

# "Cvetanje vode"

**Stefan Grozdanović**



2010.

## Sadržaj:

<u>Poglavlje:</u>	<u>Broj strane:</u>
1. Uvod.....	3.
2. Problemi „ cvetanja vode ”.....	3.
2.1. Etiologija.....	3.
2.2. Manifestacije.....	5.
2.3. Konsekvence.....	6.
3. Rešenja problema „ cvetanja vode ”.....	7.
3.1. Fizičke manipulacije.....	7.
3.2. Hemijske manipulacije.....	7.
3.3. Biološke manipulacije.....	8.
4. Zaključak.....	9.
Literatura.....	10.

**Slika sa naslovne strane: Površina jezera zahvaćenog „ cvetanjem vode ”**

## 1. Uvod:

- Svi smo mi nekada prolazili pored neke fontane zahvaćene žabokrečinom i zbog iste prelazili na drugu stranu ulice, sklanjali pogled i zatvarali nos dišući na usta. Ipak, manji broj nas se zapitao zašto nastaje ovo zagađenje vode, a još manji broj, da li je ova pojava, i još važnije, koliko je opasna. Zato ćemo se ovde baviti celokupnom problematikom procesa koji ulaze u sastav ovog fenomena: mehanizmom nastanka, dijapazonom, disperzijom i frekventnošću, kao i posledicama koje svi oni indukuju. Takođe, obrazložićemo „ ima li leka ”, koje se sve metode primenjuju protiv ove „ pošasti ” i koliko su one, zapravo, uspešne i delotvorne.
- Ime ove pojave možda jeste primamljivo, ipak ono je samo „ vrh ledenog brega ”. U osnovi „ cvetanja vode ” leži ogromna potencijalna opasnost za sve živo na planeti, od sićušnih vodenih mikroorganizama u nivou planktona, pa sve do nas samih. Setimo se, da je ceo život nastao u i iz vode. Onda, ovde se može naći sasvim, sada, prikladno mesto za nepopularno tvrđenje: „ majka nas je rodila, ona može i da nas ubije ”. Naime, nije sve tako crno. U našu korist je to što je ovaj proces „ cvetanja vode ” dovoljno proučen i eksperimentalno dokazan ( u daljem tekstu ove tvrdnje će biti dodatno potkrepljene podacima iz stručne literature kao i analizama javnih i relevantnih institucija i ustanova, a prateći svetske trendove, mnogi podaci su preuzeti i sa interneta kao javne računarske mreže sa dostupnim podacima o svemu, svakome i uvek ).
- Tako se zna da određene hemikalije i zagađivači, pored toga što lišavaju života, za nas, korisne vrste biljaka i životinja, pogoduju razvitku nepoželjnih biljnih vrsta, najčešće algi, koje dalje narušavaju opstanak onih korisnih. Treba napomenuti da se ovim odnosima drastično umanjuje kvalitet vode gde se ove reakcije ( akcije, reakcije i koakcije ) odvijaju. Ali zna se i da je čovek prevazišao i mnogo gore nedaće i katastrofe i kao pobednik izašao iz borbe sa bakterijama izazivačima tuberkuloze, kolere, meningitisa, pa će izaći na kraj i sa ovim predatorskim i „ korovskim ” algama.
- Naravno, ovde nije kraj. Bar, ne bi trebalo da bude. Ovaj rad samo upućuje na neke činjenice, a preostali, veći i teži deo posla, otpada na delanje i aktivno učešće na aktualnim narušenim odnosima u vodenim ekosistemima, a za to je potrebno, pored dobre volje i ambicija, vreme. Do ovih poremećaja u životnoj sredini nije se došlo preko noći, pa samit tim ni oporavak i obnavljanje nije moguće ostvariti brže od vremena koje je proteklo od momenta zagađenja biotopa i biocenozе, pa do, jedva, reverzibilnih, a ponekad i ireverzibilnih promena istih ( inkubacija ).
- Ipak, biću sasvim zadovoljan i ako ovaj rad pobudi i druge na razmišljanje o ovom problemu i time da inicijalnu varnicu za rešavanje problema koji postaje sve veći i teže rešiv. Ako se ostvari makar zabrinutost u onoga što u rukama drži ovaj rad i čita ga, smatram da sam ispunio svoj cilj, jer svako veliko dostignuće čoveka bilo je uslovljeno njegovom zabrinutošću za njegovu egzistenciju i za egzistenciju njegovih potomaka.

## 2. Problemi „ cvetanja vode”:

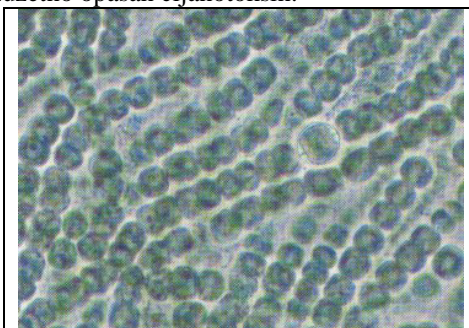
- U ovom odeljku bavimo se procesom koji predstavlja esenciju nastanka pojave, popularno, zvane „ cvetanje vode ” ali i sporednim reakcijama koje doprinose i aktivno podpomažu, gore navedeni, proces, a čiji je naziv eutrofikacija ( eutrofizacija ).

