:** nema**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:** Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III).**Porodica: Salmonidae****Kalifornijska pastrmka - *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)****Sinonimi:** *Fario gairdneri* (Richardson, 1836); *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792); *Oncorhynchus gairdnerii* (Richardson, 1836); *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792); *Salmo gairdneri* Richardson, 1836; *Salmo irideus* Gibbons, 1855; *Salmo mykiss* Walbaum, 1792; *Trutta iridea* (Gibbons, 1855)...**IUCN Red List Status** - Nije na Crvenom popisu IUCN-a Not Evaluated (NE)**Zaštitne mjere:** ALOHTONA VRSTA**Potočna pastrmka - *Salmo trutta* Linnaeus, 1758****Sinonimi:** *Fario argenteus* Valenciennes, 1848; *Fario trutta* (Linnaeus, 1758); *Salar ausonii* Valenciennes, 1848; *Salmo albus* Bonnaterre, 1788; *Salmo fario* Linnaeus, 1758; *Trutta marina* Moreau, 1881; *Trutta trutta* (Linnaeus, 1758)...**IUCN Red List Status** - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)**Zaštitne mjere:****Mladica - *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758)****Synonyms:** *Salmo hucho* Linnaeus, 1758; *Hucho germanorum* Günther, 1866**IUCN Red List Status** - Endangered - Ugrožena vrsta (EN)**Zaštitne mjere:** Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III).

Porodica: Cobitidae

Brkica - *Nemachilus barbatulus* Linnaeus, 1758

Brkica - *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758)

Sinonimi: *Barbatula barbatulus* (Linnaeus, 1758); *Barbatula oreas* (Jordan & Fowler, 1903); *Cobitis barbatula* Linnaeus, 1758; *Cobitis variabilis* Günther, 1868; *Nemacheilus barbatulus* (Linnaeus, 1758); *Nemacheilus sibiricus* Gratzianov, 1907; *Noemacheilus toni* (non Dybowski, 1869); *Orthrias barbatulus* (Linnaeus, 1758)...

IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)

Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Evropskom direktivom o zaštiti staništa (Dodatak II).

Zlatni vijun – *Cobitis aurata balcanica* Karaman, 1922

Dunavski vijun, vijunica - *Cobitis elongatoides* Bacescu & Mayer, 1969

Sinonimi: *Cobitis taenia elongatoides* Bacescu & Maier, 1969

IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)

Zaštitne mjere:

Veliki vijun – *Cobitis elongata* Heckel et Kner, 1858

Sinonimi: Nema

IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)

Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III)

Porodica: Esocidae

Štuka - *Esox lucius* Linnaeus, 1758

Sinonimi: *Esox boreus* Agassiz, 1850; *Esox estor* Lesueur, 1818; *Esox lucioides* Agassiz & Girard, 1850; *Esox nobilior* Thompson, 1850; *Luccius vorax* Rafinesque, 1810; *Lucius lucius* (Linnaeus, 1758).

IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)

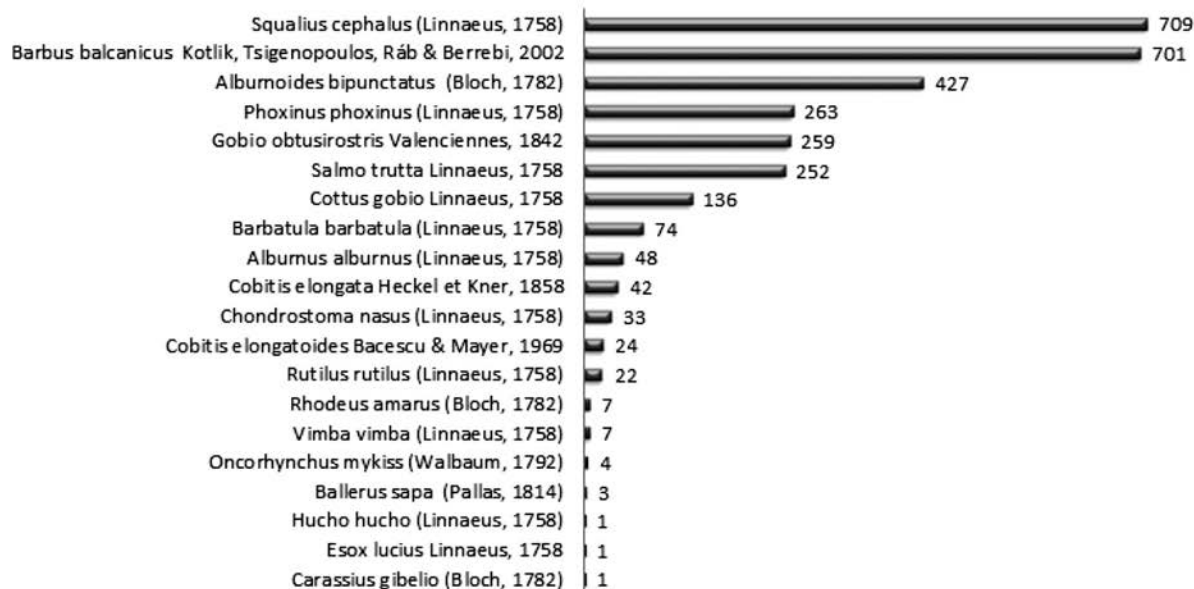
Porodica: Cottidae

Peš – *Cottus gobio* Linnaeus, 1758

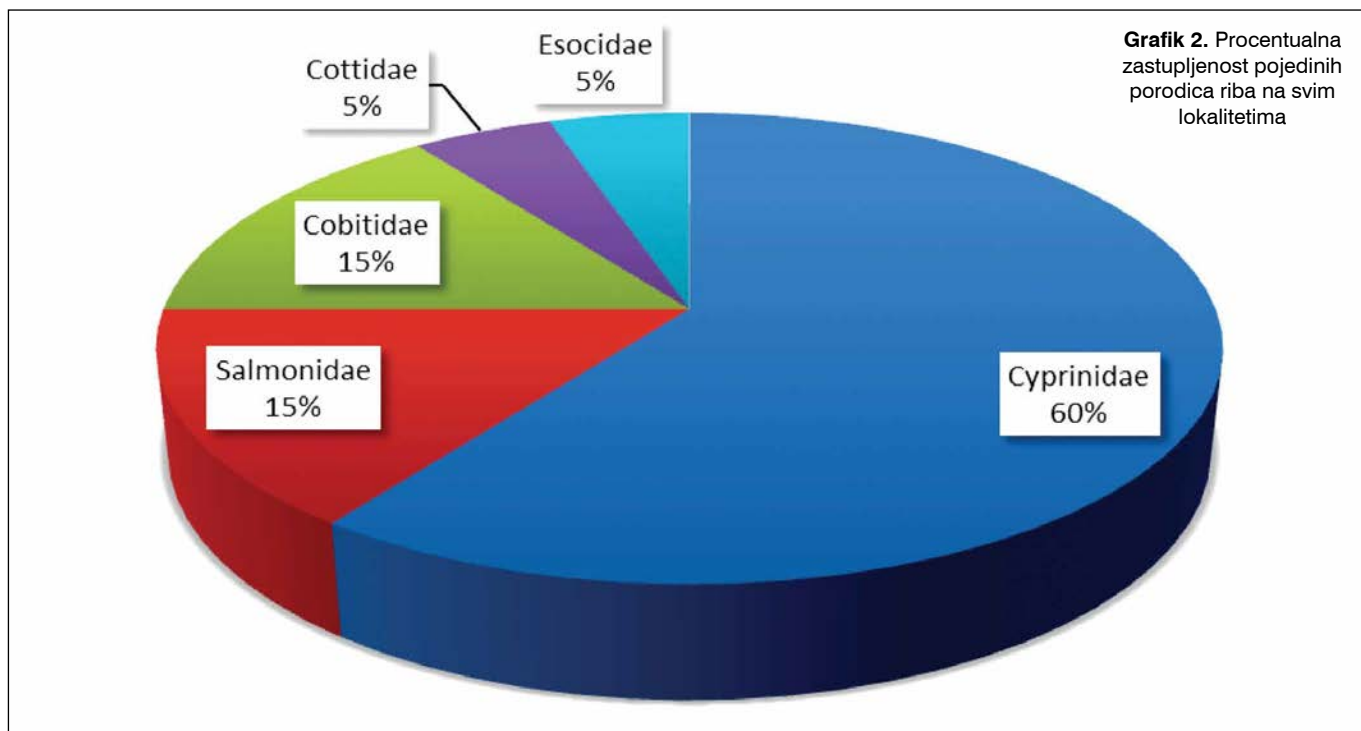
Sinonimi: *Cottus gobio gobio* Linnaeus, 1758; *Cottus affinis* Heckel, 1837; *Cottus microstomus* (non Heckel, 1837); *Cottus ferrugineus* Bonaparte, 1846; *Cottus koshewnikowi* (non Gratzianov, 1907)

IUCN Red List Status - Najmanje zabrinjavajuće - Least Concern (LC)

Zaštitne mjere: Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom (Dodatak III) i Evropskom direktivom o zaštiti staništa (Dodatak II).



Grafik 1. Brojčana zastupljenost pojedinih vrsta riba na svim lokalitetima



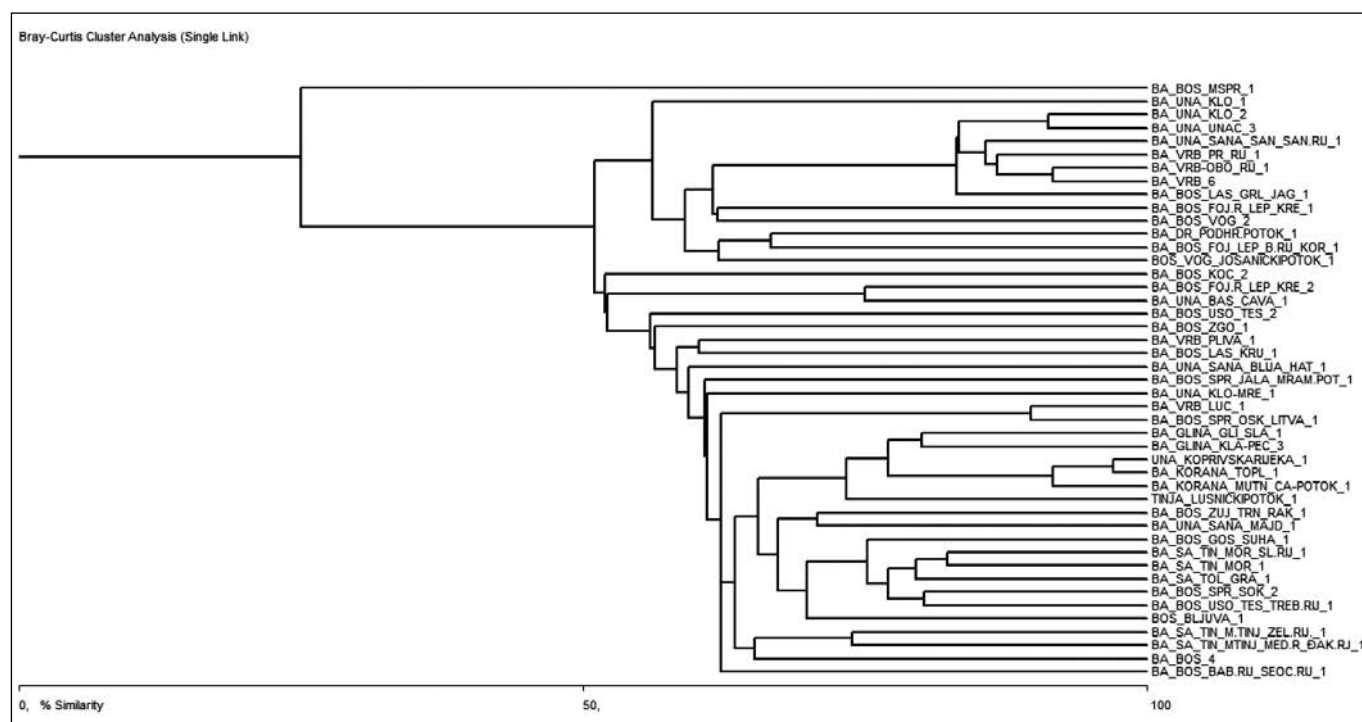
Fotografije izlovljenih riba date su nastavku teksta:





Na osnovu kvalitativno-kvantitativne analize sastava ihtiopopulacija na datim lokalitetima izračunat je Shannon-Weaver indeks diverziteta, te je urađena Bray-Curtis analiza sličnosti pojedinih ihtiopopulacija (Single Link).

Bray-Curtis analiza sličnosti lokaliteta prema kvalitativno-kvantitativnom sastavu ihtiopopulacija urađena je u BioDiversity Pro programu namjenjenom za ekološke analize. Dobiveni rezultati u obliku klastera (slika 1).

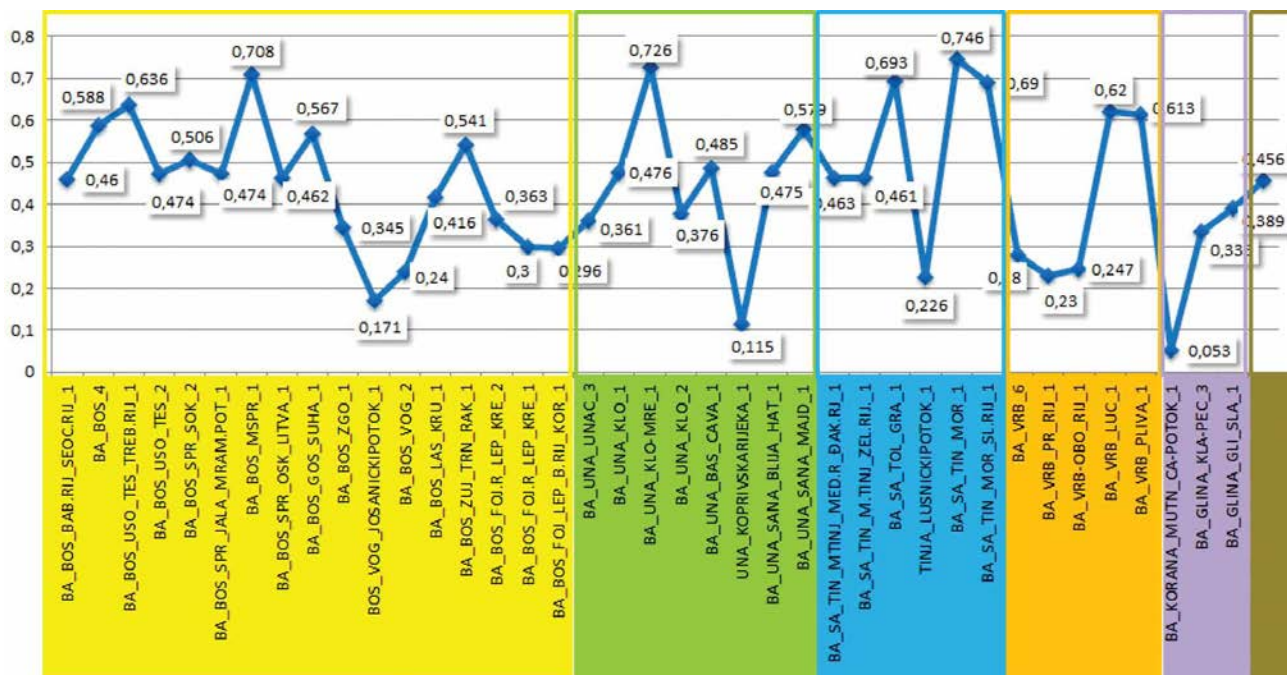


Slika 5. Bray-Curtis analiza sličnosti lokaliteta (Single Link)

Rezultati Bray-Curtis analize sličnosti lokaliteta prema kvalitativno-kvantitativnoj zastupljenosti ihtiiofaune pokazuju relativno grupisanje određenih lokaliteta.

Najveću sličnost pokazuju lokaliteti Toplica (BA_KORANA_TOPL_1) i Koprivska rijeka (UNA_KOPRIVSKARIJEKA_1). Vrlo visok stepen sličnosti od 91,67% pokazuju lokaliteti u podslivu Vrbasa: Vrbas (BA_VRB_6) i Oboračka rijeka (BA_VRB-OBO_RIJ_1), te lokaliteti u podslivu Korane i Gline: Čajin potok (BA_KORANA_MUTN_CA-POTOK_1) i Toplica (BA_KORANA_TOPL_1). Visok stepen sličnosti imaju i lokaliteti u podslivu rijeke Une: Unac (BA_UNA_UNAC_3) i Klokot (BA_UNA_KLO_2). Natpolovovičan broj uparenih lokaliteta (55,5%) pripada istom podslivu.

Shannon-Weaver indeks diverziteta izračunat je na osnovu kvalitativno-kvantitativnog sastava uzorka ihtiio-



Legenda:

Podsliv					
Bosna	Una	Sava	Vrbas	Korana i Glina	Drina

Grafik 3. Grafički prikaz vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa diverziteta

populacije za svaki lokalitet (grafik 3).

Najviše vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa diverziteta zabilježene su na rijeci Moranšćici (0,746) i rijeci Mrežnici (0,726).

U podslivu rijeke Bosne, najviši stepen diverziteta ima Mala Spreča (0,708), dok je najniža vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa diverziteta zabilježena u Jošaničkom potoku (0,171).

U podslivu rijeke Une najviša vrijednost diverziteta bila je na rijeci Mrežnici (0,726), dok je najniža vrijednost zabilježena na Koprivskoj rijeci (0,115).

U neposrednom slivu rijeke Save najviše vrijednosti su zabilježene na rijeci Moranšćici (0,746), dok je najniža vrijednost ovog indeksa zabilježena na Kušničkom potoku (0,226).

U podslivu rijeke Vrbas najviša vrijednost diverziteta bila je na Lučini (0,620), dok su vrlo niske vrijednosti zabilježene na lokalitetima na Prusačkoj rijeci (0,230), Oboračkoj rijeci (0,247), te rijeci Vrbas (0,280).

U podslivu rijeke Korane i Gline vrijednosti indeksa diverziteta su iznosile: Slapnica 0,389, Pećina 0,336, te Čajin potok 0,053.

U podslivu Drine jedini lokalitet Podhranjenski potok je imao vrijednost ovog indeksa od 0,456.

Lokaliteti kod kojih je zabilježena samo jedna vrsta kao što su Bljuva (BOS_BLIJUA_1), Kočeva (BA_BOS_KOC_2), Jaginca (BA_BOS_LAS_GRL_JAG_1), Toplica (BA_KORANA_TOPL_1), te Sanička rijeka (BA_UNA_SANA_SAN_SAN.RIJ_1), nisu mogli biti korišteni za procjenu indeksa diverziteta.

Invazivne vrste

Strana (alohtona) vrsta riba je vrsta koja nije prirodno nastanjivala određeno područje nego je u njega dospjela bilo slučajnim ili namjernim unošenjem. Kada ovakva vrsta kroz procese kompeticije potiskuje autohtone vrste zauzimajući raspoložive ekološke niše ona se označava kao invazivne vrste životinja.

