

VODAMA

ČASOPIS JAVNOG PREDUZEĆA ZA "VODNO PODRUČJE SLIVOVA RIJEKE SAVE" - SARAJEVO

2004

Godina VIII

37



UVODNIK

D. Hrkaš

AKTUELNOSTI

S. Čičić, F. Skopljak
PRILOG POZNAVANJU GEOLOŠKIH HIDROGEOLOŠKIH
ODNOSA U PODRUČJU VRELA BOSNE

ZAŠTITA VODA

I. Štefatić
TEHNOLOŠKI SISTEMI SA PROCJENOM
NITRIFIKACIJE-DENITRIFIKACIJE

S. Trožić-Borovac, D. Hafner
FITOBENTOS I ZOOBENTOS HIDROEKOSISTEMA
ŠIREG PODRUČJA VRELA BOSNE U OCJENI
KVALITETA VODE

A. Čičić
BIODIVERZITET MAKROINVERTEBRATA ZOOBENTOSA
RIJEKE FOJNICE

M. Jahić
OBRADA I DISPOZICIJA MULJA

N. Maksumić
ZAGAĐENOST RIJEKA I VISOK VODOSTAJ

N. Maksumić
UTICAJ KIŠNICE NA ZAGAĐENOST VODE I TLA

ZAŠTITA OD VODA

B. Čavar
REŽIM NANOSA U BUJIČNOM SLIVU
ILI EROZIONOM PODRUČJU (I DIO)

VIJESTI I ZANIMLJIVOSTI

A. JAGANJAC
U COLORADU SE BORE SA OSKUDICOM VODE
I ISTRAŽUJU TRETMAN OTPADNIH VODA

N. Babić
ZAKLJUČCI OKRUGLOG STOLA
"ZA EKOLOŠKU RIJEKU ŽELJEZNICU"

T. Kupusović
PRIKAZ KNJIGE "HIDROTEHNIKA"

IN MEMORIAM
Dr. Sci. Dragutin VAGNER

*Autor kolor fotografija na koricama časopisa
i na srednjim stranama je Haris Kalajdžisalihović*



"VODA I MI"

Časopis Javnog preduzeća za "Vodno područje slivova rijeke Save" Sarajevo

<http://www.voda.ba>

Izdavač:

JP za "Vodno područje slivova rijeke Save"
Sarajevo, ul. Grbavička 4/III

Telefon: ++387 33 20 98 27

Telefon: ++387 33 20 99 93

E-mail: dilista@voda.ba

Glavna urednica:

Dilista Hrkaš, dipl. žurn.

Savjet novina: Predsjednik Mehmed Buturović, direktor JP; Zamjenik predsjednika: Faruk Mekić, predsjednik Upravnog odbora JP; Članovi: Haša Bajraktarević-Dobran, šef Katedre za hidrotehniku Građevinskog fakulteta Sarajevo; Enes Sarač, direktor Hidrometeorološkog zavoda; Enes Alagić; Božo Knežević; Faruk Šabeta.

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

Idejno rješenje korica: DTP STUDIO Studentska štamparija Sarajevo

Priprema za štampu i filmovanje: Zoran Buletić

Štampa: GIK "OKO" Sarajevo

Časopis "Voda i mi" registrovan je kod Ministarstva obrazovanja, nauke i informisanja Kantona Sarajevo pod rednim brojem: 11-06-40-41/01 od 12.03.2001. godine.

POŠTOVANI ČITAOCI,

U prošlom broju uvodnika dat je kraći osvrt na višegodišnji proces institucionalnog jačanja sektora voda u Bosni i Hercegovini. Poslije toga je uslijedilo nekoliko pozitivnih i negativnih reakcija (nažalost, samo usmenih!), od nekih učesnika u tom projektu. Zbog toga, a više zbog najnovijeg izvještaja o mišljenjima i prijedlozima stranih i domaćih konsultanata o reorganizaciji sektora voda, koji se sticajem okolnosti poklapa sa vremenom kada UN, uočivši sadašnje stanje i sve opasnosti koje mogu biti uzrokovane elementarnim nepogodama obilježava Svjetski dan voda pod motom "Voda i katastrofa", opet jedan kratak osvrt na ovu temu.

Kako pomenuti izvještaj ponovo u nekim dijelovima imputira sadašnjoj vodoprivrednoj strukturi neprofesionalnost, neracionalnost, neodgovornost, nedosljednost i još puno toga u negativnoj konotaciji, važno je i nadasve veoma potrebno da se još jednom pokuša ne braniti, (kako se to zna ponekad tumačiti), nego iznijeti i drugo mišljenje, smatrajući da se na to ima ne samo pravo, nego i kompetencija.

Naime, niti jednog trenutka u svih ovih šest i kusur godina (koliko traje "reorganizacija" sektora voda), niko u strukturama vodoprivrede nije sporio potrebu te reorganizacije, naprotiv! Shvatilo se to kao vrlo odgovorna obaveza u smislu pružanja pomoći da se dođe do što boljeg rješenja. Pod tim se nije podrazumijevalo da sugestije i mišljenja predloženi od strane vodoprivrednih struktura moraju biti prihvaćeni, ali i obrnuto, da se one unaprijed slože sa svim onim što osmisle i predlože konsultanti.

Da ne bi opet bilo krivih shvatanja i negativnih imputacija, ponovo se (po ko zna koji put već!) iznose poznati stavovi sektora vodoprivrede koji u najkraćem znače:

- čvrsto opredijeljenje za **integralno upravljanje vodama** pod čim se podrazumijeva jedinstveno upravljanje **kvalitetom** i **kvantitetom** voda u okviru cjeline koja obuhvata i korištenje i zaštitu voda, što dalje znači da je **segment zaštite voda sastavni dio upravljanja vodama**. A "detalj" u kojem će vladinom resoru biti smješten sektor voda, je najmanje važan, važno je da je cjelovit;
- istinsko nastojanje djelatnika vodoprivrede da od početka ovog posla, i pored svojih velikih profesionalnih i radnih zadataka, na traženje konsultanata ili njihovih

partnera pruže sve moguće informacije i podatke kojima raspolažu, nemajući razloga za bilo kakva skrivanja (pa to ne može biti ničiji interes!);

- uvjerenje da rješenja koja se donesu moraju biti usklađena sa Okvirnom direktivom o vodama EU, međudržavnim Ugovorom o rijeci Savi i drugim sličnim dokumentima, i naravno, sa realnim materijalnim i kadrovskim mogućnostima ove zemlje.

Dugogodišnja nastojanja i opredjeljenja vodoprivrede su usmjeravana da u njenom djelokrugu rada značajno mjesto zauzima i borba protiv svih elementarnih nepogoda (poplave, suše i, u zadnje vrijeme, enormna zagađenja). To su nepobitne činjenice koje bi konsultant u procesu donošenja rješenja za institucionalno organizovanje sektora voda u BiH, mogao i trebao uvažiti, a koje su i u bliskoj vezi sa motom ovogodišnjeg Dana voda: VODA i KATASTROFE (WATER and DISASTERS).

Naime, klimatske promjene koje se događaju zadnjih godina i koje prouzrokuju preko 75% od ukupnih katastrofa na planeti, itekako utiču na stanje vodnih resursa, odnosno njihovu promjenljivost, pa i nepredvidivost. To dakako može imati samo negativne i destruktivne uticaje na socio-ekonomski razvoj i napredak čovječanstva. Da bi se umanjio taj negativni uticaj, posebno je važno imati kvalitetan upravljački mehanizam nad vodama i vodnim resursima, što u konkretnom slučaju znači (kod suša i poplava, kao i velikih zagađenja) dobro organizovane, stručne i odgovorne institucije za monitoring, planiranje i djelovanje u datim okolnostima.

Dakle, do kraja postoji spremnost sektora vodoprivrede (sektora voda) uključenja u procese koji će sutra ovoj zemlji omogućiti priključenje evropskim i drugim integracijama, ali i koji će biti jedna od mogućnosti njenog razvoja.

Na tome će biti zahvalne i buduće generacije.



SVIMA VAMA KOJI VOLITE I ČUVATE VODE
I BRINETE O NJIMA,
ČESTITAMO 22. MART - SVJETSKI DAN VODA!

Autori su u cjelosti odgovorni za sadržaj i kvalitet članaka.

PRILOG POZNAVANJU GEOLOŠKIH HIDROGEOLOŠKIH ODNOSA U PODRUČJU VRELA BOSNE /ORIGINALNI NAUČNI RAD/

Sažetak :

Vrelo Bosne je među najvećim karstnim vrelima u Dinaridima. Ističe na jugozapadnom rubu Sarajevskog polja, podno Igmana, oko 3 km jugozapadno od Ilidže. Od ovog vrela počinje rijeka Bosna, koja je bitan faktor u formiranju ležišta pitkih voda u kvartarnim deponatima ovog dijela Sarajevskog polja.

U geološkoj građi terena, u kojem je formiran karstni hidrogeološki sistem, učestvuju karbonatni sedimenti trijasa i fliš gornje krede. Karbonati trijasa izgrađuju i dno polja između Blažuja, Ilidže, Hrasnice i Vrela Bosne. Oni su a tom prostoru pokriveni mladim miocenskim i kvartarnim sedimentima.

U ovom radu su prikazane geološke i hidrogeološke karakteristike terena u području Vrela Bosne, na osnovi novijih proučavanja autora ovog rada.

Ključne riječi: karstno vrelo, trijas, krede, miocen, kvartar, tektonika, kavernožno-pukotinska poroznost, akumulacija podzemnih voda, mehanizam isticanja.

UVOD

Vrelo Bosne je jedan od najznačajnijih kraških fenomena u kršu Bosne i Hercegovine, ali i znatno šire, u Južnoj grani Alpijskog orogena. Njegova geneza, facijalni sastav i struktura nisu adekvatno proučavani. Ustvari, poznavanje njegovih bitnih geoloških i hidrogeoloških odlika je u obrnutoj srazmjeri prema prirodnoj vrijednosti i društveno-ekonomskom značaju.

¹ Dr. Safet Čičić, prof. emeritus, Grbavička 127 A, Sarajevo, geologija

² Mr. Ferid Skopljak, viši asistent, Građevinski fakultet Sarajevo, geologija

Abstract:

Vrelo Bosne is one of the biggest karst springs within Dinarides. It is situated at the outskirts of Sarajevsko polje, just below the Igman mountain, about 3 km to the southwest from the Ilidža. Vrelo Bosne is the spring of river Bosna – the primary resource of groundwater deposits within quaternary sediments of this part of Sarajevsko polje.

The karst hydrogeological system consists of Triassic carbonate sediments and Upper Cretaceous Flysh. The bottom of the area, between Blažuj, Ilidža, Hrasnica and Vrelo Bosne is made of Triassic carbonates. These masses are covered by younger Miocene and Quaternary sediments.

This paper presents geological and hydrogeological characteristics of the terrain of the wider area of Vrelo Bosne, according to recently conducted studies.

Key words: karst spring, Triassic, Cretaceous, Miocene, Quaternary, tectonic, cavernous-fissure potosity, groundwater accumulation, out-flowing mechanism.

S. Č i č i ć se bavio problematikom istraživanja i korištenja geotermalnih potencijala Ilidže još od početka 80-ih godina, a u više radova naročito od 1998., posvetio je znatnu pažnju proučavanju karbonatnih formacija u BiH, te sastavu i tektonici terena u okolini Sarajeva. F. Skopljak, od 1998. godine kontinualno radi na proučavanju hidrogeoloških odnosa u ovom terenu. Na tome je koncipiran i njegov magistarski rad: "Hidrogeološka istraživanja Igmansko-Bjelašničkog karstnog masiva i njihov značaj za vodosnabdjevanje grada Sarajeva", kao i neki drugi radovi koji su korišteni u ovom radu.

U razdoblju od 2001. godine dva autora su zajedno proučavali neke geološko-hidrogeološke odlike

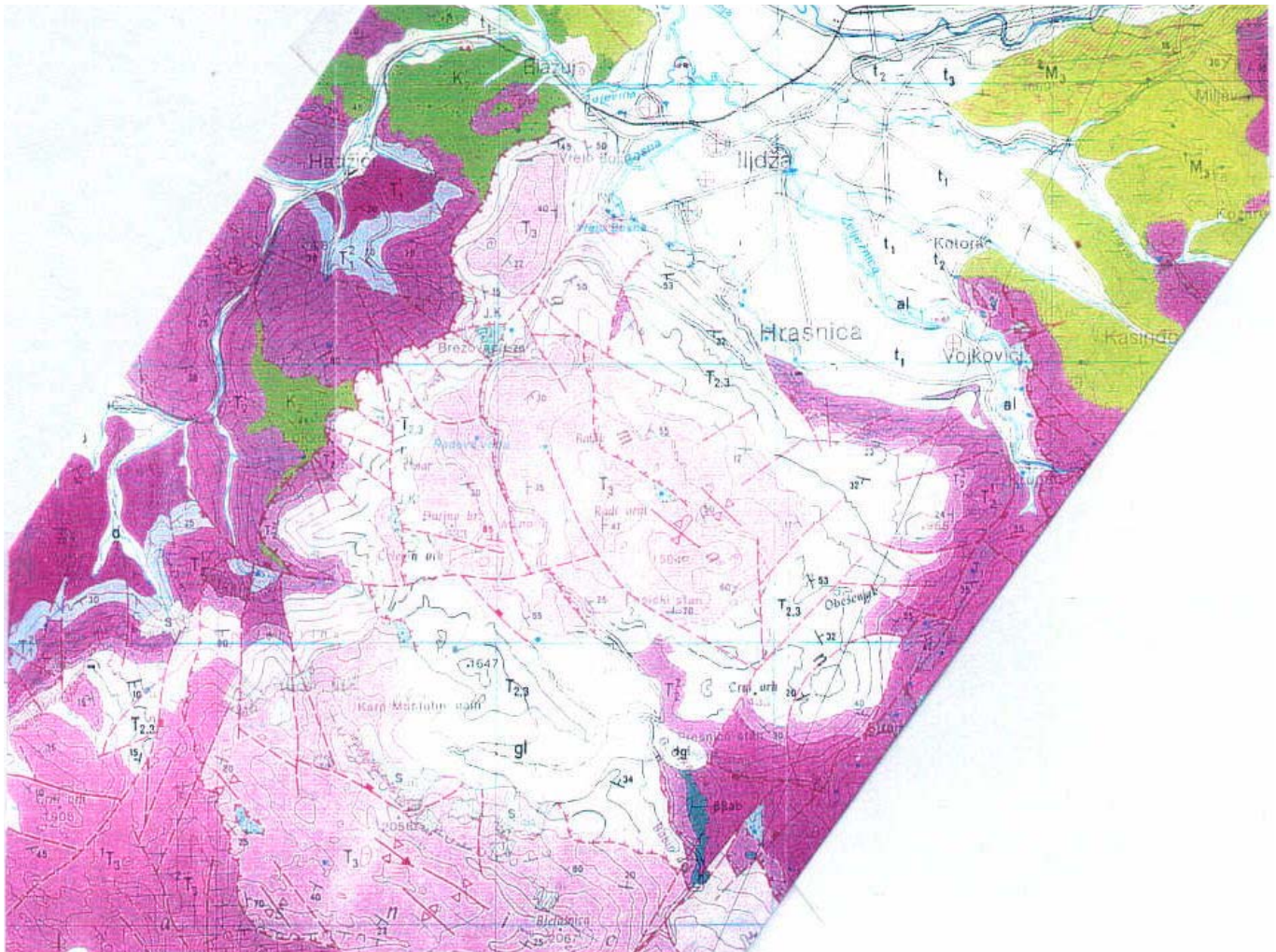
ovih terena. U ovom radu su prezentirani neki novi rezultati, koji će, u znatnoj mjeri, povećati stepen poznavanja ovog terena i Vrela Bosne.

GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE

Proučavani teren obuhvata središnji i zapadni dio planine Igman i dio Sarajevskog polja, između rijeke Željeznice na sjeveroistoku i Zujevine na sjeverozapadu (Sl.1). Zahvata površinu od oko 140 km².

Geomorfološki izgled kraja je izrazito kontrastan; nadmorske visine su u rasponu od oko 520 do preko 1640 m. Sjeveroistočno od Vrela Bosne je dio Sarajevskog polja, u kojem su rijeke Zujevina, Bosna i Željeznica izgradile svoje aluvijalne ravni. U tom dijelu se nalazi i najveća količina pitkih podzemnih voda, sa poznatim ležištima Bačevo, Konaci i Sokolovići. Vrelo Bosne je na nadmorskoj visini 496 m, Ilidža 482 m, a Hrasnica 486 m; ovaj dio polja zahvata površinu oko 25 km².

Najveći dio terena ima planinski karakter. Igman se pruža pravcem sjeverozapad-jugoistok, od Jasen (Krupac) potoka i Vojkovića do Blažuja i Zujevine, na dužini od 13 km. Njihova sjeveroistočna strana se strmo uzdiže iz Sarajevskog polja, tako da planina vrlo brzo dostiže visinu od 1200-1500 m na kratkom rastojanju. Ta greda je dio stare razlomne strukture, poznate pod najčešćim nazivom Busovački rasjed. Duž nje je polomljen trijaski karbonatni masiv i spušten za blizu 1200 m. Do Malog polja (k.1150), Đurinov vrha (k.1533) i Crnog vrha (k.1504), planina ima oblik planinske površi u kojoj se nalazi mnoštvo različitih kraških oblika: vrtača (ponikve), uvala, jaruga, zaravni i ponora. Sjeveroistočno, na kontaktu masiva i Sarajevskog polja, od kraških oblika pojavljuju se humovi, pećine i kraška vrela. Sjeverozapadno od Brezovače i Vrela Bosne, teren se izdiže do blizu 1100 m, a onda se strmo spušta prema Hadžićima i Blažuju, odnosno koritu Zujevine.



Slika.1 – Geološka karta proučavanog terena (Izvor: OGK, list Sarajevo 1:100.000)

1. Klastiti donjeg trijasa (T_1^2); 2. Krečnjaci i dolomite anizika (T_2^1); 3. Pješčari, škriljci, rožnaci i pločasti krečnjaci sa muglama rožnaca (T_2^2); Krečnjaci sa proslojcima i sočivima krečnjaka mlađeg ladinika i karnika ($T_{2,3}$); 4. bankoviti sivi i sivobijeli krečnjaci sa paketima dolomite i megalodonima ($T_{3^{2,3}}$); 5. Fliš gornje krede (K_2); 6. Nevezane breče, šljunkovi i gline kvartara (Q).

Granica između Igmana i Bjelašnice nije oštra, a nalazi se na pravcu od izvora Krupe na sjeverozapadu preko Vučije dole i Velikog Polja do Grkarica na jugoistoku. Odatle se diže postepeno do Kara Mustafinih Čaira (k.1710) i Crnog vrha (k.1755), a onda strmo do grebena Bjelašnice, obilježenog kotama Opservatorij (k.2067) i M. Vlahinja (k.2056).

Izloženo pokazuje da se planina Igman, pretežnim dijelom, nalazi u zaleđu Vrela Bosne i tako predstavlja glavni rezervoar podzemnih voda, koje ističu na vrelo. Ako se, pri tome, imaju u vidu sinklinalna struktura i velika površ ove planine, uz druge elemente litofacijalnog razvoja i tektonske strukture terena, onda se dobijaju kardinalni podaci za tumačenje i razjašnjenje hidrogeoloških odnosa u zoni Vrela Bosne.



Slika 2 – Pogled na Sarajevsko polje i Igmansku gredu iz Blažuja (Fotos: F. Skopljak)

GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

U geološkoj građi terena u području Vrela Bosne učestvuju sedimenti trijasa, gornje krede, miocena i kvartara.

Trijas

Stijene trijaskе periode izgrađuju veći dio Igmana. Samo manji dio terena, u velikoj okuci Zujevine, između Hadžića i Blažuja, pripada gornjokrednom flišu.

- **Donji trijas** (T_1) izdanjuje na oba kraja Igmana:

a) U potoku Jasen je otkriven u normalnom slijedu trijasa, ali izazvano velikim rasjedom, koji presijeca i bilo Bjelašnice, a pruža se od Krupca do Umoljana i dalje prema jugu. Između Lokve i Blažuja donji trijas čine pješčari, glinci i krečnjaci kampilskog potkata (T_1^2), koji kontinualno prelaze u srednji trijas. Njihova je debljina oko 150 m, a lokalno i preko 200 m. U potoku Jasen i znatnom dijelu slivova Lepenice, Zujevine i Željeznice, donji trijas nije rasčlanjen a čine ga kvarc-liskunoviti pješčar, tkz. "Sarajevski pješčar", debljine oko 500 m ili nerascčlanjeni paket izgrađen od slojeva sitnozrnih pješčara, laporaca i krečnjaka,

koji preovlađuju na prelazu u aniziske naslage. Jugostočno od Hadžića u donjem trijasu su izdvojena oba potkata tj. sajski (T_1^1) i kampilski slojevi (T_1^2).

- **Srednji trijas** je otkriven u slivnim terenima Lepenice i Zujevine na sjeverozapadu i Željeznice na jugoistoku ove planine. Izdvojene su naslage aniziske i ladinske starosti.

Aniziski kat (T_2^1) izgrađuje velike površine terena u slivu Željeznice i Zujevine, do Lepenice. Zastupljen je raznovrsnim krečnjacima iz sve tri zone: *Dadocrinus gracilis*, *Rhynchonella decurtata* i *Ceratites trinodosus*. U svim dijelovima ovog karbonatnog kompleksa, debelog oko 400 m, pojavljuju se sočiva, slojevi i deblji paketi dolomita. Njihovo prisustvo, kao vododrživog horizonta je od izuzetnog značaja za proučavanje i poznavanje režima podzemnih voda ovog terena. Zbog toga ih, treba detaljno izdvajati u karbonatnom kompleksu i proučavati i sa ovog stanovišta.

Ladinski kat je složenog facijalnog sastava. Pojavljuje se na znatno manjoj površini, sačuvan od erozije u sinklinalnim strukturama i u podini mlađih trijaskih sedimenata. U starijem dijelu ovog kata su submarinske vulkanogene tvorevine, predstavljene glincima, tufovima, rožnacima, laporcima, slojevitim krečnjacima sa muglama rožnaca i, lokalno, probojima i silovima spillita i dijabaza. Ove naslage su promjenjive debljine, od 100 – 400 m. Prisutni su u građi Igmana i drugih planina južno od Sarajeva. (V.: tabela na narednoj strani)

- **Srednji i gornji trijas** ($T_{2,3}$) imaju značajnu ulogu u građi Igmana. U ovaj član su izdvojeni paketi masivnih i bankovitih krečnjaka i dolomite. Krečnjaci, koji preovlađuju u građi ovog stratigrafskog člana, imaju visoko učešće $CaCO_3$, veoma su karstifikovani i poremećeni. Dolomiti ovog nivoa su mikro i kriptokristalasti, sive i svijetlosive boje, često brečasti i grusificirani. Debljina karbonata $T_{2,3}$ je u rasponu 300 – 500 m. U njihovom najgornjem dijelu se počinju pojavljivati megalodoni (Tumač lista Sarajevo, str. 24).

- **Gornji trijas** (T_3), predstavljen bankovitim krečnjacima norika i reta, izgrađuju dno velike sinklinalne Igmana. U njihovoj podini su karbonati iz prethodnog člana, koji ih okružuju sa svih strana. Rasjednuti su, ubrani i spuštene u dublje nivoe. Sadrže pakete dolomite sive i tamnosive boje. Imaju debljinu i preko 500 m. Kao takvi su, zajedno sa karbonatima srednjeg i gornjeg trijasa, značajan faktor u formiranju karstne izdani iz koje ističe Vrelo Bosne, Stojčevac, Uzunovo vrelo, vrelo Hrasnice i niz manjih izvora u podnožju Igmana, do Hrasnice.

Veća masa krečnjaka gornjeg trijasa očuvana je na grebenu Igmana južno od Blažuja u rejonu Golog brda (k1246), u formi sinklinalne koja je prema sjeverozapadu navučena na gornjokredni fliš, a između Vrela Bosne i Brezovače rasjednuta i dovedena u tektonski kontakt sa starijim, srednje-gornjetrijaskim karbonatima (Sl.4). Ovakva situacija je vrlo indikativna, jer bi gornjokredni fliš, pretežno izolatorskih ka-

<i>Starost</i>	<i>Debljina (m)</i>	<i>Tekstualni opis</i>
Kvartar	60-120	Breče, grubozrni konglomerati, gline i aluvijalni šljunak i pijesak
Miocen	100-150	Gline, laporovite gline, tanki slojevi lignita, alevroliti i krečnjaci
Gornja kreda -turon, senon	150-200	Pješčari, laporci, kalkareniti, brečoidni krečnjaci - fliš turon-senona ($K_2^{2,3}$)
Gornji trijas -norički i retski kat	400 - 500	Bankoviti krečnjaci i dolomiti noričkog i retskog kata ($T_3^{2,3}$)
Srednji i gornji trijas	300-500	Slojeviti, rjeđe bankoviti krečnjaci i dolomiti - mladi ladinik - karnik ($^{2T22} - ^{1T31}$)
Ladinski kat	100-400	Pješčari, škriljci, glinci, ro`naci i pločasti krečnjaci sa muhlama ro`naca, stariji ladinik (1T22)
Aniziski kat	250-400	krečnjaci i dolomiti; dolomiti i krečnjaci, u promjenjivoj izmjeni i zastupljenosti
Donji trijas - sajski i kampilski slojevi	500-600	Pješčari, glinci i laporci u donjem, laporci i krečnjaci u gornjem dijelu (Had`ići-Bla`uj) - Sarajevski pješčari

Slika. 3 – Litostratigrafski stub u području Vrela Bosne i planine Igman (S.Č i Ć i Ć, F. Skopljak, 2004.)

rakteristika, mogao da usmjerava vode Igmana u zonu pomenutog rasjeda i tako, na rubu polja i kontakta sa busovačkim rasjedom, omogućava konstantno isticanje voda na ovom i drugim vrelima u podnožju ove planine. Zbog toga buduća geološka istraživanja, posebno geofizička ispitivanja i istražna bušenja, treba projektovati sa idejom za razjašnjenje ove mogućnosti.

Gornja kreda (K_2)

Sedimenti gornje krede su zastupljeni između Blažuja i Hadžića. Taloženi su diskordantno preko karbonata anizika. Oni, vjerovatno, predstavljaju cijelinu sa gornjokrednim flišem iz sjeveroistočnog oboda Sarajevsko-zeničkog basena, otkrivenim između Breze i Misoče.

U sastavu gornjokrednog fliša su brečasti krečnjaci, kalkareniti, laporoviti i pjeskoviti krečnjaci i laporci. Na profilima u koritu Zujevine vide se kompletne sekvence fliša, gdje iznad gradacionih članova slijedi nivo sa horizontalnom laminacijom, zatim nivo sa konvolucijom i ponovo nivo sa laminacijom. Debljina cijelih sekvenci ovdje je oko 20 m. Ukupna debljina fliša u okolini Blažuja je oko 150 – 200 m.

Gornji miocen (M_3)

Sjeveroistočno od Vrela Bosne, na lijevoj strani Zujevine i u slivu Kasindolskog potoka otkriveni su jezerski sedimenti gornjeg miocena. U bazalnom di-

jelu su breče i trošni konglomerati, a zatim trošni pješčari, laporci i gline, koje, oko Rakovice i Kasindola, sadrže tanke slojeve lignite. Prema dosadašnjim saznanjima ovi sedimenti nisu zastupljeni u građi basenskog dna između Vrela Bosne Ilidže i Hrasnice. No, tu mogućnost ne treba sasvim isključiti, posebno pri projektovanju dubokih bušotina u dolini rijeke Željeznice. Debljina limničkih sedimenata u ovim, perifernim, dijelovima basena je u rasponu 100 – 150 m.

Kvartar (Q)

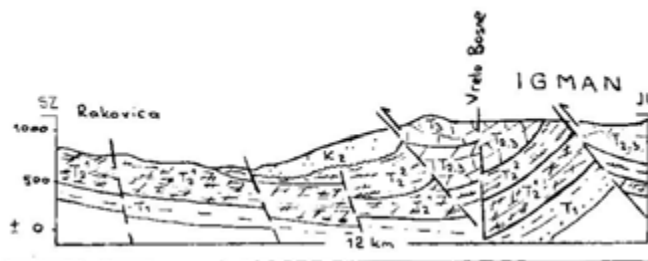
Sedimenti kvartara izgrađuju dio Sarajevskog polja između Blažuja, Ilidže i Hrasnice i padina Igmana. Taloženi su diskordantno na karbonatima srednjeg-gornjeg trijasa. U donjem dijelu su grube breče i trošni krupnozrni konglomerati, na kojima slijedi paket pjeskovitih glina i glina. U završnom dijelu su aluvijalni šljunkovi debljine i do 50 m. Ukupna debljina kvartarnih taloga je 100-120 m, sa znatnim promjenama u ograničenom terenu.

Donji konglomeratno-šljunkoviti i gornji šljunkoviti horizont kvartara su velika akumulacija – ležište podzemnih voda. Oni su glavni resurs za vodosnabdijevanje Sarajeva, što će ostati u dugom sagledivom terminu.

TEKTONIKA

Dubinska građa terena u zoni Vrela Bosne veoma je složena. To se odnosi i na planinu Igman u

cjelini, što ilustruju i podaci na Osnovnoj geološkoj karti (Sl.1). od nabornih oblika dominantna je sinklinala Igmana, koja se, pravcem SZ-JI, pruža od Krupačkog potoka (Jasen) do Zujevine, na dužini od preko 14 km. Sinklinala tone prema sjeverozapadu, gdje je navučena na kredni fliš i starije trijasko naslage. U njenom dnu su megalodonski krečnjaci, a sa svih strana su srednjegornjetrijaski ($T_{2,3}$) krečnjaci i dolomiti. Čelni dio ove strukture, sjeverozapadno od linije Brezovača – Vrelo Bosne je ubran u sinklinalu sjever – jug. U njenom spuštenom dnu su sačuvani megalodonski (T_3) i srednje-gornje trijaski karbonati ($T_{2,3}$). Ovaj dio trijaskih naslaga je, rasjedom Brezovača – Vrelo Bosne, odvojen od glavnog dijela sinklinale Igmana i skrenut u pravcu



Slika 4 – Geološki profil terena na pravcu Rakovica-Vrelo Bosne-Igman (S.Č i č i ć, F. Skopljak, 2004.)

T_1 – pješčari, laporci i krečnjaci donjeg trijasa; T_2^1 – krečnjaci i dolomite anizika; T_2^2 – pješčari, škriljci, rožnaci i pločasti krečnjaci sa muglama rožnaca, stariji ladinik; $T_{2,3}$ – krečnjaci i dolomite mlađeg ladinika i karnika; T_3 – krečnjaci i određeno dolomite noričkog i retskog kata, K_2 - krečnjaci, kal-kareniti, laporoviti i pjeskoviti krečnjaci i laporci.

sjever – jug. Svojim čelom, kako smo naveli, trijasko naslage su, zapadno od Vrelo Bosne, navučene preko fliša gornje krede (Sl. 4). Slična je situacija i južno, u predjelu sela Lokve, gdje je jugozapadno krilo sinklinale Igmana zahvaćeno sa više radijalnih i reversnih rasjeda. Sasvim je nejasno dokle su, prema jugoistoku prisutni sedimenti gornje krede? Oni, moguće je, dolaze do zone rasjeda Brezovača – Vrelo Bosne i tako igraju odlučujuću ulogu u zadržavanju podzemnih voda i njihovom skretanju prema sjeveru – sjeveroistoku (Sl. 5).



Slika 5 – Geološki profil terena iznad Vrelo Bosne (S.Č i č i ć, F. Skopljak, 2004.)

T_1 – pješčari, laporci i krečnjaci donjeg trijasa; T_2^1 – krečnjaci i dolomite anizika; T_2^2 – pješčari, škriljci, rožnaci i pločasti krečnjaci sa muglama rožnaca, stariji ladinik; $T_{2,3}$ – krečnjaci i dolomite mlađeg ladinika i karnika; T_3 – krečnjaci i po-

dređeno dolomite noričkog i retskog kata, K_2 - krečnjaci, kal-kareniti, laporoviti i pjeskoviti krečnjaci i laporci.

U tom slučaju dubinski sklop terena sjeverno od Vrelo Bosne bio bi, vjerovatnije, kao na slici 5. I u tom slučaju bi uloga gornjokrednog fliša, kao hidrogeološkog izolatora prema naslagama iz povlate i barijere oticanju voda prema sjeverozapadu, bila još izrazitija. Smatramo da je od većeg naučnog i praktičnog značaja dalje proučavanje opisanih geoloških i karstoloških fenomena u predjelu Igmana i, posebno, Vrelo Bosne.

Duž busovačkog rasjeda je karbonatna masa Igmana, spuštена za više stotina metara. Tako je Vrelo Bosne došlo u zonu rasjedne površine, iznad kvartarnog pokrivača. Vrelo taj nivo održava zahvaljujući dolomitima anizika, a dijelimično i flišnim naslagama na njegovoj lijevoj strani. Takav litofacijalni sastav i projecirani dubinski sklop omogućuju dugoročnu egzistenciju stabilnog hidrogeološkog režima na Vrelo Bosne.

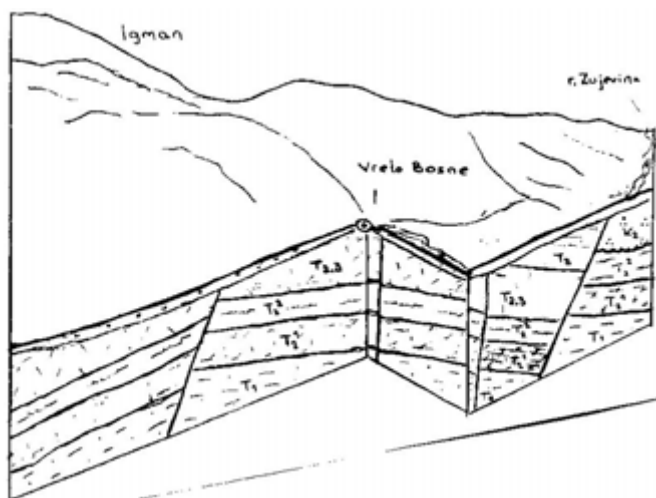
HIDROGEOLOŠKI ODNOSI

Hidrogeološke karakteristike područja Vrelo Bosne i Igmana su u uskoj vezi sa geološkom građom i strukturno-tektonskim karakteristikama terena. Prema strukturi poroznosti i vodopropusnosti stijenskih masa, izdvojene su:

- dobro vodopropusne stijenske mase kaverno-znokotinske poroznosti,
- slabovodopropusne stijenske mase pukotinske poroznosti, i
- pretežno nepropusni kompleksi,



Dobro vodopropusne stijenske mase kavernozno-pukotinske poroznosti predstavljaju dolomitični krečnjaci i krečnjaci anizika i srednjegornjeg trijasa, te krečnjaci gornjeg trijasa. Izgrađuju centralne dijelove Igmanskog masiva a odlikuje ih velika ispuca-
lost i intenzivna karstificiranost, koja se manifestira brojnim vrtačama, uvalama, pećinama i ponorima. Iz strukture poroznosti proističu visoke vrijednosti hidrogeoloških parametara sa koeficijentom filtracije $k = 6,6 \times 10^{-2}$ m/s i koeficijentom vodopropusnosti $T = 1,52 \times 10^{-1}$ m²/s. Brzine kretanja podzemnih voda proračunate na osnovu rezultata bojenja su visoke i iznose $v = 2,3$ cm/s (F. Skopljak, 2000. str. 37). Velika površina rasprostranjenja, debljina, struktura poroznosti i filtracione karakteristika ovih stijenskih masa omogućili su formiranje akumulacija podzemnih voda kraškog tipa, značajne zapremine.



