

# FUNKCIONIRANJE UMJETNIH VODENIH EKOSUSTAVA NA PRIMJERU JAVNE USTANOVE AQUATIKA

---

**Majnarić, Dajana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:232144>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-17**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE  
STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

DAJANA MAJNARIĆ

**FUNKCIONIRANJE UMJETNIH VODENIH EKOSUSTAVA NA  
PRIMJERU JAVNE USTANOVE AQUATIKA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2020.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE  
STUDIJ LOVSTVA I ZAŠTITE PRIRODE

DAJANA MAJNARIĆ

**FUNKCIONIRANJE UMJETNIH VODENIH EKOSUSTAVA NA  
PRIMJERU JAVNE USTANOVE AQUATIKA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
Dr.sc. Nina Popović, prof.v.š.

KARLOVAC, 2020.

## SAŽETAK

Akvarij je umjetni ekosustav stvoren na bazi saznanja o određenom području, prikupljanjem informacija ili proučavanjem prirodnog biotopa. Slatkovodni akvarij Javne ustanove Aquatika u Karlovcu analiziran je u radu kao primjer akvarija riječnog kontinuiteta s ribljim vrstama koje nastanjuju gornji, srednji i donji tok rijeke. U radu su prikazani rezultati monitoringa parametara akvarijske vode (temperatura, pH, koncentracija amonijaka, nitrata i nitrita, otopljenog kisika, bistrina vode) kao i ostale aktivnosti značajne za funkcioniranje složenog sustava akvarija (izmjena vode, hranjenje riba). Zaključno je dan pregled problema biotopskih akvarija poput problema s hijerarhijom riba, predacijom, problem zamućenosti, iskakanja riba i ulazak u cijev za filtraciju, skrivanje riba te bolesti.

Ključne riječi: umjetni ekosustav, biotopski akvarij, ekološki čimbenici

## FUNCTIONING OF ARTIFICIAL AQUATIC ECOSYSTEMS ON THE EXAMPLE OF AQUATIKA PUBLIC INSTITUTION

### ABSTRACT

Aquarium is an artificial ecosystem created on base of knowledge about a particular area, gathering information or studying a natural biotope. The freshwater aquarium of the Aquatika Public Institution in Karlovac was analyzed in the paper as an example of a river continuity aquarium with fish species inhabiting the upper, middle and lower river flow. The results of the monitoring of aquarium water parameters (temperature, pH, concentration of ammonia, nitrate and nitrite, dissolved oxygen, water clarity) and other activities important for the functioning of a complex aquarium system (water exchange, fish feeding) are presented in the paper. In conclusion, an overview of biotopic aquariums such as problems with fish hierarchy, predation, turbidity, popping fish and entering the filtration tube, hiding fish, and disease are given.

Keywords: artificial ecosystem, biotopic aquarium, environmental factors

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Javna ustanova Aquatika – Slatkovodni akvarij Karlovac .....	1
1.2.1. Zone Aquatike .....	3
<b>2. UMJETNI VODENI EKOSUSTAV</b> .....	7
2.1. Biotopski akvarij.....	7
2.1.1. Karantena .....	8
2.2. Ekosustav i proces kruženja tvari .....	11
2.3. Ekološki čimbenici .....	13
2.3.1. Abiotički čimbenici.....	13
2.3.2. Biotički čimbenici .....	18
2.3.3. Učinak ekoloških čimbenika i ekološka valencija .....	19
2.3.4. Kompleks ekoloških čimbenika i pravilo minimuma .....	20
<b>3. OPIS RADA SUSTAVA AKVARIJA JU „ AQUATIKA“</b> .....	21
<b>4. MONITORING VODENIH PARAMETARA I OSTALE AKTIVNOSTI</b> .....	24
4.1. Analiza vode .....	24
4.2. Izmjena vode u akvarijima .....	27
4.3. Hranjenje riba .....	30
4.4. Problemi biotopskih akvarija.....	33
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	37

## POPIS PRILOGA

### 1. Popis slika

Slika 1. Akvatika izvana, foto: Denis Stošić .....	2
Slika 2. Akvariji srednjeg i donjeg toka rijeke, foto: Denis Stošić .....	3
Slika 3. Akvariji u spilji sa endemskim vrstama riba, foto: Denis Stošić .....	4
Slika 4. Akvarij sa invazivnim, domaćim i izumrlim vrstama, foto: Denis Stošić .....	5
Slika 5. Akvarij sa sedrom, foto: Denis Stošić.....	6
Slika 6. Primjer biotopskog akvarija, foto: Denis Stošić .....	8
Slika 7. Karantena u Akvatnici, foto: Krešimir Kuri .....	10
Slika 8. Kruženje dušika u vodi (ĐORĐEVIĆ, 1989., str.35) .....	17
Slika 9. Mehanički filter, foto: Dajana Majnarić .....	22
Slika 10. Promjena filterskog materijala, foto: Krešimir Kuri.....	23
Slika 11. Mjerenje pH vrijednosti i temperature vode, foto: Krešimir Kuri .....	24
Slika 12. Pribor potreban za analizu vode, foto: Dajana Majnarić.....	25
Slika 13. Evidencija o kontroli vode u akvariju broj 106, foto: Dajana Majnarić .....	26
Slika 14. Ispust vode kroz sustav cijevi zbog izmjene vode u akvariju, foto: Krešimir Kuri..	28
Slika 15. Evidencija izmjene vode u akvarijima, foto: Dajana Majnarić.....	29
Slika 16. Hranjenje sitno narezanom ribom, foto: Krešimir Kuri .....	31
Slika 17. Hranjenje peletiranom hranom, foto: Krešimir Kuri .....	31
Slika 18. Tablica hranjenja riba po danima za sjećanj, foto: Dajana Majnarić.....	32
Slika 19. Predatorstvo, mladica jede pastrvu, foto: Krešimir Kuri .....	33
Slika 20. Jesetra u zamućenom akvariju, foto: Krešimir Kuri .....	34
Slika 21. Riba koje su uskočile u filter, foto: Krešimir Kuri .....	35
Slika 22. Uginula riba zbog iskakanja iz akvarija, foto: Krešimir Kuri.....	35
Slika 23. Skrivanje soma od svjetlosti iza staklene stijene, foto: Krešimir Kuri .....	36

## 1. UVOD

Akvarij je umjetni ekosustav koji se sastoji od biotopa (staništa) i biocenoze (zajednice živih organizama), u kojem ravnotežu regulira čovjek. Koji se parametri moraju zadovoljiti da bi se postigla ravnoteža, koji su negativni utjecaji na ekosustav i koji se procesi odvijaju u njemu pitanja su koja ću obrazložiti u radu. Akvarijski sustav bi trebao biti održiv s gledišta zajednice živih organizama, a ujedno edukativan, lijep i zanimljiv za promatanje s ljudske točke gledišta. Da bi takav umjetni ekosustav funkcionirao i živi organizmi u njemu bili zdravi, potrebno je puno truda, znanja i angažiranosti.

### 1.1. Predmet i cilj rada

Prilikom odrađivanja stručne prakse imala sam priliku biti dio jednog akvarija, točnije Javne ustanove Aquatika u kojem sam osim stečenog znanja u tom području struke imala priliku i susresti se sa mnogim pitanjima posjetitelja o podvodnom svijetu koji nam se tek naizgled čini dobro poznatim, što me motiviralo da detaljnije proučim takav ekosustav i analiziram njegovo funkcioniranje u okviru završnog rada.

### 1.2. Javna ustanova Aquatika – Slatkovodni akvarij Karlovac

Javna ustanova Aquatika – Slatkovodni akvarij Karlovac nastala je u okviru projekta pod nazivom „SLATKOVODNI AKVARIJ I MUZEJ RIJEKA – KAQUARIUM“ kojeg je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj u okviru Operativnog programa Regionalna konkurentnost 2007. - 2013. u iznosu 36.222.282,45 kn, a ukupna vrijednost projekta je 36.691.939,25 kn.

Svrha Ustanove je prezentacija raznolikosti flore i faune karlovačkih rijeka te krajolika kroz koje protječu. Također Ustanova ima za cilj prezentirati tradicijsku kulturu i povijest porječja te prezentirati raznolikost doživljaja koji očekuju posjetitelje grada Karlovca i Republike Hrvatske.

S obzirom na bogatstvo od više od 150 ribljih vrsta u hrvatskim rijekama, što prostor Republike Hrvatske čini jednim od najbogatijih prostora prema broju ribljih vrsta u Europi, Ustanova želi vlastitim djelovanjem svim zainteresiranima približiti iznimnu biološku raznolikost hrvatskih rijeka na zanimljiv i edukativan način.

Izložbeni dio akvarija počinje na trgu, a zatim se u objektu pomoću rampe koja vijuga kao rijeka spušta u podrumsku etažu radi specifičnosti biljnog i životinjskog svijeta kojima treba



prostor s potpunom kontrolom rasvjete. Scenarij izložbe je linearan i uz njega se nižu riječni biotopi od izvora do ušća, prateći čitav tok rijeke. Akvariji su postavljeni uzduž, iznad i ispod putanje posjetitelja. Uz pješačku rampu ribe se u vodi promatra odozgo kao prilikom šetnji uz rijeku te sa strane – pa se vidi ispod vodene površine. Posjetitelji slušaju zvukove rijeke kako teče, a istovremeno se sustavom rampi spuštaju prateći njezin tok. Nakon gornjeg toka rijeke, zvukovi se stišavaju, posjetitelji poniru u špilje u kojima su izloženi endemi koji se u prirodi često nalaze u ponornicama. Prostor se proširuje, svjetlo dopire iz akvarija, a u središnjem dijelu prostora može se zastati, ležati na jastucima, slušati zvuk snimljen u špilji i gledati izložene endemske vrste.

Nakon špilje, posjetitelji dolaze pred akvarij sa većim primjercima rijetkih vrsta koje su iščezle iz hrvatskih staništa, a prikazana rijeka simbolički izvire ponovo u svom donjem toku. Vide se ribe zajedno s vodenim biljem koje žive u toplijim dijelovima rijeke. Akvarij se gleda hodajući pored njega, zatim se prolazi kroz tunel koji dočarava uranjanje u rijeku. Nakon prolaska kroz tunel posjetitelji prolaze kroz akvarije s lopočima i šašem kao što je to u donjem toku rijeke, u močvarnim staništima. Kraj izložbe sastoji se od sustava nekoliko akvarija koji se prelijevaju jedan u drugi, a čiji biotop prikazuje slapove i sedrenu barijeru.

