

# UTJECAJ VISOKOG pH NA STATUS DUŠIKA I FOSFORA U TKIVU JAGODA U AKVAPONSKOM SUSTAVU

---

**Welzer, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:323604>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Filip Welzer

Diplomski studij Voćarstva, vinogradarstva i vinarstva

**UTJECAJ VISOKOG pH NA STATUS DUŠIKA I FOSFORA U TKIVU JAGODA  
U AKVAPONSKOM SUSTAVU**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2016.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Filip Welzer

Diplomski studij Voćarstva, vinogradarstva i vinarstva

**UTJECAJ VISOKOG pH NA STATUS DUŠIKA I FOSFORA U TKIVU JAGODA  
U AKVAPONSKOM SUSTAVU**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada

1. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević, mentor
3. doc. dr. sc. Miroslav Lisjak, član

**Osijek, 2016.**

## *Zahvala*

*Zahvaljujem se mentoru, izv. dr. sc. Aleksandru Stanisavljeviću na strpljenju, vremenu koje je odvojio za ovaj rad i brojnim stručnim savjetima.*

*Posebno se zahvaljujem i ostalim zaposlenicima Poljoprivrednog fakulteta koji su pomogli u izradi ovog rada.*

*Autor*

## Sadržaj

1. Uvod .....	6
2. Pregled literature.....	7
2.1. Što je akvaponija?.....	7
2.1.1. Metode uzgoja biljaka u akvaponskom sustavu.....	8
2.1.2. Akvakultura.....	9
2.2. Hidroponski uzgoj jagoda .....	10
2.2.1. Ishrana jagoda u hidroponskom sustavu .....	12
2.3. Parametri kontroliranog uzgoja .....	13
2.3.1. Svjetlost.....	13
2.3.2. Potrebe biljaka za svjetlom .....	15
2.3.3. Izvori umjetnog osvjetljenja.....	18
2.4. Ph .....	21
2.5. Biofiltracija .....	22
2.5.1. Biofilter .....	23
3. Materijal i metode.....	24
3.1. Elementi akvaponskog sustava u pokusu.....	24
3.1.1. Akvaponski sustav.....	24
3.1.2. Biofilter .....	25
3.1.3. Ležaj za biljke .....	25
3.1.4. LED rasvjeta u sustavu.....	30
3.2. Kemijske analize.....	33
3.2.1. Elementarna analiza biljne tvari priprema osnovne otopine za analizu makroelemenata .....	33
3.3. Statistička obrada podataka .....	38
4. Rezultati.....	39
4.1. Sadržaj $\text{NH}_4$ , $\text{NO}_2$ i $\text{NO}_3$ u vodi akvaponskog sustava .....	39
4.2. pH i temperatura vode.....	40
4.3. Sadržaj mikroelemenata u vodi .....	42
5. Rasprava .....	47
6. Zaključci .....	49
Popis literature.....	50
Sažetak.....	53

Summary.....	54
10. Popis tablica.....	55
11. Popis slika.....	56
Popis grafikona.....	58

## 1. Uvod

U današnjem svijetu nailazimo na sve veći problem konstantne proizvodnje svježe hrane. Svjedoci smo globalnih klimatskih promjena pod utjecajem samog čovjeka; globalno zatopljenje, onečišćenje poljoprivrednih površina konvencionalnom poljoprivrednom proizvodnjom hrane, smanjenje poljoprivrednih površina uslijed industrijalizacije, politički i zakonski ograničavajući faktori te mnogi drugi, utječu na razvoj novih tehnologija u proizvodnji svježe i lako dostupne hrane. Masovna migracija stanovništva i brza industrijalizacija velikih gradova, nameću potrebu masovne proizvodnje hrane u kontroliranim uvjetima svih 12 mjeseci u godini. Još uvijek smo u početnim fazama razvoja masovne, potpuno automatizirane tehnologije proizvodnje svježe i lako dostupne hrane (voće, povrće, riba, rakovi...). Unatoč tome, zadnjih 40-tak godina u svijetu hidroponski uzgoj, akvakultura odnosno akvaponski uzgoj doživljavaju svoju punu tehnološku evoluciju. Razvojem tehnologije dobivamo mogućnost njihovog kombiniranja i moduliranja putem jednog ili više proizvodnih ciklusa. Vizija budućnosti nalaže daljnje usavršavanje, komercijalizaciju i transfer tehnologije putem edukacija (know-how) na širu populaciju, kako bi zdrava hrana postala lako dostupna u potpunoj interakciji sa životnim prostorom u urbanim sredinama. Takva dostupna tehnologija najčešće je prezentirana kroz zatvoreni (kružni) sinergični tehnološki proces uzgoja ribe i biljaka, odnosno predstavlja kombinaciju akvakulture i hidroponskog uzgoja (akvaponski sustav).

Cilj našeg istraživanja bio je ispitati mogućnost uzgoja jagoda u akvaponskom sustavu pri uvjetima reducirane gnojidbe, nestabilnog pH, inertnog supstrata te kontroliranog osvjetljenja bez posljedica na ihtiofaunu.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Što je akvaponija?

Akvaponija je kombinacija akvakulture i hidroponije (*Slika 1.*). Obje metode uzgoja imaju prednosti i nedostatke. Hidroponija zahtjeva skupe hranjive tvari za hranjenje bilja, a također zahtjeva i periodično ispiranje sustava što može dovesti do problema zbog odlaganja otpada. Cirkulirajuća

voda kod akvakulture ima višak hranjivih tvari koji treba biti uklonjen iz sustava, što znači da se postotak vode uklanja, obično na dnevnoj bazi, te se nadomješta čistom vodom. Oba uzgoja su vrlo učinkovita metoda proizvodnje ribe i povrća, ali kada gledamo njihovu kombinaciju, njihovi negativni aspekti se pretvaraju u



*Slika 1:* akvaponski uzgoj

Izvor: <http://www.grozone.com/wp-content/uploads/2014/06/talapia-koi-aqua-ponics.jpg>

pozitivne. Još bolja činjenica je da, u usporedbi s konvencionalnim metodama uzgoja ribe, akvaponija koristi 90% manje svježe vode i zahtjeva znatno manje hranjivih tvari za istu količinu ribe. Isto tako i voće i povrće se može uzgajati učinkovito, bez potrebe za pesticidima i drugim kemikalijama za koje se zna da uništavaju okoliš i ljudsko zdravlje kada se koriste u konvencionalnoj poljoprivredi. Voda iz akvarija se putem pumpe crpi i ulijeva u ležaj za uzgoj biljaka te se iz njega cijedi natrag preko korijenja u akvarij s ribama. Biljni ekstrakt vode i hranjive tvari koje su im potrebne za rast, čiste vodu za ribe. Na površini ležaja za uzgoj biljaka rastu bakterije koje pretvaraju otpadni produkt riba, odnosno amonijak, kroz akvaponijski sustav u nitrite, a zatim u nitrata. Nitrati su ono što biljke vole i koriste za hranu, dakle, biljke se zapravo ne hrane ribljim izmetom već nitrata. Pretvaranje amonijaka u nitrata naziva se “dušikov ciklus”. Ležajevi za uzgoj biljaka su popunjeni s materijalima poput šljunka ili glinenih oblutaka, ali postoje mnoge različite metode koje se mogu koristiti.

Svaka metoda hidroponskog uzgoja se može prilagoditi akvaponiji. Mnoge različite vrste riba mogu se uzgajati u akvaponijskom sustavu, a odabir vrste ovisit će o nizu faktora. Mogu se uzgajati i velika jata, a zbog cirkulirajućeg sustava koristi se vrlo malo vode.



Istraživanja su pokazala da ovaj sustav koristi oko jednu desetinu vode koja se koristi za rast povrća u tlu.

### 2.1.1. Metode uzgoja biljaka u akvaponskom sustavu

Postoji više metoda, no dvije su najčešće – sadnja u ležajevima te plutajuća sadnja. U prvom (*Slika 2*) biljke su posađene u propusne ležajeve i voda, koja se iz akvarija preko biofiltera ulijeva u njih, izljeva se nazad kroz propusne rupe, odnosno putem auto sifona. Druga tehnika je da se biljke sade bez popunjenog ležaja na nekom plutajućem materijalu kroz koji biljkama korijen visi direktno u vodi. Ova druga tehnika, nazvana kultura duboke vode, također se može napraviti tako da se ribe uzgajaju u jednom tanku, te se njihova voda pumpama dovodi do zasebnih ležaja s biljkama u vodi, a potom se voda vraća do riba.



*Slika 2: metode uzgoja (različiti supstrati)*

*Izvor: <http://besurvival.com/wp-content/uploads/2016/01/aquaponics-system.jpg>*

### 2.1.2. Akvakultura

Akvakultura je uzgoj vodenih organizama, uključujući ribu, mekušce, rakove te morske alge. Uzgoj podrazumijeva neki oblik intervencije (npr. umjetni mrijest, dohrana, zaštita od predatora) pri procesu uzgoja, da bi se poboljšala proizvodnja kao i vlasništvo fizičke ili pravne osobe nad uzgojnim nasadom (Slika 3. i 4.).



Slika 3: uzgoj ribe u zaštićenom prostoru

Izvor:

[http://europa.eu/rapid/exploit/2014/10/IP/HR/i14\\_1114\\_hri/Pictures/](http://europa.eu/rapid/exploit/2014/10/IP/HR/i14_1114_hri/Pictures/)



Slika 4: šaran lat. *Cyprinus carpio*

Izvor : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Caprinus\\_carpio](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Caprinus_carpio)

## 2.2. Hidroponski uzgoj jagoda

Kada danas govorimo o hidroponskoj proizvodnji jagoda, tada se tu podrazumijeva uzgoj te kulture u zaštićenom prostoru na posebnom supstratu, uz precizno doziranje potrebnih hranjiva i vode u skladu sa fenofazom biljke i uvjetima uzgoja (Slika 5). Postoji nekoliko izvedbi sistema hidroponskog uzgoja. Oni se razlikuju u konstrukciji objekta (plastenici, staklenici), smještaju biljke, razmacima sadnje, odabiru sortimenta i tipovima sadnica.



Slika 5: hidroponski uzgoj jagoda  
Izvor: <http://pinova.hr/media/34>

Veliki je broj prednosti ovog načina uzgoja:

- berba izvan glavne sezone ovog voća (u skladu s time i cijena je veća)
- mogućnost više berbi u jednoj godini
- visoki prinosi po jedinici površine
- biljke su podignute od tla i tako je smanjena opasnost od bolesti i štetnika
- smanjena upotreba različitih pesticida
- olakšana biološka zaštita (predatori, biopesticidi)
- dobivaju se kvalitetniji plodovi sa manjom količinom rezidua, bez prljavština
- olakšana je berba (veća efikasnost)
- zapošljavanje radne snage u poljoprivredi kada nema drugih poslova vani

Kao glavni nedostatak možemo izdvojiti:

- visoka ulaganja u proizvodnju
- male greške u procesu proizvodnje dovode do velikih gubitaka

Tehnologija uključuje sadnju kontejnerskih sadnica jagode, umjesto uobičajenih frigo sadnica, u objektu za hidroponski uzgoj sredinom kolovoza. Sadnja se u kontinentalnom području RH obavlja nešto ranije u odnosu na standardne rokove, koji su uobičajeni za ovu proizvodnju. Sadnja se obavlja u teglice sa supstratom, a desetak dana nakon sadnje

provodi se nadopuna supstratom kako bi se postigla veća rodnost. Uklanjanje starih listova najbolje je obaviti neposredno pred kretanje vegetacije u proljeće, a nikako nakon berbe krajem godine kao što se provodilo u prethodnim slučajevima. Za ranije kretanje i dozrijevanje jagoda u proljeće potrebno je koristiti lampe za prekidanje dormantnosti, a što prethodno nije bila praksa. Također je bitno održavati režim minimalnih i maksimalnih temperatura. Primjenom regulatora rasta (giberelini) 50-tak dana prije očekivane berbe, moguće je postići nešto ranije dozrijevanje plodova. Uvođenjem CO<sub>2</sub> u objekt za hidroponski uzgoj, povećava se njegova koncentracija te postiže veća rodnost i profitabilnost. Ubrani plodovi se podvrgavaju različitim tretmanima kako bi se produžila njihova skladišna sposobnost. Tretiranje toplinom i modificiranom atmosferom daje ohrabrujuće rezultate. Provođenjem prethodno opisanih mjera koje su po prvi puta uvedene u Republici Hrvatskoj, omogućena je berba u vrijeme kada nije bilo jagoda, znatno je povećana rodnost, a samim time i profitabilnost.

Unutar roda *Fragaria* Linn. nalazi se 47 opisanih vrsta jagoda svrstanih prema broju kromosoma u četiri skupine: pet diploidnih (2n), dvije tetraploidne (4n), jedna heksaploidna (6n) i četiri oktoploidne (8n), a dvanaest ih je većeg značenja.

1. *Fragaria vesca* L. – divlja šumska jagoda (2n=14)
2. *Fragaria viridis* Duch. (2n=14)
3. *Fragaria nilgerrensis* Schlecht
4. *Fragaria daltoniana* – I. Gay
5. *Fragaria nubicola* Lindl. (2n=14)
6. *Fragaria moupinensis* Card. (2n=28)
7. *Fragaria orientalis* Losink. (2n=28)
8. *Fragaria moschata* Duc. (2n=42)
9. *Fragaria ananassa* Duc. (2n=56)
10. *Fragaria virginiana* Duch. (2n=56)
11. *Fragaria chiloensis* (L) Duch. (2n=56)
12. *Fragaria ovalis* Ryd. (2n=56)

### 2.2.1. Ishrana jagoda u hidroponskom sustavu

Fertirigacija je postupak dodavanja organskih i mineralnih sastojaka biljkama u postupku navodnjavanja, kroz poseban sistem (pumpa, injektor, cijevi, kapaljke i dr.).

Za pravilan rast i razvoj biljaka bitno je precizno doziranje vode i hranjiva, sukladno s fenofazama biljke i sustavima uzgoja. Postoji nekoliko različitih sistema za fertirigaciju, ali princip je kod svih isti. Voda se crpi iz rezervoara pumpom, i sustavom cijevi dolazi do kapaljki koje opskrbljuju svaku biljku. Na cijeli sistem instalirani su injektor koji po potrebi uzimaju hranjiva iz pripremljenih hranjivih otopina i tako opskrbljuju svaku biljku potrebnim mikro i makro elementima. Potrebno je voditi računa o kvaliteti vode, njezinoj elektroprovodljivosti (EC), kao i o pH. Ujedno je potrebno osigurati točan izlaz drenažnih voda po fenofazama biljaka.