Tokom terenskih istraživanja konstatovane su dvije vrste riba koje spadaju u ovu kategoriju:

1. Kalifornijska pastrmka (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) je alohtona vrsta koja je unesena u Bosnu i Hercegovinu prije više od jednog stoljeća iz Kalifornije radi uzgoja. Godine 1894. na Vrelu Bosne je izgrađeno veliko mrijestilište u koje je introducirana kalifornijska pastrmka. Nakon toga je 1938. godine prenesena u Krupu na Vrbasu kod Banje Luke a kasnije i u druge dijelove Bosne i Hercegovine. Prema raspoloživim podacima u Bosni i Hercegovini danas postoji preko 30 ribnjaka različitih tipova i veličine koji se bave uzgojem ove vrste. Nalazi se u globalnoj bazi podataka o invazivnim vrstama (Global Invasive Species Database). Ako iz ribogojilišta dospije u prirodni vodotok, postaje predator domaćih vrsta riba. Također je značajna i kao sportsko-ribolovna vrsta, s obzirom da naseljava brojna slatkovodna staništa, a pretežno prirodna i

vještačka jezera. Tokom terenskih istraživanja ova vrsta je nađena na lokalitetima: Jošanički potok (1 jedinka), Unac (2 jedinke), i Klokot 2 (1 jedinka). Ovi podaci ukazuju na njeno rasprostranjenje u vodama podsliva Una i Bosne.

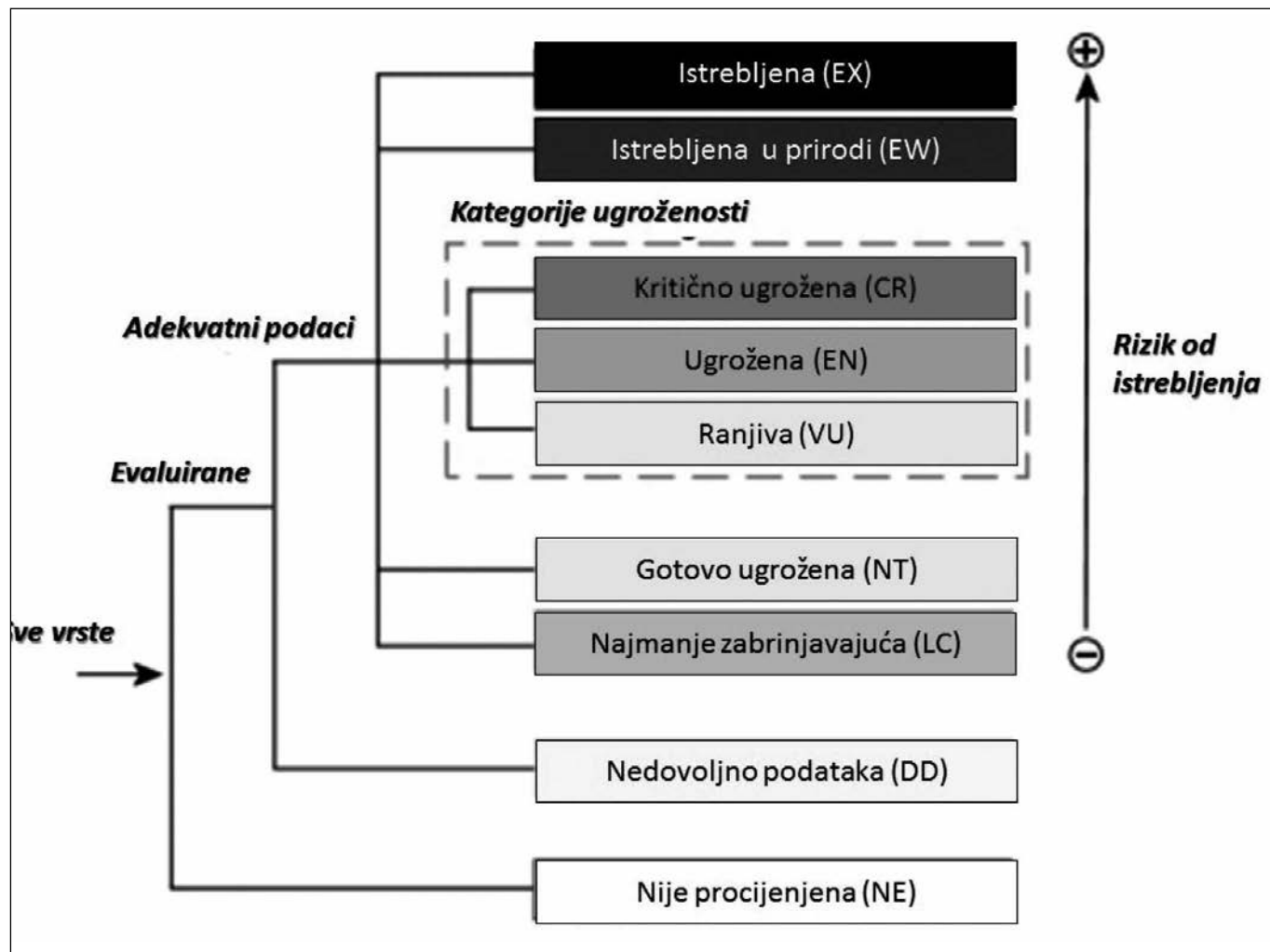
2. Babuška (*Cerasius auratus gibelio* Bloch, 1873) ili (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782) je alohtona vrsta koja ima široku distribuciju usljed introdukcije i translokacije u većinu evropskih zemalja. Ova vrsta se odlikuje jedinstvenim načinom reprodukcije koji uključuje aloginogenetičke i/ili gonohorističke biotipove (ili bioforme) i prilagođena je na opstanak i u nepovoljnim uvjetima u njenom okruženju. Babuška može shodno tome imati negativne uticaje na autohtonu ihtiofaunu. U ribnjaku Bardača, 1972. godine prvi put u Bosni i Hercegovini je registrovano prisustvo babuške. Prisustvo ove vrste registrovano je i u slivu Neretve a što je potvrđeno istraživanjima Jablaničke akumulacije.

Tokom terenskih istraživanja u 2015. godini ova vrsta je konstatovana samo u rijeci Bosni (BA_BOS_4) sa jednom jedinkom.

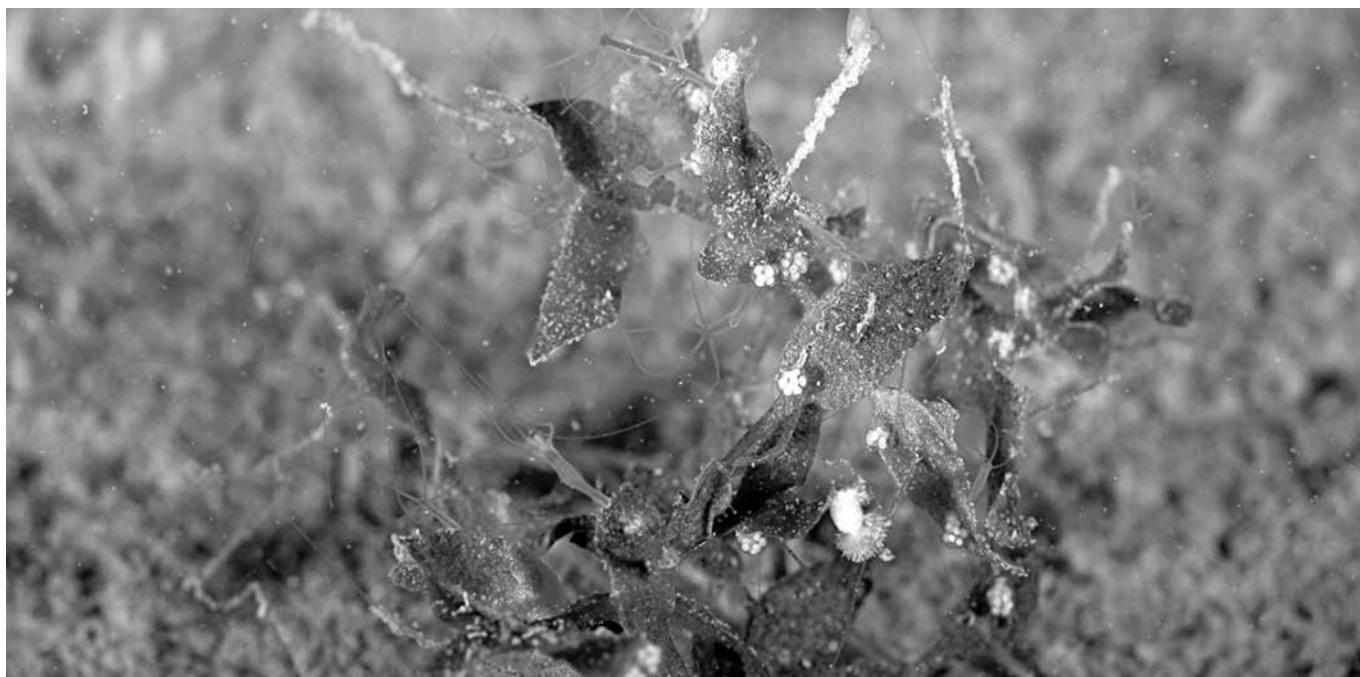
Ugrožene vrste riba

Standarde za izradu crvenih knjiga te pravila i kriterije za procjenu ugroženosti divljih vrsta i podvrsta propisuje Međunarodna unija za očuvanje prirode (IUCN), koja je svjetski autoritet za procjenu ugroženosti živog svijeta te njegovo očuvanje. IUCN vodi svjetsku bazu ugroženih organizama te izdaje crvene popise i knjige vrsta ugroženih na globalnom nivou. IUCN-ov popis je sastavljen prema tačnim kriterijima radi vrjednovanja rizika izumiranja velikog broja vrsta i podvrsta. Ovi kriteriji su relevantni za sve vrsta u svim dijelovima svijeta. Cilj je dati na značaju i shvaćanju hitnosti pitanja zaštite vrsta kod javnosti i kreatora politike, kao i doći do pomoći međunarodne zajednice radi pokušavanja smanjenja izumiranja vrsta (slika 2).

Na osnovu člana 108. stavak 2 Zakona o zaštiti prirode („Službene novine Federacije BiH“, broj 66/13), Federalno ministarstvo okoliša i turizma je kao poseban dokument utvrdilo Crvenu listu divljih vrsta i podvrsta biljaka, životinja i gljiva u Federaciji Bosne i Hercegovine. Ovaj akt je stupio na snagu u januaru 2014.



Slika 6. Kategorije ugroženosti vrsta (prema IUCN)



godine. Rezultati ihtioloških istraživanja pokazuju da od ukupno 20 konstatovane vrste, njih 19 nalazi u kategoriji Najmanje zabrinjavajućih (LC). Ovdje spadaju vrste koje se nakon evaluacije statusa nisu kvalificirale za kategorije: Kritično ugrožena (CR), Ugrožena (EN), Ranjiva (VU), ili Gotovo ugrožena (NT). U ovu kategoriju spadaju vrste koje imaju široko rasprostranjenje i veliku brojnost.

U kategoriju Ugrožena (EN) koja uključuje vrste za koje najbolji dostupni podaci ukazuju da ona zadovoljava neki od kriterija od A do E za Ugrožene (EN) vrste, te se stoga smatra da se vrsta suočava sa vrlo visokim rizikom od nestanka u prirodi.

U ovu kategoriju spada samo jedna vrsta koja je nađena tokom terenskih istraživanja, a to je mladica - *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). Ova vrsta je nađena na samo na lokalitetu na rijeci Čavi (BA_UNA_BAS_CAVA_1) sa samo jednim primjerkom.

ZAKLJUČAK

1. Tokom istraživanja ihtiofaune na ukupno 45 lokaliteta evidentirano je ukupno 20 vrsta riba iz pet porodica. Ukupan ihtiouzorak na svim lokalitetima iznosio je 3014 jedinki.
2. Rezultati Bray-Curtis analize sličnosti lokaliteta prema kvalitativno-kvantitativnoj zastupljenosti ihtiofaune pokazuju relativno grupisanje određenih lokaliteta. Najveću sličnost pokazuju lokaliteti Toplica (BA_KORANA_TOPL_1) i Koprivska rijeka (UNA_KOPRIVSKARIJEKA_1). Natpolovovičan broj uparenih lokaliteta (55,5%) pripada istom podslivu.
3. Najviše vrijednosti Shannon-Weaverovog indeksa diverziteta zabilježene su na rijeci Moranštica (0,746) i rijeci Mrežnici (0,726).

4. Dvije vrste riba su invazivne: (a) Kalifornijska pas-trmka (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) koja je nađena na lokalitetima: Jošanički potok (1 jedinka), Unac (2 jedinke), i Klokot 2 (1 jedinka). Ovi podaci ukazuju na njeno rasprostranjenje u vodama podsliva Una i Bosne.; (b) Babuška (*Cerasius auratus gibelio* Bloch, 1873) ili (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782) koji je konstatovan samo u rijeci Bosni (BA_BOS_4) sa jednom jedinkom
5. Na osnovu člana 108. stavak 2 Zakona o zaštiti prirode („Službene novine Federacije BiH“, broj 66/13), Federalno ministarstvo okoliša i turizma je kao poseban dokument utvrdilo Crvenu listu divljih vrsta i podvrsta biljaka, životinja i gljiva u Federaciji Bosne i Hercegovine. Ovaj akt je stupio na snagu u januaru 2014. godine. Rezultati ihtioloških istraživanja pokazuju da od ukupno 20 konstatovanih vrsta, njih 16 nalazi u kategoriji Najmanje zabrinjavajuća (LC), dok u kategoriju Ugrožena (EN) spada mladica - *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). Ova vrsta je nađena na samo na lokalitetu na rijeci Čavi (BA_UNA_BAS_CAVA_1) sa samo jednim primjerkom.

LITERATURA

Ihtiološka istraživanja sliva rijeke Save u Federaciji Bosne i Hercegovine. Finalni izvještaj. Prirodno-matematički fakultet. Sarajevo, decembar 2015.

Okvirna direktiva o vodama EU, 2000/60/EC.

Vuković T. i Ivanović, B. (1971) Slatkovodne ribe Jugoslavije. Zemaljski muzej BiH. Posebno izdanje. Sarajevo.

Vuković, T. (1977) Ribe Bosne i Hercegovine. IGKRO "Svjetlost". Zavod za udžbenike. Sarajevo.

PORIJEKLO I ISPITIVANJE POLICIKLIČKIH AROMATSKIH UGLJIKOVODIKA (ENG. PAH) U POVRŠINSKIM VODAMA

UVOD

Policiklični aromatski ugljikovodici (eng. PAHs – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) su različite komponente koje u osnovi strukture sadrže dva ili više kondenzovanih benzenovih prstenova. Jedni su od najraširenijih polutanata u prirodi i javljaju se u svim djelovima životne sredine: zraku, površinskim, podzemnim, pićim i morskim vodama, ledu, hrani, sedimentu, zemljištu, tkivima biljaka, životinja i čovjeka. Pripadaju grupi perzistentnih organskih polutanata (eng. Persistent Organic Pollutants – POPs) koje karakteriše dug period degradacije i zadržavanja u životnoj sredini te toksično djelovanje na živi svijet.

U sklopu plana monitoringa ispitivanja PAH-a u Sektoru laboratorija za vode Agencije za vodno područje rijeke Sava (AVP Sava) se provode od 2008. godine. Operativnim monitoringom (sa frekvencijom 12 puta godišnje) se ispituju od 2011. godine. U periodu od 2008. do 2015. godine ispitivanja su se izvršila na 230 različitih mjernih mjesta, gdje je uzorkovano oko 2260 uzoraka sa preko 20.000 rezultata za pojedinačne analize PAH-a.

Laboratorija za vode, u sklopu proširenja opsega akreditacije prema BAS EN ISO/IEC 17025:2006, je prijavila i prošla proces ocjenjivanja od strane Instituta za akreditaciju BiH (BATA) metode BAS EN ISO 17993:2005: Kvalitet vode - Određivanje 15 policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) sa tehnikom

HPLC sa fluorescentnom detekcijom nakon ekstrakcije tečno-tečno.

U okolišu se javlja veliki broj različitih PAH-a, međutim u praksi ispitivanje je ograničeno samo na njih 6 do 16 najznačajnijih. Šesnaest pojedinačnih PAH-a je klasificirano kao prioritetni polutanti od strane United States Environmental Protection Agency (US EPA) zbog svoje toksičnosti, mutagenih i kancerogenih karakteristika (Wise i sur. 1993).

Evropski parlament i vijeće Evropske Unije je izdalo direktivu „2008/105/EC“ (Official Journal of the European Union 2008) za okolišne standarde kvalitete na polju politike voda u kojoj navodi listu prioritetnih supstanci (33 supstance), od kojih je osam PAH-a, čija koncentracija treba da se kontroliše i smanji do određenih granica za postizanje dobrog ekološkog statusa.

S obzirom na nova saznanja o toksičnosti i novih poboljšanih mogućnosti ispitivanja dugodišnja direktiva “2008/105/EC” zamijenjena je novom “2013/39/EU” (Official Journal of the European Union 2013).

Osobine PAH-a

Pojedinačni PAH-i imaju različite hemijske i fizičke osobine koje su ovisne o njihovoj molekularnoj masi odnosno broju kondenzovanih prstenova. Ove osobine u velikoj mjeri određuju ponašanje PAH-a i utiču na brzinu prijenosa, razgradnju i promet u okolišu.

Tabela 1. Poređenje procjenjenih emisija PAH-a u različitim državama (Maliszewska-Kordybach 1999)

Država	Stacionarni izvor sagorjevanja		Industrijski pogoni	Transport	Spaljivanje	Ukupno
	Kućno zagrijavanje	Energane				
Tone/godinu						
SAD	1380	400	3500	2170	1150	8600
	16%	5%	41%	25%	13%	100%
Švedska	142	2	313	47	4	510
Procentualno:	27.8%	0.4%	61.4%	9.2%	0.8%	100%
Švedska	-	-	-	-	-	200
Poljska	265	118	320	80	5	800
Procentualno:	33.1%	14.8%	40.0%	10.0%	0.6%	100%
Poljska	464		67	35	-	566
Procentualno:	82.0%		11.8%	6.2%		100%
UK	604	6	19	80	6	712
Procentualno:	84.8%	0.8%	2.7%	11.2%	0.8%	100%
Njemačka	-	-	-	-	-	8218
Holandija	-	-	-	-	-	1116
Evropa	9863		324	845	-	14090
Procentualno:	70.0%		2.3%	6.0%		100%

Neki od PAH-a pokazuju snažno kancerogeno i mutageno delovanje, dovode do akutne toksičnosti, razvojne i reproduktivne toksičnosti, citotoksičnosti i genotoksičnosti (WHO 2000). Njihovi degradacioni produkti (kiseonični i azotni derivati) takođe predstavljaju opasnost po životnu sredinu. Također, stvaraju metabolite koji mogu postati opasni, jer formiraju DNK adukte koji induciraju mutacije. Pored direktne izloženosti PAH-ima putem zraka i vode, njihova tendencija za topivost u lipidima može putem lanca ishrane dovesti do bioakumulacije u vodenom životinjskom svijetu, a tako i indirektno ugroziti zdravlje ljudi koji izvor hrane nalaze u toj sredini (Lundstedt 2003; Magi i sur. 2002; WHO 2000).

Prisustvo PAH-a u životnoj sredini

Najznačajniji izvor PAH-a su ljudske aktivnosti. Posljednji vijek industrijske revolucije i demografskog rasta stanovništva uzrokovalo je značajno povećanje koncentracije PAH-a u prirodnom okruženju. Istraživanja sadržaja PAH-a u ledenoj kori na Grenlandu su pokazala da je današnja količina ovih supstanci oko 50 puta veća od onih količina u predindustrijskom periodu (Maliszewska - Kordybach 1999).

PAH-i nastaju u svim procesima nepotpunog sagorjevanja organske supstance. Produkcija im je povećana pri gorenju u nedostatku kisika, kod temperature od 650-900°C i kada goriva materija nije dovoljno

oksidabilna (Maliszewska-Kordybach, 1999). Prirodni izvori PAH-a kao što su vulkanske erupcije i šumski požari (koji nisu isključivo prirodni) ne pridonose značajno ukupnoj emisiji PAH-a. Antropogeni izvori su brojni, a među najznačajnije spadaju sagorjevanje materije za snabdjevanje energijom, uništavanje otpada, procesi industrijske proizvodnje, zagrijavanje stambenih i boravišnih prostora i mobilni izvori za transport ljudi i roba (WHO 2000).