Na završnoj točki izložbe nalaze se stubište i dizalo koji posjetitelje vraćaju u ulazni prostor preko suvenirnice. U centru objekta smješten je prostor za analizu tehnoloških parametara vode sa znanstveno istraživačkim centrom i prostorija za aklimatizaciju riba (MEDIA- MET, 2016).



Slika 1. Akvatika izvana, foto: Denis Stošić

### 1.2.1. Zone Aquatike

Akvarijski bazeni koncipirani su na ideji podjele toka rijeke prema zonama koje počinju kod izvora, a završavaju u nizini. Zone su zasnovane na dominantnim vrstama i promjeni životne zajednice riba. To su zona pastrve, zona lipljena, zona mreene i zona deverike (JAKŠIĆ, 2018).

Na samom početku izložbe nalaze se akvariji s ribama iz gornjeg toka rijeke, akvariji u zoni pastrve. To su akvariji s hladnovodnim ribama u kojima se nalaze potočna pastrva, peš, kalifornijska pastrva, mladica itd.

Zona pastrve područje je rijeke niske temperature do 10°C bogate kisikom, uskog korita, velike brzine vode (2m/s) i kamenitog dna. Podvodne biljke koje podnose ovakve uvjete prije svega su mahovine i alge kremenjašice (JAKŠIĆ, 2018).

Akvariji riječnog kontinuiteta sadrže čitav niz ribljih vrsta koje nastanjuju srednji i donji tok rijeke. U Aquatici su ti tokovi podjeljeni na zonu lipljena, mreene i deverike. U tim zonama obitavaju plotica, podust, klen, štika, smuđ, šaran, žutooka, uklija, crvenperka, grgeč i som.



Slika 2. Akvariji srednjeg i donjeg toka rijeke, foto: Denis Stošić

U zoni lipljena dno je više šljunkovito, a podvodne su biljke savitljive, što ih štiti od lomljenja.

Zonu mreene karakterizira manja brzina vode i temperatura do 20°C, manja koncentracija kisika, šljunkovito i pjeskovitno dno. U vodenoj vegetaciji uz mahovine i alge kremenjašice

dolaze zelene alge, nitaste bakterije i gljive. Zbog pogodnih životnih uvjeta veća je raznolikost živog svijeta.

U zoni deverike korita su široka i duboka, brzina vode je mala, a temperature ljeti dosežu i do 25°C. Ovu zonu krasi vodene biljke poput lokvanja, koje se zakorijenjuju za dno, a listove i cvjetove razvijaju na površini vode. Dno je pjeskovito i muljevito.

Glavna karakteristika riba u zoni lipljena, mreke i deverike je što za razliku od riba iz porodice pastrva, nemaju potrebu za velikom količinom kisika.

U konačnici, rijeka završava ulaskom u more, čemu ne mora prethoditi zona deverike. Kod krećih, krških rijeka jadranskog slijeva to se događa i prije. Na takvim mjestima voda je bočata i promjenjivog saliniteta, što ovisi o veličini i nagibu rijeke, kao i kretanju mora. Ovo je zona iverka, ali i mnogih drugih vrsta riba kao što su listovi, cipli i balavci (JAKŠIĆ, 2018).

Nakon akvarija s vrstama donjeg i srednjeg toka nastavljaju se akvariji s endemskim vrstama koji su smješteni u spilji. Endemi su svojite koje su rasprostranjene na određenom, često malom području i ne pojavljuju se drugdje. Ukoliko je ta površina izrazito mala, takve svojite nazivamo stenoendemima (JAKŠIĆ, 2018). U spilji se nalazi deset akvarija u kojima su prikazane ribe iz hrvatskih rijeka, koje su specifične za naša geografska staništa.



Slika 3. Akvariji u spilji sa endemskim vrstama riba, foto: Denis Stošić

Veliki akvarij prikazuje zamišljeni zavoj rijeke u kojem su neke za nas tipične vrste, a neke nisu. Autohtone vrste u njemu su šaran, kečiga, mreka, klen, crnooka, deverika, uklija, i

velika pliska. Invazivne vrste koje žive u našim rijekama, a nalaze se u akvariju su amur, sivi glavaš, američka veslokljunktka i babuška. Izumrle vrste, koje su nekad živjele u našim rijekama do izgradnje hidroelektrane Đerdap, a imamo ih u akvariju su jesetre i pastruga.



Slika 4. Akvarij sa invazivnim, domaćim i izumrlim vrstama, foto: Denis Stošić

Dalje u nizu nalaze se akvariji koji predstavljaju vode stajačice, baru i močvaru. Bare su udubine koje ne presušuje i u kojima svjetlost prodire do dna što omogućuje razvoj vodenog bilja. Močvare su plitke vode stajačice koje se odlikuju malom pH vrijednošću i staništa su za mnoge vrste boljaka, kukaca, riba, vodozemaca, gmazova i sisavaca. U njima se nalaze ribe koje trebaju najmanje kisika. U akvarijima Aquatike koji predstavljaju baru i močvaru susrećemo se s karasima, gavčicama, linjacima i crvenperkama. Osim njih tu su i invazivne vrste poput sunčanica i bezribica.

U zadnjem dijelu izložbe nalaze se akvariji s invazivnim vrstama i akvarij sa sedrom. Invazivne se vrste riba uz onečišćenje, regulaciju vodotoka, izgradnju brana i melioracije smatraju jednim od glavnih razloga izumiranja domaćih vrsta (JAKŠIĆ, 2018). U akvariju s invazivnim vrstama nalazimo ribe iz naših rijeka i jezera koje su migrirale iz drugih država poput pastrvskog grgeča, babuške, američkog somića, japanskog šarana i sivog glavaša.

U akvariju sa sedrom, koji je ujedno i zadnji akvarij izložbe nalaze se ribe karakteristične za kršku rijeku oko 10 km iza njenog izvora. U njemu se nalaze uklije, dvoprugaste uklije, klenovi, klenići, potočne mreene, krkuše, piori i vijuni.



Slika 5. Akvarij sa sedrom, foto: Denis Stošić

## 2. UMJETNI VODENI EKOSUSTAV

### 2.1. Biotopski akvarij

Prirodni biotopi iz različitih djelova našeg planeta stanište su mnogim ukrasnim vrstama riba. Svaki biotop ima jedinstvene karakteristike i nastanjen je živim organizmima, specifičnim samo za određeno područje. Riba i biljke već tisućama godina prilagođavaju se određenim uvjetima okoliša u staništu iz kojeg dolaze.

Prvi zadatak pri formiranju umjetnog vodenog ekosustava je prikupiti što više informacija o prirodnom biotopu i stvoriti sve potrebne uvjete za život riba i biljaka.

Akvarij (kućni ili javni) umjetno je stvoren ekosustav na bazi saznanja o određenom području, prikupljanjem informacija ili proučavanjem prirodnog biotopa. Elementi akvarijske podloge, kao i organizmi, trebaju biti pravilno i točno odabrani s gledišta dizajna, održivosti i pripadnosti biotopu.

Izbor biotopa i biocenoze, njihovu kombinaciju i usklađenost s biotopom prirode potrebno je procijeniti korištenjem sljedećih kriterija:

1. Usklađenost akvarijske dekoracije. Dekoracija i supstrat bi trebali izgledati kao izvorno stanište biotopa kojeg predstavlja.
2. Usklađenost živih organizama. Vrste riba, bilja i bezkralježnjaka trebale bi biti jednake kao u biotopu kojeg izrađujemo. Dozvoljeno je upotrebljavati invazivne i kozmopolitske vrste, ali njihova prisutnost treba biti objašnjena u opisu.
3. Kvaliteta okoliša. Izgled i količina dekoracije, podloge i njihovog rasporeda treba odgovarati vitalnim potrebama vodenih organizama u biotopu. Na primjer, ne previše trunućeg lišća i granja, kvalitetna skloništa, itd.
4. Kvaliteta živih organizama. Riba, biljke i beskralježnjaci trebaju izgledati zdravo. Njihova količina i ravnoteža trebaju biti optimalni za veličinu akvarija. Dopusštena je prisutnost vrsta za hranu. Međutim, njihovu prisutnost treba spomenuti u opisu i svakako moraju odgovarati biotopu.
5. Raspored u akvariju. Dekoracija i podloga, u svom izgledu trebale bi stvoriti repliku prirodnog reljefa biotopa kojeg predstavljamo. Također, pogled bi trebao biti usklađen i estetski i prirodno.

6. Raspored živih organizama. Ribe se trebaju ponašati prirodno i zauzimati predviđen prostor u akvariju. Biljke treba rasporediti prema načinu kako rastu i u prirodi (LABUTOV, nepoznata godina)



Slika 6. Primjer biotopskog akvarija, foto: Denis Stošić

### 2.1.1. Karantena

Karantena je izolacijska mjera, odnosno sustav protuepizootijskih mjera koja se provodi u svakom slučaju nepoznatog zdravstvenog statusa životinja, uvoza životinja ili onih koje su bile u izravnom ili posrednom kontaktu sa zaraženim životinjama. Riječ karantena dolazi od talijanske riječi *Quarante*, što znači četrdeset jer je nekada karantena trajala četrdeset dana. Danas u pravilu traje kraće, ovisi o inkubaciji pojedinih bolesti.

Karantena u Javnoj ustanovi Aquatika je izolirana prostorija u kojoj se nalaze ribe iz nekoliko razloga. Naime, poznato je da se prilikom uvoza novih jedinki treba paziti na mogućnost unosa raznih uzročnika bolesti, direktnih ribljih neprijatelja ili drugih organizama koji mijenjaju okoliš. Kako bi se takve situacije izbjegle, nove ribe potrebno je prije premještanja

u akvarij izložbe smjestiti u karantenu. U karanteni se ribe prilagođavaju na uvjete koji ih čekaju u akvariju. Prilikom transporta ribe, potrebno je oponašati uvjete u kojima je riba bila ranije. Pritom se misli na temperaturu vode, udio otopljenog kisika u vodi, pH vrijednost i sl., kako jedinka ne bi doživjela šok uslijed kojeg se može javiti bolest ili smrt. Uvjeti u akvariju pokušavaju se što bolje približiti onima u prirodi, no oni nikad nisu u potpunosti isti, zato se kroz karantenu ribe postepeno klimatiziraju na novonastale uvjete koji ih čekaju. Osim klimatizacije riba na novonastale uvjete, potrebno je i tretiranje preventivnim kupkama protiv zaraznih parazitarnih bolesti. Takvo tretiranje je neophodno jer postoji mogućnost da je uvezena riba zaražena i ako dođe u kontakt s drugim ribama prenijet će bolest na njih i od malog problema nastat će veliki. Za vrijeme preventivnog tretiranja riba potrebna je povećana aeracija. Nažalost, bolest je često nemoguće izbjeći, no takvim preventivama smanjujemo mogućnost bolesti na minimum.