Potrebna količina vode te hranjiva otopljenih u njoj za navodnjavanje, ovisi o fenofazi, mikroklimi objekta, korištenom supstratu i odabranoj tehnologiji uzgoja. Npr. ako je idealno dodati 2 l za četiri biljke, tada se to provodi na slijedeći način:

- za vreće i lončiće sa supstratom: 4 do 10 puta dnevno 2 do 8 minuta
- kamena vuna: 8 do 20 puta dnevno 2 do 5 minuta
- perlit (vreće): 1 do 3 puta dnevno 5 do 15 minuta (treba rjeđe navodnjavati zbog rezervoara u vreći, a i materijal je dobrog kapilariteta)

Kontrola nad navodnjavanjem najbolje se postiže dnevnom praćenjem dovedene količine vode biljci i vode koja se iscjedila van.

Uvođenjem CO<sub>2</sub> u objekt za hidroponski uzgoj, povećava se njegova koncentracija, te postiže veća rodnost.

## 2.3. Parametri kontroliranog uzgoja

### 2.3.1. Svjetlost

#### Prirodna (sunčeva) svjetlost

Sunčeva svjetlost ili solarno zračenje je cjelokupni spektar elektromagnetskog zračenja koje nam dolazi sa Sunca. Na Zemlji, Sunčeva svjetlost se prigušuje i filtrira kroz Zemljinu atmosferu. Ona je najveća na gornjoj granici atmosfere, a kako se približava tlu slabi, zbog upijanja i raspršenja na molekulama plinova i primjesa u atmosferi. Sunčevoj svjetlosti treba 8,3 minute da stigne sa Sunca na Zemlju. Kada direktno Sunčevo zračenje nije prikriveno s oblacima, mi doživljavamo sunčanje, što je mješavina blještavog svjetla i toplinskog zračenja. Kada je Sunce prekriveno s oblacima, doživljavamo raspršeno ili difuzno Sunčevo zračenje. Svjetska meteorološka organizacija definira sijanje Sunca kao razdoblje u kojem je intenzitet Sunčevog zračenja veći od 120 W/m<sup>2</sup>. Trajanje sijanja Sunca ili osunčavanje se mjeri u satima. Sunčevo zračenje se može snimati Campbell-Stokesovim heliografom, piranometrom i pirheliometrom.

Sunčevo zračenje ima luminozitetnu efikasnost svjetlosnog toka od 93 lumen/vat, koje uključuje infracrvenu, vidljivu i ultraljubičastu svjetlost (vidi: Stupanj iskorištenja raznih izvora svjetlosti). Blještava Sunčeva svjetlost omogućuje osvjetljenje od 100 000 luksa ili lumen/m<sup>2</sup>, na Zemljinoj površini. Sunčeva svjetlost ima odlučujuću ulogu za fotosintezu, koja je ključna za život na Zemlji.

#### Sunčeva konstanta

Sunčeva konstanta je mjera gustoće svjetlosnog toka dolazećeg Sunčevog elektromagnetskog zračenja, po jedinici površine, okomito na ulazne zrake, na udaljenosti od Sunca do Zemlje (1 astronomska jedinica). Sunčeva konstanta uključuje sve vrste elektromagnetskog zračenja, ne samo vidljivu svjetlost. Prosječna vrijednost je 1,366 kW/m<sup>2</sup>, i neznatno se mijenja sa Sunčevim ciklusima

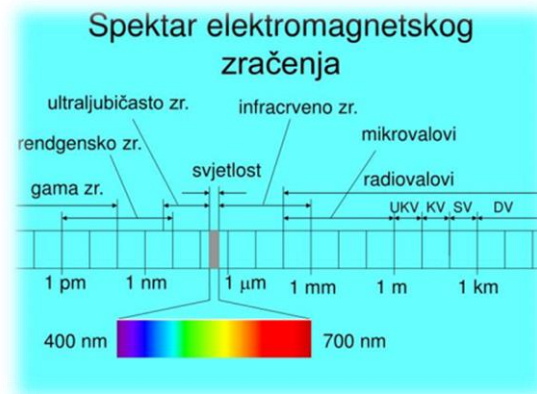
Spektar Sunčevog zračenja je gotovo jednak toplinskom zračenju idealnog crnog tijela s temperaturom 5778 K (5505 °C).[7] Sunce emitira elektromagnetsko zračenje gotovo duž cijelog spektra. Iako se na Suncu stvaraju i gama-čestice kao rezultat nuklearne fuzije, ti visokoenergetski fotoni prije nego stignu na Sunčevu površinu ili fotosferu, pretvaraju se u fotone niže energije, tako da na kraju Sunce ne emitira gama-čestice. Sunce emitira rendgenske, ultraljubičaste, vidljive infracrvene zrake, pa čak i radio valove. Dio



ultraljubičastog zračenja koje nije zaustavila atmosfera, izaziva crvenilo na ljudskoj koži i pigmentaciju iste.

Spektar elektromagnetskog zračenja, koje dolazi do Zemljine atmosfere, nalazi se u rasponu od 100 nm do oko 1 mm valne duljine. Može se podijeliti u 5 područja: [9]

Ultraljubičasto C ili UVC zračenje, u rasponu od 100 do 280 nm. Ultraljubičasto zračenje ima valne duljine manje od vidljive svjetlosti (Slika 6.) i zato je nevidljivo za ljudsko oko. Zahvaljujući Zemljinoj atmosferi, gotovo neznatna količina stigne na tlo (litosfera). UVC zračenje uništava najveći broj

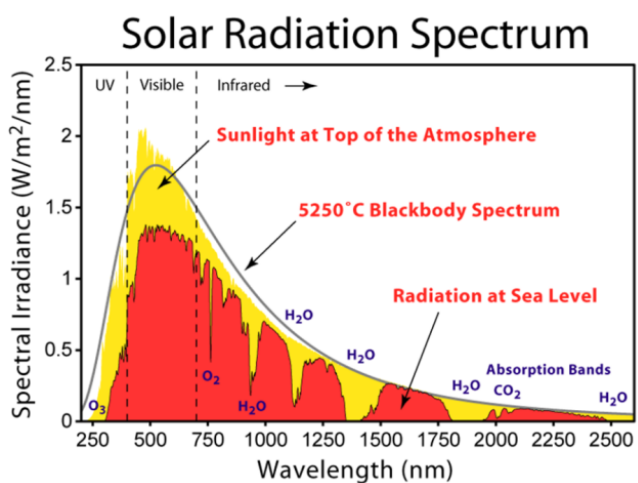


Slika 6. Spektar elektromagnetskog zračenja  
Izvor: <http://cdn3.slideserve.com/6307441/spektar-elektromagnetskog-zra-enja-n.jpg>

mikroorganizama, jer uništava deoksiribonukleinsku kiselinu (DNK), koja ima vršnu vrijednost (Wienov zakon pomaka)

na 260 nm. Ultraljubičasto B ili UVB zračenje, u rasponu od 280 do 315 nm. Veći dio tog zračenja upija zemljina atmosfera i, zajedno s UVC zračenjem, omogućuje fotokemijsku reakciju, koja stvara ozonski omotač. Ultraljubičasto A ili UVA zračenje, u rasponu od 315 do 400 nm. Ono stvara spontanu i neposrednu pigmentaciju kože povećanom proizvodnjom melanina. Vidljiva svjetlost, u

rasponu od 380 nm do 780 nm. Infracrveno zračenje, u rasponu od 700 nm do 1 mm. To je važan dio zračenja (Slika 7), koje doprinosi zagrijavanju Zemlje (oko 49 %).



Slika 7. Valne duljine vidljivog spektra  
Izvor: [wikimedia.org](http://wikimedia.org)

Može se podijeliti na:

- IC – A: 700 nm–1400 nm
- IC – B: 1400 nm–3000 nm
- IC – C: 3000 nm–1 mm

### 2.3.2. Potrebe biljaka za svjetlom

Fotosinteza, kao proces stvaranja organske tvari iz ugljičnog dioksida i vode u biljkama, moguća je jedino uz prisutnost svjetla. Za normalan razvoj biljaka važan je intenzitet svjetla, njegovo trajanje i spektralni sastav. U najzahtjevnije povrtne kulture spram svjetla spadaju rajčica, paprika i lubenica, čiji se optimum fotosintetske aktivnosti postiže pri intenzitetu svjetla od oko 30.000 luxa. Biljke imaju vrlo različite potrebe vezane uz rasvjetu. Palma yucca, primjerice, zahtjeva više svjetlosti od kaučuka. Glavni faktori koji određuju zahtjeve rasvijetljenosti biljaka jesu zemlja porijekla i položaj. Ako se radi o biljci tipičnoj za tropske krajeve, trebat će joj više svjetlosti nego biljci koja obično raste u zasjenjenom staništu.

Rasvijetljenost se može usklađivati prema potrebi, korištenjem žarulja različite snage, različitog broja žarulja i/ili mijenjanjem udaljenosti između svjetiljki i biljke (što su udaljenije, niža je rasvijetljenost). Svjetlost je biljki potrebna između 12 i 16 sati dnevno.

Visoke temperature zahtijevaju nerazmjerno veću rasvijetljenost. 2000 luxa moglo bi biti dovoljno za temperaturu od npr. 20°C, dok je najmanje 2800 luxa potrebno za 25°C.

Prema Šoškiću (2009.) svjetlost je vrlo važan čimbenik koji utječe na intenzitet fotosinteze, utječe na razvitak nadzemnih dijelova, na zametanje i razvitak plodova, a naročito na njihovo sazrijevanje i kvalitetu. Autor dalje navodi da su potrebe određene sorte jagode za dužim trajanjem i intenzitetom svjetlosti različite, što ovisi o klimatskim uvjetima i osobinama same sorte.

Skromnih zahtjeva prema osvjetljenju su kupusnjače, luk i češnjak, a maksimalni intenzitet fotosinteze postižu pri svjetlosti intenziteta oko 16.000 luxa. Paprika uzgajana u uvjetima intenzivnijeg osvjetljenja ima znatno veći sadržaj vitamina C, u odnosu na onu koja je rasla u uvjetima ograničenog osvjetljenja.

Svjetlost je najvažniji agroekološki čimbenik jer sudjeluje u tvorbi klorofila i u fotosintezi, a najvažniji izvor svjetla za agrobiocenu je Sunce. Svjetlost čine elektromagnetske zrake različite valne duljine. Vidljivi dio spektra su zrake duljine od 380 nm do 750 nm, a boja im je od ultraljubičaste, preko plave, zelene do crvene. Nevidljivi dio spektra čine kraće, kozmičke gama zrake, x-zrake, ili rendgenske zrake i dio ultraljubičastih. Dulje zrake od vidljivog spektra su: infracrvene, radarske, televizijske i radiozrake



### Ultraljubičaste zrake

- djeluju na tvorbu antocijana, fotoperiodičku reakciju biljke, inaktiviraju hormon rasta
- one koje su valne duljine 295-310 nm pridonose tvorbi vitamina D
- sve koje imaju valnu duljinu od 200 nm štetne su za živa bića
- one ne stižu do površine zemlje jer ih apsorbira ozonski sloj stratosfere
- nastankom ozonskih rupa ta zaštita nestaje
- plave i crvene zrake imaju kemijski učinak.
- crveno-žuti dio spektra stimulira stvaranje ugljikohidrata.
- plavi dio spektra stimulira stvaranje bjelančevina, a crveni klorofila.

### Infracrvene zrake

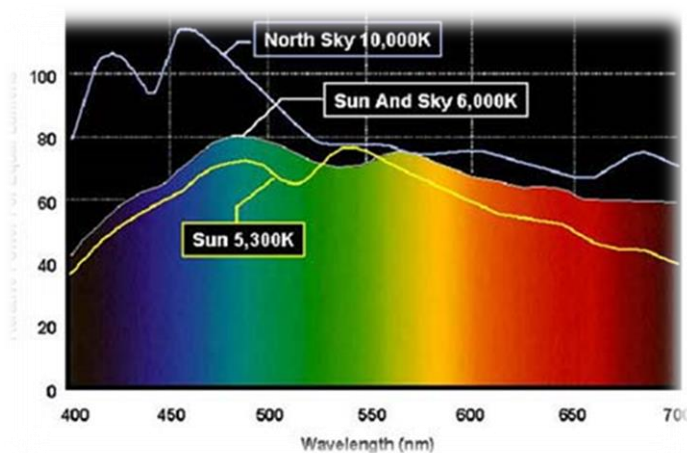
- imaju toplinski učinak i važnost za transpiraciju biljaka
- vidljivi dio spektra je bitan za fotosintezu

Intenzitet svjetla ovisi o zemljopisnoj širini, s udaljavanjem od ekvatora prema sjevernom i južnom polu Sunčevo svjetlo (*Slika 8*) je manjeg intenziteta, ali duljeg trajanja te u njemu prevladavaju zrake većih duljina

(narančaste, crvene i infracrvene).

Što smo bliže ekvatoru stanje je obrnuto, veći je intenzitet a manja duljina osvjetljenja, prevladavaju kraće zrake (ultraljubičaste, ljubičaste i plave), na intenzitet svjetla utječu naoblaka i zasjenjivanje. Ako je posrijedi zasjenjivanje, produžava se vegetacija biljke, jače se razvija vegetativna masa od generativne.

U predjelima s učestalom naoblakom, u biljkama se nakuplja manje šećera i manje ulja u nedostatku svjetla zasjenjenjem, stabljika je sočna, nježna, sklona polijeganju, a cvijet i plod se ne formiraju. Naoblaka i zasjenjivanje pogoduju krmnim kulturama i sočnom povrću; nedostatak svjetla izaziva ETIOLIRANJE-stabljika postaje nježna, izdužena i sklona polijeganju.



Slika 8. Vanjsko dnevno svjetlo  
Izvor: [https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor\\_daylight.jpg](https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor_daylight.jpg)

Ni prevelik intenzitet svjetla nije povoljan, on smanjuje habitus na biljci, lišće postaje manje i tamnije zeleno zbog nagomilavanja klorofila, povećava se isparavanje vode, a biljka razvija obrambene mehanizme npr: sjajnu površinu lista, dlačice itd. Nadmorska visina također utječe na intenzitet svjetla, vrhovi planina na visini od 1800 m dobivaju 75%, a na morskoj razini 50% svjetla.

