

PRELIMINARNI MONITORING AKVAPONIČNEGA SISTEMA V BIOTEHNIŠKEM CENTRU NAKLO

Preliminary Monitoring of an Aquaponic System in Biotechnical Centre Naklo

Barbara Podgrajšek, barbara.podgrajsek3112@gmail.com

Zala Schmutz, dipl. san. inž., zala.schmutz@gmail.com

dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, aleksandra.krivograd@zf.uni-lj.si

Klara Jarni, univ. dipl. biol., klara.jarni@zf.uni-lj.si

prof. dr. Ranka Junge, ranka.junge@zhaw.ch

doc. dr. Tjaša Griessler Bulc, tjasa.bulc@zf.uni-lj.si



Izvleček

Akvaponika je krožni sistem, v katerem se hkrati pridelujejo rastline in ribe. Bakterije v sistemu pa pretvarjajo ribje presnovke in ostanki ribje hrane v hranila, potrebna za rast rastlin. Ta način je okolju prijazen, saj je pridelava hrane mogoča z zelo majhno porabo vode in brez dodajanja umetnih gnojil in pesticidov. V Biotehniškem centru Naklo je bil v okviru projekta AQUA-VET postavljen pilotni sistem akvaponike z namenom prenosa tehnologije akvaponike in pripadajočih učnih enot v poklicno in strokovno izobraževanje z namenom razvoja novega poklica »akvaponični kmetovalec« v slovensko okolje. V mesecu oktobru in novembru 2013 smo v pilotnem sistemu izvedli fizikalna, kemijska in mikrobiološka testiranja vode. Pridobljeni rezultati bodo služili za nadaljnji razvoj pedagoškega in strokovnega dela.

Ključne besede: akvaponika, krapi, kroženje, hranila, voda, pridelava zelenjave

Abstract

Aquaponic is a recirculating food production system where fish and plants are cultivated utilizing natural bacterial cycles which convert fish waste to plant nutrients. This system is environmentally friendly considering the food is produced with low water consumption and without any chemical fertilizers or pesticides. A pilot aquaponic system has been constructed in Biotechnical center Naklo within AQUA-VET project. The main goal was transfer of aquaponic technology and associated learning units in vocational and technical education in order to develop a new profession "aquaponic farmer" in the Slovenian environment. Physical, chemical and microbiological analyses of water have been carried out in October and November 2013 in pilot system. Results will be used in further academic and professional work.

Key words: Aquaponic, Carp, Recirculation, Nutrients, Water, Vegetable production

1 UVOD

Akvakultura v svetu postaja vse bolj pomembna, predvsem zaradi naraščajočega povpraševanja po ribah in prekomernega izlova rib v morjih in oceanih. V Sloveniji se je zaradi zmanjšanja območja ribolova, kjer lovijo slovenski ribiči, v zadnjih 20 letih zmanjšal gospodarski ulov rib v morju za več kot 10-krat. Izpad morskega ulova lahko nadomestimo tudi z večjo proizvodnjo rib iz akvakulture (FAO, 2011; Krivograd Klemenčič et al., 2013).

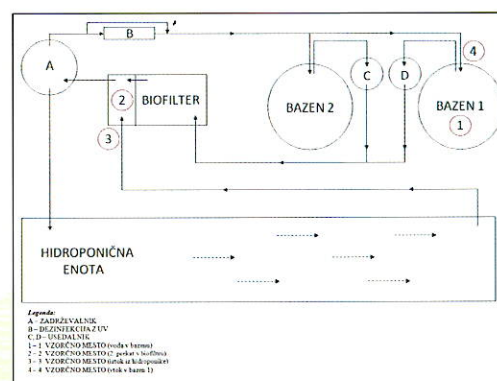
Klasične metode ribogojstva so le redko naravnane trajnostno, saj proizvajajo velike količine odpadne vode, bogate s hranili (ostanki hrane, ribji urin in iztrebki), in so pogosto obremenjene tudi s kemičnimi snovmi (antibiotiki, klor). Če odpadne vode iz ribogojnic spuščamo v okolje brez ustreznega čiščenja, ima to lahko velik negativni vpliv na vodna telesa (npr. evtrofikacija) (Krivograd Klemenčič et al., 2013).