Slika 6 – Blok dijagram terena u rejonu Vrela Bosne (S.Č i č i ć, F. Skopljak, 2004.)

$T_3, T_{2,3}, T_2^1$ - dobro vodopropusne stijenske mase kavernozno-pukotinske poroznosti, T_2^2 - slabovodopropusne stijenske mase pukotinske poroznosti, T_1, K_2 - pretežno nepropusni kompleksi.

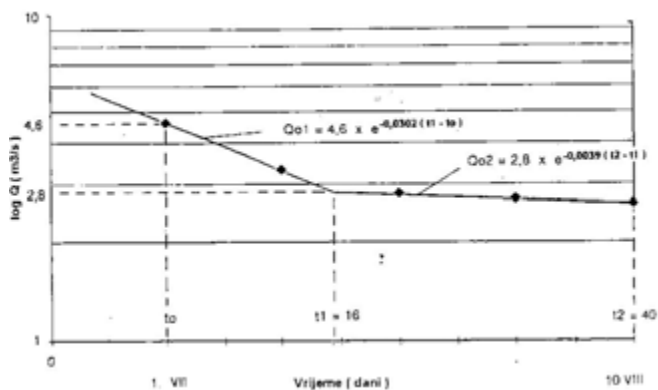
Slabovodopropusne stijenske mase pukotinske poroznosti predstavljaju naslage ladinika izgrađene od glinaca, rožnaca, pješčara i krečnjaka sa muglama rožnaca. Utvrđene su u zapadnim i jugoistočnim dijelovima Igmanskog masiva u rejonu izvora Krupce u okolini Krupca, Jasena, Crnog vrha i Grkarice. Usljed značajne tektonske oštećenosti u ovim naslagama je razvijena pukotinska poroznost i slabija vodopropusnost. Nije isključena i veća vodopropusnost ovih naslaga u zoni rasjeda, o čemu nema dovoljno podataka. U odnosu na litološki sastav, ladiniske naslage generalno imaju funkciju dijelimične podinske hidrogeološke barijere kretanju podzemnih voda sinklinali Igmana.

Pretežno nepropusni kompleksi izgrađuju rubne, sjeverozapadne i jugoistočne, dijelove Igmana. Izgrađeni su od glinaca, pješčara, laporaca i pjeskovitih krečnjaka donjeg trijasa, te glinaca, laporaca i la-

porovitih krečnjaka gornjokrednog fliša. Donjetrijaske naslage predstavljaju podinsku hidrogeološku barijeru kretanju podzemnih voda formiranih u vodopropusnim karbonatnim naslagama srednjeg i gornjeg trijasa. Na kontaktu ovih stijenskih masa po pravilu se pojavljuju izvori kontaktnog tipa izdašnosti cca 50 l/s, kao što je izvor Krupce i izvor Ribnjak kod Hadžića. Nepropusni kompleksi gornjokrednih flišnih naslaga predstavljaju bočnu hidrogeološku barijeru kretanju podzemnih voda, koje egzistiraju u vodopropusnim karbonatnim stijenskim masama srednjeg i gornjeg trijasa. U prilog tome je činjenica, da se na njihovom kontaktu u rejonu sela Lokve, Hrasničkog stana, Brezovače i Blažuja pojavljuju izvori karakterističnog kontaktnog tipa i izdašnosti manje od 5 l/s.

U dobrovodopropusnim stijenskim masama kavernozno-pukotinske poroznosti formirana je velika akumulacija podzemnih voda. Prihranjivanje akumulacije vrši se infiltracijom atmosferskih voda u zoni intenzivno karstificiranih karbonatnih stijenskih masa šireg prostora Igmana na površini oko 100 km². Padavine se brzo infiltriraju u podzemlje do vodonepropusne podinske barijere gdje formiraju akumulaciju podzemnih voda kraškog tipa. Nivo vode u akumulaciji je slobodan, sa piježometarskom linijom čija visina i nagib osciliraju zavisno od padavina.

Pražnjenje akumulacije se vrši najvećim dijelom preko desetak stalnih i povremenih izvora na obodu Sarajevskog polja. Vrela imaju izraziti kraški režim sa velikim oscilacijama proticaja. Analiza proticaja (pražnjenja) akumulacije podzemnih voda u podnožju Igmana, na rubnoj liniji Sarajevskog polja, ukazuje da na Vrelu Bosne ističe više od 90%. Izdašnost Vrela Bosne je u rasponu 1,4 - 24 m³/s. Minimalna izdašnost je desetak puta veća od minimalne izdašnosti svih ostalih vrela u podnožju Igmana zajedno. Maksimumi izdašnosti Vrela Bosne su u periodu decembar-januar i mart-april. Povećana izdašnost Vrela Bosne traje do juna mjeseca, kada dolazi period opadanja izdašnosti. Minimalna izdašnost je u julu i avgustu, a onda nastaje period recesije. Zapaža se neslaganje oscilacija proticaja vrela sa visinom padavina u periodu mart-april kada padavine imaju mi-



Slika 7 - Kriva pražnjenja Vrela Bosne (F. Skopljak, I. Žigić 2003., str. 315)

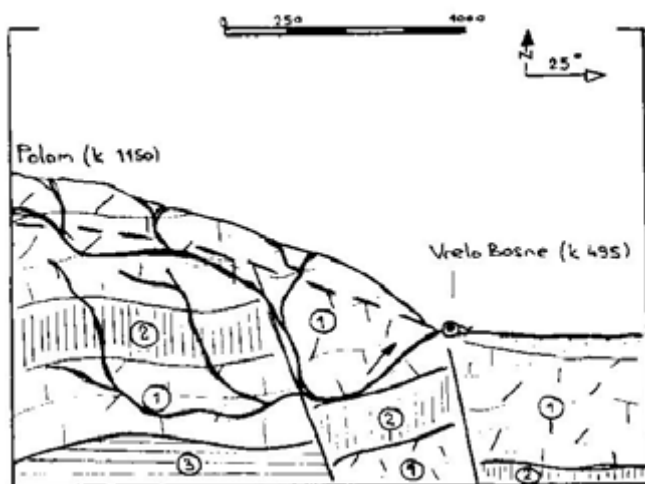
nimum a proticaji maksimum, što je posljedica topljenja snijega. Izvjesna podudarnost zapaža se u jesenjem periodu, kada veće padavine, zbog brze infiltracije, izazivaju porast izdašnosti Vrela Bosne.

Kriva pražnjenja Vrela Bosne u recesionim uslovima ima dva mikrorežima pražnjenja (Sl. 7). Koeficijent pražnjenja prvog mikrorežima ima vrijednost $\alpha_1 = 3,02 \times 10^{-2}$, što odgovara turbulentnom pražnjenju kraškog akvifera sa kanalima i pukotinama velikog prečnika. Međutim, koeficijent pražnjenja drugog mikrorežima ima deset puta manje vrijednost i iznosi $\alpha_2 = 3,9 \times 10^{-3}$, što odgovara sporijem dreniranju akvifera sa kanalima manjih dimenzija, sitnijih pukotina i sl. Prema hemijskom sastavu, voda Vrela Bosne je hidrokarbonatno-kalcijsko-magnezijskog tipa što ukazuje na kretanje podzemnih voda kroz krečnjačke i dolomitske stijenske mase.

MODEL FORMIRANJA I MEHANIZAM ISTICANJA VRELA BOSNE

Geološka građa, dubinski sklop i hidrogeološke karakteristike Igmama imaju suštinski značaj za nastanak, mehanizma isticanja i izdašnost Vrela Bosne.

Pravac tonjenja sinklinale Igmama odredio je i pravac kretanja podzemnih voda, iz zone prihranjivanja ka sjeverozapadu do zone Brezovačkog rasjeda, kojim se zatim vode usmjeravaju ka Vrelu Bosne. Tome su svakako doprinijele i gornjokredne flišne naslage, koje u tom području predstavljaju bočnu hidrogeološku barijeru kretanju podzemnih voda.



Slika 8 – *Mehanizam isticanja Vrela Bosne* (S. Čičić, F. Skopljak, 2004.)

1. - kraški akvifer; 2. - djelimična podinska barijera;
3. - podinska barijera

Sinklinalan položaj kraškog akvifera i vertikalni raspored vodopropusnih i nepropusnih stijenskih kompleksa u zaleđu Vrela Bosne, predisponirali su formiranje vrela tipičnog *uzlaznog ili ascendentnog tipa*, čemu u prilog idu slijedeće činjenice:

- analizom krive pražnjenja Vrela Bosne u recesionom periodu (period bez padavina) utvrdili smo

postojanje «rezidualnih rezervi» podzemnih voda u karbonatnim naslagama Igmama,

- poslije intenzivnih padavina i topljenja snijega, i kod izdašnosti vrela preko 10 m³/s, vrelo se nikada ne muti, što ukazuje da se pod djelovanjem hidrostatskog pritiska prazne «rezidualne» rezerve podzemnih voda, što isključuje gravitaciono-descendentni mehanizam isticanja,
- pri velikoj izdašnosti dolazi do značajnog smanjenja temperature vode sa prosječnih 7,8 na 5,8°C što, takođe, ukazuje na pražnjenje rezidualnih rezervi iz veće dubine,
- visoke izdašnosti vrela u periodu intenzivnih padavina, rezultat su prije svega povećanja hidrostatskog pritiska odnosno povećanja nivoa i nagiba pijezometrijske linije kraške izdani u zaleđu vrela,
- na svim manjim vrelima u rejonu Vrela Bosne, voda istiskuje veće količine mjehurića zraka iz podzemnih kanala, što ukazuje na njihov uzlazni karakter.

LITERATURA

- Bašagić, M., Skopljak, F. (2003.): Izvještaj o izvođenju bunara "CC Well" u krugu kompanije Coca-Cola Beverages B-H d.o.o Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo- Institut za geologiju, Sarajevo.
- Bašagić, M., Skopljak, F. (2003.): An Artesian aquifer in Rakovica near Sarajevo area, Periodical for Mining, Metallurgy and Geology - Materials and geoenvironment, p. (13-16), Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani in Institut za rudarstvo, geotehnologiju in okolje, Ljubljana
- Čičić, S. (2002): Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine, p. 1-350. Earth Science Institute. Sarajevo.
- Čičić, S., Bašagić, M., Skopljak, F., (2002.): Studija - Karta mineralnih sirovina Kantona Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo.
- Jovanović, R., Mojićević, M., Rokić, Lj., Tokić, S. (1978.): Osnovna geološka karta 1: 100.000, list Sarajevo i Tuzla. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Kitl, E. (1904.): Geologie der Umgebung von Sarajevo. Jarbuche der geolog. Reichsonstalt. Bd. 53, p. 515 - 748. Wien.
- Milojević, R. (1964.): Geološki sastav i tektonski sklop Srednjobosanskog basena. Posebno izdanje Geološkog zavoda, knj. 11, p. 1 - 120. Sarajevo.
- Mojićević, M. (1978.): Geološki sastav i tektonski odnosi terena između Sarajeva i Nevesinja. Ibid, knj. XIV, Sarajevo.
- Mućić, M. (1964.): Geološki odnosi ugljonosnih terena Srednjobosanskih ugljenokopa Bile, Zenice, Kaknja i Breze. Ibid, knj. V, p. 1 - 108. Sarajevo.
- Skopljak, F., (2000): Hidrogeološka istraživanja Igmansko-Bjelašničkog karstnog masiva i njihov značaj za vodosnabdjevanje grada Sarajeva, magistarski rad, RGGF - Tuzla
- Skopljak, F., Žigić, I. (2003.): Proračun hidrogeoloških parametara i rezervi podzemnih voda Igmansko-Bjelašničkog karstnog masiva analizom krive pražnjenja Vrela Bosne, Geološki glasnik br.35., p.309-319., Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo.

TEHNOLOŠKI SISTEMI SA PROCESOM NITRIFIKACIJE-DENITRIFIKACIJE

1. Osnovna podjela tehnoloških sistema

Osnovna podjela brojnih modifikacija postupaka prečišćavanja komunalnih otpadnih voda u kojima se primjenjuje proces nitrifikacije i denitrifikacije je slijedeća:

- (a) **Sistemi sa odvojenim procesom denitrifikacije**, u kojima se proces denitrifikacije provodi sa posebnom biomasom aktivnog mulja u odnosu na biomasu koja se koristi u procesu nitrifikacije i oksidiranja ugljične organske materije. To su tzv. *dvofazni sistemi sa aktivnim muljem*.
- (b) **Sistemi sa objedinjenim procesom denitrifikacije**, u kojima se proces denitrifikacije provodi sa istom biomasom aktivnog mulja koja se koristi za proces nitrifikacije i oksidiranja ugljične organske materije. To su tzv. *jednofazni sistemi sa aktivnim muljem*.

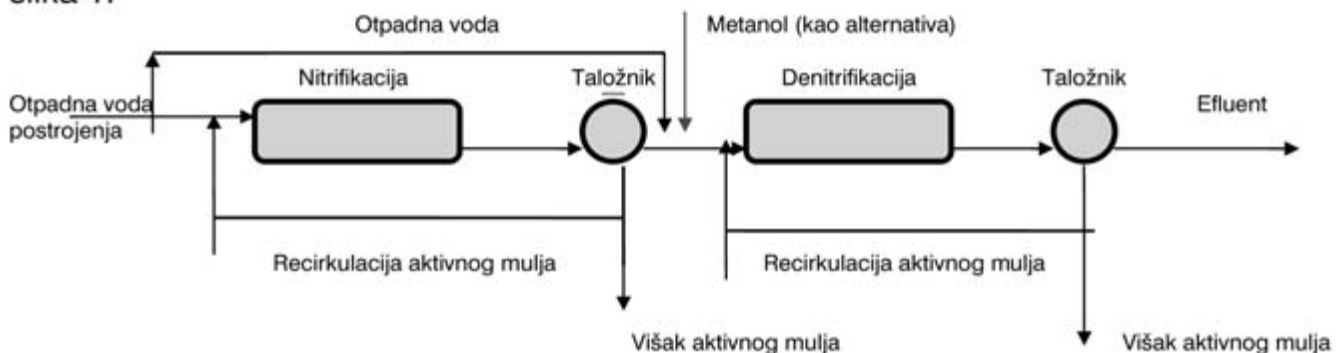
2. Tehnološki sistemi sa odvojenim procesom denitrifikacije

Kod ovih sistema oba bio-reaktora, jedan za proces nitrifikacije i drugi za proces denitrifikacije, imaju posebne taložnike i recirkulaciju biomase aktivnog mulja. U bio-reaktoru za denitrifikaciju održavaju se

anoksični uslovi a biomasa se pomoću mehaničkih mješača održava u suspenziji. S obzirom da je organski ugljik u značajnoj mjeri oksidiran u prethodnom, aerobnom bioreaktoru, u cilju unosa ugljika u anoksični bioreaktor uvodi se sirova komunalna otpadna voda ili se dozira metanol. Biomasa aktivnog mulja u aerobnom bio-reaktoru sastoji se od mješavine heterotrofnih i autotrofnih mikroorganizama, dok biomasu u anoksičnom bioreaktoru čine fakultativni anaerobni mikroorganizmi koji razgrađuju otopljene ugljične organske materije koristeći nitrata (NO_3) kao izvor kisika uz simultanu redukciju istih do elementarnog nitrogena (N_2).

Postupak sa odvojenim procesom denitrifikacije, sa korišćenjem sirove komunalne otpadne vode kao izvora ugljičnih spojeva, prikazan je na slici 1. Za ovaj postupak je karakteristično da se u anoksičnom bioreaktoru teško postiže optimalan odnos ugljika i nitrogena (BPK_5/TKN) zbog promjenljivosti sastava komunalnih otpadnih voda u dotoku, tako da se u efluentu postrojenja pojavljuju relativno velike koncentracije NH_4^+ i BPK_5 , dok efekti uklanjanja nitrata iznose 75% do 90% izraženo kao $\text{NO}_3\text{-N}$. Efekti uklanjanja ukupnog nitrogena iznose 60-70% izraženo kao TKN.

slika 1.



Alternativni postupak sa odvojenim procesom denitrifikacije i doziranjem metanola kao izvora ugljika omogućava dostizanje visokog kvaliteta efluenta, sa efektima uklanjanja nitrata od 90% do 95% ($\text{NO}_3\text{-N}$), s obzirom da je brzina hemijske reakcije sa metanolom veća za oko 3 puta u odnosu na postupak sa sirovom komunalnom otpadnom vodom. Efekat uklanjanja ukupnog nitroгена iznosi 80% do 100%. Osnovna prednost ovog postupka je što omogućava praktično 100% uklanjanje nitroгена iz komunalnih otpadnih voda uz manju zapreminu bio-reaktora za denitrifikaciju. Osnovni nedostatak je relativno visoka cijena metanola, te moguće pogonske teškoće s obzirom na potrebu podešavanja doze metanola eventualnim, izraženim promjenama kvaliteta sirovih otpadnih voda u dotoku. Naime, u slučaju prevelike doze metanola dolazi do povećanja koncentracije BPK5 u biološki prečišćenom efluentu, dok u slučaju nedovoljne doze metanola dolazi do povećanja koncentracije nitrata u efluentu.

3. Tehnološki sistemi sa objedinjenim procesom denitrifikacije

3.1. Sistemi sa naknadnom denitrifikacijom

Osnovna karakteristika ovih sistema je da se procesi uklanjanja organskog ugljika, nitrifikacija i denitrifikacija provode korištenjem iste biomase aktivnog mulja, te da se proces denitrifikacije provodi nakon potpuno obavljene nitrifikacije. Kao izvor ugljika za proces denitrifikacije koristi se sirova komunalna otpadna voda ili metanol. Brzina denitrifikacije sa metanolom iznosi 5 do 10 g N uklonjenog po kg volatilnih materija aktivnog mulja na čas (5-10 g N/kg VM, čas), a u slučaju denitrifikacije sa sirovom komunalnom otpadnom vodom brzina denitrifikacije je u funkciji vrste i koncentracije prisutnih organskih materija. Vrijednosti brzine denitrifikacije u postupku naknadne denitrifikacije su reda veličine 0.2-0.3 g N/kg VM, čas.

Na slici 2. prikazan je sistem bez uvođenja otpadne vode u proces denitrifikacije (tzv. *Wuhrmann proces*) sa alternativnim rješenjima uvođenja otpadne vode ili metanola u proces denitrifikacije.

U *Wuhrmann procesu*, bio-reaktor za nitrifikaciju prima dotok otpadnih voda i recirkulirani aktivni mulj iz taložnika. Efluent iz ovog bio-reaktora odvodi se u bio-reaktor za denitrifikaciju gdje se u uslovima en-

dogene respiracije i likvifikacije biomase aktivnog mulja stvara potrebna energija za proces denitrifikacije. Količina oslobođene energije je relativno mala zbog male koncentracije lako razgradive organske materije (BPK_5), što praktično rezultira niskim stepenom denitrifikacije. Prema tome, brzina denitrifikacije je mala, tako da je potrebno dugo vrijeme zadržavanja otpadne vode u ovom bioreaktoru (oko 10 časova), odnosno potrebna je velika zapremina bioreaktora. Pored toga, proces može dobiti nepovoljan trend u smislu formiranja končastih (filamentoznih), sporo taloživih mikroorganizama u biomasi aktivnog mulja sa nepovoljnim posljedicama na efikasnost taložnika, odnosno procesa u cjelini. S obzirom na konfiguraciju sistema, za određenu starost biomase aktivnog mulja t_s potrebno je uspostaviti povoljan odnos između minimalne količine aerobne i anoksične frakcije u ukupnoj biomasi, čime se u konačnoj instanci postavlja limit za ukupnu količinu nitrata koji se može denitrificirati. Izvjesno poboljšanje *Wuhrmann procesa* predstavljaju modifikacije sa uvođenjem dijela sirovih otpadnih voda ili doziranjem metanola u bioreaktor za denitrifikaciju. Ovim se postižu povoljniji uslovi za provođenje procesa denitrifikacije jer se uvodi lako razgradivi organski supstrat, čime se umanjuju nepoljnosti karakteristične za *Wuhrmann proces*, ali se mogu očekivati povećane koncentracije NH_4^+ i BPK_5 u efluentu postrojenja u slučaju neadekvatnog podešavanja doze metanola ili dijela otpadne vode koja se uvodi u bio-reaktor.

Primjena sistema sa postupkom naknadne denitrifikacije nema više značaja u savremenoj praksi prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, posebno zbog povećanih investicionih i pogonskih troškova, tako da se njihova primjena ograničava uglavnom na tretman određenih vrsta industrijskih otpadnih voda.

3.2. Sistemi sa prethodnom denitrifikacijom

3.2.1. LE proces

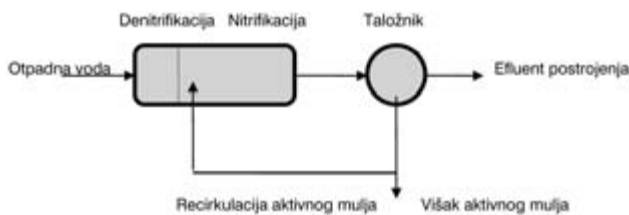
Ludzak i Ettinger su 1962.godine prvi predložili konfiguraciju procesa u kojoj bi se razgradivi organski supstrat u influentu direktno koristio kao glavni izvor energije za proces denitrifikacije. U ovom procesu se sirova komunalna otpadna voda uvodi u bio-reaktor za denitrifikaciju u kome se provodi mehani-

slika 2.



čko mješanje u cilju ostvarenja povoljne disperzije dotoka u prostor bio-reaktora, dok se biomasa aktivnog mulja održava u anoksičnim uslovima. Ovaj bio-reaktor je sa nepotpunom pregradom povezan za bioreaktorom za proces nitrifikacije, tako da se miješanje u anoksičnom dijelu bioreaktora ne smije provoditi pomoću komprimiranog zraka. Nitrificirani, istaloženi aktivni mulj iz taložnika se recirkulira na početak dijela bio-reaktora za proces nitrifikacije u cilju ostvarenja odgovarajuće koncentracija nitrifikanta u tome dijelu bio-reaktora. Postupci prethodne denitrifikacije ostvaruju brzinu denitrifikacije od 2-3 g N/kg VM, čas, dakle oko 10 puta veću od postupaka sa naknadnom denitrifikacijom, što ukazuje na značajne tehnološke prednosti ovih postupaka. Ova konfiguracija, poznata pod nazivom *LE proces*, omogućava dostizanje uklanjanja nitrogena sa efektima od oko 80% (TKN) u odnosu na ulaznu koncentraciju u sirovim komunalnim otpadnim vodama. Na slici 3. prikazan je sistem sa prethodnom denitrifikacijom - *LE proces*.

slika 3.

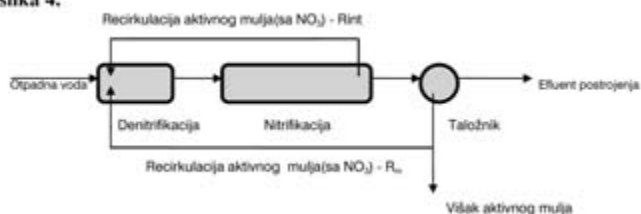


3.2.2. MLE proces

Barnard je 1973 godine predložio potpuno potpuno odvajanje bio-reaktora za denitrifikaciju u *LE procesu*, uvodjenje kontrolirane recirkulacije aktivnog mulja iz aerobnog u anoksični bio-reaktor i recirkulaciju aktivnog mulja iz naknadnog taložnika u bio-reaktor za denitrifikaciju. Ova modifikacija nazvana je *Modifikovani LE proces* ili *MLE proces* (slika 4.). U uslovima pogona utvrđena je poboljšana i stabilna denitrifikacija u odnosu na *LE proces*, međutim, *MLE proces* ne omogućava potpuno uklanjanje nitrata s

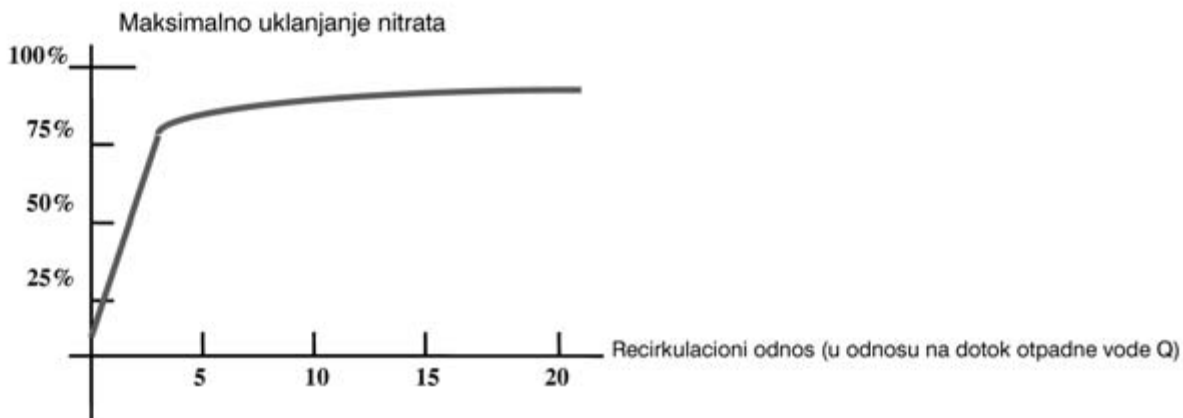
obzirom da dio istih odlazi u recirkulaciju i u efluent postrojenja. Ovo je osnovni razlog što se u *MLE procesu* moraju ostvariti visoki odnosi obje recirkulacije u okviru sistema ukoliko se želi postići 90% uklanjanje ukupnog nitrogena (TKN).

slika 4.



Za postizanje efikasnosti uklanjanja nitrata od 90%, u odnosu na ulaznu koncentraciju u komunalnim otpadnim vodama, potreban je velik odnos ukupne recirkulacije tj., $R_{uk.} = 9$ do $10 Q$ (dotoka otpadne vode), odnosno $R_{int} = 8-9 Q$ i $R_m = 1 Q$. Interna recirkulacija se ostvaruje pumpama (centrifugalnim ili pužnim), te je važno da je koncentracija rastvorenog kisika u recirkuliranom toku što je moguće manja s obzirom na potrebu održavanja anoksičnih uslova u bio-reaktoru za proces denitrifikacije. Potrebno je napomenuti da se interna recirkulacija najjednostavnije provodi u bio-reaktorima sa kompletnim mješanjem i kružnim tokom otpadne vode (tzv. *Complete Mixed Systems*). Ispitivanja su pokazala da se pri odnosu recirkulacije od $R_{uk.} = 14$ može postići koncentracija nitrata u efluentu postrojenja od 1 mg NO_3-N/L , te da ukoliko uklanjanje nitrata u bio-reaktoru za nitrifikaciju padne ispod 50%, postoji vjerovatnoća smanjenja pH vrijednosti u bioreaktoru za proces denitrifikacije sa svim nepovoljnim efektima na taj proces. Funkcionalna povezanost efikasnosti procesa denitrifikacije od recirkulacionog odnosa, u slučaju *MLE procesa*, prikazana je na slici 5. (Kayser¹ - Kayser R., *Konsequenzen fuer die Planung von Belebungsanlagen im Hinblick auf zukunfftige Forderungen*, Berichte der ATV, Nr. 30, 1976/77.).

slika 5.



Pri optimalnim pogonskim uslovima i pri odnosu BPK5/TKN u dotoku komunalnih otpadnih voda od 4:1 do 6:1, moguće je postići slijedeće vrijednosti parametara kvaliteta prečišćenog efluenta iz postrojenja s obzirom na nitrogene spojeve: oko 1 mg NH₄-N/L; oko 3 mg NO₃-N/L; oko 1 mg NO₂-N/L; oko 2 mg org.N/L.

Osnovne karakteristike MLE procesa su:

- Brzina denitrifikacije iznosi 2-3 mg NO₃-N/kg VM, čas, tako da je moguće smanjenje zapremine bio-reaktora za proces denitrifikacije u odnosu na LE proces, kao i izvjesno smanjenje zapremine bio-reaktora za proces nitrifikacije, s obzirom da se dio biološke razgradnje organske materije provodi u anoksičnoj zoni.
- Ukupna potreba za kisikom u procesu nitrifikacije je smanjena za oko 30%, s obzirom da se u procesu redukcije nitrata u anoksičnim uvjetima oslobođeni kisik koristi za razgradnju organske materije, što rezultira u smanjenju koncentracije BPK₅ u recirkulacionom toku u bio-reaktor za proces nitrifikacije.
- Biohemijski ostvareno povećanje alkaliteta u procesu denitrifikacije koristi se za održavanje potrebnog nivoa alkaliteta u bio-reaktoru za proces nitrifikacije.
- S obzirom na potrebu unosa ugljičnih organskih materija u bio-reaktor za denitrifikaciju, primarno taloženje sirove komunalne otpadne vode nije neophodno. Ukoliko se primarno taloženje ipak primjenjuje, hidrauličko vrijeme zadržavanja otpadne vode u primarnom taložniku može se ograničiti na pola časa pri prosječnom dotoku na postrojenje.
- Nije potreban poseban bazen za kratkotrajnu re-aeraciju efluenta iz bio-reaktora za proces nitrifikacije, tj. prije uvođenja ovog efluenta u naknadni taložnik.

3.2.3. Kaskadna denitrifikacija

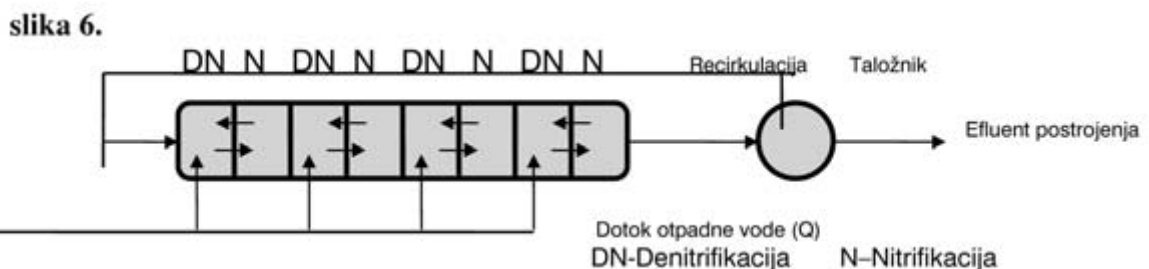
Jedna od vrlo uspješnih modifikacija sistema koji koriste postupak sa prethodnom denitrifikacijom je tzv. *Kaskadna denitrifikacija*, koja ima prednost u tome što se smanjuje odnos interne recirkulacije biomase aktivnog mulja uz iste efekte procesa denitrifikacije. Praktično, povećava se broj bio-reaktora za proces denitrifikacije i nitrifikacije, odvojenih pregradom koja omogućava interni povrat toka u prethodni bazen (ulaz ispod pregrade, povrat preko pregrade)

čime se smanjuje odnos potrebne recirkulacije. Razvijeno je više praktičnih modifikacija kaskadne denitrifikacije, a najpoznatije su *Sistem Luedinghousen*, *Sistem Alte Emscher* i *Sistem Menzel* (system bazena sa cirkulacionim tokom). Na slici 6. prikazan je sistem *Kaskadne denitrifikacije*, gdje se u anoksičnom bio-reaktoru mehaničkim mješanjem bioamasa održava u suspenziji a u aerobnom bio-reaktoru se provodi difuzna aeracija sa komprimiranim zrakom.

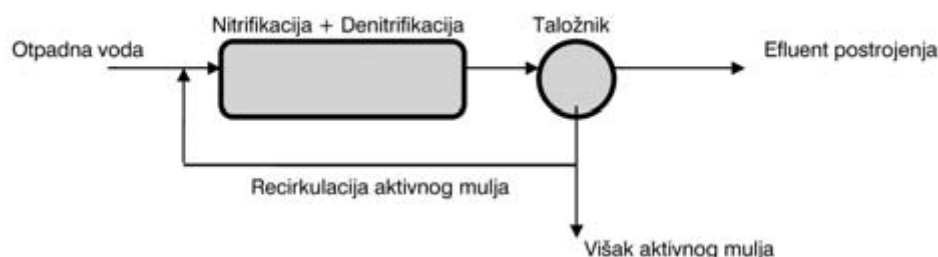
4. Sistemi sa simultanom denitrifikacijom

U početnim fazama razvoja sistema za kontrolu koncentracije nitrogenih spojeva u komunalnim otpadnim vodama smatralo se da je najpovoljnije rješenje kada se u tehnološkom procesu odvoji aerobna i anoksična faza tretmana. Kasnije je utvrđeno da sistemi u kojima su ove faze objedinjene imaju značajne prednosti, posebno nakon saznanja da aktivni mulj zadržava sposobnost nitrifikacije ako je vrijeme njegove retencije u anoksičnim uslovima kraće od 5 časova. Ovo saznanje je ukazalo na mogućnost da se procesi oksidiranja ugljičnih spojeva i amonijaka, kao i simultana redukcija nitrata (denitrifikacija), provode u jednom bio-reaktoru. U tome postupku, potrebno je pomoću podešenog sistema aeracije obezbjediti sukcesivne zone sa aerobnim i anoksičnim uvjetima u bio-reaktoru. Osnovni princip postupka sa simultanim procesom nitrifikacije-denitrifikacije je da se provodi u jedinstvenom prostoru bio-reaktora, bez pregrada i sa relativno dobro određenim anoksičnim zonama za provođenje denitrifikacije. Prema tome, radi se o racionalnom reguliranju unosa kisika u komunalnu otpadnu vodu u cilju ostvarivanja zona sa i bez otopljenog kisika u bio-reaktoru.

Savremene forme bio-reaktora, kao *Carrousel sistem* i slično, predviđene su za provođenje simultane denitrifikacije. Može se smatrati da je automatska kontrola i regulacija procesa simultane nitrifikacije-denitrifikacije u potpunosti riješena u savremenoj praksi prečišćavanja komunalnih otpadnih voda (Erme^{l2}). Za optimalno provođenje postupka simultane nitrifikacije-denitrifikacije komunalnih otpadnih voda naročito su pogodna, i praktično u primjeni, dva tehnička rješenja bio-reaktora: (a) sa kružnim (opto-čnim) tokom otpadne vode (*Complete Mixed System*) i sa podužnim tokom otpadne vode (*Plug Flow System*). Na slici 7. prikazana je osnovna konfiguracija sistema sa simultanim procesom nitrifikacije-denitrifikacija.



slika 7.