### **2.3.2.1. Fotoperiodizam**

Reakcija biljke na duljinu dana i noći zove se fotoperiodička reakcija ili fotoperiodizam. Obzirom na fotoperiodičku reakciju razlikujemo biljke dugog dana, kratkog dana i neutralne biljke.

#### Biljke dugog dana

To su biljke kojima je za razvitak reprodukcijских organa (cvijeta i ploda) potrebno da, barem neko razdoblje vegetacijskog ciklusa, dnevno osvjetljenje traje dulje od 14 sati ( pšenica, zob ,raž, grašak,crvena djetelina, lucerna, luk, itd.).

#### Biljke kratkog dana

Za cvatnju i formiranje ploda potrebno je da barem neko vrijeme provedu u uvjetima dana kraćeg od 14 sati, npr: kukuruz, sirak, proso, paprika, krastavac, patliđan, riža, grah,soja, krumpir, krizantema.

#### Neutralne biljke

One biljke kod kojih na razvoj ne utječe duljina dana npr. rajčica, repica, heljda, ozimi mak, neki var. duhana. Ako biljku dugog dana premjestimo u uvjete kraćeg dana, ona smanjuje fotosintezu, usporava razvoj, cvjeta kasnije ili ne cvjeta. Ako biljku kratkog dana premjestimo u uvjete dugog dana, one razvijaju samo vegetativne organe i veću vegetativnu masu, a cvatnja kasni ili izostaje.

Podjela biljaka obzirom na zahtjeve prema svjetlu:

- HELIOFITI - biljke svjetla- kukuruz, duhan
- SEMISKIOFITI - biljke osrednjih potreba- grah, luk
- SKIOFITI - biljke sjene- kava

### 2.3.3. Izvori umjetnog osvjetljenja

#### Umjetno svjetlo

Za rast biljaka potrebna je svjetlost, većini više od 1000 luxa rasvjetljenosti oko 16 sati dnevno. Količina potrebne svjetlosti rijetko se može dobiti samo dnevnom svjetlošću, stoga je potrebna umjetna rasvjeta kao zamjena ili dodatak.

Učinak koji svjetlost ima na biljke temeljito je istražen, a rezultate istraživanja proizvođači koriste kako bi pospješili rast biljaka u stakleniku (rasvjeta biljaka). Jedan važan aspekt jest spektralna kompozicija svjetlosti: unaprjeđenje fotosinteze, prirodnog rasta i prirodnog oblikovanja biljaka zahtijeva kombinaciju ljubičasto-plavog i narančasto-crvenog spektra boje.

#### LED

LED je skraćenica od engleske riječi “Light emitting diode”. Koristi se kao izvor svjetla u mnogim aplikacijama, kao što su indikatori svjetla u uređajima, pozadinska svjetla u mobilnim aparatima, u prometnim svjetlima, elektroničkim plakatima i svim vrstama kućne, poslovne i javne rasvjete. Razvojem tehnologije “High power LED” je tek nedavno postao dovoljno snažan i komercijalno dostupan da se koristi kao zamjensko svjetlo za klasična rasvjetna tijela, koja su se prethodno koristila u domaćinstvima.

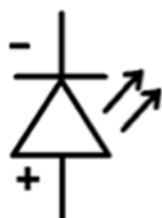
LED žarulja koristi LED tehnologiju koja se znatno razlikuje od klasičnih sijalica i FLO cijevi. Maleni poluvodiči stvaraju svjetlost a ne metalne niti plinovi. Ova tehnologija je u razvoju već desetljećima, ali tek zadnjih godina se češće primjenjuje u domaćinstvima i u komercijalne svrhe. LED žarulje koje su danas na tržištu, dizajnirane su da se jednostavno uklope kao zamjena za postojeću klasičnu i CFL žarulju. Također se koristi kao zamjena za industrijsku, uličnu, tunelsku i ostalu rasvjetu.

#### *Prednosti LED rasvjete*

LED rasvjeta je odličan izbor za domaćinstva jer troši manje električne energije i traje znatno duže. Oba razloga donose manju potrošnju novca za rasvjetu u Vašem domaćinstvu. LED rasvjeta je kompletno revolucionirala rasvjetu jer se pokazala znatno efikasnija od klasične sa žarnom niti i CFL rasvjete. Potrošnja električne energije prebacivanjem na LED je 50-90% manja u odnosu na klasičnu, te oko 50% manja u odnosu na CFL rasvjetu. Uzimajući u obzir da je potrošnja na rasvjetu ukupno 25% od ukupne potrošnje električne

energije u domaćinstvima, LED predstavlja izazov također i kompanijama, velikim skladištima i tvornicama, javnim školama i bolnicama, kao i poljoprivrednim proizvođačima. Za svaku rasvjetnu aplikaciju koja postoji, zamjenom na LED ostvaruje se znatno smanjenje potrošnje električne energije.

#### LED dioda (*Light Emitting Diode*)



Slika 9. Simbol LED diode

Izvor: google slike

LED dioda (*Slika 9*) je posebna vrsta diode koja zrači svjetlost kada je propusno polarizirana. Kao i obična dioda, ona je isto tako polarizirana komponenta što znači da je bitan polaritet napona na koji je spojena. LED dioda ima dvije elektrode anodu i katodu (*Slika 5*). Anoda je pozitivna elektroda dok je katoda negativna.

Ukoliko na LED diodu dovedemo takav napon da je anoda na pozitivnijem potencijalu od katode, ona će provesti struju i zasjati. Ako je napon suprotnog polariteta, LED neće svijetliti. Osim toga neće joj se ništa dogoditi dokle god je napon manji od napona proboja.

Pri propusnoj polarizaciji LED diode treba voditi računa o struji kroz diodu. Većini LED dioda (osim energetske [eng. power LED]) dovoljna je struja od svega nekoliko miliampera ( $1\text{mA}=0.001\text{A}$ ) do  $20\text{mA}$  i svaka veća struja ju može oštetiti. Zbog toga se uvijek diodi u seriju spaja otpornik koji će ograničiti struju na željenu vrijednost. Vrijednost otpora računa se po slijedećoj formuli:

$$R = \frac{U - U_D}{I_D} \quad [\Omega]$$

U - napon napajanja

$U_D$  - napon na diodi pri propusnoj polarizaciji

$I_D$  - struja kroz diodu

Podatke o naponu propusne polarizacije (i struji kroz diodu), najbolje je pronaći za svaku LED diodu. Karakteristične vrijednosti su  $2.7\text{--}3.3\text{ V}$ , a za  $3\text{--}20\text{ mA}$  pri čemu za napon napajanja od  $5\text{V}$  dobijemo vrijednost potrebnog otpora otpornika od  $150\text{--}350\ \Omega$ .

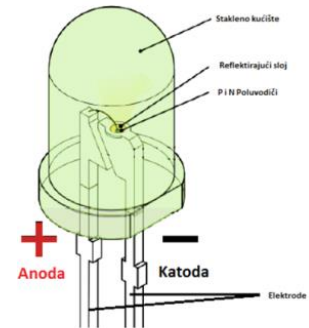
LED dioda sastoji se (*Slika 10*) od reflektirajućeg sloja na kojem se nalazi p-n spoj koji svijetli kada njime protječe struja. Reflektirajući sloj zajedno s p-n spojem smješten je u staklenu kućište iz kojeg izlaze anoda i katoda.

Ako se LED dioda dobro pogleda može se vidjeti da je jedna nožica duža od druge. Duža nožica je uvijek anoda dok je kraća katoda. Osim toga, obod stakla na jednom dijelu nije okrugao, nego je ravan što označava s koje se strane nalazi katoda.

Diode možemo spajati u seriju ili u paralelu, pri čemu treba voditi računa da se pri serijskom spajanju naponi zbrajaju dok se kod paralelnog spoja zbrajaju struje.

#### *Karakteristike i boje*

Na tržištu postoji mnoštvo različitih LED dioda, ovisno o njihovim karakteristikama: boja svjetla, valna duljina svjetla, intenzitet svjetla, kut svjetla, materijal od kojeg su građene i druge. Važna karakteristika je i pad napona.



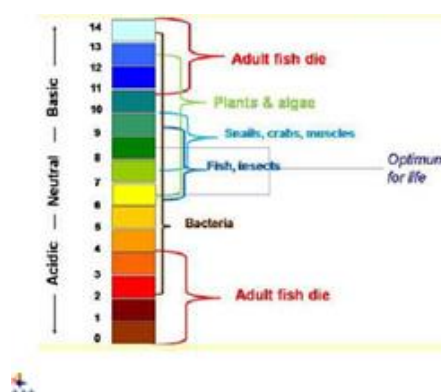
*Slika 10.* Građa LED diode  
Izvor: google slike

## 2.4. Ph

Optimalan pH gotove hranjive otopine za povrtne vrste u hidroponskom uzgoju kreće se od 5,5 do 6,5. Najpovoljnija kiselost se kreće od pH 4,6 - 6,4.

Na terenima sa niskim ph može biti nedovoljna raspoloživost P, Fe, Mg i B što može negativno utjecati na razvoj biljke, u smislu zastoja.

U akvaponskom sustavu postoje četiri različite skupine organizama i četiri različita staništa u istom ekosustavu. Budući da sva živa bića imaju specifičan pH raspon u kojem mogu živjeti, tako i voda iz akvaponskog sustava mora imati pH u rasponu koji je optimalan za sve četiri skupine organizama (Slika 11). Za ribe, optimalan pH je između 6.5-8, za biljke 5-7, a za kalifornijske gujavice i

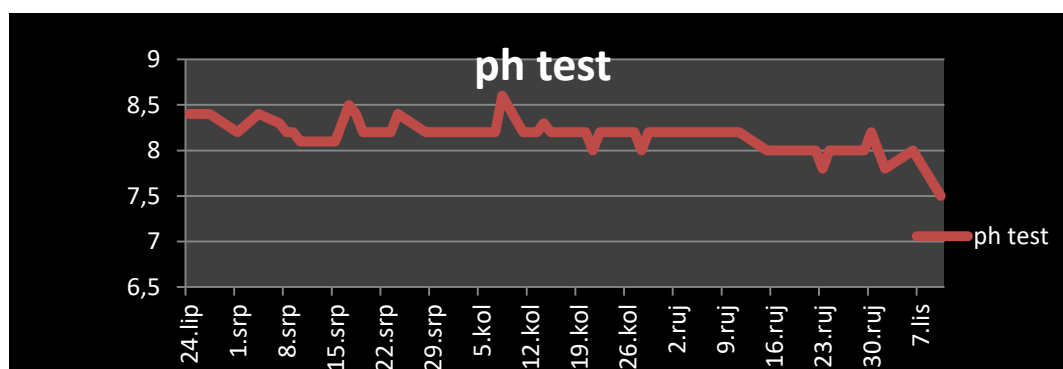


Slika 11. optimalan raspon pH u akvaponskom sustavu

Izvor: <http://www.internetdict.com>

bakterije 6-8. Prema tome, optimalni pH vode u sustavu trebao bi biti između 6.5-7 kako bi odgovarao svim organizmima u akvaponskom sustavu. Također, pH vode utječe i na mogućnost apsorpcije hranjivih tvari od strane biljaka.

Na početku puštanja sustava u rad, pH vode je vrlo visok s obzirom na optimalnu visinu pH koji je 6.5, a nama se kretao oko 8.4 i tako visoki se zadržao do kraja pokusa (najniži zabilježen je bio 7,5 (Grafikon 1). Prema (Ozimec, 2015.) uzrok visokog pH je vapnenac iz batude (šljunak) koji je poslužio kao supstrat za biljke; nakon što se vapnenac istopio počeo je i opadati pH.



Grafikon 1. pH test kroz ciklus

## 2.5. Biofiltracija

Za uklanjanje otopljenih nečistoća iz vode u akvakulturi koriste se živi organizmi, tada govorimo o biološkoj filtraciji, što podrazumijeva svaku vrstu filtracije.

Dušik je esencijalni nutrijent za sve žive organizme koji se nalazi u nukleinskim kiselinama, proteinima, adenozin fosfatima, pigmentima i nukleotidima. Dušik u akvakulturi najprije gledamo kao sastavni dio produkta metabolizma uzgajanih organizama.

„Imamo četiri osnovna izvora dušičnog otpada:

- Izlučevine organizama (ureja, feces),
- Otpad nastao raspadanjem mrtvih organizama,
- Nepojedena hrana,
- Atmosferski dušik. „ (Šarić i sur., 2010.)

Nitrifikacija je proces uklanjanja amonijaka biofiltrom, a sastoji se od oksidacije amonijaka preko nitrita do nitrata. Denitrifikacija je proces koji se događa u anaerobnim uvjetima gdje se nitrati prevode u plinoviti dušik.

U organizmu ribe, amonijak nastaje kao jedan od krajnjih produkata metabolizma i izlučuje se škrgama i bubrezima. Amonijak se pojavljuje u dva oblika: neionizirani  $\text{NH}_3$  i ionizirani  $\text{NH}_4^+$ . Njihova pojedinačna koncentracija u vodi ovisi o pH, slanosti i temperaturi. Porast temperature i pH uzrokovat će i povećanje koncentracije neioniziranog amonijaka koji je iznimno toksičan za ribe. Ako snizimo pH povećat će se koncentracija  $\text{NH}_4^+$  koji je relativno neškodljiv za ribe.

Nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ) su međuprodukti u procesu nitrifikacije amonijaka do nitrata. Nitriti se odmah prevode u nitrati čim nastanu, ali ako se pojavi nedostatak kisika potrebnog za njihovu oksidaciju, koncentracija nitrita može doseći razinu koja je toksična za ribe. Štetno djelovanje nitrita se očituje u krvotoku gdje oksidiraju željezovnu hemoglobinu proizvodeći tako metahemoglobin, spoj karakteristične smeđe boje, koji uzrokuje bolest smeđe krvi.

Nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) su konačni produkt nitrifikacijskog procesa i najmanje su toksični od svih dušičnih spojeva. U recirkulacijskim sustavima razine nitrata se kontroliraju svakodnevnim izmjenama vode.