Akvaponika (ang. *Aquaponic*) je sistem pridelovanja hrane, v katerem hkrati pridelujemo rastline, najpogosteje zelenjavo in zelišča, ter ribe.

V sistemu voda neprestano kroži, ribji presnovki in ostanki ribje hrane pa se s pomočjo bakterij pretvarjajo v hranila, uporabna za rast rastlin (Aquaponic Gardening Community, 2010). Rastline v sistemu tako očistijo vodo (Endut et al., 2011). Akvaponika je zaradi uporabe naravnih hranil in majhne porabe vode okolju prijazna ter primerna predvsem na področjih s pomanjkanjem vode (Al-Hafedh, 2008).

Oktobra 2012 se je začel evropski projekt z naslovom »Uvajanje akvaponike v poklicno izobraževanje in usposabljanje: Orodja, učne enote in izobraževanje učiteljev« s kratiko **AQUA-VET**. Gre za projekt Svezivljenskega učenja, ki je financiran v okviru programa Leonardo da Vinci – Prenos inovacij, in stremlji k prenosu tehnologije akvaponike in pripadajočih učnih enot v poklicno in strokovno izobraževanje z namenom razvoja novega poklica »akvaponični kmetovalec«. Vključeni so partnerji iz Švice, Slovenije in Italije. V Sloveniji v projektu sodelujejo Zdravstvena fakulteta Univerze v Ljubljani, Biotehniški center Naklo in Inštitut za vodo Republike Slovenije. V okviru projekta smo v Biotehniškem centru Naklo postavili pilotni akvaponični sistem, ki bo služil kot učna enota. Eden od ciljev predstavljenega poskusa je bil vzpostavitev in spremljanje delovanja akvaponičnega sistema z namenom nadaljnjih izboljšav.

2 OPIS AKVAPONIČNEGA SISTEMA



Slika 1: Shema akvaponičnega sistema

Akvaponični sistem (slika 1) je sestavljen iz dveh okroglih bazenov za ribe, vsak z volumnom 1,7 m³. V prvi bazen smo vložili 36 krapov (*Cyprinus carpio* L.) v skupni teži 20,5 kg, drugi bazen smo pustili prazen zaradi možnosti kasnejšega povečanja obremenitve. Okrogla oblika bazenov zagotavlja stalno kroženje vode v posameznem bazenu oziroma preprečuje zadrževanje vode v mrtvih kotih. V sredini vsakega bazena je na dnu nameščena perforirana cev za odstranjevanje grobih delcev in usedlin. Vsak bazen ima usedalnik za zadrževanje grobih delcev. Voda se pretaka iz bazenov preko usedalnika na biofilter z dvema prekatoma. Prvi prekat je napolnjen s posebnimi nosilci za biomaso, izdelanimi iz polietilena visoke gostote (HDPE, Plastech). Zmogljivosti biofiltera smo dodatno povečevali z vpihavanjem zraka, in sicer 2100 L/h. Iz prvega prekata se voda na dnu prelija v drugi prekat, kjer se nahaja črpalka s plovnim stikalom. Delovanje črpalke je odvisno od dotoka vode v bazen z ribami. Ob večjem pretoku sistem deluje konstantno, v primeru manjšega pretoka pa se črpalka avtomatsko izklopi. Črpalka vodo črpa v zbiralnik, od koder je z ventilom za regulacijo speljana cev na hidroponično enoto s skupno površino 10

m² in z višino vode med 2–5 cm. Vodo, ki se preko zadrževalnika vrača v bazene, smo dezinficirali z ultravijolično svetilko (UV) (FIAP UV Active 35 W) in učinkovitost dezinfekcije preverjali z mikrobiološkimi preiskavami. Izток iz hidroponične enote je speljan v drugi prekat biofiltra, iz katerega se voda ponovno črpa v zadrževalnik. V času izvajanja poskusa je bila hidroponična enota zasajena s sadikami ljubljanske ledenke (*Lactuca sativa* L.) in motovilca (*Valerianella locusta* L.) v lončkih, napolnjenih s kameno volno (Knauf insulation, TPS). Za substrat je primeren vsak porozen material, v katerem ni prisotnih fitofarmaceutskih sredstev in ni možne ionske izmenjave. Substrat zagotavlja rastlinam dostop do vode, kisika, hranil in oporo (Pappa, 2013).