Jedna od najboljih preventivnih mjera je i kontinuirano praćenje i promatranje riba. Promatranje je najbolje tijekom hranjenja riba, kada su opušteno i izlaze van iz svojih skrovišta. Ukoliko uočimo da se u akvariju pojedina jedinka atipično ponaša, gubi na tjelesnoj masi, ne uzima hranu, usporena je i sl. potrebno je reagirati i takvu jedinku izlučiti iz mase i premjestiti je u karantenu gdje se dalje postupa s njom na određeni način, ovisno o problematici.

Ono što je također važno je biosigurnost akvarija. Odnosno, nužno je da se sav pribor za lov i manipulaciju riba nakon upotrebe temeljito opere i dezinficira, isto tako i bazen auta nakon transporta ribe potrebno je temeljito oprati i dezinficirati. Potrebno je zabraniti ulaz nepoznatih osoba u radne prostorije akvarija, kao i temeljita dezinfekcija pribora za pranje stakala u akvariju nakon svakog akvarija da ne bi došlo do prijenosa uzročnika bolesti iz jednog akvarija u drugi.

Naravno, koliko je bitno zdravlje riba o kojima brinemo bitno je i zdravlje nas samih, pri čemu treba voditi računa i o osobnoj higijeni i pranju ruku neposredno prije i nakon svakog doticaja sa akvarijom, ribom ili priborom.





Slika 7. Karantena u Akvatici, foto: Krešimir Kuri

## 2.2. Ekosustav i proces kruženja tvari

Ekosustav je cjelina koja objedinjuje životno stanište i životnu zajednicu povezanih uzajamnim odnosima kruženja tvari i protoka energije. Proces kruženja tvari i energije u literaturi se često nazivaju metabolizmom ekosustava. On uključuje sljedeće faze:

1. primanje i vezivanje sunčeve energije procesom fotosinteze;
2. nastajanje primarne organske tvari iz anorganske, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O i mineralnih tvari te konverzija Sunčeve energije u potencijalnu kemijsku energiju;
3. potrošnja primarne organske tvari i s njim povezane energije od strane potrošača te njezina pretvorba u nove organske spojeve;
4. razgradnja i mineralizacija organske tvari uginulih organizama;
5. iskorištavanje mineralizirane tvari za sintezu primarne organske tvari.

Iz navedenog jasno je uočljivo da je kruženje tvari u ekosustavu reverzibilno, završni stupnjevi transformacije tvari ujedno su i početni. Proces je kružnog karaktera jer tvari kruže ekosustavom kroz splet hranidbenih lanaca, mijenjajući se ponovno do ishodišnih anorganskih spojeva. Načelno tvar ne napušta ekosustav i njezin tijek je zatvoreni krug.

Proces fotosinteze osnovni je mehanizam izgradnje primarne organske tvari iz anorganske. Iz tako sintetiziranih organskih tvari te mineralnih soli biljke sintetiziraju ostale organske tvari koje ulaze u sastav masti, ugljikohidrata i bjelančevina.

Biljke nisu jedini proizvođači u ekosustavu. Skupina heterotrofnih i fotoautotrofnih bakterija sintetizira organske spojeve iz anorganskih koristeći se pri tome sunčevom energijom kao što je slučaj s fotoautotrofnim bakterijama ili pak energiju dobivaju oksidacijom anorganskih spojeva (nitrifikacijske bakterije).

Proizvedenu organsku tvar od strane proizvođača kroz lance ishrane iskorištavaju potrošači. Tijek tvari od anorganskih spojeva preko biljaka i životinja ne završava se prolaskom kroz seriju životinjskih članova hranidbenog lanca. Ne samo posljednji članovi hranidbenog lanca koji nemaju prirodnog neprijatelja, već i ostali organizmi ugibaju uslijed bolesti ili starosti. Takav organski materijal nije isključen iz kruženja zahvaljujući procesima razgradnje. U prvoj fazi heterotrofni mikroorganizmi razlažu organsku tvar do njezine mineralizacije da bi u

sljedećoj fazi kemoautotrofne bakterije oksidirale mineraliziranu tvar do oblika koji mogu koristiti zelene biljke za sintezu nove primarne organske tvari.

U vodenim ekosustavima proces razgradnje se ne odvija samo na dnu gdje se talože organski ostaci nego i u zoni slobodne vode. U dubljim i neosvijetljenim slojevima, u kojima nema proizvođača, odvijaju se samo procesi razgradnje. Iz gornjih slojeva vode uginuli organizmi tonu u dublje slojeve vode gdje se dijelom razgrađuju, a dijelom kada dospiju na dno. Iz tih slojeva vode krajnji proizvodi mineralizirane organske tvari pokretima vodene mase vraćaju se u gornje osvjetljene slojeve vode gdje se rabe za ponovnu sintezu organske tvari ( BOGUT i sur., 2006).

### 2.3. Ekološki čimbenici

Za svaku životnu zajednicu ili biocenozu, pa tako i za onu u akvarijima, nužan je životni prostor ili biotop u kojem vladaju određeni uvjeti važni za opstanak i održavanje biocenoze. Tako je životna zajednica u akvariju nerazdvojno vezana s određenim uvjetima koji u njemu vladaju, kao što su strujanje vode, podloga, temperatura, količina otopljenog kisika, tvrdoća itd. Prema tome životna zajednica i biotop čine nerazdvojivu cjelinu. Oni su međusobno povezani u ekosistemu koji čini sustav velike složenosti. U njemu su svi životni uvjeti fizičkog, kemijskog i biološkog karaktera povezani međusobno u jedan jedinstveni proces. Osim abiotičkih, djeluju i biotički čimbenici. Njihovo djelovanje očituje se u međusobnim odnosima koji postoje između članova u ovom ekosustavu (MATONIČKIN i PAVLETIĆ, 1972).

#### 2.3.1 Abiotički čimbenici

Abiotički čimbenici su utjecaji nežive prirode. Ističu se svjetlost, temperatura, atmosferski plinovi i hranjive tvari.

##### 2.3.1.1. Svjetlost

Ona je neophodni primarni izvor energije života koju proizvođači vežu procesom fotosinteze, a oslobađa se u složenim metaboličkim procesima živih bića (BOGUT i sur., 2006). Svjetlost stvara uvjete biljnim organizmima da stvaraju organske tvari, a kod životinja utječe na biokemijske procese (stvaranje vitamina), na način razmnožavanja, boju. Osnovni izvor svjetlosti je Sunce (ARDELJAN, 2003).

Duljina dana, odnosno koncentracija svjetla u akvarijima bitno utječe na vodene životinje. Npr., pastrve se mrijeste u prosincu, kada su dani najkraći. Ako se umjetno skрати dan, mrijestit će se i u kolovozu (MATONIČKIN i PAVLETIĆ, 1972), drugim riječima bitno je u umjetnim ekosustavima oponašati prirodne uvjete kako ne bi došlo do šoka kod ribe uslijed čega se može javiti bolest, smrt ili neka druga problematika. Da bi ribe živjele normalan život kao u prirodi u akvariju je nužno uspostaviti režim paljenja i gašenja svjetla.

Primjerice u akvarijima Akvatike svjetlo se pali sat vremena prije otvaranja izložbe na način da se prvo pale pomoćna svjetla, a pola sata nakon njih i glavna.

Nakon završetka izložbe, svjetla se gase kako bi ribe imale noćni odmor. Iako, neke od njih su noćne životinje koje se po noći hrane i aktivno žive, a danju odmaraju, npr. som i smuđ.

#### 2.3.1.2. Temperatura

Svi životni procesi zbivaju se na određenoj temperaturi. Aktivnost većine organizama ograničena je u uskom pojasu temperatura, npr. povećanjem temperature vode ubrzavaju se životni procesi organizama, životinje brže dišu, brže probavljaju hranu, osjetljivije su, živahnije, brže se razvijaju njihova jajašca itd.. Temperatura utječe i na fizikalna svojstva vode. Ona ima najveću gustoću pri temperaturi od 4°C. Toplija voda sadrži manje otopljenog kisika (BOGUT i sur., 2006).

Svakoj vrsti organizma povoljna je drugačija temperatura. Tjelesna temperatura većine životinja naših tekućih voda izjednačena je s temperaturom okoline. Gotovo sve životinje tekućih voda pripadaju organizmima s promjenjivom toplinom tijela (poikilotermni organizmi). S obzirom na odnos prema temperaturi vode razlikujemo organizme koji mogu podnijeti veća kolebanja topline, to su euritermni organizmi i one koji mogu podnijeti manja temperaturna kolebanja, stenotermni organizmi (MATONIČKIN i PAVLETIĆ, 1972). Treba paziti da organizme koji ne podnose velika temperaturna kolebanja ne mješamo u akvariju s euritermnim vrstama kako ne bi došlo do ugibanja jedinki.

U akvarijima JU Aquatika temperatura se regulira pomoću hladnjaka kao dijela cjelokupnog akvarijskog sustava koji će biti objašnjen u sljedećem poglavlju rada. Za svaki akvarij namješta se optimalna temperatura za vrstu riba koja se u njemu nalazi. Npr., u akvariju u kojem se nalaze štuke temperatura ne bi trebala biti manja od 18°C, dok će optimalna temperatura u akvariju s pastrvama varirati između 11°C – 15°C.

#### 2.3.1.3. pH vrijednost

Opće je poznata pojednostavljena činjenica da molekula vode (H<sub>2</sub>O) sadržava dva atoma vodika i jedan atom kisika. Ako vodi dodamo kiselinu, raste sadržaj H<sup>+</sup> iona i ima manje OH<sup>-</sup> iona i voda reagira kiselo. Vrijednost za pH je izravno razmjerna koncentraciji vodikovih iona. Pri pH 7 voda reagira neutralno uz ravnotežu jednakog sadržaja H<sup>+</sup> i OH<sup>-</sup> iona. Jakost kiseline može se mjeriti s pH vrijednošću. Kiseline je utoliko jača što je veći udio H<sup>+</sup> iona.

Brojevi se smanjuju od 7 do 0, jakost lužina raste od 7 do 14. U vodama na močvarnim livadama pH vrijednost je 6-5. Vrijednosti za pH 4 i niže nalazimo u vodama na tresetištima i na području crnogoričnih šuma. U takvim „kiselim biotopima“ mnoge biljke i životinje ne mogu živjeti.