Proces nitrifikacije događa se u organizmu bakterija nasadenih na biofilter. Dvije skupine bakterija postoje koje zajednički obavljaju nitrifikaciju. Obje skupine karakteriziramo kao kemotsintetske autotrofne bakterije, jer dobivaju energiju iz organskih spojeva. „Oksidaciju amonijaka do nitrita obavljaju bakterije rodova *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* i *Nitrosovibrio*. Oksidaciju nitrita do nitrata obavljaju rodovi *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* i *Nitrospina*.“ (Šarić i sur., 2010.) Nitrifikacijske bakterije su obligatorni autotrofi i aerobi, što znači da im je CO<sub>2</sub> primarni izvor ugljika te im je za rast potreban kisik.

Nitrifikacijske bakterije u biofilteru prostor dijele sa heterotrofnim organizmima koji metaboliziraju organske spojeve. Ti organizmi (bakterije, protozoa) rastu brže od nitrifikacijskih bakterija i lako ih nadvladavaju u kompeticiji za kisik i prostor. Uklanjanjem krutih organskih čestica iz medija prije nego što uđe u biofilter, osiguravamo prostor i kisik za nitrifikacijske bakterije. O broju bakterija ovisi količina amonijaka koju će filter ukloniti, odnosno prevesti u drugi oblik. Što je veća površina filtera, znači da će i veća količina amonijaka biti uklonjena.

### 2.5.1. Biofilter

Biofilter je dio opreme koja radnim organizmima pruža optimalan prostor, te uvjete za rast i razvoj kako bi mogli učinkovito obavljati svoju zadaću. Idealan biofilter trebao bi odstraniti 100% ulaznog amonijaka bez zadržavanja nitrita, zauzimati mali prostor i biti jeftin u izradi i održavanju.

Takav idealni model ne postoji te se rabi više tipova biofiltera koji se razlikuju u odabiru radnog organizma, veličini, principu rada, materijalu izrade, a svaki ima svoje prednosti i nedostatke.

Podjela biofiltera se odnosi na odabir radnog organizma, koje dijelimo na biljne i bakterijske, a s obzirom na njihov rast, dijelimo ih na one sa pričvršćenom i raspršenom biomasom.

- Biljni biofilteri s pričvršćenom bio masom
- Biljni biofilteri s raspršenom biomasom (greenwater)
- Bakterijski biofilteri s pričvršćenom biomasom



### 3. Materijal i metode

Pokus je postavljen u zatvorenom i zaštićenom prostoru zgrade Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku (Slika 12). Sustav je pušten u rad 15.06.2014. (voda je puštena u recirkulacijski sustav iz gradskog vodovoda te ostavljena 24 sata da se deklorira).



Slika 12. Sastavljen akvaponski sustav  
Izvor: (foto O.Pavić)

#### 3.1. Elementi akvaponskog sustava u pokusu

##### 3.1.1. Akvaponski sustav

Sustav se sastoji od ribljeg bazena kapaciteta 1600 litara (Slika 13) s difuzorom i ozonatorom, vorteksa za skupljanje krutog otpada, biofiltera (tri kante kapaciteta 120 litara spojenih u seriju, napunjenih s biofilter kuglicama kao stanište za nitrifikacijske bakterije, zračna pumpa sa po jednim odvodom zraka u svaku kantu), šest ležaja za biljke kapaciteta 250 l (od toga dva su napunjena vodom kao medij za biljke, a četiri krutim medijem; batuda i hydroton granule) te sabirnim buretom kapaciteta 120 litara iz kojeg vodena pumpa vodu šalje ponovno u sustav.



Slika 13. riblji bazen kapaciteta 1600 litara; Izvor: (foto O. Pavić, 2013.)

### 3.1.2. Biofilter

Biofilter u susavu je ekspandirajući tip biofiltera u kojem se podloga za bakterije pokreće putem vodene struje i zrakom koji se upuhuje. (Slika 14)



Slika 14. Biofilter  
Izvor: (foto O. Pavić)

### 3.1.3. Ležaj za biljke

Ležaji za biljke su napravljeni od cisterni kapaciteta 1000 litara, kao supstrat stavljene su hydroton granule i batuda promjera 10-50 mm (Slika 15). Ležaji sa krutim medijem su se punili i praznili putem autosifona, dok su se ležaji sa tekućim medijem punili i praznili preljevno gravitacijom. Posljednja dva ležaja koji su



Slika 15 ležaj za biljke (hydroton granule, batuda)  
Izvor: (foto O. Pavić)

se nalazili iznad bazena za ribu su kružnog oblika, kapaciteta 110 litara, koji su također bili napunjeni krutim medijem (hydroton granule). Punili su se vodenom pumpom, a praznili autosifonom.

### Kronološki pregled:

17.06. 1000ml Easy Start



Slika 16. EasyStart

Izvor: <http://www.pet-centar.hr>

17.06. 15 komada tableta



Slika 17. Biofilter tabs

Izvor : <http://www.pet-centar.hr>

20.06. posađeno 25 sadnica jagoda (sorta albion)



Izvor: <http://www.fragaria.hr/>

24.06. dodano 15 komada tableta Biofilter tabs, te dodano 20g amonijev hidrogenkarbonata (ledeni kvasac)

početak mjerenja pH, temperature vode, temperature zraka, konc. amonijaka ,nitrita i nitrata, kisika u vodi, lux, EC



Slika 18 Biofilter tabs

Izvor : <http://www.pet-centar.hr>



Slika 19: amonijev hidrogenkarbonat  
Izvor: <https://upload.wikimedia.org/>

---

**26.6.** dodano 20g amonijev hidrogenkarbonata (ledeni kvasac)

---

**01.07.** dodano 10g amonijev hidrogenkarbonata

---

**08.07.** -pušteno 150 komada jednogodišnje mlađi šarana (prosijek 227g/komad)



Slika 20: mlađ šarana  
Izvor: <http://www.ribnjacarstvo-koncanica.hr/>

---

**01.10.2014.** uzeti uzorci jagoda (list i korijen)



Slika 21: korijen i list jagode  
Izvor: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia>

---



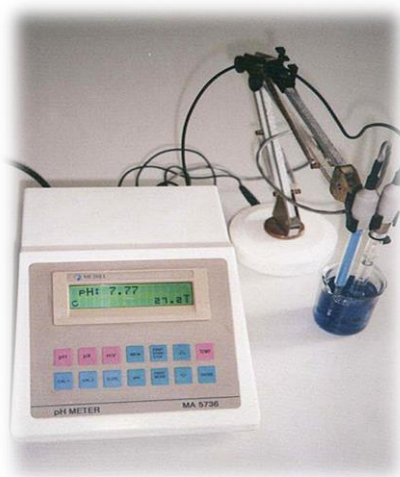
U periodu trajanja pokusa vršila su se mjerenja koncentracije amonijaka, nitrita, nitrata, pH, temperature vode i zraka, konc. kisika u vodi (fish tank), EC, lux.

Mjerenja konc.  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  i  $\text{NO}_3^-$  smo vršili pomoću API FRESHWATER MASTER KIT-a.



Slika 22: kit za mjerenje koncentracije amonijaka, nitrita, nitrata, pH, high range pH  
Izvor: autor

Za preciznije određivanje pH koristili smo uređaj kao sa slike



Slika 23 pH metar  
Izvor: autor

Za određivanje elektroprovodljivosti (EC) smo koristili uređaj ATC HI 9835



Slika 24 ATC HI 9835

Izvor: <http://www.amt-metriks.ba/cms/index.php?mjeraci-vodljivosti>

Jačinu osvjjetljenja u pokusu mjerili smo LUX metrom (PeakTech-digital lux meter)



Slika 25. lux metar

Izvor: autor

### 3.1.4. LED rasvjeta u sustavu

Led rasvjeta koja se koristila u pokusu je nepoznatog kineskog proizvođača zbog čega su se mjerile valne duljine kao bismo bili sigurni u kvalitetu svjetlosti koju je davala i potvrdili navode sa deklaracije koja se nalazila na kutiji proizvoda.

Lampa je jačine 300W i sastoji se od 300 led dioda svaka snage 1W, crvene i plave diode su jednako raspoređene po površini rasvetnog tijela.(Slika 25 i 26)



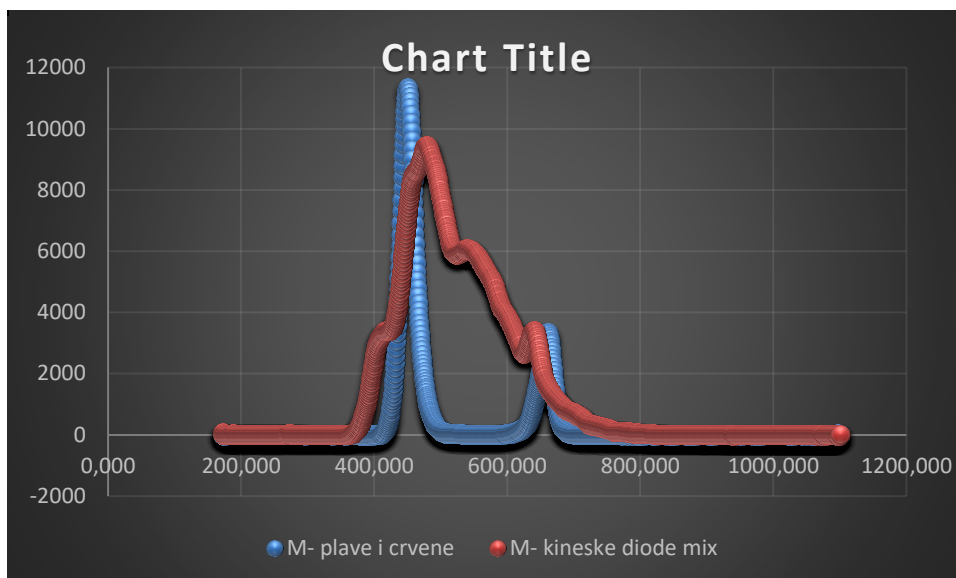
Slika26 led rasvjetno tijelo (300 W)

Izvor: autor



Slika 27 Led lampa 300w

Izvor: autor



Grafikon 2: valne duljine LED rasvjete korištene u istraživanju

Graf prikazuje valne duljine crvenog i plavog spektra osijetljenja Led lampe iz pokusa

Za mjerenje koncentracije kisika u vodi koristili smo uređaj HANNA HI9146-04



Slika 28. uređaj za mjerenje koncentracije kisika u vodi

Izvor: <http://www.edurashop.com>

Za mjerenje temperature zraka i vode koristili smo mjernu stanicu TFA



Slika 29. uređaj za mjerenje temperature zraka i vode (wireless)

Izvor: <http://pinova.hr>



Hrana za ribe koju smo koristili je visokoproteinska smjesa za šarana u obliku peleta (donacija PP Orhovica). (Slika 30 i 31)



Slika 30. i 31. hrana za šarana  
Izvor : autor

Tablica 1. Sastav hrane za šarane

<b>Sirovi proteini</b>	<b>30%</b>
<b>Sirovo ulje i sirova mast</b>	8,0%
<b>Sirova vlakana</b>	5,5%
<b>Kalcij</b>	1,65%
<b>Natrij</b>	0,25%
<b>Fosfor</b>	1,60%

Nakon perioda od dva i pol mjeseca trajanja pokusa, uzeti su uzorci tikva jagoda (list i korijen) te smo ih pripremili za daljnje analize (mineralni sastav). Uzorke smo najprije osušili te ih potom samljeli u metal free mlinu.

## 3.2. Kemijske analize

### 3.2.1. Elementarna analiza biljne tvari priprema osnovne otopine za analizu makroelemenata

Kemijska analiza mineralnog dijela biljne tvari sastoji se iz pripreme osnovne otopine uzorka (oksidacijom biljne tvari razaranjem ili spaljivanjem) i određivanja koncentracije elemenata u osnovnoj otopini. Zbog različitih koncentracija posebno se priprema osnovna otopina za analizu makroelemenata, a posebno za mikroelemente.

Razaranje mokrim postupkom (smjesom kiselina i vodik-peroksidom)

Na 05 g zraku suhe biljne tvari doda se 5 ml smjese kiselina (koncentrirana sulfatna kiselina koja sadrži 4 % perkloratne kiseline), a kada biljna tvar upije kiselinu, oprezno se doda 5 ml vodik-peroksida i zagrijava iznad plinskog plamenika ili u bloku za razaranje 10-ak minuta, tj. dok se otopina ne izbistri. Ohlađena otopina oprezno se razrjeđuje s 50 ml destilirane vode i kvantitativno filtrira u tikvicu od 100 ml, te se nakon hlađenja nadopuni do 100 ml destiliranom vodom. Dobijena osnovna otopina služi za određivanje N, P, K, Ca, Mg i Na, a ako želimo odrediti sadržaj S, za razaranje koristimo dušičnu kiselinu.

Postupak:

1. na analitičkoj vagi odvagati 0.5 ili 1.0 g suhe biljne tvari i prenijeti u kivetu za razaranje
2. u kivetu dodati nagibnom pipetom ili klipnom pipetom 5 ml smjese kiselina i pažljivo promiješati da biljna tvar upije kiselinu
3. dodati pažljivo ukupno 5-10 ml  $H_2O_2$  dodavajući klipnom pipetom ili graduiranom pipetom po 1 ml
4. zagrijavati kivetu s uzorkom i kiselinom na bloku za razaranje na temperaturi 350-400°C do potpunog razbistravanja otopine (10-20 minuta)
5. ohlađenu otopinu oprezno razrijediti dodavajući male količine destilirane vode do ukupno oko 40 ml
6. razrijeđenu otopinu kvantitativno profiltrirati kroz filter papir "plava traka" u odmjernu tikvicu od 100 ml
7. nakon potpunog hlađenja otopinu nadopuniti destiliranom vodom do oznake

Scrubber otopina (3 l otopine)

Potrebne kemikalije:

- -250 g NaOH
- -600 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- -100 mg bromtimolmodro indikatora
- -oko 3000 ml dest. H<sub>2</sub>O

Postupak:

-u čašu (od 5000ml) dodati 500 ml dest. H<sub>2</sub>O i u njoj otopiti 250 g NaOH, (reakcija je egzotermna, pa otapanje treba vršiti uz miješanje, a čaša treba biti uronjena u hladnu vodu.)

