Monitoring fizikalno-kemijskih pokazatelja vode pri akvaponskom uzgoju radiča i salate

Roštan Cahunek, Doroteja

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:269063

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

MONITORING FIZIKALNO-KEMIJSKIH POKAZATELJA VODE PRI AKVAPONSKOM UZGOJU RADIČA I SALATE

DIPLOMSKI RAD

Doroteja Roštan Cahunek

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Ribarstvo i lovstvo

MONITORING FIZIKALNO-KEMIJSKIH POKAZATELJA VODE PRI AKVAPONSKOM UZGOJU RADIČA I SALATE

DIPLOMSKI RAD

Doroteja Roštan Cahunek

Mentor: doc. dr. sc. Daniel Matulić

Zagreb, rujan, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Doroteja Roštan Cahunek**, JMBAG 0012247933, rođena dana 08.01.1991. u Koprivnici, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

MONITORING FIZIKALNO-KEMIJSKIH POKAZATELJA VODE PRI AKVAPONSKOM UZGOJU RADIČA I SALATE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

_____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice Doroteje Roštan Cahunek, JMBAG 0012247933, naslova

MONITORING FIZIKALNO-KEMIJSKIH POKAZATELJA VODE PRI AKVAPONSKOM UZGOJU RADIČA I SALATE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	doc. dr. sc. Daniel Matulić	mentor	_____
2.	doc. dr. sc. Tea Tomljanović	član	_____
3.	doc. dr. sc. Sanja Fabek Uher	član	_____

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Doroteje Roštan Cahunek** naslova

MONITORING FIZIKALNO-KEMIJSKIH POKAZATELJA VODE PRI AKVAPONSKOM UZGOJU RADIČA I SALATE

U istraživanju se provodio monitoring fizikalno-kemijskih pokazatelja vode pri akvaponskom uzgoju dvije sorte salate i radiča uz pomoć ribljih vrsta šaran (*Ciprinus carpio*), klen (*Squalius cephalus*) i smeđi somić (*Ameiurus nebulosus*). Pokus je proveden 2014. g. u ljetnom periodu od svibnja do rujna. Rezultati fizikalno-kemijskih pokazatelja pH, fosfata, nitrita i elektroprovodljivosti bili su izvan granica poželjnih vrijednosti akvaponskog okoliša dok su se ostali pokazatelji kretali u rasponima optimalnih vrijednosti za akvaponski sustav.

Ključne riječi: pokus, rezultati, riblje vrste

Summary

Of the master's thesis – student **Doroteje Roštan Cahunek,** entitled

MONITORING OF PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF WATER IN THE AQUAPONIC CULTIVATION OF LETTUCE AND CHICORY

The study was conducted on monitoring physico-chemical parameters of water in aquaponics cultivation of two varieties of lettuce and chicory supporting by fish species carp (*Cyprinus Carpio*), chub (*Leuciscus cephalus*) and brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*). The results of the physico-chemical parameters of pH, phosphate, nitrite and electro-conductivity were out of favorable value range for aquaponic conditions while all other indicators were in the optimum value range for the aquaponics system.

Keywords: experiment, result, fish species

Sadržaj

1.UVOD 1

2.PREGLED LITERATURE.....2

2.1. Akvakultura..... Error! Bookmark not defined.**2**

2.1. Akvaponski uzgoj..... 3

2.1.1. Komponente akvaponskog sustava 4

2.1. Značajke šarana (*Cyprinus carpio,* Linnaeus 1758.) 6

2.1. Značajke klena (*Squalius cephalus,* Linnaeus 1758.) 6

2.1. Značajke smeđeg somića (*Ameiurus nebulosus,* LeSueur 1819.)..... 7

2.1. Salata (*Lactuca sativa* L.) 8

2.1. Radič (*Cichorium intybus von foliosum* Hagi) 8

3.MATERIJALI I METODE.....9

4.REZULTATI I RASPRAVA 11

4.1. Fiziklno-kemijski parametri vode 11

4.1.1. Kisik i temperatura u vodi..... 11
4.1.2. pH vode 13
4.1.3. Elektroprovodljivost..... 14
4.1.4. Fosfor 14
4.1.5. Nitriti 15
4.1.6. Nitrati 16
4.1.7. Amonijak 16

5.ZAKLJUČCI 18

6.POPIS LITERATURE.....19

Životopis 23

1. UVOD

U današnje vrijeme kada dolazi do sve veće urbanizacije i industrijalizacije dovodi se u pitanje opskrba globalnog stanovništva hranom. Suvremeni način života postavlja brojne zahtjeve povećanjem standarda i kakvoće, kako u pogledu života, tako i u prehrambenim navikama ljudi, a istovremeno utječe opterečujuće i neodgovorno na okoliš što sveukupno predstavlja brojne izazove za gospodarstvo i proizvođače.

Akvaponika je kombinacija uzgoja slatkovodninh riba i biljaka koja ne zahtijeva zemljanu podlogu. Tako osmišljen sustav može biti funkcionalan na balkonima, terasama, krovovima zgrada pa sve do velikih kopnenih površina. Za akvaponiku se može reći da je kombinacija akvakulture i hidropona. Biljke za rast koriste vodu u kojoj borave ribe. Uzgojna voda sadrži otpadne produkte riba, odnosno, amonijak koji ribe pretvaraju u nitrite, zatim u nitrate koje biljka na kraju asimilira. U nekom širem aspektu, akvaponika je ekosustav koji oponaša prirodu i njene biološke procese.

U modernom kontekstu, akvaponika se izdigla iz industrije akvakulture pri pokušaju uzgajivača da istraže metode uzgoja ribe uz istovremeno smanjivanje njene ovisnosti o tlu, vodi i drugim resursima.

Cilj rada je bio utvrditi, kontrolirati i s dostupnom literaturom komparirati rezultate fizikalno-kemijskih pokazatelja vode pri akvaponskom uzgoju radiča (*Cichorium intybus* var. *foliosum* Hegi) i salate (*Lactuca sativa* L.) uz pomoć ribljih vrsta šarana (*Cyprinus carpio*), klena (*Squalius cephalus*) i smeđeg somića (*Ameiurus nebulosus*).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Akvakultura

Prema Bunjevcu (2011.) akvakultura je uzgoj svih vrsta vodenih organizama (ribe, školjke, žabe, rakovi, pijavice, vodeno raslinje i sl.) u kontroliranim uvjetima. Akvakutura označava više aktivnosti u smislu primjene biologije, genetike, ekonomije, tehnologije i ostalih potrebnih znanja. To je skup aktivnosti za uređenje i kontrolu vodene sredine u svrhu proizvodnje životinja i biljaka korisnih čovjeku.

Intenzivan razvoj akvakulturne industrije je popraćen porastom utjecaja na okoliš. Proizvodni proces generira značajne količine onečišćenih otpadnih voda koje sadrže nepojedenu sočnu hranu i izmet. Ispusti iz akvakulture u vodeni okoliš sadrže hranjive tvari, razne organske i anorganske spojeve kao što je amonijak, fosfor, otopljeni organski ugljik i organska materija. Važno načelo intenzivne akvakulture je osigurati dostatne količine visoko hranjivih krmiva kultiviranim životinjama. Međutim, samo 30% dušika dodanog hranom je uklonjeno kroz izlov u intenzivnom uzgoju riba. Preostala količina otopljenog dušika koji se oslobađa u okolinu ovisi o vrsti, sustavu kulture, kakvoći sirovine i upravljanju hranom. Stoga se uspješnost i učinkovitost sustava akvakulture može procijeniti analizom pretvorbe dušika u biomasu ribe. Tijekom biološke degradacije, organski dušik se transformira u amonijak. Pri upravljanju recirkulacijskim sustavom treba paziti da koncentracija amonijaka ne dostigne razinu toksičnosti. (Enduta i sur., 2014.).

Recirkulacijska akvakultura je tehnologija za proizvodnju riba ili drugih akvatičnih organizama ponovnim korištenjem vode. Recirkulacijska tehnologija je bazirana na uporabi mehaničkih, električnih i bioloških komponenti filtracije koje omogućuju pročišćavanje i obradu uzgojne vode te njeno kontinuirano i ponovno korištenje.

Recirkulacijski sustavi su dizajnirani za uzgoj velikih količina ribe u relativno malom volumenu vode tretirajući je navedenim procesima filtracije. Uz očuvanje energije i smanjenje površine kopna potrebne za uzgoj (pri usporedbi s ribnjacima), RAS nudi i prednost u smislu smanjenja potrošnje vode, napredne mogućnosti gospodarenja otpadom i recikliranja hranjivih tvari, bolje higijene i upravljanja bolestima te biološke kontrole onečišćenja (bez prebjega organizama).