Osnovne razlike između tehnoloških sistema sa prethodnom denitrifikacijom i sistema sa simultanom denitrifikacijom, pri istim uslovima pogona, su sljedeće:

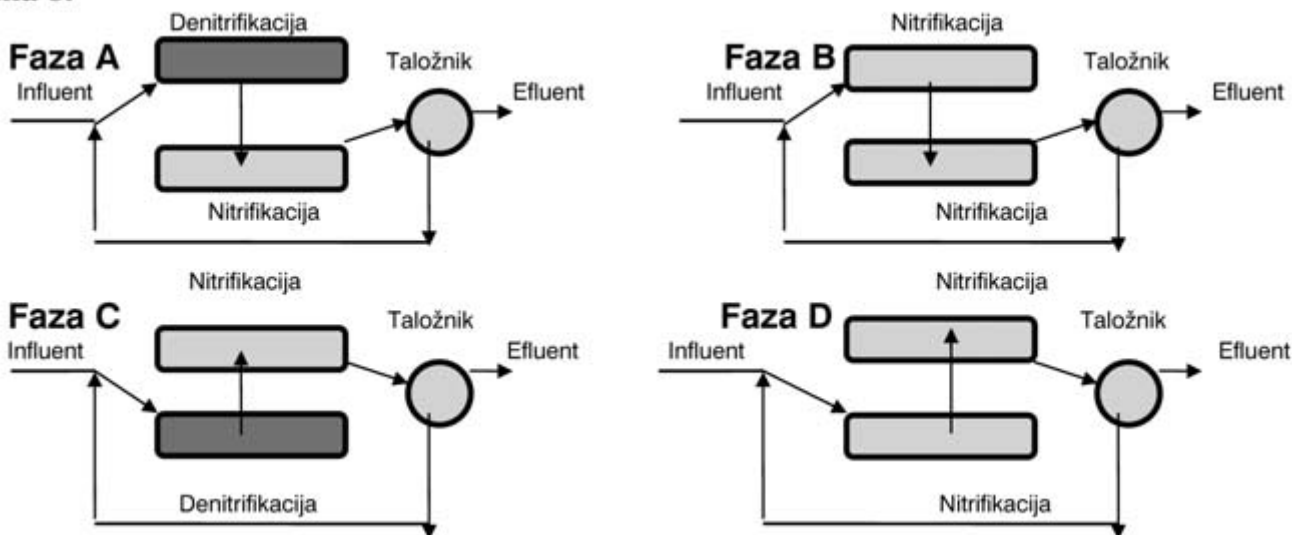
- Ukupna zapremina bio-reaktora je manja kod sistema sa prethodnom denitrifikacijom, ali je tehnološka oprema, pored opreme za unos kisika, u pravilu više zastupljena (pumpe za potrebe recirkuliranja aktivnog mulja, mehanički mješači u zoni denitrifikacije, itd.).
- Fleksibilnost procesa u smislu usklađivanja sa varijacijama kvaliteta dotoka sirove komunalne otpadne vode je veća u slučaju simultane denitrifikacije, posebno u slučaju automatskog upravljanja procesom.
- U slučaju tzv. *Carousel sistema*, postoji mogućnost adaptacije postojećih postrojenja u smislu kombinacije procesa simultane i procesa prethodne denitrifikacije, što rezultira u povećanoj efikasnosti postrojenja u smislu uklanjanja ukupnog nitrogena (TKN). Dakle, u osnovi radi se o povećanju efikasnosti postojećih postrojenja u cilju dostizanja novih, propisanih vrijednosti kvalitete efluenta u zemljama zapadne Europe (P.G.Piekema, S.B. Gaastra³). Ovo poboljšanje *de facto* kombinira prednosti visokog odnosa interne recirkulacije *Carousel sustava* sa prednostima velike brzine odvijanja procesa denitrifikacije u slučaju prethodne denitrifikacije.

- Kod sistema sa simultanom denitrifikacijom je indeks taloživosti biomase aktivnog mulja nešto veći nego kod sistema sa prethodnom denitrifikacijom. Radi se o tome da sistem sa prethodnom denitrifikacijom ostvaruje manje koncentracije ukupnog nitrogena (TKN) u efluentu iz bio-reaktora što, uz relativno konstantnu koncentraciju fosfora donekle povećava odnos P/N, što ima utjecaja na veličinu indeksa taloživosti aktivnog mulja. Potrebno je imati u vidu da smanjenje odnosa P/N ispod vrijednosti od 30% povećava vjerovatnoću pojave končastih (filamentoznih) mikroorganizama u biomasi aktivnog mulja, što dovodi do povećanja indeksa taloživosti mulja sa negativnim posljedicama po kvalitet efluenta iz postrojenja (povećanje suspendirane materije, BPK₅, itd.).

5. Sistemi sa diskontinualnim postupkom

U savremenoj europskoj praksi sanitarnog inženjerstva u primjeni je tzv. *Biodenitro Proces* koji ima mogućnost naizmjenične primjene procesa nitrifikacije i denitrifikacije u bio-reaktorima. Sistem čine dva bio-reaktora povezana u seriju i sa jednim zajedničkim taložnikom za aktivni mulj. Prema rezultatima pogona ovih postrojenja u Danskoj⁴, gdje je značajna primjena ovog sistema, stepen smanjenja ukupnog nitrogena iznosi oko 90%. Na slici 8. prikazana je principijelna shema pogona *Biodenitro Proces*.

slika 8.



U **fazi A**, sirova, netaložena komunalna otpadna voda se uvodi u bio-reaktor za denitrifikaciju, zatim u bio-reaktor za nitrifikaciju i to u količini koja odgovara zbiru dotoka sirove otpadne vode i recirkuliranog aktivnog mulja. Tokom ove faze povećava se koncentracija nitrata u bio-reaktoru za nitrifikaciju, a postupak traje sve do uklanjanja nitrata u bio-reaktoru za denitrifikaciju.

Faza B je vremenski kratka i predstavlja međufazu u kojoj se aerira otpadna voda u oba bio-reaktora. Ova faza traje sve do postizanja procesa nitrifikacije u prvom bio-reaktoru za prijem otpadne vode.

Faza C je druga važna faza. Tok sirove otpadne vode je obrnut u odnosu na uslove toka u **Fazi A**, tj. promjenjena je funkcionalna namjena bio-reaktora.

Faza D je druga međufaza koja u funkcionalnom smislu odgovara **Fazi B**, ali sa obrnutim tokom otpadne vode. Ova faza traje sve do uspostavljanja nitrifikacija u drugom bio-reaktoru, tako da se ciklus može obnoviti.

Trajanje postupka prečišćavanja sirovih komunalnih otpadnih voda primjenom *Biodenitro procesa*, od **Faze A** do **Faze D**, iznosi 4-8 časova, zavisno od opštih uslova pogona na postrojenju.

6. Sistemi sa postupkom adsorpcije u aktivnom mulju - AB postupak

Imajući u vidu, u evropskim okvirima, praktično ostvarenu primjenu tzv. *AB postupka (Adsorption Belbungsverfahren)*, koji je razvio prof. Botho Boehnke⁵, potrebno je konstatirati da je i u ovom tehnološkom sistemu moguća primjena procesa nitrifikacija-denitrifikacija. Osnovu ovog sistema čini visoko opterećeni prvi biološki stepen (**A faza**), sa organskim opterećenjem koja idu do 2 kg BPK₅/kg SM, dan, te nisko opterećeni drugi biološki stepen (**B faza**), sa najčešćim opterećenjem od 0.3 kg BPK₅/kg SM, dan. Na slici 9. prikazan je osnovni koncept *AB postupka*.

Stepen efikasnosti uklanjanja organskog opterećenja iz komunalnih otpadnih voda iznosi 50-60% u **fazi A**, zavisno od proračunskog opterećenja biomase aktivnog mulja. Pored smanjenja organskog opterećenja, u **fazi A** se ostvaruje i značajno smanjenje koncentracije nitrogenih i forsornih spojeva, a to

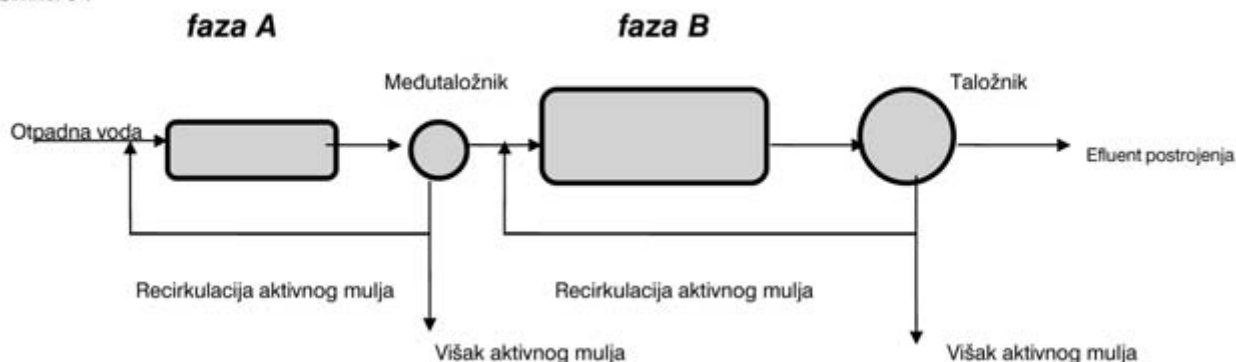
smanjenje višestruko prelazi efekte koji se postižu u konvencionalnom primarnom tretmanu komunalnih otpadnih voda. Uslovi za ostvarenje i provođenje procesa nitrifikacije u **fazi B** su značajno poboljšani s obzirom na visok stepen izdvajanja nitrogena, adsorpcijom na biomasi aktivnog mulja u **fazi A**, te s obzirom na veliku starost biomase aktivnog mulja u **fazi B**. Mogućnost podešavanja stepena uklanjanja BPK₅ u **fazi A** omogućava optimalnu regulaciju odnosa BPK₅/TKN, što je od velikog značaja za proces nitrifikacije i denitrifikacije. *AB postupak* omogućava ostvarivanje slijedećih prednosti u odnosu na klasične tehnološke sisteme sa jednim biološkim stepenom prečišćavanja komunalnih otpadnih voda:

- Ukupna starost biomase aktivnog mulja je veća, jer je velika produkcija viška aktivnog mulja u **fazi A**, a mala u **fazi B**, a povoljniji je i razvoj sporo-rastućih nitrifikanata.
- Zbog smanjenja odnosa BPK₅/TKN u **fazi A**, što je rezultat smanjenja ukupnog BPK₅ opterećenja, povećava se ukupan broj nitrifikanata u biomasi aktivnog mulja, odnosno veća je brzina nitrifikacije.
- Zbog povećane brzine nitrifikacije moguće je održavati veći dio bioreaktora u anoksičnim uslovima u **fazi B** za potrebe procesa denitrifikacije. Praksa je pokazala da u influentu u **fazu B** treba održavati odnos BPK₅/TKN = 3.
- U **fazi A** se može provoditi i denitrifikacija, zbog odgovarajuće populacije mikroorganizama, tako da se postiže brzina denitrifikacije od oko 3 mg NO₃-N/VM, čas, a bez korištenja dodatnog organskog supstrata. Ova brzina denitrifikacije je od značaja ako se u dotoku otpadnih voda na postrojenje već nalaze nitrati, što je slučaj kada su određene industrijske otpadne vode priključene na sistem kanalizacije.

Za slučaj uobičajenog sastava komunalnih otpadnih voda, i pri normalnom opterećenju **faze A**, u influentu u **fazu B** preostaje još dovoljno biološki razgradivih organskih spojeva koji služe kao izvor ugljika za proces denitrifikacije.

Ispitivanja⁶ su pokazala da brzina denitrifikacije u **fazi B** *AB postupka* može biti 2-3 puta veća od one koja se postiže u sistemima sa jednim biološkim ste-

slika 9.



penom prečišćavanja komunalnih otpadnih voda. Adaptacijom biomase aktivnog mulja na opterećenja u influentu, koja se realno može provesti u obje faze ovog postupka, moguće je postići veći stepen uklanjanja nitrata i nitrita u jedinici vremena nego što je to slučaj u sistemima bez mogućnosti adaptacije biomase. Na osnovu ovoga, kao i zbog ukupne veće starosti biomase aktivnog mulja u sistemu, u **fazi B** je omogućeno postizanje stabilnog kvaliteta efluenta u smislu koncentracije nitrata, što *AB postupak* dovodi u poziciju da predstavlja najpogodniji sistem za provođenje procesa nitrifikacije i denitrifikacije u dva stepena prečišćavanja komunalne otpadne vode. Tabela u nastavku teksta prikazuje promjenu specifičnog ukupnog volumena bioreaktora (aerobni i anoksični dio) za postrojenja sa jednim stepenom biološkog prečišćavanja i za *AB postupak*, pri istim uvjetima pogona (15°C) i za isti kvalitet prečišćenog efluenta od < 1 mg NH₄-N/L, < 4 mg NO₃-N/L i < 2 mg org. N/L.

Dakle, ovisno o brzini denitrifikacije, uštede u ukupnoj zapremini bioreaktora (oba reaktora) u slučaju *AB postupka* iznose 20% do 36% u odnosu na postrojenja sa prečišćavanjem u jednom biološkom stepenu. Prema tome, utjecaj brzine denitrifikacije na potrebnu zapreminu bioreaktora je veoma značajan.

Svakako, u **fazi B** se proces provodi sa objedinjenom denitrifikacijom.

Zaključak

Na osnovu praćenja rezultata pogona većih postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda, te rezultata brojnih istraživanja (De Renzo 1978, Sharley et al 1980, Alleman i Irvin 1980, Applegate et al 1980, Young et al 1979, itd.), u savremenoj europskoj praksi se smatra da su sistemi sa objedinjenim procesom denitrifikacije tehnički i ekonomski povoljniji u odnosu na sisteme sa odvojenim procesom denitrifikacije. Osnovni razlozi za ovaj stav su slijedeći:

- Postižu se isti efekti prečišćavanja za isto vrijeme i pri istim zapreminama bio-reaktora.
- Jednostavnije je vođenje cjelokupnog procesa prečišćavanja.
- Dovoljan je jedan taložnik za taloženje biomase aktivnog mulja.
- Dovoljna je jedna pumpna stanica za recirkulaciju aktivnog mulja.
- Manja je produkcija viška aktivnog mulja iz procesa.
- Manja je potrošnja kisika za postupak aeracije otpadne vode.
- Biomasa aktivnog mulja ne gubi sposobnost nitrifikacije pri prolazu kroz anoksičnu zonu, pod uslovom da vrijeme zadržavanja u ovoj zoni nije duže od 5 časova.

Brzina denitrifikacije (g N/kg org.SM, čas)	Postrojenja sa jednim stepenom biol. prečišćavanja		Postrojenja sa <i>AB postupkom</i>	
	L/E.S.	kg BPK5/kg SM,dan	L/E.S.	kg BPK5/kg SM,dan
1.0	182	0.071	146	0.053
2.0	123	0.105	86	0.088
3.0	103	0.125	68	0.113
4.0	93	0.138	59	0.132

Literatura

1. Kayser R., *Konsequenzen fuer die Planung von Belebungsanlagen im Hinblick auf zukunftige Forderungen*, Berichte der ATV, Nr. 30, 1976/77.
2. Ermel G., *Stickstoffentfernung in einstufigen Belebungsanlagen - Steuerung der Denitrifikation*; Veroeff. fur Stadtbauweisen, TU Braunschweig, Heft 35, 1983.
3. P.G.Piekema, S.B.Gaastra, *Upgrading of a wastewater treatment plant in the Netherlands:Combination of several nutrient removal processes*, European Water Pollution Control, Vol.3, No 3. 1993.
4. Poul Harremoes, Erik Bundegard, Mogens Henze, *Developments in wastewater treatment for nutrient removal*, European Water Pollution Control, Vol.1, No.1, 1991.
5. Prof.dr,ing Botho Boehnke, *Das AB-Verfahren zur Biologischen Abwasser Reinigung*, Institut fur Siedlungswasserwirtschaft der Rhein-Westfalen Technische Hochschule, Aachen, 1987.
6. Prof.dr,ing Botho Boehnke, *Vergleichende Betrachtung von Versuchs und Betriebsergebnissen der zweistufigen AB-Technik unter besonderer Beruecksichtigung mikrobiologischer Reaktionsmechanisme*, Korrespondenz Abwasser, Nr.7/Juli 1983, Nr.8/August 1983. Prof. Botho Boehnke, J Pinnekamp, *Unterschiede im Nitrifikations-und Denitrifikationsverhalten ein-und zweistufiger Belebungsanlagen*, Korrespondenz Abwasser 11/86, 1986.



FITOBENTOS I ZOOBENTOS HIDROEKOSISTEMA ŠIREG PODRUČJA VRELA BOSNE U OCJENI KVALITETA VODE

Sažetak

U radu su prikazani rezultati kvalitativno-kvantitativne analize sastava fito i zoobentos vodnih ekosistema na području od Vrela Bosne (izvori I, II i IV, izvor potoka Stojčevac, Borim I i II) do lokaliteta Male Bosne - Plandište (Rimski Most). Istraživanja su izvršena u novembru 2003. godine. Obrada uzoraka izvršena je standardnim metodama, a determinacija jedinki primjenom odgovarajućih ključeva. Cilj istraživanja je sagledavanje bioraznolikosti datih akvatičnih oblika uz ocjenu kvaliteta vode pri primjeni saprobiološkog indeksa. Za vrste je data saprobiološka i indikatorska vrijednost. Na osnovu analize sastava mikrofitna na istraživanom prostoru registrovane su 102 vrste, a u uzorcima izvora Stojčevac 57 vrsta, tri izvora na Vrelu 71 vrsta i u izvorima Borim I i II 32 vrste. U uzorcima bentosa istraživanih hidroekosistema konstatovano je 30 taksona invertebrata, a pojedinačno u izvoru Stojčevac tri taksona, u uzorcima Vrela Bosne (tri izvora) 22 taksona i na prostoru Plandišta – Rimski Most, 21 takson. Utvrđeno je prisustvo pet endemičnih vrsta invertebrata. Vrijednosti saprobiološkog indeksa u ocjeni kvaliteta vode se kreću od 1,15 (izvor II na Vrelu Bosne) - 1,52 u izvoru Borim II, a ukazuju da je voda od oligosaprobna (čiste) do oligo/betamesosaprobnog stupanja kvaliteta. Evidentirano je konstantno fekalno zagađivanje od strane domicilnog stanovništva koje se reflektuje kroz značajan procenat indikatora zagađane vode.

Ključne riječi: mikrofitne, invertebrate, zoobentos, kvalitet vode, saprobiološki indeks, zaštita, bioraznolikost.

Uvod

Vrelo Bosne predstavljeno je sa više vrela razbijenog tipa koji izbijaju iz podnožja planine Igman na nadmorskoj visini od 492 m. Pored njih prisitnu su

izvori koji se infiltriraju u rastresiti sediment i iz njih postupno dolaze u tok. Do lokaliteta Plandište (Rimski Most) rijeka Bosna teče kroz potpuno formiran tok sa širokim koritom, a nakon toga meandrira na sjever. Izvorišni dio rijeke Bosne pokriva prostor 60 km² gdje se drenira znatan dio masiva Bjelašnice i Igmana donekle. Za izvorišni dio je značajan ujednačenost proticaja (5 m³/s). Čitav geografski prostor sa okolnim planinskim padinama Igmana i Bjelašnice ukazuje na raritet u prirodi i od posebnog je značaja za ukupnu bioraznolikost naše zemlje.

Ovakav prostor prema njegovim obilježjima naseljava specifični (endemični) biljni i životinjski svijet. Stojčevac koji sa ovim prostorom čini jednu prirodnu cijelinu, sa velikim i veoma značajnim prirodnim resursima karakteriše se prisustvom izvora potoka Stojčevac i dva izvora u selu Vrutak. Osnovni hidrografski uvjeti ovih vodnih ekosistema uvjetovali su specifični biljni i životinjski svijet. Potrebe istraživanja ovih vodnih ekosistema sa aspekta bioloških parametara pokazale su se opravdanim u drugoj polovini dvadesetog stoljeća (Šenk, 1956., Jerković et al., 1975.) kada je utvrđen velik broj endemičnih vrsta kako algi (naročito dijatomeja) tako i raznih vrsta vodenih beskičmenjaka. Makrofite perifitonskih zajednica čine jednu od glavnih hidrobioloških komponenti u izvorišnim područjima tekućica. Dosadašnja istraživanja su oskudna i nesistematična. Ranijim proučavanjem ekosistema u slivu rijeke Bosne obuhvaćeni su izvori rijeka Bosne, Lašve Stavnje i Krivaje (Mučibabić, 1974., Blagojević, 1979.).

Prostor Vrela Bosne sa svojim vodnim resursima je duže vrijeme mjesto edukacije studenata iz oblasti sistematike mikrofitna i invertebrata, a sa svojim specifičnim ekološkim uvjetima pruža veliku pogodnost za intenzivna naučna istraživanja u području biologije naznačenih grupa. Zbog svoje ljepote i izuzetnih pejzažnih i prirodnih vrijednosti jedan je od vrlo važnih područja značajnih za turistički razvoj.

Biološka ocjena kvaliteta vode riječnih ekosistima u BiH datira duži niz godina, uz primjenu zasrijelih saprobioloških tablica. U okviru ovih istraživanja dat je akcent na mikrofitu i invertebrate bentosa izvorišnog dijela rijeke Bosne, izvora Stojčevac, izvora u selu Vrutak kao indikatore kvaliteta vode. Uz ocjenu kvaliteta vode dat je osvrt na stupanj očuvnosti i mjere zaštite ovog područja.

2. MATERIJAL I METODI RADA

Sakupljanje uzoraka izvršeno je u periodu od 1-28.11.2003. godine na lokalitetima: Vrelo I – glavno (slika 1); Vrelo II (slika 1), Vrelo IV (slika 1), Izvor potoka Stojčevac, Izvori u selu Vrutci – Borim I i II i Mala Bosna na lokalitetu Rimski Most (Plandište) – slika 1. Uzorkovanje je izvršeno više puta, a prilikom izlaska na teren vodostaj je bio izrazito visok što je uticalo na reprezentativnost uzoraka. Uzorci za fitobentosa i zoobentosa su bili zbirni što je posebno važno za naselje zoobentosa, veći broj ekoloških niša uvjetuje veći diverzitet vrsta. Uzorci su na terenu fiksirani s 4 % formaldehidom, a naknadno u laboratoriji analizirani. Vrste su identifikovane direktnom analizom uz korištenje svijetlosnog mikroskopa. Dijatomeje su determinisane s trajnih preparata napravljenih nakon hemijske obrade materijala prema metodi Hustedt-a 1930. i uklapanja u cedoks.

Kvalitet vode (saprobni indeks) prema sastavu mikrofitu izračunat je prema formuli:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \cdot h_i)}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

gdje je: S_i saprobnost vrste u uzorku, h_i relativna abundanca (učestalost) vrste i , a S je indeks saprobnosti. U obe formule relativna abundanca je izračunata prema Pantel-Buck-u (1955.). U ocjeni kvalitetu vode vrijednosti saprobnog indeksa i klasa boniteta određivani su prema tabeli:

Stupanj saprobnosti	Indeks saprobnosti (S)	Klasa boniteta
Oligosaprobno	1,0-1,5	I
Oligo-betamezosaprobno	1,51-1,8	I-II
Beta mezosaprobno	1,81-2,3	II
Beta do alfa mesosaprobno	2,31-2,7	II-III
Alfa mesosaprobno	2,71-3,2	III
Alfa do polisaprobno	3,21-3,5	III-IV
polisaprobno	3,51-4	IV

Uzorci zoobentosa se u laboratoriji ispiraju običnom vodom (pod česmom) zbog odstranjivanja mirisa formaldehida i njegove štenosi. Pod binokularnom lupom uz korištenje petrijevkij materijal se pregleda, a zatim se vrši izdvajanje jedinki po grupama u posebne bočice sa 70 % etil-alkoholom. Determinacija separiranog materijala vršena je na osnovu di-

sekcije nekih dijelova (usnog aparata) tijela ili posmatranjem izdvojenih dijelova tijela pod mikroskopom. Za determinaciju korišteni su ključevi za pojedine grupe invertebrata.

Pored podataka o kvalitativno-kvantitativnom sastavu živog naselja, a koji su prikazani u tabelama i gafički, navedeni su podaci o saprobnosti i indikatorskoj vrijednosti.

Ocjena kvaliteta vode na osnovu sastava zoobentosa izračunata je modificiranim saprobnim indeksom prema formuli:

$$S = \frac{\sum h \cdot s \cdot G}{\sum h \cdot G}$$

gdje je: S – saprobnost indeks, h – relativna abundanca taksona, s – saprobnost vrijednost (Wegl, 1983) i G – indikatorska vrijednost taksona.



Vrelo Bosne-Izvor I



Vrelo Bosne-Izvor II
Vrelo Bosne-Izvor IV



Mala Bosna – Rimski Most (Plandište)

Slika 1. Lokaliteti istraživanja

3. REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Na osnovu rezultata analize kvalitativno-kvantitativnog sastava zajednica fitobentosa, zoobentosa izvršena je detaljna analiza po istraživanim lokalitetima. Svi rezultati su prikazani odvojeno u tabelama. Na kraju je prikazana zajednička ocjena kvaliteta vode istraživanih vodnih resursa na osnovu sastava vrsta.

3.1. Kvalitativno-kvantitativni sastav fitobentosa

Raznovrsnost mikrofitu u izvoru Stojčevca bila je u ovom periodu uobičajeno visoka za izvore. Utvrde-

no je ukupno 57 vrsta: 13 Cyanophyceae, tri Xanthophyceae, 26 Bacillariophytae, tri Chlorophyceae, 10 Conjugatophyceae i dvije Rhodophyceae. Brojem vrsta dominiraju alge kremenjašice (Bacillariophyteae), a gustoćom populacije se ističu modrozelenne alge (Cyanophyceae sa vrstama roda *Phormidium* i *Plectonema*). Ove jedinke obrazuju guste maslinastoljubičaste lagere (slojeve) na kamenju i mulju. Dosta guste populacije imaju končaste i ksantoficeje roda *Tribonema*, kao i nitaste konjugatoficeje koje su bile sterilne i zato se nisu mogle determinisati. Dijatomeje su se zadržavale na mahovinama, na drugim algama kao epifiti, na kamenju i obodnim stijenama i mulju.

Zajednica biljaka je epifitsko-bentskog karaktera. Najčešće su prisutne hladnostenotermne vrste rodova *Diatoma* zatim *Melosira arenaria* koja je vezana za vegetaciju mahovina i slatkovodna crvena alga *Batrachospermum dilleini*.

Tabela 1. Kvalitativno-kvantitativni sastav fitobentosa, izvor Stojčevac, novembar 2003. godine

Izvor Stojčevac	R.A.	(s)
Takson		
CYANOPHYCEAE		
<i>Hamoeothrix varians</i> Geit.	1	1,0
<i>Hydrocoleus heterotrichus</i> Kutz.		
<i>Lyngbya martensiana</i> Menegh.	3	1,5
<i>Oscillatoria lacustris</i> Geit.		
<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.		2,2
<i>Ph. Inundatum</i> Kutz.	3	1,4
<i>Ph. papyraceum</i> Gom.	3	1,5
<i>Ph. retzii</i> Gom.	3	1,5
<i>Ph. uncinatum</i> Gom.		2,4
<i>Plectonema tomasinianum</i> Born.	3	1,4
<i>P. wollei</i> Farlow	3	1,4
<i>Schizothrix fasciculata</i> (Noeg.) Gom.	1	1,4
<i>Sch. hastum</i>	1	1,5
XANTOPHYCEAE		
<i>Vaucheria</i> sp.	3	
<i>Tribonema viridae</i> Pasch.	3	1,5
<i>T. vulgare</i> Pasch.	3	1,4
BACILLARIOPHYCEAE		
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cl.		1,8
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.		1,6
<i>Cymatopleura elliptica</i> Breb.		1,8
<i>C. solea</i> Breb.		2,2
<i>Cymbella aspera</i> (Ehr.) Cl.		1,4
<i>C. helvetica</i> Kutz.	3	1,2
<i>C. ventricosa</i> Kutz.		2,0

<i>Denticula tenuis</i> Kutz.		1,2
<i>Diatoma heimale</i> (Lyngb.) Kutz.	1	1,2
<i>Diatoma heimale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun.	1	1,2
<i>Epithemia zebra</i> var. <i>saxonica</i> (Kutz.) Rabh.		1,5
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>brebissoni</i> (Kutz.) Cl.		
<i>G. constrictum</i> Ehr.		1,9
<i>G. olivaceum</i> Kutz.		2,0
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kutz.) Rabh.		2,2
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.		2,7
<i>Melosira arenaria</i> Moor.	3	1,3
<i>M. varians</i> Ag.		2,0
<i>Meridion circulare</i> Ag.	1	1,1
<i>Navicula cari</i> Ehr.		
<i>N. criptocephala</i> var. <i>exilis</i> Grun.		

U uzorku fitobentosa sa glavnog izvora na Vrelu Bosne, utvrđeno je 40 taksona sa 27 vrsta, 12 varijeteta i jedan rod (tabela 2). Silikatne alge (Bacillariophyceae - 24) su najbrojnija skupina u uzorku, a modrozelenne i zelene alge zastupljene su sa tri vrste (Cyanophyceae i Chlorophyceae). U zajednici dijatomeja dominira vrsta *Diatoma hiemale* i njen varijetet *D.h. mesodon* Eksplozivni razvoj ove alge u ljeto u izvoru Bioštica konstatovao je Blagojević 1979. (Mučibabić, 1979.).

Tokom 1973. i 1974. izvršena su istraživanja ovog izvora u sklopu teme «*Biološki parametri kvaliteta voda u oblasti narušenoj eksploatacijom uglja i industrije*». Vršena su ispitivanja nekih bioloških parametara radi valorizacije kvaliteta vode. U okviru četiri sezone konstatovano je 58 taksona. Uslijed visokog vodostaja, nakon obilnih padavina, prilikom sadašnjih istraživanja, a i manjeg broja uzoraka, sastav fitobentosa je malo izmjenjen. Uočava se nedosatak končastih modrozelenih algi koje su vjerovatno bile odnešene velikom i brzom vodom. U ostalom sastavu algi nema bitnih izmjena, ali se zapaža smanjenje gustoće populacija konstatovanih vrsta. U okviru ovih istraživanja prvi put je istraživani sastav fitobentosa izvora II na vrelu Bosne. U uzorku je konstatovano 19 oblika Bacillariophyceae (tabela 2). Svi registrovani oblici se javljaju pojedinačno, a samo vrsta *Meridion circularae* je zastupljena sa nešto bogatijom populacijom. Dno izvora je obraslo mahovinama *Fontinalis antipyretica* koja je pogodna za razvoj epifitskih kremenjašica.

Uzorak fitobentosa sa izvora IV na Vrelu Bosne karakteriše prisustvo algi kremenjašica (Bacillariophyceae - 36). Pored njih utvrđeno je još prisustvo jedne epifitske modrozelenne alge i to sa pojedinačnom zastupljenošću (tabela 2). Nešto gušće populaciju ima *Melosira arenaria* koja se javlja u trakastim kolonijama između mahovina.

Tabela 2. Kvalitativno-kvantitativni sastav fitobentosa Vrela Bosne (tri izvora), novembar 2003. godine

Vrelo Bosne	Izvor I	Izvor II	Izvor IV
Takson	R.A.	R.A.	R.A. (s)
CYANOPHYCEAE			
<i>Phormidium favosum</i> Com.	1		2
<i>Plectonema tomasinianum</i> Born.	2		1
<i>Schizothrix calcicola</i> Com.	1		1,5
<i>Chamaesiphon incrustans</i>		*	
XANTOPHYCEAE			
<i>Tribonema viridae</i> Pasch.	1		1,5
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun.	*	1	* 1
<i>A. lanceolata</i> var. <i>elliptica</i> Cl.		2	* 2
<i>A. lanceolata</i> var. <i>rostrata</i> Hust.			
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.			1,7
<i>Caloneis silicula</i> var. <i>truncatula</i> Grun.			
<i>Coloneis alpestris</i> (Grun.) Cl.		1	1
<i>Cocconeis pediculus</i> Her.			1,7
<i>C. placentula</i> Her.	3	2	3 1,6
<i>C. placentula</i> var. <i>klinoraphis</i> Geitl.			
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Her.) Cl.			
<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Her.) Cl.			1,4
<i>Campylodiscus noricus</i> Her.			1,0
<i>Cocconeis</i> sp.			1,6
<i>Campylodiscus noricus</i> var. <i>hibernica</i> (Her.) Grun.	1		1
<i>Cymbella ventricosa</i> Kütz.			2
<i>Cymbella cistula</i> (Hemp.) Grun.			1,2
<i>C. elvetica</i> Kütz.		2	1,2
<i>C. lanceolata</i> var. <i>heurck</i>			1,6
<i>Cyclotella bodanica</i> Eulens.			1,2
<i>C. melosiroides</i> (Kirch.) Lemm.			1,2
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W.Sm.			
<i>Cymatopleura elliptica</i> W.Smith.			1,8
<i>Diatoma hiemale</i> (Lingb.) Heiberg.	5		1,2
<i>D. hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (Her.) Grun.	3		1,2
<i>Denticula elegans</i> Kutz.		1	1
<i>D. tenuis</i> Kutz.		1,2	
<i>Diplones ovalis</i> var. <i>oblongella</i> (Naeg.) Cl.			1,4
<i>D. puella</i> (Schum.) Cl.			*
<i>Eunotia alpina</i> (Naeg.) Hust.	1		1,1
<i>E. pectinalis</i> var. <i>mi nor</i> (Kütz.) Rabh.	1		1
<i>Eunotia lunaris</i> var. <i>subarcuata</i> (Naeg.) Grun.		1	1,2
<i>E. tenella</i> (Grun.) Hust.		1	1,2
<i>Epithemia zebra</i> var. <i>saxonica</i> (Kütz.) Grun.		*	1,5
<i>Fragilaria intermedia</i> Grun.			
<i>Frustulia vulgaris</i> Thw.	*		1,8
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Lyngb.) Kütz.	*		2

<i>Gomphonema bohemicum</i> Reich. Et Frick			*	
<i>G. olivaceum</i> var. <i>calcareum</i> Cl.			*	2,3
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Grun.	*			2,1
<i>Gyrosigma</i> sp.			*	2,1
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Kütz.) Grun.	*	*		1,7
<i>H. amphioxys</i> f. <i>capitata</i> O.Müll.				
<i>Melosira arenaria</i> Moore.	2		5-3	1,3
<i>Melosira ambigua</i> (Grun.) O. Müll.			*	1,5
<i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i> Müll.				
<i>Meridion circulare</i> Ag.	2	3	*	1,1
<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs.) V.H.				
<i>Melosira italica</i> Kütz.			*	1,6
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Kütz.				2,6
<i>N. criptocephala</i> var. <i>exillis</i> (Kütz.) Grun.				
<i>N. gracilis</i> Ehr.			*	1,7
<i>N. radiosa</i> Kütz.				2
<i>N. linearis</i> W. SM.			*	
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hust.			*	
<i>N. gracilis</i> Hantzsch.			*	1,6
<i>Nitzschia</i> sp.				
<i>Pinnularia viridis</i> var. <i>rupestris</i> (Hantzsch.)	1			1
<i>Pinnularia microstauron</i> (Her.) Cl.			*	1,2
<i>Rhoicosphaenia curvata</i> Grun.	*		*	2
<i>Surirella linearis</i> W.Smith.	*		*	1,5
<i>S. spiralis</i> Kütz.			*	1,2
<i>S. ovata</i> Kutz.				2
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.				2
CHLOROPHYCEAE				
<i>Microspora elegans</i> Hanag.	2			1,2
<i>Microspora stagnorum</i> (Kütz.) Lagerh.				