### 2.1. Etiologija:

- Uzrok „ cvetanja vode ” je eutrofikacija/eutrofizacija ( εν=dobro, τρεφω=hranim ) vode, kada, uglavnom usled antropogenih faktora ( ljudskih delatnosti ), dolazi do prenamnožavanja vodenih biljaka, najčešće algi, što ima negativne posledice po vodenu floru i faunu. Kako do nje dolazi?
- Sve započinje tako što sa njiva i drugih agroekosistema dospevaju đubriva ( uglavnom spirana kišom ) u vodu ( baru, reku, jezero, pa čak i more! ). Ova đubriva su zasićena fosfatima (  $PO_4^{3-}$  ) i nitratima (  $NO_3^-$  ) sa amonijum jonom (  $NH_4^+$  ), koji su inače, limitirajući ( ograničavajući ) faktori bujanja života u vodi. Uz višak ovih soli biljke, naročito, alge doživljavaju njihovu, svojevrsnu „ populacionu eksploziju ”. Osim đubriva koja potiču sa njiva i drugih obradivih površina, eutrofikaciju uzrokuju i otpadne vode iz prehrambene, tekstilne, kožarske i dr. industrija, kao i deterđenti ili kanalizacione otpadne vode bogate mineralnim i organskim supstancama i jedinjenjima.
- Evidentno je da su ovo izuzetni zagađivači, međutim, pored toga što oni narušavaju hemijsku ispravnost vode, oni sada ishranjuju, i praktično „ tove ” određene vrste algi kojima se sada višestruko ubrzavaju životni ciklusi i samim time dolazi i do umiranja velikog procenta istih koje, na taj način,

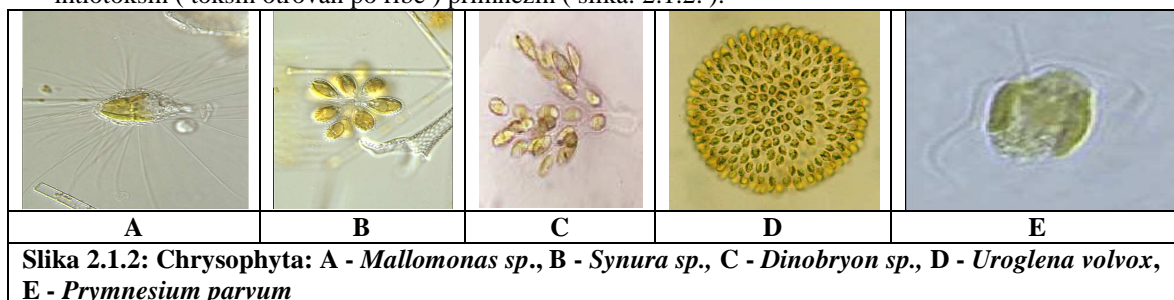
sada vodu čine i biološki ( bakteriološki\* ) neispravnom za piće. Kada se poveća broj uginulih algi, javljaju se saprofiti koji ih razlažu, jer su oni dekompozitori ili razlagači čiji je zadatak da organsko nakon umiranja preobrate ponovo u neorgansko od čega je sve nastalo, pri čemu se u izrazitoj meri troši kiseonik (  $O_2$  ). Na ovaj način opada koncentracija kiseonika u vodi, pogotovo u dubljim slojevima, i samim tim dolazi do asfiksije ( ugušenja ) i masovnog pomora vodenih organizama koji su aerobni i koji taj kiseonik troše u procesu disanja, što ćelijskog, to škržnog ( kožnog, plućnog ) disanja. U uslovima smanjene koncentracije  $O_2$  ili čak, anaerobnim uslovima ( kada ovog gasa nema ) i samo razlaganje neće biti potpuno, pa se stvaraju produkti razlaganja koji vodi daju loš ukus, neprijatan miris i sve u svemu, lošiji kvalitet.

- Da se pozabavimo sada pitanjem koje su to tačno alge „ krivci ” za postanak pojave eutrofikacije vode. Ako krenemo evolutivnom lestvicom, odnosno, hronološkim redom, prvo nabrajamo predstavnike iz tipa modrozelenih algi ( Cyanophyta seu Cyanobacteria seu Cyanoprocarvota ), potom iz tipa zlatnih algi ( Chrysophyta, grč. Chrysos – zlato ), pa iz tipa zelenih algi ( Chlorophyta, chloros - žutozelen ) i zatim iz tipa vatrenih algi ( Dinoflagellata, jer poseduju dva biča, seu Pyrrophyta, pyrra, ae, f. – lomača, vatra ) od kojih su na priloženim mikroskopskim snimcima prikazani neki od njihovih predstavnika. Iz prvog pobrojanog razdela, razdela modrozelenih algi, za „ cvetanje ” kopnene vode karakteristične su, na primer, vrste ( species ): *Anabaena flos-aquae* i *Microcystis flos-aquae* ( slika: 2.1.1. ). Ove alge proizvode mikrocistin, izuzetno opasan cijanotoksin.