Ribe žive unutar određenih granica pH vrijednosti u vodi ispod ili iznad kojih ugibaju ili imaju kao posljedicu oštećenje kože i škrga. Idealan raspon pH vrijednosti za život riba je između 7 i 8,5.

Za usporedbu, opća agresivnost vode pri pH vrijednostima nižim od 6 ili višim od 10 jest da takva voda nagrizava beton u kanalizacijskim crijevima i metale u vodovodnim instalacijama (ASAJ, 2004).

#### 2.3.1.4. Atmosferski plinovi i hranjive tvari

Kisik u vodu dopijeva otapanjem iz atmosfere i procesom fotosinteze. Ugljični dioksid u vodi nastaje razgradnjom organskih tvari i procesima disanja. On održava ravnotežu karbonata i hidrogenkarbonata. Na taj način se usklađuje ionska reakcija voda. Također postoje i granične vrijednosti kakvoće vode koje se ne smiju prelaziti kako ne bi došlo do ugibanja jedinki unutar akvarija. Granične vrijednosti prikazane su u mg/l (npr. otopljeni kisik ne smije prelaziti 3-4 mg/l).

Otopljene soli, posebice soli dušika i fosfora koriste biljke za svoj rast. Soli dušika nalaze se u vodi u većim količinama u odnosu na soli fosfora. Uz dušik i fosfor za život organizma potrebni su još: kalij, kalcij, sumpor i magnezij ( BOGUT i sur.,2006).

##### 2.3.1.4.1. Kisik

Od otopljenih plinova u vodi svakako je najvažniji kisik. Kisik je nužan za sve aerobne organizme. Sezonske i prostorne promjene dostupnog kisika utječu na životne cikluse organizama, njihovu distribuciju, ponašanje i međusobne interakcije. Kisik dopijeva u vodu apsorpcijom iz atmosfere, a nastaje pri procesima fotosinteze vodenog bilja. Kisik biva konzumiran od strane aerobnih organizama tijekom procesa disanja. Količina kisika u vodi ovisi u prvom redu o temperaturi vode, sadržaju soli te svakako biološkim procesima fotosinteze i respiracije. Tako će primjerice u razdoblju intenzivne fotosintetske aktivnosti u vodenom ekosustavu doći do zasićenja kisikom dok će se njegove vrijednosti smanjiti tijekom

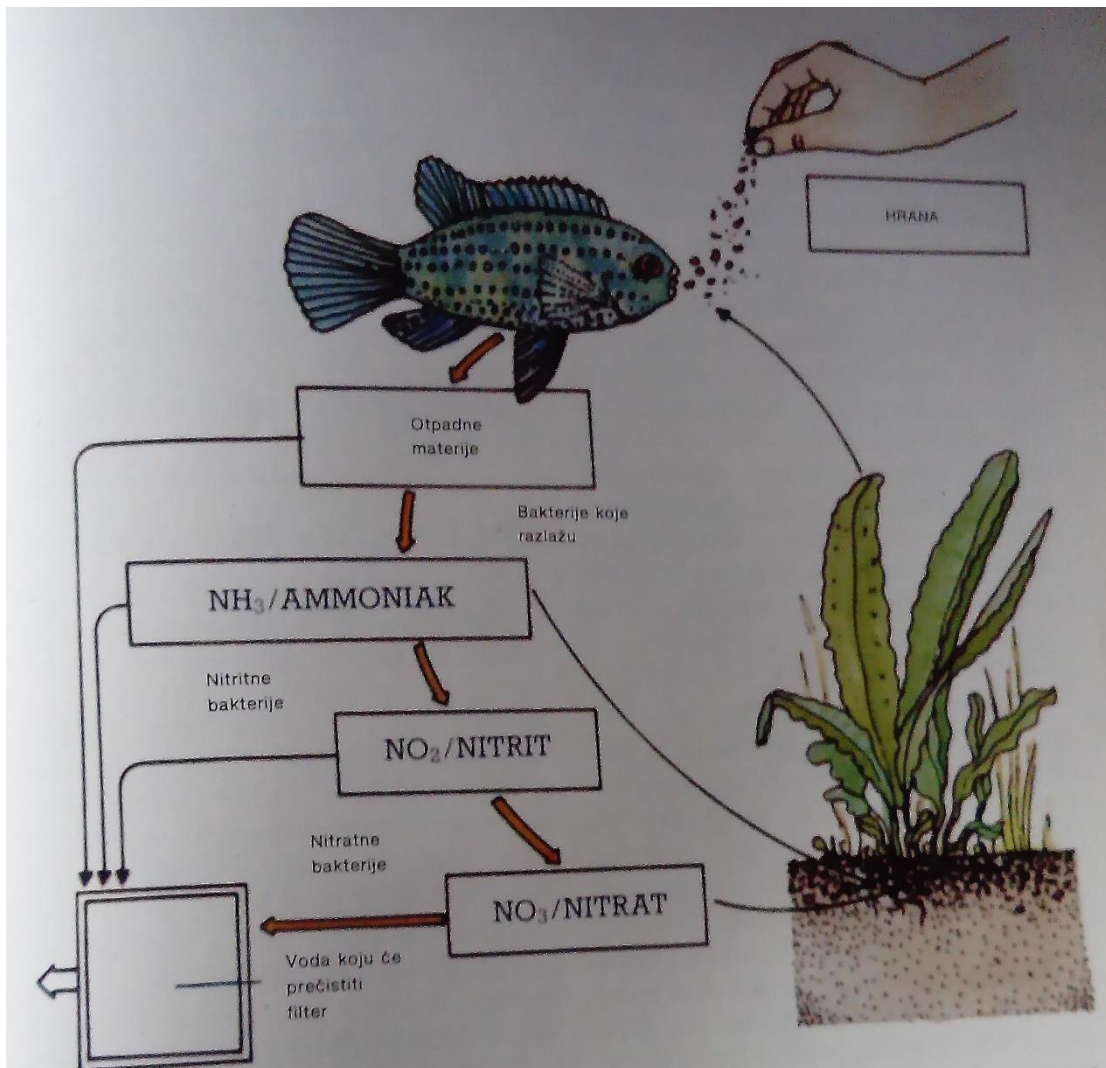
intenzivnih procesa razgradnje ili dekompozicije. Količina kisika u nekom datom trenutku izražava se postotkom teoretske količine kisika pri određenoj temperaturi. Smanjenje količine kisika najčešće je znak prisutnosti veće količine organske tvari koje u procesima aerobne razgradnje troše kisik. Mnogi anorganski spojevi također troše kisik za svoju oksidaciju pa smanjenje količine kisika može ukazivati i na prisustvo tih tvari u vodi.

Smanjenje kisika u vodi otežava život organizmima te može dovesti do trajnog poremećaja ekološke ravnoteže u tom ekosustavu. Upravo zbog toga koncentracija otopljenog kisika vrlo je značajna u određivanju kvalitete voda. Iz podataka o koncentraciji otopljenog kisika može se odrediti stupanj oksidacije otpadnih tvari i pogodnost vode za život vodenih organizama (BOGUT i sur., 2006).

Nizak sadržaj kisika u vodi uvjetuje predispoziciju za razvoj metaboličnih, zaraznih, i parazitarne bolesti riba. Trajniji manjak kisika može uzrokovati ugibanje cjelokupne riblje populacije. Nestanak kisika u vodi uzrokuje naglo ugibanje riba zbog gušenja (asfiksije).

#### 2.3.1.4.2. Kruženje dušika (N) u vodi

Prvi dio kruženja započinje s dekompozicijskim položajem ostataka od biljaka i životinja (mrtva organska tvar koja nastaje nakon ugibanja, izmet, ostatci hrane i sl.). Te se tvari razgrađuju u amonijak i pridružene spojeve koji čine prehranu bakterija iz roda *Nitrosomonas* (nitritne bakterije). Te bakterije pretvaraju vrlo toksični amonijak u nešto manje toksične nitrite s čim završava prva faza u ciklusu. U drugom djelu ciklusa bakterije iz roda *Nitrobacter* (nitratne bakterije) pretvaraju nitrite u nitrate. Nitrat nije osobito štetan za većinu riba u razumnim količinama, iako su razine tolerancije različite od vrste do vrste. Obje vrste bakterija su aerobne bakterije, što bi značilo da im je potreban kisik za opstanak i procese razgradnje. U prirodi, kao i u akvariju nastanjuju površine kao što su stijene, drvo, šljunak i biljke. Amonijak, nitriti i nitriti ne mogu se vidjeti u vodi, ali je nužno kontinuirano vršiti analize pomoću kojih možemo utvrditi njihovu nazočnost i reagirati ukoliko su njihove vrijednosti u vodi veće od propisanog. Ovaj zatvoreni krug kruženja dušika u vodi stalno se ponavlja. Iz bjelančevina nastaje amonijak, iz njega nitriti i nitriti, pa opet bjelančevine. Tomu treba dodati da neke bakterije mogu iskoristiti i atmosferski dušik i tako ga uklopiti u njegov kružni tok. (BAILEY i DAKIN, 2002).



Slika 8. Kruženje dušika u vodi (ĐORĐEVIĆ, 1989)

#### 2.3.1.4.3. Amonij i amonijak

Hrana ljudi i većine životinja sadržava tri osnovne hranidbene tvari: ugljikohidrate, masti i bjelančevine. Od njihovih razgradnih proizvoda za okoliš su problematični oni od bjelančevina i masti.

Otopljene ugljikohidrate u vodi uzimaju bakterije i gljivice pa ih tako čine neštetnim. Konačni su proizvodi razgradnje voda i ugljikov dioksid koji u većoj količini mogu pri bakterijskoj razgradnji smanjiti udio kisika u vodi.

Bjelančevine su za razliku od ugljikohidrata i masti, koje su pogonsko gorivo, građevinski materijal za izgradnju tjelesne tvari. One također mogu biti upotrijebljene kao pogonsko gorivo ako potreba organizma za njima prelazi onu od ugljikohidrata i masti. Posljedica je da



se u vodi nakupljaju proizvodi razgradnje bjelančevina amonij i amonijak, koji nisu u svakom slučaju otrovni za ribe. Za ribe je otrovniji amonijak od amonija. Postotna zastupljenost sadržaja amonijaka i amonija u njihovoj smjesi u vodi ovisi o pH vrijednosti vode. Otrovniji su ako je pH vrijednost u vodi veća i obrnuto, manje su otrovni ako je ona niža. Što je veća pH vrijednost u vodi ravnoteža amonija i amonijaka prelazi sve više u korist otrovnijeg amonijaka, a udio jedva otrovnog amonija postaje sve manji. Pri pH vrijednosti 6 u vodi imamo 100% amonija. Pri pH vrijednosti 7 udio amonijaka je 1% , amonija 99%, pri pH vrijednosti 8 udio amonijaka raste na 4% uz 96% amonija, pri pH vrijednosti 9 udio amonijaka povećava se 25% uz 75% amonija i konačno, pri pH vrijednosti 10 udio amonijaka nešto je niži od 80% uz sadržaj amonija samo oko 20%.