Na lokalitetu Borim – Vrutak zajednicu mikrofita čine 21 vrsta: najviše su zastupljene dijatomeje 11 vrsta (52 %), zelene alge četiri vrste (20 %), sa po dvije vrste (9%) su zastupljene modrozeleno alge i ksantofita, a sa po jednom vrstom konjugate i crvene alge (Rhodophyceae) – tabela 3. Zanimljivo je da nijedan od oblika koji su konstatovani ne daje obilježje zajednici mikrofita.

Zajednicu grade epifitsko-bentoske alge ali su prisutni i slobodnoplivajući končasti oblici. Pojava ovih oblika je posljedica izgradnje malog betonskog bazena koji stvara uvjete za razvoj ovih algi. Prisutne vrste su hladnostotermne i javljaju se s nešto gušćom populacijom od ostalih. Alge kremenjašice se javljaju pojedinačno. Nešto gušću populaciju u vrijeme ovih istraživanja ima jedino *Cocconeis placentula*.

Tabela 3. Kvalitativno-kvantitativni sastav fitobentosa izvora Borim – selo Vrutci, novembar 2003. godine

Vrutak	Borim I	Borim II	
Takson	R.A.	R.A.	(s)
CYANOPHYCEAE			1,6
<i>Chamaesiphon incrustans</i>	1		1,4
<i>Plectonema tomasinianum</i> Born.			
<i>Phormidium inundatum</i> Kütz.		1	1,4
<i>Ph. retzii</i> Gom.		1	1,5
<i>Rivularia haematites</i> Ag.Born.		1	1,5
<i>Shizothrix calcicola</i> (Ag.) Gom.		1	1,5
XANTOPHYCEAE	1		1,5
<i>Tribonema viride</i> Pasch.	3		1,4
<i>T. vulgare</i> Pasch.			
BACILLARIOPHYCEAE	1		1,2
<i>Achnanthes exigua</i> Grun.			
<i>Ach. lanceolata</i> Her.			
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun.	3		1,6
<i>Denticula elegans</i> Kütz.		1,0	1,0
<i>Coccineis placentula</i> Ehr.		3	1,6
<i>Cocconeis</i> sp.			
<i>Cymbella</i> sp.			2,2
<i>Gyrosigma scalaproides</i> (Rabh.) Cl.			2,7
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	1		2,7
<i>Melosira arenaria</i> Moor.	1		1,1
<i>Meridion circularae</i> Ag.			
<i>Navicula cari</i> Ehr.			1,7
<i>N. gracilis</i> Her.			2,0
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hust.			
<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz.)			1,5
<i>Surirella linearis</i> W.Sm.			
CHLOROPHYCEAE	3		1,2
<i>Microspora elegans</i> Hansg.	1		
<i>M. stagnorum</i> Lagerh.	1		
<i>Microspora</i> sp.	3		1,4
<i>Oedogonium</i> sp.			
Conjugatophyceae	3		1,4
<i>Mougeotia</i> sp.			
RHODOPHYCEAE	3		1,2
<i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth.			1,6

3.2. Kvalitativno-kvantitativni sastav zoobentosa

Na osnovu analize pet zbirnih uzoraka zoobentosa na lokalitetima vodnih ekosistema šireg područja Vrela Bosne do Rimskog Mosta (Plandište) registrovano je prisustvo 30 taksona (tabela 4). Njihova distribucija po lokalitetima je različita (tabela 4). Najveći broj taksona registrovan je na lokalitetu Male Bosne (21), daleko najmanji na lokalitetu izvora potoka Stojčevac (3). Jedinke invertibrata najveću brojnost imaju u uzorcima zoobentosa u vodi Rimskog Mosta (101), a najmanji u izvoru IV na samom Vrelu Bosne (24). U uzorcima bentosa svih istraživanih lokaliteta zastupljena je endemična vrsta račića *Gammarus bosniacus*. U BiH ovaj račić konstatovan

je samo na istraživanom dijelu toka rijeke Bosne. Od drugih zajedničkih vrsta je imago tvrdokrilaca *Elmis maugēi* Latr. koji je stalni sstanovnik ovog dijela vodotoka rijeke Bosne. Ova vrsta tvrdokrilaca posebno je brojno zastupljena u uzorku zoobentosa izvora Stojčevac, a u toku povoljnih hidroloških uslova (manji vodostaj) veliku brojnost ima u dijelovima rijeke neposredno ispod glavnog izvora (I).

Uslijed visokog vodostaja i odnošenja sedimenta kao rezultat pojačanog protoka, sastav zoobentosa u uzorcima je relativno siromašan. Uzimajući u obzir da ovi dijelovi vodotoka se odlikuju stenovalentnim uslovima (posebno niskom temperaturom) za očekivati je manji diverzitet invertibrata. Za vrstu vodenog cvijeta *Siphonurus croaticus* Ulmer 1970, je značajno da nije registrovana direktno u samom izvoru I nego nizvodno u nešto mirnijem dijelu vodotoka. Vrsta *Drusus bosnicus* Klapalek, 1900 je registrovana u obliku imaga, za nju je karakteristično da izljuje u maju do juna i od septembra do kraja novembra (Marinković - Gospodnetić, 1971 Marinković - Gospodnetić, 1981). Pored ovih oblika od amfipodnih račića značajan je ponovni nalaz dvije jedinice izvorske, pećinske vrste *Niphargus ilidžensis ilidžensis* Schäf.

U okviru faune kamenjarki ili obalčara – Plecoptera registrovane su tri vrste (*Nemoruella picteti* Klapalek, *Isoperlla* sp. i *Protonemura auberti* Pict.) u glavnom vrelu, a vrsta *Nemoruella picteti* kao imago i u izvoru IV. U uzorku zoobentosa Male Bosne na Rimskom Mostu registrovana je i vrsta *Isoperlla grammatica* Poda, 1761. Za sve vrste je značajno da naseljavaju izvorske i čiste vode.

Od planarija u uzorcima iz izvora I registrovana je *Polycelis felina* (Johans) sa manjim brojem jedinki (2), vrelu IV sa tri jedinice, a u uzorku zoobentosa Male Bosne na lokalitetu Rimski Most *Crenobia alpina* (2 jedinice). Daleko veći diverzitet taksona invertibrata u uzorcima Male Bosne u odnosu na samo Vrelo je posljedica vjerovatno i drifta ili plavljenja koji je veoma izražen u izvorskim dijelovima rijeka.

Naselje puževa je veoma brojno na kamenitom sedimentu izvora na Vrelu Bosne koji su gusto obrasli mikrofitama.

Prema istraživanjima ranijih godina u naselju zoobentosa Vrela Bosne konstatovan je 21 takson invertibrata, a u uzorcima zoobentosa Male Bosne na lokalitetu Rimski Most 36 taksona (Šenk, 1956.; Kaćanska, Čepić, Krek, 1975.). U samom naselju registrovana je dominacija primaginalnih stadija vodenih insekata u bentosu čitavog dijela istraživanog toka rijeke Bosne. Prema analizi sastava vrsta naznačena je velika zastupljenost endemičnih vrsta ili vrsta sa uskim rasprostranjenjem, što daje posebnu osobenost ovom području sa faunističkog gledišta. U uzorcima istraživanih lokaliteta registrovano je veće prisustvo jedinki endemične vrste račića *Gammarus bosniacus* Schäf. koji je u svom rasprostranjenju ograničen

ničen na izvorični dio do lokaliteta Rimski Most. U samom izlazu glavnog vrela konstatovana je vrsta roda *Niphargus ilidžensis ilidžensis*. Od vodenih insekata posebno se ističu vodeni moljci – Trichoptera sa endemičnom vrstom *Drusus bosnicus* (prvi put je opisana sa ovog područja od strane autora vrste) a od dvokrilnih insekata vrste roda *Berdeniella* nalažene samo u izvorištu rijeke Bosne (Krek, 1999.). U kasnijim istraživanjima na području Vrela Bosne konstatovana je endemična vrsta vodenih moljaca *Cahaetopteryx bosniaca* Marinković, 1955., a uzorkovana je

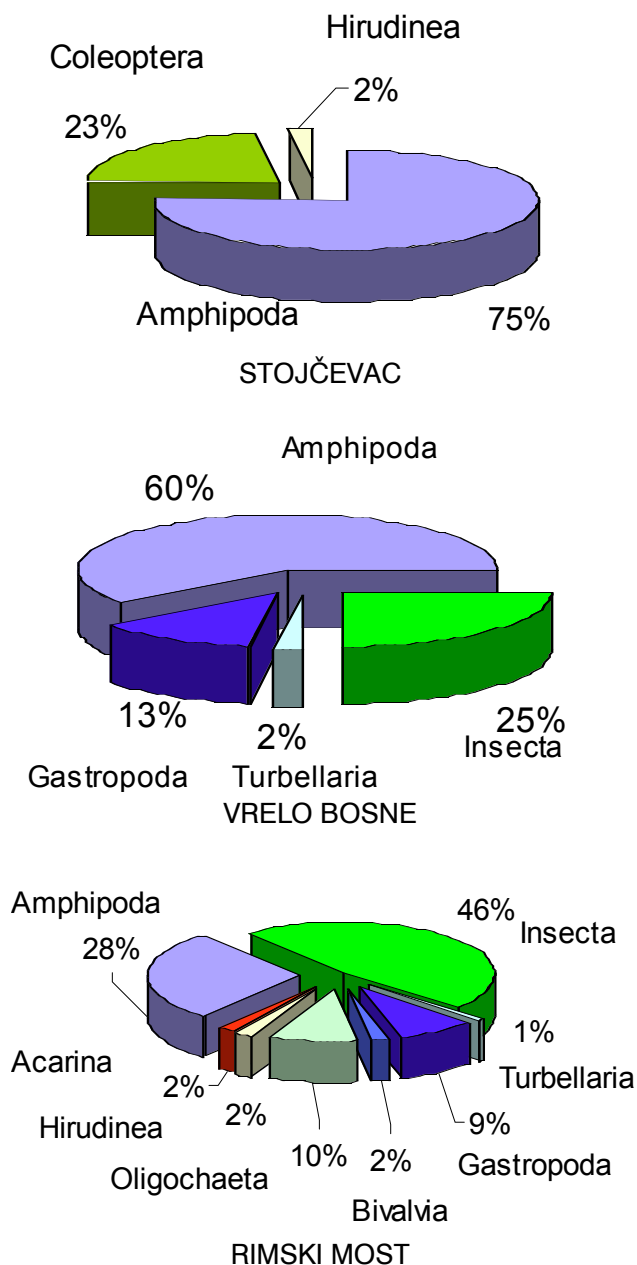
samo kao imago (Marinković - Gospodnetić, 1955., Marinković - Gospodnetić, 1981.).

Potrebno je naglasiti da su u sadašnjim istraživanjima prvi put analiziran kvalitativno-kvantitativni sastav zoobentosa izvora potoka Stojčevac i izvora II i IV na Vrelu Bosne. Priroda sedimenta (kamen i sitni šljunak) gusto obraslog podvodnim biljkama od kojih dominiraju: *Myriophyllum verticilatum*, *Ranunculus paucistamineus*, *Sium erectum*, *Nasturtium officinalis*, u mnogome uvjetuju kvalitativni sastav naselja zoobentosa.

Tabela 4. Kvalitativno-kvantitativni sastav zoobentosa rijeke Bosne od Vrela do Rimskog mosta, novembar 2003. godine

ŠIRE PODRUČJE VRELA BOSNE	Stojčevac		Vrelo Bosne						Rimski most		(s)	G	Bon
	b.j.	R.A.	Izvor I		Izvor II		Izvor IV		b.j.	R.A.			
TAKSON	b.j.	R.A.	b.j.	R.A.	b.j.	R.A.	b.j.	R.A.	b.j.	R.A.			
TURBELLARIA													
<i>Crenobia alpina</i>									1	+	1	5	I
<i>Polycelis felina</i>			2	1			3	1			1,5	4	I
GASTROPODA													
<i>Ancylus fluviatilis</i>			1	1			10	2	2	1	1,7	1	I/II
<i>Valvata cristata</i>			4	1			15	3	7	2	2,1	1	II
BIVALVIA													
<i>Pisidium sp.</i>									2	1	2,2	1	II/III
OLIGOCHAETA													
Lumbriculidae									10	2	3	3	III
HIRUDINEA													
<i>Erpobdella sp.</i>	1								2	1	2,7	2	II/III
ARACHNIDA													
Acarina													
<i>Hydracarina</i>			2	1					2	1	1,6	3	I/II
CRUSTACEA													
Amphipoda													
<i>Gammarus bosniacus</i>	40	7	35	6	20	7	45	2	30	4			I
<i>Niphargus ilidžensis ilidžensis</i>			2	1							1	5	I
INSECTA													
Ephemeroptera													
<i>Baethis sp.</i>					2	2			2	1	1,6	3	I/II
<i>Siphonurus croaticus</i>			4	1					2	1			I/II
Plecoptera													
<i>Protonemura auberti</i>									2	1	1,2	4	I
<i>Nemurella picteti</i>			2	1	3	3			2	1	1	5	I
<i>Isoperla sp.</i>			3	1					7	1	1,2	3	I
<i>Isoperla grammatica</i>									7	2	1,6	3	I/II
<i>Leuctra sp.</i>			2	1			2	1			1,3	4	I
Trichoptera													
<i>Limnephilus sp.</i>									2	1	1,8	2	I/II
<i>Odontocerum albicorne</i>					4	3	7	2	10	2	1	5	I
<i>Drusus bosnicus</i>			6	1							1	4	I
<i>Potamophylax pallidus</i>									2	1	1,6	3	I/II
<i>Sericostoma sp.</i>									2	1	1,5	4	I
<i>Rhyacophila fasciata</i>			2	1							1,4	3	I
<i>Rhyacophila sp.</i>			1	1							1,7	3	I/II
<i>Glossosoma sp.</i>			2	1							1,4	3	I
<i>Agepetus slavorum</i>			2	1							1	3	I
Coleoptera													
<i>Elmis maugei</i>	12	4	15	3					7	2	1	5	I
<i>Limnius sp.</i>									2	1	1,4	4	I
Diptera													
Chironomidae													
Orthocladinae									4	1	1,9	2	I/II
Psychodidae													
<i>Berdeniella sp.</i>			2	1									
□ broj jedinki	53	100	85	100	28	100	82	100	107	100			
□ broj taksona	3		17		4		6		21				

Na osnovu procentualnog učešća pojedinih skupina u izgradnji zajednice zoobentosa (slika 2) može se zapaziti da na sva tri glavna lokaliteta: Stojčevcu, Vrelu Bosne i Maloj Bosne na lokalitetu Rimski Most veliku zastupljenost imaju amfipodni račići sa vrstama *Gammarus bosnicus* i *Niphargus ilidžensis ilidžensis* (od 28 % u uzorcima na Rimskom mostu do 70 % u uzorku bentosa izvora Stojčevac). Izraženo je da najveći diverzitet skupine invertebrata pokazuju u uzorku bentosa Male Bosne Rimski Most.



Slika 2. Učešće (%) invertebrata u uzorcima zoobentosa na lokalitetima šireg područja Vrela Bosne (izvor Stojčevac, Vrela Bosne i Mala Bosna na lokalitetu Rimski Most), 1-28.11.2003. godine

Uporedba rezultata sa ranijim istraživanjima je veoma ograničena, s obzirom da je istraživanje trajalo

ranije četiri sezone, te je tom prilikom bilo moguće registrovati i primaginalne i adultne stadije vrste insekata, a rezultati ovih istraživanja su usmjereni na samo jedan izlazak bez lova imaga insekata (osim vrste roda *Drusus*). Kvalitativni sastav nije evidentno degradiran što upućuje na relativnu očuvanost faune invertebrata zoobentosa ovog područja.

Uzorkovanje zoobentosa na dva izvora u selu Vrutci nije izvršeno zbog vremenskih nepogoda, ali je u tvrđeno prisustvo račića *Gammarus bosniacus* i pijavica koje upućuju na konstatantno organsko onečišćavanje od strane okolnog domicilnog stanovništva.

Za samo područje Male Bosne na Rimskom Mostu značajna je činjenica da na desnoj obali uticajem podzemnih voda u toku ljetnjeg perioda se javlja bara u kojoj je dominacija vodozemaca (posebno žaba), a slična situacija je i na obali uz vodovod Bačvo gdje je izražena pojava žabljih populacija većim dijelom godine.

3.3. Kvalitet vode

Na osnovu rezultata analize kvalitativno-kvantitativnog sastava mikrofiti i zoobentosa izračunat je saprobni indeks prema čijoj vrijednosti je izvršena valorizacija kvaliteta vode i ocjena stupnja boniteta.

Najveći broj taksona algi konstatovanih u uzorku bentosa **izvora na Stojčevcu** su indikatori oligosaprobnoeg stupnja kvaliteta vode (57%). Uz njih se pojavljuju indikatori betamesosaprobnoeg stupnja (29%), te oligo-beta i beta-alfamesosaprobnoeg stupnja (7%).

U naselju zoobentosa prisutan je mali broj taksona, a dominantni su indikatori oligosaprobnoeg stupnja kvaliteta vode. Prisustvo pijavice ukazuje na manji stupanj organskog onečišćenja. Utvrđena je dominacija endemičnog amfipodnog račića koji nema saprobnostnu vrijednost, ali se zna da je vezan za izvore visokog stupnja kvaliteta. Prema izračunatom saprobnom indeksu ($S=1,10$) voda na ovom izvoru je oligosaprobna (čista) tj. I stupnja boniteta.

Izvor I (glavni izvor) na Vrelu Bosne gdje je registrovan veći broj taksona algi i invertebrata koji indiciraju oligosaprobni stupanj kvaliteta vode. Od algi u uzorku fitobentosa glavnog vrela 44% su oligosaprobni indikatori, a invertebrate u zoobentosu su zastupljene sa 72% vrsta koje indiciraju oligosaprobnu vodu. Za vrstu gamarusa nije određena saprobnostna vrijednost (endem) ali prema dosadašnjim istraživanjima naseljava isključivo oligosaprobnu (izvorsku) vodu. Saprobnostni indeks za vodu ovog lokaliteta, izračunat na osnovu sastava naselja mikrofiti i invertebrata bentosa iznosi 1,23 ukazuje na oligosaprobnu vodu I stupnja boniteta.

U izvoru II od registrovanih vrsta algi prisutno je 47% oligosaprobnoeg indikatora, betamesosaprobnoeg stupnja 33%, te neznatan procenat oligo-betamesosaprobnoeg i beta-alfamesosaprobnoeg indikatora (13% i 7%). U uzorku zoobentosa od jako malog broja ta-

sona tri su indikatori, a dva indiciraju oligosaprobnu vodu, dok jedna vrsta oligo/betamesosaprobnu. Saprobnost prema istraženim zajednicama iznosi 1,15 (oligosaprobna voda).

Izvor IV odlikuje prisustvo nešto većeg broja taksona živih oblika. U naselju mikrofiti dominiraju oligosaprobni indikatori (48%), oligo(betamesosaprobni) i mesosaprobni indikatori je znatno manje (30% i 22%). U naselju zoobentosa dominiraju oligosaprobni indikatori (60%). Saprobnost iznosi 1,36 (oligosaprobna).

U uzorcima zoobentosa **Male Bosne na Rimskom Mostu** zastupljeno je osam taksona indikatora oligosaprobnog stupnja, devet oligo/betamesosaprobni i četiri beta mesosaprobnog stupnja kvaliteta vode. Indeks saprobnosti ($S=1,50$) je na donjoj granici oligosaprobni voda. Uzimajući u obzir visoke vode, te se korito neznatno proširilo, pa se uzorkovanjem obuhvatio i dio livadskog ekosistema koji ukružuje lokalitet Male Bosne. U uzorcima su se s toga našle i vrste koje su donešene spiranjem. Zastupljenost račića koji je endemična vrsta, te nema naznačenu saprobnost vrijednost, u ukupnom indeksu smanjuje vrijednost.

Uzorak iz izvora **Borim I u selu Vrutci** u fitobentosu sadrži 11 oligosaprobni, dvije vrste oligo/betamesosaprobni, tri betamesosaprobna i jednu vrstu beta/mesosaprobni indikatora. Vrijednost indeksa $S=1,37$ upućuje na vodu oligosaprobnog stupnja kvaliteta.

Izvor Borim II u selu Vrutci prema sastavu fitobentosa ima pet indikatora oligosaprobnog stupnja, te po jedan oligo/betamesosaprobni i beta/alfa mesosaprobni indikatora. Rezultat je da saprobnost iznosi 1,52 što znači da je voda oligo/betamesosaprobni stupnja kvaliteta.

ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata kvalitativno-kuantitativne analize sastava zbirnih uzoraka fito i zoobentosa vodnih ekosistema šireg područja Vrela Bosne do lokaliteta Rimski Most u periodu od 1-28.11.2003. godine mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. U sastavu fitobentosa na izvoru Stojčevac registrovano je 57 taksona sa dominacijom Cyanophyceae (13), a u naselju zoobentosa samo tri taksona sa jasnom dominacijom amfipodnog račića *Gammarus bosniacus* i tvrdokrilca *Elmis maugēi*.
2. U uzorku glavnog izvora na Vrelu Bosne u sastavu fitobentosa prisutno je 40 taksona sa dominacijom silikatnih algi (Bacillariophyceae), a u zoobentosu 17 taksona sa dominacijom endemične vrste račića i većom zastupljenošću endemičnih vrsta vodenih insekata (*Siphonurus croaticus*, *Drusus bosnicus*).
3. Uzorci izvora II i IV pokazuju manje siromaštvo u odnosu na glavni izvor. U samom II izvoru registrovano je 19 oblika silikatnih algi i u naselju in-

vertebrata prisustvo četiri taksona. Pored račića koji se javlja i u prethodnim uzorcima, konstatovan je imago kamenjarke *Nemurella picteti*, te larve vodenog moljca *Odontocerum albicorne* Scopoli, 1763. Uzorci sa izvora IV nešto su sa većim diverzitetom za obe skupine. Registrovano je 37 taksona algi, sa izraženom dominacijom silikatnih algi (Bacillariophytae – 36). Invertebrate su zastupljene sa šest taksona i 82 jedinke, a najveću zastupljenost ima amfipodni endemični račić, pored njega su značajno prisutni puževi i nešto manjim procentom senzibilni vodeni insekti (larve).

4. Rezultati analize sastava zoobentosa na Rimskom Mostu ukazuju na veći diverzitet invertebrata, konstatovan je 21 takson sa 107 jedinki. Izražena je dominacija vodenih insekata, posebno vodenih moljaca.
5. U uzorcima mikrofiti u selu Vrutak zapaža se manje siromaštvo koje je posebno izraženo u izvoru Borim II gdje je registrovano je 11 taksona, a u izvoru Borim I 21 takson.
6. Vršena je i uporedba sa podacima o kvalitativno-kuantitativnom sastavu fito i zoobentosa u ranijim istraživanjima (1956 – 1975) koja su trajala duži vremenski period, ali nije zapažen veći stepen degradiranosti ovih životnih zajednica. Svaki zaključak o sličnostima i razlikama se mora razmatrati veoma uslovno. Neki lokaliteti su sa ovog aspekta prvi put istraživani.
7. Ocjenom kvaliteta vode utvrđeno je da se vrijednosti saprobnog indeksa kreću od 1,1 u izvoru II Vrela Bosne do 1,54 u lijevom izvoru sela Vrutci što upućuje da je voda od oligosaprobne na relaciji Vrela do Rimskog Mosta zajedno sa potokom Stojčevac, a samo u izvoru Borim II sela Vrutak oligo/betamesosaprobni stupnja.
8. Rezultati analize živog naselja dna ovih vodnih ekosistema, ukazuju na neophodnost zaštite, očuvanja i revitalizacije posebno priobalnog područja koji ima veliku ulogu u zagađivanju voda. Posebnu važnost imaju podzemni prostori jer su takvi habitati posebno zanimljivi zbog prisustva većeg broja endemičnih živih oblika prilagođenih na specifične uslove, uvjetovane smanjenjem dotoka svjetlosti. Ovi organizmi pokazuju visok stupanj senzibilnosti, a još su nedovoljno ili skoro nikako istraženi.
9. U sadašnjem stanju ovakvi hidroekosistemi su za rekreaciju i poseban vid sportskog ribolova koji će u mnogome biti regulisan propisnim zakonskim aktima i kontrolisan od relevantnih naučnih institucija.
10. Vrelo Bosne sa svojim vodnim resursima i u budućnosti bi trebalo obezbeđivati uslove za edukaciju i naučna istraživanja studenata prirodnih (bioloških) znanosti u dalekom širem obimu nego do sada.

11. Jedan od lako primjenjivih načina zaštite i očuvanja istraživanog prostora je tiskanje plakata, knjižica i drugih materijala u kojima bi se pokušalo objasniti lokalnom stanovništvu vrijednost datog prostora i na taj način inicirati interes za očuvanje ovog prostora. U sklopu ovakvih događanja neophodna su i dodatna predavanja i izložbe koje bi se organizovala u osnovnim i srednjim školama.
12. U svakom budućem planiranju namjene i korištenja ovog prostora treba imati na umu da je ovo prostor izvorišnog dijela, a da okolna ili pribrežna vegetacija zajedno sa vodnim ekosistemom predstavlja prirodnu cijelinu. Degradacija biljnih zajednica na istraživanom prostoru ubrzano će uzrokovati izmjene u vodnim tokovima. Antropogeni faktor je dugo vremena prisutan na ovom prostoru i svako upravljanje nije vodilo očuvanju nego uništenju onoga što je već prirodno postojalo.

LITERATURA

1. Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). In: "Die Süß-Flora Mitteleuropas" (A. Pascher, ed.), 10: Fischer Verlag, Jena. 466 pp.
2. Jerković L., Kosorić, Đ., Petrović, G., Stilinović B., Pavlečić, Z., Kačanski, D., Krek, S., Tanasijević, M. (1975): Biološki parametri kvaliteta vode u oblasti narušenoj eksploatacijom uglja i industrijom. Elaborat: Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 187 pp.
3. Krek, S. (1999): *Psichodidae (Diptera, Insecta) Balkanskog poluotoka*. Studenska štamparija univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
4. MARINKOVIĆ-GOSPODNETIĆ, M. 1955: Dve nove vrste iz grupe *Chaetopteryx* (Limnophilidae- Trichoptera) u okolini Sarajeva. Godišnjak Biološkog instituta u Sarajevu, 8 (1-2) : 125-130.
5. MARINKOVIĆ-GOSPODNETIĆ, M. 1971: The species of the genus *Drusus* in Yugoslavia. Godišnjak Biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu, 24: 105-109.
6. Marinković-Gospodnetić, M. (1981): Trihoptere. elaborat: Endemični vodeni insekti u Bosni i Hercegovini. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, 29-81.
7. Mučibabić, S. (1973): *Kompleksna limnološka ispitivanja sliva rijeke Bosne, Lašva*: elaborat. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
8. Mučibabić, S. (1979): *Kompleksna limnološka ispitivanja sliva rijeke Bosne, Krivaja*: elaborat. Biološki institut Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.
9. Pantle, R., Buck, H. (1955): Biologische Ueberwachung der Gewaesser und die Darstellung der Ergebnisse. Gas Wasserfach 96/18; 604.
10. Sladaček, V. (1973): Ergenbnisse der Limnologie of water quality from the Biological point of Wiew. Stuttgart, Arch.Hydrobiol., Beiheft 7.
11. Šenk, F. O. (1956): Faunističko ekološka ispitivanja izvorskog dijela rijeke Bosne. Acta ichtyologica Bosniae et Herzegovinae. No 9: 29-61
12. Wegl, R. (1983): Index für die Limnosaprobität., Wien, Beiträge zur Gerwässerforschung XIII, band 26.



BIODIVERZITET MAKROINVERTEBRATA ZOOBENTOSA RIJEKE FOJNICE /Rezime magistarskog rada/

Makroinvertebrati u monitoring programima voda imaju značajnu prednost nad ostalim organizmima. Zbog značaja bentičke faune cilj istraživanja rijeke Fojnice i pritoka je utvrđivanje biodiverziteta makroinvertebrata zoobentosa.

Uzorkovanje materijala na rijeci Fojnici obuhvatilo je dio toka od Tovarišta uzvodno od grada Fojnice do grada Visokog. Obradeno je sedam lokaliteta rijeke Fojnice i ušća pritoka Lepenice, Kreševke i Željeznice u periodu od oktobra 2001. do septembra 2002. godine.

Za ostvarivanje ovog cilja korištena je relevantna metodologija za prikupljanje uzoraka. Metodom "kick sampling" prikupljene su po tri probe kojima je obuhvaćen presjek korita u cjelini na svakom lokalitetu. Svaka proba jednog transeka (kojih ima tri) sadrži četiri potprobe.

Rezultati istraživanja pokazuju da fizičko-hemijske karakteristike vode rijeke Fojnice i pritoka ukazuju na relativno stabilne i povoljne uvjete za opstanak bentičke faune.

Na osnovu kvalitativno-kvantitativne analize uzorkovanog materijala registrovano je 9.175 jedinki makroinvertebrata, svrstanih u 147 taksona. Najveći broj jedinki konstatovan je na lokalitetu Buci (L7) - 1.475, a najmanji na lokalitetu Crvene stijene (L6) - 551 gdje je registrovan i najmanji broj taksona - 28. Najveći broj taksona registrovan je na lokalitetu Radenkovac (L1) - 77. Na lokalitetu Tovarište (KL), koji je uzorkovan jednokratno tokom istraživanja (septembar 2002. godine), konstatovano je 23 taksona i ukupno 66 jedinki makroinvertebrata.

Brojno najbogatija skupina makroinvertebrata u analiziranim uzorcima su Diptera - 2.170 jedinki, od kojih se predstavnici familije *Chironomidae* javljaju na svim ispitivanim lokalitetima i tokom cijele godine. Na malom broju lokaliteta i malim učešćem u sastavu zoobentosa nađene su vrste rodova *Hydrachnae* i *Gammarus* i predstavnici redova Odonata i Megaloptera.

Indeks raznolikosti pokazuje velike vrijednosti za uzorke lokaliteta Tovarište (KL) - 0,35 i Radenkovac (L1) - 0,1. Male vrijednosti ovog parametra konstatovane su na lokalitetu Ribnjak (L5) - 0,04.

Visoke vrijednosti koeficijenta sličnosti za ispitivane lokalitete hidrosistema pritoka Željeznice i Kreševke - 60,34% ukazuju na slične ekološke uvjete, dok je najmanja sličnost evidentirana između Lepenice i srednjeg toka rijeke Fojnice - 31,33%, što se, donekle, poklapa sa vrijednostima fizičko-hemijskih parametara.

Vrijednosti Shannon-Weaverog indeksa diverziteta kreću se od 1,76 koliko je registrovano na lokalitetu Buci (L7) do 3,99 koliko je zabilježeno na lokalitetu Zimije (L4). Generalno posmatrano, vrijednosti ovog indeksa na većini istraživanih lokaliteta u jednogodišnjim istraživanjima su relativno visoke, što govori o povoljnim uvjetima za egzistenciju makroinvertebrata u bentosu sliva Fojnice.

Izvjese razlike u ekološkim uvjetima između lokaliteta utiču i na sastav i gustinu populacije makroinvertebrata bentosa. U izvorišnom dijelu dominiraju Plecoptera i Trichoptera, nizvodno njihova brojnost opada, a povećava se učešće Diptera i Oligochaeta, dok insekti iz senzibilnih grupa i amfipodni račići potpuno nestaju. Ovakve pojave su posljedice upliva organskog i neorganskog onečišćenja.

Pronalaskom nove vrste za faunu ovog prostora (*Acentrella sinaica*) proširena su saznanja o arealu ove vrste. Ova činjenica doprinosi daljem upoznavanju ekologije i zoogeografije ove vrste.

Dobiveni rezultati o sastavu makroinvertebrata doprinose upoznavanju biodiverziteta Fojničkog sliva.

Ovaj rad je doprinos kompletiranju podataka o biodiverzitetu i saznanju o vrstama čije je područje rasprostranjenja Bosna i Hercegovina.

Biološka raznolikost predstavlja neprocjenljivo nacionalno blago i naslijeđe svake zemlje.

Polazeći od ove činjenice, a na temelju rezultata i zaključaka dobivenih u ovom radu, ovakvim istraživanjima bi trebalo posvetiti značajniju pažnju u budućnosti.

Pored fundamentalnog, treba imati u vidu i neprocjenljivo veliki aplikativni značaj ovakvih istraživanja, posebno sa aspekta zaštite i unapređenja životne sredine.

OBRADA I DISPOZICIJA MULJA

U pojedinim procesima i operacijama prečišćavanja zagađenih voda dolazi do formiranja mulja, koji sadrži značajan procenat organskih materija i veliki procenat vode. Pošto je mulj podložan daljem razlaganju, prije konačne dispozicije treba ga učiniti neutralnim, odnosno smanjiti mu zapreminu i truljivost.

Obradeni mulj može da se spaljuje, odlaže na sanitarnu deponiju ili koristi (ponekad) za đubrivo.

Obrada i dispozicija mulja jedan je od glavnih problema postrojenja za prečišćavanje.

Što je veći stepen prečišćavanja zagađene vode to je veća količina mulja. Koštanje obrade mulja (stabilizacija, dehidratacija i dispozicija), čini oko 1/3 ukupne vrijednosti koštanja rada postrojenja.

Najčešći objekti u kojima se vrši obrada mulja su: trulišta (digestori), filter-prese, lagune, centrifuge, vakuum-filtre, polja za sušenje mulja (zgušćivači).

Kvantitativne i kvalitativne odlike mulja

Količina i osobine izdvojenog mulja zavise od karaktera i tipa postrojenja. Poslije primarnog prečišćavanja formira se anaerobni mulj, koji sadrži ulazne organske materije podložne aktivnom razlaganju bakterijama. Ovaj mulj je neophodno obraditi radi sprečavanja širenja neprijatnih mirisa.

Primarni mulj se zgušćiva i dehidrira mnogo lakše nego aktivni mulj iz biološkog prečišćavanja, i to zbog svoje krupnije vlaknaste strukture. Opšta zapremina mulja, koji se sastoji iz čvrste i tečne faze, dostiže vrijednost do 1% zapremine efluenta.

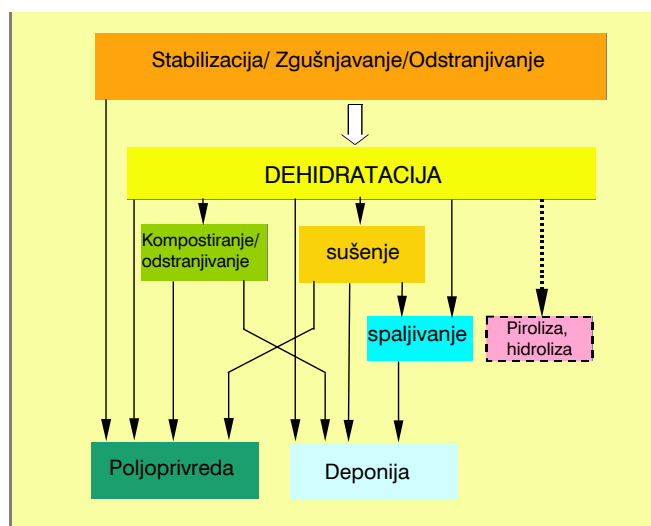
Mulj poslije aeracije predstavlja flokulisane kolonije bakterija sa nerastvorenim i koloidnim primjesama. On nema zadaha poslije biološke oksidacije. Međutim, sitne i disperzovane čestice izazivaju teškoće pri dehidrataciji.