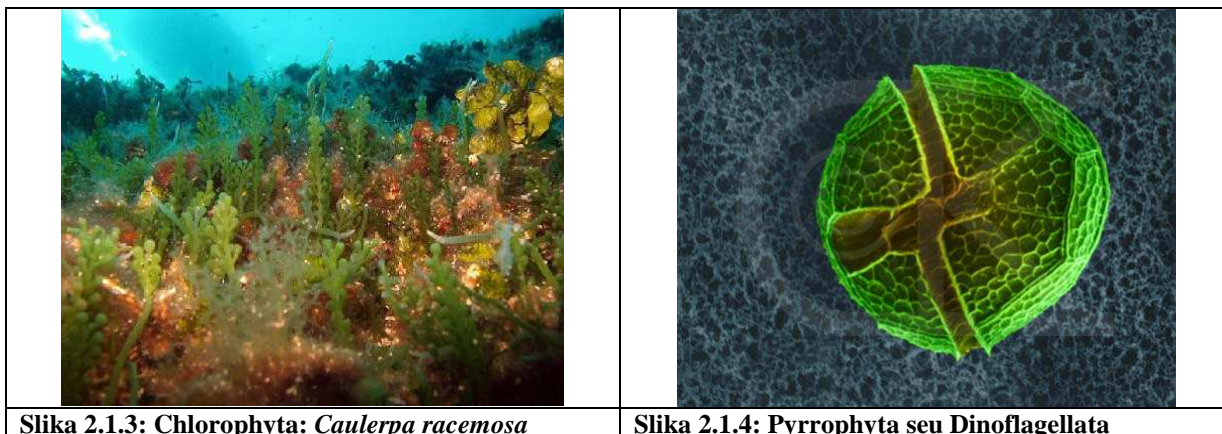
**Slika 2.1.1: Cyanobacteria**

„ Problematicni ” organizmi, za pogodovanje eutrofikacije, iz sledećeg razdela zlatnih, zlatastih algi su iz rodova ( Genus-a ): *Mallomonas.*, *Synura.*, *Dinobryon.*, ( usled njihove ekskrecije aldehida i ketona se javlja neprijatan miris na ribu u vodama u kojima su prisutni ) kao i relativno poznatija vrsta, *Uroglena volvox* koja proizvode neke otrovne masne kiseline. Iz ovog tipa je značajna, naravno, u negativnom pogledu, vrsta *Prymnesium parvum* koja je uzrok pomora riba u ribnjacima, jer proizvode ihtiotoksin ( toksin otrovan po ribe ) primnezin ( slika: 2.1.2. ).



Za razdeo Chlorophyta su nepoželjne vrste koje se jednim sveobuhvatnim imenom nazivaju „ morska salata ”, ali one ne nastaju neposredno eutrofikacijom, već su to visoko kompetitivne vrste koje za kratko vreme zahvataju veliku vodenu površinu i na taj način ometaju plovidbu, vodotok i biljke ispod njih da nesmetano obavljaju procese fotosinteze ( asimilacije ). Među njih spadaju *Ulva lactuca*, *Caulerpa* sp. i *Acetabularia* sp. ( slika: 2.1.3. ). Za njih je karakteristično da je čitavo telo – talus, u stvari, jedna jedina ćelija veličine oko 10 cm sa nekoliko jedara. Ova poslednja, se zove još i sifonalna alga zbog svog oblika. Tip vatrenih algi ( slika: 2.1.4. ) izaziva povremene pomore riba, jer vrste ovog razdela luče crveni pigment i toksin, a ova pojava je poznata kao „ crveni talas, crvena struja ”.

\* Neke od ovih algi – Cyanophyta su, po savremenim shvatanjima, iz razdela ( Phylum-a/Division-a ) Cyanoprocarvota, tj. Cyanobacteria, a samim tim su deo carstva ( Regnum-a ) Monera ( bakterija ) ili domena (Eu)Bacteria, što ih čini poglavljem mikrobiologije;



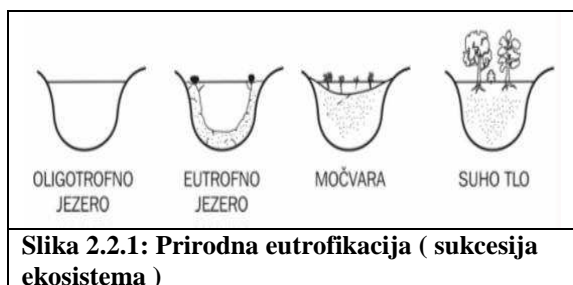
**Slika 2.1.3: Chlorophyta: *Caulerpa racemosa***

**Slika 2.1.4: Pyrophyta seu Dinoflagellata**

- **Napomena:** po najsavremenijim klasifikacijama, rezdeli Chrysophyta i Pyrophyta se svrstavaju u carstvo Protista i to Protista koji nalikuju na biljke ( autotrofne Protiste ).