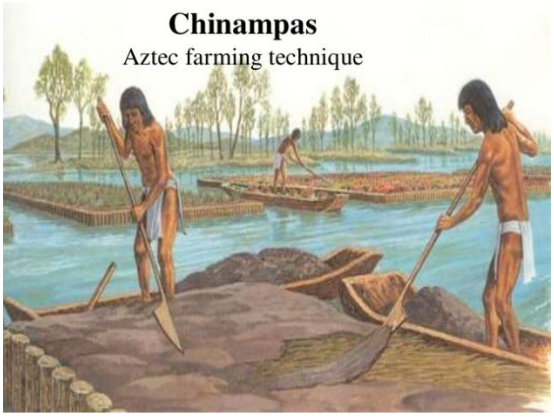
Integrirana mulitrofička akvakultura (IMTA) osigurava da nusproizvodi ulaznog hranjiva (gnojivo, hrana), uključujući i otpad, jedne vrste u uzgoju, posluži kao hranjivo drugoj. Uzgajivači kombiniraju tzv. „hranidbenu akvakulturu“ (uzgoj u kojem je potrebno dodavati hranu) (npr. riba, rakova) s ekstraktivnom akvakulturom, i to anorganskom (npr. alge) i organskom (npr. školjkaši, trpovi) kako bi stvorili ravnotežni sustav za sanaciju okoliša (biomitigacija), ekonomsku stabilnost (poboljšani output, niži troškovi, smanjeni rizik) i društvene prihvatljivosti (bolje prakse upravljanja).

2.2. Akvaponski uzgoj

Prema Diveru (2006.) akvaponika je zatvoreni sustav koji kombinira recirkulirajuću akvakulturu i hidroponski uzgoj. Služi kao model održivih mogućnosti proizvodnje hrane prema sljedećim načelima:

- Otpadni produkti jednog biološkog sustava služe kao hranjiva za sekundarni biološki sustav
- Integracija riba i biljaka rezultira u polikulturi povećanjem raznovrsnosti i prinosa više proizvoda
- Voda se ponovno koristi kroz biološko filtriranje i recirkulaciju
- Lokalna proizvodnja hrane osigurava pristup zdravoj hrani i pojačava lokalno gospodarstvo

Povijest akvaponike seže još iz doba Asteka koji su uzgajali biljke na uzdignutim gredicama, poznatima kao *chinampas* (Slika 2.1.) te ih gnojili sedimentima formiranim od ribljih izlučevina (Jorge i sur., 2011.). Osim Asteka koje spominju Jorge i sur., McMurtry (1988.) navodi kako su stanovnici južne Kine, Tajlanda i Indonezije uzgajali rižu u plićacima uz ribe poput šarana (*Cyprinus sp.*), močvarnih jegulja (*Monopterus sp.*) i riječnih puževa (*Viviparidae*).



Slika 2.1. *Chinampas*, Asteški sistem akvaponike
Izvor: https://www.slideshare.net/bbednars/mesoamerica-41724497

McMurtry (1988.) je proveo istraživanje u kojem je proučavan odnos i prinos recirkulirajućeg sustava kod uzgoja tilapije (*Oreochromis aureus*) i hidroponskog uzgoja raznog povrća na pjeskovitom supstratu u zaštićenom prostoru. Voda je kružila između bazena s ribama i hidropona, pri čemu je supstrat imao ulogu filtera za krute čestice kao što su riblje fekalije i alge, a s druge strane su biljke uklanjale organske tvari koje bi mogle štetiti ribama pri nakupljanju.

Danas se, prema Love i sur., (2014.) komercijalni akvaponski sustavi koriste prvenstveno u zaštićenim prostorima, ali i na otvorenom u područjima gdje je klima pogodna za cjelogodišnju proizvodnju. Pri tome se kombiniraju metode i opreme iz hidroponskih sustava i akvakulturne proizvodnje.

U akvaponskom uzgoju biljaka nema potrebe za navodnjavanjem i prihranom biljaka. Riblje izlučevine služe kao hranjiva biljkama, te na taj način nije potrebno ulagati sredstva u gnojiva. Istovremeno, hidroponski sustav predstavlja biološki filter koji koristi tvari štetne za ribe, a neophodne za rast biljaka, te se na taj način stvara suživot unutar ovakvog sustava. U odnosu na sam hidroponski uzgoj, biljke uzgojene u akvaponima otpornije su na bolesti i štetnike što može biti rezultat prisutnosti pojedinih organskih tvari i mikroorganizama (Turkmen i Guner, 2010.).

2.2.1. Komponente akvaponskog sustava

Kako navode Nelson i Pade (2005.) te Bernstein (2011.) tehnologija proizvodnje biljaka u ovom sustavu je složena zbog istovremenog uzgoja riba i biljaka. U intenzivnoj akvakulturi otpadne vode djeluju toksično na ribe, dok intenzivan hidroponski uzgoj ovisi o nabavi skupih gnojiva (soli) koja se dodaju u vodu. Akvaponi uklanjaju nedostatke ovih sustava jer biljke usvajaju dušik i fosfor, a ribe proizvode hranjive tvari za biljke, dok se njihovi ekskrementi recikliraju. Ovim principom smanjuje se zagađenje vode uzrokovano intenzivnom proizvodnjom riba što je jedan od ograničavajućih faktora prilikom širenja novih ribogojilišta. Ovakav sustav može funkcionirati kao zatvoreni krug, a uz to se i sva voda reciklira (Miljat, 2013.). Prema Rakocyu i sur. (2000.) svi se akvaponski sustavi temelje na principima postojećih akvakulturnih i hidroponskih sustava te njihova veličina, kompleksnost i vrsta uzgajanih biljaka i riba mogu varirati.

Biljke se uzgajaju u bazenima ili „gredicama“ s inertnim supstratima kroz koje cirkulira voda iz bazena s ribama koja je bogata organskim tvarima (produktima uzgoja riba) koje služe za rast biljaka bez dodavanja mineralnih hranjiva te se može smatrati hranjivom otopinom. U ovakvom zatvorenom sustavu sva se voda reciklira, ne koriste se kemijska sredstva, a biljke koje se uzgajaju na ovaj način troše samo 10 % vode koja se inače troši u konvencionalnom načinu uzgoja. Uz to eliminira se i utjecaj tla na uzgoj biljaka jer nema pojave štetočina koje za svoj rast i razvoj trebaju tlo. Kod akvaponskog sustava nema ispuštanja otpadnih voda ili njenog gubitka zbog potrebe za zamjenom (što bi bio slučaj da dođe do preopterećenosti hranjivim tvarima). Voda konstantno cirkulira kroz sustav, a hranjive tvari su uravnotežene, te tako nema štetnosti za organizme u akvakulturnom sustavu, a s druge strane ta su hranjiva poželjna za biljke. Jedini gubitak vode je uslijed transpiracije biljaka te je potrebno održavati konstantnu razinu hranjive otopine dodavanjem vode (Bernstein, 2011).

U ovakvom integriranom sustavu biljaka i riba naročito su važne bakterije, bez kojih akvaponski sustav ne bi mogao funkcionirati. Njihova funkcija je pretvaranje amonijaka u nitrite, a zatim u nitrate, što predstavlja izvor hranjivih tvari za biljke. Nakon što biljke usvoje nitrate pročišćena otopina se vraća ribama (Nelson i Pade, 2005.). Kako navodi Miljat (2013.), akvaponski uzgoj se najčešće temelji na nekoliko podsustava:

- Uzgojni bazeni za rast i razmnožavanje riba;
- Sustav za uklanjanje nepojedene hrane;

- Biofiltar gdje rastu nitrifikacijske bakterije koje okisdiraju amonijak u nitrite i nitrate;
- Hidroponski podsustav za uzgoj bilja;
- Najniži dio sustava gdje se voda nakuplja i vraća natrag u uzgojni bazen.

Prednosti ovakvih sustava su mnogobrojne: od zaštite okoliša zbog recikliranja vode, preko organske ishrane biljaka i uklanjanja otpadnih tvari iz vode, pa do smanjenja potreba za zemljištem za proizvodnju povrtnih kultura i na kraju do redukcije patogena u akvakulturnoj proizvodnji (Miljat, 2013.).