3 MONITORING

Raztopljeni kisik, pH, električno prevodnost, temperaturo vode, amonijev dušik (NH₄-N), nitritni dušik (NO₂-N), nitratni dušik (NO₃-N), orto-fosfat (PO₄-P), celokupni fosfor (TP), kemijsko potrebo po kisiku (KPK) in biokemijsko potrebo po kisiku v petih dneh (BPK5) smo analizirali enkrat tedensko od 23. oktobra do 20. novembra 2013 na štirih vzorčnih mestih (slika 1). Skupno smo na vsakem vzorčnem mestu odvzeli pet vzorcev. Mikrobiološke parametre smo analizirali le na dveh vzorčnih mestih, pred in po UV, ker nas je zanimala učinkovitost dezinfekcije z UV. Analize smo izvajali na Zdravstveni fakulteti Univerze v Ljubljani po standardih SIST EN ISO 6222 in SIST EN ISO 9308-1. Krape smo stehali pred začetkom in po koncu delovanja sistema. Krmili smo jih s krmno mešanico za krape (AQUA 1032 SWIM, proizvajalca Garant-Tiernahrung GmbH), in sicer 1,5 % skupne teže rib, oziroma manj, v kolikor je prišlo do zavračanja hrane. Za poskus smo izbrali krape, ki so za temperaturo in kakovost vode zelo neobčutljiva vrsta (Evropska komisija, 2012). Poleg krapov lahko v sistemih uporabimo tudi druge vrste rib, kot so šarenke, tilapije, zlate ribice itd. (Grabner in Junge, 2009; Petrea, 2013; Shete et al., 2013). Rast rastlin smo ocenili vizualno z odstotkom pokrite površine.

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

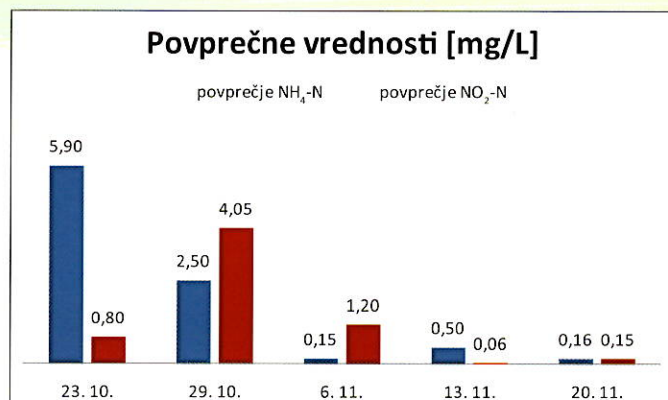
V tabeli 1 so prikazane izmerjene vrednosti fizikalnih in kemijskih parametrov. Vrednosti raztopljenega kisika in pH-vrednosti so ustrezale optimalnim vrednostim glede na Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Ur. l. RS, št. 46/2002, 41/2004). Večino trajanja poskusa smo opazili povečane vrednosti NH₄-N in NO₂-N ter TP, kar pripisujemo dejstvu, da se biofilm v biofiltru še ni ustvaril. Tako je prišlo do močnega povečanja NH₄-N in NO₂-N, saj ni bilo v zadostni meri prisotnih nitrifikacijskih bakterij, kar se je odražalo tudi v nizkih vrednostih NO₃-N (< 0,3 – 15,0 mg/L).