## 2.2. Manifestacije:

- „ Slučajni prolaznici na Paliću ovih dana mogu biti svedoci jedne pojave koja se popularno zove „ vodeni cvet ”. U vodi Palića, pri obali, može se primetiti gusti zeleni pojas koji liči na „ supu od graška ”...”. Ovakve rečenice i tekstovi zauzimaju skoro sve naslovne strane dnevnih listova i nedeljne štampe, a često njima započinju i vesti, primarno regionalne, a ređe i nacionalne, u toku letnjih dana, ili da preformulišemo, u toku onih retkih dana, kada se mogu čuti informacije vezane za prirodu i to one neprijatne, jer su prosečnom čoveku tada važniji svoji apetiti i prohtevi zbog kojih ugrožava životnu sredinu u kojoj se nalazi ne misleći za posledice. Ono što je alarmantno, je to što takav jedan prosečan čovek i ne primećuje novonastale posledice, te ne uviđa da u prirodi postoji nekakav disbalans i patologija. Kako prepoznati eutrofikaciju u početnim stadijumima?
- Već je rečeno da ovu pojavu uzrokuje ogroman broj jednoćelijskih algi koje, dolaskom toplog vremena ( za ovakav, bujan rast algi u našim vodama pogoduje temperatura od oko 30°C, što odgovara, ponavljamo, letnjem periodu ), počele intenzivnije da se razmnožavaju. Ali, nismo naglasili, da proces eutrofikacije-eutrofizacije odpočinje od obale, pa progresivno zahvata čitavu vodenu površinu. „ Smer ” eutrofizacije je upravo ovakav, a ne obrnut zbog toga što se najbrže i najlakše zagreva plića ( zapreminski „ mala ” ali po površini „ velika ” ) voda, ali vrlo brzo, nastavkom toplih dana i daljim zagrevanjem površine vode može uvek da se očekuje ekspanzija algi na ostatak „ teritorije ”. Upravo se ova krajnja „ slika ” i završna faza eutofikacije zove „ cvetanje vode ” ( slika sa naslovne strane i sl: 2.2.2. ). Poznati su još i sinonimi: „ zabarivanje ”, „ vodeni cvet ”, „ cvetanje mora ”, „ prljavo more ( mare sporco ) ”, i dr. Ono što odaje ovaj proces što opisujemo je gusta, zelena skrama koja kombinovana sa otpacima i mehurićima ( gasovi koji nastaju kao nusprodukti redukcije od strane saprofita koji razlažu uginule alge ) daje veoma ružan i odbojan prizor ( sl: 2.2.2. ).



**Slika 2.2.1: Prirodna eutrofikacija ( sukcesija ekosistema )**



**Slika 2.2.2: „ Cvetanje vode ”, završna faza eutrofikacije ( veštačke )**

- Istina je da proces najčešće zahvata male vodene površine: bare, fontane, začepljene slivnike ili napuštene i neodržavane bazene. Na žalost, isto je moguće i sa jezerima, rekama, ali i sa morima. U literaturi se često navodi primer jezera „ Iri ” koje se nalazi u Severnoj Americi i koje spada u veća jezera. Kod nas je često „ cvetanjem ” obuhvaćeno Paličko, Savsko i Ludoško jezero. Ako govorimo o

morima, navešćemo primer Jadranskog mora koje je često stanište za modrozeleno i zlatne alge i koje je sve češće povod za dolazak raznih delegacija iz oblasti zaštite životne sredine, ali ovoga puta ne zbog letovanja, već zbog razmatranja strateških planova za rešavanje mora od ovih algi.

- Na kraju, mora se naglasiti da je eutrofikacija, u stvari, prirodan proces koji se odigrava u svakom vodenom ekosistemu i koji predstavlja sukcesiju tog trenutnog ekosistema, nekim, možda sasvim drugačijim, npr. šumskim ( slika: 2.2.1. ). Ovo bi bila autohtona eutrofizacija i to je proces menjanja životne sredine, staništa ( biotopa ) pod uticajem živog sveta, životne zajednice ( biocenoze ). Za razliku od ove, prirodne pojave, veštačko „ cvetanje vode ”, koje se odvija pod uticajem faktora izvan vodenog ekosistema ( najčešće usled raznovrsnih čovekovih aktivnosti ), znatno je brže i „ agresivnije ” od procesa prirodne eutrofikacije. Da rezimiramo: eutrofikacija je prirodni proces koji se dešava usled geološkog starenja svakog, relativno zatvorenog vodenog basena=ekosistema. Ovim, geološkim starenjem ( koje se meri hiljadama godina ), jedno npr. jezero i to oligotrofno ( jezero niskog stepena biološke produktivnosti ), postepeno prelazi preko mezotrofnog ( srednje produktivnog ) u eutrofno stanje, da bi na kraju bilo potpuno zatrpano – doživelo svoj „ antiklimaks ” i postalo neki kopneni ekosistem ( sl: 2.2.1. ). Ovo je neminovna sudbina svakog jezera.