To u praksi znači da pomak u pH vrijednosti može biti smrtonosan za ribe, a da uzrok uginuća nije u pH vrijednosti, nego u poremećenoj ravnoteži amonija i amonijaka.

Otrovnost smjese amonija i amonijaka u vodi ne ovisi samo o pH vrijednosti nego i o temperaturi vode. Primjerice u vodi od 25°C smjesa amonija i amonijaka za ribe je oko 4 puta otrovnija nego pri temperaturi od 5°C.

Također treba znati da se pri razgradnji amonija i amonijaka u vodi smanjuje i sadržaj kisika. Potrošnja kisika u vodi za oksidaciju dušika općenito je veća ako je prisutan veći sadržaj dušika pa ga bakterije ne mogu razgraditi. U tom slučaju ugibanje riba nije izravna posljedica sadržaja amonijaka, nego manjka kisika zbog njegova utroška za oksidaciju amonijaka (ASAJ, 2004).

### 2.3.2. Biotički čimbenici

Osim okoliša na razvoj organizma, populacije ili vrste djeluju i njihovi međusobni odnosi odnosno biotički čimbenici. Ti su odnosi vrlo složeni, a mogu imati sljedeća međudjelovanja:

- Neutralizam: populacije nemaju učinka jedna prema drugoj
- Kompeticija: obje populacije djeluju nadmetanjem ili suparništvom jedna prema drugoj, neposredno ili posredno (zbog potrebe za hranom, prostorom, zaklonom)
- Amenzalizam: asocijacija između dva organizma različitih vrsta u kojem je jedan inhibiran, a drugi nema utjecaja

- Parazitizam: asocijacija između dva organizma, za jedan organizma pozitivna, za drugi negativna
- Predatorstvo: uzajamni odnos predatora ili grabljivice i plijena
- Komenzalizam: odnos koji je za jednu vrstu pozitivan, za drugu neutralan
- Mutualizam: odnos u kojem različiti organizmi žive u bliskoj asocijaciji ( BOGUT i sur., 2006).

U konkretnom slučaju umjetnog vodenog ekosustava susrećemo se s mutualizmom, komenzalizmom i predatorstvom.

Biotički faktori ne djeluju neovisno sami za sebe, nego su tijesno vezani s abiotičkim faktorima.

Ekološki čimbenici variraju u intezitetu i veličini te prostorno i vremenski. Raspon tih varijacija vrlo je širok. Ekološki čimbenici mogu na organizam djelovati pojedinačno, ali može djelovati i cijeli kompleks čimbenika. Upravo stoga, analizirajući njihov učinak na organizme, potrebno je naglasiti da organizam u određenim kombinacijama može istovremeno reagirati na čitav kompleks ekoloških čimbenika. Stoga je djelovanje jednog čimbenika uvijek relativno, u ovisnosti od ostalih s kojima zajedno djeluje ( BOGUT i sur.,2006).

### 2.3.3. Učinak ekoloških čimbenika i ekološka valencija

Činjenica da se organske vrste u prirodi održavaju pod stalno promjenjivim uvjetima okoliša objašnjava se njihovom prilagodbom na promjene ekoloških čimbenika. Raspon kolebanja jednog ekološkog čimbenika, u čijim je granicama moguć opstanak određene organske vrste, naziva se ekološka valencija. Veličina ekološke valencije za jedan određeni čimbenik varira od vrste do vrste, a njezine granice mogu biti ili vrlo široke ili vrlo uske.

Ekološka valencija nije ista za sve čimbenike; ona za jedan čimbenik može biti vrlo velika, za drugi mala. Organizmi s uskom ekološkom valencijom za jedan određeni čimbenik označeni su kao stenovalentni; oni sa širokom ekološkom valencijom eurivalentni. Grčki prefiksi „steno“ (uzak) i „euri“ (širok) mogu se vezati za izraze kojima označavamo pojedine čimbenike. Tako se organizmi koji podnose temperaturna kolebanja nazivaju euritermnim, a oni koji ne podnose stenotermnim.

Veličina ekološke valencije za jedan čimbenik varira i ovisi o stupnju razvoja vrste. Gotovo u pravilu ekološka valencija većine čimbenika najmanja je u ranim stupnjevima razvoja.

U okviru ekološke valencije za jedan čimbenik postoji uvijek određeni stupanj veličine i intenziteta kada je njegovo djelovanje na jednu vrstu najpovoljnije. Taj stupanj odgovara optimumu djelovanja tog čimbenika. Udaljavanjem od optimuma ka granicama ekološke valencije djelovanje postaje nepovoljnije i prelazi u pesimum u blizini gornje (maksimum) i donje (minimum) granice ekološke valencije. Kao i sama ekološka valencija i položaj optimuma varira od jedne vrste organizma do druge i od jednog do drugog stupnja u procesu razvoja organizma.

Skup ekoloških valencija za pojedine čimbenike čini ekološki spektar jedne organske vrste. Njegovo poznavanje omogućuje objašnjenje opstanka jednog organizma na nekom staništu (BOGUT i sur., 2006).

#### 2.3.4. Kompleks ekoloških čimbenika i pravilo minimuma

Ekološki čimbenici više ili manje djeluju uzajamno i nijedan pojedinačni čimbenik ne djeluje neovisno od ostalih. U uskom spletu čimbenika teško je očekivati da je svaki pojedinačni čimbenik optimalan za svaku vrstu. Vrlo je često jedan ili više njih udaljen od optimuma i djeluje manje povoljno na određenu vrstu. Jedan jedini čimbenik može ugroziti egzistenciju vrste. Ovo ukazuje da je opstanak neke vrste određen čimbenikom koji se nalazi bliže pesimumu, iako svi drugi čimbenici mogu biti u ili blizu optimuma.

Organizam je izložen istovremenom i zajedničkom djelovanju svih ekoloških čimbenika. Relativni dio svakog od njih je različit, ali uvijek u ovisnosti o drugima. Sposobnost preživljavanja organizma na nekom staništu treba sagledati u odnosu na ukupno djelovanje promjenjivih, ali uzajamno ovisnih čimbenika koji kontroliraju opstanak, rasprostiranje i kolebanje gustoća populacija.

### 3. OPIS RADA SUSTAVA AKVARIJA JU „AQUATIKA“

Akvarij je umjetno stvoreni vodeni ambijent u kojem se pomoću pumpe, mehaničko - biološkog filtera, hladnjaka, cijevi i sterilizatora ribama u recirkulacijskom sustavu pokušavaju stvoriti što bolji životni uvjeti.

Ono što je zapravo jedna od bitnijih stavki u ovom cijelom sustavu je voda. Ljudski organizam sastoji se od oko 70% vode i naše bi postojanje bilo nemoguće u njezinom izostanku, isto tako nemoguće bi bilo i postojanje riba, odnosno umjetnog ekosustava koji je tema rada. U ovom poglavlju rada obrazložiti će se njen put od podzemne vode, do vode kao životnog okoliša u akvariju.

Prilikom izgradnje akvarija postavljalo se pitanje koja voda je najkvalitetnija, a pritom i najpristupačnija i najzdravija za ribe. U obzir je dolazilo nekoliko mogućnosti, no samo jedna je odgovarala po svim segmentima.

Dobro je poznato da se JU Aquatika nalazi na desnoj obali rijeke Korane. Najčeće pitanje naših posjetitelja je zašto se upravo voda iz rijeke Korane ne koristi za potrebe akvarija u Aquatici? Odgovor je vrlo jasan, zbog bolesti koje vladaju u rijeci. Rijeka nije akvarij u kojoj se svakodnevno vrši monitoring parametara neophodnih za zdravlje i život riba. U rijeci ne možemo utjecati na ugibanje, truljenje bilja i hrane i ostalih stvari koje smanjuju kvalitetu vode. Rijeka je prirodni ekosustav koji se sam regulira, bez čovjekove pomoći. Uvijek postoji rizik od raznih bolesti koje rijeka nosi zajedno s organizmima u njoj. Takva voda je prerizična da bi se koristila za potrebe akvarija. Drugi razlog zašto ne voda iz rijeke Korane je velika filtracija vode koja bi bila potrebna da bi se dobila voda kakva je potrebna za akvarij. Takva filtracija je dugotrajna, skupa i uvijek postoji mogućnost da voda neće biti u potpunosti filtrirana, a za potrebe akvarija takva voda je neprihvatljiva. Drugi izvor vode koji je razmatran kao mogućnost bila je voda iz vodovoda. Takva voda također je neprihvatljiva. Prvenstveno zbog cijene, jer su količine vode koje se koriste u Aquatici izrazito velike. Drugi razlog bio je klor. Vodovodna voda prilagođena je za ljudsku upotrebu i tretirana je što je za ribe neprihvatljivo.

Treća prihvatljiva, najjeftinija i najzdravija voda za potrebe Aquatike bila je podzemna voda. Na dubini od 20 m pod zemljom izgrađen je zdenac koji iz podzemlja crpi podzemnu vodu koja dalje sustavom cijevi odlazi do akvarija. Ta je voda prirodna, čista i ono što je najbitnije puna minerala. Takva je voda idealna za ribe u akvariju.

U svakom trenutku na ekranu koji je dio tehnologije akvarija može se provjeriti nivo vode u zdencu. Praćenje nivoa vode nužno je prije izmjene vode u akvarijima.

Nakon što voda iz zdenca dođe do sustava cijevi akvarija potrebno ju je filtrirati. Pumpe tjeraju vodu u filter. U njemu se voda mehanički filtrira prolaskom kroz filterski materijal. Tu se odvajaju sitne krute čestice mehaničkom filtracijom. Nakon toga profiltrirana voda odlazi do spremnika gdje su biobolusi. Biobolusi su male plastične kuglice nepravilne površine koje na sebi imaju Nitrobacter bakterije koje amonijak pretvaraju u nitrate i nitrite. Nakon toga voda tjerana pumpom odlazi u hladnjak gdje se hladi na temperaturu koju želimo imati u akvariju. Ta se temperatura može podešavati prema potrebi, ovisno o tome jesu li ribe u akvariju hladnokrvne ili toplokrvne i koja je temperatura optimalna za njihov opstanak. Dalje voda ide do sterilizatora gdje se UV zračenjem uništavaju u njoj eventualno namnožene bakterije i gljivice. Sterilizator je zapravo najbolja preventiva svakog akvarija od zaraze riba.