-čašu od 1000ml staviti na magnetnu mješalicu, u nju sipati dest.H<sub>2</sub>O, indikator bromtimolmodro, te pomalo dodavati Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Kad se dio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> otopi, odsipa se u otopljeni NaOH, te se postupak ponavlja dok se sav Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ne otopi (za ovaj postupak treba oko 2500 ml vode jer ukupni volumen Scrubber otopine u čaši treba biti 3000 ml). Ova količina Scrubber otopine, dovoljna je za razaranje od 80 do 100 uzoraka biljnog materijala (otopina se mora mijenjati kad se obezboji).

## Elementarna analiza biljne tvari određivanje koncentracije dušika destilacijom



Slika 32 Automatizirana Kjeldahl analiza

Izvor: autor

Za određivanje koncentracije dušika u uzorku biljne tvari koristi se osnovna otopina uzorka dobijena razaranjem smjesom kiselina. Destilacija dušika izvodi se istiskivanjem amonijaka iz otopine uzorka jakom lužinom u predložak kojeg čini kiselina poznate koncentracije, te se titracijom predložka nakon destilacije odredi utrošak kiseline i izračuna koncentracija dušika u uzorku.

### Postupak:

1. u Erlenmayer tikvicu od 100 ml pripremiti predložak pipetiranjem 10 ml 0.01 M  $H_2SO_4$  i 20 ml destilirane vode te dodati nekoliko kapi tašir indikatora
2. u stakleni lijevak za unos osnovne otopine odpipetirati S ili 10 ml osnovne otopine uzorka
3. približiti plamen generatoru pare (Kjeldahl tikvica sa zagrijanom destiliranom vodom)
4. završetak hladila uroniti u Erlenmayer tikvicu s priređenim predložkom
5. kada vodena para istisne zrak ili tekućinu iz cijevi u termos tikvicu, znači da je generiran dovoljan pritisak pare te tada treba iz staklenog lijevka pustiti uzorak u termos tikvicu
6. kroz isti lijevak brzo dodati 10 ml 40 % NaOH (prethodno odmjeriti u laboratorijsku čašu), isprati lijevak destiliranom vodom i brzo zatvoriti ulaz u termos tikvicu
7. plamen potpuno približiti generatoru pare da se ubrza proces zagrijavanja vode
8. pričekati do početka ključanja uzorka u termos tikvici i destilirati još najmanje 5 minuta

9. nakon toga predložak lagano odmaknuti uz ispiranje završetka hladila destiliranom vodom
10. nakon odmicanja predloška udaljiti plamen od generatora pare te će podtlak preostalu smjesu uzorka, vode i lužine izvući iz termos tikvice u odljev
11. predložak titrirati s 0.02 M NaOH do prelaska ljubičaste boje u zelenu
12. izračunati koncentraciju N u uzorku prema jednadžbi:

$$\%N = \frac{(a \times fa - b \times fb) \times 0.28 \times 100}{m}$$

a\_ ml 0.01 M H<sub>2</sub>S04 u predlošku

b \_ ml utrošene 0. 02 M NaOH za titraciju predloška

fa i fb \_ faktori kiseline i lužine (utvrditi pomoću titrivala)

m \_ alikvotna težina ST (mg ST u 5 ili 10 ml uzorka)

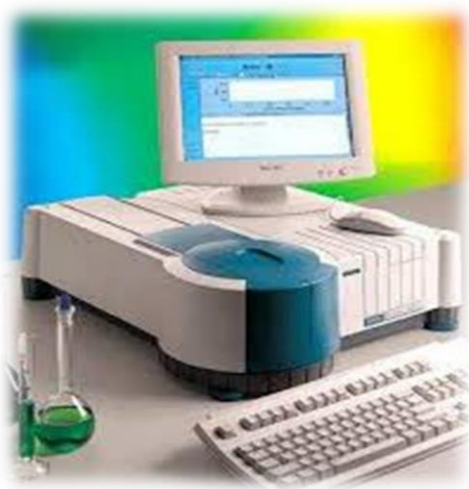
0.28 1 ml 0.01 M H<sub>2</sub>S04. veže 0.28 mg N

Postotak N pomnožen s 5.7 (za pšenicu) ili s 6.25 (u prosjeku) daje koncentraciju sirovih proteina.



*Slika 33 postupak u analizi  
Izvor: autor*

## Elementarna analiza biljne tvari određivanje koncentracije fosfora



Slika 34. Spektrofotometar

Izvor: Google slike

Za određivanje koncentracije fosfora u uzorku biljne tvari koristi se osnovna otopina uzorka dobijena razaranjem smjesom kiselina. Osnovna otopina uzorka koristi se za fosfonolibdensku metodu koja se temelji na mjerenju intenziteta plave boje spektrofotometrijski na 725 nm.

### Postupak:

1. prirediti seriju radnih standardnih otopina tako da se u tikvice od 100 ml pipetira 0, 1, 2, 3, 4, 5 i 6 ml osnovnog standarda za fosfor (osnovna otopina za fosfor: 0,4394 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  otopiti u 1000 ml destilirane vode), radni standardi će biti koncentracije 0-6  $\mu\text{g P ml}^{-1}$
2. u tikvicu od 100 ml odpipetirati 10 ml osnovne otopine uzorka
3. u svaku tikvicu (i standardi i uzorak) dodati redom:
  - 50 ml destilirane vode,
  - 5 ml amonij-molibdata (5 % amonij-molibdat: (5 g  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$  otopiti u 80 ml dest. vode) dodati 2,8 ml konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i dopuniti do 100 ml dest. vodom)
  - 1 ml natrij-sulfita (11% natrijev sulfid: 11 g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  otopiti u 100 ml dest. vode),
  - 1 ml hidrokinona (0,5 % hidrokinon: 0,5 g hidrokinona otopiti u 100 ml dest. vode)
  - nadopuniti do 100 ml destiliranom vodom.
4. sadržaj tikvica dobro promućkati i ostaviti u mraku 1 sat da se razvije boja

5. izmjeriti transmisiju (T) serije standarda i uzorka na spektrofotometru na 725 nm
6. izračunati apsorpciju ( $A = 2 - \log T$ ) za sve standarde i za uzorak, konstruirati kalibracijski dijagram i odrediti koncentraciju fosfora u uzorku (u  $\mu\text{g P ml}^{-1}$ )
7. izračunati postotak fosfora u suhoj tvari analizirane biljke prema jednadžbi:

$P$  \_ očitavanje s kalibracijskog dijagrama u  $\mu\text{g P ml}^{-1}$

$v$  \_volumen osnovne otopine pri razaranju uzorka u ml

$ml$  \_aliquotni volumen osnovne otopine ml

$m$  \_odvaga suhe tvari za pripremu osnovne otopine u g

$$\%P = \frac{P \times \left(\frac{v}{ml}\right) \times 10^{-2}}{m}$$

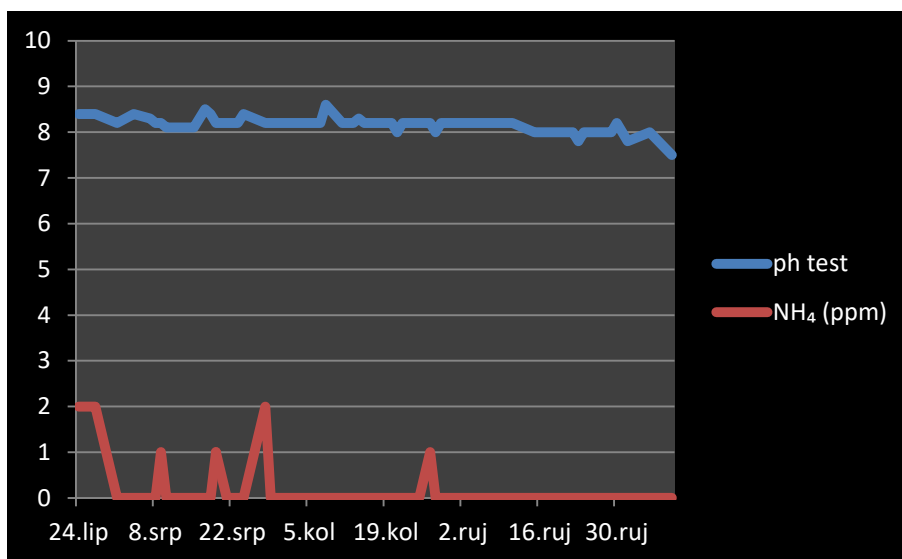
### 3.3. Statistička obrada podataka

Utvrđeni rezultati utjecaja različitog spektra svjetlosti (crvena, plava i nj. kombinacija) na masu, sadržaj dušika i fosfora u listu, odnosno korijenu analizirani su pomoću SAS Software 9.3 (2002.-2010., SAS Institute Inc., Cary, USA) i Microsoft Office Excell 2010. Korištena je statistička metoda analize varijance (ANOVA), odnosno značajnost utjecaja primijenjenih tretmana testirana je pomoću F testa i Fisher's LSD testa (eng. Least Significant Difference) pri pragu značajnosti od  $p \leq 0.05$ .

## 4. Rezultati

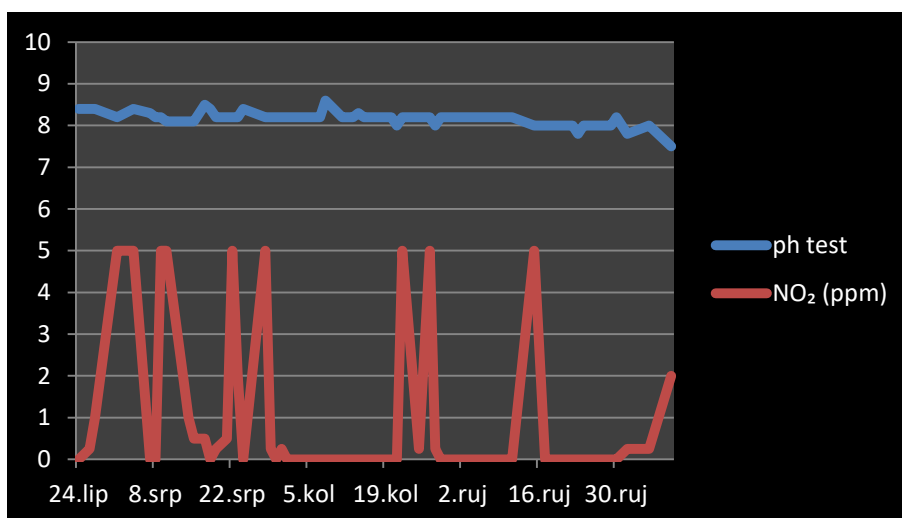
### 4.1. Sadržaj $\text{NH}_4$ , $\text{NO}_2$ i $\text{NO}_3$ u vodi akvaponskog sustava

$\text{NH}_4$  je na početku ciklusa imao vrijednost 2 ppm sa jednim velikim skokom u razdoblju od 22. srpnja do 29. srpnja, te je do kraja ciklusa vrijednost bila 0 ppm (Grafikon 3.). pH vrijednost je od početka bila viša od 8, te pred kraj ciklusa je pala na 7.4.



Grafikon 3:  $\text{NH}_4$  i pH test

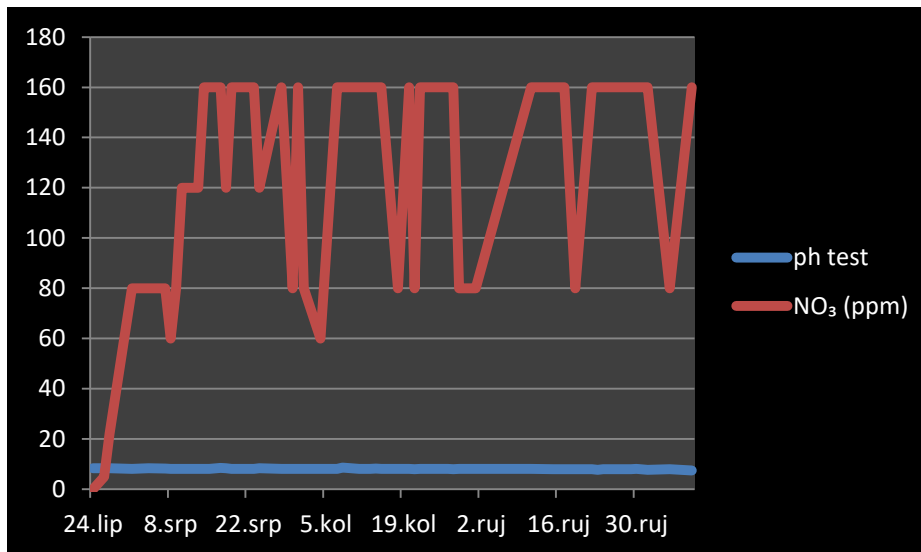
U grafikonu 4 vidljivo je da je  $\text{NO}_2$  kroz kompletan ciklus imao velike skokove do 0 ppm do maksimalne vrijednost 5 ppm. PH vrijednost je od početka bila viša od 8, te pred kraj ciklusa je pala na 7.4.



Grafikon 4:  $\text{NO}_2$  i pH test



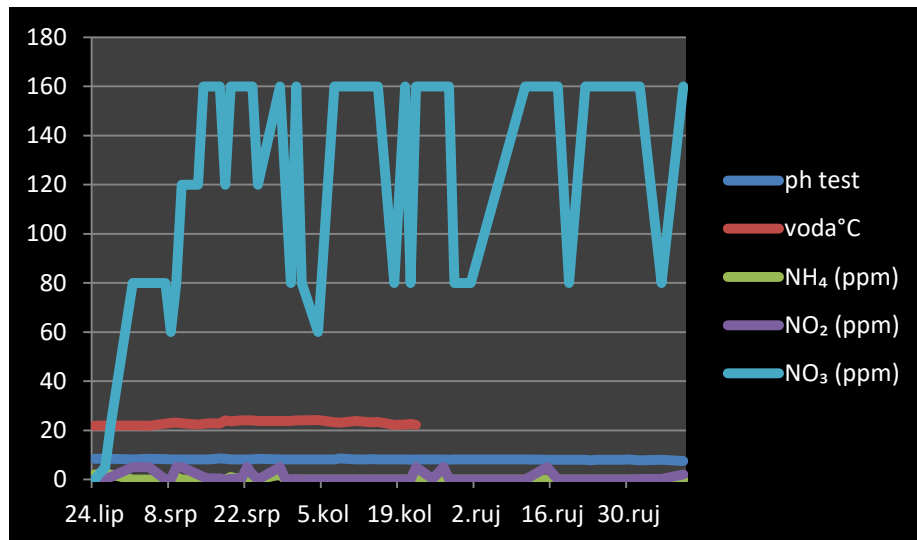
U grafikonu 5 vidljivo je da  $\text{NO}_3$  u početku ciklusa ima vrijednost 0 ppm, te da do kraja ciklusa je vrijednost varirala od 80 ppm do maksimalne vrijednosti 160 ppm. PH vrijednost je od početka bila viša od 8, te pred kraj ciklusa je pala na 7.4.