Prisustvo PAH-a je koncentrisano u blizini njihovih izvora emisije. Područje povećane industrijske aktivnosti, odnosno veće gustine stanovništva, na pojedinim područjima Zemlje rezultira povećanom prisutnosti PAH-a. Na taj odnos veliku ulogu igra životni standard i vrsta organskih supstanci koje se koriste kao energenti tj. pogonska goriva za industriju, transport i zagrijavanje.

Tabla 1. daje poređenje procjenjenih antropogenih emisija PAH-a u različitim zemljama. Emisija PAH-a u evropskim zemljama varira od niskih kao što je 200 tona godišnje za Švedsku 1988. godine do 8000 tona godišnje za Njemačku 1985. godine. Od ukupne emisije PAH-a industrijski procesi su dominantni kao izvori PAH-a (40-60%) u SAD-u, Švedskoj i Poljskoj. Novija istraživanja pokazuju da u Velikoj Britaniji, Poljskoj pa i čitavoj Evropi najviše PAH-a (70-85%) nastaje od zagrijavanja stambenih prostora tečnim i čvrstim fosilnim gorivima.

Porijeklo PAH-a u površinskim vodama

Površinske vode su jedan od značajnih recipijenata mnogih polutanata antropogenog porijekla, a također igraju veoma važnu ulogu u procesima prenosa, bioakumulacije, degradacije kao i depozicije PAH-a u prirodi. Iako se emisija PAH-a odvija u najvećoj mjeri u zrak, istraživanja su pokazala da se manje od 0,5% ukupnog opterećenja PAH-ima nalazi u zraku. Kao glavni „depoi“ PAH-a su zemljište i sediment što se može vidjeti iz Tabele 2.

Tabela 2. Raspodjela PAH-a u prirodnom okruženju (Maliszewska-Kordybach 1999)

Sistem okoliša:	Procenat od ukupnog	
	Σ PAH	BaP
Zemljište	94,4	92,9
Riječni sediment	5,4	7,1
Voda	< 0,01	< 0,01
Zrak	0,1	< 0,01
Vegetacija	0,1	< 0,01
Biota	< 0,01	< 0,01

PAH-i u površinske vode najviše dopijevaju uklanjanjem iz zraka tokom atmosferskih padavina, zatim ispuštanjem otpadnih voda industrija i domaćinstava te otpadnih voda deponija.

Tabela 3. AA-EQS i MAC-EQS za osam prioritarnih PAH-a prema „Direktivama 2008/105/EC i 2013/39/EU“

Naziv	AA-EQS Kopnene površinske vode (µg/L)		AA-EQS Druge površinske vode (µg/L)		MAC-EQS Kopnene površinske vode (µg/L)		MAC-EQS Druge površinske vode (µg/L)		EQS Biote (µg/kg)	
	2008/105/EC	2013/39/EU	2008/105/EC	2013/39/EU	2008/105/EC	2013/39/EU	2008/105/EC	2013/39/EU	2008/105/EC	2013/39/EU
Naftalen	2	2	2	2	130	130	130	130		
Antracen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1		
Flouranten	0,1	0,0063	0,1	0,0063	1	0,12	1	0,12		30
Benzo(b)flouranten	Σ = 0,002	*	Σ = 0,002	*	**	0,017	**	0,017		*
Benzo(k)flouranten		*		*		0,017		0,017		*
Benzo(a)piren	0,05	1,7*10 ⁻⁴	0,05	1,7*10 ⁻⁴	0,1	0,27	0,1	0,027		5
Indeno[1,2,3-cd]piren	Σ = 0,002	*	Σ = 0,002	*	**	*	**	*		*
Benzo[ghi]perilen		*		*		8,2*10 ⁻³		8,2*10 ⁻⁴		*

* biota EQS i odgovarajući AA-EQS u vodi se odnose na koncentracije benzo(a)piren. Benzo(a)piren se može smatrati markerom za druge PAH-e, pa samo benzo(a)piren treba pratiti za usporedbu sa biota EQS-om ili odgovarajućim AA-EQS u vodi.

** nije primjenjivo

Jedan od najvećih izvora PAH-a su toplane i stambeni prostori koji se tokom zimskog perioda zagrijavaju toplotom nastalom sagorjevanjem čvrstih i tečnih fosilnih goriva. Lokalizirani izvori PAH-a su značajni zbog većih koncentracija i direktnog ispuštanja otpadnih voda onečišćenih PAH-ima u vodotokove. Najznačajniji su pogoni za proizvodnju električne energije (termoelektrane) koje koriste čvrsta fosilna goriva (ugalj), industrijski pogoni za dobijanje i preradu željeza i aluminija, koje koriste koks u procesu proizvodnje. Velike količine PAH-a potiču od industrije za proizvodnju i preradu koksa, nafte, katrana i asfalta, ispiranja uglja u procesima separacije uglja, kao i od spalionica komunalnog otpada. Također, jedan od najznačajnijih izvora je saobraćaj koji koristi motore koji se pokreću fosilnim gorivima, kao što su automobilski, brodski i avio saobraćaj. Drugi izvori koji su manje ili više značajni su paljenje suhih biljnih ostataka, rekreacione vatre, krematoriji, kuhanje, duhan.

Ciljni nivoi koncentracija PAH-a u površinskim vodama

U skladu sa EU Okvirnom direktivom o vodama (ODV) (Direktiva 2000/60/EC Evropskog Parlamenta i Vijeća 2000/60/EC), i prema „Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Službene novine FBiH, br. 1-14)“, osam PAH-

a je svrstano na listu prioriternih supstanci sa datim prosječnim graničnim koncentracijama za period od jedne godine, kao i maksimalno dozvoljenom koncentracijom, koje se moraju zadovoljiti da bi rijeka bila u dobrom ekološkom statusu.

Srednje godišnje koncentracije (AA-EQS: annual average - environmental quality standards) i maksimalno dozvoljene koncentracije (MAC-EQS maximum allowable concentration - environmental quality standards) su do 2 ng/L (što je ekvivalentno sa 2 grama na 1000.000.000 litara) za sumu dva PAH-a, što zahtjeva izuzetno zahtjevnu tj. osjetljivu metodu analize. Metode ispitivanja, se pored izbora instrumentalne tehnike, razlikuju i prema načinu pripreme uzorka odnosno koncentriranja i prečišćavanja za daljnju analizu na instrumentu.

Srednje godišnje koncentracije (AA-EQS: annual average - environmental quality standards) i maksimalno dozvoljene koncentracije (MAC-EQS maximum allowable concentration - environmental quality standards) prema „Direktivama 2008/105/EC i 2013/39/EU” su prikazane u tabeli 3.

Kako su količine PAH-a u uzorcima veoma niske, same metode od pripreme uzoraka pa do instrumentalne analize moraju biti veoma specifične i osjetljive. S obzirom na to, najširu primjenu u analizi PAH-a ima metoda tačne hromatografije visokih performansi (HPLC). Najčešće korištena metoda za ispitivanje površinskih voda koja može da zadovolji tražene zahtjeve je metoda BAS EN ISO 17993:2005; „Određivanje 15 policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) sa tehnikom HPLC s fluorescentnom detekcijom nakon ekstrakcije tečno-tečno“.

Zaključak

PAH-i su jedni od najraširenijih polutanata koji su uglavnom antropogenog porijekla. Njihovo porijeklo je vezano uz sve ljudske aktivnosti u kojim se sagorjevaju organske materije, posebno pri nepotpunom sagorijevanju. Pokazuju negativne učinke na zdravlje čovjeka i drugih živih bića, akumuliraju se u prirodnim sistemima posebno u zemljištu, tkivima i na čestičnim materijama vode i zraka.

Mnoge agencije iz područja zaštite okoliša i zdravlja ljudi zakonski su propisale odredbe za praćenje i za ograničenje ispuštanja PAH-a u životnu sredinu. Nova direktiva EU (2013/39/EU) u pogledu prioriternih supstanci u oblasti politike voda pokazuje sve veću pažnju posvećenu PAH-ima. Ova direktiva postavlja niže granice za dozvoljene koncentracije, jer novija saznanja govore o većoj opasnosti i riziku za zdravlje ljudi i živih organizama nego predhodne pro-

cjene. Granice se „pooštravaju” i zbog unapređenja pristupa za smanjenje njihove emisije, kroz poboljšanje mjera koje se određuju za ispuštanja PAH-a u vodotoke. Promjene su i u pristupu analize sadržaja PAH-a, gdje se sve više zahtjevaju osjetljivije metode ispitivanja, ispitivanja „markera” benzo(a)pirena, kao i ispitivanje PAH-a u bioti.

Novi zahtjevi predstavljaju izazove kako za metode uzorkovanja tako i metode obrade uzorka i instrumentalnog ispitivanja.

Za razliku od nekih drugih perzistentnih organskih polutanata koji se zadržavaju i dugi niz godina u okolišu, PAH-i nemaju relativno dugo vrijeme zadržavanja. Njihova povećana prisutnost je rezultat kontinuirane emisije u okoliš i vezivanje za određene matrikse u prirodnim sistemima.

Kao važan korak u ukupnoj evaluaciji sudbine PAH-a u okolišu, predstavlja i analitički proces određivanja PAH-a. Poboljšanjem tehnika uzorkovanja, ekstrakcije i instrumentalnog određivanja može se postići značajno povećanje osjetljivosti i identifikacije PAH-a.

Proučavanjem izvora i sudbine PAH-a u okolišu, kao i sastava pojedinih PAH-a u ukupnoj emisiji, mogu se poduzeti adekvatne mjere za smanjenje ili eliminaciju emisije.

LITERATURA:

- 1) BAS EN ISO 17993:2005: Kvalitet vode - Određivanje 15 policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) sa tehnikom HPLC sa fluorescentnom detekcijom nakon ekstrakcije tečno-tečno
- 2) Lundstedt S. (2003) Analysis of PAHs and their transformation products in contaminated soil and remedial processes, Department of Chemistry, Environmental Chemistry, Umeå University, Sweden.
- 3) Magi E., Bianco R., Ianni C., Di Carro M (2002) Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Adriatic Sea. *Environmental Pollution* 119:91–98.
- 4) Maliszewska-Kordybach B. (1999) Sources, Concentrations, Fate and Effects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Environment. Part A: PAHs in air. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 8, No.3, 131-136.
- 5) Official Journal of the European Union L 226/1 (2013) Direktiva 2013/39/EU Evropskog parlamenta i vijeća kojom se mijenjaju Direktive 2000/60/EC i 2008/105/EC u pogledu prioriternih supstanci u oblasti politike voda.
- 6) Official Journal of the European Union L 348/84 (2008) Direktiva 2008/105/EC Evropskog parlamenta i vijeća o standardima kvalitete okoliša u području vodne politike.
- 7) WHO (2000) Polinuclear aromatic hydrocarbons (PAH). Air quality guidelines 2nd ed. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Chapter 5.9.
- 8) Wise, S.A., Sander, L.C. and May, W.E., (1993). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons by liquid chromatography. *Journal of Chromatography* 642:329-349.
- 9) Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Sl. novine FBiH, br. 1-14“,

MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA POVRŠINSKIH VODA U ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA KANTONA SARAJEVO

UVOD

Mikrobiološke odlike vodene sredine

Voda u prirodi je rijetko potpuno čista. Voda koja se kreće ispod površine u podzemlju, filtrira se, te se tako uklanja većina organizama (Smruti i Sanjeeda, 2012). Ona igra važnu ulogu u prijenosu različitih vrsta bolesti kao kolere, dijareje, tifusa i dizenterije (Yau, 2003). Patogeni mogu doći do izvora vode kada zaražena životinja ekskretuje mikroorganizme putem izmeta u vodu (Bridle, 2014). Mikroorganizmi indikatori se koriste kao determinatori prisutnosti patogena u vodi, a to su koliformne bakterije, termotolerantni koliformi i *E. coli*, fekalne streptokoke (WHO, 2001). Ovi mikroorganizmi ukazuju na eventualna onečišćenja voda. Cilj ovog rada je sanitarna procjena najvećih vodotoka zaštićenih prirodnih područja Kantona Sarajevo, te njihova kategorizacija i klasifikacija.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja kvaliteta površinskih voda uključivala su rad na terenu (uzorkovanje vode) i laboratoriji (mikrobiološke analize: određivanje ukupnog broja koliformnih bakterija, fekalnih koliforma i fekalnih enterokoka, determinacija ukupnog broja heterotrofnih bakterija u 1 ml, dokazivanje *Salmonella spp.* te dokazivanje bakterija biohemijskim testovima).

MATERIJAL

Ispitivanje kvaliteta voda zaštićenih područja Kantona Sarajevo izvedeno je od januara do septembra 2015. godine. Uzorci vode sa istraživanih lokaliteta (tabela 1) su uzimani u zimskoj i ljetnoj sezoni.

U istraživanju su korišteni certificirani referentni sojevi bakterija *Escherichia coli* ATCC 25922, *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 i *Salmonella typ-*

Tabela 1. – Kontrolna mjerna mjesta zaštićenih prirodnih područja Kantona Sarajevo

Oznaka lokaliteta	Zaštićeno područje	Naziv lokaliteta
S-1	Skakavac	Potok Jutica
S-2	Skakavac	Potok Skakavac
S-3	Skakavac	Sejinovački potok
VB-1	Vrelo Bosne	Izvor rijeke Bosne
VB-2	Vrelo Bosne	Vodotok nizvodno od restorana
VB-3	Vrelo Bosne	Središnji tok rijeke Bosne
B-1	Bijambare	Potok Brodić
B-2	Bijambare	Potok Studenac
B-3	Bijambare	Potok Banjevac
T-1	Trebević	Potok Mali Studenac
T-2	Trebević	Lokalitet Brus
T-3	Trebević	Bistrički potok



Slika 1. - Lokaliteti - Spomenik prirode Skakavac, 1 – potok Jutica, 2 – potok Skakavac, 3 – Sejinovački potok

himurium ATCC 14028. Hranjive podloge korištene za izolaciju i identifikaciju bakterija su: Hranjivi agar, Modifikovani Tergitol 7 Agar Baza, Slanetz Bartley agar + TTC, Tryptophan Bujon (TB), Tryptic Soy Agar (TSA), Tryptic Soy Broth (TSB), Bile Esculin Azide Agar (B.A.A.A.), Puferirana peptonska voda, SS agar, XLD agar, Rappaport Vassiliadis Soy Broth (RVS Bujon), Muller Kauffmann Tetrathionat Broth (MKTT Bujon), Taylor Lysin Decarboxylase Broth (TLDB), Urea agar, Trostruki šećer sa željezom (TSI). Podloge su proizvođača Himedia, Liofilchem i Biolife. Za oksidaza test korištene su *oksidaza test trakice* proizvođača Liofilchem. Test produkcije indola je rađen upotrebom Kovačevog reagensa (Liofilchem).

METODE

Priprema hranjivih podloga je vršena prema recepturi podloge. Koristile su se podloge certificiranih proizvođača. Uzimanje uzoraka vode izvođeno, dopremanje vode do laboratorije, postupak oživljavanja bakterija iz liofilizirane kulture, pravljenje razrijeđenja uzorka, određivanje broja kolonija heterotrofnih bakterija, određivanje ukupnog broja koliformnih bakterija, ukupnog broj fekalnih koliformnih bakterija i dokazivanje *Escherichia coli*, determinacija ukupnog broja fekalnih enterokoka kao i njihovo dokazivanje, dokazivanje vrsta roda *Salmonella* vršeno je prema međunarodnim ISO standardiziranim metodama, koje su navedene u literaturi. Ocjena kvaliteta površinskih voda izvođena je prema Uredbi o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka, Službeni glasnik RS,

broj 02/1-020- /01 i Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda, Službeni list Crne Gore, broj 2/07.

REZULTATI I DISKUSIJA OPIS MJESTA UZORKOVANJA

Spomenik prirode Skakavac. Područje vodopada *Skakavac* se nalazi u istočnom dijelu Centralne Bosne (Zakon o proglašenju šireg područja vodopada *Skakavac* spomenikom prirode, 2003). Na području Spomenika prirode *Skakavac*, analizirani su uzorci vode sa sljedećih lokaliteta: Lokalitet S-1 - smješten je na jugo-zapadnom dijelu zaštićenog područja. Lokalitet S-2 - potok *Skakavac* koji čini glavni izvor vode za vodopad *Skakavac*. Lokalitet S-3 - *Sejinovački* potok se nalazi na istočnom dijelu zaštićenog područja (slika 1.).

Spomenik prirode Vrelo Bosne. Spomenik prirode nalazi se na području općine *Ilidža* i obuhvata površinu od 603 ha (Zakon o proglašenju Spomenika prirode "Vrelo Bosne", 2006). Na području Spomenika prirode *Vrelo Bosne*, analizirani su uzorci vode sa sljedećih lokaliteta: VB-1 - predstavlja samo izvorište rijeke *Bosne*. To je prostor na kome se nalazi glavno izvorište pitke vode "Bačevo" za grad *Sarajevo*. VB-2 - je lokalitet koji čini jedan od bifurkacija izvora rijeke *Bosne*, a nalazi se nizvodno od ugostiteljskog objekta. VB-3 je rijeka *Bosna*, koja je već formirana kao vodotok, a formirali su je manja izvorišta i manji vodotoci (slika 2.).



Slika 2. - Lokaliteti - Spomenik prirode Vrelo Bosne, 1 – izvor rijeke *Bosne*, 2 – Vodotok nizvodno od restorana, 3 – središnji tok rijeke *Bosne*











Slika 3. - Lokaliteti - Zaštićeni pejzaž Bijambare, 1 – potok Brodić, 2 – potok Studenac, 3 – potok Banjevac

Zaštićeni pejzaž Bijambare. Područje *Bijambara* smješteno je na Nišićkoj visoravni (Zakon o proglašenju Zaštićenog pejzaža "Bijambare, 2003). U Zaštićenom pejzažu Bijambare uzorkovane su vode sa sljedećih lokaliteta: B-1 - potok Brodić koji se nalazi na sjevero-zapadnom dijelu zaštićenog područja. B-2 - potok Studenac predstavlja potok koji sa potokom Brodić formira zajednički vodotok. B-3 - potok Banjevac je vodotok koji se nalazi u centralnom dijelu zaštićenog područja, koji u jednom dijelu formira prirodno manje jezero koje u ljetnoj sezoni presuši i formira se na njegovom mjestu higrofilna livada (slika 3).

Zaštićeni pejzaž Trebević je dobro prirodnih vrijednosti koje se nalazi na području Općine Stari Grad Sarajevo (Zakon o proglašenju zaštićenog pejzaža „Trebević“, 2014). Uzorkovana je voda sa sljedećih lokaliteta: T-1 - potok Mali Studenac izvire na Tabačkoj ravni i slijeva se niz padine Trebevića prema Bistričkom. T-2 - lokalitet Brus predstavlja vodotok (potok) koji protiče pored poznatog izletišta Brus u okviru zaštićenog područja. T-3 - Bistrički potok se prožima južnim dijelovima zaštićenog područja na kome se javljaju brojna izvorišta koja čine mrežu potoka koji na prostoru Ravni čine Bistrički potok (slika 4).

MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE

Ukupan broj aerobnih heterotrofa (organotrofa) na 22 °C

Ukupan broj heterotrofnih bakterija se kretao od 13 bakterija u 1 ml uzorka na području Vrela Bosne (VB-1, VB-2) u zimskoj sezoni do 656 kolonija u 1 ml na kontrolnom mjestu potok Studenac u ljetnoj sezoni. Bitno je istaći da se u većini slučajeva komparacije broja heterotrofa u ispitivanim uzorcima, u ljetnoj sezoni povećavao u odnosu na zimsku sezonu. Na osnovu Uredbe o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001), može se konstatovati da svi ispitivani vodotoci prema mikrobiološkom parametru ukupan broj heterotrofa na 22 °C pripadaju vodama I klase.