Projektovanje i eksploatacija sistema za obradu mulja bazira se na zapremini sirovog mulja i količini mulja po suhoj materiji.

Tečna faza dominira tako da je prosječna vlažnost primarnog mulja oko 95%, a aktivnog 99,2%.

Procesi obrade mulja

Mogući načini iskorištenja mulja i zbrinjavanja

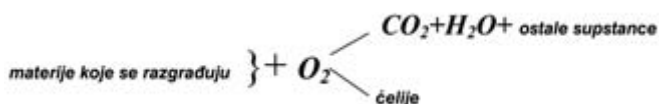


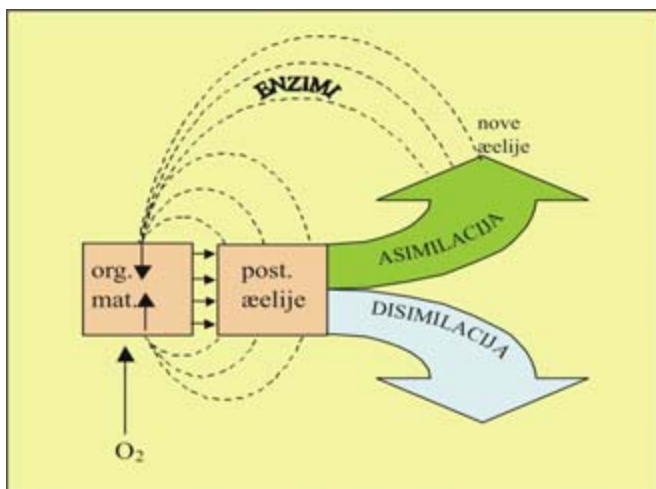
Stabilizacija mulja:

1. Simultana aerobna u bioaeracionom basenu,
2. Odvojena aerobna u posebnom aeracionim basenima,
3. Aerobno-termofilna, odvojena u zatvorenim basenima.

Cilj stabilizacije mulja je preobražaj njegove primarne zapremine i neutralizacija prisutnih organskih materija (uključujući i bakterije) u inertni materijal koji može biti brzo dehidriran bez prisustva neprijatnog zadaha.

Aerobna stabilizacija (biološko razgrađivanje organske materije)



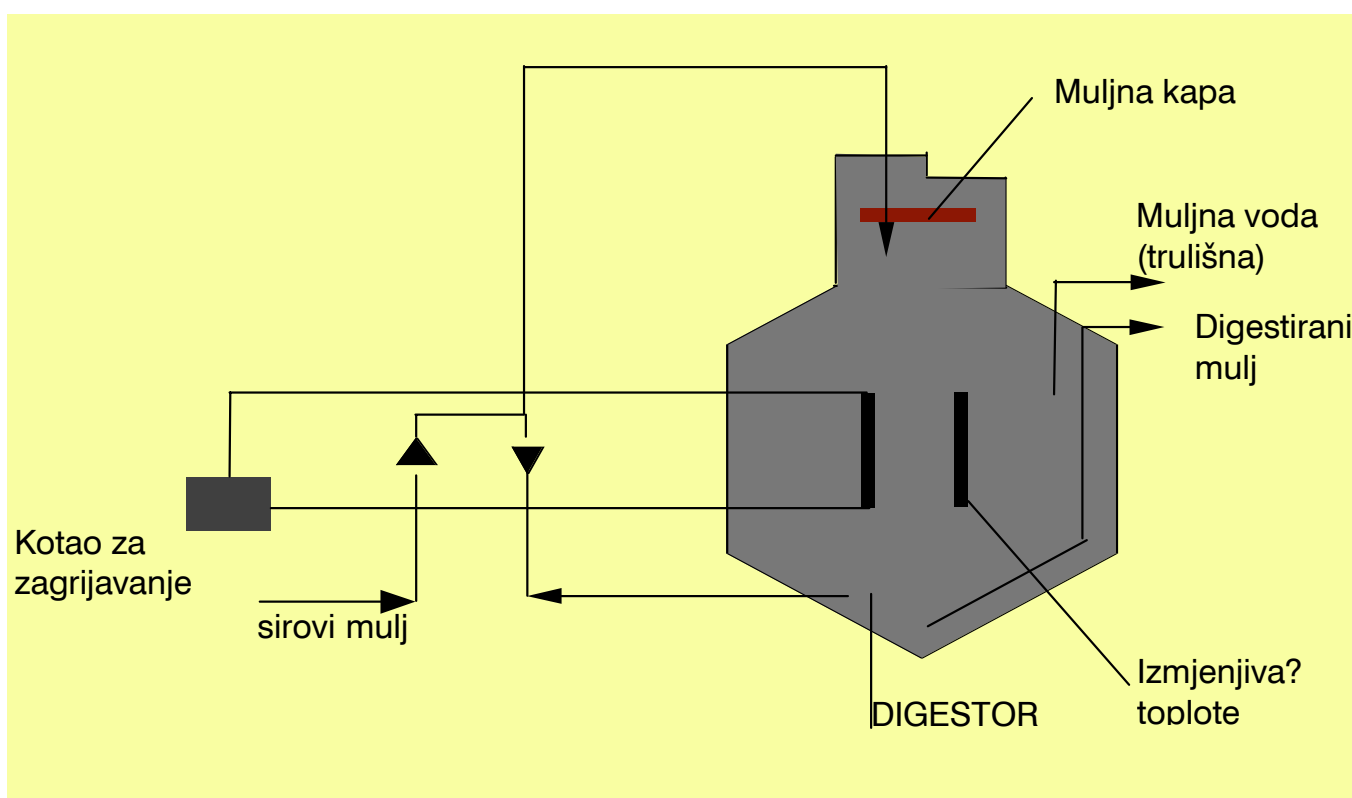


Aerobna stabilizacija teče u jednoj fazi. Uz dodavanje O₂ mikroorganizmi oksidišu razgrađenu organsku materiju. Kao krajnji proizvod su: CO₂, H₂O kao i nitrati, fosfati i sulfati.

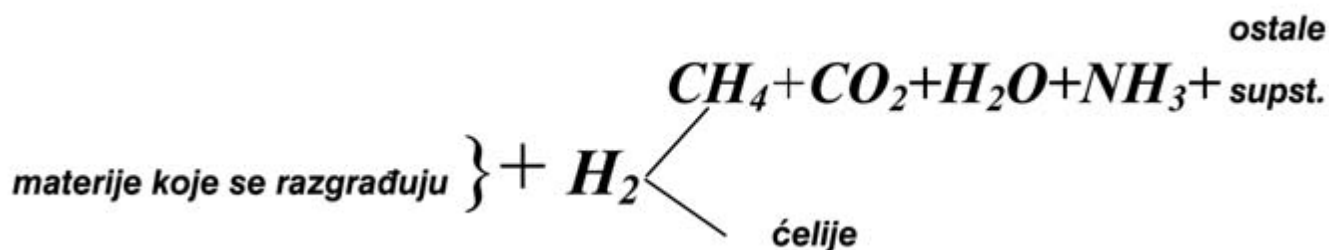
Anaerobna stabilizacija (truljenje)

je biološko razgrađivanje org. materija, sa njihovim pretvaranjem u mineralne, inertne materije. Ovaj process se još naziva truljenje ili digestija mulja.

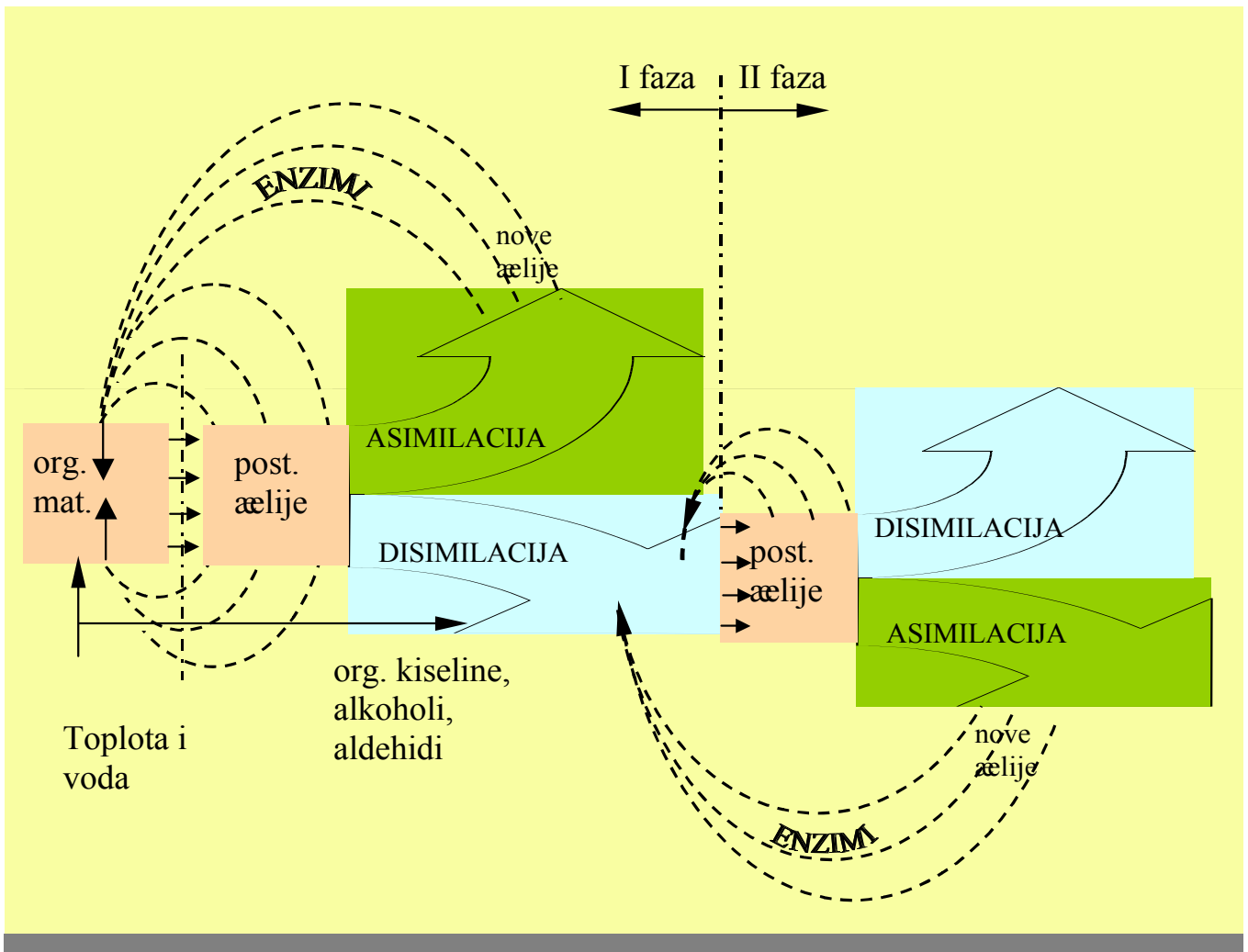
Proces se odvija u zatvorenim tankovima, digestorima, bez pristupa vazduha.



Anaerobno truljenje, kao biološki proces, primjenjuje se prvenstveno na mulj koji sadrži prirodne organske materije. Sintetičke organske materije mikroorganizmi mogu razgrađivati samo ako mogu da razviju odgovarajući system fermentata. Uprošćena reakcija može se prikazati:



Anaerobno truljenje sastoji se iz dvije faze:



I faza:

Fakultativno anaerobni RAZGRAĐIVACI CELULOZE u slabo kiseloj sredini

II faza:

Obligatno anaerobne METANSKE BAKTERIJE u slabo alkalnoj sredini (ova faza je osjetljiva na pad temp., promjene pH i toksične materije).

Ove dvije faze u praksi teku jednovremeno, u istom objektu.

Zadatak digestora je da obezbjedi što povoljnije uslove za process truljenja (temperatura, pH vrijednost, ujednačenost sastava), kao i odvajanje vode (koja mora da ide ponovo na prečišćavanje, jer BPK5 iznosi oko 400-1000 mg/l, količina 5-10% od sirove vode) i gasova (koji mogu biti i iskorišteni).

Digestori u slučaju malih postrojenja mogu biti otvoreni, bez zagrijavanja, bez ili sa miješanjem mulja.

Najčešće su digestori zatvoreni, a grade se kao jednostepeni i dvostepeni objekti. U oba slučaja moguće je u digestoru održavati željenu temperaturu, a lakše je podešavati i održavati i druge uslove za optimalan rad. Gasovi iz digestora sadrže zapreminski 60-70% metana, 25-35% ugljen-dioksida, 2-4%

ugljen-monoksida, do 1% azota i do 0,1% sumporvodonika.

Radi odvijanja procesa truljenja u trulištu treba održavati temperaturu između 34°C i 36°C i pH između 6,4-7,6. Miješanje mulja u trulištu uobičajeno se vrši pomoću cirkulacione pumpe, koja prepumpa cju sadržaj za 3-5h.

Unutar metan-tanka postoje zone: površinski sloj (pjena, kora), srednji sloj sa zamuljenom vodom i stabilizovanim muljem i najniži sloj sa stabilizovanim koncentratom.

Smanjivanje sadržaja vode u mulju

Kondicioniranje mulja je predfaza pripreme mulja za process zgušnjavanja i odvajanja vode (dehidraciju). Način kondicioniranja koji će se primjeniti zavisi od postupka koji slijedi.

Za gravitaciono zgušnjavanje potrebna je dovoljno porozna struktura radi boljeg izdvajanja vode.

Za flotaciono zgušnjavanje pored toga potrebno je da mulj može da obuhvata mjehurove gasa.

Za vakuum filtre potrebna je velika propustljivost za vodu i visoka otpornost za kompresiju.

Izbor postupka vrši se pomoću oglada.

Razlikujemo hemijsko kondicioniranje putem koagulacije i flokulacije mulja prirodnim ili sintetičkim polimerima i fizičko kondicioniranje zagrijavanjem mulja, zamrzavanjem i dodavanjem mulju inertnih materija.

Zgušnjavanje

je prvi stupanj u uklanjanju neželjene vode iz mulja u cilju smanjivanja zapremine. Imamo gravitacione zgušnjivače (intermitentni filter, polja za sušenje mulja, lagune), zgušnjivače na bazi flotacije, kao i mehanizovane (vakuum- filtri, filter-prese, centrifuge).

Dispozicija mulja

Dispozicija mulja može se obaviti na više načina:

1. Korištenje u poljoprivredi (ako nema teških metala),
2. Poizvodnja komposta,
3. Odlaganje na sanitarnim deponijama zajedno sa čvrstim otpadom,
4. Spajvanje, samostalno ili sa čvrstim otpadom.

Radi neutralizacije patogenih organizama mulj se ponekad pasterezira, tako što se zagrije do 70°C, i na toj temperaturi drži 20-25 minuta.

Cesto se koristi i postupak gama zračenja.

Literatura:

1. JAHIC M.: "HIDROTEHNIKA" tehnički fakultet Bihać, Bihać 2003,
2. Jahić M., " ZAŠTITA VODA", predavanja na III-ćem stepenu Građevinskog fakulteta u Sarajevu, Sarajevo 1999,
3. KROISS H.: "VORLESUNG WASSERGUTENWIRTSCHAFT, institut für wasserwrgte und Abfallwirtschaft, TU, Wien, 1998.
4. LARRY D.B., CLIFFORD W.R.: BIOLOGICAL PROCESS DESIGN FOR WASTE WATER TREATMENT, Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliffs N.J. 07632; London... Wellington, 1980.



ZAGAĐENOST RIJEKA I VISOK VODOSTAJ

UVOD

Već dugi niz godina Federalni meteorološki zavod BiH se bavi analiziranjem kvalitativno-kvantitativnih karakteristika kako površinskih tako i podzemnih vodotoka.

Danas kada se vodi velika borba za očuvanje što kvalitetnije životne sredine Federalni meteorološki zavod BiH je uključen u jednom veoma značajnom segmentu očuvanja životne sredine, u ovom slučaju analizirajući kvalitativno-kvantitativne karakteristike površinskih i podzemnih vodotoka.

Pošto je zagađivanje vode složen proces i zavisi od više faktora navest ćemo samo neke od njih, a to su: vrsta zagađivača, njegova koncentracija, vodostaj i proticaj.

Parametri koji daju kompletnu sliku o zagađenosti vodotoka su:

- vodostaj, proticaj, t-vode, t-zraka, vidljiva otpadna materija, primjetna boja, miris, pH vrijednost, elek.provodljivost, isparni ostatak (ukupan, otopljen, suspendovan),
- rastvoreni kiseonik, %O₂, BOD, potrošnja KmnO₄, mutnoća vode, boja vode Pt-Co skala, amonijak, nitriti, nitrati,
- alkalitet (ukupan, karbonatan, bikarbonatan), karbonati, bikarbonati, tvrdoća-ukupna, kloridi, sulfati, sulfidi, fosfati, kalcij, magnezij, silicij i dr. što ovisi kakve se otpadne vode ispuštaju u površinske vodotoke.

Međutim, čovjek može koristiti samo čistu vodu sa određenim sadržajem minerala i praktično bez organskog sadržaja.

Prirodne vode (rijeke, jezera, mora), po svom kvalitetu su uglavnom bliske potrebama čovjekovim i čovjek ih je oduvijek direktno koristio. Samo neke vode npr. mineralne, termalne, radioaktivne i u svakom slučaju morske vode čovjek ne koristi direktno već posredno. Navodeći sve ovo, bitno je da čovjek

vodu koristi, mijenja joj sadržaj, a samim tim njen kvalitet i upotrebnu vrijednost.

Jednom iskorištenu vodu čovjek odbacuje ili je dalje koristi. Iskorištena voda može biti uslovno čista ili manje ili više zagađena tj. otpadna voda.

Iskorištene vode se odbacuju u odvodne sisteme – kanale, kanalizacije i druge prijemnike, ali uvijek krajnji prijemnik zagađenih voda su neke čiste ili uslovno čiste površinske ili podzemne vode.

U okviru prirodnih bogastava, koja se smatraju dobrima od opšteg značaja, vode imaju specifično i veoma značajno mjesto. One su nezamjenjiv prirodni i ekološki faktor sa različitim uticajima na životnu sredinu, a posebno treba naglasiti da su potreba svih tehnoloških procesa.

Pošto su nezamjenjiva potreba u tehnološkim procesima, prijemnici nastalih otpadnih voda su uglavnom površinski vodotoci.

Federalni meteorološki zavod već dugi niz godina prati zagađivanje površinskih vodotoka pri svim vodostajima (visokim, srednjim i niskim), tako da ima mogućnost komparativne analize svih hemijskih pokazatelja koji utiču na kvalitet vode.

Analizirajući površinske vodotoke pri visokom vodostaju dalo se uočiti, naročito na rijeci Spreči, enormno visoke koncentracije klorida, sulfata, nitrata, nitrita i isparnog ostatka. Ovo nam ukazuje na činjenicu da se za nekontrolisano zagađivanje površinskih vodotoka koristi visoki vodostaj.

Imajući u vidu ovakve rezultate hemijskih analiza obaveza nam je da skrenemo pažnju na ovu problematiku jer rijeke nisu neiscrpan prijemnik otpadnih voda.

U ovakvim slučajevima neophodno je analizirati **UTVRĐIVANJE OPTEREĆENJA PUNIM ZAGAĐENJEM PRIJEMNIKA U JEDINICAMA (EBS) - Broj Ekvivalent stanovnika tj. PE-POPULATION EQUIVALENT**. Zagađivanje se može najpotpunije izraziti

kao Index ekološkog uticaja na posmatranu okolinu, a pogotovo na bilo koji recipijent otpadnih voda, prečišćenih ili ne.

Još u 19. stoljeću Britanci su svojim ekološkim zakonima (na preporuku nekih naučnika) ovaj Index nazvali "Population Equivalent" PE, a evropska i svjetska naučna literatura je usvojila taj naziv. U duhu našeg jezika odgovarajući prevod bi bio "BROJ EKIVALENT STANOVNIKA" = EBS.

Da bi se odredio index ekološkog uticaja na prijemnik otpadnih voda (u EBS jedinicama) potrebno je mjeriti u otpadnim vodama minimum:

Q – protok	(m ³ /24h)
Pepeo na 550	(mg/l)
COD homogenog uzorka	(mgO ₂ /l)
BOD-5 homogenog uzorka	(mgO ₂ /l)
XD-toksičnost homogenog uzorka	(%/100)

Sva mjerenja se izvode prema STANDARDNIM AMERICKIM METODAMA (ASTM).

Broj Ekvivalent Stanovnika (EBS) definiše se pomoću gore navedenih parametara kao suma opterećenja anorganskim zagađenjem i opterećenja organskim zagađenjem koji u recipijent unose otpadne vode, a koji može biti uvećan direktno proporcionalno djelovanjem toksičnosti otpadnih voda i njihovom temperaturom.

Slijedi da se matematički EBS može izraziti približno izrazom:

$$[EBS]_{24} = \prod_2^{24} \left[(E_H, R_{TOX}, R_t) \sum_2^{24} (E_a, E_b) \right]$$

Gdje su E_H E_a = anorgansko opterećenje
E_H E_b = organsko opterećenje

Oznake za granične vrijednosti znače da se za svaki uzorak unutar 24 sata, minimum dvočasovni srednje proporcionalni, mjeri protok i analiziraju gore navedeni parametri. Kako dnevno ima 12-dvočasovnih srednje proporcionalnih uzoraka i minimalni broj rezultata za svaki parametar biće n=12. Za kvalitetnu statističku obradu ovo uslovljava minimum trodnevno uzimanje uzoraka.

Kako smo već naglasili, laboratorija Federalnog meteorološkog zavoda analizirajući neke površinske vodotoke sliva rijeke Save uočila je visoku zagađenost rijeke Spreče. Na osnovu dobivenih rezultata može se zaključiti da je u ovakvim slučajevima neophodno analizirati EBS.

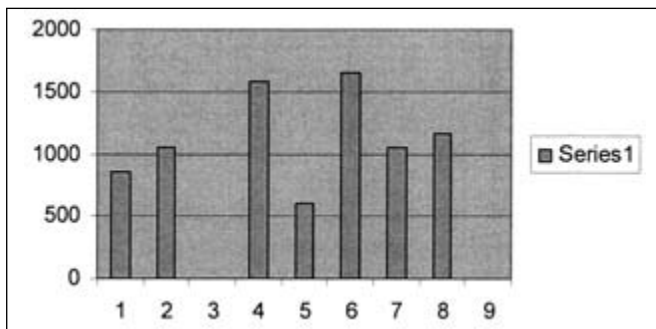
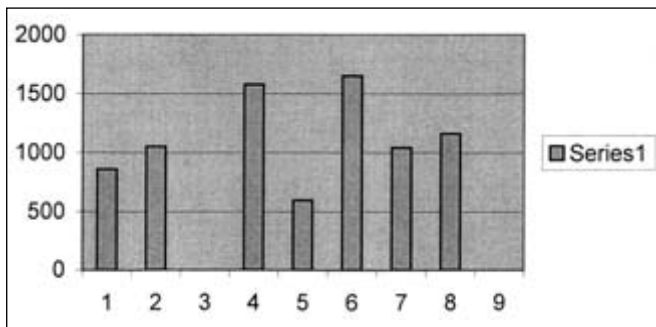
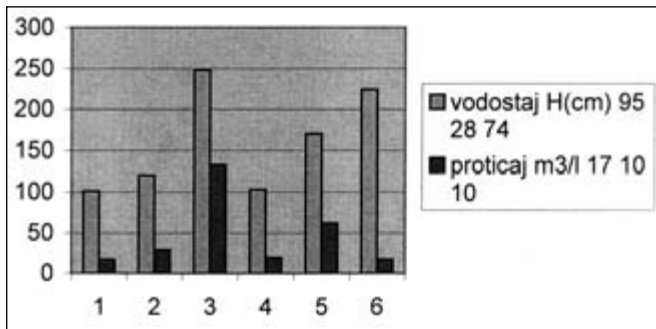
Rezultati kvalitativno kvantitativne analize sa parametrima koji odstupaju od MDK za normalno zagađene rijeke prikazani su tabelarno i grafički. Uporedo navedeni su komparativni rezultati koji pokazuju znatnu razliku. Ovo sve ukazuje na problem koji se ne može zanemariti, a koji se dešava u periodu visokih vodostaja.



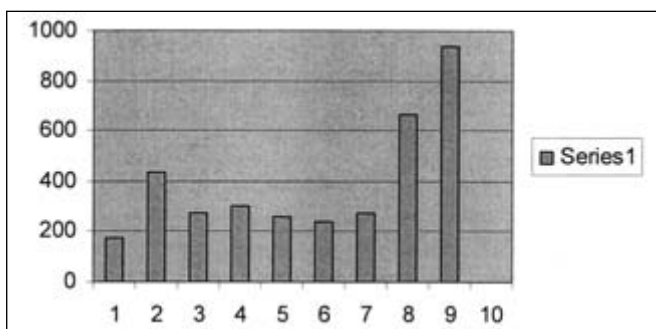
tabela zagađenosti rijeke Spreče pri visokom vodostaju:

lokalitet	uzorkovano	vodostaj	proticaj	nitriti	nitriti	kloridi	sulfati	kalijum	natrijum
Karanovac	datum	H(cm)	m3/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	11.4.1991	95	17			858	99		176
	20.6.1991	28	10			1050	103		437
	30.8.1991	74	10			443.52	57.2		272
	25.3.1991	101	17			1578	91.6		300
	11.4.1991	120	29			596	70		261
	20.6.1991	248	132			1650	101.8		0.sij
	8.10.1991	103	19			1043	113.6		271
	19.12.1991	170	62			1161	132		666
	10.12.2003	224	17	1.974	15.65	516.78	138.6		934.09

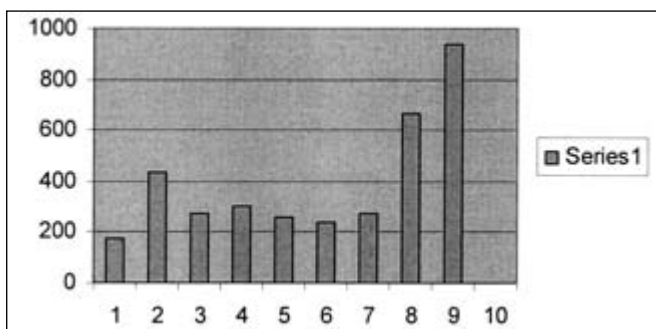
Iz prezentiranih rezultata može se zaključiti da je rijeka Spreča jako zagađena, a nađene koncentracije su daleko iznad dozvoljenih. Ova rijeka je pritoka Bosne koju značajno zagađuje. Neophodno je konstatovati da su koncentracije zagađenosti najizraženije pri visokim vodostajima. Isto se može zaključiti da se i pri niskom vodostaju (H=28 cm) rijeka u predratnim uslovima intenzivno zagađivala. Danas kad se smatra da je zagađenost na nižoj razini to opovrgavaju rezultati najnovijih analiza.



Koncentracija klorida mg/l



Koncentracija natrijuma mg/l

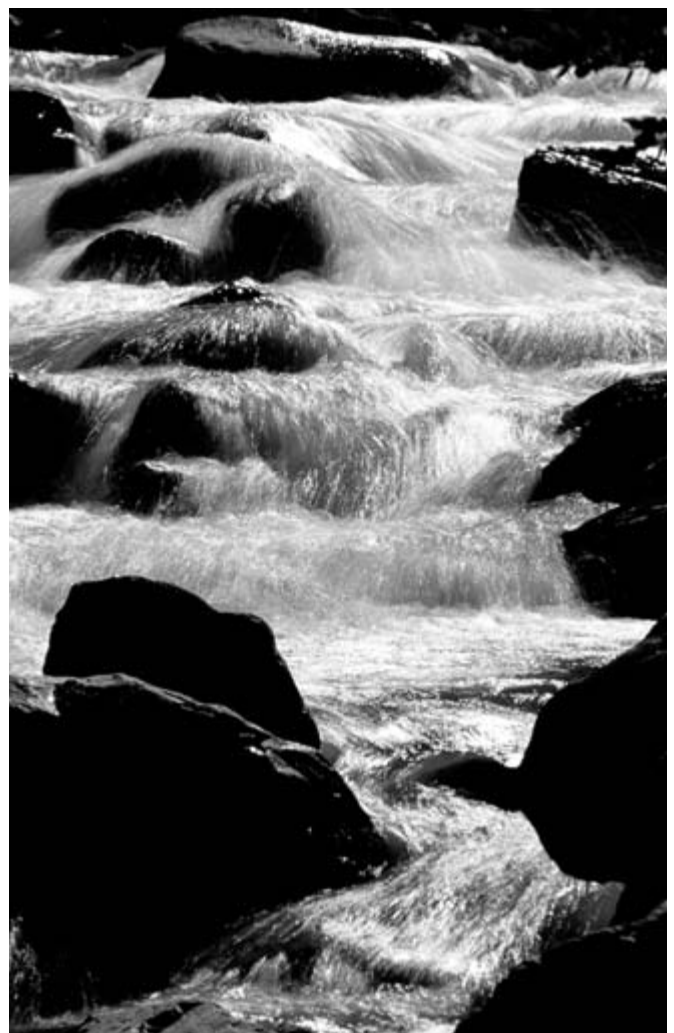


Koncentracija sulfata mg/l

LITERATURA:

Zupković Vladimir, ing. dipl. de la chemic, expert OUNDI/UN

1. LES EAUX DA LA RIVER UNA-L EVALUATION CHIMIQUE A SA JUSTE VALEUR DE LA QUALITE AUJOURD HUI, Congres International UNSKI SMARAGDI-BIHAC, 1991
2. LES EAUX DE LA REGION REPUBLIQUE BIH DANS UN "CIRCULUS VITIOSUS" OU LA VERITE VRALE DES EAUX, II Congres International de la protection d Environnement, JAJCE 90
3. AN OUTLINE ORGANIZATION AND MANAGMENT OF AN ECO-SYSTEM, Seafy (JSPA) 16,67(4)pgs70-76, Sarajevo 1990.
4. LA QUALITE DES EAUX DE LA RIVER NERETVA ET SES HIDROACCUMULATIONS-ETAT ZERO. II Congres Yougoslaves des viviers enhidroaccumulations, Mostar 1989. RECUEIL DES TRAVEAUX, pgs.63-74.
5. LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DES EAUX DE LA RIVER TREBIZAT. II Congres Yougoslave des viviers en hidroacumulations, Mostar, 1989. RECUEIL DES TRAVAUX, pgs 75-80.
6. LES ETUDES EFFECTURES DES SOLUTIONS DES PROBLEMES DES DECHETS COMUNALS ET DES DECHETS SPECIEAUX DE LA REGION DU SARAJEVO PAR LE SYSTEME "PKA-PYROLISE KRAFTANLAGEN". Comande par le Principale de la ville Sarajevim 1881.



UTICAJ KIŠNICE NA ZAGAĐENOST VODE I TLA

UVOD

FEDERALNI METEOROLOŠKI ZAVOD, već dugi niz godina se bavi analizom kako površinskih vodotoka, tako i zraka. Kako su zagađenja zauzela primarno mjesto u globalnom očuvanju čovjekove okoline, tako su uznapredovala i tehnička sredstva pomoću kojih se prate zagađivači kako vode tako i zraka. Naime na površinskim vodotocima u FBiH postavljene su automatske stanice na mjestima koja su po procjeni stručnjaka najugroženija, odnosno sve se više pokrivaju vodotoci od izvora do ušća, kako bi se dobila prava slika o zagađenosti površinskih vodotoka.

Na automatskim stanicama prate se osnovni hemijski parametri tj. koncentracija O_2 , pH vrijednost, elektro provodljivost i redox potencijal, te hidrološki parametri vodostaj i proticaj koji su u neposrednoj vezi sa koncentracijama hemijskih zagađivača, a koji znatno utiču na kvalitet vode kako sa hemijskog tako i sa biološkog aspekta.

Za one koji se bave ovom problematikom ovi parametri daju veoma jasnu sliku o kakvom se kvalitetu vode radi. Novi parametar koji je kod nas uveden je redox potencijal na osnovu kojeg se može zaključiti da li se radi o oxidacionim ili redukcionim procesima, a u korelaciji redox potencijala i pH vrijednosti može se dobiti vrijednost rH2 koji nam daje pretpostavku o vrsti algi koje su prisutne u tim vodotocima, kao i odgovor da li se odvijaju aerobni ili anaerobni procesi.

Izvori zagađivanja površinskih vodotoka

Zagađivanje vode je vrlo složen i dinamičan proces koji zavisi od niza faktora u prvom redu od vrste i veličine zagađivača. Uticaj vremenskih prilika je veoma važan, jer sa vremenskim uvjetima mijenja se kako vodostaj tako i proticaj. Zbog ovakvih činjenica

stanje zagađenosti je promjenljiva veličina kako u vremenu tako i u prostoru. Zbog ovakvog stanja koje vlada u prirodi potrebno je kontinuirano pratiti stepen zagađenosti površinskih vodotoka te u slučaju prisutnosti značajne zagađenosti pristupiti planu zaštite površinskih vodotoka. Pošto se vodotoci mogu zagađivati na različite načine u ovom slučaju možemo prezentirati da i kišnica može znatno zagađivati površinske vodotoke.

Federalni meteorološki zavod – Sarajevo već duže vrijeme analizira kišnicu selektivnom ION-KROMATOGRAMSKOM metodom.

Ne tako davno kišnica se smatrala veoma čistom i u predjelima koji su oskudni sa vodenim resursima skupljala se u tzv. «čatrnje» i koristila kao voda za piće. No današnje analize ukazuju na to da se taj metod sve manje može koristiti, obzirom na povećanu zagađenost atmosfere.

Pred hemičare se postavlja pitanje odkud tako visoke koncentracije hemijskih polutanata u atmosferi.

Odgovor na ovo pitanje, koje naizgled izgleda vrlo jednostavno ustvari je veoma složeno, dale su analize kišnice. Pošto je uzrok zagađenosti kišnice zagađena atmosfera analizirat ćemo neke od izvora zagađivanja atmosfere. Analizirajući ovaj problem, da bi čitava situacija bila što jasnija navest ćemo nekoliko najvažnijih zagađivača atmosfere:

Zagađivače atmosfere možemo razdvojiti na stacionarne i mobilne.

Od stacionarnih zagađivača navest ćemo slijedeće:

- Izgaranje čvrstih goriva u energetskim postrojenjima
- Razna industrijska postrojenja
- Hemijska industrija i dr.

Poznato je da su ovi zagađivači veoma opasni kako po zagađivanje atmosfere, tako i površinske vodotoke.

Zagađivanje atmosfere grada Sarajeva koje potiče od stacionarnih izvora, dosta je dobro istraženo i dobiveni rezultati ukazuju na izrazitu periodičnost povećanih koncentracija azotnih gasova i dima dok su koncentracije sumpor dioksida neznatne u odnosu na predratni period, kao i jak uticaj vremenskih prilika na nivoe zagađenosti zraka.

Međutim, do danas je bilo malo, gotovo nikako, sistematskih istraživanja zagađivanja atmosfere koja potiče od mobilnih izvora.

Naime manji se značaj davao mobilnim izvorima, a analize su pokazale da su veoma veliki zagađivači, u prvom redu atmosfere.

Zagađenje zraka od stacionarnih izvora može se reći da je relativno dobro istraženo i dobiveni rezultati ukazuju na izrazitu periodičnost pojavljivanja koncentracija sumpor dioksida i dima, kao i jak uticaj vremenskih prilika na nivoe zagađenosti zraka.