### 2.3. Konsekvence:

- Do sada je čitalac uvideo da „ stvar ” nije baš tako naivna. Naime, da objasnimo u čemu je suština problema i kakve razmere može poprimiti pojava eutrofizacije i pasivan odnos čoveka prema, naizgled, bezopasnom procesu kakav je ovaj.
- Osim promene u kvalitetu vode, menja se i sastav vrsta, te vrste koje su prilagođene životu u čistoj vodi ( usled nedostatka kiseonika, koji alge tokom noći troše u velikim količinama, može se očekivati i masovni pomor ribe ), zamenjuju one kojima odgovaraju novonastali uslovi. Po uginuću nekih vrsta algi u vodu dospevaju njihovi tzv. endotoksini koji su, po hemijskom sastavu alkaloidi, alkilfenoli, ciklični polipeptidi ili kompleksnija organska jedinjenja koja se međusobno razlikuju u pogledu fiziološke aktivnosti. Ovakva voda ne može da se koristi za piće i može izazvati uginuće stoke ako se koristi kao pojiilo. Ipak, čovek često, olakšavajući sebi posao, prikuplja uginulu ribu i koristi je za svoju ishranu i ne pomišljajući da je ona uginula usled konkretnog uzročnika ( endotoksina, odnosno, cijanotoksina ) i da je isti još uvek u njoj i njenim tkivima, te da se isto može dogoditi i konzumentima. Neki od ovih toksina su: hepatotoksini ( otrovni po jetru ), neurotoksini ( toksični za nervni sistem ), dermatotoksini ( otrovni po kožu ) i lipopolisaharidni endotoksini – LPS ( iritirajući toksini ).
- Hepatotoksini: mikrocistini, nodularini i cilindrospermopsin. Izazivaju hemoragiju ( krvarenje ) i druge poremećaje jetre i stimulušu rast tumorogenih ćelija hepatocita. Simptomi koji se javljaju su bledilo, opšta slabost ( anergija ), teško i otežano disanje, abdominalni bolovi ( kolike ) zbog hepatomegalije ( uvećanja jetre ), šok, nadutost, povraćanje, dijareja, poremećaji pulsa...Usled nekroze ( odumiranja plemenitog tkiva ) jetre može doći do hipoksemije, hipoksije ( smanjenja parcijalnog pritiska  $O_2$  u krvi ) kolapsa i prestanka srčane aktivnosti. Do nekroze jetre, primarno dolazi zbog dugotrajne izloženosti ovim otrovima, ali su moguće i akutne intoksikacije.
- Neurotoksini: anatoksin i saksitoksin. I male koncentracije ovih toksina izazivaju paralizu zbog njihovog ciljanog delovanja na sinapse, a moguća je vrtoglavica ( vertigo ), teturanje, hipersalivacija ( pojačano lučenje pljuvačke ), tremor, cijanoza ( modriilo lica i jezika ), kompromitovano disanje, konvulzija i smrt.
- Dermatotoksini: aplaziatoksin i lingbiatoksin. Ovi otrovi ne predstavljaju veliki problem za većinu ljudi i njihova patologija se sastoji u iritacijama delova kože i ekcema, ali za osetljivije osobe mogu biti fatalni jer kod njih mogu izazvati alergijske reakcije i time dovesti do gušenja ( usled otoka disajnih puteva ), kolapsa ( zbog preopterećenosti krvotoka ), i na kraju, do šoknog stanja i smrti.
- Lipopolisaharidni endotoksini – LPS. Izazivači inflamatornih ( zapaljenskih ) patoloških procesa i pojava u vidu alergija, groznica i gastroenteritisa. Takođe, predstavljaju promotere tumora.
- Danas se „ sumnjiva ” voda kontroliše na sve ove toksine, ali ekonomičniji način njene kontrole se izvodi spektrofotometrijskim praćenjem koncentracije hlorofila ( a ) kojeg ispuštaju mrtve alge iz svojih plastida ( organela zaduženih za fotosintezu ) i alkohola metanola kao indikatora ( formula: 2.3.1. ). Pored ove, postoje još i saprobiološke metode kontrole vode ( formula: 2.3.2. ), ali one ne razlikuju tipično eutrofnu vodu od ostalih stepena zagađenja, dok ih probe sa hlorofilom jasno razlikuju ( tabela: 2.3.1. ).

$\mu\text{g hl (a)} = \frac{\text{OD}_{663} * 12,64 * a}{A}$	<b>Formula 2.3.1: Izraz za izračunavanje koncentracije hlorofila ( a ): a= količina uzorka, A= količina metanola</b>
--	--

**Tabela 2.3.1: Kategorizacija voda na osnovu hlorofila ( a ) ( Felfoldi, 1980. )**

<u>Stepen trofičnosti:</u>	<u>Koncentracija hl ( a ) (mg/m3):</u>
0 atrofičan	0
1 ultra-oligotrofičan	< 1
2 oligotrofičan	1-3
3 oligo-mezotrofičan	3-10
4 mezotrofičan	10-20
5 mezo-eutrofičan	20-50
<b>6 eutrofičan</b>	<b>50-100</b>
7 eu-politrofičan	100-200
8 politrofičan	200-800
9 hipertrofičan	> 800

$S = \frac{\sum s * h}{\sum h}$	<b>Formula 2.3.2: Izraz za određivanje indeksa saprobnosti ( S ) vode</b>
---------------------------------	---

U odgovarajućoj biološkoj literaturi, takođe, mogu se naći tablice grupa organizama koji se koriste kao indikatori za određivanje stepena saprobnosti vode.

### 3. Rešenja problema „ cvetanja vode ”:

- Sada, kada znamo sve parametre koji predstavljaju stubove na kojima proces eutrofizacije počiva, valja to primeniti u pravcu koji će narušiti stabilnost tih stubova i, ako ništa drugo, makar ublažiti sve nabrojane štetne efekte i učinke koje ovaj proces determiniše. Kada dođe do ublažavanja svih nastalih negativnih efekata, možemo se nadati i potpunom sanacijom i regeneracijom naših vodenih površina koje su nam sada, više nego ikada, potrebne i, šta više, neophodne.
- Odmah treba naglasiti, da tu, kasnije, ne treba stati. Ne! Već nakon prvih pozitivnih i ohrabrujućih rezultata, treba raditi na primarnoj prevenciji koja će imati za cilj da se više nikada ne dođe u situaciju u kojoj se nalazimo sada. „ Bolje sprečiti, nego lečiti ”, i zaista je tako. Prevencija, ne samo da je efikasnija i učinkovitija, nego je i ekonomičnija. Tako, ako nam nije stalo do prirode i njenog očuvanja, većini je stalo do novca, zato, ako ništa drugo, neka pare budu pokretač preventivnih akcija, kao što su, uglavnom, i za sve drugo. Suma koja se upotrebi za povratak zagađenog ekosistema u pređašnje stanje je višestruko veća od one koja bi bila upotrebljena u cilju preveniranja zagađenja. Dok ovo ne zavlada, da vidimo koje se operacije najviše koriste u službi zbrinjavanja vode zahvaćene „ cvetanjem ”.