Ukupan broj koliformnih bakterija

Nalaz koliformnih bakterija u vodi indicira prisustvo potencijalno patogenih vrsta bakterija. Koliformne bakterije su gram-negativni bacili koji fermentiraju laktozu uz produkciju kiseline i gasa (Medema i sar., 2003). Koliformne bakterije čine vrste iz rodova

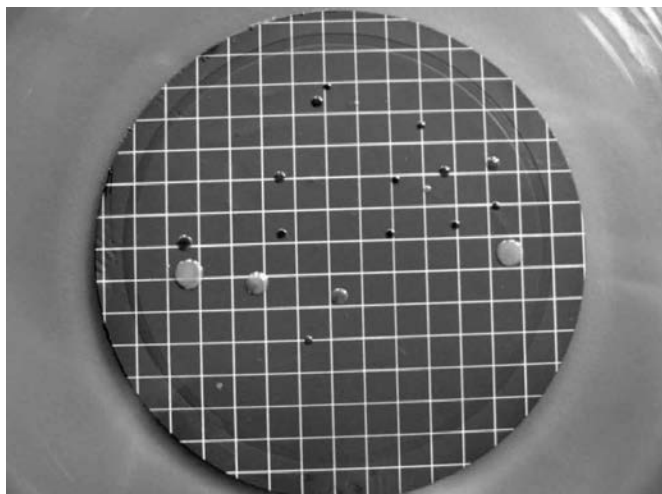


Slika 4. - Lokaliteti - Zaštićeni pejzaž Trebević, 1 – potok Mali Studenac, 2 – lokalitet Brus, 3 – Bistrički potok

Escherichia, *Klebseilla*, *Enterobacter* i *Citrobacter* (Cabral, 2010). Ukupan broj koliformnih bakterija se kretao od 2 cfu/100 ml na izvoru rijeke Bosne u zimskom periodu, do 1170 cfu/100 ml na lokalitetu VB-3 u ljetnom periodu. Broj koliformnih bakterija je bio veći u ljetnoj sezoni. Vode sa ispitivanih lokaliteta prema ovom parametru pripadaju uglavnom vodama II klase. U pojedinim razdobljima u godini, na nekim lokalitetima vodotoci pripadaju I klasi voda. Bitno je istaći da niti na jednom lokalitetu vode ne pripadaju III, IV ili V klasi.

Ukupan broj koliformnih bakterija fekalnog porijekla (termotolerantni koliformi)

Koliformi koji fermentiraju laktozu na 44-45 °C su termotolerantni koliformi. U većini voda, rod koji dominira je *Escherichia*. *Escherichia coli* za razliku od koliforma je indol pozitivna (WHO, 2011). Kao pozitivna kontrola na Tergitol agar zasijavan je referentni soj *Escherichia coli* ATCC 25922. Ukupan broj termotolerantnih koliforma na ispitivanim lokalitetima se kretao od 0 cfu jedinica na lokalitetima S-1, S-2, B-1 u zimskom periodu, pa do 425 cfu/100 ml uzorka na lokalitetu B-2 u ljetnom aspektu (slika 5.). U zimskoj sezoni, na većem broju vodotoka, vode su pripadale I klasi voda, dok su vodotoci na ostalim područjima pripadali vodama II klase, što je vrlo zadovoljavajuće stanje površinskih voda.



Slika 5. – Koliformne bakterije porasle na Tergitol agaru

Dokazivanje prisustva bakterije *Escherichia coli* u uzorcima vode

Escherichia coli je značajan indikator u biomonitoringu voda. Dokazivanje *E. coli* vršeno je pomoću oksidaza i indol test. *E. coli* je indol pozitivna, a oksidaza negativna (ISO 9308-1:2003). Na svim lokalitetima u zimskoj i ljetnoj sezoni na područjima Vrelo Bosne i Bijambara dokazana je *Escherichia coli*. Na Zaštićenom pejzažu Trebević, *E. coli* je dokazana samo na lokalitetu Mali Studenac u zimskoj sezoni. Na po-

dručju Spomenika prirode Skakavac, samo u ljetnom aspektu je na sva tri ispitivana lokaliteta dokazana *E. coli*, čije prisustvo ukazuje na svježije fekalno zagađenje vodotoka. Nalaz *E. coli* zaštićenim prirodnim područjima predstavlja upozoravajući signal, koji ukazuje na izvore kontaminacije, koji bi svakako trebali biti sanirani.

Ukupan broj fekalnih enterokoka

Crijevne enterokoke su podgrupa fekalnih streptokoka, koje obuhvata vrste roda *Streptococcus* (WHO, 2011). Njihov nalaz u vodi indicira na fekalno zagađenje, te se fekalne enterokoke mnogo duže se zadržavaju u vodi i sedimentu od koliformnih bakterija (WHO, 2001). Broj fekalnih enterokoka na ispitivanim lokalitetima kretao se od 0 kolonija (S-1, S-2, S-3, T-2) u zimskom periodu, do 162 cfu/100 ml u potoku Banjevac Bijambarama. Prema Uredbi o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka može se konstatovati da uglavnom vode prema ovom parametru pripadaju u zimskom periodu I klasi. Na pojedinim područjima u ljetnom aspektu vode su također I klase. Potok Jutica, Brodić, Studenac, Banjevac, Mali Studenac, središnji tok rijeke Bosne i lokalitet Brus su II klase kvaliteta.

Dokazivanje fekalnih enterokoka

Kao pozitivna kontrola na Slanetz Bartley agar zasijavan je referentni soj *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 (slika 6.). Porasle crvene ili tamno crvene, do smeđe crvene kolonije na Slanetz Bartley agaru se dokazuju prema ISO 7899-2:2003. Korištenjem B.A.A.A. podloge, na svim istraživanim lokalitetima zaštićenih područja na kojima je evidentiran porast bakterija na Slanetz Bartley agar podlozi, dokazane su fekalne enterokoke, mjenjanjem boje podloge u crnu.



Slika 6. - *Enterococcus faecalis* ATCC 19433 na Slanetz Bartley agaru

Ispitivanje prisustva vrsta roda *Salmonella*

Salmonella spp. pripada porodici Enterobacteriaceae. To su pokretni, gram-negativni bacili, koji ne fermentiraju laktozu, ali većina proizvodi sumporovodonik ili plin iz ugljikohidrata, procesom fermentacije (WHO, 2011). Prenos patogenih vrsta roda *Salmonella*

Tabela 2. - Srednja vrijednost ispitivanih mikrobioloških parametara kvaliteta voda Zaštićenih prirodnih područja Kantona Sarajevo za period januar 2015. septembar 2015.g. "nastavak tabele"

Redni broj	Naziv lokaliteta	POKAZATELJI KVALITETA VODE				
		Aerobni heterotrofi na 22°C (cfu/ml)	Koliformne bakterije na 37 °C (cfu/100 ml)	Fekalni koliformi na 44 °C (cfu/100 ml)	Fekalni enterokoki (cfu/100 ml)	<i>Salmonella spp.</i>
1.	Skakavac Potok Jutica	364	47	65	124	0
2.	Skakavac Potok Skakavac	48	36	2	5	0
3.	Skakavac Sejinovački potok	28	34	11	4	0
4.	Vrelo Bosne Izvor rijeke Bosne	21	11	11	6	0
5.	Vrelo Bosne Vodotok nizvodno od restorana	172	32	32	11	0
6.	Vrelo Bosne Središnji tok rijeke Bosne	158	635	158	42	0
7.	Bijambare Potok Brodić	252	245	120	81	0
8.	Bijambare Potok Studenac	369	332	425	74	0
9.	Bijambare Potok Banjevac	506	104	114	136	0
10.	Trebević Potok Mali Studenac	86	149	189	40	0
11.	Trebević Lokalitet Brus	91	24	13	5	0
12.	Trebević Bistrički potok	47	192	96	68	0

lla putem vode, najčešće uključuje *S. typhimurium*, koja je povezana s potrošnjom vode iz kontaminiranih podzemnih i površinskih opskrba vodom (WHO, 2011). Uredba o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001) ne sadrži mikrobiološki parametar *Salmonella* u vodi, na osnovu kojeg se može vršiti procjena kvaliteta površinskih voda. Prema Direktivi 75/440/EEC (1975), te Uredbi o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda (Službeni list Crne Gore, broj 2/07 od 29. oktobara 2007) pri procjeni kvaliteta površinskih voda vrši se analiza prisustva vrsta roda *Salmonella*. U radu je ispitivano prisustvo *Salmonella spp.* u ljetnom aspektu 5000 ml vode.

U analiziranim uzorcima vode sa istraživanih lokaliteta zaštićenih područja Kantona Sarajevo, niti na jednom vodotoku nisu izolovane kulturelnim i biohemijским metodama vrste roda *Salmonella*. Na osnovu ovog parametra, ispitivani vodotoci pripadaju I klasi kvaliteta voda. Kao pozitivna kontrola na SS i XLD agar zasijavan je referentni soj *Salmonella typhimurium* ATCC 14028.

ZAKLJUČAK

- Prisustvo indikatora fekalnog zagađenja indicira antropogeni i animalni uticaj na vode zaštićenih prirodnih područja, te ukazuje na svježiu fekalnu kontaminaciju istih.
- Potok Skakavac, Sejinovački potok, izvor rijeke Bosne i vodotok na lokalitetu Brus (Trebe-

vić) prema svim mikrobiološkim parametrima zadovoljavaju elemente I klase voda, koja se u svom prirodnom stanju ili poslije dezinfekcije može koristiti za piće.

- Na svim lokalitetima u zimskoj i ljetnoj sezoni dokazana je *Escherichia coli* na području Vrela Bosne i Bijambara, u zimskoj sezoni na Trebeviću u potoku Mali Studenac, dok je u ljetnom aspektu nađena na svim lokalitetima područja Skakavac.
- U analiziranim uzorcima vode nije utvrđeno prisustvo vrsta roda *Salmonella*.
- Prema Pravilniku o prirodnim mineralnim i prirodnim izvorskim vodama (Službeni glasnik BiH br. 26/10 Član 19 i 20), uzorak vode koji odgovara standardima za pitku vodu jeste jedino sa lokaliteta potok Skakavac.
- Mikrobiološki status površinskih voda zaštićenih prirodnih područja Kantona Sarajevo je zadovoljavajući, ali treba težiti ka I klasi kvaliteta vode tokom cijele godine.
- Kako bi se zaštitilo zdravlje ljudi, te osigurala bezbjedna budućnost novih naraštaja, misija kako svakog pojedinca, tako i državnih institucija treba biti zaštita vodnih resursa, koje su prirodno bogatstvo naše zemlje od kojeg svi imaju višestruke koristi.

LITERATURA

Bridle H. (2014): *Waterborne pathogens detection methods and applications*. Academic Press is an imprint of Elsevier, UK.

Cabral J. P., Marques C. (2006): Faecal Coliform Bacteria in Febros river (Northwest Portugal): Temporal Variation, Correlation with Water Parameters, and Species Identification. *Environ. Monit. Assess.*, Vol. 118, pp. 21–36.

COUNCIL DIRECTIVE (1975) - concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States (75/440/EEC) *Official Journal of the European Communities*.

ISO 5667-2 (1991): *Water quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques*.

ISO 19458 (2006): *Water quality – Sampling for microbiological analysis*.

ISO 5667-3 (2003): *Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples*.

ISO 11133-1 (2000): *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Guidelines on preparation and production of culture media*.

ISO 11133-2 (2003): *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Practical guidelines on performance testing of culture media*.

ISO 8199 (2005): *Water quality – General guidance on the enumeration of micro-organisms by culture*.

ISO 6222 (1999): *Water quality – Enumeration of culturable micro-organisms – Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium*.

ISO 7899-2 (2003): *Water quality – Membrane filtration method – Part 2: Detection and enumeration of intestinal enterococci*

ISO 9308-1 (2003): *Water quality – Membrane filtration method - Part 1: Detection and enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria*

ISO 15187 (2002): *Water quality – Detection of Salmonella species*

Medema G.J, Shaw S., Waite M., Snozzi M., Morreau A., Grabow W. (2003): Catchment characteristics and source water quality. U: *Assessing Microbial Safety of Drinking Water, Improving Approaches and Method*, WHO & OECD. IWA Publishing: London, pp. 111–158.

Smruti S., Sanjeeda I. (2012): Microbiological analysis of surface water in Indore, India. *Research Journal of Recent Sciences*, Vol. 1, pp. 323-325.

Uredba o klasifikaciji voda i kategorizaciji vodotoka (2001): Službeni glasnik Republike Srpske, broj 02/1-020- /01.

Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda („Službeni list Crne Gore”, br. 2/07 od 29. oktobra 2007)

Zakon o proglašenju Spomenika prirode „Vrelo Bosne“ – prečišćeni tekst (2006): Službene novine Kantona Sarajevo, 6/10.

Zakon o proglašenju šireg područja vodopada „Skakavac“ spomenikom prirode (2003): Službene novine Kantona Sarajevo, 11/10.

Zakon o proglašenju zaštićenog pejzaža „Trebević“ (2014): Službene novine Kantona Sarajevo, 9/15.

Zakon o proglašenju Zaštićenog pejzaža “Bijambare“ – prečišćeni tekst (2003): Službene novine Kantona Sarajevo, 6/10.

WHO (World Health Organization) (2001): *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. Urednik: Fewtrell L. i Bartram J. IWA Publishing, London. ISBN: 1 900222 28 0.

WHO (World Health Organization) (2011): *Guidelines for Drinking-water Quality - fourth edition*. WHO Press, Geneva. ISBN 978 92 4 154815.

Yau J.T.S. (2003): Chemical and microbiological qualities of The East River (Dongjiang) water, with particular reference to drinking water supply in Hong Kong. *International Journal of Microbiology*, Vol. 52, No. 9, pp. 1441–1450.

TERMIČKI TRETMAN MULJA SA POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

UVOD

Muljevi koji nastaju na postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda (PPOV), zavisno da li se radi o PPOV iz komunalne infrastrukture ili se radi o industrijskim vodama, vrlo su opterećeni različitim elementima prema kojima se strateški treba predvidjeti tretman otpadnih voda.

Obrada/zbrinjavanje mulja je neodvojiv element pročišćavanja otpadnih voda, te iz tog razloga troškovi obrade i zbrinjavanja mulja su inherentni trošak pročišćavanja otpadnih voda.

Izbor postupka obrade/zbrinjavanja mulja ovisi prvenstveno o njegovim karakteristikama, odnosno od količine kao i od koncentracija suspenzovanih čestica i nezanemarivih toksičnih jedinjenja.

Dosadašnja praksa u Bosni i Hercegovini po pitanju tretmana mulja odnosila se na zbrinjavanje odlaganjem. Međutim EU zakonodavstvo donjelo je odluku da sa početkom 2017. godine počinje zabrana odlaganja mulja. S tim u vezi mulj mora biti promatran kao obnovljivi resurs koji treba iskoristiti u cilju postizanja održivog razvoja, odnosno u smislu cirkularne ekonomije, koja nudi mogućnost obnove ekonomije kroz održivost i kurentnost.

Dosadašnja rješenja odlaganja mulja morala su predviđati i obradu prije odlaganja što je u biti apsurd postupanja sa otpadnim muljem, jer na taj način trošak se povećava, količine se povećavaju, mulj ne biva iskorišten, i dalje ostaje u okolišu, a zbog pasivizacije gubi značajnu energetska vrijednost. Dosa-

dašnji zastarjeli način sušenja mulja na otvorenom podrazumijeva širenje neugodnog mirisa, smrada u okruženje, potencijalna mogućnost kontaminacije zraka, vode, tla pa u konačnici i hrane. Prirodni uslovi dodatno doprinose emisijama, na način npr. vjetar utiče na širenje neugodnih mirisa, izloženost suncu dodatno pojačava intenzitet neugodnih mirisa (isparavanje), dok kiša i snijeg utiču na smanjenje SM (suhe materije), utiču na dodatno procjeđivanje i ponovnu aktivaciju stabilizirane materije.

Najčešće odabran način predobrade je stabilizacija krečom. pH vrijednost koristeći kreč kod mulja se povećava na 12, a zbog visoke vrijednosti pH ustvari se sprječava opstanak mikroorganizama, na taj način se isključuje truljenje i širenje neugodnih mirisa.

Međutim upitan je hemijski sastav mulja, te se treba skrenuti pozornost na vrijednosti teških metala i TOC (ukupni organski ugljik), zbog kontaminacije tla prilikom odlaganja.

Osim toga kad se pH vrijednost normalizuje proces truljenja će se opet nastaviti, što podrazumijeva ponovno dodavanje kreča i novi trošak.

Ukoliko se dodaje negašeni kreč razvija se toplota koja vrši pasivizaciju mulja, a ukoliko se dodaje gašeni kreč onda on reaguje sa ugljen dioksidom stvarajući karbonat, što utiče na čvrstoću mulja. Količine kreča neophodne za dodavanje prikazane su u tabeli 1 (Izvor: *Druge metode stabilizacije muljeva i obzvodnjavanje*, Radivoje Tomić, 2014. godina).

Za korektno postupanje sa muljem EU regulativa to uređuje propisima kao što su: Direktiva o zaštiti

Tabela 1. Doze kreča za stabilizaciju mulja

DOZE KREČA ZA STABILIZACIJU MULJA				
VRSTA MULJA	SUHA MATERIJA MULJA (%)		DOZA KREČA (kgCa(OH ₂)/kgSM)	
	OPSEG	PROSJEČNO	OPSEG	PROSJEČNO
Primarni	3-6	4,3	120-340	240
Višak aktivnog	1-1,5	1,3	420-860	600
Aerobnostabilizovan	6-7	6,5	280-500	380
Mulj iz septičkih jama	1-4,5	2,7	180-1020	400

okoliša, posebno tla, kod upotrebe mulja iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u poljoprivredi (86/278/EEC) dopunjena Direktivom 91/692/EEC, Direktiva o otpadu (2006/12/EC), DIREKTIVA o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva (2008/98/EC), Direktiva o odlagalištima otpada (1999/31/EC, dopunjena Pravilnikom (EC) 1882/2003), Direktiva o opasnom otpadu (91/689/EEC) s dodacima 94/31/EC, 166/2006, Direktiva o spaljivanju otpada (2000/76/EC), Direktiva o pročišćavanju otpadnih komunalnih voda (91/271/EEC), osim toga postoje i DWA tehničke smjernice za korektno i efikasno iskorištenje mulja: DWA – M 379/2004 Dehidracija mulja, DWA – M 386/2011 Termički tretman mulja – monospaljivanje, DWA – M 387/2012 Termički tretman kanalizacionog mulja – spaljivanje u termoelektranama, DWA – M 387E/2014 Termički tretman u elektranama – ko-spaljivanjem.

TERMIČKI TRETMAN MULJA

Termički tretman mulja postaje sve atraktivnija metoda načina zbrinjavanja otpada pa i kada je u pitanju mulj. Korektan i efektan odabir tehnologije treba da zadovolji aspekte kao što su ekološki, zdravstveni, veterinarski, sanitarni, energetski i ekonomski.

Od termičkih tretmana poznato je da se primjenjuje:

1. Termički tretman sušenjem
2. Termički tretman redukcijom organskih materija

Kada je u pitanju termički tretman sušenjem, govorimo o dehidraciji, te je vrlo bitno razlikovati temperature na kojima se vrši sušenje, odnosno dehidracija, vremenski period sušenja/dehidracije, otvoreni ili zatvoreni tehnološki postupak, a u biti sve ovisi od količine suhe materije i/ili postotka vlage.