Međutim, do danas je bilo malo sistematskih istraživanja zagađivanja atmosfere koja potiče od mobilnih izvora, u prvom redu od automobila. Obzirom da se broj vozila u gradu neprekidno povećava, može se pretpostaviti da se povećava i zagađenje koje potiče od izgaranja motornih goriva.

Pod pretpostavkom da je rad fabrika sveden na minimum, mišljenja smo da je atmosfera u ovom vremenu uglavnom zagađena od mobilnih izvora.

Pošto su rezultati analiza kišnice provedeni na području sarajevskog kantona, pokušaj ovog rada je

ukazati da su mobilni izvori veoma važni i da zauzimaju značajno mjesto u zagađivanju čovjekove okoline.

U razvijenim zemljama svijeta se procjenjuje da su količine polutanata nastale sagorijevanjem motornih goriva veće od količine polutanata koji potiču od sagorijevanja fosilnih goriva u stacionarnim izvorima.

Ovu hipotezu potvrđuju svakako rezultati analize kišnice i komponenti koji se nalaze u njoj kako aniona tako i kationa.

Rezultati su prikazani u tabeli.

Zaključak:

Na osnovu prezentiranih rezultata može se zaključiti da je atmosfera u znatnoj mjeri zagađena. U prvim naletima kiše koncentracije aniona i kationa su najizraženije, odnosno one jasno ukazuju na zagađenost atmosfere, odmah se može zaključiti da takva kišnica zagađuje kako tlo, tako i vodene resurse, a sapiranjem tla dodatno zagađuje površinske vodotoke. Analizirajući rezultate kišnice ne može se govoriti o kiselim kišama, jer pored prisustva aniona koji sa vodom daju kiseline, u znatnim koncentracijama su prisutni i kationi koji sa vodom daju baze. To nam potvrđuje pH vrijednost kišnice koja se kreće u granicama od 6,8-8,2.

Ovaj rad je imao za cilj da ukaže na činjenicu da su mobilni izvori kao zagađivači prisutni u znatnoj mjeri i da se moraju kontrolisati.

datum	nitriti	nitriti	sulfati	kloridi	nitrijum	amonijum	kalcijum	kalci- jum	ma- gne- zij
2003.god.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
14/15.10	8,051	0,172	14,25	1,716	11,37	18,17	9,4	3,48	0
15/16.10	7,112	0,169	11,31	1,166	10,73	20,46	2,12	13,15	0,96
17/18.10	6,781	0,034	10,57	0,674	8,87	14,84	53	4,32	0
20/21.10	3,565	0,021	6,96	0,54	4,74	7,023	13,74	3,73	0
22/23.10	3,045	0,017	4,874	0,492	4,45	5,02	8,24	4,66	0
23/24.10	2,102	0,016	3,542	0,082	3,69	2,4	0,81	7,68	0,38
24/25.10	1,682	0,07	1,819	0,033	0,936	2,04	0	1,43	0
25/26.10	1,137	0	0,668	0,021	0,75	0,09	0	0,97	0

REŽIM NANOSA U BUJIČNOM SLIVU ILI EROZIONOM PODRUČJU (I DIO)

1. UVOD

Odnošenje površinskih slojeva zemljišta prisutno je i postoji na svim dijelovima kopna izuzev ako je ono pokriveno stalno ledenom korom.

Nanos i procesi erozije javljaju se svugdje. Oni konstantno uništavaju proizvodnu moć brdskih i ravničarskih zemljišta od kojih čovjek živi. Čine veliku smetnju prometnicama, ometaju razvoj privrede i industrije, nanose velike štete vodoprivredi, elektroprivredi, irigacionim sistemima, a istovremeno smanjuju opći zemljišni fond i vodno bogatstvo.

Aktivni erozioni procesi u slivnim područjima rijeka potpomažu poplavu i sušu, i teže da pretvore velike površine zemljišta u pustinje i kamenjare.

Izbor proticajnih profila kod kanala, regulacija, kineta ili mostova i propusta zavisi od dobre procjene potencijala bujičavosti. Kod vodnih akumulacija, zavisi njihov vijek trajanja od realno ocjenjenih godišnjih zapremina bujičnih nanosa.

No, i pored nesumljivog značaja nanosa za čovjeka i njegove privredne aktivnosti rad na sistematskom osmatranju režima nanosa riječnih tokova, radi dobivanja kvantitativnih podataka o spiranju tla, počelo je i u tehnički razvijenim zemljama tek u dvadesetom stoljeću. Švicarski geolog Stini je početkom dvadesetog stoljeća definisao vezu između gustine bujične mase i pada dna korita vodotoka. Te podatke je kasnije I.I. Herhenlidze preradio i formulisao metodu za praćenje pronosa nanosa u jedinici vremena, na osnovu koje se može izračunati i srednji godišnji pronos nanosa.

Ruski naučnik B.V. Poljakov spada u prve istraživače koji se bave problemom nanosa u bujičnim tokovima. Poznata je i njegova formula iz 1932. godine za proračun srednje godišnjeg pronosa nanosa.

Praćenju režima nanosa u bujičnim tokovima dali su najveći doprinos istraživači iz bivšeg Sovjetskog

Saveza. Ako se zna da su u Gruziji, Jermeniji, Kazahstanu i Azerbejdžanu (nekadašnjim Sovjetskim republikama) nalaze, možda najrazvijeniji bujični tokovi u svijetu, koji nose ogromne količine nanosa, onda je i razumljivo da se tu pojavljuju i prvi istraživači.

U bivšoj Jugoslaviji, prvi počeci periodičnog organizovanog praćenja lebdećeg nanosa kao i mjerenje postojećih akumulacija vršeno je na jezeru HE Falo, zatim Grošničke akumulacije (1950.), akumulacije na rijeci Treski (1951) i dr. Kod nas u Bosni i Hercegovini otpočelo se je sa mjerenjem dnevnih koncentracija lebdećeg nanosa na rijekama. Rama i Neretva (1952) u blizini mjesta na kome se u to vrijeme počelo graditi HE "Jablanica". Ovo se može smatrati kao prvi organizovani rad na praćenju pronosa nanosa kod jednog toka u bivšoj Jugoslaviji (S.Jovanović – M.Vukčević). Poslije toga počinju opažanja i mjerenja mutnoće vode kod gradilišta brane HE "Zvornik" na rijeci Drini (1953), radi dobivanja podataka o količinama nanosa koji će biti unesen u budući akumulacioni bazen hidroelektrane.

Dobiveni podaci o nanosu imaju međutim, manju tačnost nego podaci o proticaju vode, jer se mjerenje i proučavanje proticaja vode vrši duži niz godina.

Kod nas, može se reći da je opažanje nanosa pojedinih riječnih tokova bilo uslovljeno izgradnjom hidroenergetskih postrojenja, koje je bilo naročito aktuelno u prvim godinama poslije Drugog svjetskog rata.

Poslije se istraživanje nanosa vrši za potrebe poljoprivrede, industrije, uređenja bujica, i uopće u naučne svrhe, da bi se mogla izvršiti kontrola erozije i spiranja zemljišta za različite potrebe.

Opća karakteristika za ova mjerenja je da su ona vršena kampanjski i vrlo kratko, i ne po nekom jedinstvenom planu za čitavu zemlju, već su vršena za određene potrebe i određena područja. Od ove konstatacije se mogu izuzeti neke naučne institucije.

U Bosni i Hercegovini su u drugoj polovini prošlog stoljeća bile postavljene dvije eksperimentalne stanice. Prva je bila u Snagovu (općina Zvornik) i druga u Iličima (općina Mostar). Cilj ovih eksperimentalnih stanica bio je naučnoistraživački rad iz oblasti zaštite zemljišta od vodne erozije, koji u postavljenom obimu do tada nisu bili zastupljeni. U okviru ovih istraživanja predviđena je bila i kontrola režima nanosa. Međutim, ova opažanja su bila kratka, i dobiveni podaci uglavnom nisu iskorišteni, izuzev nešto malo za stanicu Snagovo.

U ovom stručnom radu dat će se prikaz režima nanosa u bujičnim slivovima ili erozionim područjima i metode za njegovo utvrđivanje u bujičarstvu.

2. Erozijski i nanos

Pod erozijom u elementarnom smislu treba podrazumijevati promjene na površinskom sloju zemljišnog reljefa, koje nastaje kao posljedica djelovanja kiše, snijega, mraza, temperaturnih razlika, vjetera i tekućih voda, ili usljed rada antropogenih činilaca. te promjene uvijek označavaju isključivo procese vezane za otkidanje, odnošenje, transport i taloženje zemljanih čestica i suglasne su pojmu "razaranja" ili "uništavanja" zemljišta (S.Gavrilović).

Kao produkt erozionih procesa u slivu javljaju se erozioni nanosi koji sa padina dospijevaju u riječnu mrežu.

Pod nanosom se podrazumijevaju zemljišne čestice, različitog oblika i veličine, koje su otrgnute od površinskih slojeva zemljišta. Oblik zrna nanosa zavisi od njegovog porijekla i od njegovog početnog oblika. Nanos koji ima oblik kocke i tetraedra zaobljava se u loptasti oblik, odnosno transformiše u paralelopipede, elipsoide i slično, dok pločaste čestice se tanje, ali neprekidno zadržavaju takav oblik.

Smješa nanosa je masa, koja je različita kako po sastavu, tako i po veličini, težini i obliku. Specifična masa nanosa iznosi oko 2,65 t/m³, rjeđe 2,56 t/m³ i 2,76 t/m³, dok mu poroznost varira u granicama od 40% do 70%.

Zapreminska masa nanosa može se odrediti po sljedećem izrazu:

$$Y_o = \frac{Y_n}{1 + \beta} \dots (t / m^3 \text{ ili } kg / m^3)$$

gdje je:

Y_o = zapreminska masa nanosa u t/m³ ili kg/m³;

Y_n = specifična masa nanosa u kg/m³ ili t/m³;

β = poroznost (40-70%)

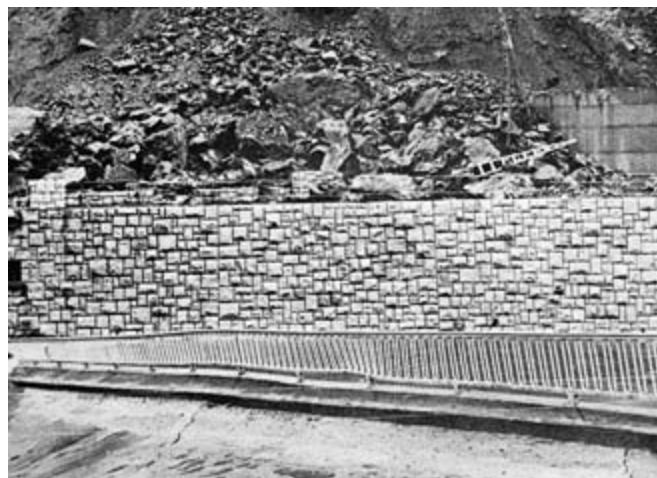
Srednji prečnik nanosa obilježava se sa $d_{sr} = d_{50}$ (mm). To je ustvari prečnik čestica nanosa, koji odgovara težini od 50% ukupne mase na granulometrijskoj krivi.

U bujičnom vodotoku dolazi do zasićenja nanosom, i ono je uslovljeno vremenom, i mijenja se u za-

visnosti od vodnog režima i proticanja čvrstih masa. Zasićenost toka nanosom postaje kritično onog momenta kada usljed preopterećenosti ili usljed smanjenja transportne moći bujičnog vodotoka nastaje taloženjem novih dodatnih količina.

Da bi dospio nanos u hidrografsku mrežu nekog sliva, potrebno je da se određeni preduslovi ispune, i to:

- postojanje izvorišta nanosa (materijala) koji će biti transportovan, čije nastajanje je rezultat postojanja razvijenih erozionih procesa, i
- pokretna sila, koja će izazvati pokretanje materijala sa padina do riječnih tokova, tj. postojanje površinskog oticanja.



Sl. 1: Nanos kod HE "Rama"

Izvori nanosa, prema Karauševu mogu biti spoljni i unutrašnji.

Spoljni izvori nanosa su:

- padine sliva i dolina;
- sipari i plazevi;
- eolski nanosi i
- neke vrste antropogenih dejstava.

U unutrašnje izvore nanosa spadaju:

- ranije nataloženi nanosi u koritu vodotoka ili dolini;
- ostaci raspadanja stijena i
- produkti podkopavanja dna i obala korita.

Produkcija nanosa posredstvom spoljnih činilaca prvenstveno zavisi od intenziteta erozionih procesa na padinama sliva, a ukupni pronos nanosa za konkretni profil koji se promatra zavisen je od ukupnog intenziteta erozije koji se javlja na padinama sliva i u hidrografskoj mreži vodotoka.

Za pronos nanosa, značajan činilac je oticanje vode iz slivnog područja. Sila gravitacije uslovljava oticanje. Voda koja otiče rapolaže energijom koja je različita i od istih faktora zavisi od kojih zavisi i erozija zemljišta, a to su: reljef, geološko-pedološki sastav terena, klima, vegetacija i drugo.

Voda krećući se nizvodno, na svom putu troši kinetičku energiju koju posjeduje prije svega na trenje između sopstvenih čestica, potom energiju troši na trenje čestica vode a tle na svom putu padinama sli-

va i o dno i obale korita, na otkidanje čestica stijene i njihovo prenošenje nizvodno po toku. Usljed smanjenja pada i transportne sposobnosti, na kraju dolazi do taloženja nanosa koje bujica nosi.

Istraživanjima je dokazano da postoji određena zavisnost između mase čestica koje voda vuče po dnu vodotoka i brzine kojom se nanos kreće. Ova zavisnost je iskazana po poznatom zakonu Airy-ja koji glasi:

$$M = A \cdot V^6$$

M = masa čestice nanosa;

A = konstanta;

V = granična brzina vode pri kojoj čestica počinje da se kreće.

Objašnjenje zašto relativno mali bujični tokovi mogu da vuku velike blokove stijena, i da pri relativno malim promjenama brzine nastaju velike promjene u transportnim sposobnostima vodotoka, dokazuje ovaj zakon.

Iz njega se može vidjeti da, ako brzina vode poraste 2 puta, njena transportna moć, izražena kroz masu, će porasti za 2⁶ puta, tj. 64 puta.

Niz faktora utječe na varijacije pronosa nanosa duž toka. Među njima je otpornost zemljišta na eroziju u pojedinim dijelovima sliva ili erozionim područjima najvažniji. Upravo od toga zavisi koliko nanosa dospijeva u hidrografsku mrežu, a da li će doći do taloženja nanosa ili njegovog daljeg nošenja zavisi od transportne sposobnosti toka.

3. Podjela nanosa

Osnovna podjela nanosa u zavisnosti od načina pronosa dijeli se na:

- suspendirani nanos i
- vučeni nanos.

3.1. Suspendirani nanos

To je sitni materijal koji je najvećim dijelom proizvod površinske erozije, i on je raspoređen u cijelom profilu korita, koji se pod dejstvom turbulencije održava u suspenziji, i njegovo kretanje je istom brzinom kojom se kreće voda.

Daljnja podjela suspendovanog nanosa je na:

- tranzitni suspendovani nanos, koji se u vidu suspenzije nesmetano transportuje zajedno sa vodom, i
- tzv. "korito – formirajući" suspendovani nanos. Ovaj nanos se povremeno kreće u vidu suspenzije, ali se povremeno i taloži, i na taj način učestvuje u formiranju riječnog korita.

Suspendovani nanos, je radi svog porijekla, sličnih karakteristika za sve dijelove jednog vodotoka, može se reći čak i za većinu vodnih tokova. Količina suspendovanog nanosa određena je postojanjem odgovarajućeg materijala u izvorištu, a ne karakteris-

tikama kretanja transportne sredine vode. Veliki (aluvijalni) vodotoci skoro stalno, nose suspendovani nanos, dok bujični tokovi u periodu malih voda najčešće uopće ne nose nanos ili ga nose u praktično zanemarljivim količinama (prema Pejnter-u R.B. – citirano po S.Kostadinovu).



Sl. 2: Deponiska pregrada od kamena u cementnom malteru u bujici "Bijela" (lijeva prit oka r. Neretve)

3.2. Vučeni nanos

Nanos krupnijih dimenzija, koji je nastao kao rezultat dubinske erozije i koji se sastoji od oblutaka šljunka i pijeska naziva se vučeni nanos.

On se kreće samo u slučaju kad je brzina tečenja veća od granične brzine za pokretanje materijala takve krupnoće. Kretanje vučenog nanosa vrši se po dnu korita kotrljanjem ili vučenjem, ili kretanje saltacijom u vidu skokova.

Obzirom da ponašanje pojedinih frakcija nanosa zavisi od konkretnih hidrauličko-hidroloških uvjeta koji vladaju u pojedinim bujičnim tokovima, to se i za podjelu nanosa na vučeni i suspendovani može reći da je uvjetna. Po Redev-u, granica između suspendovanog i vučenog nanosa je određena prečnikom zrna od 1,0 mm u prirodnim uslovima vodenog toka.

U stručnoj literaturi zapremina vučenog nanosa u odnosu na suspendovani kreće se u jednom širokom dijapazonu. Tako da taj odnos prema Poljakovu za ravničarske rijeke iznosi u procentima od 0,1 do 10%, a za bujične tokove od 10-100%. Bogoljubov iznosi podatke o istraživanjima na rijeci Mzimti (bivši SSSR) gdje je od ukupne količine nanosa, vučeni zauzimao 45%.

Općenito se može reći, da je količina vučenog i suspendovanog nanosa za pojedine vodotoke, pa i za isti vodni tok u različitim godinama, vrlo različita. Orjentaciono se može prihvatiti da u ukupnim količinama nanosa, učešće vučenog nanosa kod aluvijalnih vodotoka iznosi 5-15%, sadržaj vučenih nanosa u ukupnim količinama nanosa kod bujičnih tokova je mnogo veći i kreće se i do 80%.

Interesantno je i možda najtačnija konstatacija Hmaladzea, koju navodi S.Kostadinov: "Ne može se za jedan tok govoriti o stalnom odnosu vučenih nanosa (Te) i suspendovanih nanosa (Se), zato što sva-

ka dionica toka je karakterisana svojim osobnostima koje utječu na taj odnos. Kad već govorimo o odnosu T_e i S_e , pri tom je neophodno ukazati na neke hidrauličke karakteristike toka kao što su: pad korita ili ogledala vode, udaljenost posmatranog profila od izvora, krupnoća nanosa i drugi pokazatelji koji mogu okarakterisati dati odnos”.

Čagelišvili navodi sljedeće podatke za manje brdske slivove:

- u slivu čija je površina 70% pod šumom – nije bilo vučenog nanosa, nego samo suspendovanog;
- u slivu sa 50% površine pod šumom – od ukupne količine nanosa 23,80% bilo je vučenog nanosa;
- u slivu sa 30% površine pod šumom – od ukupne količine nanosa 37,30% je bilo vučenog nanosa.

Najviše nanosa, ukupno gledano, bilo je u godinama sa najvećom visinom padavina u promatranim područjima.

Kostadinov S. navodi podatke o desetogodišnjem istraživanju u tri mala sliva u okolini Ljubovije (Zapadna Srbija), čiji su rezultati slični koje je dobio Čagelišvili:

- U slivu Lonjinskog potoka čija je površina 70% pod šumom dobrog sklopa – vučenog nanosa nije bilo, već samo suspendovanog.
- U slivu Dubošničkog potoka, sa površinom pod šumom 48,50% dobrog sklopa, od ukupne prosječne godišnje količine nanosa, prosječno je oko 54% bilo vučenog nanosa.
- U slivu Đurinovac potoka sa 39,50% pod šumom dobrog sklopa – od ukupne godišnje količine nanosa oko 62% prosječno je bilo vučenog nanosa.



Sl. 3: Nanos u srednjem toku bujice Idbar (sliv Jablaničkog jezera)

Pored ostalog ovi rezultati pokazuju da šumski pokrivač vrlo snažno utječe na ukupni transport nanosa, ali istovremeno i na vrstu nanosa (vučeni ili suspendovani) koji se transportuje vodotokom.

Istraživanja koja navodi S.Kostadinov, pokazuju da postoji veliki stepen korelacije između pronosa suspendovanog, vučenog i ukupnog nanosa, kao i mutnoće vode i proticaja vode. Koeficijent korelacije se kreće od 0,81 do 0,96.

Korelaciona veza pronosa suspendovanog nanosa (S_e), vučenog (T_e) i ukupnog (G) može se dovesti u vezu sa proticajem vode (Q). Tipovi zavisnosti su sljedeći:

$$S_e = f(Q)$$

$$T_e = f(Q)$$

$$G = f(Q)$$

Režim nanosa u vodotoku može biti definisan uspostavljanjem ovih zavisnosti u različitim hidrološko-hidrauličkim uslovima po dužini toka.

Muškatirović definiše režim nanosa na sljedeći način: “Pod režimom nanosa podrazumijeva se njegov granulometrijski sastav, proticaj suspendovanog i pronos vučenog nanosa kroz izabrane riječne profile, odnosno bilans nanosa na određenom sektoru ili u jednom riječnom profilu u određenom vremenskom periodu.

Značajna karakteristika nanosa je njegov granulometrijski sastav. U tom smislu postoji više prijedloga klasifikacije nanosa prema krupnoći: Kostadinov S. navodi jednu od mnogih koju je dao Muškatirović D. (tabela br.1).

Tabela br.1 – Klasifikacija nanosa prema krupnoći

Dimenzija prečnika		Naziv frakcije	Kategorija
mm	μ		
4000 do 2000	/	vrlo krupne gromade	GROMADE
2000 do 1000	/	krupne gromade	
1000 do 500	/	srednje gromade	
500 do 250	/	male gromade	
250 do 130	/	krupni komadi	
130 do 64	/	sitni komadi	
64 do 32	/	vrlo krupan šljunak	ŠLJUNAK
32 do 16	/	krupan šljunak	
16 do 8	/	srednje krupan šljunak	
8 do 4	/	fini šljunak	
4 do 2	/	vrlo fini šljunak	
2,00 do 1,00	2000 do 1000	vrlo krupan pesak	PESAK
1,00 do 0,50	1000 do 500	krupan pesak	
0,50 do 0,25	500 do 250	srednji pesak	
0,25 do 0,125	250 do 125	fini pesak	
0,125 do 0,062	125 do 62	vrlo fini pesak	
0,062 do 0,031	62 do 31	krupnija prašina	PRAŠINA
0,031 do 0,016	31 do 16	srednja prašina	
0,016 do 0,008	16 do 8	fina prašina	
0,008 do 0,004	8 do 4	vrlo fina prašina	
0,004 do 0,0020	4 do 2	krupna glina	GLINA
0,0020 do 0,0010	2 do 1	srednja glina	
0,0010 do 0,0005	1 do 0,5	fina glina	
0,0005 do 0,00024	0,5 do 0,24	vrlo fina glina	

Izvor: Muškatirović D. prema Kostadinovu S.

4. Nanos i mutnoća tokova

Organizovano mjerenje nanosa na prirodnim vodotocima i u svijetu i kod nas nema dužu tradiciju. Podaci koji se tim mjerenjima dobijaju nemaju neku veću tačnost, posebno u odnosu na mjerenja protoka vode koja se mjere već duži niz godina.

U prirodnim vodotocima mjerenje nanosa je neposredno povezan sa problemom proučavanja intenziteta erozije. Iz oticanja nanosa kroz hidrometrijske profile (jednog ili više profila) prirodnog vodotoka, ili kroz određivanja zapremine zasipanja nanosom prirodnih ili vještačkih jezera i vodnih akumulacija, može da se ustanovi opći intenzitet erozije.

Pojavu srednje-godišnjeg intenziteta erozije uveden je u nauku radi praktičnog izučavanja problema borbe sa erozijom. Pod tim pojmom treba podrazumijevati prosječnu godišnju količinu otkinutih, spranih odnosno nataloženih zemljanih čestica i stjenovitih komada po jedinici površine (Gavrilović S.).

Pojam intenziteta erozije vezan je za dimenzijski jedinicu mjerenja, tako da se srednjegodišnji intenzitet erozije obično izražava u mm odnijetog zemljišta ili nataloženog materijala ili u m^3/km^2 godišnje, ili u $m^3/hektara$ godišnje, odnosno u t/km^2 god. ili $t/hektar$ godišnje.

U prirodnim slivovima javljaju se vrlo složene pojave, koje su odraz reljefa, razgranatosti hidrografske mreže sliva, sastava geološke podloge, otpornosti zemljišta na utjecaj atmosferilija i sila erozije, režima visokih dnevnih padavina, stanja biljnog pokrivača i niza antropogenih i drugih činilaca, čijim rezultatom djelovanje dovodi do mutnoće vodotoka. Mutnoća vodotoka je posljedica sadržaja nanosa u riječnoj vodi. Na mutnoću vodotoka ima utjecaj i geografska širina na kojoj se nalazi prirodni sliv, tako se je mjerenjima došlo do saznanja da je manja srednja mutnoća rijeka Sjevera, nego rijeka Juga (Poljakov po Gavriloviću).



Sl. 4: Nanos iz pritoke rijeke Drine uzvodno od Zvornika

U prirodnim slivovima oticanje nanosa je rezultat erozionih procesa površinskog i dubinskog tipa. Međutim, tu se javljaju i procesi kemiskog rastvaranja i korozija.

Nanos koji protiče hidrometrskim profilom sastoji se iz čvrstog mehaničkog nanosa (M_n) i u vodi rastvorenog kemiskim putem nanosa (H_n). Čvrsti mehanički nanos (M_n) se sastoji od suspendovanog nanosa koji u vodi lebdi (Se) i vučenog ili kotrljajućeg nanosa po dnu korita vodotoka (Te). Proticaj nanosa (Q_n) jednak je:

$$Q_n = M_n + H_n = Se + Te + H_n$$

U bujičnim slivovima pri proračunu nanosa redovno se kemiski nanos (H_n) zanemaruje, i ako ima

slučajeva gdje je u bujičnim tokovima veličina kemijski rastvorenog nanosa u vodi znatno u ukupnoj godišnjoj zapremini nanosa u jednom slivnom području.

U vodotocima dolazi do promjena proticaja nanosa u zavisnosti od visine vode u hidrometrskom profilu, zatim od intenziteta kiša koje su izazvale nadolazak vode, kao i od promjena u uzdušnom padu i poprečnim profilima. Do znatne promjene proticaja nanosa u glavnom toku dolazi i usljed djelovanja vode koje dolaze iz pritoka.

Prosječno višegodišnja mutnoća vodotoka može se sračunati u tokovima gdje postoji paralelno osmatranje protoka vode i proticaj nanosa za višegodišnji period. Tu se može hidrometrskim načinima bliže odrediti veličine Se i Te , tj. može se odrediti norma oticanja suspendovanog i vučenog nanosa, a na osnovu toga izračunati i prosječna višegodišnja mutnoća vodotoka za jedan određeni hidrometrski profil na prirodnom vodotoku:

$$q = \frac{Se + Te}{Q_0}$$

- q = prosječna višegodišnja mutnoća vodotoka;
 Se = srednje godišnja zapremina suspendovanog nanosa u $m^3/god.$;
 Te = srednjegodišnja zapremina vučenih nanosa u $m^3/god.$;
 Q_0 = srednjegodišnje ukupno oticanje vode u $m^3/god.$

Mutnoća vodotoka je posljedica sadržaja nanosa u riječnoj vodi. Ona predstavlja rezultat vrlo složenih pojava u prirodnom slivu.

U bujičnim tokovima radi nejednolikog kretanja (kotrljanja) vučenog nanosa po dnu vodotoka i postojanje skokova, za mjerenje vučenih nanosa nije moguće potpuno iskorišćavanje osmatranja proticaja vučenih nanosa, čak ni istih tačaka na jednom hidrometrskom profilu. Stoga je mjerenje i određivanje veličine vučenog nanosa povezano sa mnogobrojnim teškoćama. Radi toga se redovni proticaj vučenog nanosa (Te) procjenjuje, a suspendovani nanos (Se) uglavnom se određuje mjerenjem i iz tih podataka određuje mutnoća vodotoka.

Pribor za mjerenje vučenih nanosa i proticaja nanosa uopće (batometri, razni elektro-magnetski i fotočeliski uređaji i sl.), a posebno za bujične tokove, je još uvijek neusavršen, stoga se u hidrometriji vrši procjenjivanje odnosa vučenih nanosa kroz izraz:

$$\beta = \frac{Te}{Se}$$

gdje je:

- β = koeficijent odnosa vučenih prema suspendovanom nanosom i kreće se:
 - za ravničarske rijeke od 0,05 do 0,10 (5-10%);

- za brdske rijeke od 0,10 do 0,40 (10-40%);
- Se = srednjegodišnja zapremina suspendovanih nanosa u m³/god;
- Te = srednjegodišnja zapremina vučenih nanosa u m³/god.

Mutnoća vode u vodotoku se smanjuje ukoliko su u proticajnom profilu manje količine suspendovanog (lebdećeg) nanosa. Smanjivanjem suspendovanog nanosa dobivamo u vodotoku bistriju vodu sa većom energijom koja onda djeluje na nanos pri dnu korita, i time povećava učešće vučenog nanosa u vodom toku. Do povećanja vučenog nanosa u vodotoku dolazi i kroz smanjenje prečnika nanosa, ali tu i uzdužni pad korita vodotoka ima svoju ulogu.

Po **Gluškovskom** indeks erozije sliva može se dobiti ako se srednja godišnja mutnoća vode prirodnog vodotoka podijeli sa srednjim padom korita tog vodotoka izraženog u "m". Obzirom da se u praksi u većini slučajeva teško dolazi do podataka o srednjegodišnjoj mutnoći, jer nedostaju duža mjerenja oticanja vode i nanosa, to je Poljakov predložio skalu koeficijenta erozije $\alpha = 1$ do 8, do čijih podataka se dolazi na bazi procjene erozije vodotoka. Na osnovu ovih podataka možemo doći do orijentacione vrijednosti srednjegodišnje mutnoće vodotoka, i to tako da se vrijednosti koeficijenta erozije pomnože sa srednjim padom korita izraženog u "m". Tako možemo doći i do orijentacione vrijednosti srednjeg proticaja nanosa po sljedećoj formuli:

$$Q_{nsr} = U \cdot Q_{sr} \dots (m^3/sek)$$

gdje je:

Q_{nsr} = orijentaciona vrijednost srednjeg proticaja nanosa u m³/sek;

U = srednjegodišnja mutnoća vodotoka

Q_{sr} = srednja voda u m³/sek;

Iz ovoga možemo dobiti srednjegodišnju zapreminu suspendovanog nanosa ako srednji proticaj nanosa (Q_{nsr}) pomnožimo sa brojem sekundi u toku prosječne godine:

$$Se = Q_{nsr} \cdot 31,5 \times 10^6 \dots (m^3/sek)$$

Pošto postoje kolebanja u proticaju nanosa tokom niza godina, stoga je potrebno uzeti u obzir tzv. koeficijent varijacije oticanja godišnjeg nanosa koji se sračuna za svaki konkretan slučaj. Za Evropu i Ameriku, hidrološkim istraživanjima je utvrđen koeficijent varijacije oticanja godišnjeg nanosa i on iznosi:

- | | |
|-----------------------------|--------------|
| a) za planinske rijeke | $C_v = 3,45$ |
| b) za ravničarske rijeke | $C_v = 1,61$ |
| c) prosječne vrijednosti su | $C_v = 2,22$ |

gdje je:

C_v = poznati koeficijent varijacije vode godišnjeg oticanja

Promjena ove metode je u slučajevima kada ipak postoji dovoljno pouzdani podaci i mjerenja protoka vode i suspendovanih nanosa. Kod bujičnih slivova i erozionih područja u najvećem broju slučajeva, takvih podataka i mjerenja nema, stoga je bilo nužno i ranije, a i sada pronaći odgovarajuće metode koje se mogu primjenjivati u bujičarstvu.



Sl. 5: Talog pretežno suspendovanog nanosa na ušću jedne bujice

5. Proticaj nanosa kroz bujična korita

Oticanjem vode iz sliva vrši se pronos nanosa kroz bujično korito. Oticanje je uslovljeno silom gravitacije, a energija kojom raspolaže voda u oticanju je različita. Voda postepeno troši svoju kinetičku energiju tekući kroz bujično korito, prije svega trenjem između sopstvenih čestica, te trenjem čestica vode o tlo na padinama sliva ili o dno i obale korita, zatim na otkidanju čestica stijena i njihovo prenošenje nizvodno bujičnim vodotokom. Na kraju dolazi do taloženja usljed smanjenja pada i transportne sposobnosti toka, koji zavisi od njenih mehaničkih i hidroloških karakteristika.

Bujično korito, kao promjenjivo tle, čine nevezana zrna nanosa. Kada je tok prezasićen nanosom, dolazi do njegovog odgovarajućeg taloženja, odnosno kada je tok nezasićen nanosom, onda on napada i erodira korito odnoseći nanos, da bi se u kretanju toka postigla ravnoteža.

Nanosi koji formiraju korita, odnosno koji se akumuliraju po dnu bujičnog korita nazivaju se "koritiformirajući" nanosi i razlikuju se od nanosa koji protiču i ne utječu na formiranje korita. U uvjetima kada je srednja brzina toka veća od granične brzine, tada dolazi do pokretanja nanosa koji pokriva korito. Ako odnos ovih brzina nije velik, ali ipak veći od 1,0, tada će se dio nanosa (koji formira i dio nanosa koji ne formira korito) istaložiti, dok će ostatak nanosa koji ne formira korito biti odnesen, u onoj mjeri koja je zavisno od transportne sposobnosti bujičnog vodotoka. Do taloženja nanosa dolazi sa smanjivanjem odnosa brzine, i to najprije krupnog, a zatim sve sitnijeg.

Ako dođe do naglog smanjenja odnosa srednje brzine proticaja (V) u odnosu na graničnu brzinu za pokretanje nanosa (V_n), tj. V/V_n , javlja se taloženje nanosa u masi, pri čemu će se (usljed inercije) izdvojiti i otkotrljati krupnije čestice, dok će uzvodno ostati masa. Do selekcionog izdvajanja nanosa sa dna korita doći će pri nadolaženju novog talasa. Pokretanje zrna nanosa, zavisno je od impulsa pokretačkih sila u koritu, pri čemu je izdizanje zrna i njihovo unošenje u jezgro tako uslovljeno pojavom virova. Osnovni virovi u vodotoku utiču na učestalost suspendovanja, premještanja po dnu, kao i na koncentraciju (P_o) u zoni proticaja vodotoka.

Mehanizam prenošenja nanosa može se objasniti analizom putovanja zrna u jezgro toka, kojom se utvrđuju i definišu izvjesne pojave.