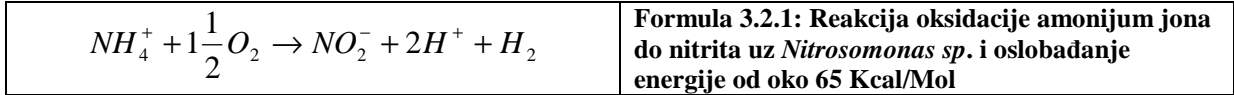
#### 3.1. Fizičke manipulacije:

- Najprimitivnija, i najneefikasnija, metoda za obnavljanje vode zahvaćene eutrofizacijom, jeste mehaničko uklanjanje lepljive skrame sa čitave površine. Ovaj metod je spor, dugotrajan i opisno rečeno: „ Sizifov posao ”. Čak i ako se uspe sa uklanjanjem, vidljivih, kolonija algi, uvek ostaju manje njihove grupacije, koje se nisu mogle videti, i za samo par dana, one su ponovo na svome vrhuncu i zahtevaju ponovne intervencije („ jo-jo ” efekat ). Do ovoga dolazi, jer se delovalo na posledice, a ne na sam uzročnik, odnosno, nisu uklonjene mineralne soli i ostali nutrijenti kojima se alge hrane.
- Izmuljavanje dna vodenog basena, o kojem se u poslednje vreme intenzivno priča, takođe, neće rešiti problem bujanja algi jer uklanjanje sedimenta neće značajnije smanjiti koncentracije fosfora ( $P_4$ ) i azota ( $N_2$ ), pa prema tome i svih problema koje oni proizvode. Šta više, preliminarni rezultati ukazuju da u tom sedimentu ima opasnih materija ( polutanata ), što mogućnost restauracije vodenog ekosistema izmuljavanjem čini praktično nemogućim, jer kod nas još nisu uspostavljeni uslovi za bezbedno odlaganje opasnog otpada.

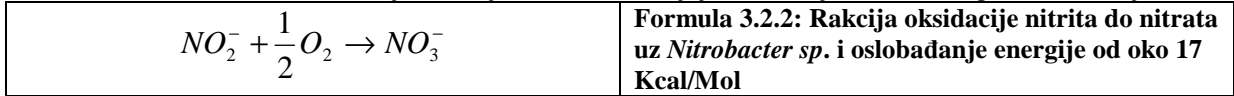
#### 3.2. Hemijske manipulacije:

- Ovde treba naglasiti da se ovi metodi odnose na ciklus kruženja azota i da se prvenstveno primenjuju u postrojenjima i krugovima sanitarnih čvorova i kanalizacija fabrika, tj. radi se o prečišćavanju vode od azotnih jedinjenja i sprovodi se u vodi koja još nije dospela do osetljivih akvatičnih ekosistema.
- Za ove svrhe se primenjuju procesi nitrifikacije i denitrifikacije uz pomoć bakterija iz roda Nitrosomonas i Nitrobacter.

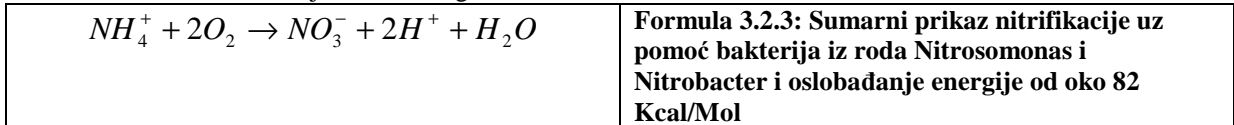
- Nitrifikacija ( formula: 3.2.3. ) je proces biološke oksidacije amonijačnog azota ( $NH_4^+$ ) do nitrata ( $NO_3^-$ ) kao krajnjeg proizvoda, i vode ( $H_2O, HOH$ ) sa vodonikom ( $H_2$ ) kao nusprodukata. Ona ( nitrifikacija ) obuhvata dva simultana procesa: pretvaranje ( oksidaciju )  $NH_4^+$  u nitrit ( $NO_2^-$ ) i transverziju ( opet oksidaciju ) nastalog nitrita u nitrat. Prvi korak se izvodi u prisustvu Nitrosomonas-a ( formula: 3.2.1. ), a drugi uz pomoć Nitrobacter-a ( formula: 3.3.2. ). Znači, prvo se amonijačni jon oksiduje u prisustvu bakterije Nitrosomonas, čime nastaje  $NO_2^-$  i vodonikovi atomi ( protoni ):



Potom se, nastali nitrit dalje oksiduje, ali sada zahvaljujući bakteriji Nitrobacter, pri čemu nastaje nitrat:

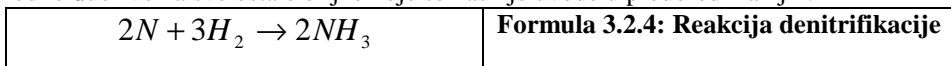


Ili, zbirnom reakcijom, sve to izgleda ovako:



Naravno, rekli smo da i ove azotne soli izazivaju bujanje algi, pa bi neko rekao da ništa nismo postigli. E, sada na „ scenu ” nastupa proces denitrifikacije.