Dehidracijom se postiže uklanjanje vlage iz mulja do odgovarajućih granica, pri čemu se smanjuje uku-

pna masa mulja, uz uništavanje i patogenih mikroorganizama i nosioca neugodnih mirisa, ali uz zadržavanje svojstva mulja kao đubriva/fertilizatora.

Međutim vrlo je bitno planski koristiti nastali fertilizator i preporuka je za korištenje u hortikulturi ili za kultivisanje saniranih područja.

Kad govorimo o termičkom tretmanu redukcijom organskih materija onda se govori o više načina, npr:

- Incineracija
- Oksidacija vlažnim vazduhom
- Gasifikacija
- Piroliza

Termičkim tretmanom se dobiva praktično sterilisan i dezodorisan mulj, jer se izaziva koagulacija, smanjenje hidrostatičnosti suspendovanih čestica, denaturacija bjelancevine kao i uništavanje mikroflore.

Kod procesa termičkog tretmana redukcijom vrlo je bitno praćenje emisija polutanata, zbog graničnih vrijednosti propisanih zakonskim okvirom osobito kod procesa incineracije.

Kontrola efikasnosti procesa postiže se kontrolom vitalnih parametara kao što je temperatura, količina vazduha, vrijeme retencije, kalorična vrijednost mulja, a sve u cilju funkcionalnosti termičkog procesa.

NOVA KNOW HOW TEHNOLOGIJA

Analizirajući nova tehničko – tehnološka dostignuća jasno je podjeljeno korištenje/zbrinjavanje mulja. Jednostavna podjela može se prikazati kroz upotrebu finalnog produkta:

1. Upotreba mulja u poljoprivredne svrhe, odnosno za slične namjene kao što je hortikultura, šumarstvo ...

2. Upotreba mulja kao energenta

Dio koji se odnosio na odlaganje na kontrolisana odlagališta za mulj, lagune i sl. pa i na nekontrolisana odlagališta, definitivno više nije i ne bi trebao biti aktuelan, nego bi trebao biti promatran kao zastarjelo rješenje, koje će od 2017. godine biti i pravno isključeno na osnovu zakonske regulative.

Kada je u pitanju upotreba mulja u poljoprivredne svrhe preporuka je da se mulj tretira na način da se zadovolje određeni parametri kao što su:

- sadržaj teških metala u mulju i poljoprivrednom tlu na kojem se koristi,
- sadržaj organskih tvari u mulju,
- sadržaj patogenih mikroorganizama,
- vrste tla i namjena,
- količinu suhe tvari mulja koja se smije u jednoj godini aplicirati na poljoprivredno tlo.

Vrlo bitno je mulj termički tretirati na način da proces bude brz, a efektan, i da se zadrže hranjivi i obogaćujući elementi, jer za prihranjivanje biljaka bitna su tri elementa a to su dušik, fosfor i kalij. Mulj sadrži i druge tvari potrebne za rast bilja kao što su mikrohraniva, a to su željezo, mangan, cink, bakar, bor....

Neke od prednosti upotrebe mulja kao fertilizatora su:

- rješavanje problema efektnog zbrinjavanja/iskorištavanja mulja
- smanjenje korištenja i troškova proizvodnje umjetnih fertilizatora

- poboljšana plodnost i struktura tla
- održavanje optimalne vlažnosti, poboljšanje propusnosti
- obogaćivanje organskim tvarima
- smanjenje mogućnosti erozije
- mogućnost peletiranja i lakše manipulacije i bolje sanitacije.

Proces korištenja mulja kao energenta moguć je procesom incineracije, uz ko – incineraciju radi sigurnosti efikasnog rada i funkcionalnosti tretmana.

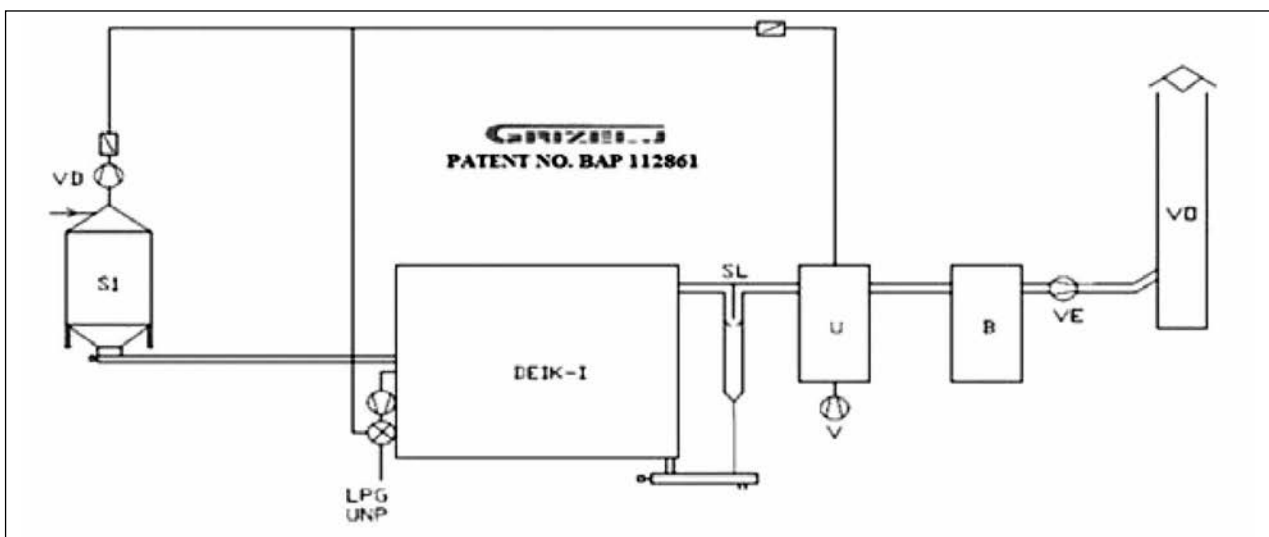
Postupak termičke obrade incineracijom mulja odvija se na temperaturama > 860 °C, a ko – incineracija pri temperaturama > 1100 °C uz obaveznu retenciju od minimalno 2 sekunde.

Kada je u pitanju donja/gornja toplinska moć dehidriranog mulja postojeći rezultati pokazuju da se radi o 12,5 – 14,5 KJ/kg.

Nedavno je predstavljeno i aktuelno domaće tehničko – tehnološko rješenje, patentno zaštićeno pod brojem BAP 112861, kao Know How tehnologija firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo.

Rješenje se odnosi na termički tretman mulja procesom dehidracije, nadograđen procesom incineracije sa ko-incineracijom. Rješenje je predstavljeno na šemi 1.

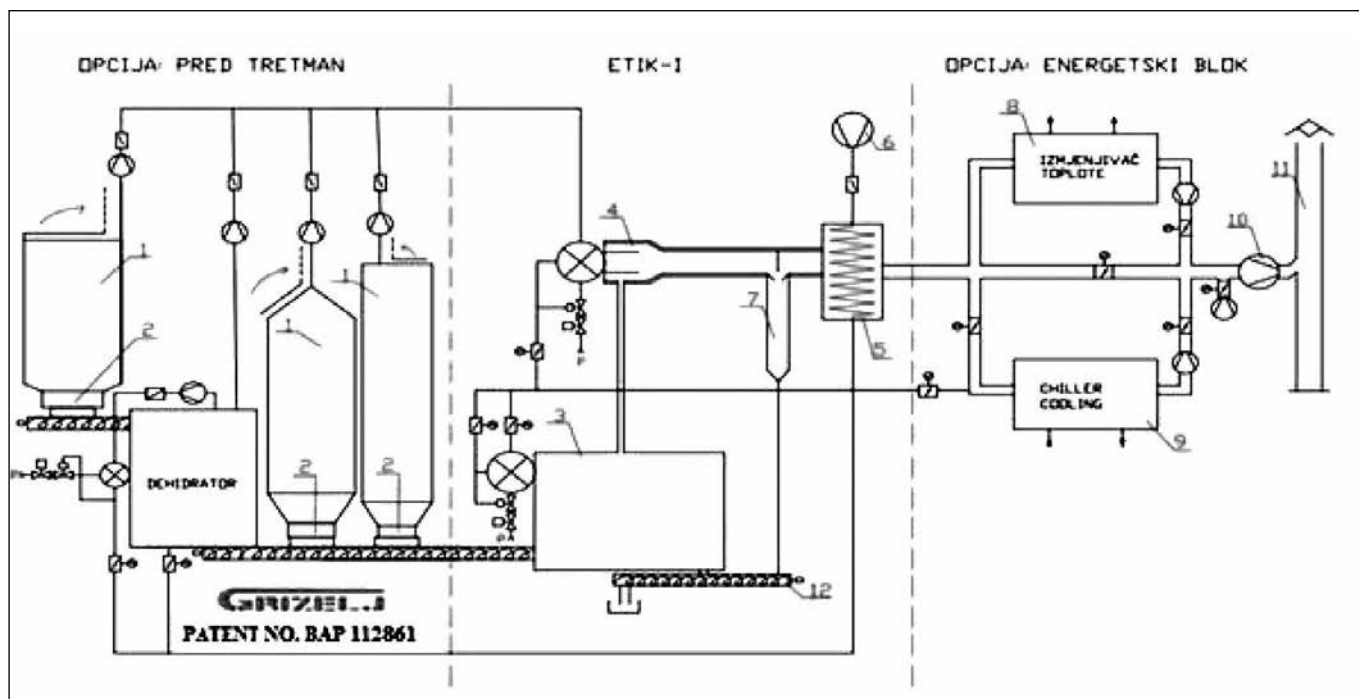
Koncept rada ovog postrojenja odnosi se na sljedeće faze:



Legenda:

S1 – prihvatni silos, DEIK-I – Dehidrator Ekstraktor Incinerator Ko-Incinerator, B – bojler, VO – ventilacioni otvor, VE – ventilator ekshaustor, VD – ventilator digestora, V – ventilator, U – utilizator, SL – separator lebdećih čestica

Šema 1. Postrojenje za termički tretman mulja



Koncept je prikazan na šemi 2.

Legenda:

1 – silosi za otpad, 2 – mlin, 3 – incinerator, 4 – ko – incinerator, 5 – utilizator, 6 – ventilator svježeg vazduha, 7 – separator za lebdeće čestice, 8 – izmjenjivač toplote, 9 – chiler colling, 10 – ekshaustor, 11 – ventilacioni odvod, 12 – odšljakivač

Šema 2. Postrojenje za termički tretman mulja i drugih kompatibilnih vrsta otpada

- Priprema (izdvajanje i skupljanje u silos)
- Mljevenje (homogenizacija i usitnjavanje materije)
- Transport (pužnim transporterima usitnjena frakcija se transportira do mjesta termičke obrade)
- Dehidracija (smanjenje vlage na cca 15 %, izdvajanje bioplina)
- Incineracija i ko-incineracija (smanjenje volumena primarne materije za 95 %, inertizacija, termovalorizacija)
- Izdvajanje pepela (korištenje kao repromaterijala)

Tehnološki proces u postrojenju za termički tretman mulja, uz primjenu **AVE-Tech** (autorizirane virtualne eko – tehnologije), odvija se u dva modula i u dvije faze:

1. Prva faza odvija se u postrojenju za dehidraciju mulja **PDM...** na temperaturi od 150 °C, na 12% do 15% vlage gdje se uplinjavanjem (gasifier) izdvaja zaostao smrad, bioplin i vodena para koju turbo postupkom koristimo kao eko energent u procesu dehidracije, čime se reducira utrošak energenta a time i reducira emisija. Procesom de-

hidracije procijednog mulja svježa frakcija mulja smanjuje se masa za 60 % – 75 %.

2. Druga faza odvija se u postrojenju eko tretman incineracija i ko-incineracija **ETIK-I...** na temperaturi od 1000 °C gdje se vrši incineracija dehidrirane frakcije, dimni plinovi se odvođe u reaktor na ko-incineraciju na temperaturu do 1250 °C uz retenciju od 2 sek. i kao produkt je energija i emisija polutanata bez boje, okusa i mirisa. Procesom incineracije volumen dehidrirane frakcije smanjuje se do 95 %.

Detalj koji je vrlo zanimljiv kod ove Know How tehnologije je mogućnost tretmana tri različite, ali kompatibilne vrste otpada u jednom postrojenju u različitim režimima rada.

Navedeno rješenje planirano je u cilju korištenja mulja kao energenta za proizvodnju toplotne, rashladne i električne energije.

Finalni produkt koji nastaje u procesu incineracije i ko – incineracije je pepeo koji opet nije otpadna materija, nego se može planirati korištenje u npr. betonskoj industriji, opekarskoj industriji, tokom izgradnje autocesta, građevinska galanterija općenito i kao nasipni materijal u sanaciji odlagališta.



Detalj sa postrojenja za tretman komunalnih otpadnih voda u Živinicama

ZAKLJUČAK

Muljevi iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (PPOV) nosioci su različitih zagađujućih materija koja se dalje prenose na okolinu, ukoliko mulj ne bude adekvatno zbrinut.

PPOV nije potpun ukoliko uz njega nije projektnim rješenjem rješen i tretman zbrinjavanja/iskorištavanja mulja.

Zakonska regulativa ukazuje na mogućnosti korektnog zbrinjavanja mulja kroz proces iskorištenja bez negativnih uticaja na vodu, zrak, tlo ili hranu u konačnici. Postojeći tehnički propisi za tretman mulja, zdravstveno su optimalni.

Današnje tehnologije omogućavaju dehidraciju i peletiranje mulja na način da budu očuvani makro i mikro elementi, te ga je pogodno kontrolisano koristiti za potrebe hortikulture.

Osim toga također prihvatljiva tehnologija i za incineraciju i ko – incineraciju mulja, u cilju korištenja mulja kao energenta za proizvodnju toplotne, rashladne ili električne energije, a osim toga finalnu frakciju – pepeo moguće je koristiti u građevinskoj galanetriji.

LITERATURA

- Tehničko – tehnološka dokumentacija firme GRIZELJ d.o.o. Sarajevo (2013 – 2015)
- Tehničko – tehnološka dokumentacija firme ITG d.o.o. Sarajevo (2013 – 2015)
- Vouk, D., Malus, D., Tedeschi, S. (2011). Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, GRAĐEVINAR, 63 (4)
- Tomić R., (2014), Druge metode stabilizacije muljeva i obezvodnjavanje, WaterWorkshop 2014, Novi Sad
- Karlović E., (2010), Muljevi od prečišćavanja otpadnih komunalnih voda – legislative, korišćenje i tretman muljeva, WaterWorkshop 2010, Novi Sad
- Ivanković M., (2012), Odvodnjavanje i sušenje mulja dobijenog preradom otpadnih voda, Tehnologijada, Lepenski vir
- Vouk, D., Malus, D., Tedeschi, S., (2012). Problematika Dispozicije Mulja s Uređaja za Pročišćavanje Otpadnih Voda. Gospodarenje otpadom Varaždin 2012., Varaždin
- Weisbuch, B., Seyfried, C.F., (1997). Utilization of sewage sludge ashes in the brick and tile industry. Water. Sci. Technol. 36 (11)
- Jamshidi, A., Mehrdadi, N., Jamshidi, M., (2011). Application of sewage dry sludge as fine aggregate in concrete. J. Envir. Stud. 37 (59)

PODVODNO SNIMANJE PLIVSKOG JEZERA

UVOD

Zagonetnost rijeka i mora i njihovog podvodnog svijeta oduvijek je fascinirala čovjeka. Postalo je sasvim normalno i uobičajeno gledati fotografije snimljene u morskim dubinama. Vidjeli smo bezbroj filmova o podmorju, pa su nam, zahvaljujući tome, morske ribe, mekušci, morske biljke i život pod morem postali jako bliski, gotovo kao i život na kopnu.

Imaju li rijeke i jezera kao more zanimljiv svijet u svojoj vodi?

Odgovor na ovo pitanje pokušaćemo dati u nastavku teksta.

Pojačana urbanizacija, odnosno antropogeni uticaj, te promjena klime u velikoj mjeri prijeti opstanku osjetljivih ekosistema kao što su jezera/akumulacije.

Kvalitativno-kvantitativni sastav živih zajednica u ovom tipu ekosistema nije stalan i mijenja se tokom cijele godine. U pojedinim zonama jezerske vode, litoralalu, sublitoralalu i limnetičkoj zoni, vladaju heterogeni ekološki uslovi, pa se u svakoj zoni razvijaju specifične zajednice, prilagođene na uslove koji u njoj vladaju.

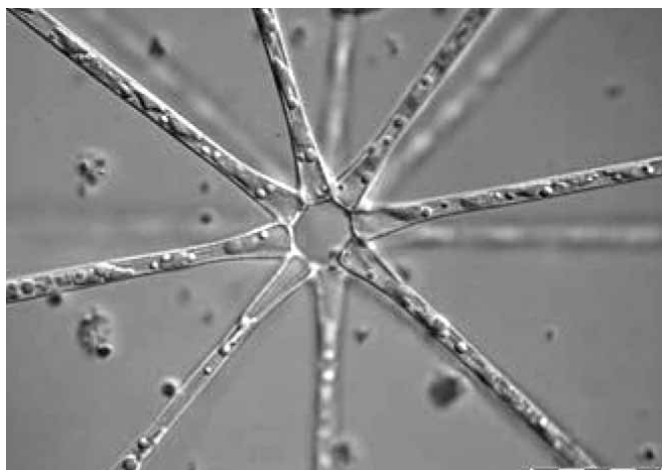
Sveobuhvatna slika jezerske zonacije i stratifikacije nije moguća bez podvodnog snimanja i ronjenja. Kombinacija podvodne fotografije, videosnimanja i ronjenja daje mogućnost analize i izrade karata trofije jezera (na bazi biljnih zajednica); bilježenje dugoročnih prirodnih promjena dna; determinacije pojedinih biljnih i životinjskih vrsta koje žive na većim dubinama; uzimanje uzoraka biljnog i životinjskog svijeta sa većih dubina; snimanje stepena antropogenog djelovanja na jezerski ekosistem (otpad, smeće i sl.); analiza tzv. "podvodnih livada" s dominacijom makrofita kao što su vrste: *Chara sp.*, *Nitella sp.*, *Myriophyllum sp.* što čini jezero interesantnim i sa ovog aspekta. Osim toga, poznato je da se neke od makrofita jezera uzimaju kao dobar indikator procesa eutrofikacije.

Hidrosistem Plivskih jezera ima izuzetnu prirodnu, geološku i naučnu vrijednost, a interesantna su i značajna i sa aspekta opstanka sedrenih pragova.

Važnost Plivskog jezera se ogleda i u činjenici da se koristi za vodosnabdjevanje te je i sa tog aspekta neophodno njegovo praćenje i analiza stanja te adekvatna zaštita.



Slika 1. Plivsko jezero



Slika 2. *Asterionella formosa* *Planktosphaeria gelatinosa*

Sve nabrojane aktivnosti spadaju u domen monitoringa kvaliteta površinskih voda. Prema članu 156. Zakona o vodama FBiH ("Sl. novine FBiH", broj 70/06) jedan od zadataka Agencija za vode je i organizacija praćenja kvaliteta voda i praćenje ekološkog stanja površinskih voda.

Prema Zakonu o vodama FBiH vodotok Pliva je prepoznat kao vodotok I kategorije i upravljanje ovim vodotokom je u nadležnosti Agencije za vodno područje rijeke Save Sarajevo (AVP Sava).

Uzimajući u obzir značaj Plivskih jezera AVP Sava je u 2015. godini finansirala projekat pod nazivom "Podvodno snimanje Plivskih jezera". Projekat je realizovan u saradnji sa Ronilačkim klubom "Bosna" iz Sarajeva. Cilj ovog projekta je bio da se upotpune dosadašnja ispitivanja Plivskih jezera koja je vršila Agencija za vodno područje rijeke Save Sarajevo u okviru redovnog monitoring kvaliteta površinskih voda.