Akvaponskim sustavom se najčešće uzgaja lisnato povrće te začinsko i aromatično bilje zbog brzog rasta i razvoja, manjeg vegetacijskog prostora, srednje potrebe za hranjivim te prilagodljivosti (Diver 2006.). Za uzgoj lisnatog povrća, najpogodniji je plutajući hidropon. Taj sustav podrazumijeva uzgoj biljaka u aeriranoj hranjivoj otopini u bazenima dubine 20 do 25 cm. Biljke se nalaze u polistirenskim kontejnerima ili pločama koje plutaju zbog male volumne mase polistirena, a hranjiva otopina se kapilarno diže kroz otvore lončića kontejnera ili proreza ploča do supstrata u njima, odnosno do korijena biljke (Borošić i sur., 2011.). Hranjiva otopina mora sadržavati optimalne količine makro i mikro hranjiva s obzirom na potrebe uzgajane kulture i mora biti dobro aerirana. Na taj način postiže se glavna prednost ovog sustava uzgoja, a to je konstantna pristupačnost vode, hranjiva i kisika korijenu tijekom svih faza rasta i razvoja biljaka (Benko i Fabek, 2011.). Kako navodi Tidwell (2012.), od akvatičnih organizama koje se koriste u akvaponskom uzgoju najčešće su slatkovodne ribe. Vodeća vrsta u svijetu je tilapija (*Oreochromi saureus*). Uz nju, u proizvodnji su prisutni somovi, grgeči, pastrve, šarani i ostale vrste koje podnose intenzivan uzgoj i višu razinu otopljenih soli. Prema Wilsonu (2005.) na svaki kilogram ribe proizvede se sedam kilograma biljne biomase.

Jedan od ključnih dijelova akvapnskog sustava je biofilter jer sadrži najvažnije organizme, a to su bakterije. Bakterije rodova *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* su te koje povezuju akvakulturu i hidroponiju u jednu cijelinu. One provode biološke procese pretvorbe amonijaka (NH_3) preko nitrita (NO_2^-) u nitrate (NO_3^-) - nitrifikacija (Cacchione, 2007.). Nitrifikacijom se 93 do 96 % ribljeg otpada pretvara u nitrate (Prinsloo i sur., 1999.). S obzirom na to da je vrlo važno postići potpunu pretvorbu amonijaka u nitrate, većina akvaponskih sustava sadrži biofilter koji olakšava rast nitrifikatora. Oni sadrže pijesak, šljunak ili različiti plastični materijal i spužve, a njihova je uloga osigurati veliku površinu za tvorbu bakterijskih biofilmova (Turkmen i Guner, 2010). U akvaponskom uzgoju važan čimbenik kvalitete vode je i pH vrijednost, koja može utjecati na nitrifikacijske bakterije u filterima. Za vodene organizme optimalna vrijednost pH iznosi između 6,5 i 8,5 (Timmons i sur., 2002.), dok je optimalna pH za biljke 5,0 do 7,6 (Maynard i Hochmuth, 1997.). Rakocy i sur. (1997.) navode pH vrijednost 7 kao optimalnu u u akvaponskom sustavu budući da niže vrijednosti smanjuju efikasnost nitritifikacije, dok više vrijednosti smanjuju topivost hranjiva.

2.3. Značajke šarana (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758.)

Kako navodi Marković (2010.) *Cyprinidae* (šarani) najveća su porodica slatkovodnih vrsta riba u svijetu. Čine preko 8% svih opisanih vrsta riba. Od ukupne proizvodnje ciprinida u svijetu, proizvodnja šarana čini 18%. U našim vodama živi samo običan šaran (Bogur i sur., 2006.). Kako navodi Bojčić (1982.) među slatkovodnim ribama, šaran ima najdužu povijest uzgoja. Dužina mu može premašiti 1 m, a masa 30kg. Živi u nizinskim slatkim vodama kao omnivor (svejed ili svežder). Primarna hrana su mu bentosni organizmi, no hrani se i planktonom, biljem, pa čak i sitnijom ribom. Mrijesti se od travnja do lipnja. (Treer i sur., 1995.). Stanovnik je mirnih voda, ne zazire od srednjeg dijela rijeke. Može živjeti u vodama siromašnim kisikom, te dobro podnosi velike temperature (Tesa, 2001.). Tijekom zimskog perioda zapada u letargiju, a već s prvim zatopljenjem kreće u potragu za hranom pretražujući dno (Ferran, 2000.).

Slavinić (2013.) navodi da boja šarana varira ovisno o mjestu prebivališta. U bistrim vodama od pijeska i šljunka, šaran ima srebrnastožućkastu boju sa izrazito crvenim prelivom peraja. Dvilji šaran je riba krasna, uska, vretenasta tijela prekrivena zlatnožutim ljuskama. Ribnjački ljuskavi šaran također je prekriven zlatnožutim ljuskama, ali je zbijenija tijela i istaknutijeg hrpta. Veleljuskavi šaran jednake je građe tijela, ali krupne ljuske protežu mu se samo po bokovima. Maloljuskavi šaran (špigler) iste je građe, a ljuske su mu povezane po hrptu i ima skupinu ljusaka na repu. Takve je građe tijela i goli šaran, ali je on potpuno bez ljusaka.



Slika 2.2. Šaran (*Cyprinus carpio*)
Izvor: http://ribnjak-jovanovic.com/proizvodi/saran.html

2.4. Značajke klena (*Squalius cephalus*, Linnaeus 1758.)

Kao i šaran, klen spada u porodicu šaranki (*Cypriniformes*) (Bojčić i sur., 1982.). Ima snažno i vretenasto tijelo. Njuška je kratka, ljuske prilično velike, s tamnim ukrasima kod odraslih primjeraka. Podrepna peraja je obično izbočena. Može narasti do oko 50 cm dužine i težiti do 4 kg i više. Srebrne su boje, ali promjenjive. U tekućim i bistrim vodama plavkast je na leđima, a bijele boje na trbuhu. U jezerima i barama bogato obraslim podvodnim raslinjem leđa su jako tamna, a bokovi i trbuh žućkasti. Rep je blago račvast. Klen se najčešće zadržava na površini vode u brzim plićacima gdje na površini hvata mušice i kukce, ali voli i spore jazove i zarasle skrovite rječice (Ferran, 2000.).

Zahvaljujući okruglu izduženu tijelu klen brzo pliva pa plijen napada brzo i silovito. To je oprezna riba koja živi u jatu, dok veći primjerci samuju. Mrijesti se u svibnju i lipnju.

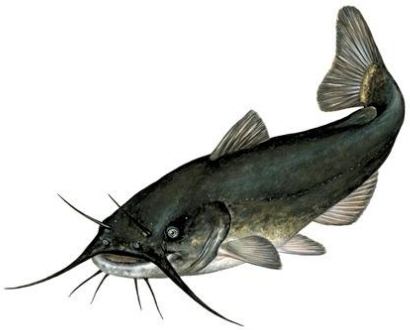
Nastanjuje otvorene, ali i zatvorene vode širom Europe. Zalazi i u gornje „pastrvske“ regije rijeka i potoka. No treba ga najviše tražiti u nizinskim, šaranskim dijelovima rijeka te potocima i manjim rječicama do „mrenskog“ dijela. Zimi je u dubljim dijelovima rijeke, odnosno oko podvodnih prepreka, a u toplijem dijelu godine oko brzaka, na preljevima iz dubine u pličinu (Slavinić, 2013.).



Slika 3.3. Klen (*Squalius cephalus*)
Izvor: https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/102136

2.5. Značajke smeđeg somića (*Ameiurus nebulosus*, LeSueur 1819.)

Predstavnik porodice *Ameiuridae* je američki som. Uvezen je iz Sjeverne Amerike 80-ih godina 19. stoljeća (Bunjevac, 2011.) Na tijelu nemaju ljusaka. Iza leđne peraje imaju masnu peraju. Oko usta imaju 8 brčića. Ova porodica je u Sjevernoj Americi zastupljena sa četiri roda. Za akvakulturu su u svijetu važne četiri porodice: euroazijski pravi somovi (Siluridae), sjevernoamerički somovi (Ictaluridae), afrički somovi (Clariidae) i indokineski somovi (Schilbenidae). Među sjevernoameričkim somovima najznačajniji je rod Ictalurus (Fijan i sur. 1989). Kod nas žive dva roda, unijeta iz voda SAD, rod *Ameiurus* i rod *Ictalurus.* U rod *Ameiurus* spadaju dvije vrste, američki somić (*Ameiurus nebulosus*) i kanalni som (*Ictalurus punctatus).* Smeđi somić naraste obično do 33 cm, rijetko više, maksimalno do 45cm i 2kg. Mrijesti se u plitkoj vodi, pri temperaturi od 18 do 20° C, u lipnju i srpnju. Plodnost je od 500 do 5000 jaja. Odlažu se u gnijezdo, koje izrađuju i mužjak i ženka, i koje ima izgled jamice pod korijenjem biljaka ili na drugom skrovitom mrijestu. I mužjak i ženka čuvaju jaja i mlade. Hrane se različitim vodenim beskralješnjacima i sitni ribama. (Bojčić i sur., 1982.)