Temperatura v sistemu je stalno padala (iz 17 °C 23. 10. na 8 °C 20. 11.) zaradi monitoringa v času pozne jeseni in je bila na koncu glavni razlog za ustavitev sistema, saj temperature pod 10 °C onemogočajo procese nitrifikacije (Zhen et al., 2012). Rezultati vzorčenj so potrdili začetek delovanja biofiltra, saj so se vrednosti NH₄-N in NO₂-N med vzorčenjem zmanjševale in približale mejnim vrednostim (slika 2).

Tabela 1: Povprečne vrednosti (± standardna deviacija) in interval vrednosti za vzorce v bazenu 1 in po mehanskem in biološkem čiščenju ter UV-svetlobo v primerjavi s slovensko zakonodajo v akvaponičnem sistemu. Presežene vrednosti so označene odebeljeno.

Parameter	Enota	Bazen 1		Biofilter		Iztok iz hidroponike		Vtok v bazen 1		Mejne vrednosti glede na Uredbo ¹
		Povprečje ± s. d.	Interval vrednosti	Povprečje ± s. d.	interval vrednosti	Povprečje ± s. d.	interval vrednosti	Povprečje ± s. d.	interval vrednosti	
Razt. kisik	mg/L	4,98 ± 0,22	4,70–5,20	4,98 ± 0,22	4,70–5,20	5,10 ± 0,19	4,90–5,40	5,22 ± 0,31	4,90–5,70	5,00 ≤
pH	/	7,45 ± 0,13	7,33–7,60	7,37 ± 0,11	7,20–7,49	7,61 ± 0,09	7,50–7,72	7,25 ± 0,35	6,81–7,66	6,00–9,00
El. prevodnost	μS/cm	310 ± 105	191–404	306 ± 116	174–409	310 ± 111	186–400	315 ± 106	198–400	/
Temperatura	°C	13,10 ± 6,75	8,70–17,10	12,6 ± 3,91	8,50–16,70	12,60 ± 4,04	8,00–16,90	12,70 ± 4,00	8,10–17,00	/
NH ₄ -N	mg/L	1,90 ± 2,54	0,11– 6,10	1,75 ± 2,54	0,10– 5,90	1,80 ± 2,34	0,10– 5,60	1,91 ± 2,48	0,16– 6,00	≤ 0,16
NO ₂ -N	mg/L	1,24 ± 1,61	0,06–4,00	1,24 ± 1,61	0,06–4,00	1,24 ± 1,61	0,06–4,00	1,28 ± 1,70	0,06–4,20	≤ 0,01
KPK	mg/L	22,80 ± 6,26	16,00–29,00	21,8 ± 3,03	18,00–26,00	18,80 ± 4,55	14,00–24,00	20,00 ± 2,74	16,00–23,00	/
PO ₄ -P	mg/L	1,15 ± 0,79	0,48–2,48	0,77 ± 0,28	0,46–1,15	0,73 ± 0,30	0,42–1,09	0,80 ± 0,44	0,48–1,56	/
TP	mg/L	3,49 ± 2,41	1,45–7,52	2,33 ± 0,85	1,39–3,47	2,22 ± 0,91	1,28–3,31	2,42 ± 1,34	1,46–4,74	≤ 0,40

¹ Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (Ur. l. RS, št. 46/2002, 41/2004)



Slika 2: Povprečne vrednosti NH₄-N in NO₂-N v akvaponičnem sistemu v Biotehniškem centru Naklo

Naselitev krapov je bila dobra izbira, saj v času poskusa nismo zabeležili nobenega pogina. Po sedmih tednih smo ribe ponovno stehali in dobili 28,6-odstotni prirast skupne mase. Rast rastlin na hidroponični gredi lahko prav tako ocenimo kot pozitivno, saj smo iz kalčkov dosegli približno 40-odstotno pokritost površine.

Mikrobiološke preiskave, ki smo jih izvedli pred UV (v biofiltru) in po UV (vtok na bazen 1), so pokazale, da je UV deloval, saj je bilo skupno število mikroorganizmov (SŠMO) po UV občutno manjše, skupnih koliformnih in fekalnih koliformnih bakterij pa v sistemu nismo zaznali (Tabela 2).