Fitoplankton, kao veoma bitan biološki element kvaliteta za jezera, je u više navrata bio istraživan na Plivskim jezerima od strane AVP Sava. Ispitivanja su vršena po vertikali, a broj uzoraka ovisio je od dubine eufotične zone. Ovaj biološki parametar kvaliteta dobar je pokazatelj stepena trofije odnosno intenziteta organske produkcije, kao i stepena eutrofikacije u jezerima/akumulacijama. Fitoplankton predstavljaju mikroskopski vidljivi autotrofni organizmi koji lebde u slobodnom stupcu vode. Značaj zajednice fitoplanktona ogleda se prvenstveno u tome, što su alge primarni producenti i čine osnovu lanaca ishrane u jezerima, i na taj način na račun njih, direktno ili indirektno, održava se čitav živi svijet u vodi.

Tokom dugogodišnjih istraživanja ovog hidrosistema utvrđeno je prisustvo velikog broja vrsta iz šest sistematskih skupina algi: modrozelenne alge (Cyanobacteria), euglene (Euglenophyta), zlatne alge (Chrysophyta), silikatne alge (Bacillariophyta), vatrene alge (Pyrrophyta), žutozelenne alge (Xanthophyta) vrsta, zelene alge (Chlorophyta). Vrste *Asterionella*

formosa, Hass., *Synedra acus*, Kutz. (Bacillariophyta), *Dinobryon divergens* Ihm. (Chrysophyta) i *Planktosphaeria gelatinosa* G.M. Smith (Chlorophyta) imale su apsolutnu količinsku dominaciju u svim periodima uzorkovanja (april, juni, juli, septembar) (slika 2). Analiza rezultata kvalitativnog sastava fitoplanktonske zajednice Plivskog jezera ukazuje na relativno velik biodiverzitet vrsta, koji je jedan od pokazatelja primarne produkcije jezera. Time se ovo jezero svrstava u mezotrofna (Wetzel, 1983).

Nisu utvrđene značajne razlike u sastavu fitoplanktona između različitih dubina na utvrđenoj lokaciji mjerenja. Razlike se odnose samo na vrste koje se javljaju pojedinačno dok su masovno zastupljene vrste prisutne na svim dubinama.

Što se tiče ihtofaune na istraživanim lokalitetima velikog Plivskog jezera, prethodnih godina, nađene su jedinke potočne pastrmke (*Salmo trutta*), kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i crvenokice (*Rutilus rutilus*), dok su u malom jezeru uočene kalifornijska pastrmka, crvenokica i štika (*Esox lucius*). Sastav riblje zajednice je, za potrebe AVP Sava, radio Prirodno-matematički fakultet Sarajevo.

Biološki elementi kvaliteta koji su ostali nedovoljno istraženi na Plivskim jezerima su fitobentos, makrofite i vodeni makrobekičmenjaci. Razlog leži u činjenici da je samo uzorkovanje ovih parametara veoma specifično i zahtjeva različitu proceduru i strategiju. Ipak, postoje opšti kriteriji odabira mjesta uzorkovanja, koji omogućavaju reprezentativnost uzorka za odgovarajuće vodno tijelo bilo za litoralnu ili zonu otvorene vode.

Kao jedna od metodologija uzorkovanja ovih parametara je metoda ronjenja. S obzirom da AVP Sava nema kapaciteta za ovaj način uzorkovanja neophodno je bilo ugovoriti ovaj posao sa nekim od pravnih subjekata koji imaju na raspolaganju kompetentno i obučeno osoblje te adekvatnu opremu. Ronilački klub "Bosna" iz Sarajeva je imao sve potrebne reference za obavljanje ove vrste posla.



Slika 3. Ronioci RK "Bosna" na zadatku

Uporedo sa radom Ronilačkog kluba na snimanju podvodnog svijeta Plivskih jezera, izvršeno je i prikupljanje uzoraka bioloških elemenata kvaliteta (fitobentos, vodene makrofite, vodeni makrobescičmenjaci).

Za tim ronilaca kao i za uposlenike AVP Sava ovo je bio veliki izazov jer se podvodno snimanje i uzimanje uzoraka na ovaj način po prvi puta radilo na Plivskim jezerima.

Uzorci su uzeti sa četiri lokacije (dva lokaliteta na Velikom i dva na Malom jezeru) u mjesecu julu 2015. godine (slike 4 i 5).

Prilikom ronjenja zabilježeno je da se na Velikom jezeru snimanje moglo vršiti do 24 metra dubine, a na Malom Plivskom jezeru do 20 m. Podvodno snimanje je bili jako zahtjevno jer na dnu jezera dominira pu-

derast mulj koji je ometao rad ronilaca. Temperatura jezera je bila izuzetno niska, cca 9 stepeni celzijusa, što je dodatno otežavalo snimanje.

Interesantno je da je na dnu Malog jezera kamera zabilježen i nagli pad terena (sedrene naslage-siga) od 2,5-10 m.

Nakon svakog snimanja i načinjenih fotografija ronioci su do čamca donosili i prikupljeni materijal koji su preuzimali uposlenici AVP Sava. Naši vrijedni biolozi su na obali vršili separaciju i prezervaciju materijala koji je transportovan do Laboratorije za vode AVP Save gdje je izvršena priprema i determinacija uzoraka.

Na Malom jezeru su uslikani brojni primjerci školjke iz roda *Unio* koji su poslije determinacije vraćeni u jezero (slika 6).



Slika 4. Malo Plivsko jezero



Slika 5. Veliko Plivsko jezero



Slika 6. Determinacija roda *Unio* na terenu

Metodologija uzorkovanja, transporta, prezervacije, obrade i determinacije bioloških parametara kvaliteta voda (fitobentosa, makrofita i zoobentosa) bila je u skladu sa standardnim metodama. Od snimljenog materijala montiran je film u trajanju od jednog sata. Na filmu se vidi da je Malo jezero puno interesantnije

od Velikog jezera kako po konfiguraciji dna tako i po bogastvu diverziteta, pogotovo interesantnih vodenih makrofotskih vrsta koje obrastaju sprudove.

Mali dio povodnih fotografija Malog i Velikog Plivskoj jezera dat je u nastavku teksta (slike 8. i 9).



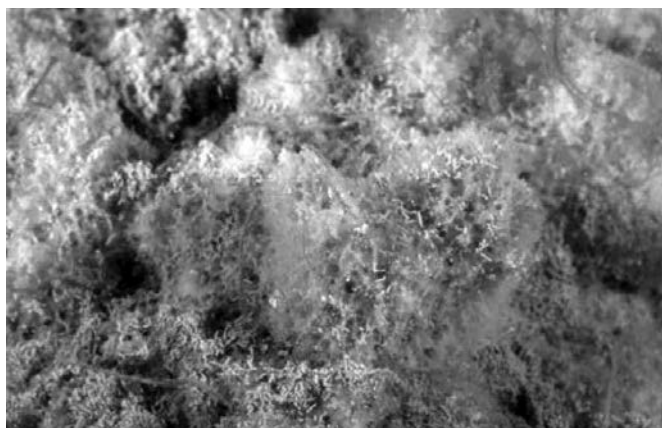
Slika 7. Vrijedni biolozi AVP Sava separiraju materijal na terenu





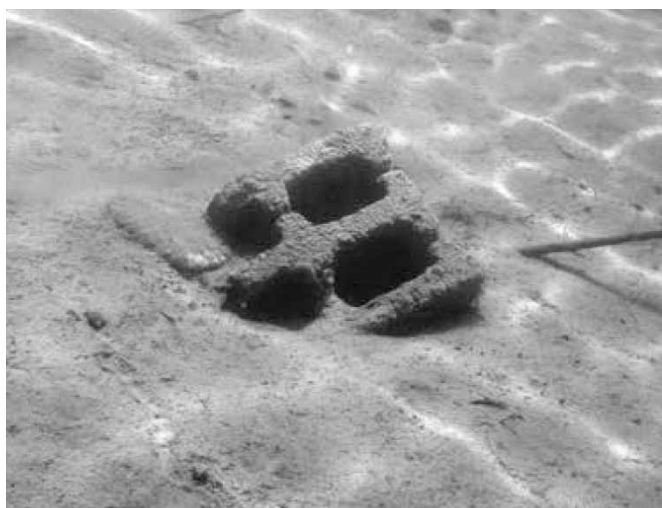
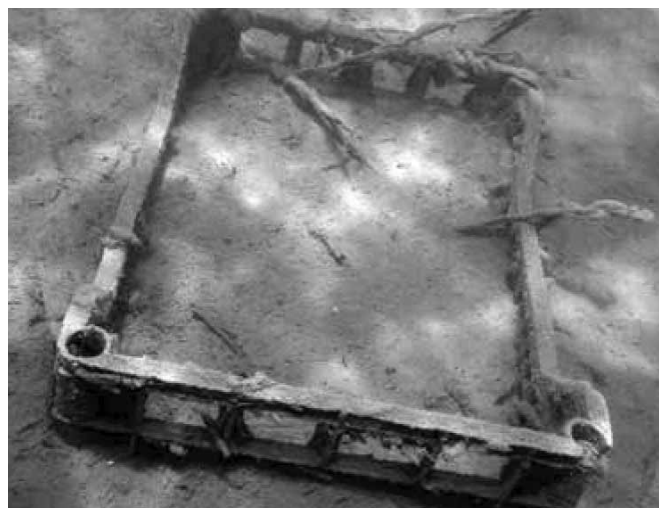
Slika 8. Malo Plivsko jezero





Slika 9. Veliko Plivsko jezero

Na svim istraživanim lokaliteta konstatovan je kruti otpad (smeće, automobilske gume, željezne ograde, konzerve, plastične flaše) na dnu (slika 10).



Slika 10. Antropogeni uticaj na jezreo

U 2014. godini na snagu je stupila "Odluka o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda" ("Sl.novine FBiH", broj 01/14). U ovoj Odluci nisu definisani kriteriji (numeričke vrijednosti) za ocjenu stanja površinskih voda jezera/akumulacija na slivu rijeke Save u FBiH. Rezultati ovog istraživanja će se, između ostalog, koristiti i za analizu i određivanje i ovih parametara.

Umjesto zaključka

Na početku ovog teksta postavili smo pitanje: Imaju li rijeke i jezera kao more zanimljiv svijet u svojoj vodi?

Predmetno istraživanje Plivskih jezera dokazuje da ovi hidrosistemi imaju itekako zanimljiv život. U koritima rijeka kojim teku rijeke, ubrzavajući ili usporavajući tok, zavisno od vodostaja, mjenjajući dno i obale jezera koja formiraju, one određuju životne uslove organizmima u svojoj vodi. Na žalost, riječna i jezerska voda nije uvijek prozirna kao morska. Obilne kiše vodu oboje žutim i braon tonovima, stvaraju zavjesu koja sprječava pogled znatiželjnika u tajne riječnog i jezerskog života.

Ovim istraživanjem razgnuli smo zavjesu nad jezerom i zavirili u tajne života ispod jezerske površine.

Bogata foto i video dokumentacija sa podvodnog snimanja Plivskih jezera, svim zainteresovanim, dostupna je u prostorijama AVP Sava Sarajevo.

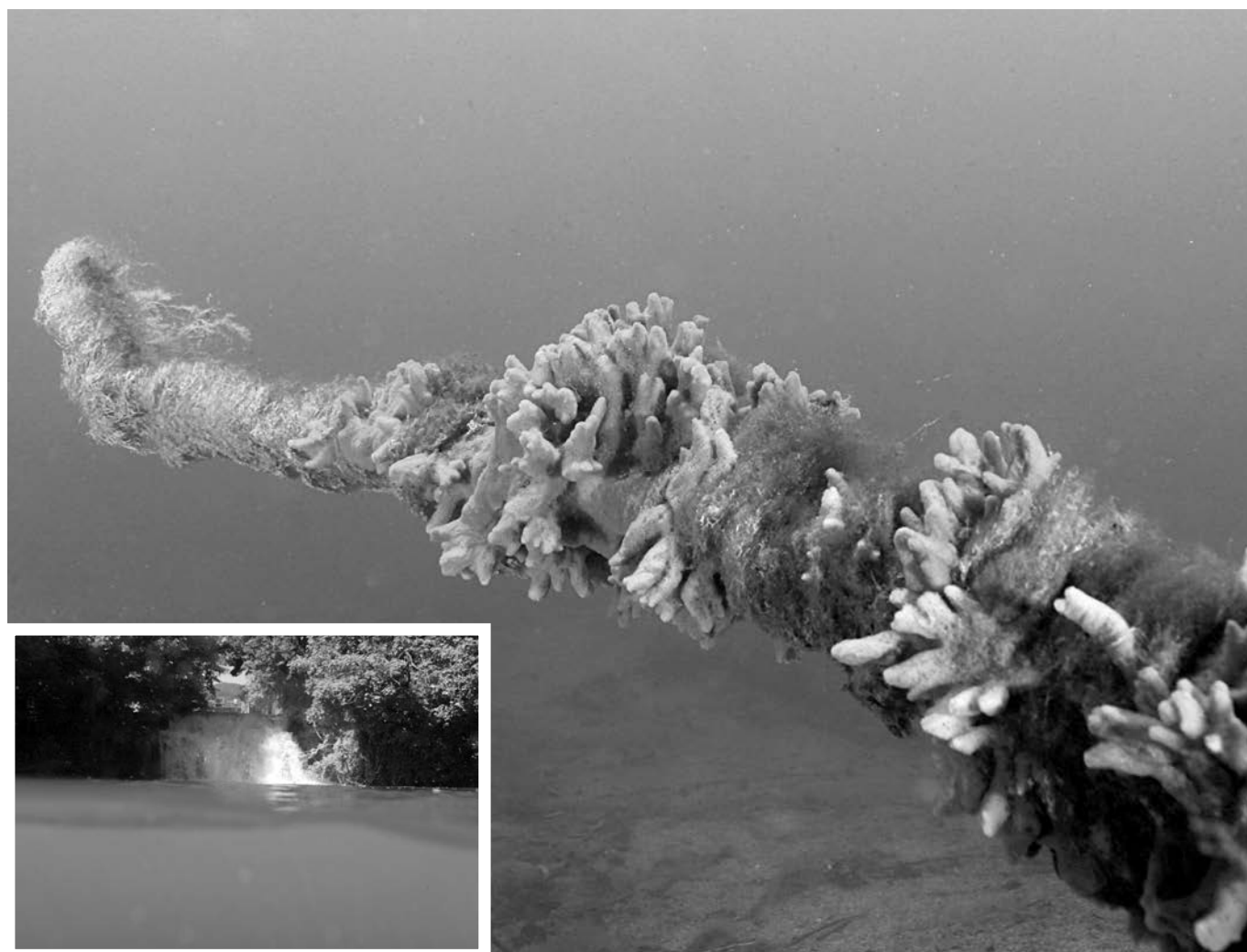
Kvalitativna lista nađenih taksona vodenih makrobeskičmenjaka, vodenih makrofiti i fitobentosa, u ovom istraživanju data je u nastavku:

Vodeni makrobeskičmenjaci

Insecta			
Trichoptera			
<i>Limnephilidae</i>	<i>Limnephilus sp.</i>	<i>Halesus sp.</i>	<i>Anabolia sp.</i>
<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma sp.</i>		
<i>Glossosomatidae</i>	<i>Glossosoma sp.</i>		
Ephemeroptera			
<i>Baetidae</i>	<i>Baetis sp.</i>		
<i>Ephemerellidae</i>	<i>Ephemerella ignita</i>		
<i>Siphonuridae</i>	<i>Siphonurus sp.</i>		
Megaloptera			
<i>Sialidae</i>	<i>Sialis lutaria</i>		
Diptera			
<i>Chironomidae</i>	<i>Chironomus sp.</i>	<i>Chironomini sp.</i>	
<i>Tanypodinae</i>	<i>Tanypus sp.</i>		
Hirudinea			
<i>Glossiphonidae</i>	<i>Glossiponia sp.</i>	<i>Glossiphinia complanata</i>	<i>Helobdella stagnalis</i>
<i>Erpobdellidae</i>	<i>Erpobdella sp.</i>	<i>Erpobdella octoculata</i>	
Malacostraca			
Amphipoda			
<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus sp.</i>		
Isopoda			
<i>Asellidae</i>	<i>Asellus aquaticus</i>		
Gastropoda			
Architaenioglossa			
<i>Viviparidae</i>	<i>Viviparus sp.</i>		
Pulmonata			
<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix sp.</i>	<i>Radix auricularia</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i>
Bivalvia			
<i>Sphaeridae</i>	<i>Sphaerium sp.</i>		
<i>Unionidae</i>	<i>Unio sp.</i>		

Vodene makrofite

Malo Plivsko jezero		
Do 5 m dubine	Od 5 do 10 m dubine	Do 15 m dubine
<i>Carex sp.</i>		
<i>Calitriche hamulata</i>	<i>Miriophyllum spicatum</i>	<i>Cladophora glomerata</i>
<i>Berula erecta</i>		
<i>Ranunculus aquatilis</i>		<i>Ranunculus aquatilis</i>
<i>Mentha aquatica</i>		
<i>Veronica anagalis aquatica</i>		
<i>Veronica beccabunga</i>		
<i>Potamogeton sp.</i>		
<i>Miriophyllum spicatum</i>		
Veliko Plivsko jezero		
Do 5 m dubine		
<i>Fontinalis antipyretica</i>		
<i>Carex sp.</i>		