Slika 3.4. Smeđi somić (*Ameiurus nebulosus*)
Izvor: http://scandposters.com/shop/ameiurus-nebulosus-11667p.html

2.6. Salata (Lactuca sativa L.)

Prema Lešić i sur. (2004.) salata spada u porodicu glavočika (*Asteraceae*). Dijeli se na dvije potporodice: *Asteroideae* i *Cichoriodeae.* Zbog kratke vegetacije i malih potreba za toplinom uzgaja se na otvorenom i u zaštićenim prostorima pa je prisutna na tržištu tijekom cijele godine. Salata je jednogodišnja biljka. Od sjetve do berbe potrebno joj je 10 do 14 tjedana. Prevladava samooplodnja, ali moguća je stranooplodnja jer je posjećuju kukci. Salata je biljka blage klime. Za vegetativnu fazu razvoja, rozetu ili glavicu, što je glavni cilj uzgoja, optimalne su temperature od 12 do 20 °C. Minimalne su temperature klijanja od 2 do 5 °C, a optimalne 15 do 20 °C, kada salata niče već za 3 do 5 dana. Mlada biljka salate može podnijeti niske temperature do -5 °C, a dobro ukorijenjene biljke sa 5 do 7 listova ozimih kultivara mogu podnijeti kontinentalnu zimu. Međutim, što je salata bliže tehnološkoj zrelosti, osjetljivija je na niske temperature. Budući da salata ima kratku vegetaciju, često se uzgaja kao međukultura, a moguća su dva i tri usjeva u istoj godini (Lešić i sur., 2004.).

2.7. Radič (Cichorium intybus var. foliosum Hegi)

Prema Lešić i sur. (2004.) divlji radič, *Cichorium intibus* var. *Silvester* Vis., proširen je po livadnoj flori cijele Europe, Sjeverne Afrike i Azije sve do Sibira. U srednjem vijeku od divljeg radiča nastala je u Europi kulturna biljka cikorija, *Cichorium intibus* var. *sativum* D.C., koja se uzgaja prevnstveno zbog zadebljalog korijena, a koristio se kao krmna biljka i kasnije za sušenje i pripremu kavovina. Drugi varijetet nastao od divljeg radiča jest *Cichorium intybus* var. *foliosum*, koji ima kraći i nepravilan manje zadebljali korijen, a uzgaja se zbog rozete lišća različitog oblik i boje, a neki tipovi tvore veću ili manju glavicu. U vegetativnoj fazi stabljika mu je skraćena , a na njoj se formira rozeta vrlo različitog lišća. Budući da cvjetove dosta posjećuju kukci, moguća je stranooplodnja između varijeteta, kultivara i samoniklog radiča. Optimalna temperatura nicanja radiča je 20 °C pri kojoj nicanje nastupa za 5 do 6 dana, a optimalna temperatura za vegetativni rast kreće se između 15 i 18 °C dok je minimalna temperatura rasta 6 do 8 °C. Ovisno o tipu i kultivaru, radič može podnijeti niske temperature od -3 do -5 °C, a korijen i vegetacijski vrh nekih tipova mogu podnijeti i kontinentalnu zimu te na proljeće razviti novu rozetu lišća (Lešić i sur., 2004.)

3. MATERIJALI I METODE

Akvaponski pokus je proveden u ljetnim mjesecima 2014. godine na Zavodu za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i specijalnu zoologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Istraživanje je trajalo od 21. svibnja do 08. rujna.

U akvaponu je otopina, pomoću recirkulirajućih pumpi, kružila između bazena s ribama (akvakulturna jedinice) i bazena s biljkama (hidroponske jedinice), a sva biljkama dostupna hranjiva potjecala su od ribljih ekskremenata. U bazenima s ribama uzgajani su šaran (Cyprinus carpio), smeđi somić (Ameiurus nebulosus) i klen (Squalius cephalus).

Hidroponske jedinice sastojale su se od bazena dimenzija 2 m×1,2 m×0,25 m, pumpe za aeraciju hranjive otopine i plutajućih polistirenskih ploča. U plutajućem hidroponu korištena je standardna hranjiva otopina (Tessi, 2002) koja tijekom vegetacije nije korigirana.

U akvaponu i plutajućem hidroponu zgajane su dvije sorte radiča ('Tržaški salatnik' i 'Palla Rossa') i salate ('Vegorka' i 'Great Lakes').

Uz pomoć spektrofotometra C100 Multiparameter Hanna Instruments (Slika 3.1.) mjerena je zastupljenost fosfata, nitrata, nitrita i amonijaka izražen u miligramima po litri (mgl^{-1}). Ovisno o elementu, zastupljenost u vodi se mjerila u dva ili tri oblika. Nitriti su mjereni u ionskom obliku (NO_2), kao nitritni dušik (NO_2^- N) i kao natrijev nitrit ($NaNO_2$). Nitrati su mjereni u dva oblika, ionski (NO_3^-) te kao nitratni dušik (NO_3^- N). Fosfor se pojavljivao u ionskom obliku (PO_4^{3-}) i kao fosforov pentokisd (P_2O_5). Amonijak je mjeren kao ionski oblik (NH_4^+), neionski i (NH_3) i amonijev dušik (NH_3 – N).



Slika 3.1. C100 Multiparameter Hanna Instruments
Izvor: https://www.pinterest.co.uk/pin/30328997468828368/

Za utvrđivanje koncentracije otopljenog kisika u mg l^{-1}, zasićenosti kisikom u %, temperature u °C, provodljivosti u µS cm^{-1} i pH, korišten je multiparametarski mjerni instrument Edge Hanna Instruments (Slika 3.2.), a koristile su se tri pripadajuće sonde.



Slika 3.2. Edge Hanna Instruments
Izvor: http://hannainst.com/edge-ph.html

Sveukupno je bilo 8 šarana, 30 klenova i 50 somića raspoređenih u 6 pokusnih bazena koji su se nalazili u podrumskoj prostoriji zavoda. Klenovi su bili prosječne dužine od 6 do 8 cm. Somići su bili prosječne dužine od 10 do 15 cm, a šarani su bili dugački 15 do 20 cm. Tijekom početne faze pokusa došlo je do mortaliteta nekoliko jedinki somića i šarana što je vjerojatno izazvano stresom prilikom prilagodbe na novonastale uvjete, uzorkovanjem te manipulacijom.

Uz uzgojne bazene se nalazio i inicijalni bazen u koji se upuštala vodovodna voda prethodno kondicionirana preparatom Tetra Aquasafe u omjeru 20/1/l. Tetra Aquasafe je preparat koji služi za pročišćavanje vode iz slavine, odnosno prilagođavanju vode ribama. Svakodnevno je provođena tehničko-tehnološka kontrola cjelokupnog sustava. Svaki treći dan se provodilo čišćenje akvarija manualnim pipetiranjem te hranidba riba. Ribe su hranjene hranidbenom smjesom, odnosno sporotonućim peletama u različitim količinama, ovisno od broja jedinki i njihove veličine. Uz čišćenje i hranidbu provodila se i fizikalno-kemijska analiza vode.

Uzorak vode za ispitivanja se uzimao Erlenmeyerovom tikvicom iz centralnog bazena prije nadopune vode. Nakon uzorkovanja, daljnje ispitivanje je provedeno u laboratoriju Zavoda uz detaljno opisane korake za svaki pojedini parametar. Iz uzorka su dobiveni rezultati o koncentraciji fosfata, nitrita, nitrata i amonijaka. Ispitivanje koncentracije otopljenog kisika, temperature, zasićenosti kisikom, pH i provodljivosti određivalo se multiparametarskim mjernim instrumentom iz cjelokupne zapremnine inicijalnog bazena.

Svako kemijsko ispitivanje vode zahtijevalo je korištenje posebnog reagensa za svaki pojedini parametar koji se miješao sa uzorkovanom vodom. Uzorak s vodom i reagensom se analizirao u navedenom spektrofotometru. Nakon određenog vremena rezultati su se prikazali na zaslonu te očitavali. Dobivene vrijednosti su zapisivane u tablicu.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Analizirana su ukupno 24 uzorka vode. Napravljen je izračun srednjih vrijednosti za pojedini fizikalno-kemijski pokazatelj.