5.1. Definisane pojave prema B.N. Gončarovu

5.1.1. Visina plafona suspendovanja nanosa

$$h = 0,7 \cdot \alpha \cdot q \cdot \frac{V - V_n}{V_n} \cdot k \dots (m)$$

gdje je:

h = visina plafona suspendovanja nanosa izraženo u m;
 α = konstanta, kao karakteristika vira, koja je određena visinom izbočina

$$\alpha = \frac{a}{\Delta} > 0,06$$

q = parametar turbolentnosti zrna;
 V = srednja visina proticaja, u m/s;
 V_n = granična brzina za pokretanje nanosa, u m/s;
 k = srednja veličina zrna, u m;

5.1.2. Koncentracija zrna na dnu

$$P_o = \alpha_3 \cdot \left(\frac{V}{V_n} \right)^3$$

gdje je:

P_o = koncentracija zrna na dnu;
 α_3 = koeficijent koncentracije utvrđen eksperimentalnim putem;
 V i V_n = kao naprijed

5.1.3. Odnos srednje koncentracije zrna i koncentracija zrna po dnu

$$\frac{P_s}{P_o} = \frac{1}{1 + \alpha_4 \cdot q^r}$$

gdje je:

P_s = srednja koncentracija zrna;
 P_o = koncentracija zrna po dnu;
 α_4 = koeficijent koncentracije nanosa, određen eksperimentalnim putem;
 q = parametar turbolentnosti zrna;
 r = koeficijent koncentracije nanosa, određen eksperimentalnim putem.

5.1.4. Grupna brzina pronosjenja nanosa

$$V_i = \alpha_{q1} \cdot V \cdot \left(1 - \frac{V^3}{V_n^3} \right) \dots (m^3/s)$$

gdje je:

V_i = grupna brzina pronosjenja nanosa

$$\alpha_{q1} = \frac{1 + q}{2 + q}$$

ostale oznake kao gore (q, V, V_n)

5.1.5. Proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita

Iz proizvoda svih prednjih parametara dobija se proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita:

$$g = h \cdot P_o \cdot \frac{P_s}{P_o} \cdot V_i$$

gdje je:

g = proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita;
 h = visina plafona suspendovanja nanosa;
 P_o = koncentracija zrna po dnu;
 P_s = srednja koncentracija zrna;
 V_i = grupna brzina prenošenja nanosa.

Za praktičnu promjenu proračuna proticaja zrna nanosa po jedinici širine korita, pogodna je formula izražena u srednjem obliku:

$$g_t = 1,96 \cdot (1 + q) \cdot V_n \cdot K \cdot \left(\frac{V}{V_n} \right)^{4,33}$$

odnosno:

$$g_t = 1,96 \cdot (1 + q) \cdot \frac{K}{H} \cdot \left(\frac{V}{V_n} \right)^{3,35} \dots (kg/s/m)$$

gdje je:

g_t = proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita, u kg/s/m;
 K = srednja veličina zrna nanosa, u m;
 H = srednja dubina vode, u m;

5.2. Proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita po Levi-u

$$g_t = C \cdot Y \cdot d \cdot \left(\frac{V}{V_o} \right) \cdot (V - V_o) \dots (t/s/m)$$

gdje je:

g_t = proticaj zrna nanosa po jedinici širine korita, u t/s/m;

C = koeficijent brzine;

Y = specifična masa vode, u t/m³;

d = srednji prečnik smjese nanosa, u m;

V = srednja brzina proticaja, u m/s;

V_o = kritična brzina ili brzina u početku kretanja nanosa, u m/s;

Ako je $\frac{H}{d} \geq 60 : 60$, onda je kritična brzina jednaka

$$V_o = 1,4 \cdot \sqrt{g \cdot d} \cdot I_n \frac{H}{7d} \cdot \left(\frac{d_{\max}}{d} \right)^{v_7} \dots (m/s)$$

Ako je $\frac{H}{d} \geq 60 : 60$, onda je kritična brzina jednaka

$$V_o = 1,4 \cdot \sqrt{g \cdot d} \cdot \left[1 - I_n \cdot \sqrt{\frac{H}{7d} \cdot \left(\frac{d_{\max}}{d} \right)^{v_7}} \right] \dots (m/s)$$

5.3. Specifični sadržaj nanosa po Orlov-u

Za proračun specifičnog sadržaja nanosa za vodotoke bujičnog karaktera i gornje tokove rijeka, Orlov je dao jednačinu koja glasi:

$$g_t = 0,006 \cdot \gamma \cdot \left[\frac{H \cdot J}{\alpha(\delta - 1)} - 0,04 \right] \dots (kg/m^3)$$



Sl. 6: Nanos u jednoj jaruzi nastao poslije prolaska velikih voda od jakih kiša i naglog topljenja snijega

gdje je:

g_t = specifični sadržaj nanosa, izražen u kg/m³;

γ = specifična masa vode, u t/m³;

H = srednja dubina vode u profilu, u m;

I = pad vodnog lica;

d = srednji prečnik smjese nanosa u pokretu, u m;

δ = koeficijent odnosa specifične mase nanosa i

specifične mase vode $\delta = \frac{\chi_1}{\chi}$; χ_1 = specifična masa nanosa, u t/m³;

6. Osnovne karakteristike sadržaja čvrste faze nanosa u bujičnim tokovima

Različitim karakteristikama može biti određen sadržaj čvrste faze (nanosa) u bujičnim tokovima. To može biti po masi, zapreminski, razmjernim i bezrazmjernim.

6.1. Nanosovodni odnos

$$\beta_o = \frac{V_{\dot{c}}}{V_t}$$

gdje je:

β_o = nanosovodni odnos;

$V_{\dot{c}}$ = zapremina čvrste faze;

V_t = zapremina tečnosti (vode);

6.2. Zapreminska koncentracija čvrstih materijala

$$S = \frac{V_{\dot{c}}}{V_{\dot{c}} + V_t}$$

gdje je:

S = zapreminska koncentracija čvrstih materijala;

6.3. Koncentracija po masi (težinska) tvrdih materijala

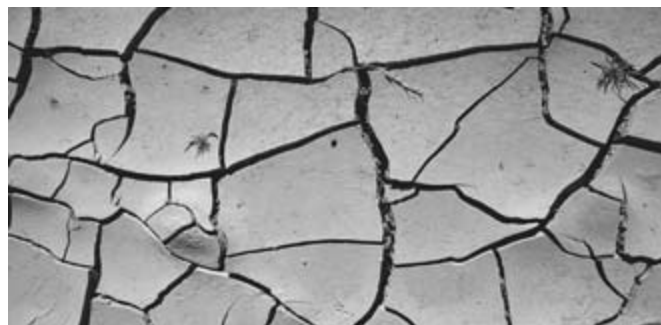
$$p = \frac{V_{\dot{c}} \cdot \chi_{\dot{c}}}{V_{\dot{c}} \cdot \chi_{\dot{c}} + V_t \cdot \chi_t}$$

gdje je:

p = koncentracija po masi (težinsko) tvrdih materijala;

$\chi_{\dot{c}}$ = zapreminska masa čvrste faze;

χ_t = zapreminska masa tečnosti;



6.4. Opća mutnoća vode

$$q_z = \frac{V_{\dot{e}} \cdot \chi_{\dot{e}}}{V_c + V_t}$$

gdje je:

q_z = opća mutnoća vode;

6.5. Srednja zapreminska masa bujične vode

$$q_o = \frac{V_{\dot{e}} \cdot \chi_{\dot{e}} + V_t \cdot \chi_t}{V_{\dot{e}} + V_t}$$

gdje je:

q_o = srednja zapreminska masa bujične vode;

Međusobna povezanost prikazanih karakteristika je prema sljedećim odnosima:

6.6. Nanosvodni odnos

– međusobna povezanost

$$\beta_o = \frac{S}{1-S} = \frac{p \cdot \chi_t}{\chi_c(1-p)} = \frac{q}{\chi_c - q} = \frac{\chi_m - \chi_t}{\chi_c - \chi_m}$$

6.7. Zapreminska koncentracija čvrstih materijala - međusobna povezanost

$$S = \frac{\beta_o}{1-\beta_o} = \frac{p \cdot \chi_t}{\chi_{\dot{e}}(1-p) + p \cdot \chi_t} = \frac{q}{\chi_{\dot{e}} - q} = \frac{\chi_m - \chi_t}{\chi_{\dot{e}} - \chi_t}$$

6.8. Koncentracija po masi (težinska) tvrdih materijala – međusobna povezanost

$$p = \frac{S \cdot \chi_{\dot{e}}}{(1-S) \cdot \chi_t + S \cdot \chi_c} = \frac{\chi_{\dot{e}} \beta_o}{\beta_o \cdot \chi_c + \chi_t} = \frac{q \cdot \chi_{\dot{e}}}{(\chi_{\dot{e}} - q) \cdot \chi_t + q \cdot \chi_c} = \frac{\chi_{\dot{e}} \cdot (\chi_m - \chi_t)}{\chi_m \cdot (\chi_{\dot{e}} - \chi_t)}$$

6.9. Opća mutnoća vode

$$q_z = S \cdot \chi_{\dot{e}} = \frac{\chi_t \cdot p \cdot \chi_{\dot{e}}}{\chi_{\dot{e}}(1-p) + p \cdot \chi_t} = \frac{\beta_o \cdot \chi_{\dot{e}}}{1 + \beta_o} = \chi_{\dot{e}} \cdot \frac{\chi_m - \chi_t}{\chi_c - \chi_t}$$

6.10. Srednja zapreminska masa bujične vode – međusobna povezanost

$$q_o = \chi_t + S \cdot (\chi_{\dot{e}} - \chi_t) = \frac{\chi_t \cdot \chi_{\dot{e}}}{\chi_{\dot{e}}(1-p) + p \cdot \chi_t} = \frac{\chi_t + \beta_o \cdot \chi_{\dot{e}}}{1 + \beta_o} = \chi_t + q \cdot \frac{\chi_m - \chi_t}{\chi_{\dot{e}}}$$

Postoji tabela po prikazanim formulama pomoću kojih se može vršiti brzo preračunavanje jednih u karakteristike drugih.

7. Granično zasićenje bujičnih tokova čvrstim materijalom

Veliko značenje ima pravilno rješenje pitanja graničnog zasićenja bujičnog toka čvrstim materijalom. Ono je značajno kod proračuna maksimalnih bujičnih protoka, ali i pri proračunu udarne sile bujičnog toka na poprečne objekte.

U tabeli broj 2 dat je prikaz granične zasićenosti bujičnih tokova sa čvrstim materijalom. To su teoretske granice zapreminske koncentracije kod turbolentnih bujičnih tokova, date po različitim autorima.

Tabela br. 2: GRANIČNO ZASICENJE BUJIČNIH TOKOVA SA ČVRSTIM MATERIJALOM

Autor	χ /t/m ³	S	p	q_e /t/m ³	q_o /t/m ³
M.A. Velikanov	2,65	0,408	0,65	1090	1,68
D.L. Sokolovski	2,65	0,380	0,62	1000	1,63
I.V. Egiazarov	2,65	0,360	0,60	964	1,60
Izvor: Kostadinov S.					

U svijetu je kod bujičara široko rasprostranjeno poznata tabela Stini-a. Ona povezuje granično zasićenje bujičnih tokova sa uzdužnim padom korita.

Tabela br. 3: SADRŽAJ TVRDIH MATERIJALA I ZAPREMINSKA MASA BUJIČNOG TOKA U ZAVISNOSTI OD PADA KORITA

Pad dna u °	Težinski sadržaj tvrdih materijala u odnosu na punu zapreminu (%)		Zapreminska masa bujičnog toka (q_o) t/m ³	
	min	max	min	max
15	45	50	1,34	1,34
20	50	60	1,38	1,46
25	55	65	1,42	1,49
30	60	68	1,46	1,52
35	65	70	1,49	1,53
40	65	70	1,49	1,53
Izvor: Jevtić Lj. po Kostadinovu S.				

Iz tabele br. 3 se vidi da značenje p i q_o ne odgovaraju ranije pomenutoj zavisnosti za p, koja mora da ima mjesto među njima, pri nepromjenljivoj veličini $\chi_{\dot{e}}$. Ako se tabela 3 (Stini-ja) preračuna na odgovarajući način, dobiće se vrijednosti koje su date u tabeli 4.



Tabela br. 4: KARAKTERISTIKE SADRŽAJA TVRDE FAZE U BUJIČNIM TOKOVIMA (preračunate prema Stini-ju)*

Pod dna u °	Nagib i=sinα	min				max			
		P	S	ρ _z	ρ _o	P	S	ρ _z	ρ _o
15	0,26	0,45	0,24	0,62	1,39	0,50	0,27	0,73	1,45
20	0,34	0,50	0,27	0,73	1,45	0,55	0,32	0,84	1,52
25	0,42	0,55	0,32	0,84	1,52	0,65	0,41	1,09	1,68
30	0,50	0,60	0,36	0,96	1,60	0,68	0,44	1,18	1,73
35	0,57	0,65	0,41	1,09	1,68	0,70	0,47	1,24	1,77
40	0,64	0,65	0,41	1,09	1,68	0,70	0,47	1,24	1,77

* Veličine ρ_z i ρ_o su izražene u t/m³

Izvor: Jeftić Lj. prema Kostadinovu S.

Preračunati podaci po Stini-ju daju veće vrijednosti zapreminske mase bujičnih tokova, koji teže granichnoj vrijednosti od q_o=1.80 t/m³, pri zapreminskoj koncentraciji čvrstih materijala S=0,48 i kao takva približava se teorijski mogućoj granici za turbulentne bujične tokove od S=0,50, na što je ukazao Velikanov.

U prirodi se ponekad zapažaju i veće koncentracije tvrdih materijala nego što daje Stini. Tako se ova pojava, u planinskim terenima zapaža kod slivova sa intenzivnim eroziono-bujičnim pojavama, uglavnom tamo gdje su glinaste materije rasprostranjene u zemljištu i pri većim padovima bujičnih tokova i jakim nagibima bočnih strana. Tu je moguće da se kreće zasićenje bujičnih tokova tvrdim materijalom u vrijednostima S=0,60, p=0,80, ρ_z = 1,60 t/m³ i ρ_o = 2,00 t/m³.

Keller navodi primjere za bujični tok Fakone u Alpama, gdje su te vrijednosti i veće.



Sl. 4: Nanos nastao kao posljedica procesa kličjenja i urvanja obalskih padina

8. Određivanje pronosa nanosa u bujičnim tokovima mjerenjem na terenu

U uvjetima gdje postoji mogućnost, potrebno je za dobivanje podataka o režimu nanosa vršiti stalna mjerenja nužnih parametara. Oni nam daju elemente

za hidrološku, morfološku i hidrauličku analizu vodenog toka. Sljedeća mjerenja ovdje spadaju:

- svakodnevno osmatranje (mjerenja);
- serija kompletnih mjerenja pri različitim hidrološkim uvjetima i
- savremena mjerenja duž cijele dionice.

Pod svakodnevnim mjerenjima podrazumjeva se registrovanje nivoa vode pomoću letve ili limnigrafa na osnovu čega se može određivati proticaj vode na konkretnom hidrometriskom profilu, i uzimanje uzoraka vode što nam omogućava određivanje koncentracije suspendovanog nanosa.

Eksperimentalne dionice duž koje se vrše kompletna mjerenja daju podatke pomoću kojih se mogu vršiti morfološke analize, kao i određivanje pronosa nanosa u nekom vremenskom intervalu (sumarna ili zapreminska metoda). Ovim se obuhvataju detaljna snimanja poprečnih profila, mjerenje pada linije vdnog ogledala, kao i određivanje sa dna korita granulometriskog sastava nanosa.

U zavisnosti od toga da li se vrši mjerenje pronosa suspendovanog, vučenog ili ukupnog nanosa, postoji niz instrumenata i metoda koje se koriste.

8.1. Mjerenje pronosa suspendovanog nanosa

Suspendovani (lebdeći) nanos je po svojoj prirodi i hidrološka i hidraulička kategorija. On se, u zavisnosti od krupnoće i načina kretanja dijeli na tranzitni i koritiformirajući. U aluvijalnim tokovima javlja se u preovlađujućim količinama tzv. koritiformirajući nanos, dok u bujičnim tokovima koji imaju izrazito turbulentan režim tečenja dominantan je tranzitni nanos.

Mnogo autora i u svijetu i kod nas bavilo se je proučavanjem pronosa suspendovanog nanosa.

Klasičan način mjerenja pronosa suspendovanog nanosa obuhvata:

- određivanje proticaja vode (Q);
- uzimanje uzoraka vode;
- određivanje koncentracije suspendovanog nanosa u vodi (K);

- određivanje pronosa suspendovanog nanosa na osnovu koncentracije (K) i proticaja vode (Q).

Proticaj vode može se odrediti na jedan od poznatih načina.

Uzorci vode za potrebe mjerenja pronosa suspendovanog nanosa uzimaju se različitim tipovima batometara za suspendovani nanos, a može se koristiti čak i obična boca. Općenito se pod batometrom podrazumjeva metalni cilindar kapaciteta do 5 litara, koji ima dva poklopca vezana oprugom za cilindar. Kod mjerenja, batometar se pričvrsti na motku, te se sa otvorenim poklopcem spušta u vodu do potrebne dubine, tako da osovina cilindra bude u pravcu kretanja vode. Kad se pribor spusti u vodu do potrebne dubine, pomoću sajle (može i kanap) se zatvore poklopci, pa se pribor izvadi iz vode. Iz cilindra se sadržaj odmah prespe u određenu posudu i tako ostavi da stoji određeno vrijeme.

Kod kompletnih mjerenja uzorci vode uzimaju se u više vertikala i sa više dubina u jednoj vertikali. Kod svakodnevnih osmatranja uzorci vode uzimaju se samo iz jedne tačke u hidrometriskom profilu. Praksa je pokazala da je moguće odabrati jedno stalno mjesto u profilu (tačka ili vertikala) u kojem koncentracija "Ka" stoji u jednoznačnoj zavisnosti sa prosječnom koncentracijom "K_{sr}" u cjelom profilu ili se njihov odnos mjenja po nekom jasno određenom zakonu koji je moguće verifikovati kompletnim mjerenjima.

$$p = \frac{K_{sr}}{K_a}$$

odnosno

$$p_1 = \frac{K_a}{K_{sr}}$$

Na osnovu toga moguće je zahvatanjem samo jednog uzorka vode u profilu utvrditi pronos suspendovanog nanosa koji se javlja svakodnevno. Izražava se u kg/sek, preko relacije:

$$S = p \cdot K_a \cdot Q \dots (\text{kg/sek})$$

Način određivanja mase (koncentracije) suspendovanog nanosa u konkretnom uzorku uglavnom se vrši na dva sljedeća načina:

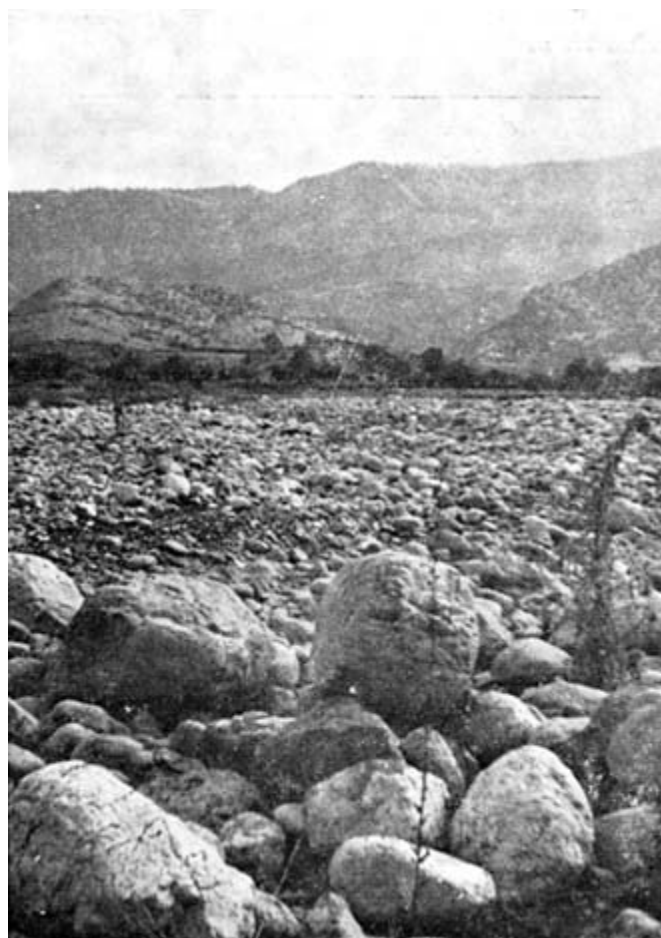
- metodom filtriranja ili
- metodom isparavanja.

U primjeni su češće metode filtriranja jer su jednostavnije, mada imaju i nekih manjih nedostataka (sitnije čestice nanosa prolaze kroz filter, a upijanje vlage u vazduhu eliminiše se prenošenjem i mjerenjem filtera u hermetički zatvorenim kasetama).

Metoda isparavanja je tačnija, međutim ona je komplikovanija, a, pored toga kod mjerenja masa uzoraka, mogu biti i veće greške. Pronos suspendo-

vanog nanosa može se odrediti na osnovu proticaja vode (Q) i koncentracije (K) iz sljedeće relacije:

$$S = K \cdot Q$$



Sl. 8: Nanos u donjem toku jedne tipične bujice sa pretežno zaobljenim krečnjačkim kamenjem čija krupnoća često prelazi 1 m³

8.2. Mjerenje pronosa vučenog nanosa

U prirodnim vodotocima pronos vučenog nanosa najslabiji je i najmanje egzaktno riješen u spektru problema u vezi sa otvorenim riječnim tokom. Kao što je poznato, pronos vučenih nanosa, ovisan je od mnogo teško mjerljivih faktora koji karakterišu korito formirajuće i hidrauličke osobine prirodnih vodnih tokova, granulometrijski sastav vučenih nanosa, transportne sposobnosti vodotoka i dr. Pronos vučenog nanosa komplikuje prije svega činjenica povezanosti i uzajamnosti međudjelovanja oblika korita (koja je promjenljiva u vremenu) i hidrodinamičkih karakteristika tečenja vode u njemu.

Vučeni nanos i njegov pronos, posebno u bujičnim tokovima, bio je predmet izučavanja većeg broja naučnika u cijelom svijetu. Sve metode mjerenja njegovog pronosa, mogu se u nekoliko grupa svrstati:

- metode bazirane na korištenju različitih tipova batometara;

- metode bazirane na određivanju sumarne zapremine akumuliranog nanosa;
- metode bazirane na povremenim mjerenjima i morfološkim snimcima korita;
- traserne metode (metode obilježivačima);
- specijalne metode (detektori).

8.2.1. Metode mjerenja pronosa vučenog nanosa korišćenjem batometara

Od početka istraživanja pronosa vučenog nanosa primjenjuju se u raznim varijantama batometri. To su mehanički hvatači nanosa koji se kreću po dnu vodotoka. Batometar je ram pravougaonog oblika koji je presvučen žičanom mrežom. On se koristi na takav način da se pričvrsti za jednu polugu (štap) pomoću koje se spušta na dno vodotoka. Nakon određenog vremena vadi se iz vode i nanos koji je ušao u aparat vadi se van i stavlja u postupak utvrđivanja količina nanosa koji vodotok pronosi. Postoji više tipova hvatača za mjerenje pronosa vučenog nanosa u prirodnim vodotocima. Mnogi istraživači koji su se bavili problematikom nanosa, konstruisali su svoje tipove. Prema podacima P. Novaka, u svijetu do sada su poznata 23 tipa hvatača nanosa koji imaju praktičnu primjenu.

Batometri za hvatanje vučenog nanosa, bez obzira kog su tipa, mogu se svrstati u četiri grupe:

- a) batometri koji djeluju na principu zadržavanja nanosa mrežom;
- b) batometri čiji se princip rada zasniva na taloženju nanosa u batometru usljed smanjenja brzine vode;
- c) batometri koji rade na principu taloženja nanosa bez smanjenja brzine vode;
- d) batometri kod kojih se zadržava nanos u hvataljki bez promjene brzine, sa korištenjem sile teže nanosa.

Bez obzira kojim se načinom hvata vučeni nanos, potrebno je utvrditi vrijeme prolaza bujične vode na profilu mjerenja na dijelu koji je jednak širini batometra.

Računanje količine nanosa koji prolazi kroz cijelu širinu profila bujice, vrši se na bazi cijele širine poteza po kome se nanos kreće, jer zna se da se nanos po dnu ne kreće po čitavoj širini, nego samo u sredini ili bliže jednoj od obala, što zavisi od rasporeda brzine. Stoga kod mjerenja treba uvijek ustanoviti širinu poteza po kome se nanos kreće, te odgovarajuću mu količinu na jedan metar.

Tip batometra Karalji-a (koji spada u grupu "d") za naše potrebe modifikovao je Colarić u hidrauličkoj laboratoriji u Ljubljani. Za sve tipove batometara možemo reći da imaju više dobrih i loših strana. Međutim, njihova primjena za tokove sa većim brzinama je vrlo mala. Ako se radi o bujičnim tokovima praktično njihova primjena je nemoguća, obzirom na karakteristike bujičnih vodotoka koje su pomenute.

8.2.2. Metode bazirane na određivanju sumarne zapremine akumuliranog nanosa (bilansne ili zapreminske metode)

Primjena ove metode je u slučajevima kada u vodotoku postoje objekti koji izazivaju taloženje nanosa, kao što su pregrade, brane i drugi objekti. Osnova za primjenu ove metode je na mjerenjima zapremine nanosa koji se na izvjesnom mjestu zaustavio u određenom vremenskom periodu. Prosječni pronos vučenog nanosa dobija se iz ovih veličina za vremenski interval u kome je došlo do taloženja nanosa:

$$V_{sr} = \frac{V}{\Delta T}$$

gdje je:

V_{sr} = prosječni pronos vučenog nanosa za konkretan vremenski interval;

V = zapremina nanosa koja se je istaložila u određenom vremenskom periodu;

ΔT = vremenski period u kome je došlo do taloženja nanosa.

Preciznim geodetskim snimanjem područja gdje je došlo do taloženja nanosa (poprečnim i uzdužnim profilima), određuje se zapremina nataloženog nanosa u određenom vremenskom intervalu. Da bi nataložene količine nanosa preveli u masu, moramo znati srednju zapreminsku masu istaloženog vučenog nanosa, koja se izražava u t/m^3 . Prema nekim autorima ona iznosi 1,8-2,0 t/m^3 (Poljakov prema Jevtiču) do 1,8-2,2 t/m^3 (Muškatirović, prema Kostadinovu).

U svijetu su ove metode našle veliku primjenu. Primjena ove metode u bujičnim tokovima daje praktično najtačnije rezultate. Inače, mnogi autori smatraju da je mjerenje pronosa vučenog nanosa sumarnom ili zapreminskom metodom najtačnija od svih metoda koje se primjenjuju.

Kad su u pitanju bujični tokovi, direktno mjerenje pronosa vučenog nanosa ili je vrlo teško, a najčešće i nemoguće. Stoga ona za mjerenje u bujičnim tokovima predstavlja najpogodniji način. Međutim, sa korišćenjem ove metode mora se povezati izučavanje hidrološko-hidrauličkih karakteristika vodotoka i vršiti dopunske analize zaustavljenog nanosa: određivanje granulometriskog sastava i srednje zapreminske mase vučenog nanosa.

Ova metoda, sa takvim analizama može dati odgovarajuće rezultate, koji će imati svoje mjesto i pravu vrijednost u analizi kompletnog režima nanosa u određenom konkretnom posmatranom vodotoku.

8.2.3. Metode bazirane na povremenim mjerenjima i morfološkim snimcima korita

Za bujične tokove ova metoda nije primjenjiva. Nju je moguće promijeniti samo kod aluvijalnih toko-

va sa sitnozrnim nanosom. Osnove ove metode su na teoriji o diskretnom karakteru kretanja vučenog nanosa. U tokovima sa sitnozrnim materijalom, dio vučenog nanosa kreće se u vidu pješćanih talasa pri određenim uvjetima. Ne postoje ni standardne metode, a ni odgovarajuća oprema za mjerenje ove pojave. Deformacija oblika korita usljed odnošenja površinskih dijelova pješćanih dina ili greda je osnovni princip rada kod primjene ove metode. Usljed takvog kretanja materijala, dine sačuvavaju svoj oblik i premještaju se u pravcu pronosa materijala. Pronos vučenog nanosa može da se odredi prema dimenzijama visine i dužine dina, a i prema brzini njihovog kretanja.

8.2.4. *Traserna metoda (mjerenje pomoću obilježivača)*

Za istraživanje kinematskih i dinamičkih karakteristika vode i nanosa, kao sredstvo su predodređeni obilježivači, jer klasične metode mjerenja koje pružaju podatke o mnogim karakteristikama vodotoka, ipak ne daju podatke o kinematskim karakteristikama nanosa. Informacije o količini transportovanog nanosa, njegovom pravcu kretanja i disperziji, upravo pružaju obilježivači u postupku istraživanja kretanja vučenog nanosa.

Za rješavanje teoretskih i praktičnih problema nanosa u vodotocima daju velike mogućnosti podaci koji se dobiju na osnovu ovakvih mjerenja.

Metoda se bazira na osnovu jednostavnog osnovnog principa, koji se sastoji u tome, da se na određenom mjestu u riječno dno ubaci nanos koji je prethodno obilježen pomoću radioaktivnog izotopa ili fluorescentnog obilježivača. Zatim se pomoću detektora koji otkrivaju radioaktivnost prati kretanje obilježenog nanosa. Tako možemo dobiti dragocjene informacije o pravcu kretanja, dispoziciji i količini pronijetog vučenog nanosa, ako izvršimo analizu po-

dataka detekcije.

Traserne metode, prema nekim autorima (Ibad-Zade-u, Vukmiroviću) daju najbolje i najpotpunije rezultate o mjerenju pronosa vučenog nanosa. Međutim, ove metode su relativno najskuplje u odnosu na ostale metode za mjerenje vučenog nanosa u prirodnim vodotocima, što predstavlja veliki nedostatak i zato često dovodi u pitanje i njenu primjenu.

U bujičnim tokovima primjena ove metode bila bi vrlo uspješna.

8.2.5. *Specifične metode za mjerenje pronosa vučenog nanosa*

Da bi se riješili prisutni problemi sa vučenim nanosom, radi složenosti pokretanja i njegovog transporta, dosta istraživača se je pozabavio i samom konstrukcijom pribora za registriranje pokretanja, a često i mjerenja pronosa nanosa. Postoji više takvih instrumenata, a ovdje će se pomenuti dva:

- Registrator pokretanja krupnih frakcija vučenog nanosa, koji radi na principu registrovanja udara zrna nanosa o ploču na priboru koji se spušta na dno vodotoka. Do podataka o količini vučenog nanosa koji se pronosi vodotokom, dolazi se analizom broja i vrste električnih impulsa koje ovakvi udari izazivaju. Ovaj tip registratora istražio je i obradio H.J.Solovjev.
- Registrator koji radi na principu registrovanja zvuka nastalog usljed sudaranja zrna nanosa u pokretu, čime se vrši mjerenje pokretanja krupnijih frakcija vučenog nanosa. Ovaj registrator je praktičan za istraživanje širine pojasa na kome se javlja pokretanje vučenog nanosa u prirodnom vodotoku. Primjena ovog sistema na mjerenjima vučenog nanosa vršena je u Institutu za vodoprivredu "Jaroslav Černi" Beograd i Institutu Vitki u Mađarskoj.



U COLORADU SE BORE SA OSKUDICOM VODE I ISTRAŽUJU TRETMAN OTPADNIH VODA

Uvod

Fulbright Scholar Program je prestižna stipendija koja se realizira preko ambasade SAD – OPA u Sarajevu, aplikacijom na odgovarajući poziv univerzitetima nakon čega slijedi procedura intervjua i konačne odluke CIES tj. glavnog Fulbright-ovog odbora pri US State Departmentu u Washington-u. Tako sam imala priliku da apliciram i dobijem ovu prestižnu stipendiju za realizaciju post-doktorskog programa pod naslovom "Upravljanje prirodnim resursima u zemljama u razvoju u poslijeratnim uvjetima (kao što su u BiH) koristeći američka saznanja u oblasti hemijskog i okolinskog inženjerstva".

Kao što sam i planirala u okviru projekta za ovu prestižnu stipendiju za postdoktorski program, razlozi za moju aplikaciju su bili:

- mogućnost osvježavanja saznanja u oblasti hemijskog inženjerstva a posebno o naučnim i tehničkim dostignućima u oblasti novih materijala i tehnike zaštite životne sredine,
- načini novih naučno-tehničkih rješavanja nekih okolinskih problema i
- upoznavanje sa izvođenjem timske nastave obrazovanja inženjera hemije.

Planirala sam također, da po povratku sa ovog istraživačko-nastavnog programa:

- uspostavim saradnju sa Colorado Državnom Univerzitetom, Fakultet za Hemijsko Inženjerstvo u Fort

Collinsu, Colorado, SAD u smislu njihove pomoći na instaliranju odgovarajuće procesne laboratorije, gdje bi se sa zainteresiranim iz naše hemijske industrije postavio barem jedan istraživački projekat ,

- održati predavanja na našem i drugim univerzitetima u BiH o rezultatima ovog projekta i
- podići moju buduću nastavu na viši standard.

Kao što je bilo i planirano, otputovala sam u SAD krajem decembra 2002. godine da bih počela realizaciju Programa od 5. januara koji je trajao do 5. jula 2003. godine.

Nakon toga sam otputovala u kratku prijateljsku posjetu jednoj nevladinoj organizaciji za zaštitu životne sredine "Tonantzin Tialli, Venerable Madre Tierra A.C." u Ciudad Victoria, Meksiko, gdje sam imala priliku da izmijenim iskustva o poduzimanju akcija za zaštitu životne sredine u cilju podizanja svjesnosti o ekološkoj kulturi i gdje sam posadila dva drveta dobre volje što je praćeno u lokalnim novinama / Prilog 26. Izvještaja ad. /1/.



Dr. Azra Jaganjac u posjeti kod uvaženog profesora u penziji sa Colorado State University, Prof. dr. Vujice Jevđevića

* Professor primijenjene hemije na Odsjeku za hemiju Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu (v. web: <http://www.pmf.unsa.ba/hemija/azraj.html>)
Prošle godine je realizirala **6-mjesečni Fulbright postdoktorski program na Colorado Državnom Univerzitetu, Fakultetu za Hemijsko inženjerstvo u Fort Collinsu, Colorado, SAD.** /1/

1. Postignuti rezultati Fulbright Postdoktorskog Programa

Na Colorado Državnom Univerzitetu, Fakultetu za Hemijsko Inženjerstvo u Fort Collinsu, Colorado, SAD primili su me vrlo ljubazno i prema ranijim dogovorima s Dr. Ted Watson-om, šefom Departmenta tj. Fakulteta dobila sam kancelariju sa kompjuterom, pristup laboratorijama i biblioteci u svako doba dana i noći. Na Fakultetu sam imala status gostujućeg profesora.

Dr. Watson je nakon razgovora sa mnom već u decembru 2002. godine odredio da me Prof. Dr. Rani Wickramasinghe mentorski vodi u naučno-istraživačkom dijelu realizacije programa a Prof. Dr. James Linden sa odjela za Mikrobiologiju i Hemijsko inženjerstvo i Dr. Tracy Perkins da me uključe u njihovu timsku nastavu kursa na završnoj godini studija - CH333 Laboratorijska mjerenja prenosa momenta i toplote.

Sekretarijat Fakulteta, Odjel za smještaj i Odjel za međunarodne programe su se pobrinuli da mi u vrlo kratkom roku regulišu sve administrativne poslove i uključe me kao ravnopravnog člana u svoje društvo i okolinu /Prilog 1. Izvještaja ad. /1/.