Fitobentos

Malo Plivsko jezero 5 m dubine	Malo Plivsko jezero 10 m dubine	Malo Plivsko jezero 15 m dubine	Veliko Plivsko jezero 5 m dubine	Veliko Plivsko jezero 15 m dubine
<i>Denticula tenuis</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Amphora pediculus</i>
<i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Navicula radiosa</i>	<i>Denticula tenuis</i>	<i>Cocconeis placentula</i>
<i>Encyonema caespitosum</i>	<i>Amphora pediculus</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Diatoma ehrenbergii</i>
<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Gyrosigma accuminatum</i>	<i>Navicula veneta</i>	<i>Fragilaria construens</i>
<i>Navicula veneta</i>	<i>Nitzschia palea</i>	<i>Amphora pediculus</i>	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>
<i>Gomphonema pumilum</i>	<i>Navicula veneta</i>	<i>Navicula veneta</i>	<i>Fragilaria sp.</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>
<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Amphora pediculus</i>	<i>Navicula veneta</i>
<i>Amphora pediculus</i>	<i>Cyclotella sp.</i>	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Cymbella sp.</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>
<i>Cymbella minuta</i>	<i>Gomphonema truncatum</i>	<i>Nitzschia recta</i>	<i>Gomphonema pumilum</i>	<i>Denticula tenuis</i>
<i>Nitzschia dissipata</i>	<i>Denticula tenuis</i>	<i>Encyonema caespitosum</i>	<i>Nitzschia palea</i>	<i>Diploneis sp.</i>
<i>Nitzschia palea</i>	<i>Gomphonema pumilum</i>	<i>Gomphonema pumilum</i>	<i>Cymbella caespitosum</i>	<i>Achnanthes lanceolata</i>
<i>Fragilaria lapponica</i>	<i>Diatoma vulgare</i>	<i>Cymbella minuta</i>	<i>Cymbella cymbiformis</i>	<i>Diploneis marginestriata</i>
<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Navicula atomus</i>	<i>Navicula radiosa</i>
<i>Diatoma ehrenbergii</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Navicula reinhardtii</i>	<i>Navicula capitatoradiata</i>	<i>Amphora ovalis</i>
<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>	<i>Achnanthes exigua</i>	<i>Navicula atomus</i>
<i>Navicula radiosa</i>	<i>Encyonema caespitosum</i>	<i>Navicula capitatoradiata</i>	<i>Fragilaria acus</i>	<i>Navicula cryptotenella</i>
<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Diploneis marginestriata</i>	<i>Nitzschia palea</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>
<i>Reimeria sinuata</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Achnanthes sp.</i>	<i>Gomphonema acidoclinatiforme</i>	<i>Gomphonema capitatum</i>
<i>Navicula rhyngocephala</i>	<i>Cymbella minuta</i>	<i>Denticula tenuis</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>	<i>Diatoma vulgare</i>
<i>Navicula menisculus</i>	<i>Navicula radiosa</i>	<i>Diatoma ehrenbergii</i>	<i>Cymbella minuta</i>	<i>Nitzschia recta</i>
<i>Fragilaria capucina</i>	<i>Fragilaria capucina</i>	<i>Navicula menisculus</i>	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Navicula menisculus</i>
<i>Gomphonema clavatum</i>	<i>Nitzschia recta</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Gomphonema truncatum</i>	<i>Navicula cuspidata</i>
<i>Navicula atomus</i>	<i>Navicula capitatoradiata</i>	<i>Navicula atomus</i>	<i>Navicula radiosa</i>	<i>Reimeria sinuata</i>
<i>Nitzschia recta</i>	<i>Cymbella ventricosa</i>	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Nitzschia recta</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	<i>Cyclotella comta</i>	<i>Achnanthes exigua</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Gomphonema acuminatum</i>
<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes sp.</i>	<i>Diploneis elliptica</i>	<i>Gomphonema tergestinum</i>	<i>Diploneis ovalis</i>
<i>Cymbella gracilis</i>	<i>Neidium dubium</i>	<i>Gomphonema tergestinum</i>	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	<i>Gomphonema pumilum</i>
<i>Achnanthes exigua</i>	<i>Diploneis elliptica</i>	<i>Cymatopleura solea</i>	<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>Fragilaria sp.</i>
<i>Cyclotella ocellata</i>	<i>Navicula viridula</i>	<i>Cyclotella sp.</i>	<i>Gomphonema gracile</i>	<i>Caloneis shumanniana</i>
<i>Cymatopleura elliptica</i>	<i>Nitzschia dissipata</i>	<i>Navicula rhyngocephala</i>	<i>Diatoma vulgare</i>	<i>Navicula gracilis</i>
<i>Navicula accomoda</i>	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	<i>Navicula cuspidata</i>	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Surirella bifrons</i>
<i>Diploneis elliptica</i>	<i>Navicula gracilis</i>	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Navicula tuscula</i>	<i>Cyclotella sp.</i>
<i>Gomphonema acuminatum</i>	<i>Cymbella cymbiformis</i>	<i>Surirella terricola</i>	<i>Neidium dubium</i>	<i>Encyonema caespitosum</i>
<i>Fragilaria gracilis</i>	<i>Cymbella aspera</i>	<i>Navicula oblonga</i>	<i>Diatoma mesodon</i>	<i>Gomphonema clavatum</i>

PRINCIPI ZELENE HEMIJE

UVOD

U Parizu je u decembru 2015. godine održano 21. zasjedanje Konferencije stranaka (COP 21) Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) i 11. zasjedanje stranaka Kyotskog protokola (CMP 11). Glavni cilj konvencije je bio da se porast prosječne temperature atmosfere na Zemlji zadrži na nivou znatno manjem od 2°C u usporedbi s predindustrijskim nivoima, te da će vlade zemalja ulagati napore da se taj porast ograniči na 1,5°C. Emisije štetnih plinova u zemljama G 20 po stanovniku u petogodištu 2007.-2012. opale su u Australiji, EU, Francuskoj, Japanu, Italiji, Južnoj Africi, Kanadi, Meksiku, Njemačkoj, SAD i UK, dok su u porastu u dvije najnapučenije zemlje iz G20, Kini i Indiji, te također u Argentini, Brazilu, Indoneziji, Južnoj Koreji, Rusiji, Saudijskoj Arabiji i Turskoj. Smanjenje štetnih plinova i zagađenja zraka, vode i tla pokušava se postići korištenjem obnovljivih izvora kao i alternativnih procesa za proizvodnju energije i drugih proizvoda. U Bosni i Hercegovini je također zabilježen pad ne zbog primjene ovih i sličnih mjera, nego kao posljedica smanjenja industrijskih kapaciteta uništenih i devastiranih u toku i nakon rata 1992. – 1996. godine. Interesantno je bilo zapaziti da je jedan od ključnih zaključaka pariske konferencije bilo da realizacija postavljenih ciljeva leži u Zelenoj hemiji. Zato smo odlučili pojasniti principe ove nove naučne discipline, a sve bazirano na Programu US EPA (Agencija za zaštitu okoline u SAD), koji su kolege sa Univerziteta u Texasu uobličile u kapitalni udžbenik D.T.Allen and D.R.Shonnard (2002): Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes, Prentice Hall PTR, USA, koji su autori ovog članka preveli, a Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu 2009. godine kao Zeleni inženjering: Projektovanje hemijskih procesa sa svijesću o okolišu.

Principi Zelene hemije

Idealne hemijske reakcije bi trebale imati slijedeće atribute: jednostavnost, sigurnost, visoko iskorištenje i selektivnost, a **Zelenom hemijom** se još traži energetska efikasnost te korištenje obnovljivih i reciklirajućih reagenasa i sirovih materijala. Većina hemijskih reakcija nisu takve i ne posjeduju sve ove atribute. Hemijski

inženjeri i tehnolozi bave se identificiranjem i projektovanjem puteva sinteze i tehnoloških procesa u cilju optimiziranja balanasa svih gore navedenih atributa. Posebni zadaci se postavljaju na projektovanje hemijskih produkata i procesa u smislu da se smanji ili eliminiše upotreba i nagomilavanje opasnih i štetnih supstanci i time se uglavnom bavi ova nova naučna disciplina.

Zelena hemija ima za cilj umanjeње i sprečavanje formiranja kontaminacije na njenim izvorima što je ustvari prevencija zagađivanja radne i uopće životne sredine. Metodologija zelene hemije zasniva se na: korištenju alternativnih netoksičnih sirovina, te zelenih rastvarača, alternativnih puteva sinteze i po sebi razumljivo sigurnijom hemijom. To se postiže primjenom 12 principa Zelene hemije:

1. **Stvaranje manje otpada:** Prilikom odabira procesa primarno se gleda vrsta opasnog otpada koja će nastajati i emitovati u zrak, ispuštati u vodene recipijente ili odlagati na zemljište, pa tek onda prinos reakcije.
2. **Ekonomija atoma u procesu:** Efikasnost nekog procesa u Zelenoj hemiji gleda se na atomskom nivou tzv. „ekonomije atoma“ koja je udio molekulske mase početnih materijala i reagenasa i molekulske težine ciljane molekule i ona predstavlja pravu mjeru efikasnosti procesa.
3. **Putevi sinteze:** Identificiranje hemijskih puteva sinteze koji vode do proizvoda, ali i ka manjem zagađenju životne sredine je kompleksan zadatak kojim se bavi Zelena hemija. Prilikom odabira odgovarajućeg procesa gleda se šta se sve može uraditi u sintetskom toku da bi se izbjegle opasne i štetne hemikalije koje ulaze u proces.
4. **Bezopasnost – odabir sigurnijih hemikalija:** Hemijski produkti trebaju se odabrati na način da se dobije njihova željena funkcija, a da se umanju njihova toksičnost. Korištenje sirovina ili reakcijskih puteva koji su selektivniji znači da se više polaznih sirovina pretvara u produkte. Višoka selektivnost produkta ne znači uvijek ve-

liki prinos produkta, ali visokom selektivnošću i veliki prelazak u proizvod se mora dostići tako da se sintetičkom transformacijom stvara malo ili nimalo otpada. Korištenjem visoko selektivnih reagenasa može značiti da će separacija, izolacija i prečišćavanje produkata biti značajno lakše.

- 5. Rastvarači i pomoćne supstanece:** Vrlo bitan faktor kod planiranja nekog proizvodnog procesa su rastvarači. Zelena hemija se bazira na tome da odabir rastvarača ide prema tome da je manje opasan (napr. izbjegavanje toluena i benzena koji su kancerogeni i zagađuju vodu i do vode do ekoloških katastrofa), da nije štetan po zdravlje ljudi (kao što su halogenizirani rastvarači: dihlor-metan, hloroform i dr.), da su manje eksplozivni, te da nisu štetni po okoliš bilo lokalno bilo globalno (kao što je ispuštanje CFC (hloro-floro-ugljika) koji oštećuju ozonski omotač).
- 6. Procjena energetske efikasnosti:** Pomno ispitivanje ekoloških i ekonomskih utjecaja na energetske potrebe u hemijskim procesima i njihovo svođenje na minimum, tj. sintetske metode treba po mogućnosti provoditi na sobnoj temperaturi i pritisku ili što je moguće bliže tim uslovima.
- 7. Upotreba obnovljivih sirovina:** Treba upotrebljavati obnovljive umjesto neobnovljivih sirovina kad god je to tehnički i ekonomski izvodljivo.
- 8. Redukcija proizvodnje derivata:** Sve nepotrebne derivatizacije treba izbjegavati ili minimizirati ako je moguće, jer sa svakim dodatnim korakom nastaje i dodatni otpad.
- 9. Katalizatori:** Korištenjem katalitičkih reagenasa dobija se bolja iskoristivost, te su ovi reagensi superiorniji od stehimotrijskih.
- 10. Dizajniranje proizvoda za razgradnju:** Nakon upotrebe proizvoda, on treba da se razgradi u bezopasan i neškodljiv otpad koji se ne akumulira. Također smanjenje biodostupnosti otpadnog materijala je cilj Zelene hemije. Ako supstanaca nije u mogućnosti da zbog strukturnog oblika postigne željenu nisku toksičnost, onda se ovo može postići pomoću manipulacije u vodi rastvorljivih lipofilnih veza koje često kontrolišu sposobnost supstance da prođe kroz biološke membrane kao što su koža i pluća.
- 11. Analiza prevencije zagađenja:** Veoma je važno vršiti pravovremene analize za praćenje nastajanje otpada, te razvijati analitičke metode i metodologije da se što prije odredi i kontrolira nastajanje otpada.

- 12. Minimiziranje mogućnosti nesretnih slučajeva:** Prilikom proizvodnje treba izbjegavati korištenje supstanci koje mogu dovesti do eksplozije, ispuštanja otrovnih hemikalija ili požara.

Zelena hemija je održiva hemija, i bavi se projektovanjem procesa proizvodnje, te proizvodnje i primjene hemijskih proizvoda, a da pri tome vodi računa o smanjenju ili potpunom eliminisanju stvaranja i akumuliranja štetnog otpada.

Nova generacija procesa koja uvažava principe Zelene hemije smanjuje udar na okoliš i ne oslanja se na tretiranje otpada, nego umjesto toga su ti procesi projektovani tako da ne stvaraju otpad.

Na slici 1. su prikazane sinteze Ibuprofena - lijeka protiv bolova na raniji uobičajen način i alternativni koji je slijedio zeleno-hemijske principe čime je znatno smanjena produkcija otpada pojednostavljenim tokom sinteze u toku koje je već u prvom koraku Friedel Crafts-ove reakcije zamijenjen kiseli katalizator $AlCl_3$ sa HF čime se skratila količina narednih transformacija kao i korištenje rastvarača, a iskoristivost atoma se povećala sa manje od 40% na oko 80%.

Osim čisto naučnog značaja od Zelene hemije se očekuje rješavanje problema koji predstavljaju akcidente u industriji pa čak otklanjanje katastrofalnih prijetnji okolišu što uključuje inženjersku etiku. Zbog toga što inženjeri preuzimaju različite uloge jako je važno da oni budu svjesni svojih odgovornosti prema javnosti, kolegama i zaposlenima, prema okolišu i prema svojoj profesiji. Jedna od glavnih uloga inženjera hemije je da kreiraju hemijske procese i da vladaju njima proizvodeći hemijske produkte koji su na neki način specifični za kupca i koji su profitabilni. Dizajn nekog hemijskog procesa treba da djeluje zaštitno na okoliš i ljudsko zdravlje. Pravila u okolišu treba da budu razmotrena ne samo sa konteksta hemijske proizvodnje, nego i tokom drugog nivoa kruženja toka hemikalije kao što je transportovanje, korištenje od strane kupca, aktivnosti recikliranja i konačnog odlaganja.

Druga važna uloga je da se održavaju sigurni uslovi za osoblje koje boravi u neposrednoj blizini fabrike. Pažljivim projektovanjem i vođenjem hemijskog procesa uključuje se zaštita koja će smanjiti broj nesreća koje potiču od toksičnih hemikalija i nesreća od požara i eksplozija ne samo za radno osoblje nego i stanovništvo u neposrednoj blizini fabrike. Ukoliko to izostane može doći do katastrofalnih posljedica. Na primjer, između ostalih industrijskih nesreća, karakterističan je primjer čuvene nesreće koja se desila u Bhopalu u Indiji sa posljedicama koje i danas traju. Bhopal je lociran u centru Indije i 3. decembra 1984. godine, desila se nesreća zbog ispuštanja metil-izo-

cijanata (MIC) koji je momentano usmrtio oko 2.000 ljudi i ozlijedio oko 20.000.

Fabrika koja je bila djelimično u posjedu američke kompanije Union Carbide i djelimično u posjedu lokalnih investitora, proizvodila je pesticid karbaril. Jedan od reaktanata bio je MIC. MIC je tečnost koja se nalazila u datom ambijentu i koja ključa na 31,1 °C, njene pare su teže od zraka i veoma su toksične čak i pri malim koncentracijama. Maksimalno dozvoljena koncentracija MIC-u za radnike koji rade smjenu od 8 sati je samo 0,02 ppm (dijelova po milionu). Udisanje velike doze dovodi do povrede respiratornih organa. MIC reaguje sa vodom egzotermno (oslobađanje energije), ali polako i oslobođena toplota može uzrokovati da MIC ključa ako hlađenje nije sprovedeno. Na dan nesreće, jedinica koja je koristila MIC nije postupala ozbiljno pri sprečavanju nesreće u pogonu. Skladišna cisterna u kojoj se čuvao MIC bila je kontaminirana sa vodom iz nekog nepoznatog izvora. Reakcije između MIC-a i vode uzrokuje povećanje temperature u cisterni iznad tačke ključanja MIC-a. Pritisak je izazivao izbijanje pare kroz sigurnosni ventil na cisterni i odvođena je u skruber i signalni sistem koji je napravljen da kontrolira ispuštanje MIC-a. Nažalost signalni sistem koji prati ispuštanje nije radio na taj dan. Proračunato je, da je 25 tona para MIC-a ispušteno u okoliš, koje su prouzrokovale katastrofalne posljedice. Nesreća je mogla biti spriječena bilo kojim korakom, uključujući korištenje sigurnih i ispravnih procedura putem redizajniranja procesa koji bi koristio manju količinu MIC-a ili korištenjem odgovarajućih hemijskih reakcija koje bi eliminisale MIC. Problem nove bezopasne proizvodnje karbarila je riješen 1997. godine razvojem Zelene hemije kada je Buxton sastavio spisak za izbor funkcionalnih grupa polaznih sirovina: uključiti grupe prisutne u proizvodu, uključiti grupe prisutne u postojećim in-

dustrijskim sirovinama, koprozivodima ili nusproizvodima, uključiti grupe koje bezbjeduju elementarne gradivne dijelove koji daju osnovne karakteristike ili slične karakteristike, izabrati grupe povezane sa generalnim hemijskim pristupom koji je upotrijebljen (ciklični, aciklični ili aromatski), odbaciti grupe koje su u suprotnosti sa odgovarajućim ograničenjima.

Na Slici 2. pokazan je alternativni put sinteze karbarila bez reakcije sa MIC-om, u kojoj su primjenjena Buxton pravila i smjernice.

Ovakvi pristupi posebno obavezuju rukovodstva da pomno i neprestano prate realizaciju procesa proizvodnje u cilju prevencije stvaranja ali i obradu otpada prije njegovog odlaganja u okoliš.

U Tabeli 1. popisana su sva pravila dodatnih poslova rukovodstva kako da bi se postigle redukcije svih kontaminanata i polutanata koji su ispušteni u zrak, vodu i na zemlju od strane fabričkih odvoda.

Koncepti i primjeri opisani u ovom prikazu daju samo uvid u koncept Zelene hemije.

Daljnje informacije za istraživanje ovog područja je tzv. Ekspert sistem Zelene hemije

(GCES), koji se može naći na US EPA internet stranici: (<http://www.epa.gov/greenchemistry/tools.htm>).

Veoma važno je da se probudi svijest kod ljudi, privrednika i svih donosioca odluka u smislu Zelene hemije, da proizvodnja bude ekonomski i okolišno održiva, jer kao što je rekla predstavnica sindikata na 21. zasjedanju Konferencije stranaka (COP 21) u Parizu 2015. godine: **“Na mrtvom planetu neće biti radnih mjesta. Klimatske promjene utječu na mogućnost života ljudi na planetu.”**

Prilog - Pravila američkog Savjeta za hemiju zaštite od zagađivanja

Poslovi rukovodstva

Svaki član rukovodstva kompanije treba imati program o prevenciji zagađivanja koji treba da uključuje:

1. Obaveza rukovodstva je da kroz politiku, komunikacije i pomoćna sredstva prati redukciju iz svakog fabričkog odvoda, ispuštanja u zrak, vodu i tlo i da prate stvaranje otpada.
2. Kvantitativni sastav nastalog otpada unutar fabričkog odvoda i njegovo ispuštanje u zrak, vodu i tlo predstavlja mjeru ili količinu u trenutku stvaranja ili ispuštanja.
3. Izračunavanje, dovoljno za ispitivanje utvrđenih prioriteta redukcije, potencijalne nesreće u okolišu

nastale usljed ispuštanja, te procjena zdravlja i sigurnosti uposlenika i stanovništva u okolini fabrike.

4. Edukacija uposlenika i članova fabrike o datom katastrofu i diskusija o proračunu udara i rizika na okoliš.
5. Utvrđivanje prioriteta, ciljeva i planova koji se odnose na redukciju otpada i njegovu emisiju, uzimajući u obzir oba udjela u zajednici, kao i potencijalno zdravlje, sigurnost i udare na okoliš kao što je određeno pod tačkom 3 i 4.
6. Trenutna redukcija otpada i emisija, dajući prvenstvo redukciji izvora, zatim recikliranju/ponovnom korištenju i tek onda tretiranju. Ove tehnike mogu se koristiti zasebno ili u kombinaciji sa nekom drugom tehnikom.

7. Mjerenje napredovanja na svakom fabričkom odvodu koji reducira stvoreni otpad i koji reducira emisiju u zrak, vodu i tlo, vrši se upoređujući količinu katastra sa prošlogodišnjom.

8. Suočavanje zaposlenika i stanovnika koji se interesuju za informacije vezane za otpad i njegovo ispuštanje postiže se napredak u redukciji i osnivanju planova za budućnost. Njihov razgovor bi trebao biti privatan, lice u lice, ako je moguće i trebao bi razvijati svijest da slušamo diskusije kao i ideje drugih.

9. Uključenje u pretrage i uređenje novih modificiranih fabričkih odvoda, procesa i samih produkata koji će se odnositi na objektivnu zaštitu od otpada i njegovog ispuštanja.