Grafikon 5:  $\text{NO}_3$  i pH test

#### 4.2. pH i temperatura vode

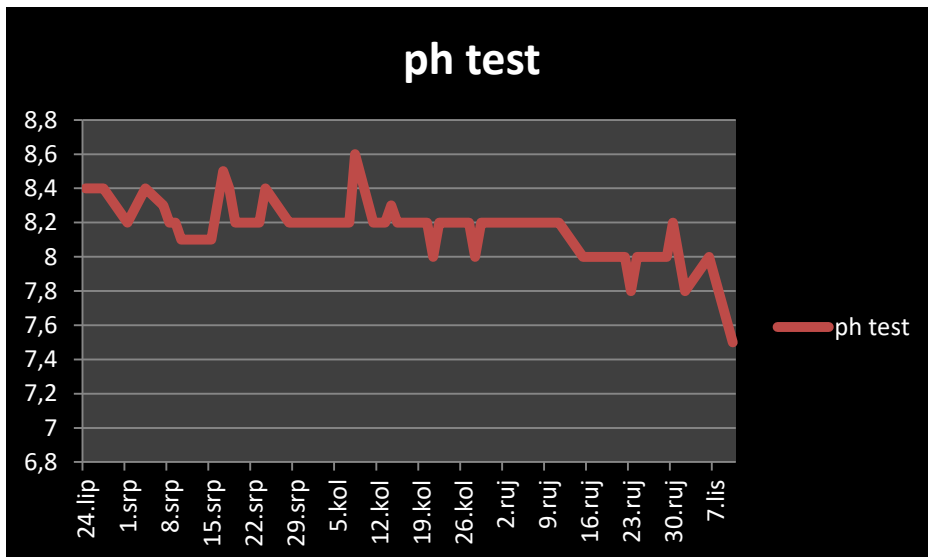
Iz Grafikona 6. vidi se da  $\text{NO}_3$  ima najveće oscilacije u odnosu na druge faktore koji su mjereni.



Grafikon 6:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ , temperatura vode i pH test

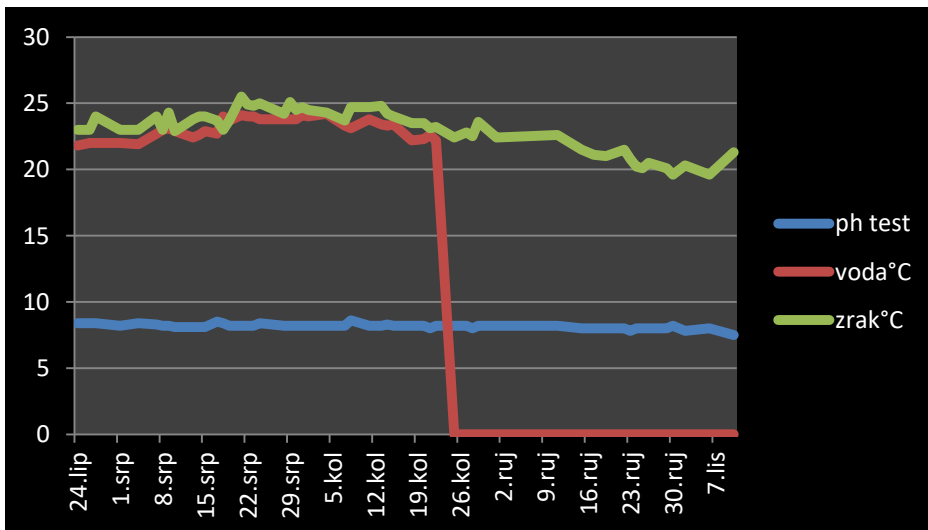
U grafikonu 7 vidljivo je da pH u početku ciklusa ima vrijednost 8.4. U razdoblju od 5. kolovoza do 12. kolovoza vrijednost raste na 8,6. Pred kraj ciklusa pH vrijednost pada na

7,5. Prema istraživanjima pH se samostalno smanjuje kroz određeni vremenski period na vrijednosti oko 7,5 koji je pogodan za biljke radi kvalitetnog usvajanja hraniva (Ozimec 2015.).



Grafikon 7: pH test

U Grafikonu 8. vidimo da temperatura zraka i vode nije imala utjecaj na vrijednost pH u akvaponском sustavu.

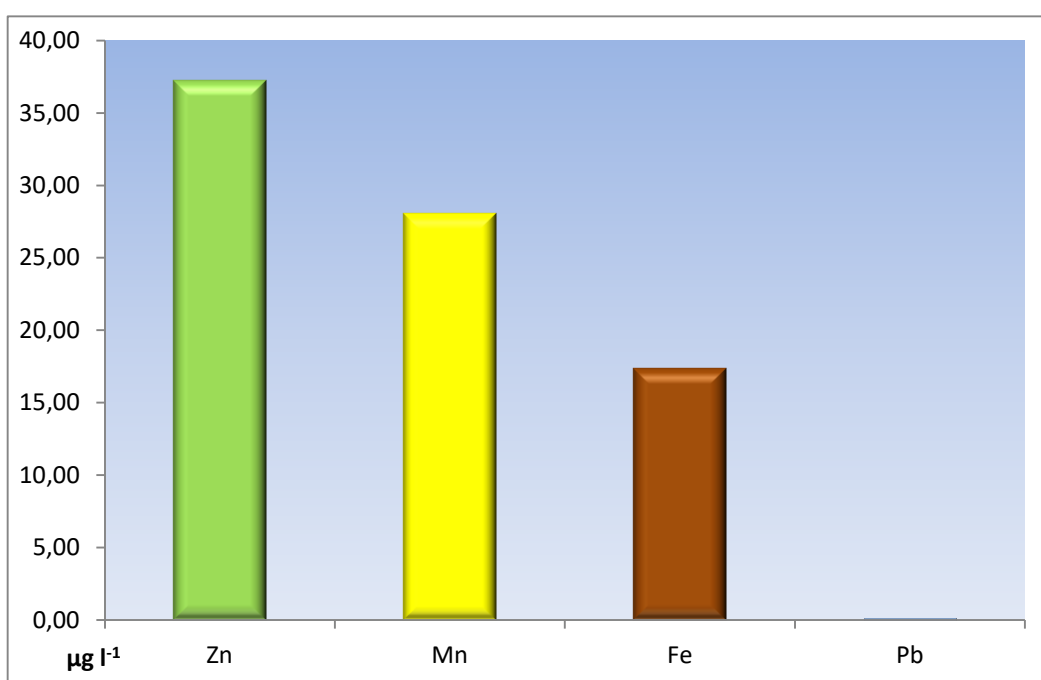


Grafikon 8: temperatura vode i zraka i pH test

### 4.3. Sadržaj mikroelementa u vodi

Ukupno je analizirano 24 uzorka vode u tri ponavljanja. U sustavu je upotrebljena voda za piće odležana nekoliko dana radi dekloriranja, a ukupni volumen vode iznosio je 2000 l. Koncentracija esencijalnih i toksičnih teških metala Zn, Mn, Fe, Ni, Cd i Pb analizirana je prema HR ISO 6869 standardu i izražena je u  $\mu\text{g l}^{-1}$  vode.

Koncentracija mikroelemenata u vodi akvaponskog sustava iznosio je 37,26  $\mu\text{g/l}$  Zn, 28,04  $\mu\text{g/l}$  Mn, 17,37  $\mu\text{g/l}$  Fe, 0,15  $\mu\text{g/l}$  Pb (grafikon 9). Sve navedene vrijednosti bile su ispod MDK (maksimalno dopuštenih koncentracija) prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 46/07).



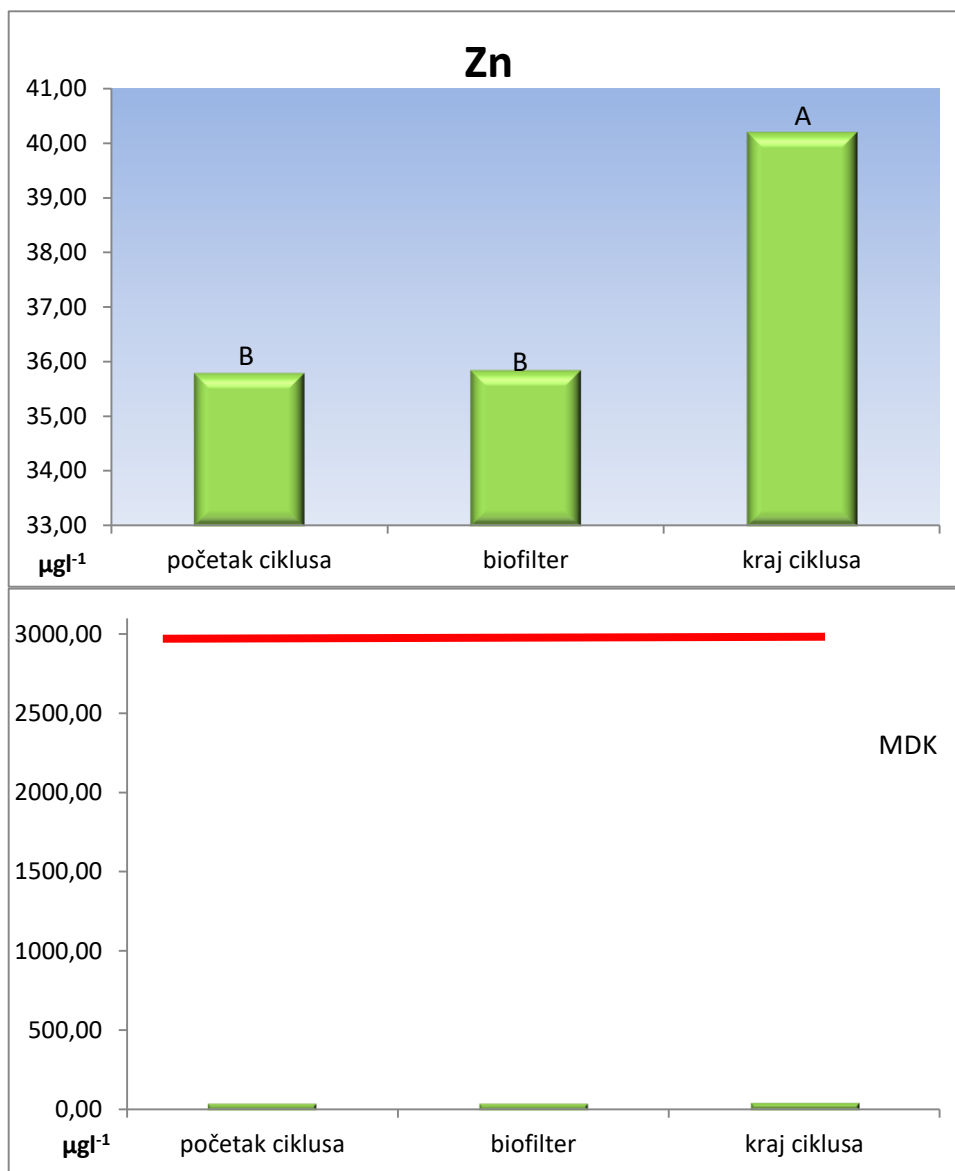
Grafikon 9. Koncentracije teških metala u vodi korištenoj u akvaponskom sustavu

Također, izmjerene su i koncentracije teških metala na početku uzgoja koje su se kretale u slijedu: Zn 35,8 > Mn 25 > Fe 15 > Pb 0,15 > Ni 0 > Cd 0, kao i koncentracije u još dvije točke proizvodnog sustava: izlaz iz biofiltera i kraj sustava. Tako na izlazu iz biofiltera nije utvrđena nikakva promjena koncentracije teških metala dok su se na kraju ciklusa koncentracije kretale u istom nizu, ali su bile nešto više kod esencijalnih mikroelemenata: Zn 40,2 > Mn 34 > Fe 22 > Pb 0,16 > Ni 0 > Cd 0.

Sve utvrđene koncentracije (grafikoni 9-13) u sve tri točke akvaponskog sustava bile su ispod MDK. Prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN46/07).