- Denitrifikacija ( formula: 3.2.4. ) predstavlja, praktično, obratan proces od prethodnih. Naime, nju karakteriše biološka redukcija nitrata do molekularnog azota. Ovakav azot, ne samo da je manje štetan po prirodu, već naprotiv, on je obogaćuje. Poznato je da je on jedan od biogenih elemenata i da kao takav ulazi u sastav svih biološki važnih jedinjenja, sa time, što se ovo odnosi primarno na biljke, a sekundarno i na njihove potrošače. Biljke usvajaju taj elementarni azot direktno, ali se mnogo veća njegova gasna zapremina usvoji, posredno, simbiozom između bakterija azotofiksatora i nodusa ( kvržica ) korenova nekih biljaka iz familije Fabaceae seu Papilionaceae ( mahunarke ili leptirnjače ). Rodovi ovih bakterija, koji dolaze u obzir, su: Azotobacter, Beijerinckia, Clostridium, Rhizobium... Najznačajniji među njima je, verovatno, *Rhizobium sp.* Svi oni skupa iz azota i vodonika grade amonijak ( $NH_3$ ) koji se ugrađuje u biljne proteine, i njima punim, plodove ( f-la: 3.2.4. ). Više biljke iz ove simbioze daju veće prinose, ali i obogaćuju celokupno zemljište amonijakom koji predstavlja prirodno đubrivo za sve ostale biljke koje se kasnije uvode u plodored iza njih.



- Reakcije nitrifikacije su praćene oslobađanjem izvesne količine energije ( koja je ovde data u Kcal po molu ), a denitrifikacija iziskuje i potrošnju pre produkcije energije: ( 15 ATP – adenosin-3-fosfata ), elektrone iz fotosinteze i enzim nitrogenazu. Važno je reći da su ovo izuzetno pogodne i povoljne preventivne mere i jedne od najisplativijih, pa, bar u vreme pisanja ovog rada.
  - **Napomena:** navedeni procesi i reakcije se u literaturi svrstavaju u biološke postupke sprečavanja zagađenja otpadnih i komunalnih voda, zbog učešća bioloških agenasa ( bakterija ), dok su ovde oni predstavljeni kao hemijski ( biohemijski ) metodi jedino iz didaktičkih razloga.

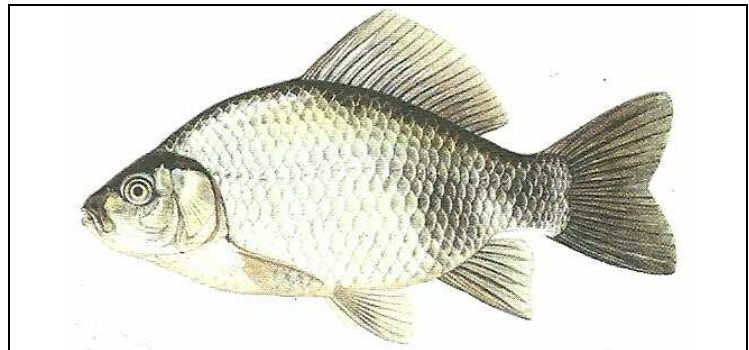
### 3.3. Biološke manipulacije:

- Praksa u svetu je pokazala da je najefikasnije rešenje problema prenamnožavanja algi uspostavljanje uslova za opstanak tzv. vodenih buva, dafnija ( slika: 3.3.1. ) koje se, filtrirajući vodu, hrane algama i time kontrolišu njihovu brojnost. One uglavnom nestaju usled jako lošeg sastava faune riba. Preko 95% riba čine babuške ( *Carassius auratus* – srebrni karaš ) kojima su vodene buve ( *Daphnia magna* ) jedna od osnovnih izvora hrane. Do prenamnožavanja babuški ( slika: 3.3.2. ) dolazi zbog odsustva, njima kompetitornih i grabljivih, vrsta riba, a koje su prve stradale od prisustva svakojakih polutanata.
- Velika vodena buva je glavni regulator brojnosti algi u plitkim slatkovodnim stajaćim vodama.
- Ovaj metod se, donekle, primenjuje na sam uzrok problema i pokazuje zadovoljavajuće rezultate.