10. Aktuelni program koji služi za unapređenje i podržavanje smanjenja količine otpada i njegovog ispuštanja od strane neke opreme, može da uključuje npr:

a. Dijeljenje tehničkih informacija kao i iskustava sa kupcima i dobavljačima;

b. Podržavanje napora koji ima za cilj razvijanje i poboljšanje tehnika koje se odnose na smanjenje količine otpada i njegovo ispuštanje;

c. Pomoć pri utvrđivanju kvaliteta okolnog zraka pomoću kontrolnog uređaja;

d. Učešće u napornom radu koje ima za cilj razvijanje načina pristupanja izračunavanju udara na okoliš,

zdravlje i sigurnost, koji su nastali prilikom ispuštanja otpadnih materijala iz industrije;

e. Opskrbljavanje radnih mjesta za edukaciju i edukacioni materijal;

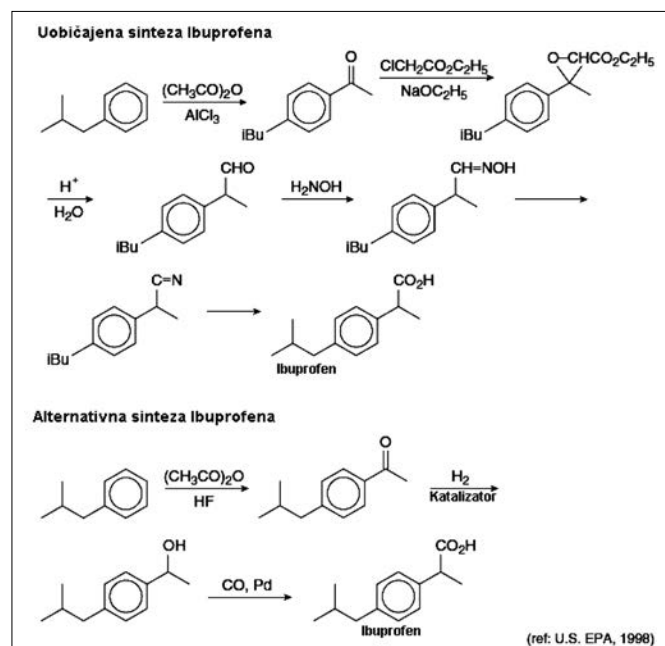
f. Uključivanje lokalne vlade i drugih u program proučavanja smanjenja količine otpada koja utiče na javnost.

11. Periodično preračunavanje ispuštenog otpada iz fabričkog odvoda koje prati rukovodstvo, a koje je povezano sa opremom i operacijama svakog postrojenja, uzimajući u obzir važnost zajednice i zdravlja, sigurnost, udare na okolinu i izvršavanje svega što se odnosi na poboljšanje.

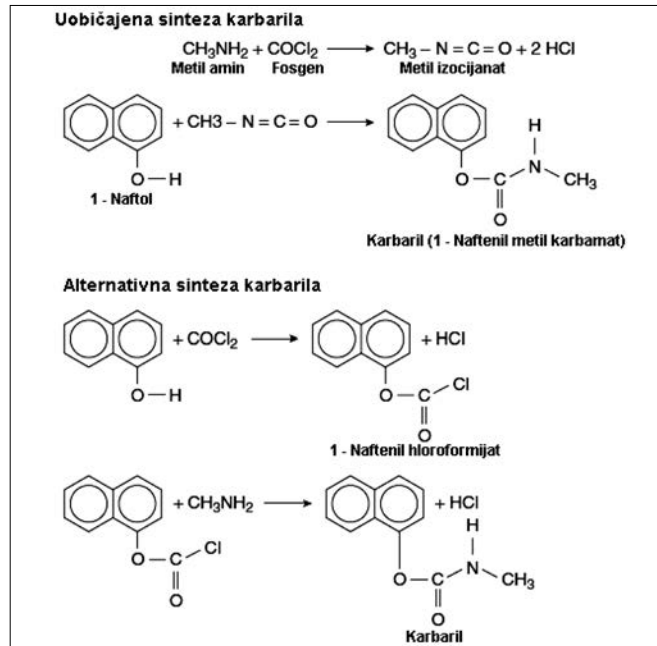
12. Izvršavanje nekog procesa koji se odnosi na selekciju, zadržavanje i izmjenjivanje dovodi do toga da izvođači radova i poreske uprave uzimaju u obzir čitav otpad kojeg određuje rukovodstvo, jer time štite okoliš, zdravlje i sigurnost zaposlenika i građanstva.

13. Izvršavanje kontrole vezane za inženjering i operacije na svakom fabričkom odvodu od strane inženjera ima za cilj poboljšanje zaštite i brzo otkrivanje ispuštenog otpada koji bi mogao zagaditi podzemnu vodu.

14. Rukovodstvo treba da prati program koji pokazuje, u prošlosti obavljene radnje i tretiranja otpada, te rad sa drugima u cilju rješavanja problema identifikiranja bilo kojeg aktivnog ili neaktivnog fabričkog odvoda koji je u posjedu neke kompanije i koji uzima u obzir zdravlje, sigurnost i mogući udar na okoliš.



Slika 1. Uobičajena sinteza Ibuprofena sadrži veliki broj koraka, uključujući Friedel Crafts-ovu reakciju koja daje više nusprodukata. Novi alternativni put je jednostavniji i koristi nadoknadivu jaku kiselinu kao katalizator.



Slika 2. Sinteza karbarila se može izvršiti sa intermedijarnim MIC-om. Alternativni put pokazuje da se u sintezu ne uključuje MIC (metil-izocijanat).

KULTURNO-EKONOMSKA NASLIJEĐA VODNOGA GOSPODARSTVA

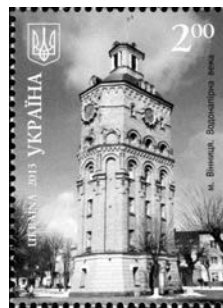
UVOD

Nastanak i razvoj prvih naselja bio je vezan uz vodu, posebice uz velike rijeke poput Eufrata i Tigrisa u Mezopotamiji i Nila u Egiptu, kada su najraniji stanovnici uzimali vodu izravno s izvora, potoka i rijeka. Plodne ravnice, vodoopskrba, hrana, građevinski materijal, lakši prijevoz ljudi i robe, neki su od razloga zašto brojni ljudi od davnina žive uz rijeke.

Gotovo da i ne postoje značajniji gradovi u svijetu čiji svakodnevni životi nisu vezani uz rijeke: Kairo (Nil), Pariz (Seine), London (Temza), Rim (Tiber), Zagreb (Sava), Peking (Žuta rijeka), Bagdad (Tigris), Budimpešta (Dunav), Porto (Tejo), Kijev (Dnjepar), Prag (Vltava), Sarajevo (Miljacka, Bosna), Mostar (Neretva). Rijetko koji i grad u BiH nije na obali neke rijeke. Također, brojni su veliki gradovi, ali i oni manje poznati upravo dobili ime po nazivu rijeka: Volgograd (Volga), Moskva (Moskva), Rio de Janeiro (Siječanj-ska rijeka), Ljubljana (Ljubljanica), kenijski glavni grad Nairobi (Nairobi). Zanimljivost se veže i za južnoameričku državu Paragvaj koja nosi naziv baš kao i 2,5 tisuća kilometara duga rijeka Paragvaj, te afričke države Niger i Senegal kroz koje teku istoimene rijeke. Ima i drugih primjera.

Brojne rijeke protječu kroz nekoliko država, te time povezuju ljude i olakšavaju međusobnu komunikaciju. Dobar primjer je druga po veličini europska Rijeka Dunav koja teče kroz ili čini granicu između deset država (Njemačka, Austrija, Slovačka, Mađarska, Hrvatska, Srbija, Rumunjska, Bugarska, Moldavija i Ukrajina), odnosno protječe kroz četiri glavna grada europskih država: Beč, Bratislavu, Budimpeštu i Beograd.

Razvoj civilizacije i povećanje broja stanovnika na zemlji uvjetovao je širenje naselja i gradnju istih dalje od rijeka. Posljedica toga je bila je intezivnija gradnja vodovoda, vodotornjeva, brana, mostova hidrocentrala, vodenica, kanala odnosno različitih vodnih građevina koja su omogućavala opskrbu naselja vodom i koristila



Slika 1. Zbog svoga specifičnog izgleda, vodotoranj koji se gradi u nizinskim područjima gdje nije moguće izgraditi ukopanu vodospremu na povišenu položaju iz koje bi voda u vodovod tekla prirodnim padom, nerijetko postaje prepoznatljivo obilježje naselja ili grada, te odredište turista

stanovništvu za unapređenje boljih životnih uvjeta, odnosno gospodarstva država u kojima se nalaze.

Također, neke takve građevine i graditeljski zahvati danas predstavljaju simbol kulturnog bogatstva i meta su brojnih turista, dok s druge strane pojedine vodne građevine i dalje služe svojoj primarnoj ulozi. Dobar primjer je bečki akvedukt koji već stotinjak



Slika 2. Na rijekama su građene različite građevine koje su olakšavale i unapređivale život ljudima. Jedna od njih svakako je veličanstveni, oko 20 metara visoki kameni most u Mostaru iz 1566. (tzv. Stari most), koji se nalazi na UNESCO-ovu popisu svjetske kulturne baštine

godina uspješno osigurava pouzdanu vodoopskrbu kvalitetnom i pitkom vodom iz krškog izvora u području Alpa.

Antički vodovodi

Radi opskrbe udaljenih naselja vodom, od davnina gradili su se često dugački i graditeljski zadivljuju-

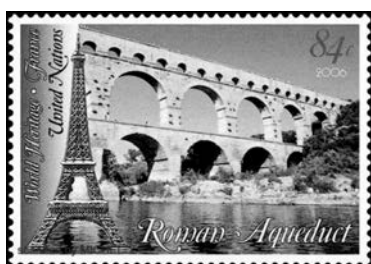
ći vodovodi, akvedukti (lat. aquaeductus: vodovod), od kojih su se neki nalazili nad dolinama, provalijama, rijekama i drugim zaprekama.

Iz različitih sigurnosnih i praktičnih razloga, osamdeset posto akvedukata (tuneli i mostovi za provođenje vode prirodnim padom) se nalazilo pod zemljom (npr. vodovod Aqua Marcia, izgrađen 140. pr.n.e, bio je dug 92 kilometra, ali je imao svega 11 kilometara mostova). Još su uvijek u Jeruzalemu sačuvani ostatci vodovoda izgrađenog oko 1000. godine pr.n.e.



Slika 3. Fontana di Trevi najpoznatija je i najveća rimska fontana. Izgrađena je da označi kraj akvedukta Acqua Vergine kojeg je u I. stoljeću pr.n.e. izgradio Marko Argipa

Iako su najranije civilizacije gradile akvedukate, ipak se rimski akvedukti ubrajaju u najveličanstvenija remek-djela antičkog graditeljstva. Ovakvi tipovi vodovoda su se gradili jer se u to doba nije poznao zakon o spojenim posudama, pa je se smatralo da dovod vode mora biti u neprekidnom padu. Do početka III. stoljeća u samom Rimu već je postojalo 11 velikih akvedukata. Najstariji od njih, nazvan Aqua Appia, sagrađen je 312. pr.n.e. Bio je dugačak 16 kilometara te se gotovo u cijelosti nalazio pod zemljom. Širenjem Rimskog Carstva širila se i mreža akvedukata koje su Rimljani gradili u osvojenim područjima.



Slika 4. Akvedukti zauzimaju posebno mjesto u različitim područjima ljudske djelatnosti poput graditeljstva i arheologije

Na prostoru jugoistočne Europe je više očuvanih akvedukata iz antičkog vremena. Neki su danas turistička atrakcija. Posebno se ističu ostatci akvedukta pokraj Splita, dugog devet kilometara, od toga nadvođenih 670 m, kojim se voda prebacivala od izvora rječice Jadra podno Mosora do Dioklecijanove palače.

Akvedukt kao most koji služi samo za provođenje vode i danas se gradi i primjenjuje. No, zbog velikih troškova gradnje upotrebljava se vrlo rijetko.

Vodenice

Sve do industrijske revolucije i izuma parnog stroja, uz vjetrenjaču, vodenica je bila jedini način za pogon radnih strojeva bez uporabe ljudskog ili životinjskog rada. Gradile su se još u antičko doba, Kini i Indiji. Vodenice su drvene ili zidane zgrade uz vodotoke ili kanale kojima se dovodi voda, u kojima se nalazi postrojenje, i druge pomoćne prostorije. Vodenice se koriste za iskorištavanje energije vodotoka, njezinom pretvorbom u koristan mehanički rad, kao što je pogon mlinskoga kamena za mljevenje žita i kukuruza; pilanski strojevi, naprava za mekšanje suknja i obradu tekstila, kovačkih maljeva, i dr.



Slika 5. Glasovite mlinice na Plivskim jezerima kod Jajca, nezaobilazno su odredište turista i izletnika

U BiH su do industrijske revolucije vodenice bile najvažniji prerađivački pogoni. Prvi mlinovi, kakvi su već bili razvijeni u Bizantu, pojavili su se na BH rijekama u XII. stoljeću. U kasnijim razdobljima, mreža vodenica postupno se širila u skladu s potrebama lokalnog stanovništva, pa ih je bilo gotovo na svim prikladnim vodotocima u blizini naselja. Danas su vodenice uglavnom zaštićene kao nepokretna kulturna baština, neke još uvijek obavljaju svoju osnovnu djelatnost, a sve više se koriste za turistički obilazak.

Kanali

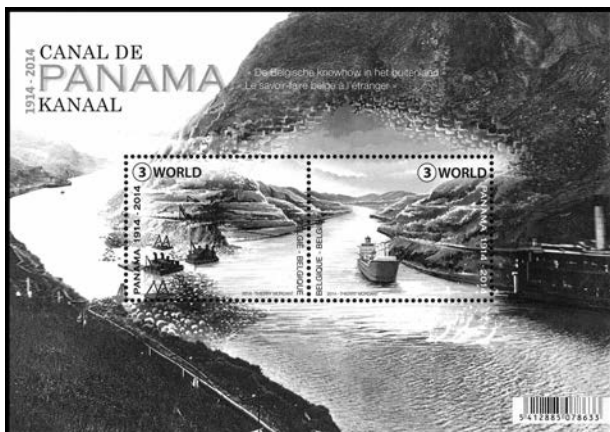
Umjetni vodeni tokovi koji se najčešće grade u iskopu, ali i na nasipu, akveduktu, mostu, ili u tunelu, bili su već građeni na području Egipta, Mezopotamije i Kine u III. stoljeću pr.n.e. U Egiptu je osim mreže kanala za natapanje postojao i plovni kanal između Nila i Crvenoga mora (tkz. Kanal Faraona). U Europi su prve kanale gradili Rimljani. Nakon pada Rima, kanali se počinju graditi od XII. stoljeća, a osobito u XV. stoljeću, pri ušćima rijeka Schelde, Rajne i Maasa. Najviše se kanala gradilo u XVII. i XVIII. stoljeću, kada su za industriju bile potrebne velike količine ugljena. U isto vrijeme, brojne rijeke su jaružane i prilagođavane za plovidbu ondašnjih brodova. Dobar primjer je rijeka Kupa (Sava, Dunav), kojom se odvijao riječni promet prema Karlovcu, da dalje zaprežnim kolima prema moru, i obratno. Zbog razvoja željezničke mreže gradnja kanala neko se vrijeme smanjivala. Poslije su se stari kanali proširivali i gradili novi, jer je željeznički prijevoz skuplji od kanalskoga, odnosno riječnoga, te zbog skraćivanja pomorskoga puta.

Neki plovni kanali koji su izgubili važnost za prijevoz tereta koriste se u rekreacijske i turističke svrhe. Ostali kanali služe ponajprije za umjetno natapanje i melioraciju.



Slika 6. Neplovni kanali imaju višestuku primjenu. Jedna od njih je natapanje poljoprivrednih površina

Najrazvijeniju kanalsku mrežu u Europi imaju Nizozemska, Francuska i Njemačka čija je duljina plovnih kanala preko deset tisuća kilometara. U Rusiji i Kini, znatno je duže kanalske mreže, broje se na desetke tisuća kilometara. Glavne su europske kanalske prometnice: Rotterdam – Berlin – Varšava; Rotterdam – Frankfurt na Majni; Bamberg – Kelheim na Dunavu (Majna - Dunav); Le Havre – Pariz; Strasbourg – Lyon – Marseille.



Slika 7. Panamski kanal: nevjerojatan inženjerski pothvat na početku XX. stoljeća koj je skratio putovanje brodom između San Francisca i New Yorka za više od deset tisuća kilometara funkcionira na načelu ustava koje dižu i spuštaju brodove na visinu od 26 metara, te dalje plove jezerom i izjazuhanom rijekom

Hidrocentrale

Obnovljivi izvori energije kao jedan od najprihvatljivijih načina proizvodnje električne energije sve više dobivaju na važnosti. Razlog tomu je manji utjecaj na okoliš, povećanje proizvodnje čije je rast početkom ovog stoljeća iznosio od 10 do 60 posto, ali i trajno korištenje ovih vidova energije. Hidroenergija zauzima osam posto od ukupne proizvodnje električne energije i predstavlja najveći izvor među svima obnovljivim izvorima energije u svijetu. Uz pomoć hidrocentrala, koje su i danas brojne u uporabi, električna energija proizvodi se više od jednog stoljeća. Primjerice, Island na komu živi oko 320 tisuća stanovnika, proizvodi najviše obnovljivih izvora energije po glavi stanovnika u svijetu, 80 posto energije dobiva iz hidroelektrana, a ima čak 37 velikih i 200 malih hidrocentrala.



Slika 8. De Alto Lindoso najveća je hidrocentrala, te ujedno i jedna od najvećih građevina u Portugalu.

Zbog posljedica na okoliš (promjena vodotoka, prijetnja flori i fauni, poplavlivanje područja i sl.) sve više se prelazi na izgradnju malih hidrocentrala posebice u udaljenim i siromašnim područjima gdje ostali izvori energije nisu dostupni. Male hidroelektrane se postavljaju na manjim rijekama (npr. na rijeci Ugru) ili potocima s malim i zanemarivim utjecajem na okoliš. Zadnjih godina neke vlade država ali i različite organizacije podupire obnovljive izvore energije u obliku povoljnijih kredita, donacija, poreznih olakšica i sl.

ZAKLJUČAK

Kroz povijest gradile su se različite vodne građevine kao što su akvedukti, vodenice, mostovi, umjetni kanali, hidrocentrale, brane i dr., koje zahvaljujući gradi-



Slika 9. Engleski akvedukt Pontcysyllte, star više od 200 godina služi kao plovni put za manje brodove, preko kojeg godišnje prođe oko 30 tisuća brodova



Slika 10. Jedinственe vodne građevine, kao što su prepoznatljive česme u BiH iz različitih vremena gradnje, često se putem različitih sredstava promidžbe predstavlja najširoj javnosti, te budućim naraštajima za daljnje istraživanje

teljskoj arhitekturi i danas imaju svoju uporabnu vrijednost, te tako unapređuje kvalitetu života. Brojne od njih su sačuvane, te se koriste u svojoj prvotnoj namjeni, neke od njih su vrijedni kulturni spomenici, koji zahvaljujući turizmu ostvaruju značajne financijske rezultate, kako za lokalnu tako i za nacionalnu zajednicu. S obzirom na veliku važnost vode na početku III. tisućljeća, za očekivati je kako će ova kulturno-ekonomska naslijeđa vodnog gospodarstva sve više biti na cijeni, te iz toga razloga potrebno je racionalnije upravljati postojećim, ali isto tako se usmjeravati prema pomalo zaboravljenim dobrima povezanim s vodom.

LITERATURA

Ališehović, H: Voda i električna energija, Časopis Voda i mi, Agencija za vodno područje rijeke Save, Sarajevo, broj 86/2014., str. 41 - 48

<http://www.unwater.org/>

<http://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama>

<http://www.enciklopedija.hr/>

<https://en.unesco.org/>



WOODAUM



ISSN 1512-5327
9771512532006