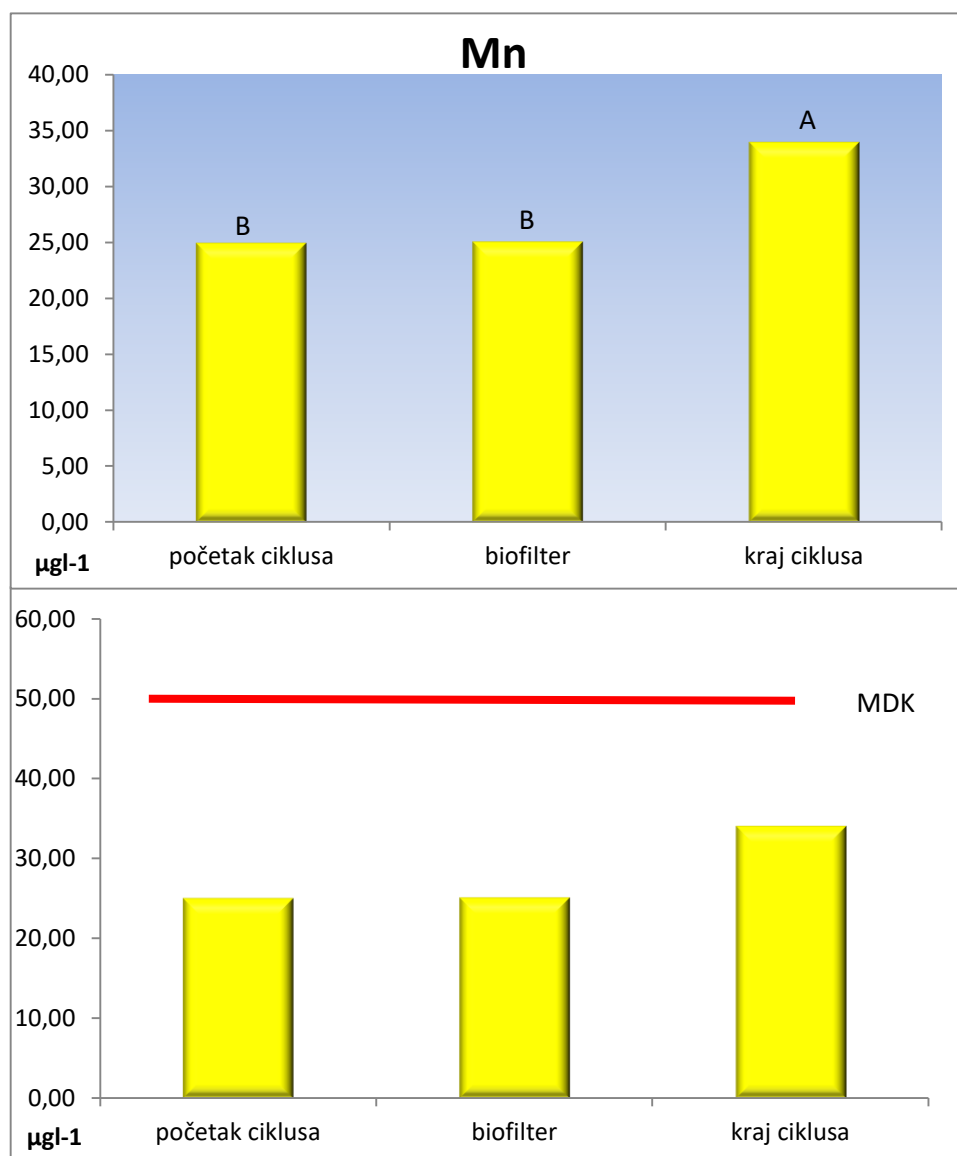
Iz grafikona 10. se vidi da je na kraju ciklusa statistički značajno sadržaj cinka veći u odnosu na početak ciklusa i sadržaj cinka u biofilteru.

Iz grafikona 10. maksimalne dopuštene koncentracije se vidi da je koncentracija cinka ispod granice MKD.



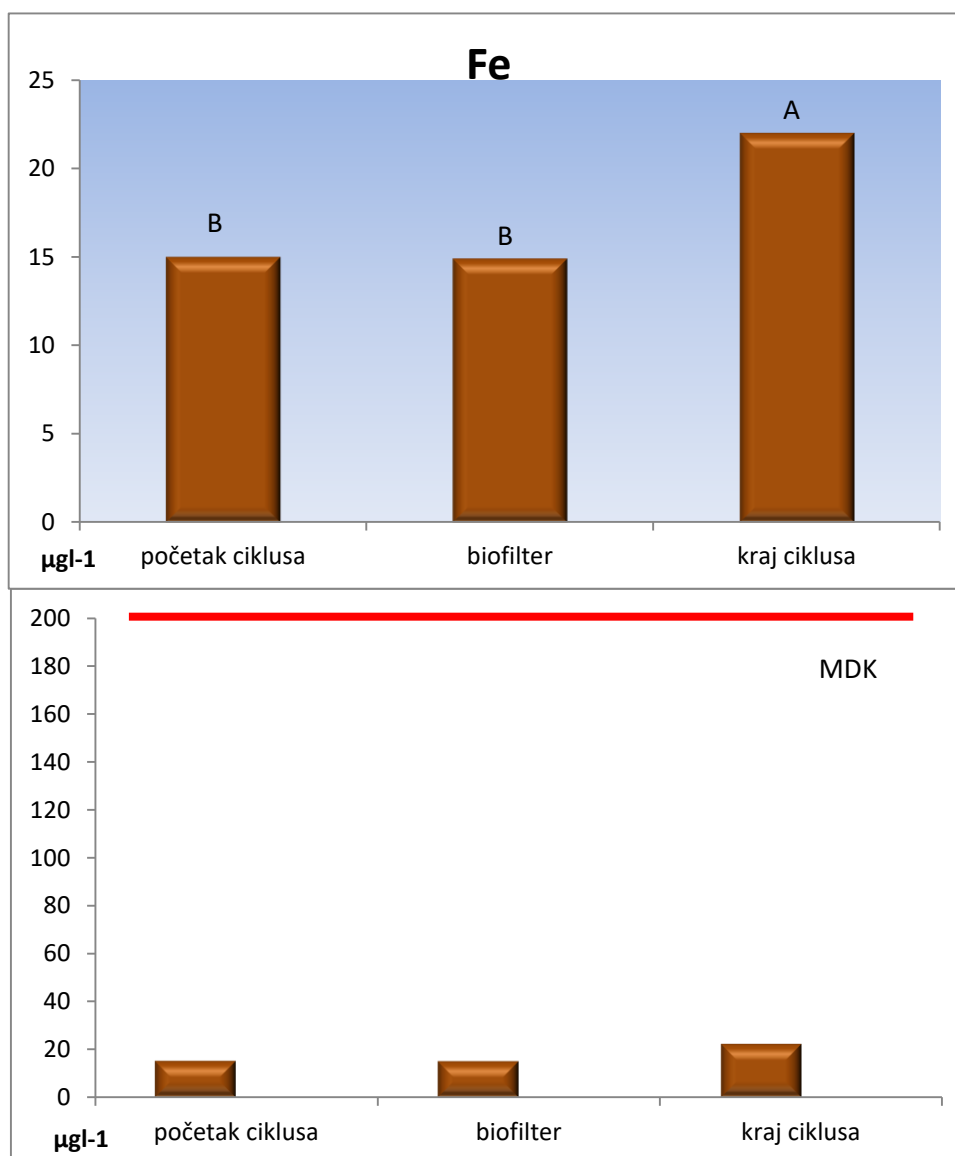
Grafikon 10. Koncentracije Zn u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK za Zn

Iz grafikona 11. se vidi da je na kraju ciklusa sadržaj mangana statistički značajno veći u odnosu na početak ciklusa i sadržaj mangana u biofilteru. Iz grafikona 11. maksimalne dopuštene koncentracije se vidi da je koncentracija mangana ispod granice MDK.



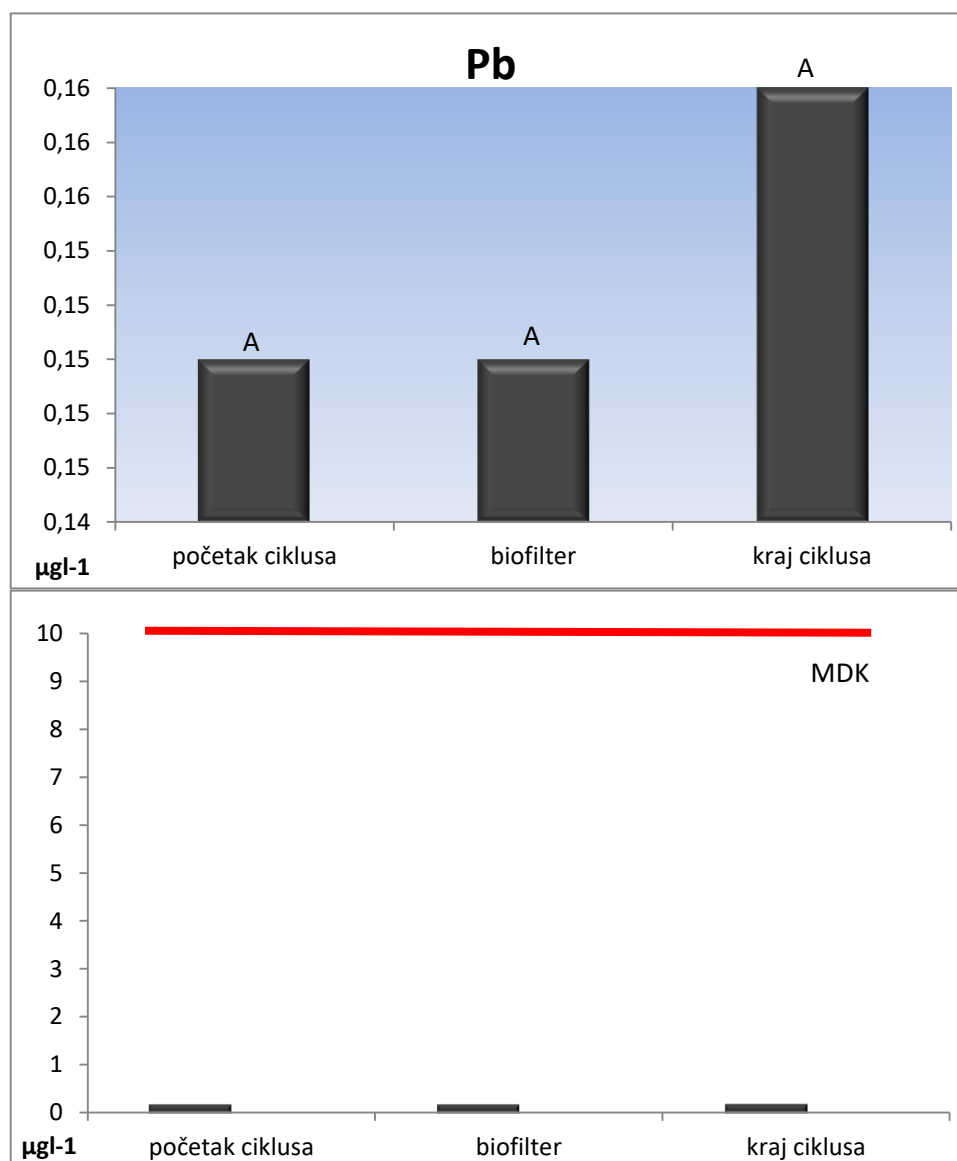
Grafikon 11. Koncentracije Mn u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK.

Iz grafikona 12. se vidi da je na kraju ciklusa sadržaj željeza statistički značajno veći u odnosu na sadržaj u početku ciklusa i sadržaju u biofilteru. Iz grafikona 12. maksimalne dopuštene koncentracije se vidi da je koncentracija željeza ispod granice MDK.



Grafikon 12. Koncentracije Fe u vodi akvaponkog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK.

Iz grafikona 13. se vidi da se sadržaj olova na kraju ciklusa nije statistički značajno razlikovao u odnosu na sadržaj s početka ciklusa i sadržaja u biofilteru. Koncentracija olova bila je ispod granice maksimalne dopuštene koncentracije - MDK (Grafikon 13.)



**Grafikon 13.** Koncentracije Pb u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK.



## 5. Rasprava

U istraživanju korištena je LED rasvjeta kao umjetni izvor svjetla. Provedeno je istraživanje utjecaja crvenog i plavog spektra odvojeno od izvora koji je davao i crveni i plavi spektar zajedano.

**Tablica 2.** Utjecaj spektra svjetlosti (C – crveni, P – plavi, MIX – kombinacija C i P) za promatrane parametre (masa – M, dušik – N, fosfor – P) u listu i korijenu jagode. Vrijednosti iste slovne oznake nisu statistički značajne: <sup>AB</sup> razina  $p \leq 0,05$

Tretmani	List			Korijen		
	M (g)	N (%)	P (%)	M (g)	N (%)	P (%)
C	1.0	1.58 <sup>C</sup>	0.23 <sup>C</sup>	1.0	1.12 <sup>A</sup>	0.22 <sup>AB</sup>
P	1.0	1.83 <sup>B</sup>	0.25 <sup>B</sup>	1.0	0.94 <sup>B</sup>	0.21 <sup>B</sup>
MIX	1.0	2.15 <sup>A</sup>	0.42 <sup>A</sup>	1.0	1.04 <sup>AB</sup>	0.24 <sup>A</sup>
<i>F test</i>	<i>0.66</i>	<i>34.31</i>	<i>3007.00</i>	<i>0.38</i>	<i>8.48</i>	<i>4.20</i>
<i>p</i>	<i>0.5529</i>	<i>0.0005</i>	<i>&lt;.0001</i>	<i>0.6978</i>	<i>0.0178</i>	<i>0.0723</i>

Primijenjeni tretmani (*Tablica 2.*) nisu značajno utjecali na ukupnu masu lista ( $p=0.5529$ ) i korijena ( $p=0.6978$ ). Koncentracija dušika ( $p=0.0005$ ; 2.15) i fosfora ( $p=<.0001$ ; 0.42) u listu je bila značajno veća pri tretmanu MIX. Značajno veću koncentraciju dušika ( $p=0.0178$ ) u korijenu dobivena je pri crvenom spektru C (1.12) i kombinaciji spektra MIX (1.04) između kojih nije bilo značajne razlike. Nije utvrđen značajan utjecaj tretmana na sadržaj fosfora u korijenu ( $p=0.0723$ ) iako je kod tretmana MIX (0.24) količina fosfora bila veća u odnosu na ostale primijenjene tretmane.

Iz rezultata možemo zaključiti kako je tretman s kombinacijom oba spektra (MIX = crveni + plavi) i u listu i u korijenu rezultirao većim sadržajem dušika (N %) i fosfora (P %). Dok je jedino na korijenu tretman s crvenim spektrom svjetlosti (C) dao podjednake rezultate kao i navedena kombinacija spektra (MIX). Nema razlike između spektra u masi lista i/ili korijena. Slične rezultate dobili su (Kuan-Hung Lin i sur.2012.), koji su proučavali utjecaj različitog spektra na salati.

Iz istraživanja vidljivo je da akvaponski sustav u ranim fazama uspostavljanja samog sustava prati visoki pH (Ozimec 2015.). Zbog visokog pH dolazi do slabijeg usvajanja većine neophodnih elemenata u ishrani bilja, te pojave kloroze. Kao posljedica niskih koncentracija teških metala, kako esencijalnih tako i toksičnih, na jagodama su primjećene kloroze usljed nedostatka ishranjenosti mikroelementima. Isto tako, s obzirom na visoki pH vode bilo je za očekivati pojavu kloroza neovisno o samoj koncentraciji mikroelemenata, tim više što je visok pH vode negativno utjecao i na usvajanje makroelemenata posebice fosfora.