4.1. Fizikalno-kemijski parametri vode

Voda za ribe nije samo prostor koji nastanjuju, već ribe o njoj u potpunosti ovise. One u vodi stalno borave, hrane se, dišu i razmnožavaju. Plinovi te produkti metabolizma izlučuju se u vodu, transformiraju i ulaze u kruženje tvari u prirodi, dok se dio ponovno vraća ribama. Fizičke osobine mogu određivati kvalitetu vode, a time i intenzitet proizvodnje (Marković, 2010.) Glavni fizikalno-kemijski čimbenici vode uspješnog akvaponskog sustava su optimalna količina otopljenog kisika, prikladna temperatura, optimalan raspon pH, potrebna količina hranjivih tvari za biljku, uz redovito ispitivanje te vođenje evidencije istih (Azada i sur., 2016.).

Dinamika mase i energije koja je uključena u sustav akvakulture je složena jer bakterije, alge i ribe rastu zajedno. Transformacija elemenata koje provode autotrofni i heterotrofni organizmi mijenja fizikalni, kemijski i biološki sastav vode. Temperatura i pH temeljni su za organizme koji žive u vodi jer su usko povezani i o njima ovisi brzina biokemijskih procesa (Alatorre-Jácome, 2011.).

4.1.1. Kisik i temperatura u vodi

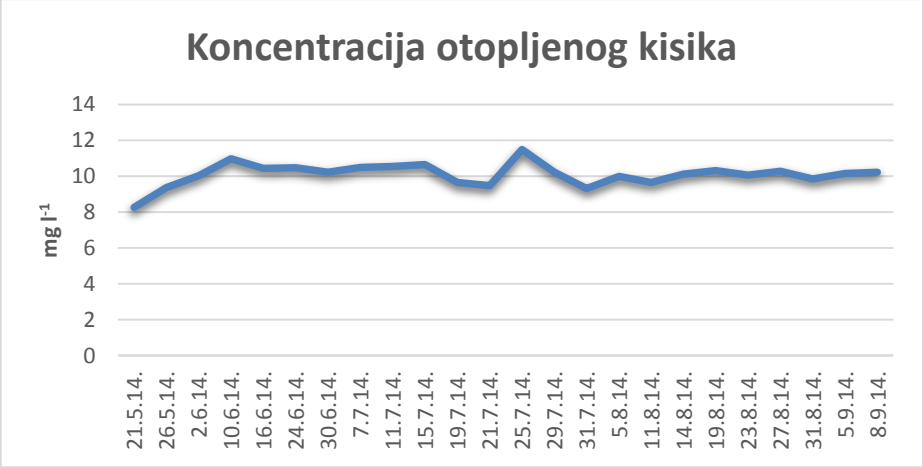
U praksi većina riba u akvakulturi zahtjeva koncentraciju od 4-5 mgl^{-1} kisika. Veća gustoća jedinki po jedinici površine zahtjeva znatno više kisika. No treba paziti kod dodavanja da se ne ometa kretanje ribe. Jasan znak da nedostaje kisik je kada ribe zijevaju na površini vode, tzv. pušenje riba. Takvo ponašanje riba je alarmantno i potrebno je brzo reagirati (FAO, 2014.). Krebsov ciklus i lanac transporta elektrona glavni su putovi za proizvodnju energije većine organizama, uključujući i ribe. Ipak, veća je vjerojatnost da će ograničeni za kisik biti vodeni organizmi, nego oni na kopnu (Kramer, 1987.). Otopljeni kisik je masa molekula kisika otopljenih u volumenu vode. Kisik u vodu ulazi iz atmosfere, a nastaje i procesom fotosinteze vodenih algi i viših biljaka. Pri normalnim uvjetima u vodi se nalazi 25 x manje kisika nego u atmosferi. Topljivost kisika u vodi vezana je uz temperaturu. Više kisika otopit će se u hladnoj vodi nego u toploj, (npr. kod 25 °C topljivost kisika u vodi je 8,3 mg l^{-1}, a kod 4 °C topljivost je 13,1 mg l^{-1}). Zasićenost kisikom je relativna mjera koja pokazuje postotak kisika otopljenog u vodi u odnosu na normalnu topljivost pri određenoj temperaturi. Zasićenost ispod 80% ukazuje na povećanu potrošnju kisika (Antal i Istvan, 1974.).

Budući da disanje podrazumijeva ispuštanje ugljičnog dioksida i potrošnju energije, poremećena ravnoteža plinova može biti opasna za ribu. Ako je izlaganje visokim temperaturama jako dugo, počinje se raspadati struktura proteina što uzrokuje smrt ribe (Alatorre-Jácome, 2011.). Smanjenjem temperature vode smanjuje se i interes za hranom

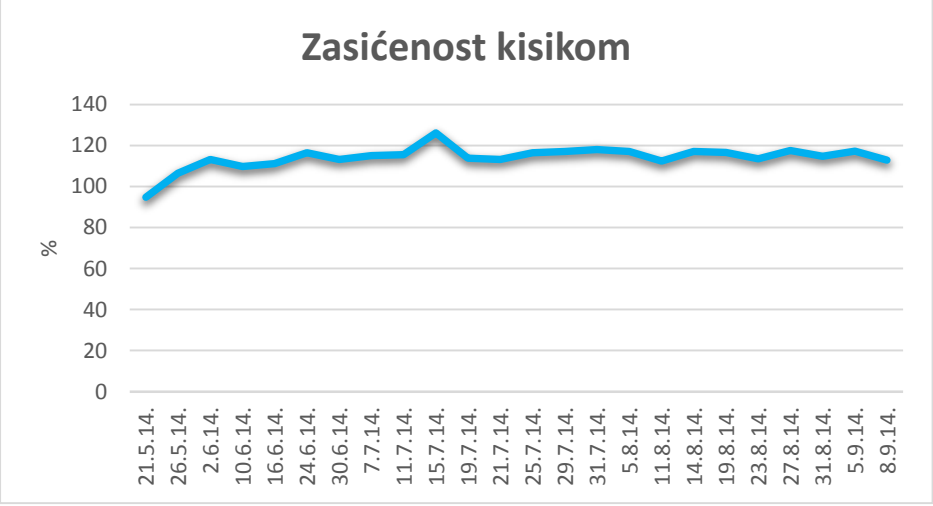
kod riba, a tu je potrebno obratiti pažnju na neiskorištenu hranu, odnosno, na njezino raspadanje. Potrošnja kisika, odnosno metabolizma ciprinida dvostruko je intenzivnija na 30 ^{o}C u odnosu na 20 ^{o}C (Marković, 2010.). Optimalna temperatura za nitrificirajuće bakterije iznosi od 17 do 34 ^{o}C, pri toj temperaturi one rastu i produktivne su. Padne li temperatura, produktivnost bakterija će se smanjiti. Skupina *Nitrobacter* je manje tolerantna na niže temperature od *Nitrosomonas* te se kod hladnijih razdoblja treba više posvetiti njihovu praćenju da bi se izbjegle štete (FAO, 2014.).

Prosječna vrijednost temperature u istraživanju iznosila je između 20 i 22 ^{o}C što odgovara prosječnim temperaturama za uzgoj korištenih riba te za normalnu funkciju nitrificirajućih bakterija.

Količina otopljenog kisika je u početku bila nešto niža (8,27) no dodavanjem sve većeg broja riba ona se povećavala i stabilizirala između 9 i 11 mg l^{-1} (Slika 4.1.). Taj rezultat nam govori da je topljivost kisika bila u skladu s temperaturom vode. Prosječna zasićenost kisikom iznosila je 114,12 %, što ukazuje da tijekom ispitivanog perioda nije došlo do povećane potrošnje kisika koja bi ugrozila uzgoj (Slika 4.2.).