Radi normalnog funkcioniranja akvarija biološki filteri se moraju redovito kontrolirati i prema potrebi čistiti. Dižu se poklopci iznad svakog filtera i gleda se je li filc zapunjen talogom.



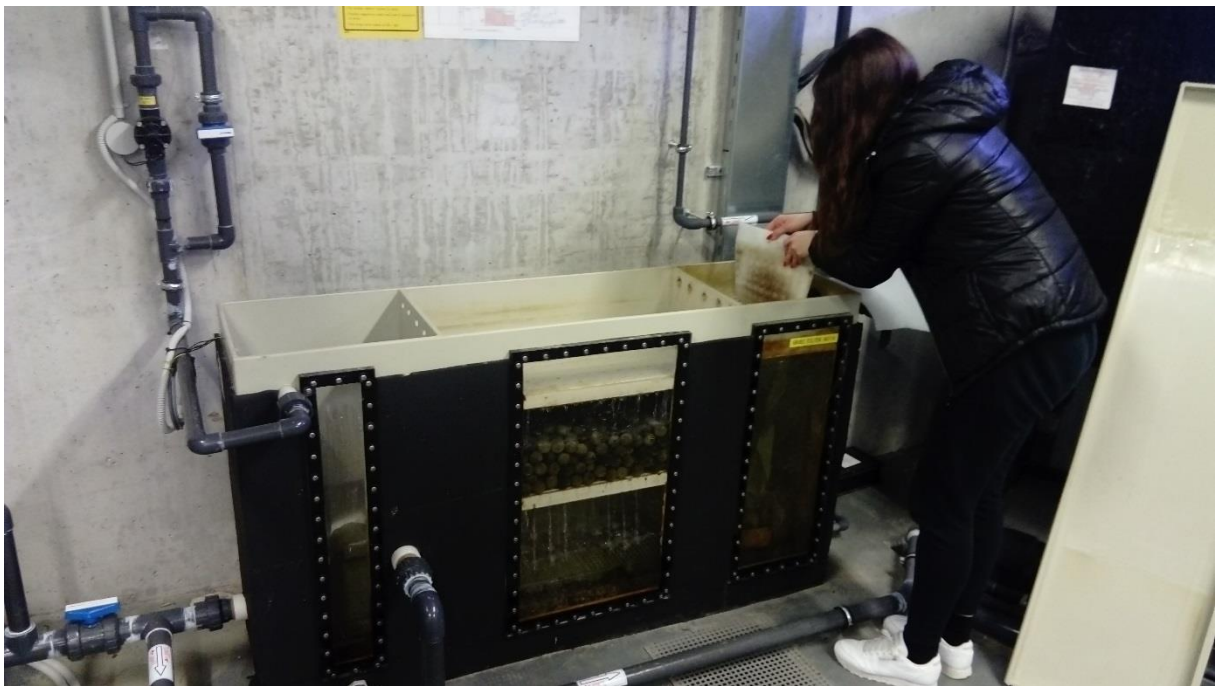
Slika 9. Mehanički filter, foto: Dajana Majnarić

Talog se ispiri vodom dok se filc ne očisti, a ako to više nije moguće kroji se drugi filter i postavlja na rešetku. Filteri se moraju pregledati svaki dan. Ako je potrebno, kod bioloških filtera treba promijeniti filc.

Zrnati filter se kontrolira barem dva puta dnevno gledanjem manometara, a kad se zrnati zasiti, pristupa se čišćenju. To traje oko pola sata. Ako je filterska masa slijepljena, treba ga otvoriti i rastaviti. Filterska se masa ručno ispiri vodom i cijela procedura traje oko četiri sata. Voda u akvarijima mora biti što bistrija i ako to nije, treba dodatno pregledati filtere i uočiti problem.

Cijela procedura čišćenja bioloških filtera traje jedan sat ako je sve u redu. Ako nije, može potrajati i do nekoliko sati (rastavljanje filtera i ispiranje).

Ako se zbog problema u filtraciji (mutna voda u akvariju) treba rastaviti i pročititi zrnati filter, procedura traje do 4 sata. Tada treba zaustaviti filtraciju akvarija i ispustiti dio vode te nakon čišćenja filtera pustiti novu vodu. To može potrajati četiri sata i uz to treba dodati vrijeme potrebno za izmjenu vode.



Slika 10. Promjena filterskog materijala, foto: Krešimir Kuri

## 4. MONITORING VODENIH PARAMETARA I OSTALE AKTIVNOSTI

### 4.1. Analiza vode

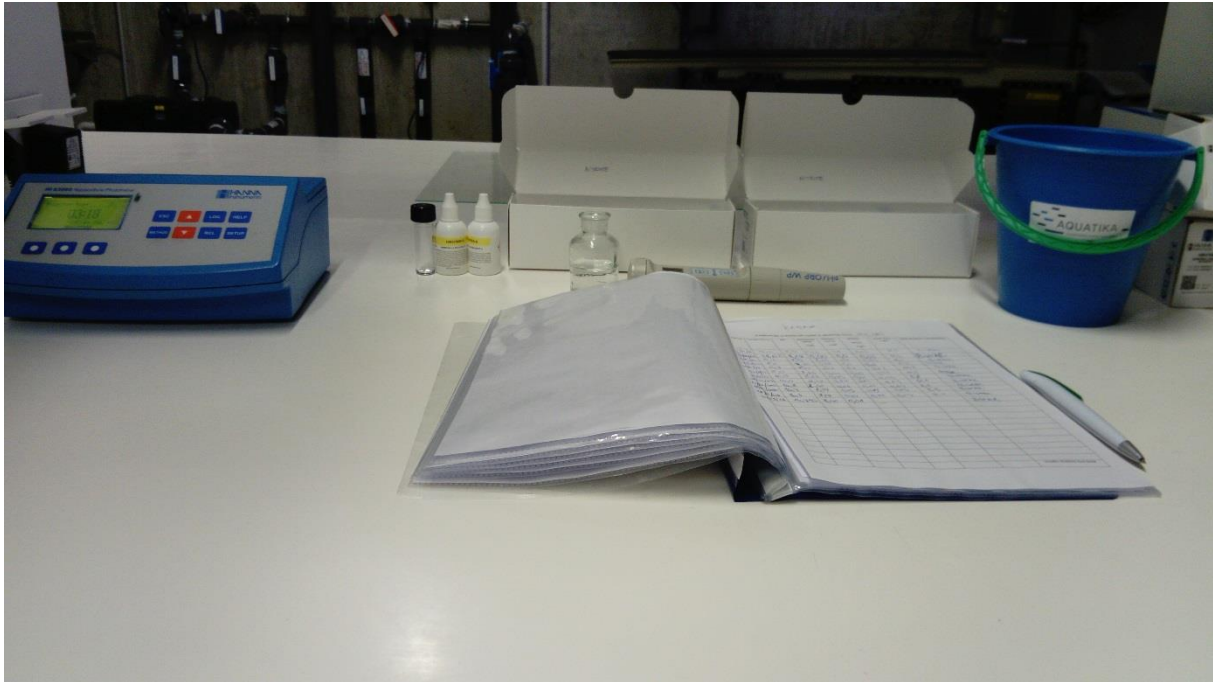
Analiza vode vrši se kontinuirano u svim akvarijima Aquatike. Mjeri se temperatura vode, pH, količina amonijaka, nitrata i nitrita, količina otopljenog kisika u vodi te se promatra bistrina vode. Analiza vode vrši se pomoću spektrofotometra HANNA HI 83203. Prema podacima dobivenim mjerenjem procjenjuje se kada treba izvanredno promijeniti vodu. Voda se u akvarijima može zagaditi pretjeranim hranjenjem, neredovitim promjenama vode ili prilikom uginuća ribe koja nije pravovremeno izvađena iz akvarija. Amonijak se u akvariju može javiti kao posljedica raspada izmeta ribe, truljenjem lišća ili raspadanjem viška hrane. U akvariju ga ne smije biti preko određene granice jer je toksičan za ribe. Već i koncentracija od 0,1mg/l može biti opasna za ribe. Nitrati ( $\text{NO}_3$ ) su korisni kao gnojivo za vodene biljke. Ukoliko je koncentracija preko 50mg/l, treba mijenjati vodu jer je ta koncentracija nitrata u vodi štetna za ribe. Nitriti ( $\text{NO}_2$ ) su u koncentraciji većoj od 1mg/l opasni za ribe, pogotovo ako su prisutni kroz duži vremenski period.

Analiza vode vrši se svakodnevno. Sam proces kontrole vode nije kompliciran i sve se radi prema propisanim procedurama. Prije same analize potrebno je uzorkovati vodu akvarija koji analiziramo, izmjeriti temperaturu vode, udio otopljenog kisika, izmjeriti pH vrijednost i procijeniti bistrinu vode.



Slika 11. Mjerenje pH vrijednosti i temperature vode, foto: Krešimir Kuri

Kad smo izmjerili sve navedeno i uzeli uzorak vode analizira se udio amonijaka, nitrata i nitrita u vodi. Za kontrolu svakog pojedinog parametra koriste se odgovarajući reagensi. Kao što je već navedeno, koristi se spektrofotometar kojeg je potrebno uključiti i na njemu odabrati metodu koju analiziramo. Kada je odabrana potrebno je u epruvetu uliti vodu koju smo neposredno prije toga uzorkovali i kalibrirati aparat tako da oznaka dođe na nulu.



Slika 12. Pribor potreban za analizu vode, foto: Dajana Majnarić

Kada se analizira amonijak i nitrite potrebno je u epruvetu uliti 10 ml vode iz akvarija, a za analizu nitrata uzimamo 6 ml vode. Kada je aparat kalibriran i oznaka je nula u vodu dodajemo reagens. Za analizu amonijaka dodaje se četiri kapi REAGENTA A i četiri kapi REAGENTA B. Za analizu nitrata ( $\text{NO}_3$ ) dodaje se NITRAT REAGENT u prahu, a za analizu nitrita ( $\text{NO}_2$ ) NITRITE LR REAGENT u također u prahu. Vodu s reagensima potrebno je dobro protresti, što je također propisano u sekundama za svaku analizu. Kada se voda i reagens dobro pomiješaju, epruvetu je potrebno vratiti u uređaj i stisnuti tipku timer. Uređaj počinje s odbrojanjem i kada odbrojanje stane, očita se rezultat te se na osnovu njega procjenjuje jesu li rezultati optimalni ili pak treba reagirati promjenom vode. Sve rezultate, za svaki pojedini akvarij potrebno je uz datum upisati u evidencije. Nalaze treba redovito bilježiti. Sakupljeni podaci koristit će, među ostalim, za utvrđivanje povijesti bolesti i godišnjih planova zaštite (FIJAN, 2006).