Tijekom istraživanja mjerna je temperatura vode gdje je prosjek bio 23,11 °C. (Chow, 2002.) temperatura vode imala je utjecaj na deficijenciju kalcija u mladom lišću. Do uspostavljanja ravnoteže u akvaponskom sustavu dolazi postepeno, relativno visoki pH na početku, kroz vremensko razdoblje od godine dana počinje padati na optimalne vrijednosti za akvaponski sustav (Ozimec, 2015.). Tijekom starenja biljaka, kako korijen gubi svoju funkciju, dolazi do opadanja pH, uslijed oksidacije i propadanja korijena (University of Arizona 2014.)

Statistički značajna razlika u koncentraciji teških metala u vodi akvaponskih sustava utvrđena je između početka i kraja ciklusa za sve istraživane elemente osim za Pb (grafikoni 9-13).

## 6. Zaključci

- Koncentracije teških metala na početku uzgoja su se kretale u slijedu: Zn 35,8 > Mn 25 > Fe 15 > Pb 0,15 > Ni 0 > Cd 0.
- Na izlazu iz biofiltera nije utvrđena nikakva promjena koncentracije teških metala dok su se na kraju ciklusa koncentracije kretale u istom nizu, ali su bile nešto više kod esencijalnih mikroelemenata: Zn 40,2 > Mn 34 > Fe 22 > Pb 0,16 > Ni 0 > Cd 0.
- Niske koncentracije mikroelemenata za posljedicu su imale pojavu kloroza na jagodama.
- pH vode u akvaponskom sustavu bio je nepovoljan za usvajanje većine elemenata neophodnih u ishrani bilja.
- Kombinacija oba spektra (MIX = crveni + plavi) i u listu i u korijenu rezultirala je većim sadržajem dušika (N %) i fosfora (P %).

## 7. Popis literature

### Publikacije

- Miladin Šoškić prof.dr.(2009.): Jagoda, Srbija.
- Šarić i sur. (2010.): Biološki filtri u akvakulturi, Ribarstvo
- Barbara Ozimec (2015.): Pilot projekt akvaponskog sustava, Karlovac.

### Internet

- Akvaponski sustav  
<https://matrixworldhr.com/2013/09/25/akvaponija-kombinirani-uzgoj-povrca-i-ribe/> 15.09.2016
- LED rasvjeta  
[http://www.energetika.potrosac.hr/images/pdf/led\\_tehnologija.pdf](http://www.energetika.potrosac.hr/images/pdf/led_tehnologija.pdf) 17.09.2016
- LED dioda  
<http://e-radionica.com/wp/wp-content/uploads/2015/05/Screen-Shot-2015-05-18-at-19.12.15.png> 17.09.2016.
- Elektromagnetsko zračenje  
<http://cdn3.slideserve.com/6307441/spektar-elektromagnetskog-zra-enja-n.jpg>  
17.09.2016.
- Rasvjeta  
[https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor\\_daylight.jpg](https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor_daylight.jpg)  
14.09.2016.
- Rasvjeta  
<http://www.lipapromet.hr/Usluge/Projektiranje-svjetlotehnike/Profesionalnarsvjeta/tabid/70/itemid/350/amid/567/rasvjeta-sobnog-bilja.aspx> 18.09.2016.
- Akvaponski sustav  
<http://www.grozone.com/wp-content/uploads/2014/06/talapia-koi-aqua-ponics.jpg>  
15.09.2016.

- Metode uzgoja u akvaponskom sustavu  
<http://besurvival.com/wp-content/uploads/2016/01/aquaponics-system.jpg>  
15.09.2016.
- Slike prizvoda biofilter tabs <http://www.pet-centar.hr> 18.09.2016.
- Akvaponski sustav  
<http://www.grozone.com/wp-content/uploads/2014/06/talapia-koi-aqua-ponics.jpg>  
18.09.2016.
- Akvaponski sustav  
<http://besurvival.com/wp-content/uploads/2016/01/aquaponics-system.jpg>  
[19.09.2016.](http://besurvival.com/wp-content/uploads/2016/01/aquaponics-system.jpg)
- Uzgoj ribe u zaštićenom prostoru  
[http://europa.eu/rapid/exploit/2014/10/IP/HR/i14\\_1114.hri/Pictures/](http://europa.eu/rapid/exploit/2014/10/IP/HR/i14_1114.hri/Pictures/) 19.09.2016.
- Šaran  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Caprinus\\_carpio](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Caprinus_carpio)  
[19.09.2016](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Caprinus_carpio)
- Hidroponski uzgoj jagoda  
<http://pinova.hr/media/34> 10.09.2016.
- Spektar svjetla  
[https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor\\_daylight.jpg](https://www.volimljuto.com/wp-content/uploads/2013/02/outdoor_daylight.jpg)  
08.09.2016.
- pH  
<http://www.internetdict.com> 13.09.2016.
- Kuan-Hung Lina, Meng-Yuan Huangb, Wen-Dar Huangc, Ming-Huang Hsuc, Zhi-Wei Yangd, Chi-Ming Yang (2012.)  
The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*lactuca sativa* l. var. capitata) 20.09.2016.
- K.K. Chow (2002.)  
Effects of nitrogen, potassium, calcium concentrations and solution temperatures on the growth and yield of strawberry cv. redgauntlet in a nutrient film (nft) hydroponic system. 20.09.2016.
- University of Arkansas System Division of Agriculture Center for Agricultural and Rural Sustainability (2014.)

Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. 20.09.2016.

## 8. Sažetak

Istraživanje utjecaja pH na status dušika i fosfora u tkivu jagoda u akvaponskom sustavu, provedeno je na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku 2013 godine. Cilj istraživanja je bio istražiti mogućnost uzgoja jagoda u akvaponskom sustavu pri uvjetima visokog pH, različitih inertnih supstrata te kontroliranog osvjetljenja bez posljedica na ihtiofaunu.

Provedena su mjerenja svih važnih faktora koji utječu na rast i razvoj biljaka; temperatura vode i zraka, pH, koncentracije amonijaka, nitrita i nitrata, elektrokonduktivitet, koncentracije kisika otopljenog u vodi, jakost i spektralni sastav rasvjete. Nakon perioda od dva i pol mjeseca uzeti su biljni uzorci (list i korijen jagoda) te su provedene kemijske analize biljnog tkiva. Statistički značajna razlika u koncentraciji teških metala u vodi akvaponskih sustava utvrđena je između početka i kraja ciklusa, za sve istraživane elemente osim za Pb. Niske koncentracije mikroelemenata za posljedicu su imale pojavu kloroza na jagodama. pH vode u akvaponskom sustavu bio je nepovoljan za usvajanje većine elementa neophodnih u ishrani bilja. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je kombinacija plavog i crvenog spektra imala statistički značajan pozitivan utjecaj na koncentraciju dušika i fosfora u tkivu jagoda.



## 9. Summary

Research on the influence of pH on the status of nitrogen and phosphorus in the tissue of strawberries in aquaponic system was conducted at Faculty of Agriculture 2013. The aim was to explore the possibility of growing strawberries in aquaponic system in conditions of high pH, various inert substrate and controlled light without consequences on ichthyofauna.

Measurements of all the important factors that affect the growth and development of plants; water and air temperature, pH, ammonia, nitrite and nitrate, Ec, the concentration of oxygen dissolved in water, the intensity and spectral composition of light. After a period of two and a half months to take the herbal samples (leaf and root strawberry) and are carried out chemical analyzes of plant tissue. A statistically significant difference in the concentration of heavy metals in water of aquaponic system existed between the beginning and end of the cycle for all investigated elements except for Pb. Low concentrations of trace elements have resulted in the emergence of chlorosis on strawberries. The pH of water in aquaponic system was unfavorable for the adoption of most of the necessary elements in plant nutrition. From the results it is evident that the combination of the blue and red spectrum had a statistically significant positive effect on the concentration of nitrogen and phosphorus in tissue strawberries.

## 10. Popis tablica

Tablica 1. Sastav hrane za šarane 34

Tablica 2. Utjecaj spektra svjetlosti (C – crveni, P – plavi, MIX – kombinacija C i P) za promatrane parametre (masa – M, dušik – N, fosfor – P) u listu i korijenu jagode.

Vrijednosti iste slovne oznake nisu statistički značajne: AB razina  $p \leq 0,05$  50

## 11. Popis slika

Slika 1: akvaponski uzgoj	7
Slika 2: metode uzgoja (različiti supstrati)	8
Slika 3: uzgoj ribe u zaštićenom prostoru	9
Slika 4: šaran	9
Slika 5: hidroponski uzgoj jagoda	10
Slika 6. Spektar elektromagnetskog zračenja	14
Slika 7. Valne duljine vidljivog spektra	14
Slika 8. Vanjsko dnevno svjetlo	18
Slika 9. Simbol LED diode	21
Slika 10. Građa LED diode	22
Slika 11: optimalan raspon pH u akvaponskom sustavu	23
Slika 12: Sastavljen akvaponski sustav	26
Slika13: riblji bazen kapaciteta 1600 litara	26
Slika14 Bilofilter	27
Slika 15 ležaj za biljke (hydroton granule, batuda)	27
Slika 16 EasyStart	28
Slika 17 Biofilter tabs	28
Slika 18 Biofilter tabs	28
Slika 19: amonijev hidrogenkarbonat	29
Slika 20: mlađ šarana	29
Slika 21: korijen i list jagode	29
Slika 22: kit za mjerenje koncentracije amonijaka, nitrita, nitrata, pH, high range pH	30
Slika 23 pH metar	30
Slika 24 ATC HI 9835	31
Slika 25. lux metar	31
Slika26 led rasvjetno tijelo (300 W)	32

Slika 27 Led lampa 300w	32
Slika 28. uređaj za mjerenje koncentracije kisika u vodi	33
Slika 29. uređaj za mjerenje temperature zraka i vode (wireless)	33
Slika 30. i 31. hrana za šarana	34
Slika 32 Automatizirana Kjeldahl analiza	37
Slika 33 postupak u analizi	38
Slika 34. Spektrofotometar	39

## 12. Popis grafikona

Grafikon 1: pH test kroz ciklus	23
Grafikon 2: valne duljine LED rasvjete korištene u istraživanju	33
Grafikon 3: NH <sub>4</sub> i pH test	41
Grafikon 4: NO <sub>2</sub> i pH test	41
Grafikon 5: NO <sub>3</sub> i pH test	42
Grafikon 6: NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , temperatura vode i pH test	42
Grafikon 7: pH test	43
Grafikon 8: temperatura vode i zraka i pH test	43
Grafikon 9. Koncentracije teških metala u vodi korištenoj u akvaponskom sustavu	44
Grafikon 10. Koncentracije Zn u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK za Zn	45
Grafikon 11. Koncentracije Mn u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK	46
Grafikon 12. Koncentracije Fe u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK	47
Grafikon 13. Koncentracije Pb u vodi akvaponskog sustava u tri točke mjerenja u odnosu na MDK.	48

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer: Voćarstvo

## UTJECAJ VISOKOG pH NA STATUS DUŠIKA I FOSFORA U TKIVU JAGODA U AKVAPONSKOM SUSTAVU

Filip Welzer

**Sažetak:** Istraživanje utjecaja pH na status dušika i fosfora u tkivu jagoda u akvaponskom sustavu provedeno je na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku 2013 godine. Cilj istraživanja je bio istražiti mogućnost uzgoja jagoda u akvaponskom sustavu pri uvjetima visokog pH, različitih inertnih supstrata te kontroliranog osvjetljenja bez posljedica na ihtiofaunu.

Provedena su mjerenja svih važnih faktora koji utječu na rast i razvoj biljaka; temperatura vode i zraka, pH, koncentracije amonijaka, nitrata i nitrita, elektrokonduktivitet, koncentracije kisika otopljenog u vodi, jakost i spektralni sastav rasvjete. Nakon perioda od dva i pol mjeseca uzeti su biljni uzorci (list i korijen jagoda) te su provedene kemijske analize biljnog tkiva. Statistički značajna razlika u koncentraciji teških metala u vodi akvaponskih sustava utvrđena je između početka i kraja ciklusa, za sve istraživane elemente osim za Pb. Niske koncentracije mikroelemenata za posljedicu su imale pojavu kloroza na jagodama. pH vode u akvaponskom sustavu bio je nepovoljan za usvajanje većine elementa neophodnih u ishrani bilja. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je kombinacija plavog i crvenog spektra imala statistički značajan pozitivan utjecaj na koncentraciju dušika i fosfora u tkivu jagoda.

**Rad je izrađen pri:** Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević

**Broj stranica:** 59

**Broj grafikona i slika:** 47

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 21

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** pH, nitrogen, phosphorus, strawberry, aquaponic

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. Izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević, mentor
3. Doc.dr.sc. Miroslav Lisjak, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agriculture in Osijek**  
**University graduate study, course: Fruit growing**

**Graduate work**

## **INFLUENCE OF PH ON THE STATUS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN THE TISSUE OF STRAWBERRIES IN AQUAPONIC SYSTEM**

Filip Welzer

**Abstract:** Research on the influence of pH on the status of nitrogen and phosphorus in the tissue of strawberries in aquaponic system was conducted at Faculty of Agriculture 2013. The aim was to explore the possibility of growing strawberries in aquaponic system in conditions of high pH, various inert substrate and controlled light without consequences on ichthyofauna.

Measurements of all the important factors that affect the growth and development of plants; water and air temperature, pH, ammonia, nitrite and nitrate, Ec, the concentration of oxygen dissolved in water, the intensity and spectral composition of light. After a period of two and a half months to take the herbal samples (leaf and root strawberry) and are carried out chemical analyzes of plant tissue. A statistically significant difference in the concentration of heavy metals in water of aquaponic system existed between the beginning and end of the cycle for all investigated elements except for Pb. Low concentrations of trace elements have resulted in the emergence of chlorosis on strawberries. The pH of water in aquaponic system was unfavorable for the adoption of most of the necessary elements in plant nutrition. From the results it is evident that the combination of the blue and red spectrum had a statistically significant positive effect on the concentration of nitrogen and phosphorus in tissue strawberries.

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek  
**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Stanisavljević

**Number of pages:** 59  
**Number of figures and pictures:** 47  
**Number of tables:** 2  
**Number of references:** 21  
**Number of appendices:** 0  
**Original in:** Croatian

**Key words:** pH, nitrogen, phosphorus, strawberry, aquaponic

### **Reviewers:**

1. Brigita Popović, Ph.D., assoc. prof., president
2. Aleksandar Stanisavljević, Ph.D. assoc. prof., mentor
3. Miroslav Lisjak, Ph.D., asst. prof., member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d