**Slika 3.3.1: Velika, vodena buva ( *Daphnia magna* )**



**Slika 3.3.2: Babuška, srebrni karaš ( *Carassius auratus* )**

#### 4. Zaključak:

- Na osnovu svega, do sada, iznetog, može se zaključiti da se nalazimo pred velikim problemom i izazovom. Elem, svaki je problem rešiv, pa tako i problem eutrofikacije i „ cvetanja vode ”. Bitno je samo primeniti valjanu i odgovarajuću meru predostrožnosti i metodu izbora najpogodniju za individualni ekosistem, a da bi se to uradilo kvalitetno, najpre treba sagledati sve aspekte koji dovode do narušavanja homeostaze ekosistema kojeg pratimo, a zatim delovati u povoljnom, kauzalnom pravcu, odnosno, u pravcu koji će se „ koncentrisati ” na uzročnike koji dovode do disbalansa.
- Ne treba ni svu krivicu svaliti samo na alge. Ipak, treba se imati na umu da smo zahvaljujući njima i mi tu gde jesmo. One su bile primarni producenti, i još uvek su, glavni izvor kiseonika koji nam je „ udahnuo ” život i koji nas u istom konstantno održava. Jednostavno, ne treba se previše mešati u te fine biološke i fiziološke procese algi i živog sveta u celosti. Čak, i kada čovek misli da radi nešto dobro za prirodu, verovatno nije tako. To su izuzetno povezani i komplikovani odnosi koji vladaju među živim organizmima i odlično funkcionišu sve dok ih i najbanalniji faktor ne „ izbaci ” iz ravnoteže. Tako smo videli, da pokušajem čoveka da poveća prinose svojih useva korišćenjem raznih amonijačnih đubriva, u stvari smanjuje brojnost nekih drugih populacija, njemu tada nevažnih. Kada primeti šta je uradio, verovatno je, već kasno. Na sreću, čovek se za ovaj propust iskupio. Obraća se veća pažnja na hemijski sastav stajiskog đubriva i stalno se unapređuje i poboljšava ( smanjuje mu se odnos amonijačnih komponenti, a povećava odnos proteinskih i drugih mineralno neutralnih kompleksa jedinjenja ).
- Ostaje nam još ta obaveza, da naša sva pozitivna, a i negativna iskustva prenosimo dalje, našim naraštajima i pokolenjima i da se nadamo da oni neće činiti iste greške koje smo činili mi. Ali, pre nego što oni dođu, treba da se postaramo da sve povratimo u pređašnje stanje, u stanje koje je vladalo pre no što smo se pojavili mi. Ako će potomci čuti za našu sramotu, ne moraju bar da je gladaju uživo i brinu se za svoje potomstvo koje će rasti u njoj i sa njome.
- Gledajući dugoročnost posledica, eutrofizacija je jedan od najznačajnijih negativnih trendova u vezi sa vodama. Treba znati i to, da se priroda uvek obnavlja, odnosno, vrši autopurifikaciju ( samoprečišćavanje ), te da se od nas traži samo da joj ne odmažemo u tom procesu i, ako je to potrebno, da joj samo malo pripomognemo. To nije ništa za nas, odnosno, ne treba da bude, ali za prirodu znači tako mnogo i za istu je od neprocenjive važnosti i esencije ( značaja ).

**Literatura:**

- [1.] Dr Nada Šerban, Dr Mirko Cvijan, Dr Radiša Jančić, ( 2006. ), „ Biologija ” za I razred gimnazije i poljoprivredne škole, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd;
- [2.] Dr Miodrag P. Stanisavljević, ( 2008. ), „ Procesi u životnoj sredini i upravljanje ” – kopije predavanja i vežbi ( materijal za pripremu ispita ), VTŠSS, Požarevac;
- [3.] Dr Miodrag P. Stanisavljević, ( 2010. ), „ Tehnologije prerade otpadnih voda i industrijskog opasnog otpada ” – monografija, VTŠSS, Požarevac;
- [4.] Dr Ivica Radović, Dr Brigita Petrov, ( 2005. ), „ Raznovrsnost života I “, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd;
- [5.] Dr Predrag Simonović, Mr Ljiljana Tomović, Mr Jelena Radojčić, Mr Imre Krizmanić, Mr Saša Marić, ( 2004. ), „ Sistematika vertebrata ” – praktikum, NNK Internacional, Beograd;
- [6.] Dr Radiša Jančić, ( 2006. ), „ Botanika ” za 2. razred medicinske škole, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd;
- [7.] Dr Ružica Ratajac, Dr Dragan Veselinović, Dr Gligorije Antonović, Dr Bogdan Bošković, Dr Mirjana Cvetković, ( 2008. ), „ Ekologija i zaštita životne sredine ” za 1. ili 2. razred medicinske škole, prehrabene i srednje škole u delatnosti ličnih usluga, Zavod za udžbenike, Beograd;
- [8.] Dr Đorđević-Miloradović Jasminka, ( 1999. ), „ Biologija za studente I godine ” – autorizovana skripta, VTŠSS, Požarevac;
- [9.] Mr Svetlana Vujović, ( 2009. ), „ Pregled osnova nitrifikacije i denitrifikacije u postupku sa aktivnim muljem ”, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad;
- [10.] Mr Jelica Simeunović, Dr Zorica Svirčev, „ Problem cvetanja cijanobakterija i pojave cijanotoksina u vodi namenjenoj za vodosnabdevanje ”, Departman za biologiju i ekologiju, PMF, Novi Sad;
- [11.] Mladen Juračić, ( 2008/2009. ), „ Eutrofikacija i onečišćenje mora – geologija zaštite okoliša ( 9 ) ”, Prirodno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu;
- [12.] [http://sr.wikipedia.org/srel/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%9A%D0%B5\\_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B5](http://sr.wikipedia.org/srel/%D0%A6%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%9A%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B5);
- [13.] <http://opsta-algologija.blogspot.com/2008/02/ekologija-algi.html>;
- [14.] [http://www.protegoorg.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=113&Itemid=80](http://www.protegoorg.org/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=80);
- [15.] <http://diurnarius.info/index.php/sr/story/16-reportaze-price/23-kako-se-spaavaju-jezera>;