Slika 4.1. Grafički prikaz koncentracije otopljenog kisika u vodi (mg l^{-1})

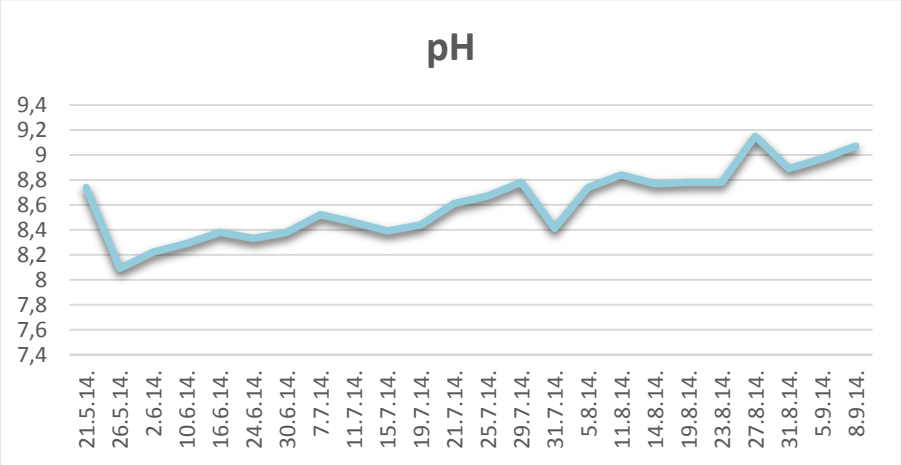


Slika 4.2. Grafički prikaz zasićenosti vode kisikom (%)

4.1.2. pH vode

Mjera koja ukazuje na kiselost ili bazičnost medija poznata je kao pH. Vrijednosti pH se kreću između 0 i 14. Voda se smatra kiselom kada je pH ispod 7, a bazičnom kada je iznad 7. Ribe i drugi kralješnjaci imaju prosječnu pH organizma 7,4. Krv ribe dolazi u bliski kontakt s vodom jer ona prolazi kroz šupljine krvnih žila i kožu. Stoga bi poželjan raspon pH za vodu okoliša bio približno jednak pH krvi ribe (između 7 i 8). Ako pH padne ispod 5 dolazi do stresa kod riba pa i do mogućeg mortaliteta ili ako raste iznad 10 (Wurts i sur., 1992.).

Riba može tolerirati poprilično širok raspon pH vrijednosti, ali optimalan je raspon od 6,5 do 8,5, dok nitrificirajuće bakterije adekvatno funkcioniraju kroz pH raspona 6 – 8,5. Kao „kompromis“ unutar akvaponskog ekosustava najčešće optimalan pH je od 6 do 7, ovisno o biljnoj i ribljoj vrsti u sustavu. Značajne promjene pH u kratkom vremenskom periodu (promjene od 0,3 u razdoblju od 12-24 sata) mogu biti problematične ili čak smrtonosne za ribu. Stoga je važno da pH bude što stabilniji. Preporučuje se puferiranje s karbonatom kako bi se spriječila pojava velikih oscilacija pH vrijednosti (FAO, 2014.). Optimalni pH za pretvorbu NH_4^+ u nitrite (NO_2^-) je između 5,8 i 8,5 (Enduta i sur., 2011.).



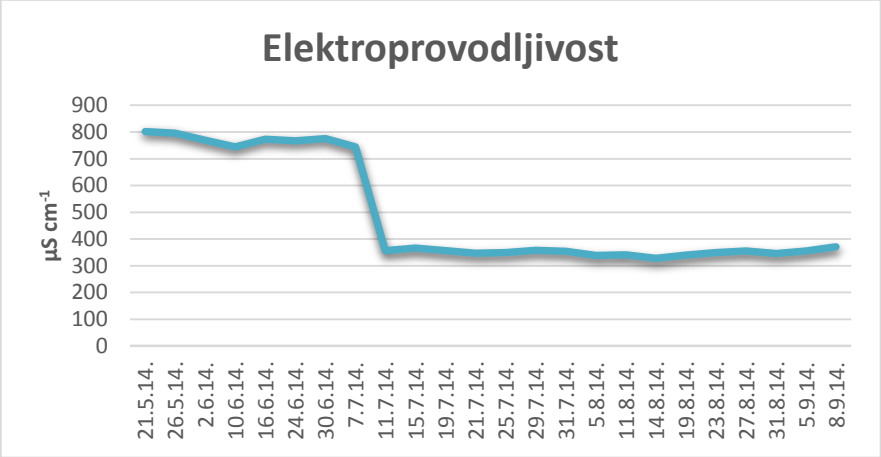
Slika 4.3. Grafički prikaz pH vrijednosti vode

Kroz razdoblje istraživanja variranja pH su bila od 8,09 do 9,15 (Slika 4.3.) s prosječnom vrijednosti 8,61. Dobiveni rezultat ukazuje na to da je voda cijelo vrijeme bila bazična (lužnata), odnosno da prevladavaju OH^- ioni. Dobiveni rezultat također ukazuje na povećani pH u određenim vremenskim razdobljima što ometa normalan rad nitrificirajućih bakterija. Kod prvog mjerenja, kada su bili prisutni samo klenovi, pH je iznosila 8,74, a dolaskom šarana i somića pala je na 8,09. Nakon toga se postepeno podizala sve do 9,15, što je i najveća zabilježena vrijednost.

4.1.3. Elektroprovodljivost

Elektroprovodljivost je mjerenje koncentracije hranjivih tvari u vodi (Hancock, 2012.). Maksimalna vrijednost elektroprovodljivosti u akvaponskom sustavu iznosi 1300 µS cm^{-1}, te pri toj vrijednosti ne dolazi do smanjena prinosa, dok svaki daljnji porast vrijednosti za 100 µS cm^{-1} dovodi do smanjenja prinosa za 13 % (Maynard i Hochmuth, 1997.).

Elektroprovodljivost uzorkovane vode je značajno varirala, od 328 µS cm^{-1} do 802 µS cm^{-1}. U samom početku njezine vrijednosti su bile iznad 750 µS cm^{-1}, a nakon 8. mjerenja (07.07.2014.) elektroprovodljivost se smanjila gotovo dvostruko, te se do kraja pokusa kretala oko 350 µS cm^{-1} (Slika 4.4.).



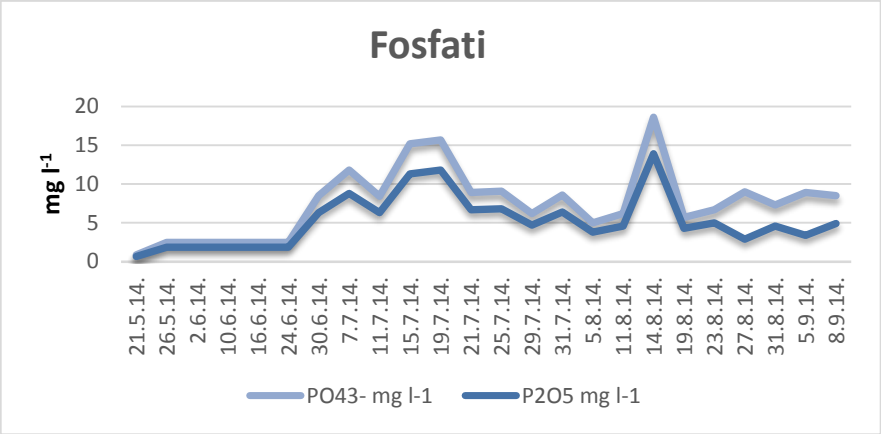
Slika 4.4. Grafički prikaz vrijednosti elektroprovodljivosti uzorkovane vode

Dobivene vrijednosti elektroprovodljivosti u µS cm^{-1} ukazuju da ona nije prelazila maksimalnu vrijednost, no imala je značajan pad. Kod povećane elektroprovodljivosti (iznad 1300 µS cm^{-1}) dolazi do smanjenja prinosa, što u našem pokusu nije slučaj.

4.1.4. Fosfor

Od ukupnog izlučenog fosfora, 50 do 80% izlučuje se putem izmeta riba. Oblik u kojem ribe izlučuju fosfor izravno utječe na povećanje primarne proizvodnje, te može dovesti do eutrofikacije. Fosfor sastavljen od organskog fosfora i PO_4^{3-} izravno utječe na kakvoću vode, dok se čestični oblik taloži na dno i akumulira u sedimente (Katavić, 2006.). Optimalna koncentracija fosfora u akvaponskom sustavu je između 10 i 20 mg l^{-1} (Fiedruch i Vignarolij, 2015.)

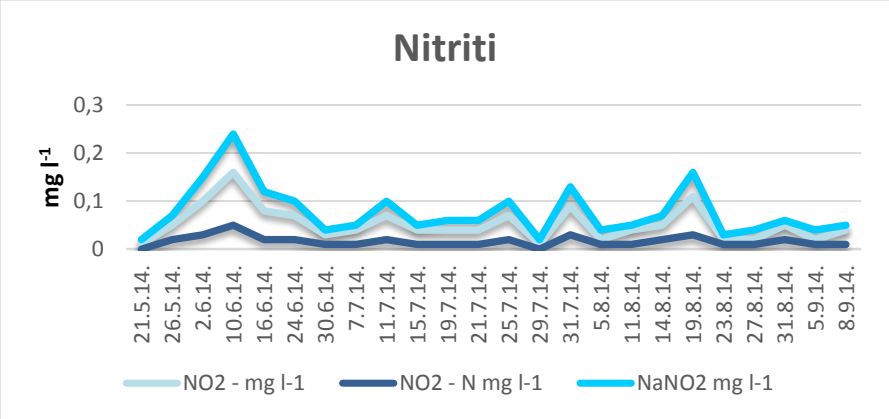
Mjerenje fosfata bilo je u dva oblika, ionski (PO_4^{3-}) i fosforov pentoksid (P_2O_5). Ionski oblik je zabilježen u rasponu od 0,87 pa do 18,6 mg l^{-1}, a fosforov pentoksid od 0,65 do 13,9 mg l^{-1}. Obzirom na dobivene rezultate oba oblika fosfora su u većini mjerenja bila ispod optimalne razine, tek povremeno je rezultat bio u okvirima optimuma (Slika 4.5.).