#### 4.2. Izmjena vode u akvarijima

Postoji redovna izmjena vode u akvarijima i izvanredna izmjena vode. Redovna izmjena vode vrši se svaki dan, jednom tjedno ili dvaput tjedno, a to ovisi o vrstama ribe i njihovim potrebama.

U akvarijima riječnog kontinuiteta za hladnovodne ribe voda se mijenja svaki dan na način da se otvore ispusti iz akvarija kroz dvije minute.

U akvarijima riječnog kontinuiteta za toplovodne ribe voda se mijenja dva puta tjedno otvaranjem ispusta kroz dvije minute.

U akvarijima za endemske vrste riba u spilji voda se mijenja dva puta tjedno na filteru kroz dvije minute.

U velikom akvariju voda se mijenja jednom tjedno tako da se, uz poštivanje procedure zatvaranja premosnice na sterilizatorima, gašenja pumpi i regulatora toka, ispusti do stakla na tunelu. Jednom mjesečno potrebno je ispustiti pola vode.

U akvarijima specifičnih staništa voda se mijenja dva puta tjedno otvaranjem ispusta kroz dvije minute.

U jezercu voda se mijenja svaki drugi dan, otvaranjem ispusta kroz dvije minute, ovisno o bistrini vode.

Izvanredna izmjena vode vrši se kad se redovnim ili izvanrednim ispitivanjem vode u akvarijima pronade visoka količina amonijaka, nitrata i nitrita. Ako su vrijednosti nekih parametara visoke, preporučuje se izmjena jedne trećine do pola količine vode bez obzira na redovne izmjene vode.

Sve izmjene vode, bile one redovne ili izvanredne potrebno je evidentirati.



Slika 14. Ispust vode kroz sustav cijevi zbog izmjene vode u akvariju, foto: Krešimir Kuri

Ono što je zanimljivo prilikom mjenjanja vode u akvariju je nevjerojatna zbrka među ribama. Uznemire se i grupiraju. To se događa zbog vrlo osjetljivog ribljeg mjehura koji jako dobro osjeća svaku promjenu razine vode u akvariju. Ribe se na taj način i u rijeci ponašaju shodno vodostaju.

Evidencija izmjene vode u akvarijima za siječanj 2018

Redni broj	Akvarij	Datum i količina (%) promijenjene vode	Napomena
1	101	1.1. 2018 5%; 3.1. 5%; 5.1. 5%; 7.1. 5%; 8.1. 5%; 9.1. 5%; 10.1. 5%; 11.1. 5%; 13.1. 5%; 15.1. 5%	
2	102	1.1. 2018 5%; 3.1. 5%; 5.1. 5%; 7.1. 5%; 8.1. 5%; 9.1. 5%; 10.1. 5%; 11.1. 5%; 13.1. 5%; 15.1. 5%	
3	103	1.1. 2018 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
4	104	1.1. 2018 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
5	105	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
6	106	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
7	107	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
8	108	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
9	109	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
10	110	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
11	111	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
12	112	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
13	113	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
14	114	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
15	115	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
16	116	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
17	117	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
18	118	1.1. 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%	
19	121		
20	122	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 13.1. 5%; 15.1. 10%	
21	123	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 13.1. 5%; 15.1. 10%	
22	124	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	
23	125 x 3	1.1. 18 5%; 5.1. 5%; 9.1. 5%; 11.1. 5%; 15.1. 5%	Izradio: Krešimir Kuri DVM

1.1. 18. ZAMJENA VODE U SVIM KATAMENSKIM AKVARIJIMA

Slika 15. Evidencija izmjene vode u akvarijima, foto: Dajana Majnarić

### 4.3. Hranjenje riba

Različite vrste riba hrane se različitom hranom te se na temelju toga mogu podijeliti na generaliste i specijaliste. Generalisti su omnivorne (svejedne) ribe koje se hrane širokim spektrom hrane, a takvi su npr. klen, jez, klenić. Specijalisti su, za razliku od generalista, specijalizirani za određeni tip hrane te rijetko uzimaju neku drugu hranu pored one za koju su specijalizirani. Tako među njima imamo herbivore, planktivore, piscivore, invertivore i dr. Također, o prehrani riba ovisi i anatomija pojedine vrste ribe, a najveće razlike postoje u građi usnog aparata.

Ribe u JU „Aquatika – slatkovodni akvarij Karlovac“ hrane se umjetnom i prirodnom hranom. U umjetnu hranu spadaju peleti i granulirana hrana, a oni će se u dovoljnoj količini nabavljati od provjerenih prodavača hrane za ribe. Prirodna hrana podrazumijeva smrznute ili žive organizme od kojih će se u prehrani riba koristiti ličinke muha, gujavice, enhitreje (Enchytraeidae), ličinke brašnara, vodenbuhe, račići (*Artemia* sp.), ribe itd. Umjetna hrana i smrznuta prirodna hrana skladište se u zamrzivačima, tj. ledenicama, a živa prirodna hrana uzgaja se u dovoljnoj količini u akvarijima ili terarijima u pomoćnim prostorijama akvarija. Najpogodnije plijenvrste riba koje služe za prehranu predatorskih vrsta riba, a koje će se držati u akvarijima u pomoćnim prostorijama su: pijor, dvoprugasta uklija, uklija i bodorka (MIHINJAČ i sur., 2016).

Sve se ribe hrane po akvarijima idući redom od početka izložbe prema spilji. Zatim se hrane endemski akvariji u spilji po redu. Nakon njih se hrani veliki akvarij, pa akvarij močvare, akvarij s invazivnim vrstama, akvarij sa sedrom i naposljetku jezerce.

Ribe se hrane na način da im se daje hrana veličinom i vrstom obroka prihvatljiva za vrstu i to u količini od oko 1% tjelesne težine. Ribe se hrane po malo dok jedu. Obično što pojedju u prvih nekoliko minuta je dovoljno. S hranom ne treba pretjerivati jer se nepojedena hrana taloži u akvariju, truli i stvaraju se nitrati i nitriti, spojevi od kojih se pogoršava kvaliteta vode što je već spomenuto u prethodnom poglavlju. Većim ciprinidnim vrstama riba se daju pelete većeg promjera primjerene vrsti i veličini usta, a pastrvskim vrstama manjeg i s nešto više proteina i ulja. Malim se ribama daje zooplankton mrežicom iz vlastitog uzgajališta i mikrocrvi. Predatori moraju uvijek imati žive ribe na raspolaganju. Kečige, morune i jesetre jedu peletiranu hranu veličinom prilagođenom veličini usta i sastavom hranjivih tvari vrsti ribe, ali im se još uz to dva puta tjedno obavezno daje svježa morska riba narezana na sitne komade. Osim peletirane hrane, sve pastrve (potočna, kalifornijska, primorska, glavatica...) se hrane živim crvima brašnarima iz vlastitog uzgoja.

Za vrijeme hranjenja, ribe se promatraju i sve promjene u izgledu i ponašanju se, ako je potrebno, bilježe. Cijeli postupak hranjenja riba u prosjeku traje oko sat vremena. Hranjenje je također potrebno evidentirati u obrasce uz datum.



Slika 16. Hranjenje sitno narezanom ribom. foto: Krešimir Kuri



Slika 17. Hranjenje peletiranom hranom, foto: Krešimir Kuri

Tablica hranjenja riba za siječanj 2018

Redni broj	Akvarij	Količina hrane u postotku od mase ribe	Napomena						
			8.1.	9.1.	10.1.	11.1.	12.1.	13.1.	14.1.
1	101	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
2	102	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
3	103	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
4	104	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
5	105	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
6	106	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
7	107	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
8	108	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
9	109	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
10	110	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
11	111	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
12	112	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
13	113	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
14	114	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
15	115	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
16	116	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
17	117	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
18	118	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
19	121	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
20	122	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
21	123	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
22	124	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
23	125 x 3	0.5%	+	+	+	+	+	+	+
24	126		+	+	+	+	+	+	+

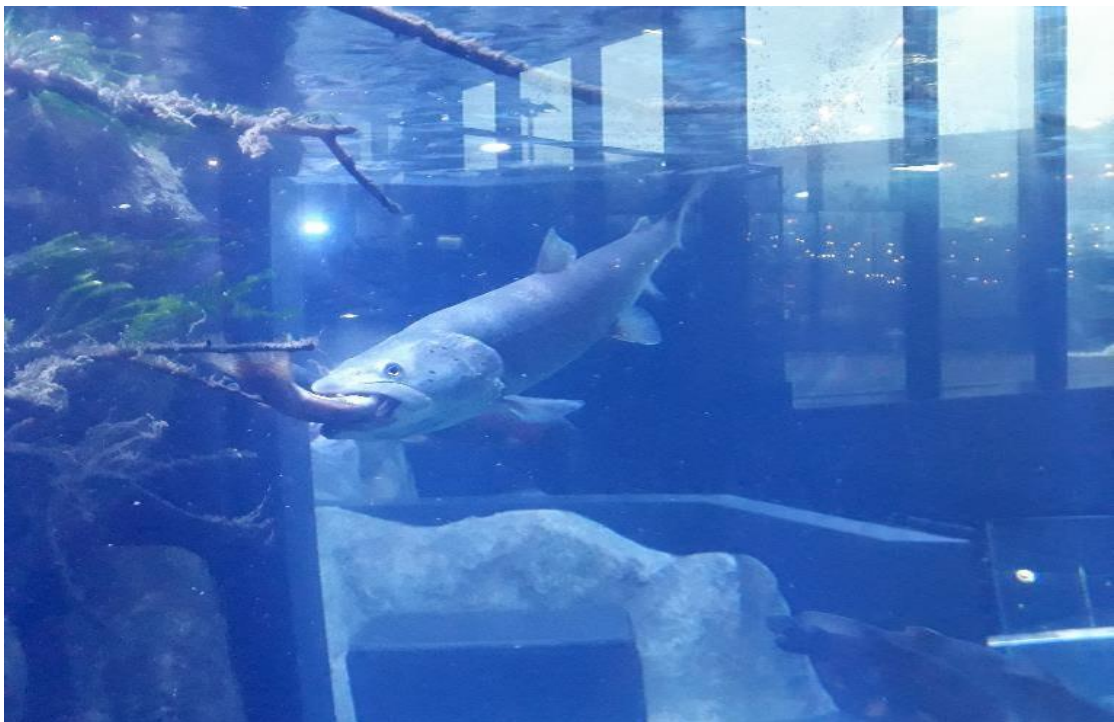
Izradio: Krešimir Kuri DVM

Slika 18. Tablica hranjenja riba po danima za siječanj, foto: Dajana Majnarić

#### 4.4. Problemi biotopskih akvarija

1. Problem s hijerarhijom riba. Vrlo je česta pojava. Ako se u akvariju nađu ribe koje su teritorijalne, svaka od njih će htjeti biti dominantna, prilikom čega dolazi do borbe i ozljeđivanja. U takvim uvjetima životinja ne jede i slabi jer je u stalnom sukobu s drugom životinjom. Kako bi se takve situacije izbjegle, bitno je kontinuirano promatranje i praćenje životinja. Takve se jedinice moraju razdvojiti.
2. Problemi s predacijom. Velike probleme u akvariju rade predatorske vrste riba. U akvariju s predatorskim vrstama uvijek nalazimo manje jedinice koje služe kao njihova hrana. Takve jedinice su većinom skrivene iza stijena, granja i sl. Naizgled ukras u akvariju njima služi kao sklonište od predatorskih vrsta. U takvim slučajevima, predatori teško dolaze do plijena pa se može dogoditi da pojede i manju jedinku svoje vrste ili neku drugu vrstu s kojom dijeli stanište. Tako je i u akvarijima Aquvatike; mladice redovito jedu pastrve, klenovi su pojeli jako puno uklija, dvoprugastih uklija i manjih nosara, glavatica je pojela sve manje glavatice itd.