Tabela 2: Povprečne vrednosti (± standardna deviacija) in rang za mikrobiološke vzorce v biofiltru in po UV na vtoku v bazen¹

Parameter [CFU/mL]	Biofilter		Vtok na bazen 1	
	Povprečje ± s. d.	interval vrednosti	Povprečje ± s. d.	interval vrednosti
SŠMO (22 °C)	440 ± 632	150–2000	140 ± 309	0–830
SŠMO (37 °C)	906 ± 800	150–2500	472 ± 476	160–1700
Skupne koliformne bakterije	238 ± 132	0–440	0	0
Fekalne koliformne bakterije	0	0	0	0

5 ZAKLJUČEK

Pokazali smo, da sistem akvaponike lahko deluje tudi pri nižjih temperaturah. Izbrali smo manj občutljive vrste rib in zelenjave. Do visokih vrednosti amonijevega in nitritnega dušika je v sistemu prišlo predvsem zaradi nezadostnega časa, ki bi bil potreben za vzpostavitev delovanja biofiltra. V naslednjem sklopu poskusov, ki se bodo pričeli marca 2014, pričakujemo zaradi pomladne sezone in s tem višjih temperatur, hitrejšo rast rastlin, boljše čistilne sposobnosti sistema in večji doprinos k skupni teži pridelka (rib in zelenjave).

6 LITERATURA

- Al-Hafedh, Y., et al. Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. *Journal of the World Aquaculture Society*: 2008, let. 39, št. 4, str. 510–520.
- Aquaponic Gardening Community. Aquaponics glossary of terms (online). 2010. (citirano 21. 12. 2013). Dostopno na naslovu: <http://community.theaquaponicsource.com/page/aquaponics-glossary-of-terms>.
- Bernstein, S. *Aquaponic gardening: a step-by-step guide to raising vegetables and fish*. Kanada: New Society Publishers, 2011.
- Ednut, A., et al. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*, 2011, let. 32, št. 1–3, str. 422–430.
- Evropska komisija. Krap (Cyprinus carpio). Ribišтво in ribogojstvo v Evropi (online). 2012, št. 56. (citirano 21. 12. 2013). Dostopno na naslovu: http://ec.europa.eu/fisheries/documentation/publications/factsheets-aquaculture-species/carp_sl.pdf.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *World Aquaculture*

- 2010. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 500/1* (online). 2011 (citirano 21. 12. 2013). Dostopno na naslovu: <http://www.fao.org/docrep/014/ba0132e/ba0132e.pdf>.
- Graber, A., in Junge, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 2009, let. 246, št. 1–3, str. 147–156.
- Krivograd Klemenčič, A., et al. Akvapionika kot izobraževalno orodje v poklicnem in strokovnem izobraževanju. *Didakta: Ekologija*, 2013, let. 22, št. 167, str. 42–45.
- Pappa, V., 2013 – osebna komunikacija
- Petrea, Ș. Vegetable Production in an Integrated Aquaponic System with Rainbow Trout and Spinach. *Bulletin Of University Of Agricultural Sciences And Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Animal Science And Biotechnologies*, 2013, let. 70, št. 1, str. 45–54.
- Shete, A. P., et al. Optimization of Water Circulation Period for the Culture of Goldfish with Spinach in Aquaponic System. *Journal of Agricultural Science*, 2013, let. 5, št. 4, str. 26–30.
- Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib. *Uradni list Republike Slovenije*, (2002) 46, (2004) 41.
- Zhen, H., et al. Nutrius okside (N₂O) emission from aquaculture: A review. *Environmental Science & Technology* (ACS Publications), 2012, let. 46, str. 6470–6480.

MENJAJ BRANJE IN SANJE

Urška Simjanovski, univ. dipl. bibl. in prof. soc., urska.simjanovski@bc-naklo.si

Ključne besede: knjiga, bookcrossing, menjava

1 UVOD

Knjige so naše prijateljice, so dobra, če ne že izjemna družba. Uporabne so povsod, na sto in en način. Lahko jih uporabimo za podlago, kot podložek za majavo mizo ali stol, z njimi zakurimo, v njih shranjujemo slike, ravnamo znamke ali suho listje za herbarij. Uporabimo jih za obtežilnik, v druge zapisujemo misli, jih prebiramo in se iz njih tudi kaj naučimo. Imamo jih za okras ali podarimo kot darilo.