Slika 4.5. Grafički prikaz razine fosfata u vodi

4.1.5. Nitriti

Iako je nitritni oblik dušika (NO_2^-N) znatno manje štetan od amonijskog (NH_3^-N), može biti važniji u pogledu toksičnosti kod intenzivnih recirkulacijskih sustava u akvakulturi jer se akumulira u recirkulacijskoj vodi kao rezultat nepotpune bakterijske oksidacije (Enduta i sur., 2011.). Amonijak i nitriti su izuzetno toksični za ribe, ponekad se nazivaju „nevidljivi ubojice“. Amonijak i nitriti se smatraju toksičnima iznad razine od 1 mg l^{-1}, iako bilo kakva prisutnost tih spojeva pridonosi stresu ribe i šteti za zdravlje. Biofilter je u cijelosti odgovoran za pretvaranje tih toksičnih kemikalija u manje toksične oblike. Svaka prisutnost koja se može detektirati pokazuje da je sustav neuravnotežen s nedovoljnim biofilterima ili da postojeći biofilteri ne funkcioniraju ispravno (FAO, 2014.).



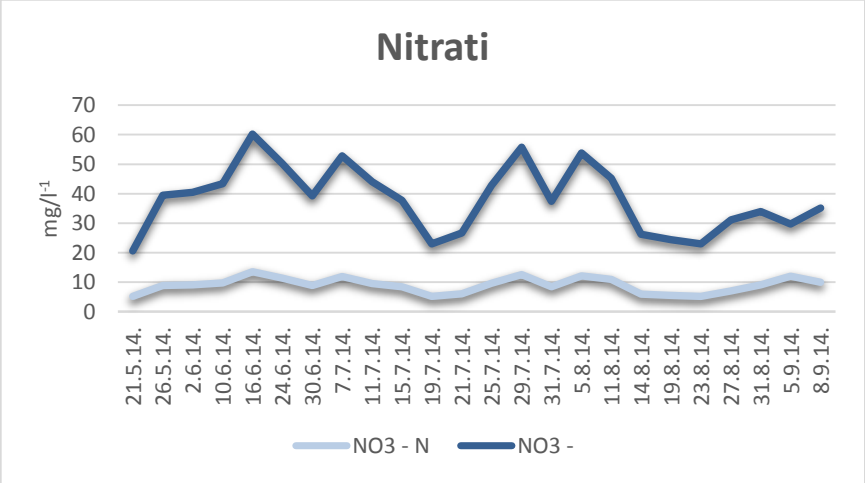
Slika 4.6. Grafički prikaz nitrita u vodi

Kroz grafički prikaz (Slika 4.6.) vidljive su izmjerene vrijednosti nitrita tijekom istraživanja. Ionski oblik (NO_2) nitrita je zabilježen sa najvećom vrijednosti od 0,16 mgl^{-1}, a najmanjom 0,01 mgl^{-1}. Nitritni dušik (NO_2^-N) kod prvog mjerenja nije zabilježen, a najveća vrijednost iznosila je 0,05 mg l^{-1}. Natrijev nitrit ($NaNO_2$) bio je u rasponu od 0,02 do 0,24 mg l^1. Dobiveni rezultati sva tri oblika nitrita ukazuju na to da niti jednom njihova razina nije premašila onu optimalnu (1 mg l^{-1}).

4.1.6. Nitrati

Preporučena koncentracija NO_3^-N ne smije prelaziti 50 mg l^{-1} u vodama koje se koriste za uzgoj riba i školjaka, budući da visoka koncentracija nitrata rezultira cvjetanjem algi, što s vremenom može dovesti do snižavanja pH (Enduta i sur., 2011.). Za razliku od amonijaka i nitrita, nitrati su znatno manje toksični te većina vrsta može tolerirati razine od oko 400 mg l^{-1} (FAO, 2014.).

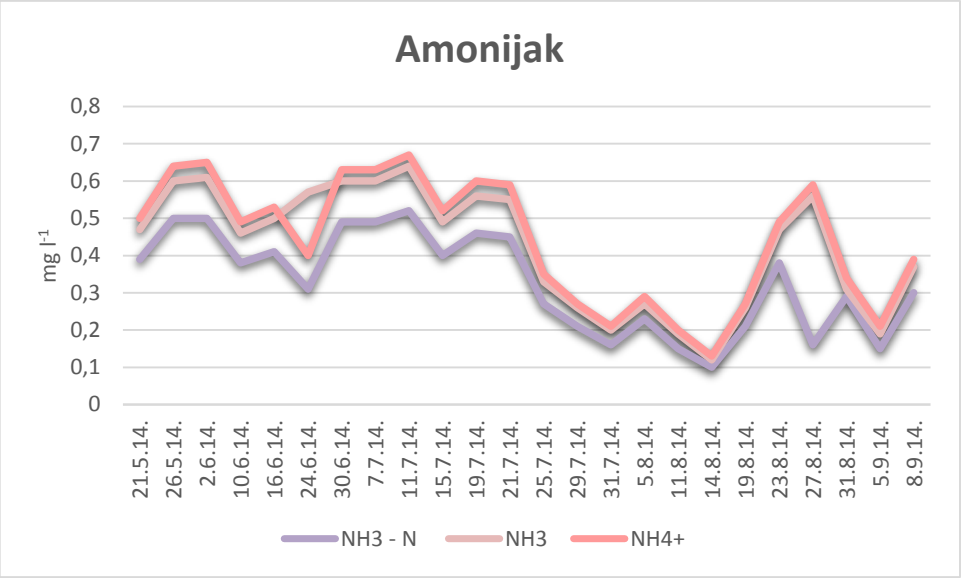
Dobivene vrijednosti su prikazane grafički (Slika 4.7.). Mjerena su dva oblika nitrita, ionski (NO_3^-) i nitratni dušik (NO_3^-N). Ionski oblik se kretao od 20,6 mg l^{-1} do 60,15 mg l^{-1}. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se količina ionskih nitrata nije kretala u okvirima optimuma, već je u nekoliko mjerenja bila iznad 50 mg l^{-1}. Nitratni dušik bio je u rasponu od 5,2 do 13,6 mg l^{-1}.



Slika 4.7. Grafički prikaz nitrata u vodi

4.1.7. Amonijak

Amonijak (NH_4) je jedan od glavnih izvora anorganskog dušika. Može se asimilirati mikroorganizmima i pretvoriti u organsku tvar ili se može ukloniti iz vode kroz postupak nitritifikacije. U prirodnim vodama amonijak se prilično brzo pretvara do nitrita i dalje do nitrata uz pomoć aerobnih bakterija iz rodova *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* u procesu koji se naziva nitrifikacija. Kako bi se nitrifikacija olakšala poželjno je kontinuirano prozračivanje sustava (Enduta i sur., 2011.). Amonijak je otrovniji u toplim bazičnim uvjetima, no ako je pH visok bilo koja količina amonijaka je opasna. Simptomi trovanja amonijakom i nitritima se često vide kao crvene pruge na škrgama i očima, a ribe se drže rubnog dijela akvarija te izlaze na površinu po zrak, dolazi do letargije i naposljetku do ugibanja. Te kako je već ranije navedeno, amonijak i nitriti se smatraju toksičnima iznad razine od 1 mg l^{-1} (FAO, 2014.).



Slika 4.8. Grafički prikaz razine amonijaka u vodi

Amonijak je mjeren u tri oblika, kao ionski oblik (NH_4^+), neionski i (NH_3) i amonijev dušik (NH_3 $^-$ N). Sva tri oblika imaju približno istu tenziju kretanja (Slika 4.8.). Ionski oblik ima najnižu zabilježenu vrijednost od 0,20 mg l^{-1}, a najveću 0,67 mg l^{-1}. Neionski oblik bilježi kretanje mjerenih vrijednosti od 0,12 do 0,64 mg l^{-1}. Amonijev dušik je bilježen s najnižom vrijednosti 0,10 mg l^{-1}, a najviša zabilježena vrijednost bila je 0,52 mg l^{-1}. Dobivenim rezultatima možemo zaključiti da u nijednom obliku amonijak nije bio iznad razine (1 mg l^-) pri kojoj je štetan.