1.1 Naučno-istraživački rad

Dr. Wickramasinghe me uključio u svoj istraživački tim i uskoro sam počela raditi u slijedu njihovih istraživanja na problematici flokulacije i mikrofiltracije organskih nečistoća u otpadnim vodama sa njegovim sardnikom Dr. Binbing Han-om. Organske nečistoće su simulirane korištenjem ćelija kvasca, glukoza kao nutrient a kao flokulanti su korišteni kationski polielektroliti. Rezultati ovih istraživanja su pripremljeni u vidu 2 naučna rada predati i prihvaćeni za objavljivanje u naučnim časopisima "Powder Technology" i "Environmental Progress" u kojima sam ja ko-autor /2,4/.

Osim toga u tom periodu ostvarena je saradnja sa Prof. Dr. Peter Chermak-om sa Fakulteta za Biotehnologiju Univerziteta za primijenjene nauke Giesen-Friedberg u Njemačkoj. Tako je u toku mog boravka napravljen i prezentiran poster pod naslovom "Membranski bioreaktor za tretman efluenta i recikliranje vode korištenjem keramičkih membrana" /3/, koji je objedinio američka, njemačka i bosanska iskustva i koji je prezentiran na naučnom skupu Društva za membrane Sjeverne Amerike, NAMS Konferencija u Jackson Hole-u u Wyomingu, SAD 17-21 maja 2003. godine (v.sl.1).

Ovako započeta saradnja se sada nastavlja planiranjem novih zajedničkih projekata kako u prenosu znanja tako i rješavanju nekih naših problema uz pomoć američkih i njemačkih kolega.

Radeći u naučnom timu profesora Wickramasinghe-a i živeći u Coloradu u prvoj polovini 2003. godine saznala sam da ova savezna država u SAD iako je planinska sa dosta snijega i sa velikim rijekama

oskudijeva sa pitkom vodom. Jedan od razloga je što se odavde snabdijevaju veliki centri kao što su Los Angeles i Las Vegas, drugi veoma velika sopstvena potrošnja na veoma razvijenu poljoprivredu i stočarstvo kao i snažnu industriju. Izgleda da i globalno zagrijavanje planete ima svoj doprinos tome jer je atmosferilija sada manje nego je to bilo ranije. Zato se osim mjera štednje i restrikcije u vodosnabdijevanju, vrše i intenzivna istraživanja i prakticanja reciklaže otpadnih voda.

Saznala sam da je jedan od vodećih stručnjaka za hidrotehniku na ovom univerzitetu bio naš bivši profesor Vujica Jevđević, koji je tu radio i zaradio penziju. Sada živi u Denveru i još daje svoj doprinos u rješavanju vodosnabdijevanja iako mu je već 90 godina. Njegov svojevremani asistent a sada nasljednik na CSU – Građevinskom fakultetu Dr. Tom Sanders me odveo njemu u posjetu (v.sl.2). Mogu reći da sam bila prijatno iznenađena blistavim umom i mnoštvom ideja ovog profesora, koji je i sada u kontaktu sa kolegama iz rodnih krajeva kojima pokušava pomoći sa svojim idejama.

1.2. Učešće u nastavi

Dr. Linden i Dr. Perkins su me uključili u svoj dio timske nastave na realizaciji kursa CH333 Laboratorijska mjerenja prenosa momenta i toplote prema <http://www.engr.colostate.edu/CH333/9/> i handouta: skripta, radni materijali i multimedijски vodič za jezgro programa.

2. Javni nastupi i konferencije

Osim naučnog i nastavnog angažmana, uključila sam se u više javnih nastupa i konferencija:

- **Forum o Srednjem Istoku, jednodnevni seminar na Kolorado Državnom Univerzitetu u Fort Collins-u održan 22. februara 2003. godine**

Seminar je organizirao Odjel za međunarodne programe pri Kolorado državnom univerzitetu za studente i nastavno osoblje s ciljem razumijevanja političke i kulturne problematike Srednjeg istoka.

- **Serijski od pet predavanja o ratu u Bosni i Hercegovini i poslijeratnoj urgentnoj obnovi obrazovanja i kako je sticaj okolnosti uticao na moje zvanje**

za koja sam zamoljena da ih održim za nastavnike i saradnike Kolorado državnog univerziteta u Fort Collins-u

1. na tzv. Međunarodnoj podnevnoj seriji "Međunarodne veze",
2. za studente Fakulteta za obrazovanje nastavnika, te
3. za SERTOMA klub oficira avijacije u Colorado Springs-u održana u martu 2003. godine
4. za članove međunarodne zajednice u Aggie Village-u u Fort Collins-u i bosanske useljenike iz Fort Collins-a, Boulder-a i Denvera održano u maju 2003. godine i
3. za udruženje žena u Salem-u/Oregon održano u junu 2003. godine.

Sva predavanja su propraćena sa velikim interesom i mnoštvom pitanja, a za ono koje je održano u Aggie Village-u pripremila sam i bife sa bosanskim nacionalnim jelima, što je bilo veoma efektivno i sa oduševljenjem primljeno.

▪ Fulbright godišnja konferencija u Washington/DC 2-5 aprila 2003. godine

Konferencija je okupila preko 100 stipendista iz raznih zemalja Svijeta, koji su trenutno realizirali svoje programe u SAD. Osim veoma interesantnih predavanja i diskusija na temu: "Istraživanje uloge SAD na planu globalnog zdravstva", koja se uglavnom odnosila na konflikte u svijetu i probleme izbjeglica, imali smo priliku osim službenih posjeta važnim institucijama čije je sjedište u glavnom gradu SAD (Svjetska Banka, USAID, WHO i dr.) i da iz prve ruke budemo informisani o njihovim programima kao i da običemo znamenitosti ovog grada u punom cvatu mnogobrojnih japanskih trešanja koje su na inicijativu tadašnje Prve dame g-đe Taft posađene početkom prošlog vijeka i dan-danas se i dalje sade i održavaju kao najveća znamenitost ovog grada. Pokazan nam je i čuveni Kenedi Centar u kojem smo pogledali jednu baletsku predstavu. Upoznala sam mnogo kolega i kolegica širom svijeta čime sam obogatila moja iskustva i proširila vizije o svijetu u kojem živimo.

Po uzoru na inicijativu g-đe Taft i ja sam predložila Fakultetu za hemijsko inženjerstvo na Kolorado Državnom Univerzitetu da zajedno sa studentima posadimo 25 sadnica trešanja u parku oko zgrade kao njihov doprinos proslavi 25. godišnjice Fakulteta, koja se slavila u aprilu. Međutim, zbog komplikovane i spore administracije ovog projekta, nismo ga tada realizirali te sam ja sama posadila jednu trešnju u dvorištu mog mentora obilježavajući 22.april Dan Planete Zemlje, što je propraćeno u lokalnim novinama / Prilog 17. Izvještaja ad. /1/.

3. Realizacija postdoktorskega programa

Kao što se iz prethodnog vidi program je skoro u potpunosti realiziran, prije svega zahvaljujući besprijekornoj CIES i OPA organizaciji propisima Fulbright Scholar Programa, benevolentnosti kolega sa Kolorado Državnog Univerziteta koji su me uključili u slijed svojih naučno nastavnih aktivnosti. Uspostavili smo veoma lijepu kolegijalnu saradnju koju svakako planiramo nastaviti i tako implementirati sve ono što je u mojoj aplikaciji planirano da se uradi u nastavku ovog postdoktorskega programa.

Putem prebogate biblioteke na CSU sam se upoznala sa najnovijim dostignućima u oblasti Hemijskog inženjerstva i Inženjerstva zaštite životne sredine. Čak sam kupila dosta knjiga koje će biti od velike koristi kako meni u osavremenjavanju nastave tako i našim studentima u izradi njihovih seminar-skih, diplomskih, magisterskih pa i doktorskih radnji.

4. Lična zapažanja, primjedbe i zahvale

Od ranije sam znala da je Fulbright Program veoma dobar i cijenjen širom svijeta. Bila sam veoma sretna i počastvovana što sam izabrana da kroz realizaciju mog predloženog postdoktorskega programa postanem član ove velike i prestižne grupe stručnjaka u svijetu.

Uvjerila sam se da su SAD zato uspješne što su veoma organizirano društvo, što vrijedno rade sa mnogo entuzijazma i ljubavi prema svojoj domovini. Imala sam sreću da upoznam mnogo divnih ljudi i žena i postanem prijatelj s njima. Čak sam mnoge poučila kako da prave jedno od glavnih jela naše kuhinje – bosansku pitu.

5. Reference i prilozi

- /1/ Jaganjac, A.: Izještaj o 6-mjesečnom Fulbright postdoktorskom programu realiziranom na Colorado državnom univerzitetu, Fakultet za hemijsko inženjerstvo u Fort Collins-u, Colorado, SAD u ljetnjem semestru 2003. godine na Bosanskom i Engleskom sa 17 stručnih referenci i 26 priloga, Sarajevo, august 2003.
- /2/ Wickramasinghe, S.R., B.Han, S.Akerprathumchai, A.Jaganjac and X.Qian: Modeling flocculation of biological cells, A paper submitted to the scientific journal "Powder Technology" in August 2003.
- /3/ Chermak, P., Jaganjac, A., Han, B. and R.Wickramasinghe 2003: Membrane Bioreactor for Effluent Treatment and Water Recycling Using Ceramic Membranes, A Poster presented at 14th NAMS (North American Membrane Society) Annual Meeting, Jackson Hole, Wyoming, USA, May 17-21, 2003.
- /4/ Chermak, P., Han, B., Jaganjac, A. and R.Wickramasinghe 2003: Biological Treatment of Condensate from Aerobic Digestion of Biodegradable Waste: A German Example, submitted to the scientific journal "Environmental Progress" in July 2003
- Prilog 1. General Catalog of the Colorado State University 2002-2003 April 2-5, 2003
- Prilog 17. Goodfriend, S.: Fulbright Scholar plants tree in birthday, Earth Day celebration, The Rocky Mountain Collegian, April 23, 2003(5)
- Prilog 26. Esmeralda Leso: Trabaja Tonantzin Tlalli por un Bosque para Victoria, Eldiario de Victoria, (local newspaper in Cd. Victoria, Mexico) Lunes 7 de Julio del 2003

Iscrpan izvještaj na našem i engleskom jeziku se nalazi u redakciji a sve reference i prilozi uz izvještaj mogu se pogledati u Kabinetu za tehnologiju, Odsjeka za hemiju na Prirodno-matematičkom fakultetu u Sarajevu.

Sve informacije o ovom i drugim akademskim programima koje nudi SAD mogu se dobiti u Office for Public Affairs pri američkoj ambasadi u Sarajevu. Kontaktirati slijedeću adresu:

Lynn Cummings - Academic Exchange Coordinator
American Embassy - Office of Public Affairs
H. Čemerlića 39, 71000 Sarajevo, Bosnia & Herzegovina
Phone: 387-33-619-592; Fax: 387-33-619-593
E-mail: CummingsL@state.gov
Visit our web page: <http://www.usembassy.ba>

ZAKLJUČCI OKRUGLOG STOLA “ZA EKOLOŠKU RIJEKU ŽELJEZNICU”

U implementaciji Projekta “KAMPANJA JAVNOG ZAGOVARANJA ZA PROMJENU EKOLOŠKE POLITIKE I PRAKSE LOKALNIH VLASTI O ZAŠTITI, OČUVANJU I UNAPREĐENJU EKOLOGIJE RIJEKE ŽELJEZNICI OD IZVORA DO UŠĆA” i jedna od aktivnosti je i održavanje Okruglog stola.

Donator ovog Projekta je Švicarska Ambasada u Sarajevu.

Organizator Okruglog stola je Udruženje građana Ekološko sportsko ribolovno društvo Vrelo Bosne.

Okrugli sto je održan u Hotelu Terme na temu: “ZA EKOLOŠKU RIJEKU ŽELJEZNICU” 13.11.2003.

Moderator Okruglog stola je bio Nikola Babić, Izvršni direktor UG EKO SRD VB.

Okruglom stolu se odazvalo 54 učesnika među kojima su bili predstavnici:

- Vlasti Opštine Srpsko Trnovo,
- Vlasti Opštine Srpska Ilidža,
- Federalnog Ministarstva prostornog uređenja i zaštite okoliša,
- Kabineta podpredsjednika Federacije BiH,
- Zavoda za planiranje razvoja Kantona Sarajevo,
- Energoinvesta – Hidroinžinjeringa,
- KJKP “Vodovod i kanalizacija”,
- Prirodno-matematičkog fakulteta u Sarajevu,
- Poljoprivrednog fakulteta Srpsko Sarajevo,
- Mašinskog fakulteta Srpsko Sarajevo,
- Srednjih škola: Elektrotehničke iz Sarajeva i IV Gimnazije sa Ilidže,
- Osnovnih škola: I, II, IV, V i VI – sa Ilidže,
- “Petar Petrović Njegoš”, “Aleksa Šantić” - Vojkovići, “ Jovan Dučić “ - Kasindo
- OŠ “Zaim Kolar” Dejčići Trnovo FBiH, NVO
- REC
- EKO “Željeznica” Srpska Ilidža,
- Fondacija za zaštitu Bjelašnice, Igmana, Treskavice i kanjona Rakitnice,

- EKO “Verder” - Vogošća,
- EKO SRD VB – Ilidža
Švicarske Ambasade
Medija:

- TV Sarajevo,
- Oslobođenje
- Jutarnje Novine.

Na poziv za Okrugli sto nisu se odazvali predstavnici:

- Vlasti općine Ilidža FBiH,
- Vlasti općine Trnovo FBiH,
- Kantonalnog Ministarstva za prostorno uređenje i zaštitu čovjekove okoline,
- Kantonalnog Ministarstva za privredu,
- JP “Vodno područje sliva rijeke Save”.

Predstavnici UG EKO SRD VB uručili su nagrade učenicima osnovnih škola za najbolje radove i slogane na temu: “ZA EKOLOŠKU RIJEKU ŽELJEZNICU” koji su štampani na plakate.

Nagrađeni učenici su:

1. Mizdrak Irmama, O.Š. “Zaim Kolar” Dejčići, Trnovo FBiH,
2. Hero Ena i Genjac Ilda, V O.Š. Sokolovići, Ilidža FBiH,
3. Šehovac Kristina, O.Š. “Aleksa Šantić” Vojkovići, Srpska Ilidža i
4. Kahvić Anel, IV O.Š. Hrasnica, Ilidža FBiH.

Zatim je prikazan dvadeseto minutni video snimak rijeke Željeznice, na kojem je vidan kabasti otpad u rijeci i na obalama, veće količine smeća, odvodne cijevi kanalizacija, velike deponije na obali rijeke kao i poplavljeno područje naselja Otes, na Ilidži, kao i izjave omladine, ribolovaca i drugih građana.

Koreferate na Okruglom stolu izložili su:

1. Badovinac Branko - Zavod za planiranje razvoja Kantona Sarajevo
Tema “Tretiranje prostora i resursa u postplanskom periodu”

2. Kućuk Munib, prof. biolog. i hem. – KJKP “Vodovod i Kanalizacija”

Tema “Aspekt vrijednosti i zaštite rijeke Željeznice”

3. Mr.sc.Suvada Borić – Šaćiragić – UG EKO SRD VB.

Tema “Utjecaj teških metala na vodne ekosisteme”

4. prof. Dr. Avdo Sofradžija – prirodno-matematički fakultet

Tema “Stanje populacija riba sliva rijeke Željeznice”

5. Slobodan Kovačina – Energoinvest – Hidroinženjering

Tema “Utjecaj budućeg razvoja sistema vodosnabdjevanja grada Sarajeva na modifikaciju ekoloških uslova u slivu rijeke Željeznice”

Učesnici Okruglog stola su:

Konstatovali da je značaj teme kojoj je posvećen Okrugli sto “ZA EKOLOŠKU RIJEKU ŽELJEZNICU” velik posebno ako rijeku Željeznicu posmatramo sa aspekta prihranjivanja izvorišta “Sarajevsko polje” pitkom vodom kojom se snabdjeva širi region Sarajeva.

To je potvrdio ne samo veliki broj prisutnih učesnika, nego i podnešeni koreferati kao i vođena rasprava po podnešenim koreferatima, koja je u osnovi bila vrlo konstruktivna i na nivou značaja teme.

Uputiti kritiku:

Vlastima Općina Federalnog Trnova i Ilidže, Kantonalnim ministarstvima za prostorno uređenje i za-

štitu čovjekove okoline, privredu kao i JP “Vodno područje sliva rijeke Save”.

Zašto niko od njihovih predstavnika nije prisutan na Okruglom stolu. To dijelom govori kakav je odnos i briga unaprijed pomenuti o zaštiti očuvanju i unapređenju ekologije rijeke Željeznice od izvora do ušća.

Podržali: Projekat koji je u implementaciji od strane UG EKO SRD VB pod nazivom “KAMPANJA JAVNOG ZAGOVARANJA ZA PROMJENU EKOLOŠKE POLITIKE I PRAKSE LOKALNIH VLASTI O ZAŠTITI, OČUVANJU I UNAPREĐENJU EKOLOGIJE RIJEKE ŽELJEZNICE OD IZVORA DO UŠĆA”.

Njegove podciljeve i aktivnosti kao što su:

- Mobilizovanje građana putem anketnih upitnika, promotivnog materijala (plakata i letaka), anketa putem audio i video zapisa, potpisivanje peticije, a posebno učenika osnovnih škola sa područja 4 Opštine/Općine kroz koje protiče rijeka Željeznica, jer su oni svojim likovnim radovima i sloganima uputili velike poruke građanima.
- Formiranje sekcija našeg Udruženja u navedenim opštinama/općinama sa posebnim naglaskom na škole.
- Nastupe na elektronskim medijima kao i pisanim medijima.

Posebno naglasili : potrebu podizanja ekološke svijesti građana, a posebno mladih od predškol-



skog uzrasta pa naviše, kao i predstavnika lokalnih vlasti kroz proces edukacija.

- Potrebu donošenja strateških planova zaštite, očuvanja i unapređenja ekologije rijeke Željeznice od strane lokalnih vlasti Opština/Općina kroz koje protiče rijeka Željeznica.
- Tješnju saradnju svih subjekata, lokalnih vlasti, javnih ustanova, naučnih institucija i NVO u koordinaciji akcija u oblasti zaštite, očuvanja i unapređenja ekologije rijeke Željeznice.
- Voda nije problem, problem su ljudi.

Preporučili u formi zaključaka:

1. Proces edukacija iz oblasti ekologije početi od predškolskih uzrasta, nastaviti u osnovnim i srednjim školama. Te programe treba obavezno dopuniti temama:
 - o značaju čistih izvora i rijeka njihovoj zaštiti, očuvanju i unapređenju istih,
 - odlaganje smeća i otpada te njihov negativan uticaj na kvalitet vode i ekologiju čovjekove okolinu uopšte.Ovo bi svakako doprinjelo podizanju ekološke svijesti mladih i njihovog vlastitog ponašanja u odnosu na vodu, smeće i ekosistemu uopšte.
2. Organizovati od strane osnovnih škola posjete Sanitarnoj deponiji smeća u Sarajevu, u cilju da djeca dobiju potpunije informacije o procesu prikupljanja, transporta i deponovanja smeća, te da im se ukaže na ekološku važnost i korist postojeća ovakvih deponija.
3. Od strane osnovnih škola organizovati posjetu izvorištima voda Sarajevsko polje – održati čas o značaju tih izvorišta za Kanton Sarajevo, sa aspekta snabdjevanja pitkom vodom Kantona Sarajeva.
4. Građane (stanovnike) koji žive na obalama rijeke Željeznice upoznati sa značajem rijeke Željeznice sa aspekta vodospajanja Kantona Sarajeva sa pitkom vodom, kao sa opasnostima koje mogu nastati nekontrolisanim odlaganjem smeća, kabastog otpada, eksploatacijom šljunka i bespravnom izgradnjom objekata na obalama rijeke.
5. Građane sa prostora navedene 4 Opštine/Općine uvesti u proces Ekološke edukacije.
6. Uvesti praksu Čekiranje novca od strane Opština/Općina u određenom iznosu. Početkom godine Opštine/Općine treba da ČEKIRAJU određeni iznos novca (upravo onaj koji se troši za čišćenje rijeka i okoliša) kao investicije, sa naglaskom stanovništvu tog područja (mjesta u priobalju rijeke Željeznice i pritoka-posebno onih koji se koriste kao izvorišta vode za piće, gdje se vrši nekontrolisano deponovanje /dispozicija otpada), da će se novčana sredstva koja nisu potrošena na prikupljanje i odvoz smeća, transparentno koristiti za Vaš razvoj i uređenje Vaše okoline.

Sve što potrošite preko tog čekiranog iznosa bit će Vam fakturisano na adresu.

7. Deponija u Krupcu ima itekako negativan utjecaj na kvalitet vode u rijeci Željeznici, uzorci vode nizvodno od deponije pokazuju da ima opterećenja sa Fenolima i Kadmijumom. To je teret na leđima svih ljudi samog sliva, to može imati katastrofalne posljedice za stanovnike koji žive na priobalu i uopšte u Kantonu Sarajevo.

Pitanje ove deponije nadležni organi hitno treba da riješe.

Stoga putem Vladinih institucija (Kantona Sarajevo, općina Srpsko Sarajevo, Entiteta BiH, među Entitetske Komisije) podržati našu inicijativu i pokrenuti postupak ukidanja /dislokaciju nelegalne deponije krutog otpada "Krupac", u interesu svih stanovnika u priobalju rijeke Željeznice.

8. Željeznica je zagađena kabastim otpadom. Ovo se može riješiti podizanjem svijesti i ekološke kulture građana, a i raznim represivnim mjerama.
9. Pod hitno implementirati Zakon o deponovanju krutog otpada, kroz definisanje regionalnih deponija i obavezu svih subjekata države BiH da se ponašaju u duhu postavljenih zakonskih kriterija.

Uvesti propis putem MUP-a da svi vlasnici motornih vozila (saobračajnih knjižica) čiji je vijek trajanja istekao, su obavezni, svoju saobraćajnu knjižicu razdužiti, uz potvrdu da je vozilo završilo na gradskoj deponiji ili ide dalje u rezervne dijelove, kad obavezu razduženja preuzima registrovana firma koja se bavi polovnim auto dijelovima.

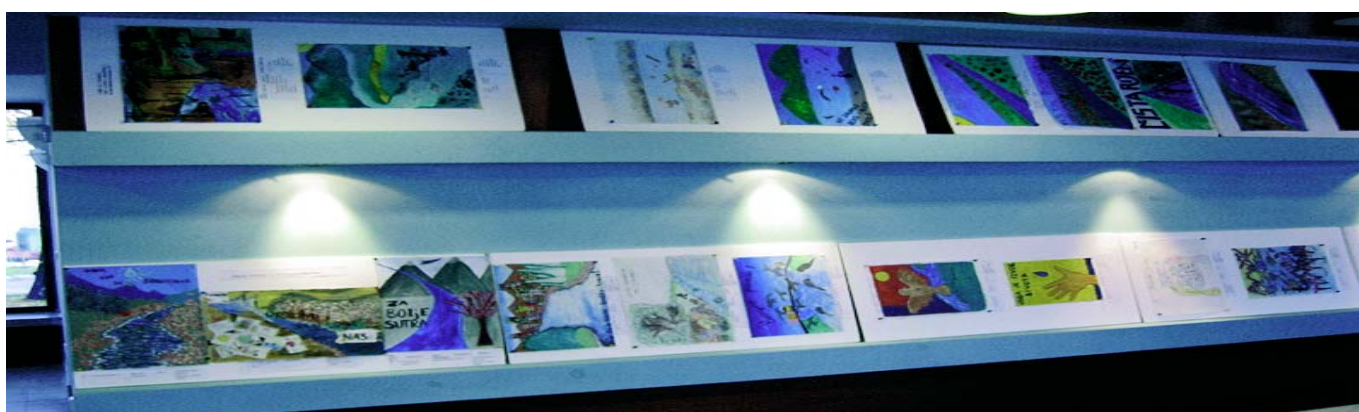
10. Pokrenuti akciju te iznaći sredstva da se iz rijeke Željeznice izvuku sve olupine (auta, peći, frižideri, itd.) te da se to odvuče na mjesta određena za takav otpad.
11. Uputiti predlog Vladama BiH i RS-a, te Vijeću ministara da planski pristupe zaštiti svih vodnih tokova, umirujućih i aktivnih (rijeka, močvara i jezera) u čitavoj BiH.

Da ovo bude akcija svih NVO i Vladinih organa u cijeloj BiH.

12. Prirodni park Igman, Bjelašnica da se proširi na Treskavicu, Jahorinu i Ozren –da se zatvori jedan ambijentalni dio jer je on jako značajan za stanovništvo sa ovih prostora.
13. Da uvedemo rubliku šta smo sami, iz sredine iz koje dolazimo učinili u oblasti ekologije pa makar i na malom koraku pomaka, da to promoviramo kroz ideju, njenu realizaciju ili pak njenu promociju za implementaciju.
14. Šta smo kao skup ili pojedinci ili grupa, učinili prema Vladinim institucijama, društveno-političkoj zajednici da one naprave taj pozitivni pomak koji je značajan za ekologiju.
15. Da već u sledećem periodu apliciramo neku od ideja sa Okruglog stola ko može, od jedne škole pa nadalje zajedno sa Udruženjem da učini jedan korak i da doprinos ekologiji rijeke Željeznice, pa onda da vidimo šta dalje poduzimati.



16. Potrebu zaštite rijeke Željeznice situirati kroz skupni problem zaštite vodotoka cjelokupne sarajevske regije zbog snažnijeg stava prema vlastima, međunarodnoj zajednici i stanovništvu.
17. Kreirati i učestvovati u obilježavanju svijetskog dana voda u Sarajevu sa akcentom na traženju sadržajne podrške i pomoći za zaštitu predmetnih vodotokova regije.
18. Prednost dati održivoj sredini nad održivim razvojem.
19. Zabraniti pranje ulica i automobila pitkom vodom i zahtjevati od nadležnih institucija puštanje u pogon uređaja za prečišćavanje otpadnih voda.
20. Pokreniti akciju uklanjanje automobilskih i drugih olupina sa svih vodotokova sarajevske regije.
21. Uputiti prijedlog svim Parlamentarnim i Izvršnim organima Kantona, Federacije, RS-a i BiH za zaštitu svih vodnih resursa BiH.
22. Da se BiH kandiduje za obilježavanje Svjetskog dana zaštite životne sredine ili dana Planete Zemlje 2005. god.
23. Da na svakom slijedećem skupu Udruženja, svaka institucija-subjekat, izloži svoje aktivnosti i doprinose na zaštiti rijeke Željeznice/okoliša za period između dva sastanka.
24. Da se kandidira više učenika zaljubljenika rijeke Željeznice i prirode (područje sliva rijeke Željeznice), koji govore Engleski jezik, od koji će se na slijedećem skupu Udruženja izabrati 6 učenika, za aktivno učešće na proklamovanju vrijednosti voda u prirodi/ rijeke Željeznice, zaštiti okoliša, sa usmijerenjem na njihovu stručnu nadgradnju kroz fondacije ove zemlje, Evrope i Svijeta. Takođe raditi na stvaranju fonda za ekološke akcije i ekskurzije grupa učenika/škola koje daju najveći doprinos u zaštiti rijeke i okoliša.



PRIKAZ KNJIGE “HIDROTEHNIKA”

dr. Munir Jahić, redovni profesor Građevinskog fakulteta u Sarajevu;
I izdanje, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću, 2003., 297 str.

Pred nama je izvanredna knjiga – integralni prikaz kompletne hidrotehnike i veoma korisna kompilacija dostignuća svih naučnih i inženjerskih disciplina proučavanja i upravljanja vodnim resursima, i sve to na nepunih 300 strana.

Kao što i autor u Uvodu ističe, poboljšanje upravljanja vodama zahtijeva znatna materijalna sredstva, primjena čistijih tehnologija, bolju organizaciju hidrotehničkih aktivnosti, uključivo i kvalitetnije planiranje u oblasti voda, te uključivanje i sudjelovanje najšire javnosti u donošenju i realizaciji odluka. Racionalno iskorištavanje vodnih resursa (kojima je Bosna i Hercegovina najbogatija u regionu), jedan je od glavnih zadataka u svim zemljama svijeta, zajedno sa proizvodnjom hrane i energije (kojih opet nema bez vode).

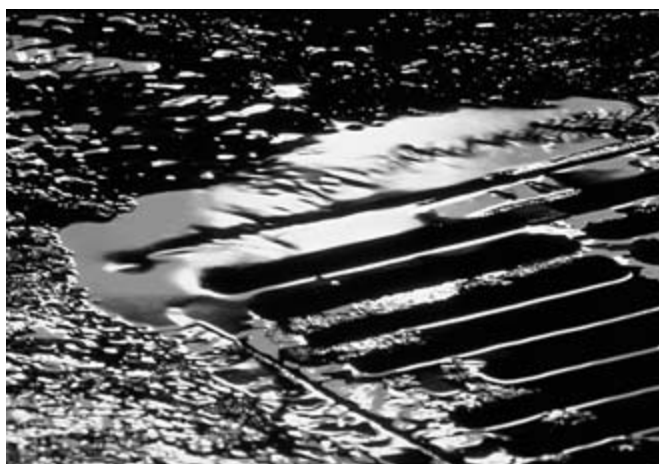
Nakon Uvoda (od 16 strana), knjiga sadrži sljedeće poglavlje:

- Hidrologija (34 strane);
- Hidraulika (27 strana);
- Snabdijevanje vodom (58 strana);
- Kanalizacija (57 strana);
- Regulacija vodotoka (24 strane);
- Brane i korištenje vodnih snaga (26 strana);
- Hidrotehničke melioracije (16 strana); te
- Saobraćajna hidrotehnika (8 strana).

Literatura sadrži 33 bibliografske jedinice, a nakon nje se u Prilozima ukratko predstavljaju:

- Agenda 21 – zaštita i upravljanje slatkim vodama;
- Evropska okvirna direktiva o vodama;
- Mediteranski akcioni plan;
- Plan reorganizacije sektora voda u BiH.

Autor je svjesno najviše prostora posvetio snabdijevanju vodom te prikupljanju i tretmanu otpadnih voda, jer su to najprioritetnije oblasti za privredni, so-



cijalni i okolišni održivi razvoj, kako u Bosni i Hercegovini, tako i u mnogim ostalim zemljama.

Naravno autor je svjestan da se na 300 strana ne mogu prikazati sve teorijske i uopće naučne osnove, niti mnogobrojne inženjerske i tehnološke aplikacije hidrotehnike. Posebano, prikaz pravnih, institucionalnih, ekonomskih, i upravljačkih aranžmana, gotovo potpuno je izostao. I zaista, inženjeri se ovim aspektima upravljanja vodama uglavnom nisu bavili. Ali, moraju i moraće, naravno timski, sa specijalistima ove oblasti: Zato autor upućuje čitaoca na specijalističku literaturu, koja je (osim uglavnom na engleskom i na lokalnim jezicima u posljednje vrijeme značajno publicirana u susjednim državama bivše Jugoslavije.

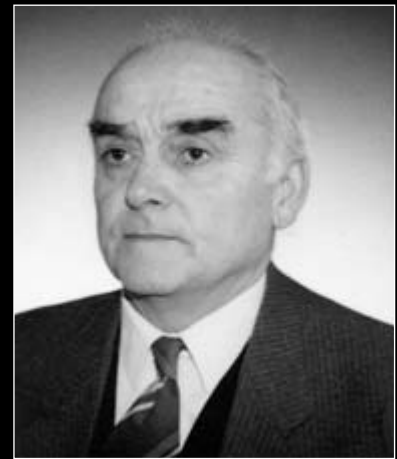
Dr Munir Jahić je svoja izuzetno bogata naučna saznanja, iskustva i rezultate praktičnog - istraživačkog i inženjerskog rada, ugradio u svako poglavlje svoje knjige, jer je njegov opus djelovajna toliko širok, da obuhvata sve oblasti o kojima piše.

Zaključno za ovaj kratak prikaz, knjiga je po mom mišljenju, najbolji udžbenik i priručnik ove vrste ikada štampan kod nas.

IN MEMORIAM

Dr. Sci. Dragutin VAGNER

(1929.-2004.)



Početkom januara ove godine iznenada je u 75-oj godini života preminuo naš dugogodišnji saradnik Dr. Sci. DRAGUTIN VAGNER. Gotovo od samog početka izdavanja časopisa "VODA I MI" Dr. Vagner je postao naš saradnik i, kao što je većini naših čitalaca poznato, objavio mnoge radove iz oblasti hidrobiologije, posebno zoobentosa bosansko-hercegovačkih voda. Bili su to tekstovi koji su itekako izazivali pažnju raznih profila stručnjaka iz oblasti voda, a posebno onih koji se bave zaštitom voda. Naime, Dr. Vagner je dugi niz godina, radeći u ranijem Republičkom Hidrometeorološkom zavodu, i nekoliko godina poslije rata u Federalnom meteorološkom zavodu BiH, prikupio obilje podataka i na osnovu njih uradio značajna istraživanja i sistematiziranja u cilju klasifikacije voda i vodotoka na prostoru cijele Bosne i Hercegovine. U stručnim i naučnim krugovima na prostoru ex Jugoslavije Dr. Vagner je bio poznati i priznati stručnjak za zoobentos vodnih ekosistema na Balkanu, pa je tako 1986. godine radeći na istraživanjima zoobentosa rijeke Neretve u blizini Čapljine otkrio do tada nepoznatu vrstu iz porodice **Helodrilusa** koja je po njemu i nazvana **Helodrilus vagneri** i koja je u naučnim krugovima priznata kao endemska vrsta vodene životinje.

Temeljnost, preciznost i odgovornost sa kojima je prilazio svakom poslu, a posebno se to može reći za pisanje članaka i drugih materijala koji su trebali na neki način biti objelodanjeni (bilo u časopisu, na nekom stručnom skupu ili za različite stručne upotrebe), graničila je sa perfekcijom, što je svojstveno samo pravim istraživačima i naučnim djelatnicima. Doduše, možda je takav pristup poslu ponekad izazivao i male nesporazume sa mladjim saradnicima, ali su konačni rezultati mukotrpnog terenskog i laboratorijskog rada ipak na kraju opravdavali sve uložene napore i itekako koristili za klasifikaciju bosanskohercegovačkih voda i praćenja njihovog kvaliteta.

Poznato nam je da je Dr. Vagner radio na knjizi u kojoj je trebalo da sistematizuje svoj dugogodišnji rad, čijim se rezultatima i danas koristimo svi mi koji radimo u sektoru voda, ali nam nije poznato u kojoj mjeri je taj posao završen.

S poštovanjem ćemo se sjećati našeg uvaženog saradnika i velikog poznavoca i prijatelja voda Dr. Sci. Dragutina Vagnera, sa dubokim uvjerenjem da će njegov dugogodišnji i plodonosan rad u oblasti voda biti nastavljen u cilju očuvanja kvaliteta voda Bosne i Hercegovine.

SVJETSKI DAN VODA

22. ožujak/mart 2004.

VODA I KATASTROFE



Federalno ministarstvo poljoprivrede,
vodoprivrede i šumarstva

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva
i vodoprivrede Republike Srpske



Javno poduzeće za "Vodno područje
slivova Jadranskog mora" Mostar

Javno preduzeće za "Vodno područje
slivova rijeke Save" Sarajevo

Republička Direkcija za vode Bijeljina



United Nations

World Water Day

22 March

WATER AND DISASTERS