2 BOOKCROSSING

Ker menim, da so knjige za med ljudi in ne sodijo samo v dnevno sobo na knjižno polico za okras, mi je že pred leti postala všeč ideja gibanja ljubiteljev knjig, ki knjige podarijo naprej. To gibanje se imenuje *bookcrossing*. Gre za puščanje knjig na javnih mestih, da jih lahko poberejo drugi ljubitelji knjig, preberejo in potem ponovijo postopek. Rumena nalepka na knjigi opozarja, da knjiga ni izgubljena, ampak le na potovanju po svetu po tako imenovani svetovni knjižnici.

V Sloveniji na žalost še nisem zasledila prav veliko knjig z rumenimi nalepkami, poznan mi je le sistem knjižnic na prostem, v kopališčih ali ko turisti pustijo prebrane knjige v hotelih. Vendar pa take knjige nimajo neke osebne note, ki bi nam povedala, kje so bile in kdo jih je že prebral.

Pri bookcrossingu pa lahko svojo oddano knjigo spremljaš preko identifikacijske številke po njenem popotovanju po svetu. Trenutno (22. 1. 2014) je iz Slovenije na pot svojega popotovanja oddanih 260 knjig. V primerjavi z največjo bookcrossing državo Ameriko (337.298) to predstavlja le 0,08 %.

3 MENJAJ BRANJE IN SANJE

Ko sem dobila v roke povabilo Gimnazije Ledina, naj se kot šola priključimo Unesco nacionalnemu projektu Menjaj branje in sanje, se mi je kar zasmelo. To je to. Sama ideja bazira na izmenjavi že prebranih knjig, ki jih dijaki želijo podariti svojim prijateljem. V knjigo zapišejo ali narišejo misel, posvetilo, citat. Izmenjava knjig se lahko izvede znotraj Centra ali pa se lahko priključimo izmenjavi knjig na skupnem srečanju, ki poteka ob svetovnem dnevu knjige in avtorskih pravic.

Dijaki in vsi zaposleni v Biotehniškem centru so bili lansko leto v času projektnih dni povabljeni k aktivni izmenjavi knjig. Ob tem smo izdelali tudi preproste knjižne kazalke, ki smo jih podarili ob izmenjavi.

Odziv ni bil takšen, kakršnega sem pričakovala. Bil je namreč zelo slab. Odzvalo se je samo 10 dijakov in prav toliko učiteljev. Mogoče nam to kaže, da smo zelo navezani na svoje knjige in se jim ne bi odrekli za nobeno ceno, ker jih prebiramo vedno znova in znova. Kupovanje knjig je res zelo drag šport, vendar mislim, da se v vsaki domači knjižnici najde kakšna knjiga, ki nam je bila podarjena, pa se ne moremo prebiti skozi jo. Ker nam ne odgovarja avtor, prevajalec, žanr ali pa ker nam ni všeč platnica. Če pa jo zamenjamo za drugo, jo bomo rešili drenjanja na polici, nabiranja prahu ali še kakšne hujše usode. Za nekoga pa bo postala možnost, da ga obogati.

4 ZAKLJUČEK

Zato izberite knjigo, ki vam dela nered, jo opremite z osebnim posvetilom in jo spustite med ljudi. Kdo ve, kakšna dogodivščina jo čaka.

V šolski knjižnici Biotehniškega centra Naklo imamo poseben kotiček, kjer knjige s posvetili čakajo na svoje popotovanje od prebiranja do branja.



Slika: Čarobni svet branja
Vir: Bigstock

5 LITERATURA

- Biotehniški center Naklo –(online). 2014. (citirano 2. 1. 2014). Dostopno na naslovu: <http://www.bc-naklo.si/index.php?id=2595>.
- Bookcrossing (online). 2014. (citirano 22. 1. 2014). Dostopno na naslovu: <http://www.bookcrossing.com/findmembers>.