5. ZAKLJUČCI

Temeljem provedenog akvaponskog uzgoja radiča i salate može se zaključiti:

- Za uspješnu provedbu akvaponskog uzgoja potrebno je poznavanje fizikalno-kemijskog sastava vode te biologije i ekologije šarana, klena i smeđeg somića kao i salate i radića, koje su ciljane kulture uzgoja u provedenom pokusu.

- Održavanje čitavog sustava je vrlo složeno jer se radi o različitim organizmima pri kojem svaki ima svoje biološko-ekološke zahtjeve i potrebe.

- Tijekom istraživanja zabilježene su optimalne temperature vode, koncentracije otopljenog kisika i zasićenosti kisikom u vodi. Elektroprovodljivost je bila ispod optimalnih granica. pH vode je bio blago lužnat. Fosfor je bio ispod optimuma kao i nitrati, dok su nitriti i amonijak bili u optimalnoj granici za normalno funkcioniranje akvaponske jedinice.

6. POPIS LITERATURE

1. Alatorre-Jácome, O., García-Trejo, F., Rico-García, E., & Soto-Zarazúa, G. M. (2011). Aquaculture water quality for small-scale producers. In *Aquaculture and the Environment-A Shared Destiny*. InTech.

2. Antal A., Istvan T. (1974). ABC Ribnjačarstva. Izdavački odijek „Glasa Slavonije“. Osijek.

3. Azada, K. N., Salama, M. A., Azadb, K. N. (2016). Aquaponics in Bangladesh: current status and future prospects. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, *7*(02), 669-677.

4. Bernstein S. (2011). Aquaponic Gardening: A Step By Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.

5. Benko, B., Fabek, S. (2011). Mali gospodraski savjetnik: Hidroponske tehnike uzgoja povrća. Gospodraski list 13/14:37-47.

6. Bogut I., Novoselić D., Pavličević J. (2006.). Biologija riba. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

7. Bojčić C., Debeljak Lj., Vuković T., Jovanović-Kršljanin B., Apostolski K., Ržaničanin B., Turk M., Volk S., Drecun Đ., Habeković D., Hristić Đ., Fijan N., Pažur K., Bunjevac I., Marošević Đ. (1982). Slatkovodno ribarstvo. Ribozajednica Zagreb, Jugoslavenska medicinska naklada, Zagreb.

8. Boršić, J., Benko, B., Toth, N. (2011.) Hidroponske tehnike uzgoja bilja. Interna skripta, Zavod za povrčarstvo agronomskog fakulteta u Zagrebu

9. Bunjevac I. (2011.). Uzgajanje slatkovodnih riba. Bibilioteka „Polja parenona“, Beograd.

10. Cacchione, S. (2007). The Nitrogen Cycle. Backyard Aquaponics.

11. Diver, S. (2006). Aquaponics – Integration of Hydroponic with Aquaculture. ATTRA, IP 163, Slot 54.

12. Enduta, A., Jusoh, A., & Ali, N. A. (2014). Nitrogen budget and effluent nitrogen components in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*, *52*(4-6), 744-752.

13. Enduta, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W. B. (2011). Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*, *32*(1-3), 422-430.

14. FAO (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming, http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf. Pristupljeno 28. kolovoza 2017.

15. Ferran N., (2000.). Ribolov na slatkim vodama. Leo-commerce Rijeka-Zagreb.

16. Fiedrich I., Vignaroli T. (2015). Top ten mistakes made by aquaponic growers. Bright Agrotech, https://info.brightagrotech.com/top-10-mistakes-made-by-aquaponic-growers. Pristupljeno 29. kolovoza 2017.

17. Fijan N., Petrinec V., Đorđević V., (1989). Taksonomija i proizvodnja sjevernoameričkih somova roda Ictalurus. Ribarstvo Jugoslavije.

18. Hancock, R. (2012). Water and Energy Conservation Grow System: Aquaponics and Aeroponics with a Cycle Timer. Senior Project, California Polytechnic State University, San Luis Obisop.

19. Jorge M., Williams J. B., Garza-Humea C. E., Olvera A., (2011.). Mathematical accuracy of Aztec land surveys assessed from records in the Codex Vergara. PNAS: University of Michigan.

20. Katavić, I. (2006). Rizici eutrofikacije kao posljedica nekontrolirane hranidbe riba u kaveznom uzgoju. Krmiva, Zagreb, 3;157-164.

21. Kramer, D. L. (1987). Dissolved oxygen and fish behavior. *Environmental biology of fishes*, *18*(2), 81-92.

22. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski, Čakovec.

23. Love, D. C., Fry, J.P., Genello, L, Hill, E.S., Frederick, J.A., Li, X., Semmens, K. (2014). An international survey of aquaponics practitioners, http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0102662 Pristupljeno: 29. kolovoza 2017.

24. Marković Z. (2010.). Šaran: gajenje u ribnjacima i kaveznim sistemima. Grafički atelje Bogdanović, Beograd.

25. Maynard, D. N., Hochmuth, G. J. (1997). Knott's handbook for vegetable growers, 4th edition. Wiley, New York.

26. McMurtry, M.R. (1988). Aqua-Vegeculture Systems. International Ag-Sieve. Vol.1, No.3. Rodale Press International, Emmaus, PA.

27. Miljat V., Agroklub (2013). Akvaponija-osnovni principi. https://www.agroklub.com/povrcarstvo/akvaponija-osnovni-principi/8822/. Pristupljeno 28. kolovoza 2017.

28. Nelson, R., Pade, J. (2005.). Greenhouse aquaponics proves superior to inorganic hydroponics, Aquaponics Journal, http://www.aquaponics.com/wp-content/uploads/articles/Greenhouse-Aquaponics-Proves-Superior.pdf. Pristupljeno: 28. kolovoza 2017.

29. Prinsloo, J. F., Roets, W., Theron, J., Hoffman, L. C., Schoonbee, H. J. (1999). Changes in some water quality conditions in recycling water using three types of biofiltration systems during the production of the sharptooth catfish Clarias gariepinus(Burchell). Part I: Relative efficiency in the breakdown of nitrogenous wastes by the different biofiltration units. *Water S. A.*, *25*(2), 239-252.

30. Rakocy J. E., D. S. Bailey, J.M. Martin, Shultz R. C. (2000). Tilapia production systems for the Lesser Antilles and other resource-limited, tropical areas. In: K. Fitzsimmons and J. Carvalho Filho (Eds.). Tilapia Aquaculture in the 21st Century: Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Rio de Janeiro, Brazil.

31. Slavinić S. (2013.). Ribe i sportski ribolov na slatkim vodama. Tiskara znanje, Zagreb.

32. Tesa C., (2001.). Športski ribolov na slatkim vodama. Mosta, Zagreb.

33. Tessi R. (2002). Colture fuori suolo in orticultura e floricultura. Bologna, Edagricole, 122.

34. Tidwell J. H. (2012). Aquaculture Production Systems. Wiley-Blackwell, Oxford.

35. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton F. W., Sumerfelt S. T., Vinci B. J. (2002). Recirculating aquaculture systems, 2nd Edition. Northeastern Aquaculture Center Publ. No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures.

36. Treer T., Safner R., Aničić I., Lovrinov M. (1995). Ribarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb.

37. Turkmen, G., Guner, Y. (2010). Aquaponic (Integrating Fish and Plant Culture) Systems, International Symposium on Sustainable Development, Science Book, 657-666.

38. Wilson G. (2005). Australian barramundi farm goes aquaponic, Aquaponics Journal, 37, 12–16.

39. Wurts, W. A., Durborow, R. M. (1992). Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds, SRAC Publication, 1-3.

Životopis

Doroteja Roštan Cahunek rođena je 08.01.1991. u Koprivnici. Pohađala je Osnovnu školu Grgura Karlovčana u Đurđevcu od 1997. do 2005. godine. Od 2005. do 2009. godine pohađala je Srednju poljoprivrednu školu u Križevcima, završivši smjer Poljoprivredni tehničar opći. Godine 2009. upisuje Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, te 2013. godine završava kao baccalaurea ili prvostupnica menadžmenta farme, te se iste godine upisuje na Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, smjer Ribarstvo i lovstvo.

Kontakt mail: doroteja1991@gmail.com