Kontinuiranim praćenjem može se spriječiti napad. Problematičnu jedinku potrebno je izolirati iz zajednice.



Slika 19. Predatorstvo, mladica jede pastrvu, foto: Krešimir Kuri



3. Problem zamućenosti. Zamućenost u prirodnim ekosustavima ne predstavlja problem i na nju se ne može utjecati. No u umjetnim ekosustavima zamućenost predstavlja veliki problem pogotovo ako su takvi ekosustavi dio izložbe kao što je primjer u Akvatici. Akvariji koji su dio izložbe moraju imati bistru vodu kako bi se posjetiteljima omogućio što bolji uvid u podvodni svijet. Voda u akvarijima može se zamutiti uslijed neadekvatnog supstrata ali i riba koje ga zbog svog načina hranjenja dodatno podižu. Takav akvarij je nepregledan, ružan i u njemu se ribe ne vide. Kako bi se takav problem riješio, potrebno je sve ribe iz akvarija izvaditi, ispustiti vodu te promijeniti cijeli supstrat ili preko postojećeg prostrijeti tzv. geotekstil. Geotekstil (podložni filc) je materijal od tkanine izrađene na različite načine od polimernih vlakana (poliester, polipropilen) koji se upotrebljava prije svega za stabilizaciju i filtraciju tla. Nakon ugradnje geotekstila, potrebno je na njega staviti supstrat koji će više odgovarati i neće uzrokovati ponovno zamućenje vode. Ako govorimo o velikom akvariju, takav posao je vrlo zahtjevan i potrebno je puno truda, vremena i ljudi.



Slika 20. Jesetra u zamućenom akvariju, foto: Krešimir Kuri

4. Problemi s iskakanjem riba i ulaskom u cijev za filtraciju. Riba, dok su u fazi prilagodbe, vrlo često istražuju akvarij u koji su puštene. Ponekad pri tome naprave kobne greške. Zbog toga prije puštanja riba u akvarij, treba proučiti sve mogućnosti njihova bijega i pretpostaviti sve moguće scenarije, kako bi ih unaprijed spriječili i

zaštitili od sigurne smrti. RIBE mogu iskočiti iz akvarija i može ih povući filter. Sve akvarije zato treba pokrivati, a rupe od filtera zaštititi mrežicama.



Slika 21. Ribe koje su uskočile u filter, foto: Krešimir Kuri



Slika 22. Uginula riba zbog iskakanja iz akvarija, foto: Krešimir Kuri

5. Problem s bolestima riba. Najlakše rješavanje, ili bolje rečeno preveniranje, problema ribljih bolesti je u korištenju mjera biosigurnosti. To znači da dobavljači riba moraju biti pouzdani, a ribe moraju proći karantenu. Međutim, tako je nažalost samo u idealnim uvjetima proizvodnje riba. Naime, ribe u Akvatiku dolaze iz raznih uzgajališta, ali i iz prirode, tako da se često miješaju pa je bolest često praktički nemoguće izbjeći. Međutim, postoje načini da ih svedete na najmanju moguću mjeru. To je obavezno korištenje preventivnih kupki i karantene kao što je već objašnjeno u drugom dijelu rada. Praćenje ponašanja i stanja ribe omogućuje brzo otkrivanje pojave bolesti i uginuća te poduzimanje mjera za utvrđivanje uzroka i otklanjanje težih posljedica (FIJAN, 2006).
6. Skrivanje riba. Kod skrivanja riba osnovni problem je taj što se posjetitelji žale da nisu vidjeli ribu koju su htjeli vidjeti, a znaju da se nalazi u akvarijima Aquatike, kao što je primjer soma. On se sakrije iza granja, ispod pozadine, a nekad se i potpuno skloni iz vidnog dijela akvarija. On je noćna životinja i aktivan je pretežno noću, a danja svjetlost ga smeta. Somovi, ako ih tjerate da po danu budu na svjetlu doživljavaju stres i ako nemaju redovite smjene svjetla i tame kroz dulje vremensko razdoblje, od toga mogu i uginuti.

Drugi primjer skrivanja riba je taj što ne znamo šta se s tom ribom dogodilo u akvariju. Znamo da smo je ispustili u akvarij, no od tad je nismo vidjeli. Postoji mogućnost da se zavukla u stijenu ili supstrat i skriva se, možda ju je pojela predatorska vrsta ili je u najgorem slučaju uginula. Zato je između ostalog važno kontinuirano promatranje i monitoring vode jer bi takva uginula jedinka mogla povećati udio amonijaka u vodi što je vrlo štetno za ostale jedinke u akvariju.



Slika 23. Skrivanje soma od svjetlosti iza staklene stijene, foto: Krešimir Kuri

## 5. ZAKLJUČAK

Akvarij je vrlo kompleksan ekosustav. Prilikom izrade takvog sustava bitno je uskladiti biotop i biocenozu na bazi saznanja o određenom području, prilikom čega je nužno koristiti se određenim kriterijima kao što su usklađenost živih organizama, kvaliteta okoliša i živih organizama, njihov raspored u akvariju te optimalan broj jedinki. Nakon što se zadovolje osnovni i ključni uvjeti prije stvaranja vlastitog ekosustava bitno je i da su jedinke koje planiramo imati u akvariju iz povjerljivih izvora. Prilikom nabave i transporta ribe potrebno je voditi brigu u biosigurnosti. Pribor za manipulaciju ribama i bazeni u kojima ju prevozimo moraju biti dezinficirani i čisti. Bitno je i da su uvjeti u vodi tijekom transporta jednaki onima u kojima je riba ranije obitavala kako bi se smanjio šok i izbjegli mogući problemi. Nakon transporta riba, potrebno ih je prilagoditi na novonastale uvjete kroz izolacijsku mjeru odnosno karantenu. Prirodne uvjete za određenu vrstu ribe potrebno je dobro proučiti kako bi ribama omogućili što bolje uvjete u stvorenom ekosustavu. Bitno je voditi računa o parametrima kao što su temperatura vode, pH vrijednost, udio otopljenog kisika u vodi, količina dnevne i noćne svjetlosti i bistrina vode. Isto tako potrebno je saznanje o tome koje su vrste kompatibilne i mogu zajedno funkcionirati. Kod predatorskih vrsta potrebne su vrste za hranu. Riba se ne smiju hraniti previše, dovoljno je hrane oko 1% tjelesne mase ribe. Nikad ne smijemo davati previše hrane, jer ribe pojedu koliko im je dovoljno, a ostatak istrune i zagađuje vodu uslijed čega dolazi do povećanja amonijaka koji je i u malim količinama štetan za ribe. Amonijak u vodi povećava se i zbog uginule jedinke koja nije na vrijeme izvađena iz akvarija ili truljenja lišća. Iz tih je razloga bitno kontinuirano vršiti monitoring vodenih parametara. Ukoliko se i dogodi situacija da se određene vrijednosti u vodi povećaju bitno ih je na vrijeme uočiti i izmjeniti dio vode. Također je bitno voditi računa o tome da su svi ekološki čimbenici koju utječu na biocenozu u optimumu, jer oni djeluju u zavisnosti jedan o drugom. I samo jedan čimbenik u pesimumu može proizvesti velike probleme u funkcioniranju sustava.

## LITERATURA

1. ARDELJAN, A. (2003): Enciklopedija ribolova na rekama i jezerima. Narodna knjiga – Alfa. Beograd, str. 85.
2. ASAJ, A. (2004): Ekološko – higijenska polazišta u šaranskim ribnjačarstvima. Medicinska naklada. Zagreb, str. 8-9.
3. BAILEY, M., N. DAKIN (2002): The aquarium fish. New Holand Publishers. London, str. 23-24.
4. BOGUT, I. I SUR. (2006): Biologija riba. Poljoprivredni fakultet. Osijek, str. 411-413, 418-419, 422, 427-428.
5. ĐORĐEVIĆ, M., M. NESTOROVIĆ (1989): Ilustrovana enciklopedija akvaristike. Građevinska knjiga. Beograd, str.35.
6. FIJAN, N. (2006): Zaštita zdravlja riba. Poljoprivredni fakultet. Osijek, str. 84.
7. JAKŠIĆ, G. (2018): Slatkovodne ribe akvatike, Javna ustanova Akvatika – slatkovodni akvarij Karlovac. Karlovac, str. 18-22.
8. LABUTOV, O. (datum nepoznat): Što je to biotopski akvarij? <http://biotope-aquarium.info/hr/sto-je-to-biotopski-akvarij/>, 23.03.2019.
9. MATONIČKIN, I., Z. PAVLETIĆ (1972): Život naših rijeka. Školska knjiga. Zagreb, str. 27-28.
10. MIHINJAČ, T., I SUR. (2016): Priručnik za edukaciju djelatnika Javne ustanove Aquatika – Slatkovodni akvarij Karlovac. Karlovac, str. 46-47
11. MEDIA - MET (2016): AQUATIKA – SLATKOVODNI AKVARIJ KARLOVAC. <https://aquariumkarlovac.com/projekt/>, 02.02.2019.

